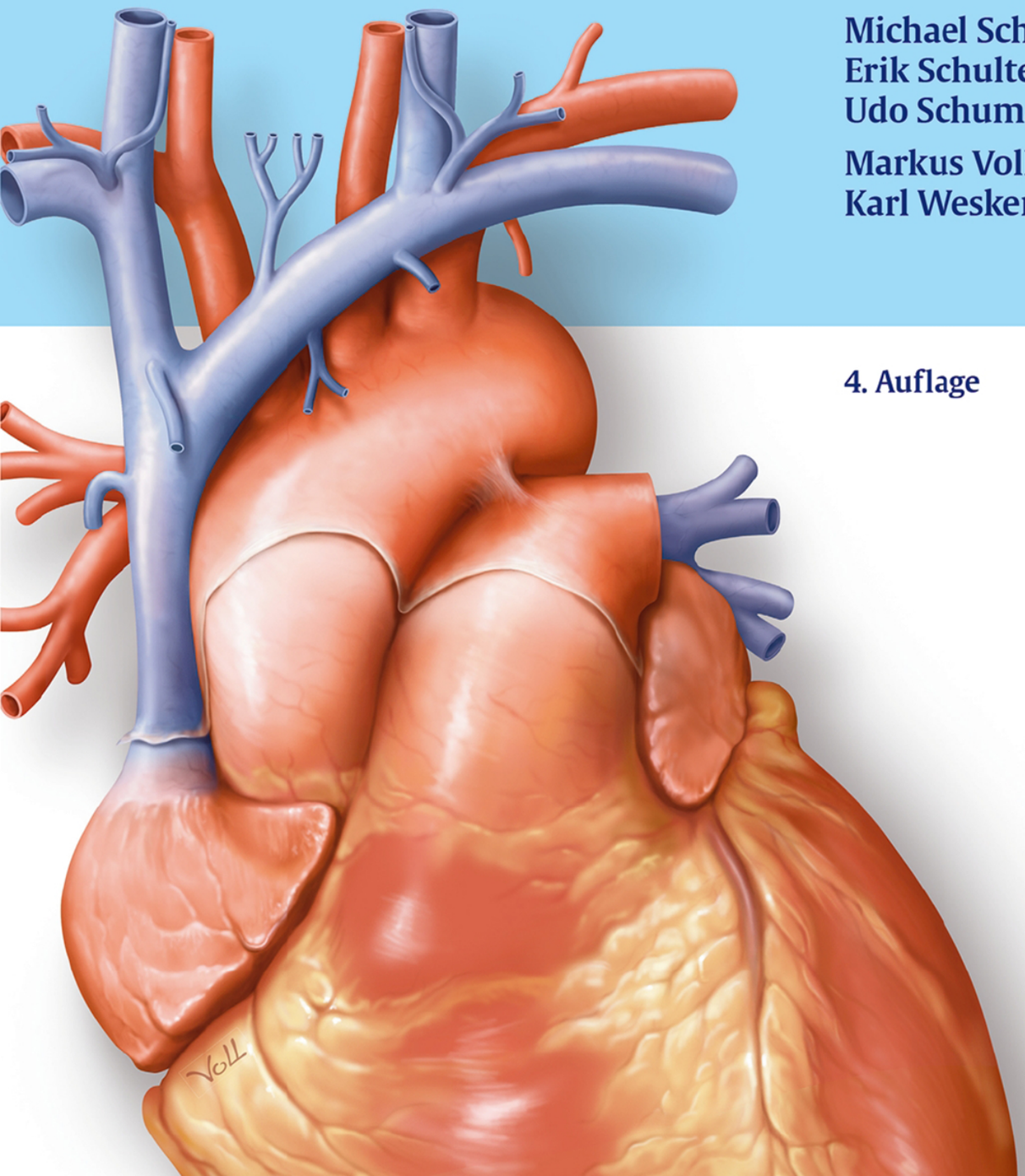
Innere Organe

PROMETHEUS

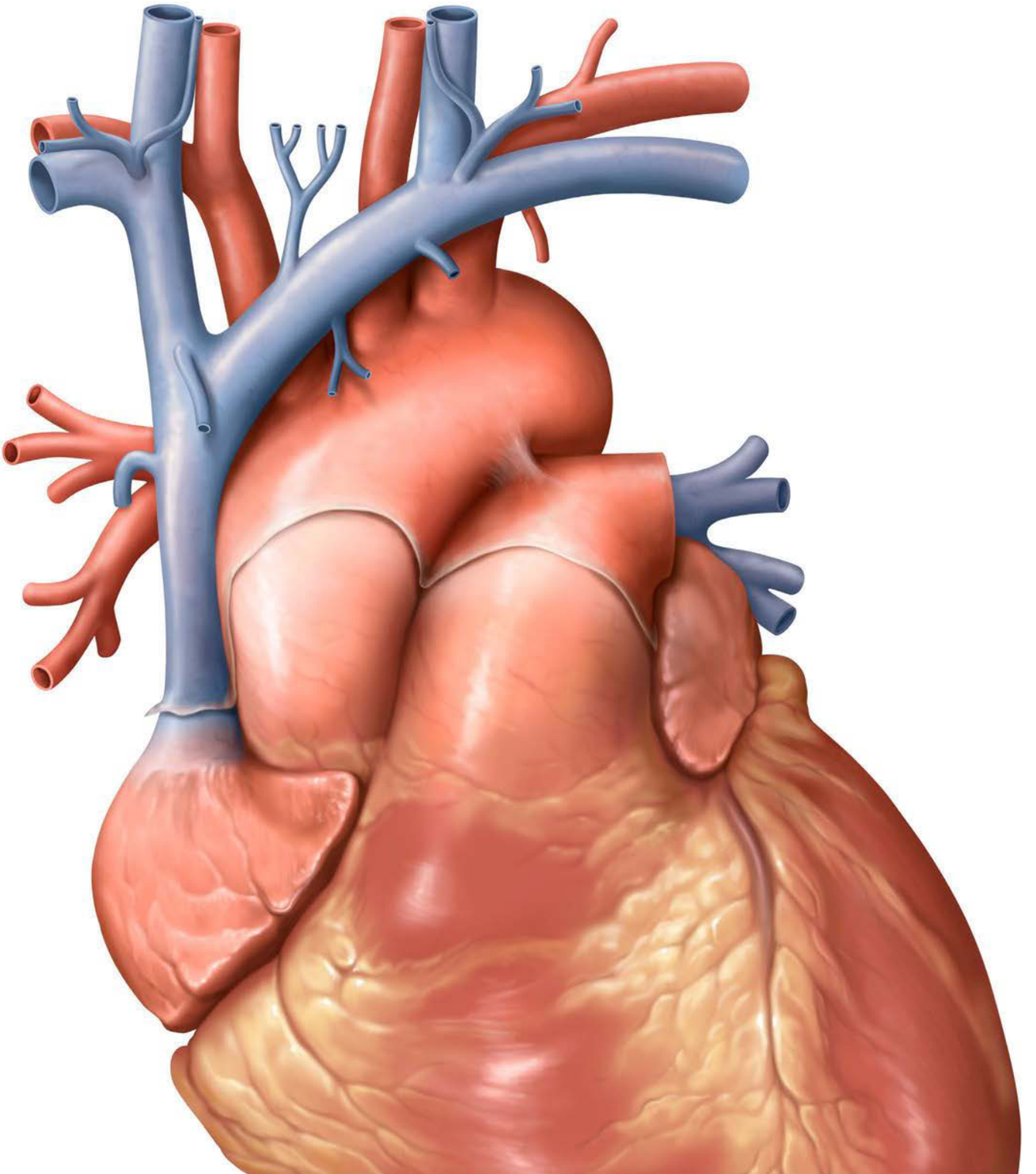
LernAtlas der Anatomie

Michael Schünke
Erik Schulte
Udo Schumacher
Markus Voll
Karl Wesker



4. Auflage

Thieme



Innere Organe

PROMETHEUS

LernAtlas der Anatomie

Michael Schünke
Erik Schulte
Udo Schumacher

Illustrationen von
Markus Voll
Karl Wesker

4., überarbeitete und
erweiterte Auflage

1375 Illustrationen
122 Tabellen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet
über http://dnb.ddb.de abrufbar.

Professor
Dr. med. Dr. rer. nat. Michael Schünke
Anatomisches Institut der
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Otto-Hahn-Platz 8
24118 Kiel

Professor
Dr. med. Erik Schulte
Universitätsmedizin der
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Institut für Funktionelle und Klinische Anatomie
55099 Mainz

Professor
Dr. med. Udo Schumacher, FRCPath, FSB, DSc
Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Institut für Anatomie II
Experimentelle Morphologie
Martinistraße 52
20246 Hamburg

Grafiker

Markus Voll, München (Homepage: www.markus-voll.de)
Karl Wesker, Berlin (Homepage: www.karlwesker.de)

© 2005, 2015 Georg Thieme Verlag
Rüdigerstraße 14
D-70469 Stuttgart
Telefon: +49/0711/8931-0
Unsere Homepage: www.thieme.de
Prometheus-Homepage: www.thieme.de/prometheus

Printed in Germany

Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe
Satz und Layout: Gay & Sender, Bremen (www.gayundsender.de)
Druck: Appl, Wemding

ISBN 978-3-13-139534-4 1 2 3 4 5 6

1. deutsche Auflage 2005
1. spanische Auflage 2005
1. italienische Auflage 2005
1. niederländische Auflage 2006
1. englische Auflage 2006
1. koreanische Auflage 2006
1. französische Auflage 2007
1. griechische Auflage 2007
1. portugiesische (Brasilien) Auflage 2007
1. polnische Auflage 2008
1. japanische Auflage 2008
2. deutsche Auflage 2009
1. türkische Auflage 2009
2. spanische Auflage 2010
2. englische Auflage 2010
2. niederländische Auflage 2010
3. deutsche Auflage 2012
2. portugiesische (Brasilien) Auflage 2013
3. spanische Auflage 2014
2. italienische Auflage 2015
2. japanische Auflage 2015

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.
Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten,** durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handele.
Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Mit PROMETHEUS neue Lernwelten betreten!

Braucht man für die 4. Auflage eines Lehrbuchs noch ein *neues* Vorwort – oder in den Worten Erich Kästners: *„Kein Buch ohne Vorwort"*? Gerade die Makroskopische Anatomie ist doch nach einer weit verbreiteten Ansicht ein eher „statisches" Fach. Was soll sich da in ein paar Jahren schon groß verändert haben?

Es ist richtig, dass die Makroskopie selbst sich nicht ständig extrem verändert, die Art, wie sie didaktisch vermittelt wird, aber sehr wohl. Ein Anatomielehrbuch muss heute genauso gut zu einem Modellstudiengang Humanmedizin passen wie zu einem konventionellen Curriculum. Es muss anatomisches Grundlagenwissen genau so zuverlässig vermitteln wie sich wandelnde klinisch relevante Aspekte der Anatomie. Genau dies ist einer der Ansprüche von PROMETHEUS.

Nach wie vor ist die Stoffmenge, die Studierende der Humanmedizin und der Zahnmedizin bewältigen müssen, im Fach Anatomie am größten. Zu Unrecht hat dies zu dem Missverständnis geführt, Anatomie sei ein reines „Paukfach". Im Gegenteil: genau hier muss eine ausgefeilte Didaktik ein systematisches Gerüst bilden und damit ein solides Verständnis für das Fach vermitteln, damit die anatomischen Kenntnisse auch in der Klinik „noch sitzen". Und genau diese eigene anatomische Lernwelt zu schaffen, ist ein weiterer Anspruch von PROMETHEUS.

Nicht zuletzt soll ein Anatomiebuch und insbesondere ein LernAtlas über Jahre ein ständiger und solider Begleiter sein, in dem man immer mal wieder gerne etwas nachschlägt und nachliest. Dies gilt umso mehr für die Makroskopie, gerade, weil sie nicht so schnell „veraltet". Ein Anatomiebuch soll im besten Sinne des Wortes eine „Anschaffung für das ganze Leben" sein. Und genau dies ist der dritte Anspruch von PROMETHEUS.

Diesem dreifachen Anspruch: Anpassung an den didaktischen Wandel, Erschaffen einer eigenen anatomischen Lernwelt sowie eines „zeitlosen" Lehrbuches, das man ein ganzes Berufsleben lang nutzen kann, stellen sich Autoren, Grafiker und Verlag immer wieder neu, mittlerweile schon über einen Zeitraum von 10 Jahren, eben seit Erscheinen der 1. Auflage.

Ganz konkret bedeutet dies für PROMETHEUS, dass bei einer Neuauflage nicht nur Fehler korrigiert werden, es bedeutet vielmehr, dass auch „fehlerfreie" Lerneinheiten immer wieder daraufhin überprüft werden, ob sie didaktisch noch verbessert werden könnten, dass Inhalte besser aufeinander abgestimmt, neue Lerneinheiten eingebaut oder bereits vorhandene im Sinne eines besseren Verständnisses des Ganzen grundlegend überarbeitet werden. Bei der Neuauflage des PROMETHEUS wird nicht das ganze Buch neu geschrieben. Aber es wird das ganze Buch neu überdacht. Im Falle der „Inneren Organe" heißt das zum Beispiel, dass drei neue Einheiten zum Thema „Blut" hinzugekommen sind oder eine neue Einheit zu den Paraganglien.

Gedanklich ist darum auch diese bereits 4. Neuauflage der „Inneren Organe" ein neues, ganz eigenes Buch. Und das rechtfertigt ein neues, ganz eigenes Vorwort – nicht zuletzt, um Ihnen, den zahlreichen Leserinnen und Lesern aufrichtig zu danken: für Ihre Fragen, für Ihre Anregungen, für Ihr Lob und Ihre Kritik.

Zum Abschluss soll noch einmal Erich Kästner zitiert werden, der nicht nur sagte: *„Kein Buch ohne Vorwort"*, sondern auch: *„Kein Vorwort ohne Buch"*! Und dieses folgt nun. Eine neue Auflage. Ein neuer PROMETHEUS.

Viel Erfolg wünschen

Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher,
Markus Voll und Karl Wesker
Kiel, Mainz, Hamburg, München und Berlin im August 2015

Warum PROMETHEUS?

In der griechischen Mythologie ist Prometheus der Titanensohn, der sich Menschen nach seinen eigenen Vorstellungen erschafft. Damit beschwört er den Zorn des Göttervaters Zeus herauf. Zeus muss jedoch der Sage nach wehrlos mit ansehen, wie Prometheus den Menschen das Feuer und damit Erleuchtung bringt – auch im übertragenen Sinne.
Prometheus bedeutet im Griechischen auch „der Vorausdenkende", so dass unser Atlas neue Wege gehen muss, um seinem Namen gerecht zu werden. Diese neuen Wege wurden bereits bei der Konzeption des Buches beschritten. Sie basieren auf Umfragen und Interviews des Verlages mit Studenten und Dozenten im deutschen Sprachraum sowie in den USA. Ausgangspunkt war die Frage, wie denn der „ideale" Anatomie-Atlas aussehen müsste. Ideal für Studierende, die mit dem Atlas lernen sollen, die Informationsfülle des Faches Anatomie innerhalb eines sehr gedrängten Stundenplans zu bewältigen und sich dabei dauerhaft solide Kenntnisse zu erarbeiten.
Dass gute Kenntnisse im Fach Anatomie für qualifiziertes ärztliches Handeln eine unverzichtbare Voraussetzung sind, wird schon von Studienanfängern sofort erkannt. Und diese Einschätzung verstärkt sich mit fortschreitendem Studium. Genauso unstrittig ist aber, dass gerade die Anatomie – und hier besonders die Makroskopische Anatomie – den Lernenden wie kaum ein anderes medizinisches Fach vor die Schwierigkeit stellt, sich in einer erdrückenden Fülle von Namen und Fakten zu orientieren. Dies gilt umso mehr, als Anatomie ganz zu Beginn des Studiums gelehrt und gelernt werden muss, zu einem Zeitpunkt also, an dem die Studierenden meist noch nicht genügend Erfahrungen mit sinnvollen Lerntechniken gemacht haben. Sie können daher zwangsläufig Wichtiges noch nicht von weniger Wichtigem trennen und schließlich auch noch kaum Verknüpfungen zu anderen Fächern, wie etwa der Physiologie, aufbauen.
Vor diesem Hintergrund war es eine zentrale Zielsetzung bei der Konzeption des LernAtlas, eine wohlstrukturierte „Lernumgebung" für den Studierenden zu schaffen. Eine Lernumgebung, die auf die genannten Schwierigkeiten gezielt Rücksicht nimmt und durch ihren Aufbau gleichzeitig Lernhilfe ist. Diesem Ziel diente zum einen die sorgfältige Auswahl der Themen, bei der „Vollständigkeit" allein kein ausreichendes Kriterium sein konnte. Vielmehr wurde geprüft, inwieweit ein Thema entweder dem erforderlichen Grundverständnis des Faches Anatomie dient oder aber bereits sinnvolle Verbindungen zur klinischen Tätigkeit des späteren Arztes knüpft. Selbstverständlich spielte die Prüfungsrelevanz eines Themas in diesem Zusammenhang ebenfalls eine bedeutende Rolle, so dass sich unterschiedliche Gewichtungen von Themen ergaben.
Ein zweites Anliegen war es, den Studierenden nicht einfach eine wenig oder gar nicht kommentierte Bilderfolge vorzulegen. Vielmehr wurden alle Bildinformationen in engen Zusammenhang mit einem erklärenden Text gestellt. Auch wenn die Bilder teilweise „einfach für sich sprechen", schafft der beigefügte Text zusätzliches Verständnis durch Erklärung der Bilder, durch Lernhinweise, fachübergreifende und in die Klinik verweisende Bezüge und vieles mehr. Dabei wird der Leser mit Hilfe des Textes schrittweise durch die Bilder geführt, um so ein tiefergehendes Verständnis auch komplexer Zusammenhänge zu erwerben. Der Grundsatz „Vom Einfachen zum Komplizierten" war dabei ein Leitmotiv.
Als hilfreich erwies sich die Tatsache, dass die Makroskopische Anatomie in vielen Bereichen – vielleicht mit Ausnahme einiger neuroanatomischer Befunde – als ein „abgeschlossenes" Fach gilt. Neues im Sinne einer wirklichen inhaltlichen Innovation ist eher die Ausnahme. Die Regel ist ein in vielen Bereichen etabliertes Fachwissen, das lediglich im Licht sich wandelnder klinischer Anforderungen neue Facetten bekommt. So ist die Schnittanatomie seit über 80 Jahren unter Anatomen bekannt, aber kaum genutzt worden. Eine enorme Renaissance erlebte sie mit modernen Bildgebungsverfahren wie CT und NMR, deren Bilder ohne ein profundes Verständnis der Schnittbildanatomie überhaupt nicht interpretiert werden können. „Neu" im wirklich innovativen Charakter des Wortes konnte also nicht die Anatomie selbst sein. Neu – und auch modern im Sinne von zeitgemäß – sollte aber die Art und Weise der didaktischen Aufarbeitung sein.
Damit war im Grunde das prinzipielle Vorgehen bei der Erstellung des LernAtlas festgelegt: Ein Lernthema wird formuliert und erhält eine Lernumgebung aus Bildern, Legenden und Tabellen; auf benachbarte Themen, die ebenfalls in diesem Buch abgehandelt werden, wird verwiesen. Da also am Anfang die Formulierung des Lernthemas stand und nicht ein Bild oder ein Präparat als Bildvorlage, mussten alle Bilder komplett neu konzipiert und erstellt werden, was allein acht Jahre dauerte. Dabei stand nicht die 1 : 1-Wiedergabe eines Präparates im Vordergrund, vielmehr sollte das Bild selbst bereits einen anatomischen Befund didaktisch sinnvoll und lerntechnisch hilfreich deuten, um dem Lernenden das Arbeiten mit dem komplexen Bildinhalt zu erleichtern.
Es war unser Ziel, mit PROMETHEUS einen LernAtlas zu schaffen, der die Studierenden bei ihrer Arbeit im Fach Anatomie im Sinne einer didaktischen Führung unterstützt, ihre Begeisterung für dieses so spannende Thema noch verstärkt, der dem ganz am Anfang Stehenden ein Zuversicht gebender, lehrreicher Wegweiser durch die Anatomie ist und dem erfahrenen Studenten als zuverlässige Informationsquelle, dem Arzt als vertrautes Nachschlagewerk dient.

„Wenn Du das Mögliche erreichen willst, musst Du das Unmögliche versuchen" (Rabindranath Tagore).

Michael Schünke, Erik Schulte, Udo Schumacher,
Markus Voll und Karl Wesker
Kiel, Mainz, Hamburg, München und Berlin im August 2005

Danke …

möchten wir zuallererst und zum wiederholten Male unseren Familien sagen. Ihnen widmen wir PROMETHEUS.

Seit der 1. Band PROMETHEUS 2005 erschienen ist, haben wir zahlreiche Hinweise und Ergänzungsvorschläge erhalten. Wir möchten diese Seite nutzen, um allen, die im Laufe der Jahre in irgendeiner Weise geholfen haben, PROMETHEUS zu verbessern, unseren herzlichen Dank auszusprechen.

Im Einzelnen sind dies:
Frau Dr. rer. nat. Kirsten Hattermann, Frau Dr. med. dent. Runhild Lucius, Frau Prof. Dr. Renate Lüllmann-Rauch, Herr Prof. Dr. Jobst Sievers, Herr Dr. med. dent. Ali Therany, Herr Prof. Dr. Thilo Wedel (alle Anatomisches Institut der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel) sowie Herr Dr. med. dent. Christian Friedrichs (Praxis für Zahnerhaltung und Endodontie, Kiel), Herr Prof. Dr. Reinhart Gossrau (Charité Berlin, Institut für Anatomie), Herr Prof. Dr. Paul Peter Lunkenheimer (Westfälische Wilhelms-Universität Münster), Herr Privat-Dozent Dr. Thomas Müller (Institut für Funktionelle und Klinische Anatomie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz), Herr Dr. Kai-Hinrich Olms, Fußchirurgie Bad Schwartau, Herr Dipl.-phys. cand. med. Daniel Paech (Abteilung Neuroradiologie der Universitätsklinik Heidelberg), Herr OA Dr. Thilo Schwalenberg (Urologische Klinik des Universitätsklinikums Leipzig), Frau Prof. Dr. em. Katharina Spanel-Borowski (Universität Leipzig), Herr Prof. Dr. Christoph Viebahn (Georg-August-Universität Göttingen).
Für aufwändige Korrekturarbeiten danken wir Frau Dipl.-Biologin Gabriele Schünke, Herrn Dr. med. Jakob Fay sowie Frau cand. med. Claudia Dücker, cand. med. Simin Rassouli, cand. med. Heike Teichmann, cand. med. Susanne Tippmann und cand. med. dent. Sylvia Zilles, insbesondere für die Mithilfe bei den Beschriftungen Frau Dr. Julia Jörns-Kuhnke.

Ein ganz besonderer Dank geht an unsere beiden Layouter Stephanie Gay und Bert Sender. Ihre Fähigkeit, Bilder und Text so anzuordnen, dass jede Doppelseite einfach eine „klare Sache“ ist, trägt ganz entscheidend zur didaktischen und optischen Qualität unseres LernAtlas bei.

PROMETHEUS wäre ohne den Verlag nicht zustande gekommen. Da es aber immer Menschen und nicht Institutionen sind, die ein solches Projekt möglich machen, soll von unserer Seite besonders denen gedankt werden, die dieses Projekt von Verlagsseite aus betreut haben.

Das „Unmögliche möglich gemacht“ hat dabei Herr Dr. Jürgen Lüthje, Programmplaner des Thieme-Verlages. Er hat es nicht nur geschafft, die Wünsche der Autoren und Grafiker mit den Zwängen der Realität sinnvoll zu vereinen. Er hat vielmehr über die Jahre der gemeinsamen Arbeit ein Team aus fünf Personen geschlossen bei einem Projekt gehalten, dessen Ziel uns von Anfang an bekannt war, dessen ausladende Dimension sich uns aber erst während der Arbeit im vollen Umfang erschloss. Sein Verdienst ist es in hohem Maße, dass der gemeinsame Wunsch, dieses Ziel zu erreichen, trotz aller Hürden, die überwunden werden mussten, nie erlosch. Bewundernswerte Geduld und die Fähigkeit zum Ausgleich von seiner Seite gerade auch in Problemsituationen kennzeichneten die zahllosen Gespräche mit ihm. Daher gebührt ihm unser aufrichtig und zutiefst empfundener Dank.

Frau Sabine Bartl wurde im besten Sinne des Wortes zum Prüfstein für die Autoren. Sie hat – als Geisteswissenschaftlerin, nicht als Medizinerin – alle Texte gelesen und im Zusammenhang mit den Bildern darauf hin geprüft, ob einem (Noch-)Nicht-Mediziner – denn dies ist der Student ganz am Anfang noch – die Logik der Darstellung wirklich gut ersichtlich wird. Gedankensprünge, die den Autoren, die das Fach aus einer anderen Perspektive sehen müssen, wohl zwangsläufig unterliefen, hat sie sofort entdeckt und die Neubearbeitung des Textes mit zahllosen Vorschlägen unterstützt. Aufgrund Ihrer Anregungen wurden auch Themen umformuliert und neu gestaltet. Ihr sind nicht nur die Autoren zu Dank verpflichtet: auch der Leser, dem sich nun ein Sachverhalt gut erschließt, profitiert von ihrem didaktischen Talent.

Herr Martin Spencker, Verlagsleiter Studium und Lehre bei Thieme, war, als der für das Projekt aus Verlagssicht Hauptverantwortliche, die letzte Instanz in der Koordination zwischen Verlag einerseits und Autoren und Grafikern andererseits. Seiner Fähigkeit, bei Problemen und Unklarheiten schnell und unkonventionell Entscheidungen zu treffen, verdankt das Projekt enorm viel. Seine Offenheit gegenüber allen Anliegen der Autoren und Grafiker, die Transparenz und Fairness bei allen Diskussionen gaben dem Projekt immer wieder Schwung und klare Rahmenbedingungen für eine offene und partnerschaftliche Kooperation. Auch ihm schulden wir großen Dank.

Ganz ausnahmslos war die Zusammenarbeit mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Thieme Verlages zu jedem Zeitpunkt angenehm und freundschaftlich. Aus Platzgründen können wir hier leider nicht alle Personen namentlich aufführen, die in irgendeiner Weise an der Fertigstellung von PROMETHEUS beteiligt waren. Wir beschränken uns daher auf einige Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, die mit diesem Buch besonders intensiv verbunden sind. In diesem Zusammenhang möchten wir uns bedanken bei Antje Bühl, die als Projektassistentin von Anfang an mit dabei war und als „guter Geist im Hintergrund“ zahlreiche Arbeiten übernommen hat, wie z. B. wiederholtes Korrekturlesen der Layouts und Mithilfe beim Erfassen der Beschriftungen, bei Rainer Zepf und Martin Waletzko für akribische Durchsicht der Layouts und Unterstützung in allen technischen Fragen; bei Susanne Tochtermann-Wenzel und Manfred Lehnert stellvertretend für alle, die mit der Produktion des Buches beschäftigt waren und dafür gesorgt haben, dass PROMETHEUS termingerecht gedruckt, gebunden und auf seinem gesamten Entstehungsweg mit bestem herstellerischem Know-how begleitet wurde; bei Almut Leopold für das ausgezeichnete Register; bei Marie-Luise Kürschner, Nina Jentschke und Valentina Zoffreo für die ansprechende Gestaltung des Umschlags sowie bei Dr. Thomas Krimmer, Kerstin Ambaum, Liesa Arendt, Birgit Carlsen, Stephanie Eilmann und Anne Döbler stellvertretend für alle, die PROMETHEUS im Hinblick auf Marketing, Verkauf und Öffentlichkeitsarbeit betreuen oder betreut haben.

Die Autoren

Inhaltsverzeichnis

Aufbau und Embryonalentwicklung der Organsysteme im Überblick

1 Organsysteme und Entwicklung der Körperhöhlen

1.1 Definitionen, Übersicht und Evolution der Körperhöhlen 2
1.2 Keimblattdifferenzierung (Organogenese) und Entwicklung der Körperhöhlen 4
1.3 Kompartimentierung des intraembryonalen Zöloms 6
1.4 Einteilung und Architektur der Körperhöhlen 8

2 Kreislaufsystem

2.1 Übersicht und prinzipieller Wandbau 10
2.2 Endstrombahn und Systematik der großen Gefäßstraßen 12
2.3 Kardiogene Zone, Entwicklung des Herzschlauches 14
2.4 Entwicklung der Herzbinnenräume, Schicksal des Sinus venosus 16
2.5 Septierung des Herzens (Septum atriale, interventriculare und aorticopulmonale) 18
2.6 Prä- und postnataler Blutkreislauf und die häufigsten angeborenen Herzfehler 20

3 Blut

3.1 Blut: Bestandteile 22
3.2 Zellen 24
3.3 Knochenmark 26

4 Lymphatisches System

4.1 Übersicht 28
4.2 Lymphatische Abflusswege 30

5 Atmungssystem

5.1 Übersicht 32
5.2 Entwicklung von Kehlkopf und Trachea; Lungenanlage 34
5.3 Lungenentwicklung und -reifung 36

6 Verdauungssystem

6.1 Übersicht 38
6.2 Entwicklung und Differenzierung des Magen-Darm-Traktes . . 40
6.3 Mesenterien und Anlage der Verdauungsorgane im Bereich des kaudalen Vorderdarms; Magendrehung 42
6.4 Magendrehung und Topografie der Organe im kaudalen Vorderdarmbereich; Entstehung der Bursa omentalis 44
6.5 Drehung der Nabelschleife und Entwicklung der Organe im Bereich von Mittel- und Hinterdarm 46
6.6 Zusammenfassung der Entwicklung im Bereich von Mittel- und Hinterdarm; Entwicklungsstörungen 48

7 Harnsystem

7.1 Übersicht 50
7.2 Entwicklung von Nieren, Nierenbecken und Ureter 52
7.3 Entwicklung von Nephron und Harnblase; Ureteranschluss; Fehlbildungen 54

8 Genitalsystem

8.1 Übersicht 56
8.2 Entwicklung der Keimdrüsen 58
8.3 Entwicklung der Genitalwege 60
8.4 Vergleich der Geschlechter und Bezug zum Harnsystem . . . 62
8.5 Vergleich embryonale – reife Struktur 64

9 Endokrines System

9.1 Übersicht 66
9.2 Regelkreise im endokrinen System 68

10 Vegetatives (autonomes) Nervensystem

10.1 Sympathikus und Parasympathikus 70
10.2 Afferenzen des vegetativen Nervensystems und enterisches Nervensystem 72
10.3 Paraganglien 74

Thorax

1 Überblick und Zwerchfell

1.1 Gliederung der Thoraxhöhle und Einteilung des Mediastinum 78
1.2 Zwerchfell (Diaphragma): Lage und Projektion auf den Rumpf 80
1.3 Aufbau und Zwerchfelldurchtrittsstellen 82
1.4 Innervation, Blut- und Lymphgefäße 84

2 Systematik der Leitungsbahnen im Überblick

2.1 Arterien: Aorta thoracica 86
2.2 Venen: Vena cava und Azygos-System 88
2.3 Lymphgefäße 90
2.4 Lymphknotenstationen im Thorax 92
2.5 Nerven 94

3 Organe des Kreislaufsystems und ihre Leitungsbahnen

3.1 Lage des Herzens im Thorax 96
3.2 Herzbeutel: Lage, Aufbau und Innervation 98
3.3 Herz: Form und Aufbau 100
3.4 Aufbau der Herzmuskulatur (Myocardium) 102
3.5 Herzbinnenräume 104
3.6 Herzklappen im Überblick (Ventilebene und Herzskelett) . . 106
3.7 Herzklappen und Auskultationsorte 108
3.8 Herzdarstellung im Röntgenbild des Thorax 110
3.9 Sonographische Darstellung des Herzens: Echokardiographie 112
3.10 Magnetresonanztomographie des Herzens 114
3.11 Erregungsbildungs- und -leitungssystem; Elektrokardiogramm 116
3.12 Die mechanische Herzaktion 118
3.13 Koronararterien und Herzvenen: Systematik und Topografie 120
3.14 Koronararterien: Versorgungstypen am Herzen 122
3.15 Koronare Herzkrankheit (KHK) und Herzinfarkt 124
3.16 Konventionelle Koronarangiographie (Herzkatheteruntersuchung) 126
3.17 Koronarangiographie mittels Mehrschicht-Spiral-Computertomographie (MSCT) 128
3.18 Ballondilatation, aortokoronarer Venen- und arterieller IMA-Bypass 130
3.19 Lymphabfluss des Herzens 132
3.20 Innervation des Herzens 134

4 Organe des Atmungssystems und ihre Leitungsbahnen

4.1 Lunge (Pulmo): Lage im Thorax 136
4.2 Pleurahöhle (Cavitas pleuralis) 138
4.3 Pleura- und Lungengrenzen 140
4.4 Luftröhre (Trachea) 142
4.5 Lunge: Form und Aufbau 144
4.6 Segmente 146
4.7 Funktioneller Aufbau des Bronchialbaums 148
4.8 Arterien und Venen der Lunge (Aa. und Vv. pulmonales = Vasa publica) 150
4.9 Arterien und Venen der Bronchien (Aa. und Vv. bronchiales = Vasa privata) 152
4.10 Funktioneller Aufbau des Gefäßbaums 154
4.11 Innervation und Lymphabfluss von Trachea, Bronchialbaum und Lungen 156
4.12 Atemmechanik 158
4.13 Röntgenanatomie der Lunge und des Gefäßsystems 160
4.14 Computertomographie der Lunge 162

5 Oesophagus und Thymus und ihre Leitungsbahnen

5.1 Speiseröhre (Oesophagus): Lage und Gliederung 164
5.2 Ein- und Ausgang, Öffnung und Verschluss 166
5.3 Wandaufbau und Schwachstellen 168
5.4 Arterien und Venen des Oesophagus 170
5.5 Lymphabfluss des Oesophagus 172
5.6 Innervation des Oesophagus 174
5.7 Thymus 176

6 Topografische Anatomie

6.1 Oberflächenanatomie, topografische Regionen und tastbare Knochenpunkte 178
6.2 Orientierung am knöchernen Thorax (Projektion der Organe) 180
6.3 Aufbau der vorderen Thoraxwand und ihre Leitungsbahnen 182
6.4 Thoraxorgane in situ: Ansicht von ventral, lateral und kranial 184
6.5 Ansicht von dorsal 186
6.6 Herz: Cavitas pericardiaca 188
6.7 Mediastinum als Ganzes 190
6.8 Hinteres Mediastinum (Mediastinum posterius) 192
6.9 Oberes Mediastinum (Mediastinum superius) 194
6.10 Aortenbogen und obere Thoraxapertur 196
6.11 Klinische Aspekte: Aortenisthmusstenose 198
6.12 Aortenaneurysma 200

Abdomen und Becken

1 Architektur der Bauch- und Beckenhöhle im Überblick

1.1 Bauprinzip, beteiligte Wandstrukturen und funktionelle Aspekte 204
1.2 Gliederung der Bauch- und Beckenhöhle 206
1.3 Zuordnung der inneren Organe zu den Räumen der Bauch- und Beckenhöhle 208

2 Systematik der Leitungsbahnen im Überblick

2.1 Äste der Aorta abdominalis: Überblick und paarige Äste 210
2.2 unpaare und indirekt paarige Äste 212
2.3 Unteres Hohlvenensystem (V. cava inferior) 214
2.4 Pfortadersystem (V. portae hepatis) 216
2.5 Venöse Anastomosen in Abdomen und Becken 218
2.6 Lymphstämme und Lymphknoten 220
2.7 Lymphabfluss der Organe 222
2.8 Vegetative Ganglien und Plexus 224
2.9 Organisation von Sympathikus und Parasympathikus 226

3 Organe des Verdauungssystems und ihre Leitungsbahnen

3.1 Magen (Gaster): Lage, Form, Gliederung und Innenansicht 228
3.2 Wandaufbau und Histologie 230
3.3 Dünndarm (Intestinum tenue): Zwölffingerdarm (Duodenum) 232
3.4 Jejunum und Ileum (sog. Dünndarmkonvolut) 234
3.5 Dickdarm (Intestinum crassum): Kolonabschnitte 236
3.6 Wandaufbau, Caecum und Appendix vermiformis 238
3.7 Lage, Form und Innenansicht des Rectum 240
3.8 Kontinenzorgan: Aufbau und Bestandteile 242
3.9 Funktion 244
3.10 Erkrankungen des Analkanals: Hämorrhoidalleiden, Analabszesse und Analfisteln 246
3.11 Rektumkarzinom 248
3.12 Leber (Hepar): Lage und Bezug zu Nachbarorganen 250
3.13 Peritonealverhältnisse und Form 252
3.14 Segmente und Histologie 254
3.15 Gallenblase (Vesica biliaris) 256
3.16 Extrahepatische Gallenwege und Ductus pancreaticus 258
3.17 Bauchspeicheldrüse (Pancreas) 260
3.18 Milz (Splen, Lien) 262
3.19 Äste des Truncus coeliacus: Arterien zu Magen, Leber und Gallenblase 264
3.20 Arterien zu Pancreas, Duodenum und Milz 266
3.21 Äste der A. mesenterica superior: Arterien zu Pancreas, Dünn- und Dickdarm 268
3.22 Äste der A. mesenterica inferior: Dickdarmversorgung 270
3.23 Versorgung des Rectum 272
3.24 V. portae hepatis: venöse Drainage von Magen, Duodenum, Pancreas und Milz 274
3.25 V. mesenterica superior und inferior: venöse Drainage von Dünndarm und Dickdarm 276
3.26 Äste der V. mesenterica inferior: venöse Drainage des Rectum 278
3.27 Lymphabfluss von Magen, Milz, Pancreas, Duodenum und Leber 280
3.28 Lymphabfluss von Dünndarm und Dickdarm 282
3.29 Vegetative Innervation von Leber, Gallenblase, Magen, Duodenum, Pancreas und Milz 284
3.30 Vegetative Innervation des Darmes: Innervationsbereich des Plexus mesentericus superior . . . 286
3.31 Innervationsbereich von Plexus mesentericus und hypogastricus inferior 288

4 Organe des Harnsystems und ihre Leitungsbahnen

4.1 Harnorgane im Überblick; Nieren in situ 290
4.2 Nieren (Renes): Lage, Form und Aufbau 292
4.3 Architektur und Feinbau 294
4.4 Nierenbecken und Harntransport 296
4.5 Nebennieren (Glandulae suprarenales) 298
4.6 Harnleiter (Ureter) in situ 300
4.7 Harnblase (Vesica urinaria) in situ 302
4.8 Harnblase, Blasenhals und Harnröhre: Wandaufbau und Funktion 304
4.9 Funktionelle Anatomie der Harnkontinenz 306
4.10 Harnröhre (Urethra) 308
4.11 Arterien und Venen von Nieren und Nebennieren: Überblick 310
4.12 Gefäßvarianten 312
4.13 Lymphabfluss von Nieren, Nebennieren, Ureter und Harnblase 314
4.14 Vegetative Innervation von Harnorganen und Nebennieren 316

5 Organe des Genitalsystems und ihre Leitungsbahnen

5.1 Übersicht über das Genitalsystem 318
5.2 Inneres weibliches Genitale: Überblick 320
5.3 Form, Aufbau und Peritonealverhältnisse 322
5.4 Wandaufbau und Funktion des Uterus 324
5.5 Stellungen des Uterus und Vagina 326
5.6 Epithelverhältnisse an der Cervix uteri 328
5.7 zytologischer Abstrich, Konisation; Zervixkarzinom 330

Systematik der Organversorgung

5.8 Inneres weibliches Genitale: Eierstock (Ovarium) und Follikelreifung 332
5.9 Gravidität und Geburt 334
5.10 Männliches Genitale: akzessorische Genitaldrüsen 336
5.11 Tumoren der Prostata: Prostatakarzinom und Prostatahyperplasie; Vorsorgeuntersuchungen 338
5.12 Männliches Genitale: Scrotum, Testis und Epididymis 340
5.13 ableitende Samenwege und Ejakulat 342
5.14 Äste der A. iliaca interna: Arterien zu Beckenorganen und Beckenwand im Überblick 344
5.15 Gefäßversorgung der Beckenorgane beim Mann 346
5.16 Gefäßversorgung der Beckenorgane bei der Frau 348
5.17 Gefäßversorgung des inneren Genitales und der Harnblase bei der Frau 350
5.18 Lymphabfluss des männlichen und des weiblichen Genitales 352
5.19 Vegetative Innervation des männlichen Genitales 354
5.20 Vegetative Innervation des weiblichen Genitales 356

6 Topografische Anatomie

6.1 Oberflächenanatomie, topografische Regionen und tastbare Knochenpunkte 358
6.2 Lage der Organe in Abdomen und Becken und ihre Projektion auf die Rumpfwand 360
6.3 Topografie der eröffneten Peritonealhöhle (Pars supra- und infracolica) 362
6.4 Drainageräume und Recessus innerhalb der Peritonealhöhle 364
6.5 Übersicht über die Mesenterien 366
6.6 Topografie der Bursa omentalis 368
6.7 Topografie der Oberbauchorgane: Leber, Gallenblase, Duodenum und Pancreas 370
6.8 Magen und Milz 372
6.9 Schnittbildanatomie Oberbauchorgane 374
6.10 Topografie von Dünn- und Dickdarm 376
6.11 Röntgenanatomie von Dünn- und Dickdarm 378
6.12 Topografie des Rectum 380
6.13 Situs retroperitonealis: Übersicht und Einteilung 382
6.14 Peritonealverhältnisse 384
6.15 Organe des Retroperitonealraums 386
6.16 Lage der Nieren 388
6.17 Peritonealverhältnisse an der Rückseite der Bauchdecke . . . 390
6.18 Peritonealverhältnisse im kleinen Becken 392
6.19 Topografie des Beckenbindegewebes, Etagen des Beckenraumes und des Beckenbodens 394
6.20 Halteapparat der Gebärmutter 396
6.21 Weiblicher Beckensitus 398
6.22 Männlicher Beckensitus 400
6.23 Schnittbildanatomie des weiblichen Beckens 402
6.24 Schnittbildanatomie des männlichen Beckens 404
1.1 Thymus 408
1.2 Oesophagus 409
1.3 Cor 410
1.4 Pericardium 411
1.5 Pulmo, Bronchi und Trachea 412
1.6 Diaphragma 413
1.7 Hepar, Vesica biliaris und Splen 414
1.8 Gaster 415
1.9 Duodenum und Pancreas 416
1.10 Jejunum und Ileum 417
1.11 Caecum, Appendix vermiformis sowie Colon ascendens und transversum 418
1.12 Colon descendens und Colon sigmoideum 419
1.13 Rectum 420
1.14 Ren, Ureter und Glandula suprarenalis 421
1.15 Vesica urinaria, Prostata und Glandula vesiculosa 422
1.16 Testis, Epididymis und Ductus deferens 423
1.17 Uterus, Tuba uterina und Vagina 424
1.18 Tuba uterina und Ovarium 425

Organsteckbriefe

1.1 Bries (Thymus) 428
1.2 Herzbeutel (Pericardium) 429
1.3 Herz (Cor) 430
1.4 Luftröhre (Trachea), Bronchien (Bronchi) und Lunge (Pulmo) 432
1.5 Speiseröhre (Oesophagus) 434
1.6 Magen (Gaster) 435
1.7 Dünndarm (Intestinum tenue): Zwölffingerdarm (Duodenum) 436
1.8 Leerdarm (Jejunum) und Krummdarm (Ileum) 437
1.9 Dickdarm (Intestinum crassum): Caecum mit Appendix vermiformis und Colon 438
1.10 Mastdarm (Rectum) 439
1.11 Leber (Hepar) 440
1.12 Gallenblase (Vesica biliaris) und Gallenwege 441
1.13 Bauchspeicheldrüse (Pancreas) 442
1.14 Milz (Splen, Lien) 443
1.15 Nebennieren (Glandulae suprarenales) 444
1.16 Nieren (Renes) 445
1.17 Harnleiter (Ureter) 446
1.18 Harnblase (Vesica urinaria) 447
1.19 Harnröhre (Urethra) 448
1.20 Scheide (Vagina) 449
1.21 Gebärmutter (Uterus) und Eileiter (Tubae uterinae) 450
1.22 Vorsteherdrüse (Prostata) und Bläschendrüse (= Samenbläschen; Glandula vesiculosa) 452
1.23 Nebenhoden (Epididymis) und Samenleiter (Ductus deferens) 453
1.24 Hoden (Testis, Didymis) 454
1.25 Eierstock (Ovarium) 455

Anhang

Literaturverzeichnis 459

Sachverzeichnis 461

Aufbau und Embryonalentwicklung der Organsysteme im Überblick

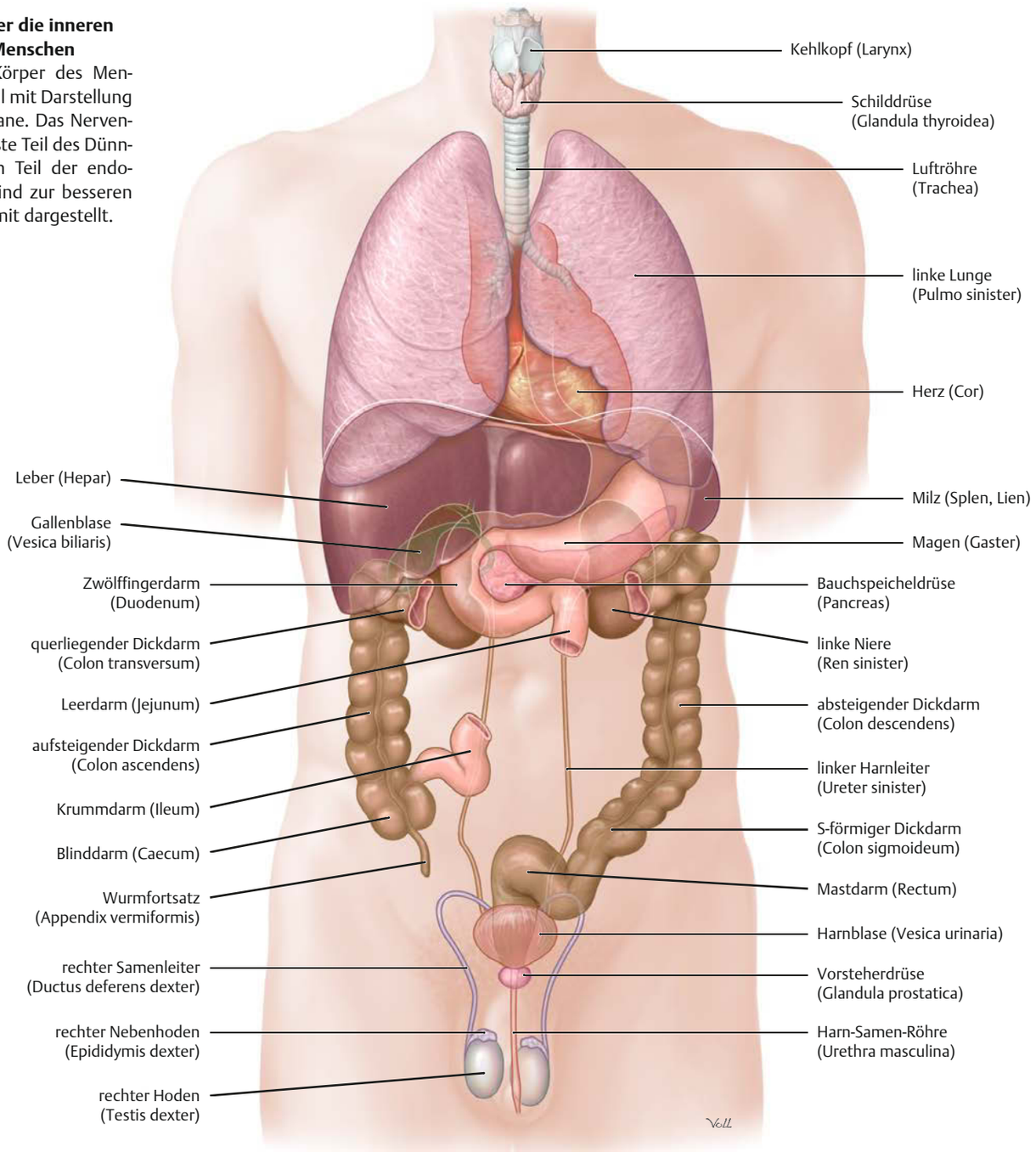
1 Organsysteme und Entwicklung der Körperhöhlen 2
2 Kreislaufsystem 10
3 Blut 22
4 Lymphatisches System 28
5 Atmungssystem 32
6 Verdauungssystem 38
7 Harnsystem 50
8 Genitalsystem 56
9 Endokrines System 66
10 Vegetatives (autonomes) Nervensystem 70

1.1 Definitionen, Übersicht und Evolution der Körperhöhlen

Definitionen
Wie bei allen höheren Organismen, kann man auch beim menschlichen Körper mehrere hierarchisch gegliederte Strukturebenen unterscheiden:

- Eine **Zelle** ist die kleinste, grundsätzlich selbstständig lebensfähige biologische Organisationseinheit.
- Ein **Gewebe** besteht aus überwiegend gleichartigen Zellen und der von ihnen gebildeten extrazellulären Matrix. Das Gewebe bildet einen Verband mit einheitlicher Funktion.
- Ein **Organ** ist ein strukturell abgegrenzter Verband aus mehreren Geweben. Es vereint somit die Funktionen der in ihm enthaltenen Gewebe.
- Ein **Organsystem** ist ein Zusammenschluss mehrerer Organe, die eine gemeinsame Funktion besitzen. So fasst man z. B. die Verdauungsorgane zum *Verdauungssystem* zusammen. Die einzelnen Organe sind zumeist morphologisch miteinander verbunden. Anstelle des Begriffes „Organ*system*“ wird oft der Begriff „Organ*apparat*“ verwendet.
- Ein **Organismus** schließlich besteht aus mehreren Organsystemen.

A Übersicht über die inneren Organe des Menschen
Sicht auf den Körper des Menschen von ventral mit Darstellung der inneren Organe. Das Nervensystem, der größte Teil des Dünndarms sowie ein Teil der endokrinen Organe sind zur besseren Übersicht nicht mit dargestellt.



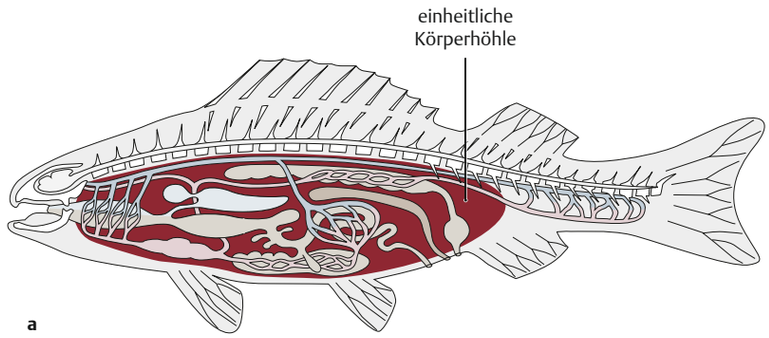
B Übersicht Organsysteme

Während definitionsgemäß jeder morphologisch abgrenzbare Verband mehrerer Gewebe als Organ bezeichnet wird (jeder Muskel ist nach dieser Definition ein Organ), wird der Begriff im täglichen Gebrauch für die Organe in Schädel, Hals und Körperhöhlen benutzt. Die im Körperinneren liegenden Organe werden daher als innere Organe oder Eingeweide bezeichnet. Der vorliegende LernAtlas soll u. a. beim Studium der Anatomie im Präparierkurs helfen, deshalb sind die inneren Organe hier wie bei der Präparation topografisch dargestellt. Da die einzelnen Organe aber morphologisch und funktionell zusammenhängende Systeme bilden, die sich aufgrund der Entwicklungsgeschichte nicht an die topografische Einteilung halten, sind zunächst diese Organsysteme einschließlich ihrer Embryologie zusammenfassend dargestellt. Dieser Überblick ist Voraussetzung für das Verständnis von Lage, Gestalt und Funktion der inneren Organe im erwachsenen Organismus.

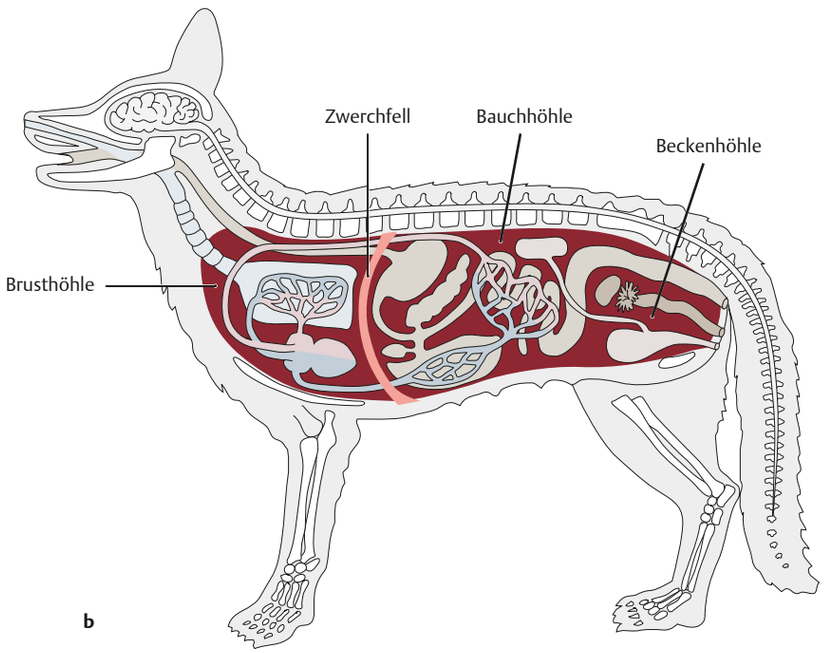
Beachte: Periphere Nerven, Knochenmark und Blut werden normalerweise nicht als „Organe" bezeichnet. Der Vollständigkeit halber sind sie hier jedoch mitaufgeführt, da sie zum Organsystem als Ganzem gehören.

* Organe, die in Hals oder Schädel liegen und darum hier nicht besprochen werden, sind kursiv hervorgehoben.

System	Organe*
Verdauungssystem	*Mundhöhle mit Zähnen und Speicheldrüsen, Rachen,* Speiseröhre, Magen, Dünndarm, Dickdarm, Mastdarm, Bauchspeicheldrüse, Leber mit Gallenblase
Atmungssystem	*Nasenhaupthöhle und Nasennebenhöhlen, Kehlkopf,* Luftröhre, Lungen
Harnsystem	Niere, Harnleiter, Harnblase, Harnröhre
Genitalsystem	♀ Gebärmutter, Eileiter, Eierstock, Scheide, Bartholin-Drüsen
	♂ Hoden, Nebenhoden, Samenleiter, Bläschendrüse, Prostata, Cowper-Drüse
Kreislaufsystem	Herz, Gefäße, Blut *und Knochenmark*
Abwehrsystem	*Knochenmark, Mandeln,* Thymus, Milz, Lymphknoten, zentrale Lymphstämme
Endokrines System	*Schilddrüse, Nebenschilddrüse,* Nebennieren, Paraganglien, Bauchspeicheldrüse (Inselorgan), Eierstock, Hoden, *Hirnanhangdrüse, Hypothalamus*
Nervensystem	*Gehirn, Rückenmark,* peripheres Nervensystem (mit einem *somatischen* und einem vegetativen Anteil)



a



b

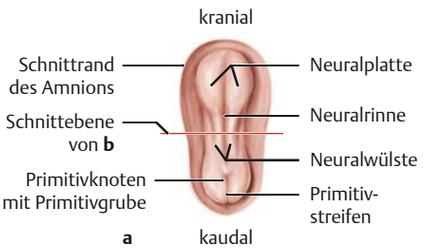
C Evolution der Körperhöhlen

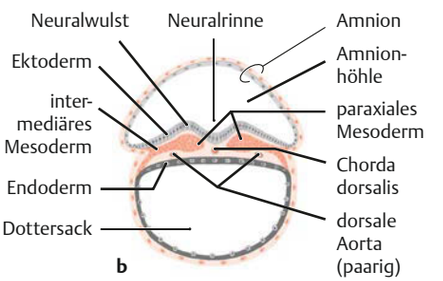
Während sich bei Fischen (**a**) noch alle inneren Organe in einer gemeinsamen Körperhöhle befinden, trennt das Zwerchfell bei Säugetieren (**b**) die Brust- von der Bauchhöhle. Aufgrund dieser gemeinsamen Entwicklungsgeschichte ist der Aufbau der beiden Körperhöhlen prinzipiell gleich. Die unterschiedlichen anatomischen Bezeichnungen für gleichartige Strukturen (z. B. Pleura: Brustfell – Peritoneum: Bauchfell) sind funktionell ohne Bedeutung. Die Bauchhöhle geht bei Säugetieren von innen ohne anatomische Barriere kontinuierlich in die Beckenhöhle über, so dass beide Höhlen funktionell einen zusammenhängenden Raum bilden, der nur topografisch durch den Beckenring geteilt wird. Die anatomische Einheit von Bauch- und Beckenhöhle hat klinisch Bedeutung: Entzündungen und Tumoren können sich ohne anatomische Barriere in diesen beiden Kompartimenten ausbreiten. Das Zwerchfell steht einer solchen Ausbreitung von der Bauchhöhle in die Brusthöhle bzw. umgekehrt als Barriere im Wege.

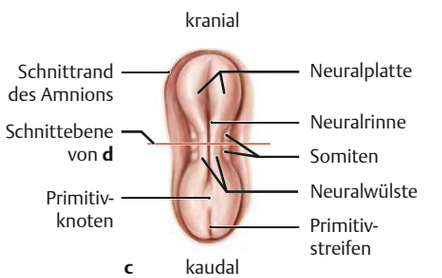
1.2 Keimblattdifferenzierung (Organogenese) und Entwicklung der Körperhöhlen

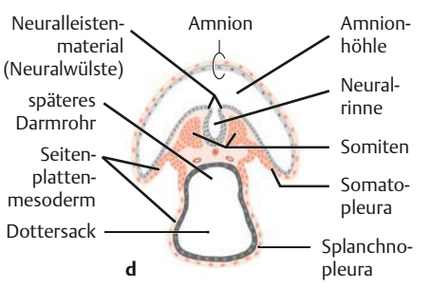
A Differenzierung der Keimblätter (nach Christ und Wachtler)
Nach Ausbildung der dreiblättrigen Keimscheibe am Ende der 3. Entwicklungswoche (s. **B**) sind die Anlagematerialien (unterschiedlich differenzierte Vorläuferzellen) der verschiedenen Gewebe und Organe im Körperbauplan entsprechend angeordnet. Aus den drei Keimblättern (Ektoderm, Mesoderm und Endoderm) differenzieren sich in der folgenden Embryonalperiode (4.–8. Entwicklungswoche) alle wesentlichen äußeren und inneren Organe (Organogenese). Gleichzeitig beginnt sich der Keim abzufalten, was zu einem tiefgreifenden Wandel der äußeren und inneren Gestalt des Embryos führt. Am Ende der Embryonalperiode ist die endgültige Körperform in ihren Hauptzügen sichtbar und die Organe haben ihre endgültige Lage innerhalb bzw. außerhalb der Körperhöhlen eingenommen.

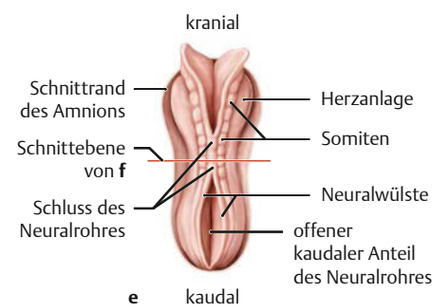
Ektoderm	Neuralrohr		Gehirn, Retina, Rückenmark
	Neuralleiste	Kopfneuralleiste	sensible und parasympathische Ganglien, intramurales Nervensystem des Darmes, parafollikuläre Zellen, glatte Muskulatur, Pigmentzellen, Glomus caroticum, Knochen, Knorpel, Bindegewebe, Dentin und Zement der Zähne, Dermis und Unterhaut im Kopfbereich
		Rumpfneuralleiste	sensible und autonome Ganglien, periphere Glia, Nebennierenmark, Pigmentzellen, intramurale Plexus
	Oberflächenektoderm	ektodermale Plakoden	Adenohypophyse, kraniale sensorische Ganglien, Riechepithel, Innenohr, Linse
			Schmelzorgan der Zähne, Epithel von Mundhöhle, Speicheldrüsen, Nasenhöhlen, Nasennebenhöhlen, Tränenwege, äußerer Gehörgang, Epidermis, Haare, Nägel, Hautdrüsen
Mesoderm	axial	Chorda dorsalis, prächordales Mesoderm	äußere Augenmuskeln
	paraxial		Wirbelsäule, Rippen, Skelettmuskulatur, Bindegewebe, Dermis und Subkutis des Rückens und eines Teils des Kopfes, glatte Muskulatur, Blutgefäße
	intermediär		Nieren, Keimdrüsen, renale und genitale Ausführungsgänge
	Seitenplattenmesoderm	viszeral (Splanchnopleura)	Herz, Blutgefäße, glatte Muskulatur, Darmwand, Blut, Nebennierenrinde, viszerale Serosa
		parietal (Somatopleura)	Brustbein, Extremitäten ohne Muskulatur, Dermis und Unterhaut der ventrolateralen Körperwand, glatte Muskulatur, Bindegewebe, parietale Serosa
Endoderm			Epithel von Darmrohr, Respirationstrakt, Verdauungsdrüsen, Pharynxdrüsen, Ohrtrompeten, Paukenhöhle, Harnblase, Thymus, Nebenschilddrüsen, Schilddrüse

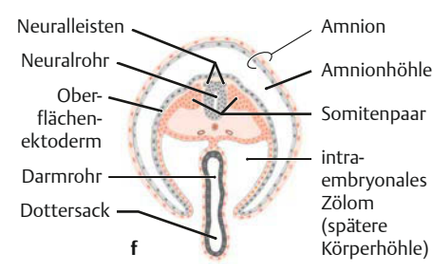






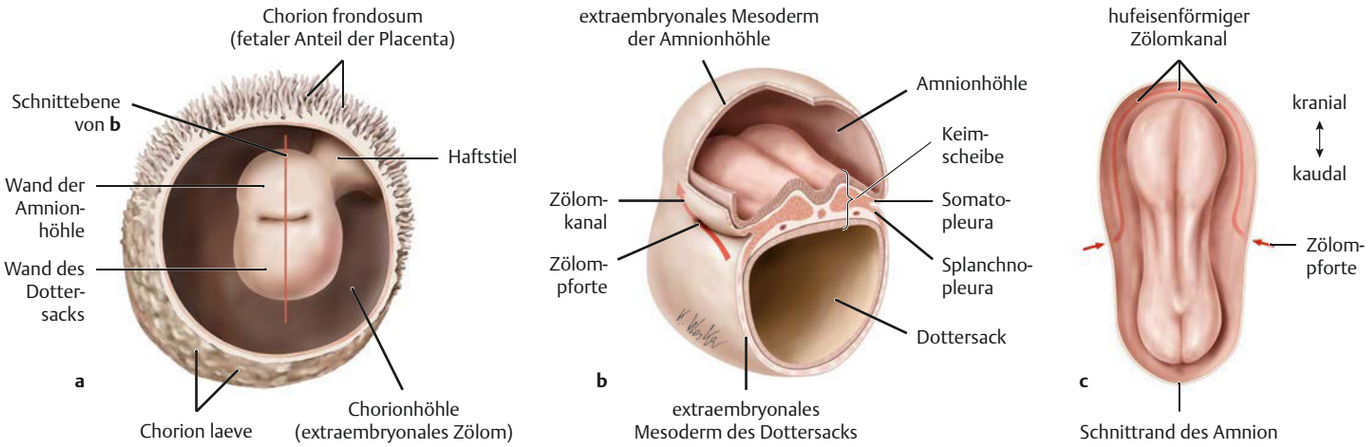






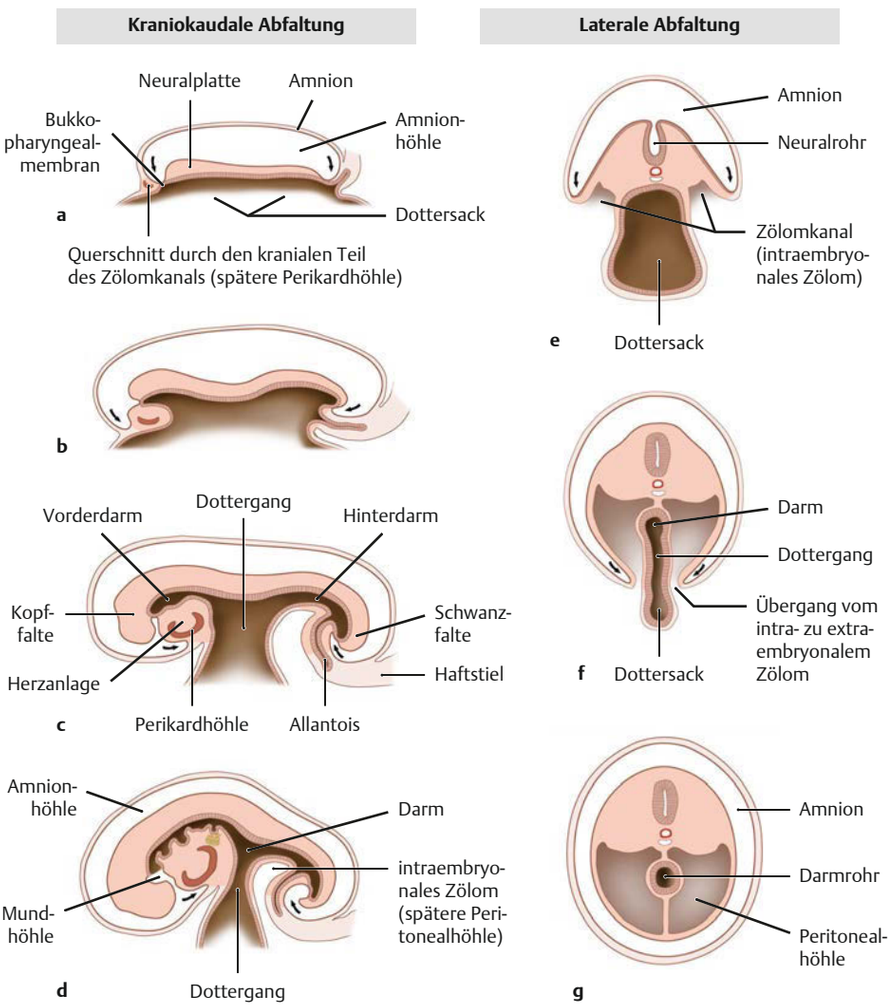
B Neurulation und Somitenbildung (nach Sadler)
a, **c** u. **e** Keimscheibe in der Ansicht von dorsal nach Entfernung des Amnions;
b, **d** u. **f** schematisierte Transversalschnitte der entsprechenden Stadien auf Höhe der in **a**, **c** u. **e** angegebenen Schnittebenen; Altersangaben p. o. (= post ovulationem).
Während der Neurulation (= Bildung des Neuralrohrs aus der Neuralrinne = Anlage des ZNS) trennt sich durch induktive Einflüsse der Chorda dorsalis das Neuroektoderm vom Oberflächenektoderm, Neuralrohr – und Neuralleistenmaterial werden also nach innen verlagert.

a u. **b** 19 Tage alte Keimscheibe: Im Bereich der Neuralplatte entwickelt sich die Neuralrinne.
c u. **d** 20 Tage alte Keimscheibe: Im paraxialen Mesoderm, also beidseits von Neuralrinne bzw. Chorda dorsalis, bilden sich die ersten Somiten (enthalten Zellmaterial für Wirbelsäule, Muskulatur und subkutanes Gewebe). Nach lateral folgen intermediäres Mesoderm und Seitenplattenmesoderm. Die Neuralrinne beginnt sich zum Neuralrohr zu schließen, und die Abfaltung des Keimes setzt ein.
e u. **f** 22 Tage alter Embryo: Beidseits des teilweise bereits geschlossenen und in die Tiefe verlagerten Neuralrohrs kann man acht Somitenpaare erkennen. Im Seitenplattenmesoderm entsteht mit dem intraembryonalen Zölom die Anlage der späteren Körperhöhle mit einem parietalen und einem viszeralen Blatt (Somatopleura bzw. Splanchnopleura). Auf der Seite, die dem Zölom zugewandt ist, entwickeln Somato- und Splanchnopleura jeweils das sog. *Mesothel,* das später die serösen Häute von Perikard-, Pleura- und Peritonealhöhle bildet. Es ist ein einschichtiges Plattenepithel aus Mesenchymzellen. Das Neuralleistenmaterial beginnt ins Mesoderm auszuwandern, die Somiten differenzieren sich in Sklerotom, Myotom und Dermatom.



C Ausbildung des intraembryonalen Zöloms (nach Waldeyer)
a Einblick in die gefensterte Chorionhöhle (extraembryonales Zölom); **b** Schnitt durch Amnionhöhle, Keimscheibe und Dottersack (Chorionhöhle entfernt); **c** Aufsicht auf die Keimscheibe (Zölomkanal rot markiert).

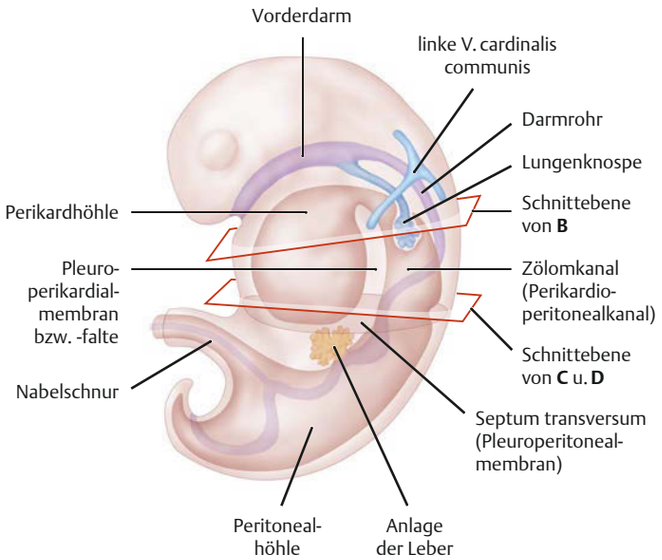
Die definitiven späteren serösen Körperhöhlen (Perikard-, Pleura- und Peritonealhöhle) entwickeln sich aus dem intraembryonalen Zölom, dessen Bildung zu Beginn der 4. Entwicklungswoche in Form erweiterter Interzellularspalten (hier nicht zu sehen) innerhalb des Seitenplattenmesoderms beginnt (s. **B**). Auf diese Weise unterteilt das zunächst spaltförmige intraembryonale Zölom das Seitenplattenmesoderm in ein epitheliales parietales und ein epitheliales viszerales Blatt (*Somato-* bzw. *Splanchnopleura*). Die dem Oberflächenektoderm anliegende Somatopleura geht am Keimscheibenrand in das extraembryonale Mesoderm des Amnions über, die dem Endoderm anliegende Splanchopleura in das extraembryonale Mesoderm des Dottersackes. Somit umgibt das intraembryonale Zölom die Öffnung des Dottersacks wie ein Ring (sog. *Zölomring*). Während der Zölomring im *kranialen* Teil des Embryos nach außen, d. h. zum extraembryonalen Zölom (Chorionhöhle) hin, geschlossen bleibt und in der Aufsicht einen hufeisenförmigen *Zölomkanal* bildet, kommunizieren weiter *kaudal* intra- und extraembryonales Zölom (s. **D**) über die sog. *Zölompforten* miteinander. Durch die Abfaltung des Embryos kommt es später auch im kaudalen Bereich zu einer zunehmenden Trennung von intra- und extraembryonalem Zölom. Im weiteren Verlauf wird das intraembryonale Zölom kompartimentiert, wobei aus dem unpaaren kranialen Abschnitt die Perikardhöhle und aus den seitlichen Zölomschenkeln die paarige Pleura- und die Peritonealhöhle hervorgehen.



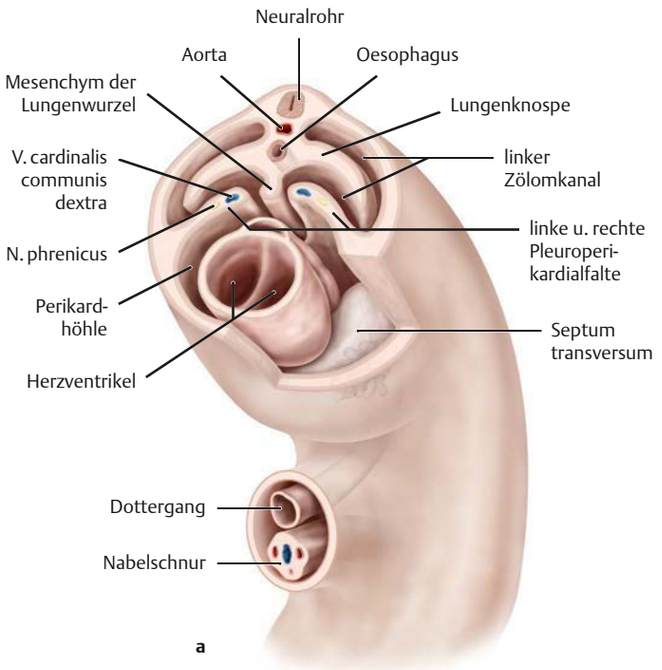
D Abfaltung des Embryos
a–**d** Mediansagittalschnitte; **e**–**g** Transversalschnitte auf Höhe des Dottersacks.

Abfaltung heißt, der Keim hebt sich durch sein rasches Wachstum vom Untergrund, also aus der Keimscheibe hervor: Das starke Wachstum der Neuralplatte bewirkt dabei eine Hervorhebung in der Körperlängsachse, also in kraniokaudaler Richtung, es kommt zur Krümmung (**a**–**d**); die Ausbildung der Somiten bewirkt zusätzlich eine Hervorhebung in seitlicher Ausrichtung (laterale Abfaltung) des Embryos oberhalb des Dottersacks (**e**–**g**). Dadurch wird der Zölomkanal zunehmend auf die Ventralseite des Embryos verlagert. Durch die kraniale Abfaltung (Kopffalte) verlagert sich der unpaare Scheitel des Zölomkanals unter den Vorderdarm und erweitert sich zur Perikardhöhle. Die Abfaltung der kaudalen Schwanzfalte verlagert den Haftstiel (die spätere Nabelschnur) und die Allantois ebenfalls auf die Ventralseite. Mit der lateralen Abfaltung geht eine zunehmende Trennung von intra- und extraembryonalem Zölom einher. Diese Vorgänge führen einerseits zu einem immer schmaler werdenden Übergang vom embryonalen Endoderm (zukünftiges Darmrohr) zum Dottersack (zukünftiger Dottergang) und andererseits zu einer Verschmelzung der linken und rechten kaudalen Abschnitte des Zölomkanals und so zu einer einzigen großen Zölomhöhle, der späteren Peritonealhöhle (zur Lage der Pleurahöhlen s. S. 6).

1.3 Kompartimentierung des intraembryonalen Zöloms

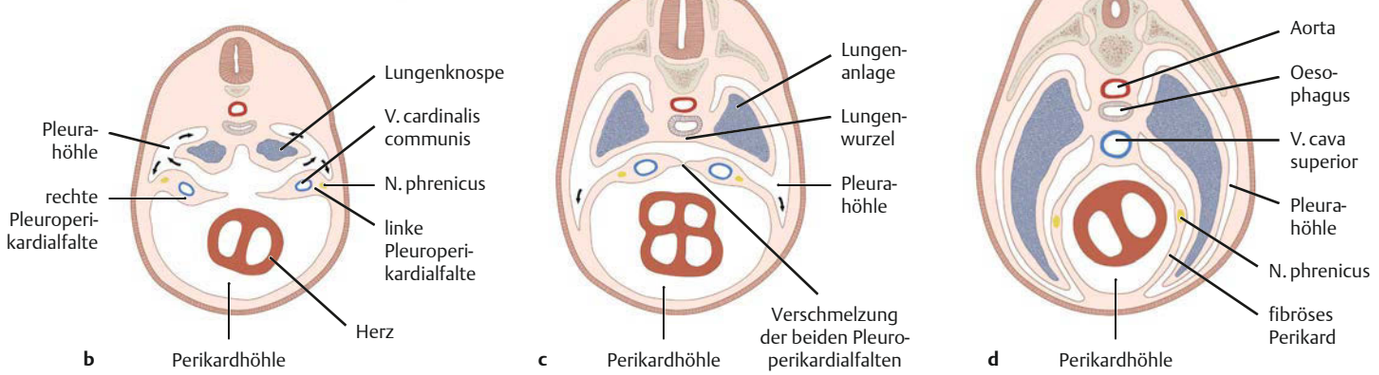


A Übersicht über die Kompartimentierung des intraembryonalen Zöloms (nach Drews)
Embryo im Alter von etwa 4 Wochen (Ansicht von links).
Durch die kraniale Abfaltung verlagert sich der unpaare Scheitel des Zölomkanals unter den Vorderdarm und erweitert sich zur Perikardhöhle. Über die Zölomkanäle (sog. Perikardioperitonealkanäle) kommuniziert die Perikardhöhle beidseits des Darmrohrs mit der kaudal liegenden Peritonealhöhle, die sich im nicht abgefalteten Bereich nach lateral zunächst noch in die Chorionhöhle öffnet. Durch die Lungenknospen, die aus dem Darmrohr in die Zölomkanäle auswachsen, entsteht die paarige Pleurahöhle. Die Pleurahöhlen separieren sich im weiteren Verlauf durch die Ausbildung von Trennwänden von der Perikardhöhle (Pleuroperikardialmembran bzw. -falte) *und* von der Peritonealhöhle (Septum transversum/Pleuroperitonealmembran bzw. -falte) (s. **B**). Die in der Frontalebene verlaufenden Pleuroperikardialfalten entstehen im kraniolateralen Teil der beiden Zölomkanäle in der Umgebung der Vv. cardinales communes; sie verschmelzen mit dem ventral vom Darmrohr (späterer Oesophagus) liegenden Mesoderm. In der kaudolateralen Wand der Zölomkanäle entstehen Pleuroperitonealfalten, die zusammen mit dem dorsalen Mesenterium des Oesophagus sowie dem Septum transversum das spätere Zwerchfell bilden (s. **D**).

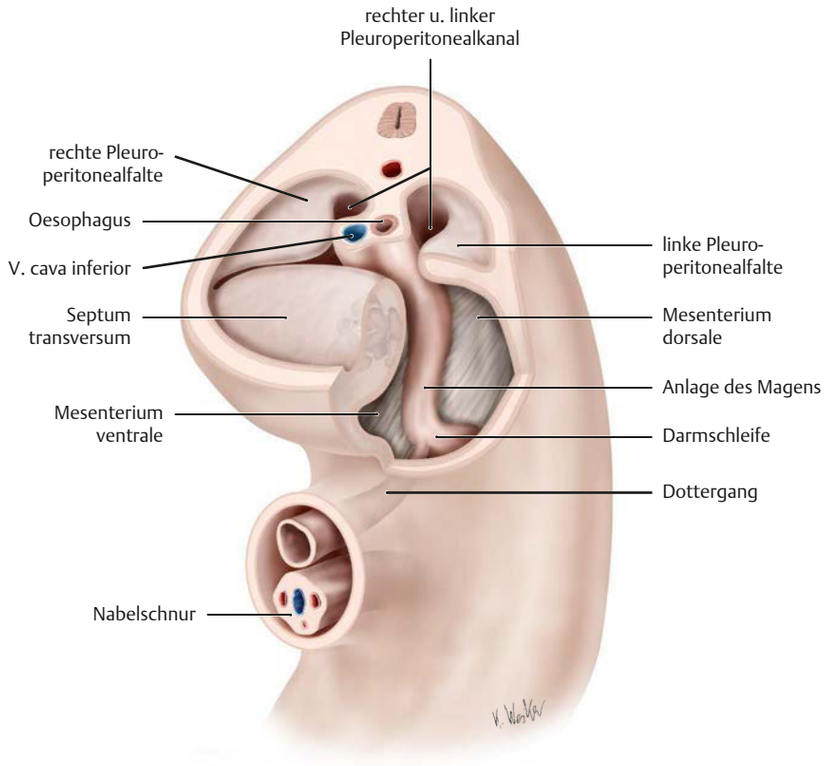


a

B Abtrennung der Perikardhöhle von den Pleurahöhlen (nach Sadler)
Embryo im Alter von 5 Wochen. Frontalschnitte auf Höhe der späteren Perikardhöhle; zur Schnittebene s. **A**.
In der 5. Entwicklungswoche wachsen am Übergang der unpaaren Perikardhöhle in die beiden Zölomkanäle zwei dünne, von lateral kommende Mesodermfalten (Pleuroperikardialfalten) aufeinander zu. In ihnen verläuft der Stamm der Kardinalvenen (Vv. cardinales communes) und der N. phrenicus. Mit dem Einwachsen der Lungenknospen in die Zölomkanäle (s. S. 36, Entwicklung der Lungen) entstehen die beiden Pleurahöhlen, die sich im weiteren Verlauf ausdehnen und sich vollständig von der Perikardhöhle abtrennen. Die endgültige Abtrennung von der Perikardhöhle erfolgt nach Verschmelzung der beiden Pleuroperikardfalten mit dem Mesenchym der Lungenwurzel. Durch Vereinigung der beiden kranialen Kardinalvenen entsteht die V. cava superior; aus den beiden Pleuroperikardialfalten entwickelt sich beim Erwachsenen das fibröse Perikard (s. S. 14, Entwicklung des Herzens).

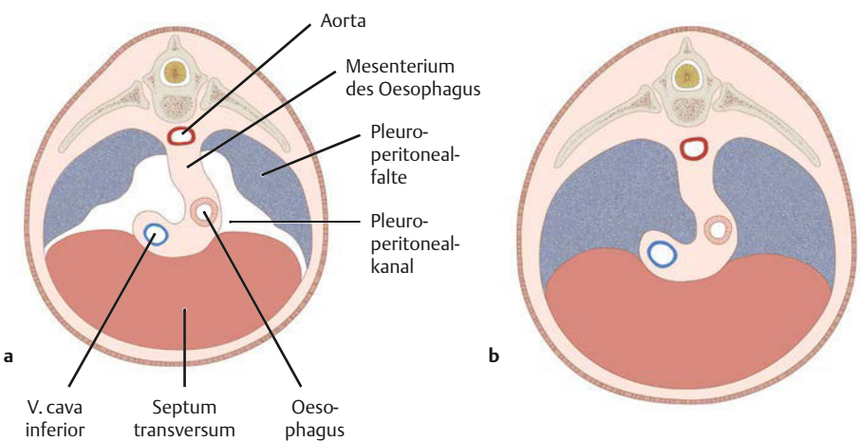


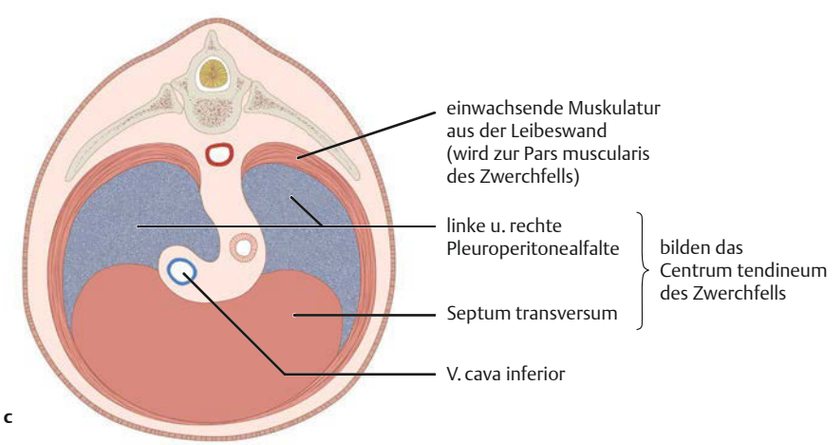
b **c** **d**



C Abtrennung der Pleurahöhlen von der Peritonealhöhle (nach Sadler)

Nachdem sich die Pleurahöhlen gegen die Perikardhöhle abgegrenzt haben, stehen sie vorübergehend über die Pleuroperitonealkanäle noch mit der Peritonealhöhle in Verbindung. Der endgültige Verschluss erfolgt am Ende der 7. Entwicklungswoche mit Entwicklung des Zwerchfells (Diaphragma), an dessen Bildung unterschiedliche Strukturen beteiligt sind (s. **D**). Kommt es in diesem Zusammenhang zu einem unvollständigen Verschluss der Pleuroperitonealkanäle, entstehen sog. *angeborene Zwerchfellhernien* (z. B. Bochdalek-Hernie), über die Baucheingeweide in die Pleurahöhlen übertreten können.





D Entwicklung des Zwerchfells (Diaphragma) (nach Sadler)

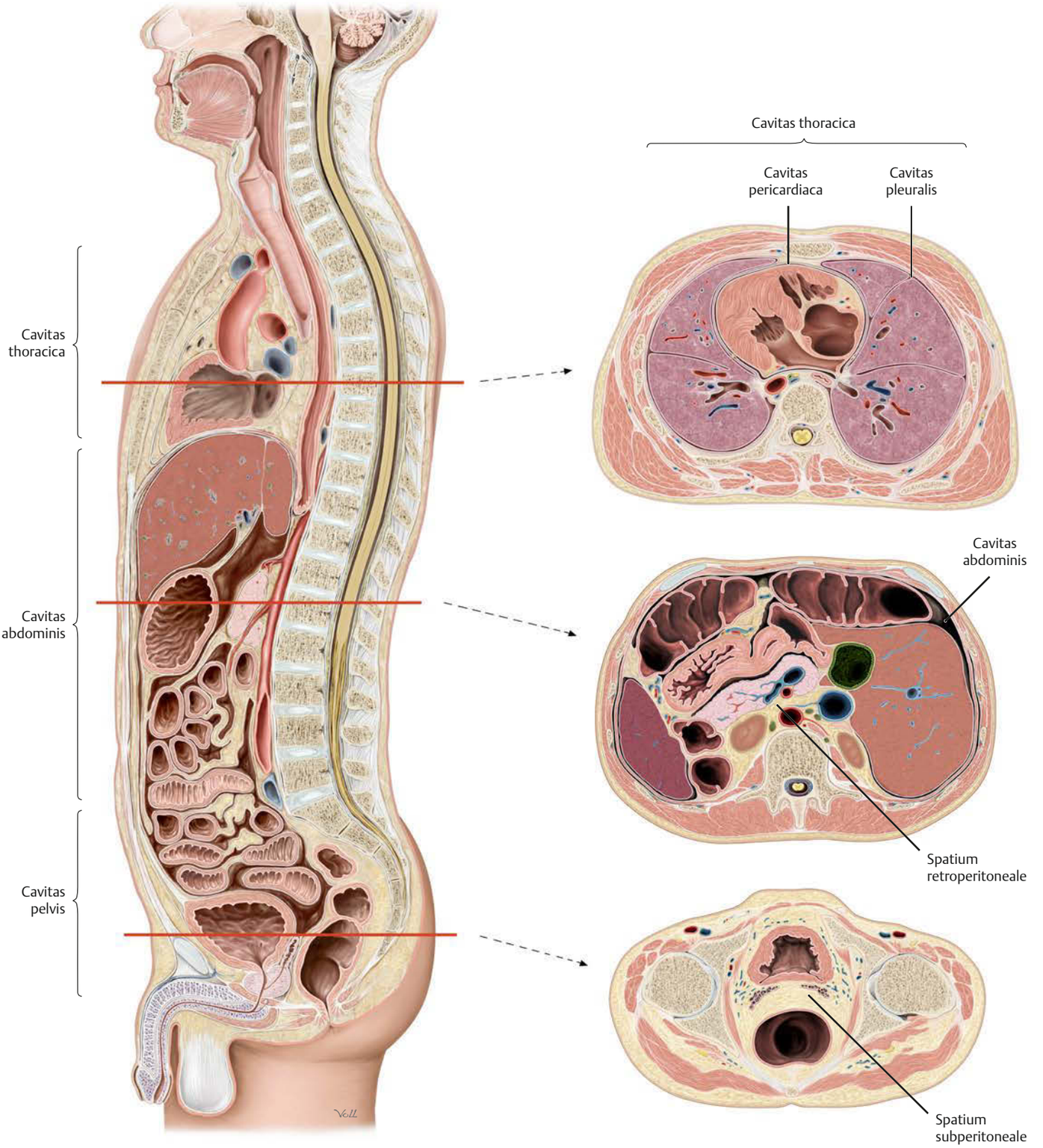
An der Bildung des Zwerchfells (Diaphragma) sind vier unterschiedliche Strukturen ursächlich beteiligt:

- Septum transversum,
- linke und rechte Pleuroperitonealfalte,
- dorsales Mesenterium des Oesophagus und
- Muskulatur der Leibeswand.

Das Septum transversum entsteht als dicke Mesenchymplatte bereits in der 4. Entwicklungswoche im Bereich der vorderen Darmpforte zwischen Perikardhöhle und Dottergang. In der 6. Entwicklungswoche verlagert sich das Septum transversum nach kaudal (**a**). Unmittelbar darunter entsteht im ventralen Mesenterium die Anlage der Leber. Im weiteren Verlauf fusioniert das Septum transversum mit den beiden Pleuroperitonealfalten und bildet das spätere *Centrum tendineum* (**b**). Aus dem dorsalen Mesenterium des Oesophagus und der angrenzenden Muskulatur der Leibeswand entsteht schließlich die *Pars muscularis* des Zwerchfells (**c**).

Beachte: Die motorische Innervation des Zwerchfells erfolgt durch den N. phrenicus (C3, C4 und C5), der in der Pleuroperikardialfalte unmittelbar neben dem Stamm der Kardinalvene zum Zwerchfell zieht. Er dokumentiert die Herkunft der quergestreiften Muskulatur aus den zervikalen Somiten.

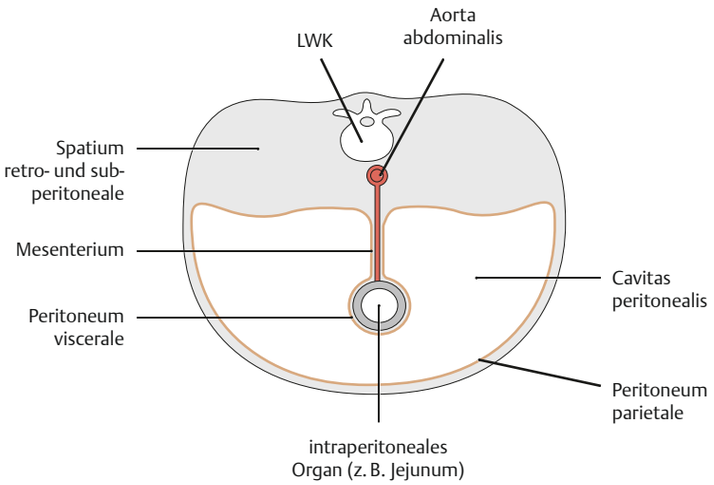
1.4 Einteilung und Architektur der Körperhöhlen



A Einteilung der Körperhöhlen
Mediansagittalschnitt, Ansicht von links. Man unterscheidet drei von oben nach unten untereinander angeordnete große Körperhöhlen:

- Brusthöhle (Cavitas thoracica),
- Bauchhöhle (Cavitas abdominis) und
- Beckenhöhle (Cavitas pelvis).

Diese Körperhöhlen sind nach allen Seiten von Teilen der Rumpfwand umgeben. Der größte Teil der Wände besteht aus Muskulatur und Bindegewebe. Im Thorax kommen mit den Rippen, im Becken mit den Beckenknochen noch knöcherne Wandelemente hinzu. Am oberen Ende geht der Bindegewebsraum der Brusthöhle kontinuierlich in den des Halses über, der muskuläre Beckenboden verschließt das Becken nach kaudal. Je nach Lage in einer der drei Höhlen werden Organe als Thorax-, Abdominal- oder Beckenorgane bezeichnet (s. **C**).



B Architektur der Körperhöhlen
Stark schematisierter Querschnitt durch einen Menschen; Ansicht von oben. Prinzipiell lässt sich jede Körperhöhle in zwei unterschiedlich strukturierte Räume aufteilen:

- einen **Hohlraum**: Seine Innenwand und die anliegende Außenwand der Organe sind mit einer glatten, feuchten und spiegelnden Epithelschicht ausgekleidet, der sog. serösen Haut oder Serosa. Der Anteil der Serosa, der das Organ überzieht, wird als *viszerales* (Viscera = Eingeweide) Blatt bezeichnet, der Anteil, der die Höhlenwand bedeckt als *parietales* Blatt (Paries = Wand). Die Organe, die in dieser Höhle liegen, sind frei beweglich und nur über eine – auch von Serosa überzogene – Bindegewebsbrücke, dem „Meso", mit dem u. g. Bindegewebsraum verbunden;
- einen **Bindegewebsraum,** in dem die Leitungsbahnen von und zum Organ verlaufen. Organe, die in diesem Raum liegen, sind in dieses Bindegewebe eingebaut und mehr oder weniger unbeweglich.

Während dieses Bauprinzip für alle drei Körperhöhlen gilt, variieren die Bezeichnungen für die einzelnen Abschnitte wie folgt: (s. **C**):

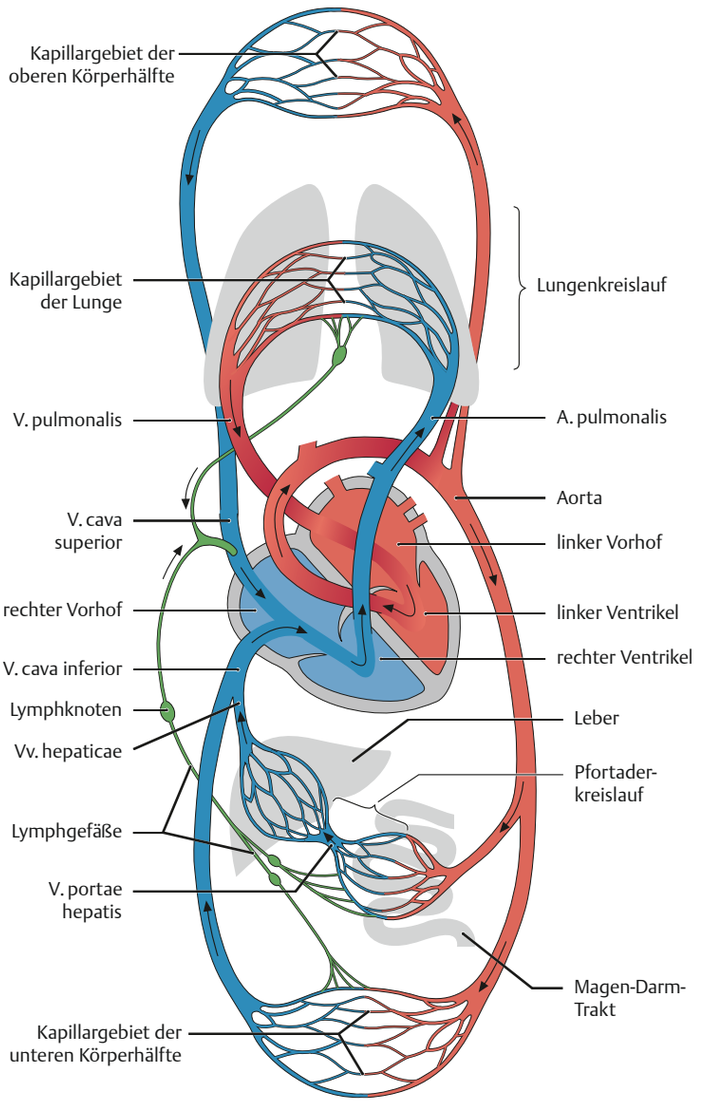
- Im **Thorax** liegt das Bindegewebe überwiegend zentral im sog. Mediastinum, in das die Herzbeutelhöhle (Cavitas pericardiaca) als seröser Hohlraum eingebaut ist. Seitlich des Mediastinums liegen die beiden serösen Pleurahöhlen (Cavitates pleurales).
- Im **Abdomen** liegt das Bindegewebe hinter der serösen Höhle, der Peritonealhöhle, im Spatium extraperitoneale abdominis.
- Im **Becken** liegt das Bindegewebe sowohl hinter als auch unter der Peritonealhöhle im sog. Spatium extraperitoneale pelvis.

Dementsprechend lassen sich alle Organe in Thorax, Abdomen und Becken nach ihrer Lage im Bindegewebsraum oder in einer der serösen Höhlen einteilen (s. **C**).
Beachte: Während die Abgrenzung von Thorax- und Abdominalhöhle durch das Zwerchfell (Diaphragma) eindeutig vorgegeben ist, erfolgt die Abgrenzung von Abdominal- zu Beckenhöhle – teilweise willkürlich – anhand knöcherner Bezugspunkte der Wand. Abdominal- und Beckenhöhle bleiben also grundsätzlich eine gemeinsame Höhle und bilden damit einen gemeinsamen Erkrankungsraum.
Das Mesenterium ist eine bindegewebige Platte, die beiderseits von Peritonealepithel überzogen ist. In ihm befinden sich die Leitungsbahnen des Organs (Blut-, Lymphgefäße, Nerven). Im Zusammenhang mit Organen wird es oft mit dem Präfix „Meso-" verwendet.

C Räume und Körperhöhlen mit den jeweiligen Organen in Thorax, Abdomen und Becken

Körperhöhle und deren Inhalt	Seröse Höhlen und darin liegende Organe	Seröse Haut	Bindegewebsraum und darin liegende Organe
Cavitas thoracica (Brusthöhle; Thorax) Thoraxorgane	• Cavitates pleurales (paarige Pleurahöhle) mit Lungen: *intrapleurales Organ* • Cavitas pericardiaca (Herzbeutelhöhle) mit Herz: *intraperikardiales Organ*	• Pleura visceralis bzw. parietalis (Lungen- bzw. Rippenfell) • Pericardium serosum: Lamina visceralis und parietalis (Herzbeutelanteile)	• Mediastinum („Mittelfellraum") zwischen den Pleurahöhlen sowie vor und hinter der unpaaren Herzbeutelhöhle mit den Mediastinalorganen = Oesophagus, Trachea und Thymus sowie allen Leitungsbahnen – *Mediastinalorgane*
Cavitas abdominis (Abdominal- oder Bauchhöhle) Abdominalorgane	• Cavitas peritonealis abdominis (Peritonealhöhle in der *Bauch*höhle) mit: Magen, Teilen von Dünn- und Dickdarm, Milz, Leber, Gallenblase sowie Caecum mit Appendix vermiformis: *intraperitoneale Organe*	• Peritoneum viscerale und parietale (Bauchfell)	• Spatium extraperitoneale (bzw. retroperitoneale) abdominis (und pelvis), also außerhalb (bzw. hinter) der Peritonealhöhle von Bauch (und Becken) mit Nieren, Ureteren, Nebennieren sowie Pancreas und Teilen von Duodenum, Dickdarm und Rectum – *extraperitoneale Organe*
Cavitas pelvis (Beckenhöhle) Beckenorgane	• Cavitas peritonealis pelvis (Peritonealhöhle in der *Becken*höhle) mit: Fundus und Corpus uteri, Ovar, Tuba uterina und ggfs. oberstem Rektumabschnitt: *intraperitoneale Organe*	• Peritoneum viscerale und parietale (Bauchfell)	• Spatium extraperitoneale (bzw. retro- und subperitoneale) pelvis, also außerhalb (bzw. hinter und unter) der Peritonealhöhle des Beckens mit: Harnblase mit mündungsnahen Ureteren, Prostata, Glandula vesiculosa, Cervix uteri, Vagina und Teilen des Rectum – *extraperitoneale Organe*

2.1 Übersicht und prinzipieller Wandbau



A Herz-Kreislauf-System im Überblick

Das **Herz-Kreislauf-System** ist ein geschlossenes Röhrensystem, in dem das Blut zirkuliert. Diese Zirkulation ist notwendig, um permanent Sauerstoff, Nährstoffe und Hormone zu den Organen hin und Kohlendioxid und andere Stoffwechselabfallprodukte von den Organen weg zu den Ausscheidungsorganen zu transportieren. Zusätzlich befördert der Blutstrom Zellen und Eiweiße des Immunsystems. Sie „patroullieren" den Körper ständig auf der Suche nach Pathogenen und nutzen das Blut als Transportmedium. Ähnlich wie bei einer Zentralheizung kann mit dem Blut auch Wärme transportiert werden, so dass die Zirkulation Teil des Wärmehaushalts des Körpers ist. Neben diesen Servicefunktionen beinhaltet das Blut noch ein spezialisiertes Leckabdichtungssystem: die Bestandteile der Blutgerinnung. Es wird aktiviert, wenn das Röhrensystem verletzt ist. Angetrieben wird die Zirkulation im System durch das Herz, das wie eine Saug-Druck-Pumpe wirkt.

Zwei Kreislaufsysteme werden zunächst unterschieden:

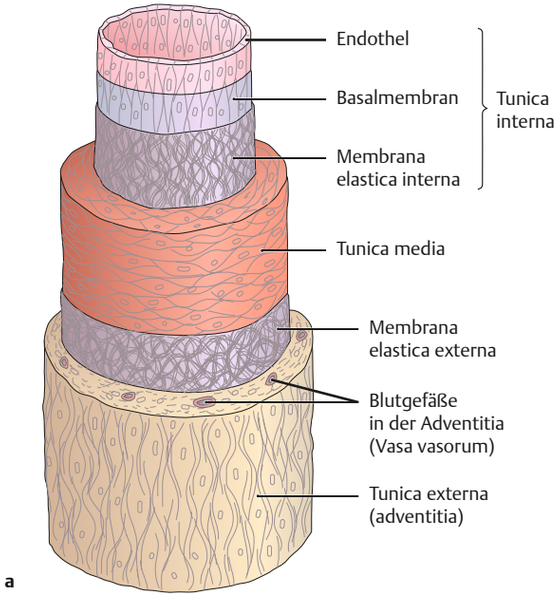
- der große oder Körperkreislauf (Hochdrucksystem mittlerer Blutdruck 100 mmHg in großen Arterien) und
- der kleine oder Lungenkreislauf (Niederdrucksystem Mittelwert 12 mmHg; Unterschied im Druck fast Faktor 10!).

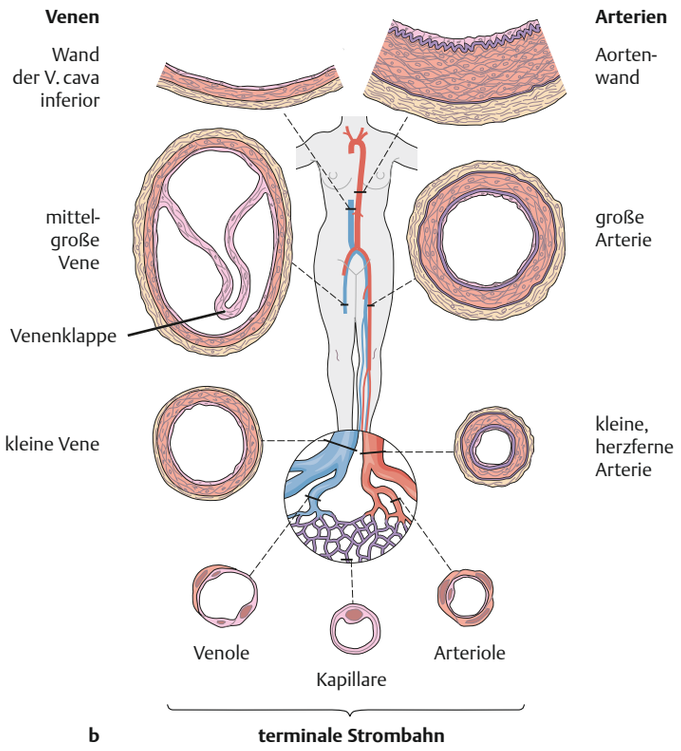
In Bezug auf das Röhrensystem unterscheidet man in beiden Kreisläufen vier definierbare Abschnitte:

- Arterien und Arteriolen: führen vom Herzen weg und verteilen das Blut auf die Organe,
- Kapillaren: schließen an die Arterien an und dienen dem Stoffaustausch in den Organen,
- Venolen und Venen: nehmen das Blut aus den Kapillaren auf und leiten es an das
- Herz zurück, welches das Blut im Sinne einer Umwälzpumpe wieder in die Arterien weiterleitet.

Das **Lymphgefäßsystem** ist ein zusätzliches Gefäßsystem, das Flüssigkeiten aus den Organen abtransportiert. Es beginnt blind mit den Lymphkapillaren in den Organen und leitet die Lymphflüssigkeit in das venöse System ein.

Beachte: Die Zuordnung der Bezeichnung Arterie oder Vene erfolgt nach dem Wandaufbau, Hoch- bzw. Niederdrucksystem und nicht nach dem Sauerstoffgehalt des Blutes, der hier dargestellt ist. Im Lungenkreislauf enthält folglich die Pulmonalarterie venöses Blut (= blau), während die Pulmonalvene das arterialisierte Blut (= rot) enthält.





B Prinzipieller Wandbau großer Gefäße

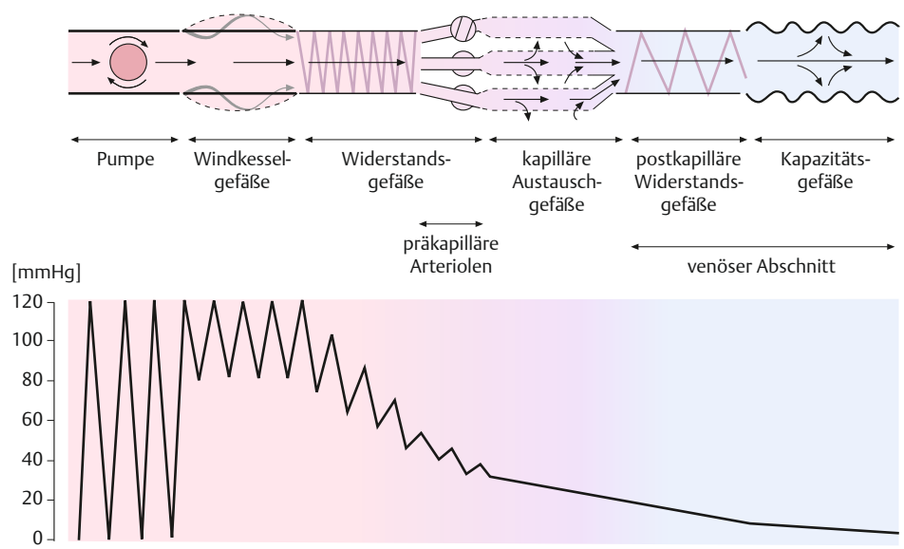
a Die größeren Transportgefäße (Arterien, Venen) bestehen prinzipiell aus drei Schichten:

- Tunica intima (Intima): Endothel bestehend aus einschichtigem Plattenepithel, wobei sich die Zellen in Richtung des Blutflusses strecken und einer darunter liegenden subendothelialen Bindegewebsschicht;
- Tunica media (Media): ringförmig angeordnete glatte Muskelzellen, außerdem die elastischen Fasern von der Membrana elastica *interna* (die das Endothel der Intima von der Media abgrenzt) und Membrana elastica *externa* (welche die Media von der Adventitia abgrenzt);
- Tunica adventitia (Adventitia): lockeres Bindegewebe, welche das Gefäß in die Umgebung einbaut und für eine gewisse Verschieblichkeit bei Organbewegungen sorgt; enthält außerdem Blut- und Lymphgefäße sowie Nerven.

b Abgesehen von diesem prinzipiell identischen dreischichtigen Aufbau der Arterien sind bei Venen die glatten Muskelzellen in der Media in weniger Schichten vorhanden und zudem weniger dicht gepackt als bei Arterien, so dass die Media von Venen lockerer erscheint. Diese beiden Baumerkmale sind durch den im Vergleich zu den Arterien geringeren Blutdruck in den Venen bedingt. Die peripheren Venen in den Extremitäten zeichnen sich zudem durch das Vorkommen von Klappen aus. Die kleinen Austauschgefäße, die Kapillaren besitzen keine Muskelschicht mehr, sondern bestehen nur aus Endothel und Basalmembran.

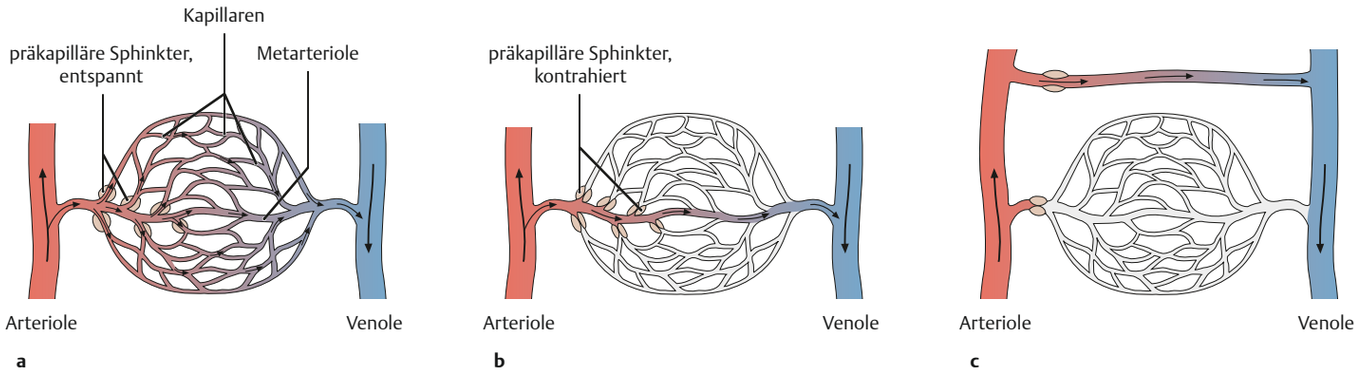
C Blutdruckverhältnisse in den verschiedenen Abschnitten des Herz-Kreislauf-Systems

Bei kaum einem Organsystem ist die Funktion so eng mit der Morphologie gekoppelt wie bei dem Gefäßsystem, da ein hoher Blutdruck eine dicke Gefäßwand und ein niedriger eine dünne Gefäßwand bedingt. Deshalb ist die Kenntnis der Druckverhältnisse für die Interpretation der Morphologie von Bedeutung. Bei den großen herznahen Arterien kommen zudem Blutdruckschwankungen vor, da sich bei der jeweiligen Aktionsphase des Herzens auch der Blutdruck ändert: während der Blutdruck in der Spitze der Systole 120 mmHg in der linken Herzkammer erreicht, fällt er in der Diastole bis auf 0 mmHg. Durch die Wandeigenschaften des arteriellen Systems der herznahen Gefäße werden die Blutdruckspitzen abgepuffert und durch die Widerstandsgefäße weiter reguliert, so dass von den Kapillaren an ein gleichmäßiger Druck herrscht. Am niedrigsten ist der Druck in den zentralen, herznahen Venen, die das Blut aufgrund ihrer geringen Wanddicke wie ein Wassersack speichern können.



Beachte: Den Abschnitten des Gefäßsystems sind jeweils spezielle Funktionen zugeordnet, die oben in der Abbildung bezeichnet sind.

2.2 Endstrombahn und Systematik der großen Gefäßstraßen



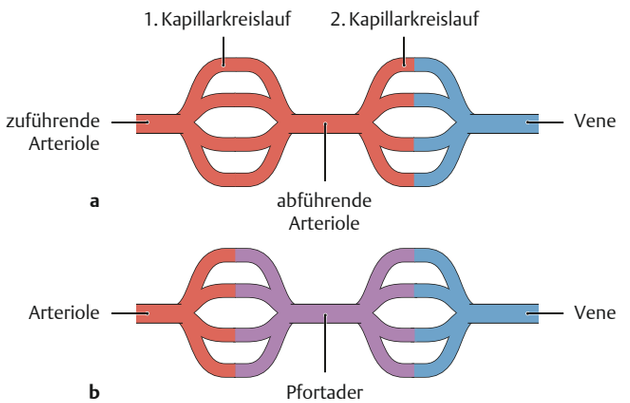
A Endstrombahn

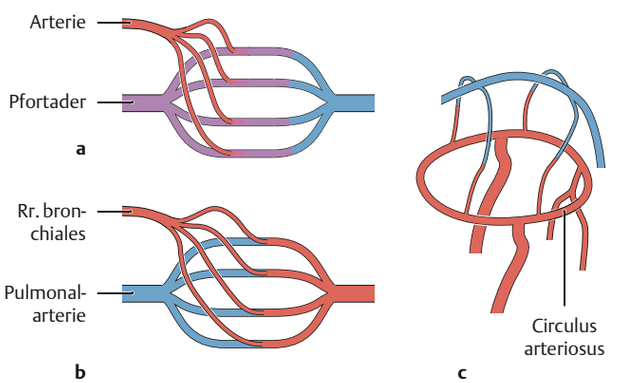
a In den Arterien und Venen steht der Transport des Blutes funktionell im Vordergrund, im Bereich der Endstrombahn ist es der Austausch zwischen Blut und Gewebe. Diesen Austauschabschnitt bezeichnet man alternativ auch als *Mikrozirkulation*.
Zur Endstrombahn zählen:

- Arteriolen
- Kapillaren
- Venolen

b In Bezug auf die Durchblutung der Organe ist wichtig, dass nicht alle Kapillaren gleichmäßig durchblutet sind. Um den Blutfluss zu regulieren, findet man präkapilläre Sphinkter aus glatten Muskelzellen, welche die Durchblutung *einer* Kapillare regeln. Die lokale Durchblutung in der Endstrombahn ist nicht nur innerhalb eines Organs funktionsabhängig, sondern schwankt – natürlich auch – funktionsbedingt von Organ zu Organ.

c Daneben gibt es arteriovenöse Anastomosen, welche die Durchblutung einer Gruppe von benachbarten und zu einer funktionellen Einheit zusammengefassten Kapillaren regeln. Somit können ganze Kapillarbezirke abgeschaltet werden.
Das Versagen der Feinregulation der Kapillardurchblutung ist das Hauptproblem beim Schock: Das Blut „versackt" in den Kapillaren.





B Besondere Gefäßverhältnisse

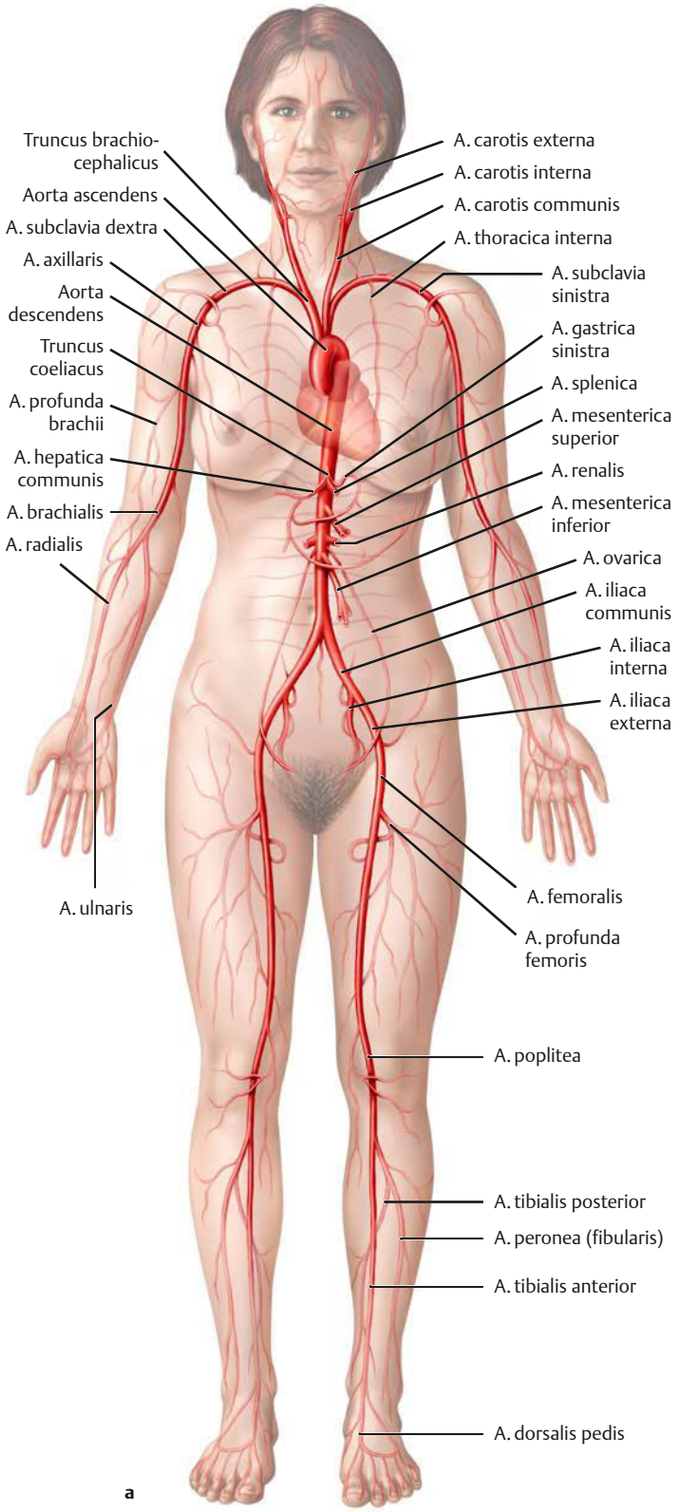
Neben den oben genannten Regelfällen der Organdurchblutung: Arterie – Kapillare – Vene gibt es bei den inneren Organen einige Spezialfälle in der Gefäßversorgung.

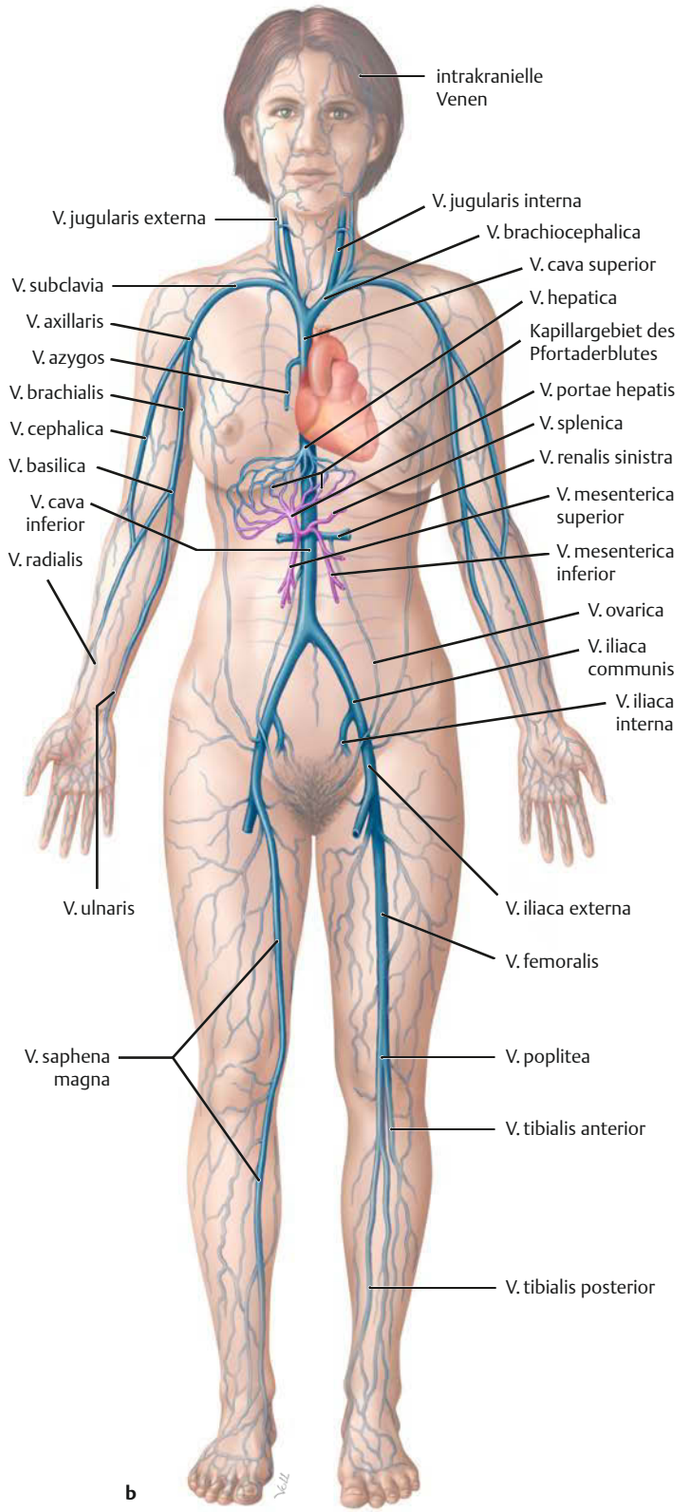
a Passage von arteriellem Blut durch zwei hintereinander geschaltete Kapillarkreisläufe: Zwei hintereinander geschaltete Kapillarkreisläufe findet man in der Niere, wo das arterielle Blut zunächst durch die Nierenkörperchen (Glomerula) fließt und dann in die Kapillaren des Nierenmarks.

b Passage durch zwei venöse Kreisläufe (Pfortadersystem): Fließt venöses Blut hintereinander durch zwei Kapillarbetten, so spricht man von einem Pfortaderkreislauf. Das Blut aus dem ersten Kapillarbett ist zur Verdeutlichung violett eingezeichnet, da es noch nicht komplett deoxygeniert ist. Ein solches Pfortadersystem findet sich im Verdauungstrakt, wo das venöse Blut aus den unpaaren Bauchorganen (Magen, Darm, Milz) in der Pfortader gesammelt wird und einer zweiten Kapillarpassage in der Leber unterworfen wird.

C Doppelte Organversorgung

Die **Leber** wird sowohl von einer Leberarterie (A. hepatica) mit arteriellem Blut versorgt als auch von einer Vene (Pfortader, V. portae hepatis) mit venösem Blut (**a**). Das Gefäß, das für die eigentliche Organversorgung zuständig ist, ist die A. hepatica. Sie wird als das Vas *privatum* bezeichnet. Das Gefäß, das das Blut mit den Produkten enthält, die in der Leber verstoffwechselt werden sollen, ist das sog. Vas *publicum*. Eine Blutversorgung durch zwei Arterien findet man bei der **Lunge** (**b**). Hier ist das Vas publicum die Pulmonalarterie (enthält aber venöses Blut) und die Vasa privata sind die Rami bronchiales aus der Aorta. Beim **Gehirn** liegt eine weitere Variante der mehrfachen Blutversorgung vor, vier Arterien bilden einen untereinander geschlossenen Kreis (Circulus arteriosus), aus dem die direkten Gefäße in das Gehirn abgehen (**c**). Alle drei Varianten der Blutversorgung durch mehrere Gefäße sorgen für eine gewisse Kompensationsmöglichkeit, falls eines der zuführenden Gefäße ausfällt.





D Große Gefäßstraßen

In dieser Übersicht sind die großen Arterien (**a**) und Venen (**b**) des Menschen dargestellt. In der folgenden Systematik der Organe wird die Kenntnis der großen Gefäßstämme vorausgesetzt, die kleineren organversorgenden Gefäße werden im Zusammenhang mit den Organen abgehandelt.

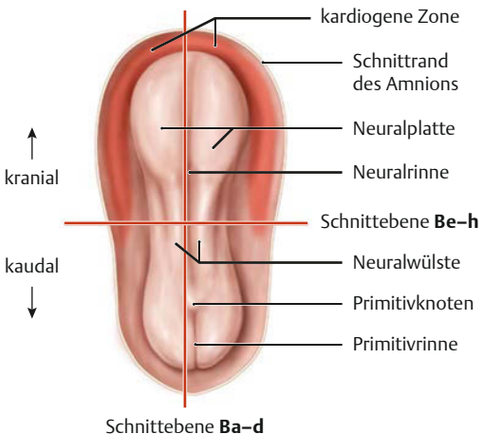
2.3 Kardiogene Zone, Entwicklung des Herzschlauches

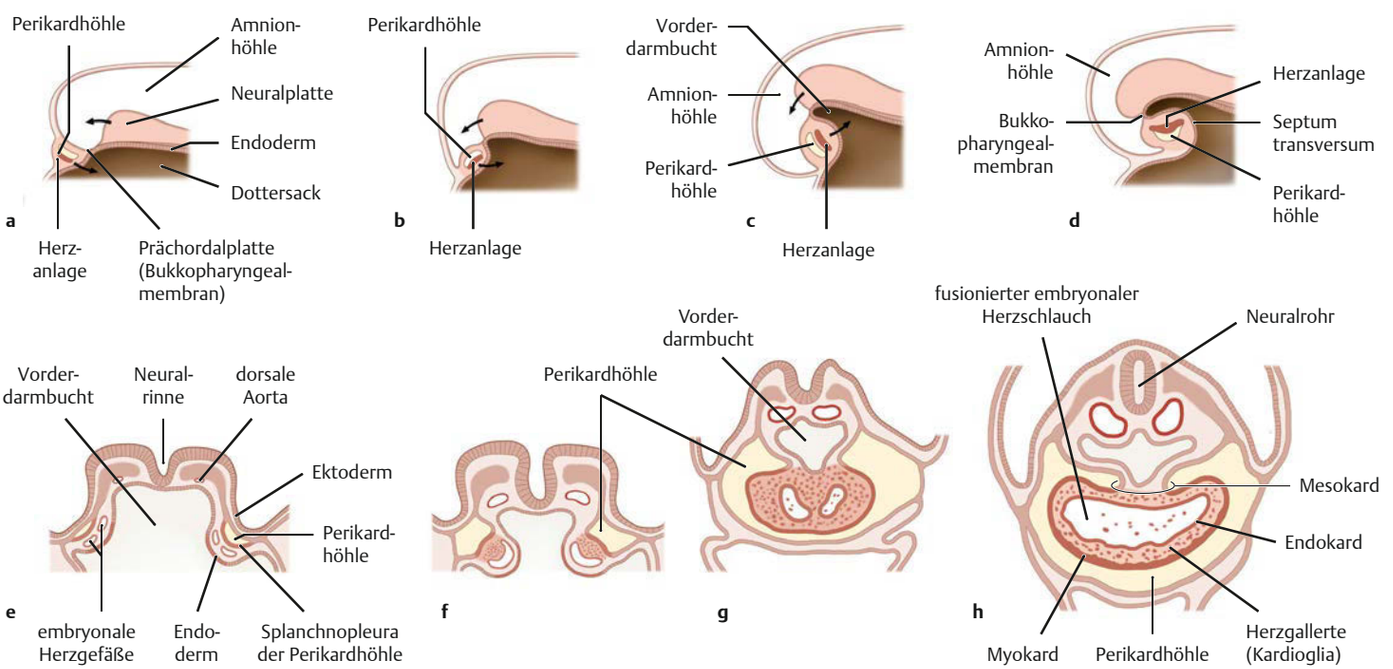
Besonderheiten

Das Herz-Kreislauf-System ist in mehrfacher Hinsicht außergewöhnlich: Zum einen ist es das *1. funktionsfähige Organsystem* des menschlichen Embryos; es arbeitet bereits am Ende der 3. Entwicklungswoche (1. Kontraktion des primitiven Herz-[Endothel-]schlauches). Zum anderen ist die sog. Herzschleife (s. u.) die *1. asymmetrische Struktur* des Körpers. Da der menschliche Embryo nicht ausreichend mit Dotter ausgestattet und die Ernährung über Diffusion damit nur für kurze Zeit gewährleistet ist, ist er bereits früh auf extraembryonale Kreisläufe angewiesen. Während der zeitlich etwas früher angelegte Dotterkreislauf keine bedeutende hämodynamische Wirkung hat, wird der *Plazentarkreislauf* im Verlauf der Embryonal- und Fetalperiode zur treibenden Kraft (s. **D**).

A Herkunft des Herzgewebes (kardiogene Zone)

Sicht von der Amnionhöhle aus auf die Keimscheibe von dorsal. Während der 3. Entwicklungswoche (Präsomitenstadium) bildet das kardiogene Mesoderm, aus dem sich das Herz entwickelt, beim menschlichen Embryo eine hufeisenförmige Zone (kardiogene Zone/Platte) aus verdicktem mesenchymalen Gewebe. Es liegt vor und seitlich der Neuralplatte. Das mesenchymale Gewebe befindet sich zu diesem Zeitpunkt noch am Boden bzw. unterhalb der ebenfalls hufeisenförmigen, intraembryonalen Zölomhöhle und grenzt als Splanchnopleura (= das den Eingeweiden zugewandte Blatt des Seitenplattenmesoderms) an die zukünftige Perikardhöhle (s. **Be**). Mit Beginn der kraniokaudalen sowie der seitlichen Abfaltung des Embryos wandert die ursprünglich rostral (also „oben" bzw. am vorderen Teil der Keimscheibe) und seitlich liegende kardiogene Zone mit dem dorsal aufgelagerten Zölomspalt nach ventral unter den Vorderdarm (s. **Bc**).

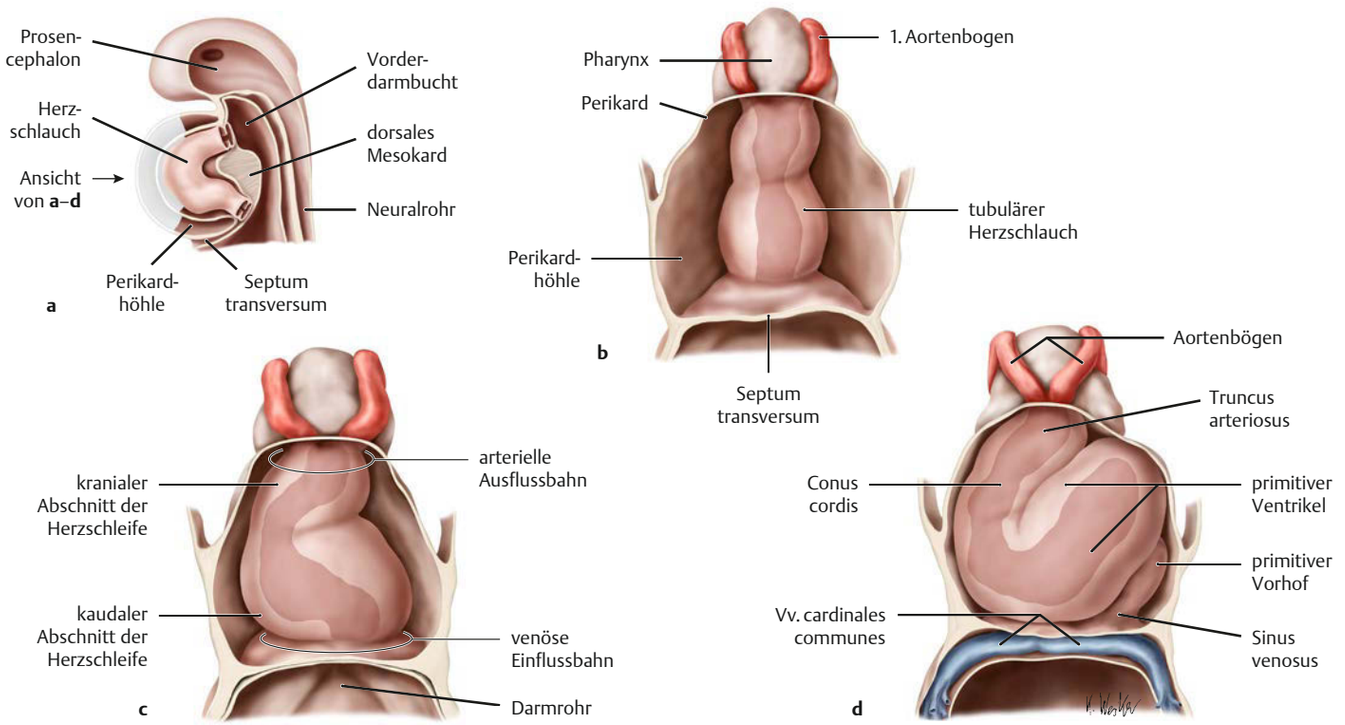




B Bildung der Herzanlage im Laufe der Abfaltung des Embryos

a–**d** Sagittalschnitte; **e**–**h** Querschnitte (21.–23. Entwicklungstag/4–12 Somiten); Ansicht von lateral (**a**–**d**) bzw. rostral (**e**–**h**); zur Lage der jeweiligen Schnittebene s. **A**.

Durch die kraniokaudale Abfaltung (**a**–**d**) verlagern sich Herzanlage und angrenzende Perikardhöhle durch eine 180°-Drehung unter die Vorderdarmbucht (Deszensus des Herzens). Die ehemals kaudal liegende Prächordalplatte (hier entsteht die spätere Mundöffnung) liegt damit nun rostral (oberhalb) der Herzanlage. Auf diese Weise wandert auch das Septum transversum (Anlage des Centrum tendineum des zukünftigen Diaphragmas) nach kaudal unter die Herz- bzw. Perikard (Herzbeutel-)anlage. Im Laufe der etwas verzögert vor sich gehenden, seitlichen Abfaltung (**e**–**h**) fusionieren die zunächst paarigen Herzanlagen zur unpaaren Herzanlage (**h**). Innerhalb des mesenchymalen Gewebes der kardiogenen Zone, d. h. zwischen Endoderm des Vorderdarms und Splanchnopleura der Perikardhöhle entwickeln sich aus proliferierenden Hämangioblasten zahlreiche, mit Endothel ausgekleidete embryonale Gefäße. Die angrenzende Splanchnopleura verdickt sich und entwickelt sich nach Fusion mit der Gegenseite zum Herzmuskel *(Myokard)*. Zwischen den Anlagen von Endo- und Myokard liegt eine breitangelegte basalmembranähnliche Struktur aus gallertiger Extrazellularmatrix (Herzgallerte/sog. Kardioglia). Somit besteht der fusionierte embryonale Herzschlauch von innen nach außen aus drei Schichten: Endokard, Herzgallerte und Myokard. Das viszerale Blatt des Herzbeutels, das *Epikard,* bildet sich aus Vorläuferzellen im Bereich des Sinus venosus, die sekundär das Myokard überwachsen.

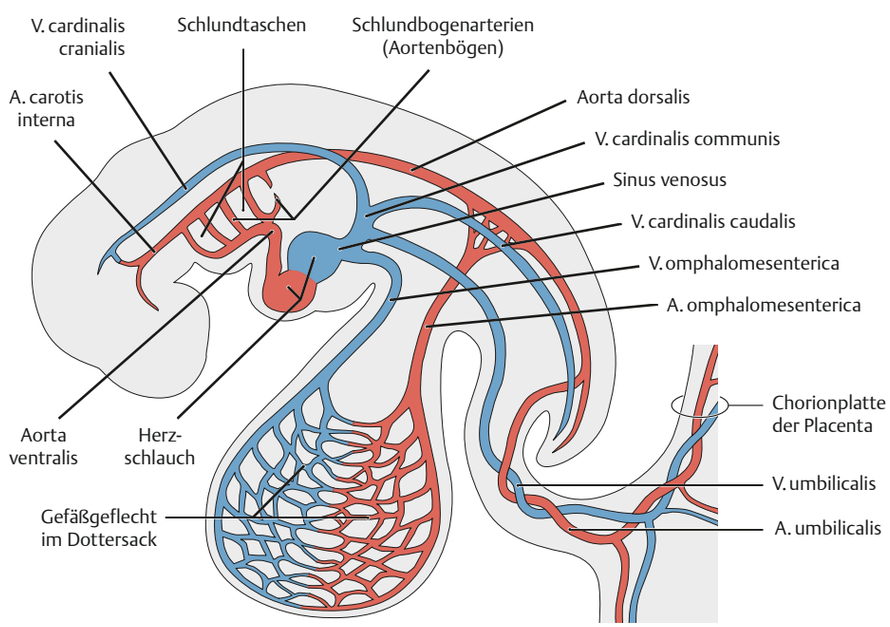


C Bildung der Herzschleife

a Ansicht von links-lateral; **b**–**d** Sicht von vorne auf die eröffnete Perikardhöhle.

Während der kranialen Abfaltung des Embryos verlagern sich Herzanlage und zukünftige Perikardhöhle nach ventral und kaudal. Mit Beginn der 4. Entwicklungswoche verlängert und krümmt sich der tubuläre Herzschlauch zur sog. *Herzschleife*, die zunächst noch über ein dorsales Mesokard an der Hinterwand der Perikardhöhle aufgehängt ist. Dieses Aufhängeband bildet sich im Weiteren zurück (Ausbildung des *Sinus transversus pericardii*), so dass der Herzschlauch nur noch an seiner venösen und arteriellen Ein- bzw. Ausflussbahn am Perikard befestigt ist (s. **c**). Bei der Bildung der Herzschleife verlagert sich der kraniale Abschnitt des Herzschlauches nach ventrokaudal und rechts, während der kaudale Abschnitt nach dorsokranial und links wandert (**d**). Somit liegt die Einstrombahn (Porta venosa) der Herzschleife dorsal, die Ausstrombahn hingegen ventral. Gleichzeitig gliedert sich der Herzschlauch durch lokale Einschnürungen und Aussackungen in mehrere Abschnitte:

- Truncus arteriosus,
- Conus cordis,
- primitiver Ventrikel,
- primitiver Vorhof und
- Sinus venosus.



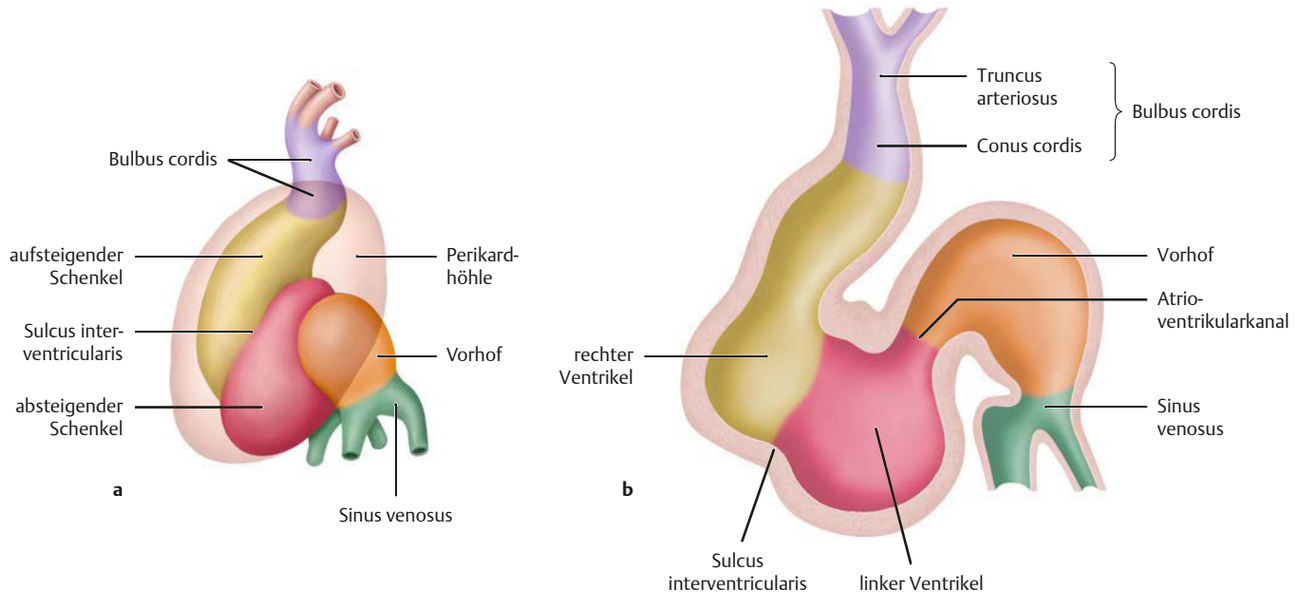
D Frühembryonaler Kreislauf (nach Drews)

Ansicht von lateral. Bei einem 3–4 Wochen alten menschlichen Embryo besteht das Herz-Kreislauf-System aus einem kontraktionsfähigen muskulären Herzschlauch sowie drei unterschiedlichen Blutkreislaufsystemen:

- einem intraembryonalen Körperkreislauf (Aortae ventralis und dorsalis, Kiemenbogen- bzw. Schlundbogenarterien, Vv. cardinales cranialis, caudalis und communes),
- einem extraembryonalen Dotterkreislauf (Aa. und Vv. omphalomesentericae/vitellinae) und
- einem Plazentarkreislauf (Aa. und Vv. umbilicales).

Das teilweise bereits arterialisierte Blut (Dottersack bzw. Plazenta) der sechs großen Venenstämme (je zwei Dottersackvenen, Allantois- bzw. Plazentavenen und gemeinsame Kardinalvenen) mündet in ein gemeinsames venöses, herznahes Auffangbecken, den Sinus venosus, bevor es, entlang des Herzschlauches und weiter über die paarige, dorsale Aorta, zurück in den Körperkreislauf bzw. zum Dottersack und der Placenta gelangt (zur Entwicklung des Sinus venosus s. S. 17).

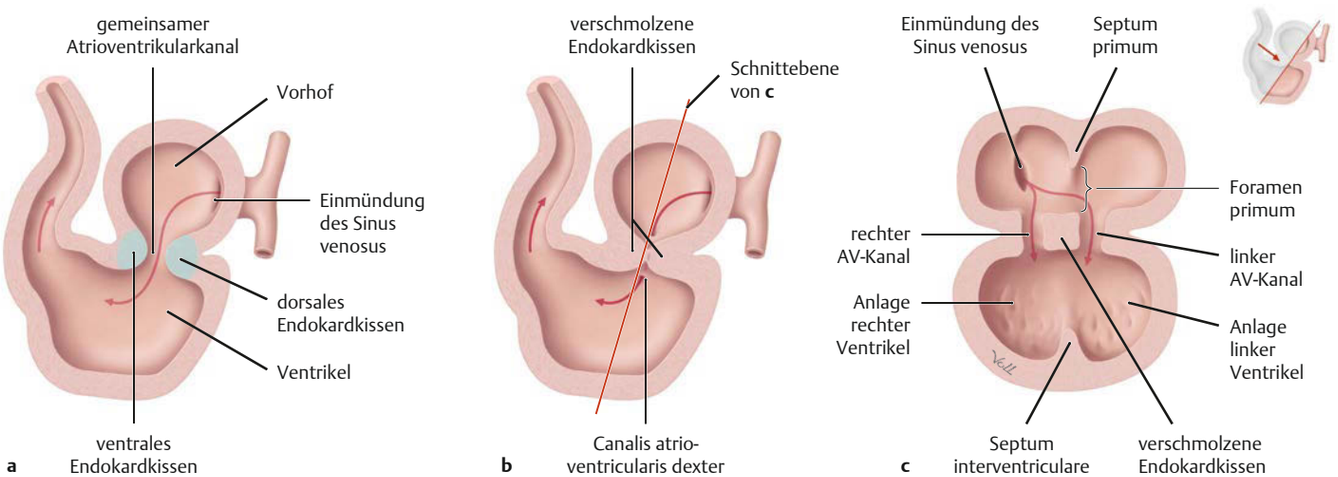
2.4 Entwicklung der Herzbinnenräume, Schicksal des Sinus venosus



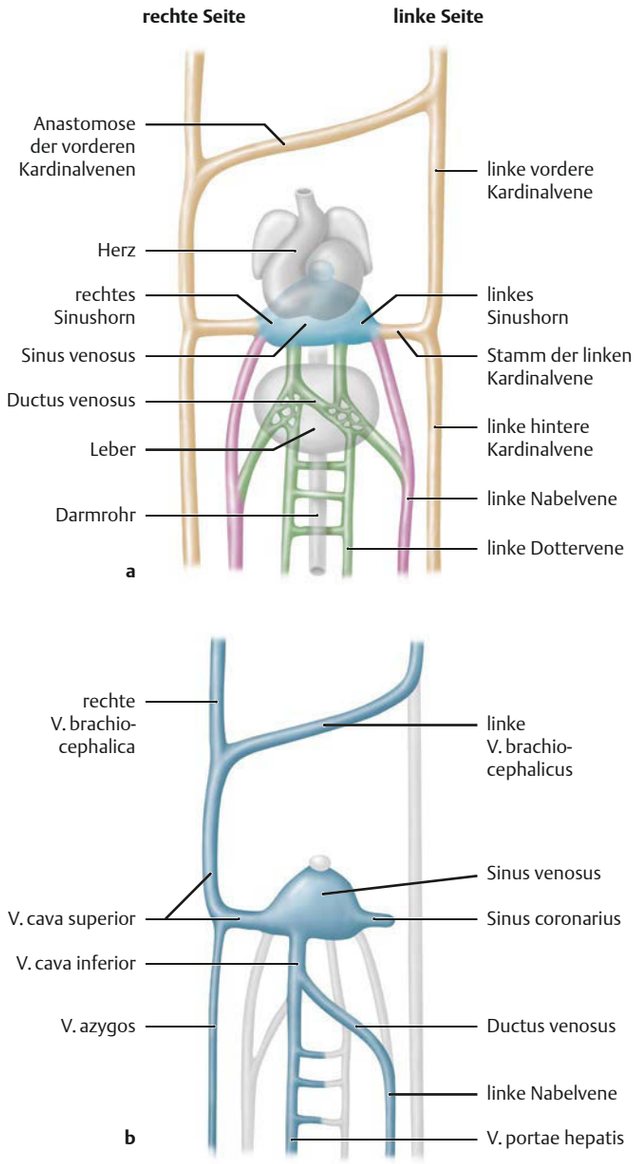
A Herzschleife und daraus entstehende Herzabschnitte
a Herzschleife in der Ansicht von links; **b** Sagittalschnitt durch die Herzschleife.
In der Herzschleife sind Ende der 3./Anfang der 4. Woche die Vorstufen der definitiven Herzabschnitte gut zu erkennen:

- Bulbus cordis (= Truncus arteriosus und Conus cordis) wird zu glattwandiger *Ausstrombahn* von linkem und rechtem Ventrikel sowie Anfangsteil von Pars ascendens aortae (aufsteigende Aorta) und Truncus pulmonalis;
- aufsteigender Schenkel der Herzschleife: wird zum rechten Ventrikel;
- absteigender Schenkel der Herzschleife: wird zum linken Ventrikel;
- Sulcus interventricularis: markiert äußerlich die Grenze zwischen definitivem linkem und rechtem Ventrikel;
- auf Höhe des Atrioventrikularkanals bilden sich die zukünftigen Atrioventrikularklappen.

Zwischen dem 27. und 37. Entwicklungstag kommt es durch komplizierte Septierungsvorgänge im Bereich von Vorhof, Ventrikel und Ausflussbahn (s. S. 18) zu einer Unterteilung des einheitlichen Herzschleifenlumens in eine *Strombahn* des *„rechten“* und *„linken“ Herzens.*

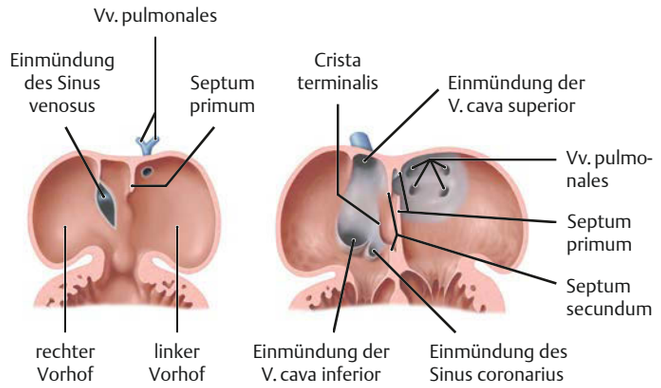


B Bildung der Endokardkissen und Entstehung der Herzbinnenräume
a u. **b** Sagittalschnitt durch die Herzschleife; **c** Frontalschnitt auf Höhe der Endokardkissen (Schnittebene s. **b**).
Während der 4. Entwicklungswoche wird der Herzschlauch am Übergang von Vorhof zu Kammerbereich zum Atrioventrikularkanal (AV-Kanal) verengt. Dieses geschieht durch Bildung von je einem dorsalen und ventralen Endokardkissen, das sind lokale Verdickungen im Bereich der myokardialen Basalmembran (Herzgallerte). Sie verschmelzen miteinander und untergliedern den AV-Kanal im Weiteren in eine linke und rechte Strombahn (Canalis atrioventricularis dexter und sinister). Aus den fusionierten Endokardkissen entwickeln sich später die Atrioventrikularklappen, die die Vorhöfe von den Kammern trennen (Mitral- und Trikuspidalklappe). Gleichzeitig beginnt die Unterteilung von Vorhof und Kammern (s. S. 18).



C Schicksal des Sinus venosus und seiner Veneneinmündungen
a 4. Woche; **b** 3. Monat; Ansicht von ventral.
Bis zur 4. Woche ist der Sinus venosus ein separater Herzabschnitt am Anfang der venösen Einstrombahn. Er mündet in die Mitte des noch nicht geteilten Vorhofs. Über sein linkes bzw. rechtes Sinushorn münden jeweils drei große paarige Venen in den Vorhof: Dottervene (V. vitellina/omphalomesenterica), Nabelvene (V. umbilicalis) und Stamm der Kardinalvene (V. cardinalis communis). Durch zwei *Links-Rechts-Kurzschlüsse* verlagert sich die Einflussbahn zunehmend auf die rechte Körperseite, links obliteriert der größte Teil der Venen (s. **E**):

1. **Links-Rechts-Kurzschluss:** Der Blutstrom aus der Placenta gelangt über die linke Nabelvene und den Ductus venosus in der Leber auf die rechte Seite und dort über den Stamm der rechten *Dottervene* (spätere V. cava *inferior*) zum rechten Sinushorn.
2. **Links-Rechts-Kurzschluss:** Die beiden oberen Kardinalvenen werden durch eine Anastomose verbunden. Das Blut aus dem Körperkreislauf mündet dann über den Stamm der rechten *Kardinalvene* (spätere V. cava *superior*) in das rechte Sinushorn. Dabei vergrößert sich das rechte Sinushorn und wird zunehmend in die Wand des rechten Vorhofs miteinbezogen (**b**). Das *linke Sinushorn* hingegen wird zunehmend kleiner und entwickelt sich zum Sinus coronarius.



D Umgestaltung der Vorhöfe
Die Aufteilung des primär einheitlichen Vorhofs (Atrium commune) in einen linken und rechten Vorhof wird in der 5. Woche durch die Bildung des *Septum primum* eingeleitet (s. S. 18). Etwa gleichzeitig beginnt die Umgestaltung der Vorhöfe durch Einbeziehung von Venenwandmaterial. Während auf der rechten Seite Teile des rechten Sinushorns in die Vorhofwand miteinbezogen werden, entsteht der größte Teil des linken Vorhofs durch Einbeziehung der primitiven Vv. pulmonales. Die Herkunft der Vorhofanteile lässt sich noch am ausgewachsenen Herzen nachvollziehen:

- glattwandige Wandabschnitte entstehen aus Venenwandmaterial (Sinus venosus, Vv. pulmonales),
- trabekuläre Anteile (v. a. das linke und das rechte Herzohr) gehen auf das ehemalige Atrium commune (den noch nicht geteilten Vorhof) zurück.

Diese Grenze zwischen glattwandigen und trabekulären Wandanteilen markiert im rechten Vorhof beispielsweise eine vertikale Leiste, die Crista terminalis. Ihr kranialer Abschnitt ist die ehemalige rechte Sinusklappe, ihr kaudaler Abschnitt sind die Klappen der V. cava inferior und des Sinus coronarius.

E Umgestaltung des Sinus venosus und seiner Veneneinmündungen nach der 4. Embryonalwoche (s. auch **Cb**)

Sinus venosus und in ihn mündende Venen bis inklusive der 4. Woche	Was nach der 4. Woche auf der rechten Seite des Körpers bleibt	Was nach der 4. Woche auf der linken Seite des Körpers bleibt
rechtes und linkes Sinushorn	glattwandiger Anteil des rechten Vorhofs	Sinus coronarius
rechte und linke V. cardinalis communis	rechte Vene wird zu einem Teil der V. cava superior	linke Vene geht im Sinus coronarius auf
rechte und linke V. cardinalis cranialis	rechte Vene wird ebenfalls zu einem Teil der V. cava superior	linke Vene obliteriert
rechte und linke V. cardinalis caudalis	rechte Vene wird zur V. azygos	linke Vene obliteriert
rechte und linke V. umbilicalis	Vene obliteriert	distaler Teil bleibt bis zur Geburt erhalten
rechte und linke V. vitellina	• proximaler Teil der rechten Vene wird zur V. cava inferior • distaler Teil der rechten Vene wird zur V. portae hepatis	linke Vene obliteriert

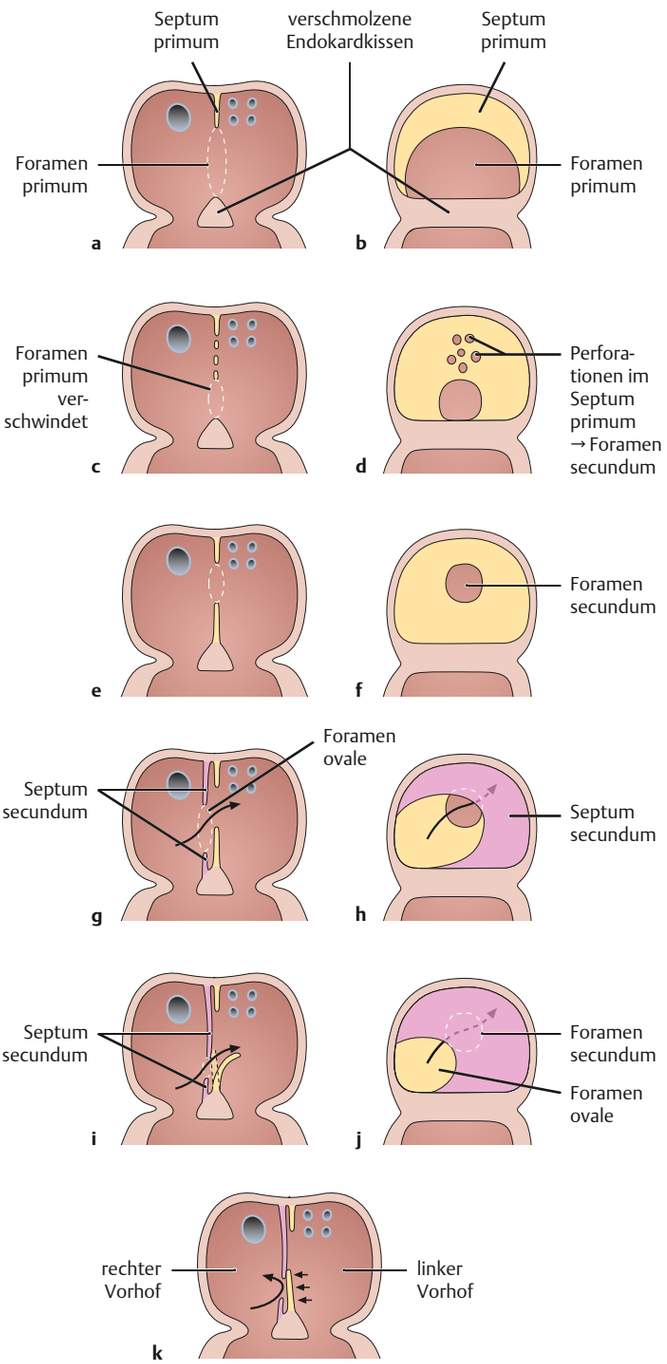
2.5 Septierung des Herzens (Septum atriale, interventriculare und aorticopulmonale)

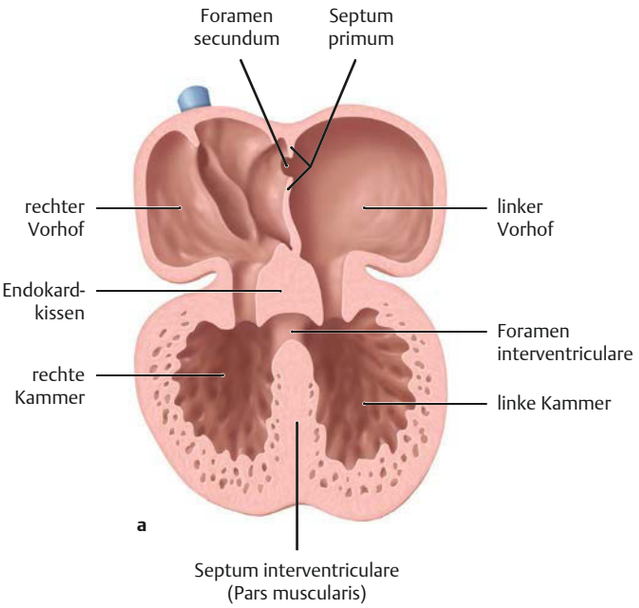
Grundsätzliches zur Entwicklung der Herzsepten
Die Septierung des Herzens beginnt Ende der 4. Woche und dauert etwa drei Wochen. In dieser Zeit wächst der Embryo von etwa 5 auf 17 mm. Durch die Entwicklung der verschiedenen Septen wird der Herzschlauch doppelläufig. Es entsteht eine Strombahn des linken und eine Strombahn des rechten Herzens. Die endgültige Trennung der beiden Kreisläufe erfolgt erst zum Zeitpunkt der Geburt durch den Verschluss des Foramen ovale (s. S. 20), wenn die Lungen des Kindes die Arterialisierung des Blutes übernommen haben.

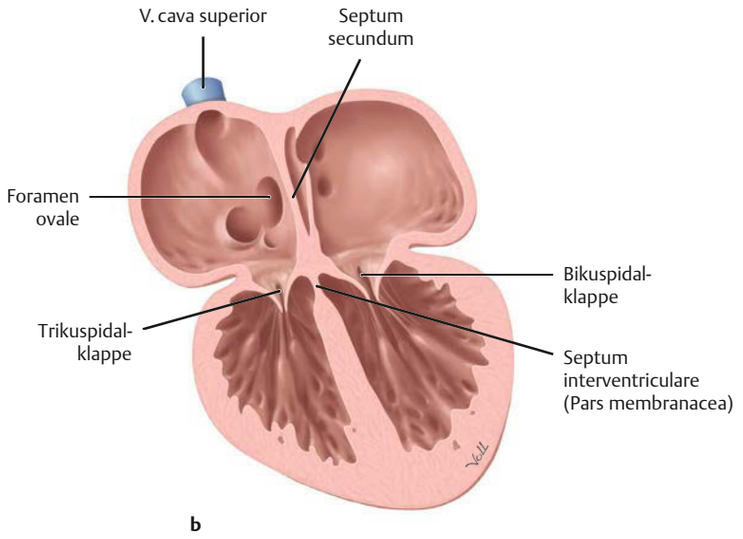
Beachte: Störungen bei der Entwicklung der Herzsepten spielen eine Schlüsselrolle für viele Herzfehlbildungen (z. B. Vorhof- und Kammerseptumdefekte, Transposition der großen Gefäße, Fallot-Tetralogie, s. S. 21). Herzfehlbildungen sind mit einer Inzidenz von 7,5 pro 1000 Lebendgeborene die häufigsten angeborenen Erkrankungen. In Deutschland werden zur Zeit jedes Jahr ca. 6000 Kinder mit einem Herzfehler geboren.

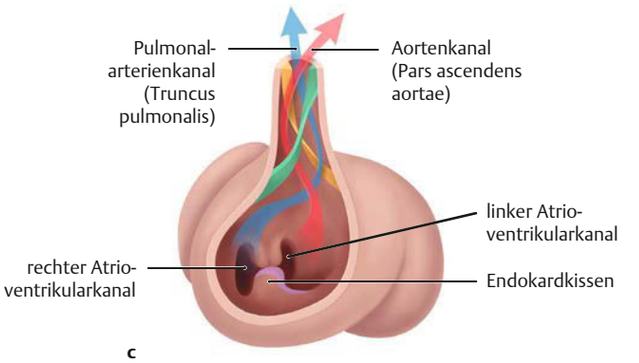
A Septierung der Vorhöfe (Septum atriale)
a, c, e, g, i, k Frontalschnitte, Ansicht von ventral; **b, d, f, h, j** Sagittalschnitte, Ansicht von rechts.

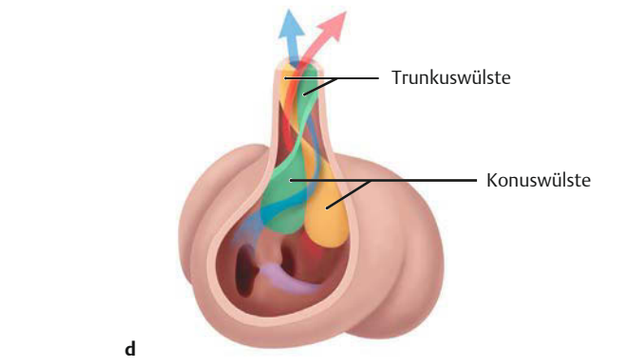
Septum primum und Foramen secundum: Am Ende der 4. Entwicklungswoche wird der primär einheitliche Vorhof (Atrium commune) allmählich in zwei Vorhöfe unterteilt. Vom Dach des noch ungeteilten Vorhofs wächst das *Septum primum* halbmondförmig in Richtung der bereits verschmolzenen Endokardkissen des Atrioventrikularkanals (**a** u. **b**). Zwischen Septumrand und Endokardkissen bleibt eine Öffnung, das *Foramen primum.* Dies wird jedoch immer kleiner und verschwindet schließlich ganz, da das Septum primum stetig weiterwächst. Gleichzeitig wird der obere, zentrale Teil des Septum primum infolge apoptotischer Zelluntergänge mit Löchern durchsetzt, die „zusammenfließen", so dass sich eine neue große Öffnung zwischen den beiden Vorhöfen bildet, das *Foramen secundum* (**c** u. **d**). Diese neue Öffnung sichert von nun an bis zur Geburt den kontinuierlichen Fluss des sauerstoffreichen Blutes vom rechten in den linken Vorhof.
Septum secundum und Foramen ovale: Gegen Ende der 5. Entwicklungswoche wächst von der hinteren oberen (= dorsokranialen) Wand des *rechten* Vorhofs eine 2. halbmondförmige Scheidewand in Richtung verschmolzene Endokardkissen, das *Septum secundum* (**g** u. **h**). Da das Septum secundum nicht ganz bis zu den Endokardkissen weiterwächst, bleibt auch hier eine Öffnung, das *Foramen ovale* (im Septum secundum). Durch sein Wachstum verdeckt das Septum secundum zunehmend die Öffnung für den Blutstrom vom rechten in den linken Vorhof, also das *Foramen secundum* im Septum *primum* (**i** u. **j**). Das Blut kann aber trotzdem weiterfließen. Grund sind die unterschiedlichen Blutdruckverhältnisse in den Vorhöfen: Vor der Geburt ist der Druck im rechten Vorhof größer als im linken, da der Blutstrom aus der V. cava inferior vom rechten in den linken Vorhof fließt. Das Blut hat damit genug Druck, um das Septum primum weg- bzw. wie eine Tür „aufzudrücken". So kann es erst durch das Foramen ovale in die Lücke zwischen Septum secundum und Septum primum fließen und dann weiter durch das Foramen secundum in den linken Vorhof (**i** u. **j**).
Schließen des Foramen ovale und endgültige Trennung der Vorhöfe: Mit Einsetzen des Lungenkreislaufes nach der Geburt erhöht sich der Blutdruck im linken Vorhof. Dadurch wird das Septum primum gegen das Septum secundum gedrückt, so dass sich das Foramen ovale schließt und beide Vorhöfe endgültig voneinander getrennt werden (**k**). Auf diese Weise bildet das Septum primum den Boden der späteren Fossa ovalis und der freie Rand des Septum secundum wird zum Limbus fossae ovalis. Diese beiden Septen verwachsen miteinander, so dass das Foramen ovale normalerweise dauerhaft geschlossen bleibt.
Beachte: Wenn die beiden Septen unvollständig miteianander verwachsen, bleibt das Foramen ovale offen (persistierendes Foramen ovale = PFO). Hämodynamisch ist das jedoch aufgrund der Druckverhältnisse zu vernachlässigen (vgl. S. 21). Der höhere Druck im linken Vorhof presst das Septum primum fest an das Septum secundum an.

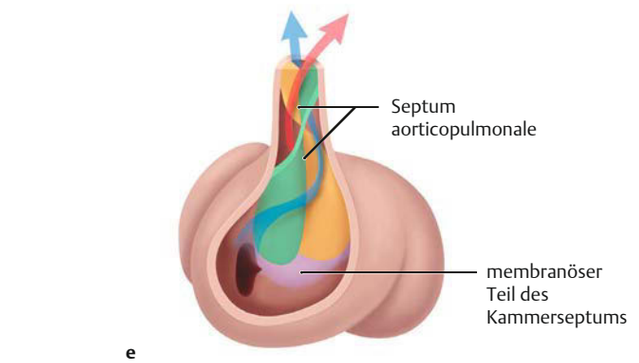












B Septierung der Kammern und des Ausflusstraktes (Septum interventriculare und aorticopulmonale) (nach Sadler)

Die Teilung der Herzkammern beginnt ebenfalls am Ende der 4. Entwicklungswoche mit einer Auffaltung des wandständigen Myokards an der Grenze zwischen auf- und absteigendem Kammerschenkel.

Septierung der Kammern (a u. b): In das Kammerlumen wächst eine halbmondförmige Muskelleiste hinein, die *Pars muscularis* des *Septum interventriculare* (muskulärer Teil der Scheidewand zwischen den beiden Herzkammern = des Ventrikelseptums). Ihre beiden Schenkel verschmelzen im Weiteren mit dem Endokardkissen des Atrioventrikularkanals. Die verbleibende Öffnung zwischen beiden Ventrikeln ist das *Foramen interventriculare.* Es wird in der 7. Woche durch den bindegewebigen (= membranösen) Anteil des Ventrikelseptums (*Pars membranacea* = Material aus dem Endokardkissen) sowie durch den proximalen Anteil der Konuswülste (s. u.) endgültig verschlossen.

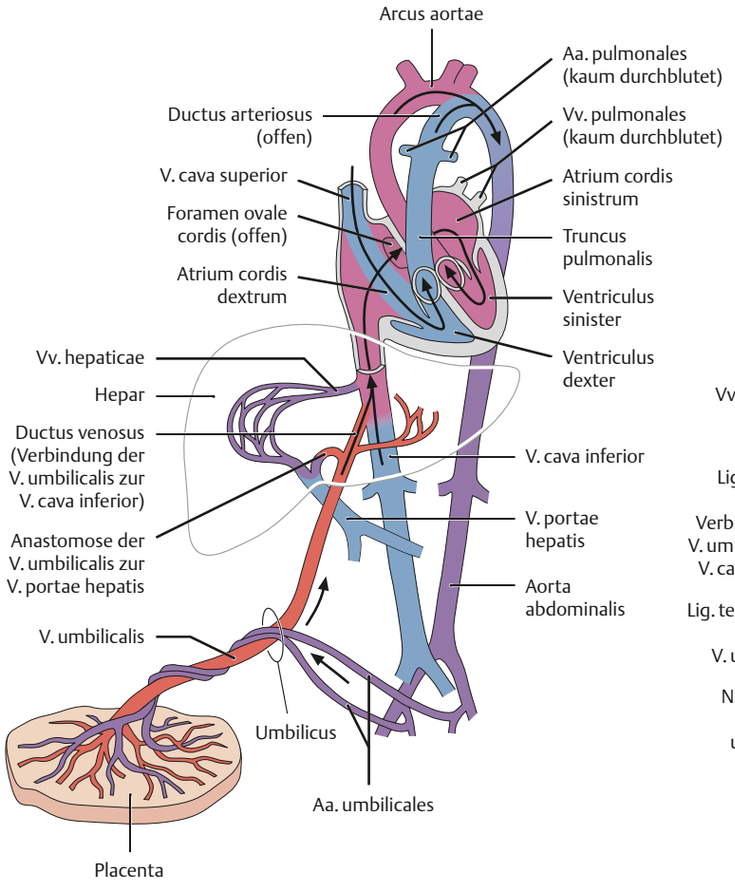
Septierung der Ausflussbahn (c–e): Gleichzeitig mit der Bildung des Septum interventriculare beginnt die Unterteilung der zunächst gemeinsamen Ausflussbahn beider Ventrikel (Bulbus cordis) in *Pars ascendens aortae* und *Truncus pulmonalis.* Dies geschieht im Wesentlichen durch Bildung von zwei gegenüberliegenden wandständigen Längswülsten im unteren (Conus arteriosus) und oberen Abschnitt der Ausflussbahn (Truncus arteriosus). Diese sog. Konus- bzw. Trunkuswülste entstehen durch erhöhte Proliferation wandständiger Mesenchymzellen. Ihre Vorläuferzellen sind aus den kranialen Neuralleisten über die Schlundbögen eingewandert.

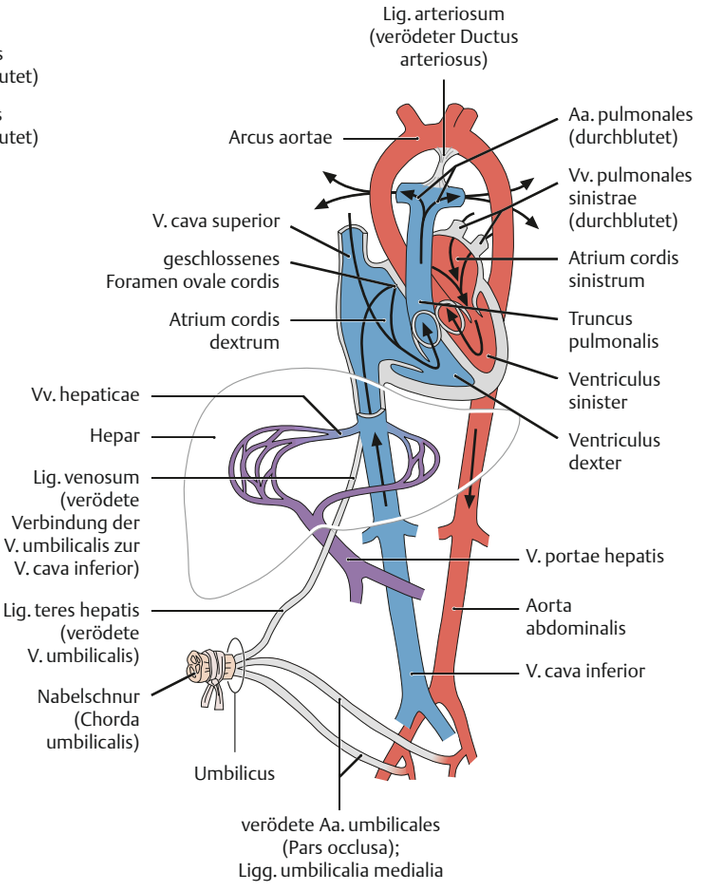
Beachte: Aus dem Neuralleistenmaterial entsteht im Wesentlichen das periphere Nervensystem – aber auch, wie hier, Zellmaterial für die Entwicklung des Herzens; d. h. die kranialen Neuralleistenzellen sind von zentraler Bedeutung für die normale Entwicklung der Ausflussbahn des Herzens.

Im Laufe der Septumbildung kommt es – wahrscheinlich durch Blutströme aus den Ventrikeln, die sich spiralförmig umfließen – zu einer schraubenförmigen Verdrehung der Konus- und Trunkuswülste von insgesamt 180°. Auf diese Weise entsteht nach der Vereinigung der Wülste das spiralförmige *Septum aorticopulmonale,* das die gemeinsame Ausflussbahn der beiden Ventrikel trennt.

Ausbildung der Herzklappen: An der Grenze zwischen Conus cordis und Truncus arteriosus, also am Ursprung von Aorta und Truncus pulmonalis, entstehen im Zusammenhang mit der Bildung des *Septum aorticopulmonale* je drei subendokardiale Klappenwülste (sog. Endokardkissen), aus denen sich die Semilunar- bzw. Taschenklappen (Aorten- und Pulmonalklappen) entwickeln.

2.6 Prä- und postnataler Blutkreislauf und die häufigsten angeborenen Herzfehler





A Pränataler Kreislauf (nach Fritsch u. Kühnel)
Charakteristisch für den pränatalen Kreislauf ist:

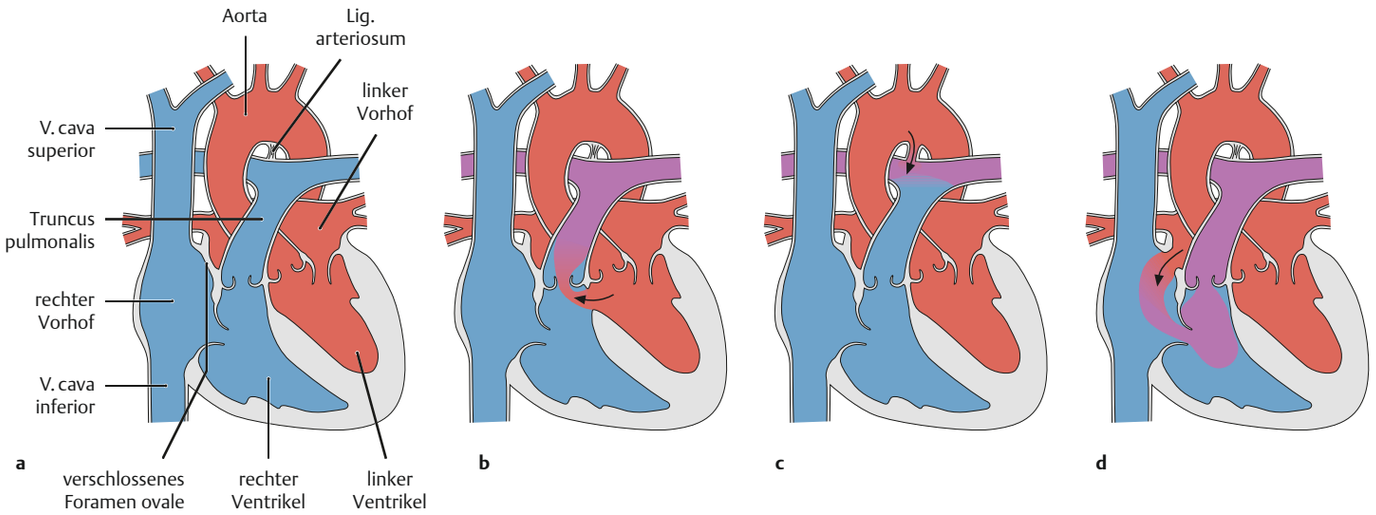
- kaum Lungendurchblutung,
- Gasaustausch in der Placenta,
- Fetus erhält O_2 und Nährstoffe über die Placenta und
- Rechts-Links-Shunt am Herzen.

Die fetalen **Lungen** sind noch nicht entfaltet, werden nicht belüftet und kaum durchblutet. Der Gasaustausch für O_2 und CO_2 findet daher außerhalb des Fetus in der Placenta statt. Das Blut aus dem fetalen Teil der Placenta, das reich an Sauerstoff (rot) und Nährstoffen ist, erreicht den Organismus des Kindes über die unpaare V. umbilicalis, die nahe der Leber über den Ductus venosus (ein venovenöser Kurzschluss) in die V. cava inferior mündet. Dort mischt sich dann sauerstoffreiches Blut (aus der V. umbilicalis) mit sauerstoffarmem Blut (V. cava inferior). Gleichzeitig leitet die V. umbilicalis über eine weitere venöse Anastomose nährstoffreiches Blut in die V. portae hepatis und damit zur Verstoffwechselung in die Leber.
Am **Herzen** dominiert der Rechts-Links-Shunt. Aus beiden Vv. cavae strömt Blut in den rechten Vorhof. Das Blut der V. cava *inferior* wird über das offene Foramen ovale in den linken Herzvorhof geleitet (vgl. S. 18). Das Blut der V. cava *superior* gelangt über den rechten Ventrikel in den Truncus pulmonalis, von dort jedoch nicht in die nicht entfalteten Lungen, sondern über den Ductus arteriosus, ein arterioarterieller Kurzschluss, in die Aorta und von dort in die peripheren fetalen Gefäße. Über die paarige A. umbilicalis (Ast der A. iliaca interna) wird das Blut zurück zur Placenta geleitet. Da die Lungen kaum durchblutet werden, wird über die Vv. pulmonales kein Blut zum linken Vorhof geführt.

B Postnataler Kreislauf (nach Fritsch u. Kühnel)
Mit der Geburt werden Gasaustausch und Hämodynamik vollständig umgestellt. Für den postnatalen Kreislauf ist daher charakteristisch:

- Wegfall des plazentaren Kreislaufs, deshalb
- Lungenatmung mit pulmonalem Gasaustausch,
- funktioneller Verschluss des Rechts-Links-Shunts und aller Anastomosen.

Die Lungen werden mit Einsetzen der Atmung entfaltet und belüftet und übernehmen den Gasaustausch. Der Gefäßwiderstand der pulmonalen Gefäße sinkt in den entfalteten Lungen schlagartig ab. Durch den starken Druckabfall im rechten Vorhof (Druck im linken Vorhof jetzt höher als im rechten) wird das Foramen ovale verschlossen, s. S. 18. Auch der Ductus arteriosus wird verschlossen, zunächst nur funktionell, durch Kontraktion glatter Muskulatur, später komplett, so dass er zum Lig. arteriosum vernarbt. Der rechte Ventrikel pumpt Blut über die Aa. pulmonales in die erweiterten Lungen. Blut des linken Ventrikels erreicht über die Aorta alle Körperabschnitte, über die Vv. cavae gelangt es zurück zum rechten Vorhof. Beide Herzhälften sind nun hämodynamisch komplett getrennt. An der nicht mehr durchbluteten V. umbilicalis verschließt sich der führende Ductus venosus zur V. cava inferior und vernarbt später zum Lig. venosum, auch die Verbindung zur Leber verschließt sich, meist vernarbt die V. umblicalis auf ganzer Länge (zum Lig. teres hepatis). Die Aa. umbilicales bleiben nur proximal durchgängig (Pars patens), der distale Teil verödet (Par occlusa) und bildet beidseits das Lig. umbilicale mediale.



C Angeborene Herzfehler

Herzfehler sind die häufigsten angeborenen Erkrankungen (Inzidenz ca. 7,5 pro 1000 Lebendgeborene. Generelle Ursachen sind v. a. genetische (z. B. Trisomie 21) und exogene Faktoren (z. B. Virusinfekte/Rötelnembryopathie, Alkohol, Medikamente, Zytostatika, ionisierende Strahlen).

Beachte: Die teratogenetisch sensible Phase für das Herz liegt zwischen der 4. und 7. Embryonalwoche , d. h. in einer Zeit, in der eine Schwangerschaft häufig noch nicht bemerkt wird.

Aufgrund der großen Fortschritte in Diagnose und Therapie überleben heute bis zu 85 % der jungen Patienten und erreichen das Erwachsenenalter. Zu den häufigsten angeborenen Herzfehlern gehören sog. *primär nicht zyanotische Herzfehler* (Zyanose = bläuliche Verfärbung der Haut/Schleimhaut aufgrund eines verminderten O_2-Gehaltes des Blutes), das sind Ventrikelseptumdefekte (31 %), Atriumseptumdefekte (10 %) und persistierender Ductus arteriosus (9 %). Hierbei besteht eine unphysiologische Verbindung zwischen linkem und rechtem Herzen. Da das Blut immer vom Hochdruck- zum Niederdrucksystem fließt, im postnatalen Kreislauf also vom linken zum rechten Herzen, herrscht bei den geschilderten Defekten zunächst ein sog. Links-Rechts-Shunt vor. Der hohe Druck im linken Herzen, überträgt sich auf die Lungenstrombahn und „rückwirkend" auch auf den rechten Ventrikel. Als Reaktion auf den erhöhten Druck verdickt sich die Innenwand der Lungengefäße, so dass deren Widerstand und damit auch der Druck in den Lungengefäßen kontinuierlich zunimmt (pulmonale Hypertonie), bis er höher ist als der Druck im Körperkreislauf. Langfristig kommt es zu „Shuntumkehr" (jetzt Rechts-Links-Shunt = Eisenmenger-Reaktion) und Rechtsherzdekompensation. Da nun weniger Blut durch die Lungengefäße fließt, wird das Blut weniger mit Sauerstoff angereichert und es entsteht – sekundär – eine Zyanose. Primär nicht zyanotische Herzfehler werden in der Regel in der Kindheit gut toleriert und erst im fortgeschrittenen Erwachsenenalter symptomatisch. Erfolgt der Verschluss (z. B. endoskopisch durch einen Herzkatheter) vor Eintritt von Komplikationen, ist die Lebenserwartung normal.

a Normales postnatales Herz: Das Foramen ovale ist verschlossen, der Ductus arteriosus obliteriert (verödet); damit sind Körper- und Lungenkreislauf komplett voneinander getrennt.

b Ventrikelseptumdefekt (VSD): Er entsteht bevorzugt im membranösen Anteil des Ventrikelseptums durch Nichtvereinigung des muskulären Anteils des Septum interventriculare mit dem proximalen Septum aorticopulmonale. Dadurch bleibt das Foramen interventriculare offen; bei jeder Systole tritt Blut aus dem linken in den rechten Ventrikel. Ventrikelseptumdefekte sind nicht selten mit einer asymmetrischen Septierung der Ausflussbahn verbunden, z. B. mit einem verengten Truncus pulmonalis, einer auf dem Ventrikelseptum „reitenden" Aorta und einer durch die Pulmonalstenose bedingten rechtsventrikulären Hypertrophie (= *Fallot-Tetralogie,* der häufigste, primäre zyanotische Herzfehler. Die Kinder haben u. a. bläulich verfärbte Schleimhäute, Lippen und Finger, da zu wenig Blut durch den Lungenkreislauf gelangt und mit Sauerstoff angereichert wird).

c Persistierender Ductus arteriosus (PDA): häufig bei Frühgeborenen (in 75 % der Fälle Spontanverschluss innerhalb der 1. Woche). Die Symptomatik beruht auf dem verstärkten Rückfluss von Aortenblut in den Truncus pulmonalis mit daraus resultierender Volumenbelastung des Lungenkreislaufs (s. o.). Erfolgt der Verschluss (z. B. endoskopisch durch einen Herzkatheter) vor Eintritt von Komplikationen, ist die Lebenserwartung normal.

d Vorhofseptumdefekte (ASD = atriale Septumdefekte): Je nach Lokalisation des Defektes werden drei Subtypen unterschieden: Septum-primum-Defekt (ASD I), Septum-secundum-Defekt (ASD II) und Sinus-venosus-Defekt (SV). Bei dem häufigsten, dem Septum-secundum-Defekt (75 % aller Fälle) fehlt das Septum primum im Bereich des Foramen ovale aufgrund zu starker Resorption des Septum-primum-Materials (zu großes Foramen secundum) oder unzureichender Ausbildung des Septum secundum (Foramen secundum nicht ausreichend abgedeckt, vgl. S. 18). Dadurch fließt Blut auch postnatal vom linken in den rechten Vorhof und es kommt in Abhängigkeit vom Shunt-Volumen langfristig ebenfalls zur Volumenbelastung des Lungenkreislaufes. Da ab einer gewissen Shunt-Größe im Alter mit oft bedeutsamen Beschwerden gerechnet werden muss, werden ASD-II-Defekte bereits zu einem Zeitpunkt verschlossen, wo die Patienten eigentlich noch klinisch unauffällig sind. In der Regel erfolgt der Verschluss interventionell durch einen Herzkatheter mit selbstexpandierenden Doppelschirmchen aus einer Nickel-Titan-Legierung.

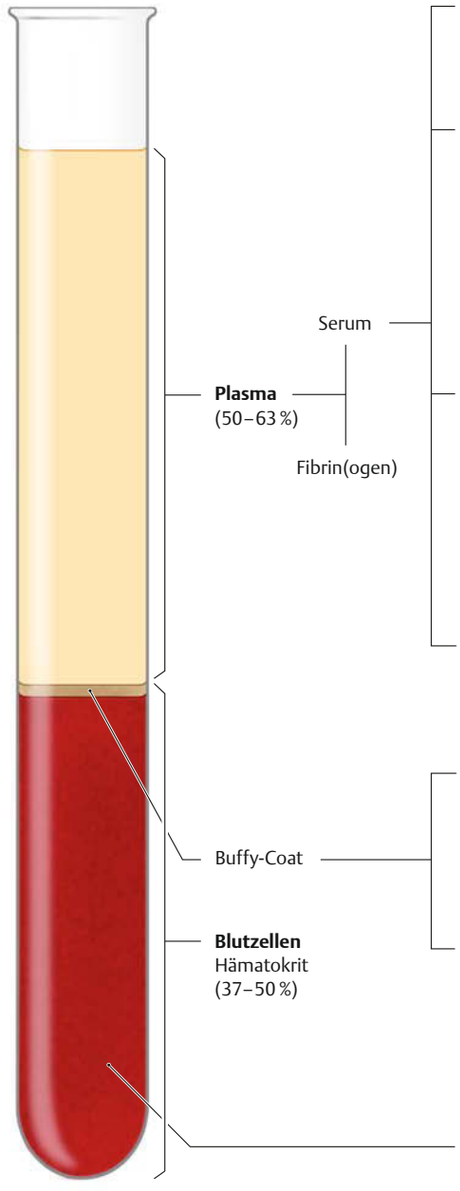
Beachte: Wenn Septum primum und Septum secundum postnatal unzureichend miteinander verwachsen, bleibt ein anatomisch offenes – in der Regel auch sondierbares – Foramen ovale (persistierendes Foramen ovale = PFO). Aufgrund des Ventilmechanismus und der bestehenden Druckverhältnisse ist es hämodynamisch zu vernachlässigen (vgl. S. 18) und daher kein Herzfehler im eigentlichen Sinn, sondern eine Normvariante (fast 30 % der Erwachsenen sind betroffen). Unter pathologischen Bedingungen, z. B. infolge einer akuten hämodynamisch relevanten Lungenembolie, kann sich ein Recht-Links-Shunt ausbilden. Über diesen können Thromben, die sonst in der Lunge „ausgefiltert" werden, in den Körperkreislauf gelangen und so z. B. einen ischämischen Schlaganfall verursachen (sog. paradoxe oder gekreuzte Embolie). Selbst kleinere Thromben können dann akute Lebensgefahr bedeuten. Aber selbst alltägliche Situationen (Luftpressen, Heben schwerer Lasten, Husten etc.) können kurzfristig intrathorakale Drücke so ändern, dass durch ein PFO ein Rechts-Links-Shunt provoziert wird.

3.1 Blut: Bestandteile

A Zusammensetzung des Blutes

Blut ist ein besonderes Gewebe, da es flüssig ist. Es besteht jedoch wie jedes andere Gewebe aus extrazellulärer Matrix (Plasma) und zellulären Bestandteilen (rote und weiße Blutkörperchen sowie Thrombozyten). Als Transport- und Kommunikationsorgan befindet es sich in einem geschlossenen Gefäßsystem, das alle Organsysteme miteinander verbindet. Entsprechend vielfältig sind seine Funktionen: Gas- und Stofftransport, Abwehr, Wärmeregulation, pH-Wert-Regulation und Gerinnung. Die Gerinnung stellt sicher, dass nicht das gesamte Blut aus dem Kreislaufsystem herausfließt, wenn dessen Wände beschädigt werden.

50–63 % des Blutvolumens bestehen aus einer eiweißhaltigen Flüssigkeit (Plasma), 37–50 % sind Blutzellen. Den prozentualen Anteil an roten Blutzellen nennt man Hämatokrit. **Plasma** gewinnt man durch Zentrifugieren von sog. Vollblut, das z. B. durch Zusatz von Heparin ungerinnbar gemacht wurde. Lässt man das Blut zunächst gerinnen und zentrifugiert dann ab, erhält man **Serum**. Serum ist also Plasma minus Gerinnungsfaktoren. Etwa 90 % des Plasmas besteht aus Wasser, der Rest aus Proteinen, Elektrolyten und niedermolekularen Substanzen des Stoffwechsels und seiner Regulation (Hormone). Die meisten Plasmaproteine werden von der Leber gebildet. Bei den **Blutzellen** (s. S. 24) überwiegen (mit einem Anteil von 99 % am Hämatokrit!) bei weitem die *kernlosen roten Blutkörperchen*. Ihr Zytoplasma ist mit Hämoglobin ausgefüllt, das dem Sauerstofftransport und der Pufferung des Blutes dient. Die weißen Blutkörperchen dienen der Abwehr, die Thrombozyten der Blutgerinnung. Alle Blutzellen kommen aus den Stammzellen des roten Knochenmarks (s. S. 27), wo sie permanent nachproduziert werden.



Wasser (90 % des Serums)

Proteine (56–89 g/l)
Albumin (45–65 %): 3,6–5,0 g/dl
α1-Globuline (2–5 %): 0,1–0,4 g/dl
α2-Globuline (7–10 %): 0,5–0,9 g/dl
β-Globuline (9–12 %): 0,6–1,1 g/dl
γ-Globuline (12–20 %): 0,8–1,5 g/dl

Elektrolyte

Kationen
Natrium: 135–150 mmol/l
Kalium: 3,5–4,5 mmol/l
Calcium:
– gesamt: 2,3–2,6 mmol/l
– frei, ionisiert: 1,1–1,3 mmol/l
Magnesium: 0,7–1,6 mmol/l

Anionen
Chlorid: 98–112 mmol/l
Bikarbonat: 22–26 mmol/l
Phosphat: 0,77–1,55 mmol/l

niedermolekulare Nichtelektrolyte
unter anderem:
Glukose (nüchtern): 55–110 mg/dl
Harnstoff: 10–55 mg/dl
Kreatinin: 0,5–1,2 mg/dl

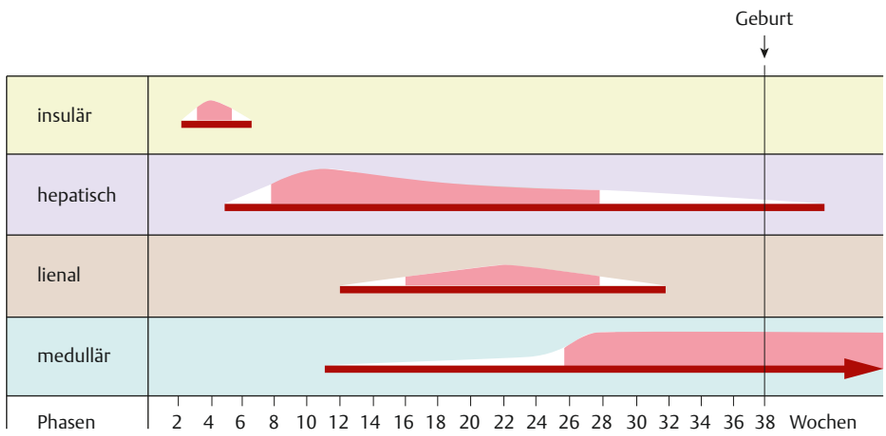
Thrombozyten (Blutplättchen)
150 000–350 000/µl

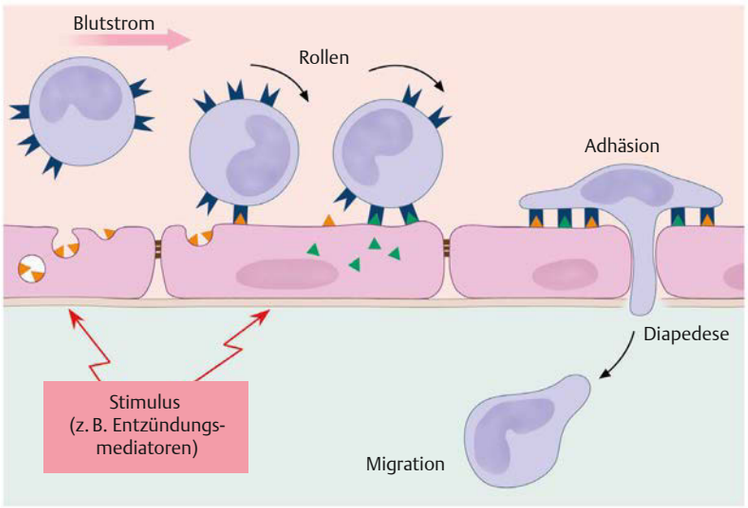
Leukozyten (weiße Blutkörperchen)
4 000–10 000/µl
Monozyten: 2–6 % (< 800/µl)
neutrophile Granulozyten:
– stabkernige: 0–5 %
– segmentkernige: 50–70 % (1 800–7 000/µl)
eosinophile Granulozyten: 0–5 % (< 450/µl)
basophile Granulozyten: 0–2 % (< 200/µl)
Lymphozyten: 25–45 % (1 000–4 800/µl)

Erythrozyten (rote Blutkörperchen)
Frauen: 4,0–5,2 Mio/µl
Männer: 4,5–5,9 Mio/µl
Hämatokrit: Frauen: 37–46 %, Männer: 41–50 %

B Phasen der Blutbildung während der Entwicklung

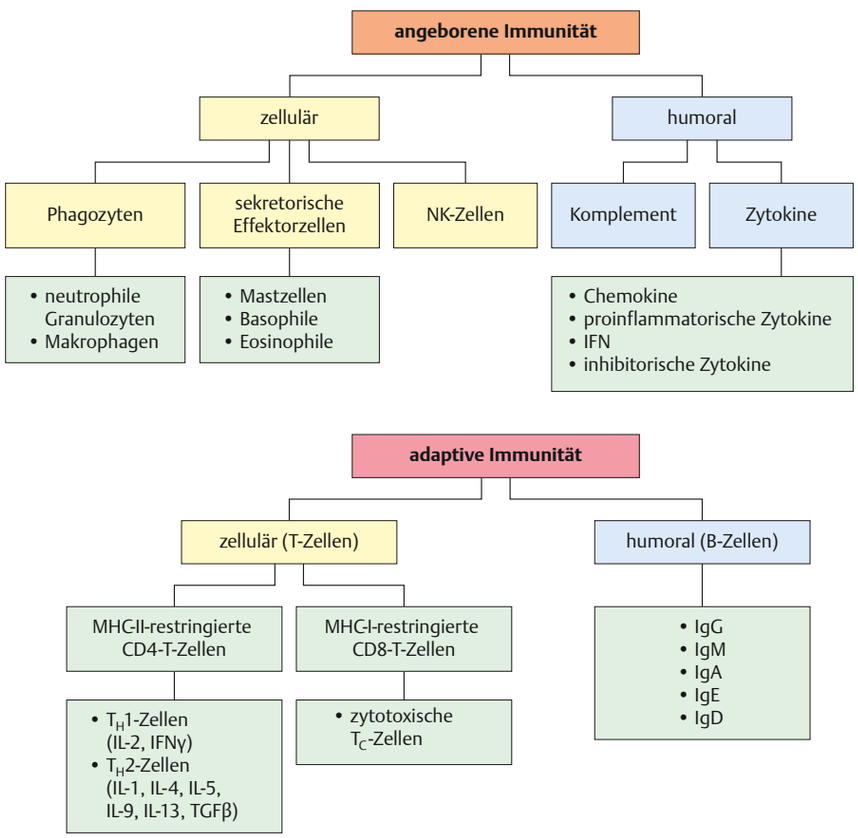
Da Blut vorgeburtlich schon vor der Entstehung des sekundären roten Knochenmarks benötigt wird, erfolgt die Blutbildung zunächst an anderen Orten: im Dottersack (insulär), in der Leber (hepatisch), in der Milz (lienal) und schließlich im sekundären Knochenmark. Maligne Systemerkrankungen des Blutes und des Immunsystems „erinnern“ sich an diese Orte, die ihnen günstige Wachstumsbedingungen ermöglichen und bestimmte Formen dieser Erkrankungen siedeln sich wieder in Leber und Milz an.





C Blut als Transportvehikel für Blutzellen
(modifiziert nach Lüllmann-Rauch, Thieme; 2012)

Weiße Blutkörperchen patroullieren im Blut und werden so im gesamten Organismus verteilt. Sie wandern permanent aus dem Blutstrom in das Bindegewebe der Organe aus, wo sie z. B. Bakterien oder Krebszellen bekämpfen. Die Auswanderung (Diapedese) geschieht über die *Leukozytenadhäsionskaskade*. Nach einem Stimulus exprimieren Endothelzellen an ihrer luminalen Oberfläche Zelladhäsionsmoleküle, die entweder sofort aus Vesikeln im Zytoplasma an die Oberfläche gelangen oder neu synthetisiert werden. An diese Moleküle binden Liganden an der Zellmembran der Leukozyten. Durch diese Bindung (Schloss-Schlüssel-Prinzip) rollen die Leukozyten auf dem Endothel und kommen manchmal zum Stehen, manchmal lösen sie sich auch wieder und wandern mit dem Blutstrom weiter. Halten sie an, öffnen Endothelzellen ihre interzellulären Zellverbindungen, so dass die Leukozyten durch diese Lücke zwischen den Zellen durchwandern können.



D Angeborenes und erworbenes Immunsystem

Da das Blut alle Organe erreicht, spielt es eine wichtige Rolle im Immunsystem, um Infektionen und bösartige Zellen abzuwehren. Immunsystem und Blut sind deshalb eng miteinander verzahnt. Das angeborene Immunsystem reagiert sofort auf einen entsprechenden Reiz und ist unspezifisch, da es sich gegen viele mögliche Schädigungen richtet. Man unterscheidet eine zelluläre (Zellen werden im Blut transportiert) und eine humorale Komponente. Als humorale („flüssige") Komponente finden wir Komplement und Zytokine im Blut.
Die adaptive Immunität ist spezifisch und richtet sich gegen definierte Noxen, wie z. B. ein bestimmtes Virus. Zum adaptiven Immunsystem zählen T- und B-Zellen, die ebenfalls im Blut zirkulieren. T-Zellen töten virusbefallene Zellen oder Krebszellen in direktem Kontakt (zelluläre Immunität), B-Zellen sezernieren verschiedenen Klassen von Antikörpern (humorale Immunität).

E Lebensdaten einiger Blutzellen

Zellart	Verweildauer im Blut	Lebensdauer im Interstitium	Neubildung im Knochenmark
Erythrozyt	120 Tage	–	ca. 8 Tage
Thrombozyt	10 Tage, wenn nicht vorher verbraucht	–	ca. 8 Tage
Neutrophiler Granulozyt	< 1 Tag	1–2 Tage	ca. 8 Tage
Monozyt	ca. 1–3 Tage	Monate (als Makrophage)	ca. 8 Tage

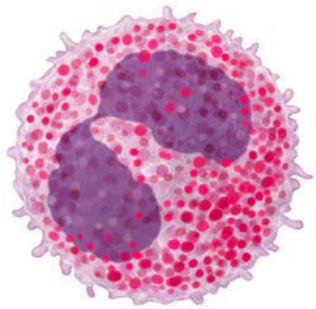
3.2 Blut: Zellen

In dieser Lerneinheit werden die Zellen des Blutes vorgestellt, die man in einem normalen Blutausstrich morphologisch unterscheiden kann. Klassischerweise wird der Blutausstrich mit der Pappenheim-Färbung gefärbt. Man unterscheidet grob rote und weiße Blutzellen sowie Thrombozyten. Zu ihren Normwerten im Blut s. S. 22.

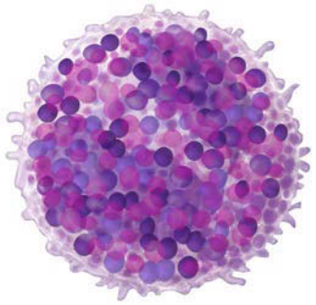
A Rote Blutkörperchen (Erythrozyten)
Erythrozyten (ca 5 Mio/µl) sind etwa 7,5 µm im Durchmesser große, bikonkave Zellen, die bei Säugetieren keinen Zellkern und keine Zellorganellen enthalten. Da die Zellorganellen fehlen und die Zellmembran besonders verstärkt ist, können sich die Erythrozyten im Blut besonders gut verschiedenen Strömungszuständen anpassen, so dass sie sich auch durch enge Kapillaren „hindurchquetschen" können. Diese Anpassungsfähigkeit ermöglicht eine Überlebensdauer von etwa 120 Tagen im Blut; danach werden die Erythrozyten von Makrophagen in Leber und Milz abgebaut. Da ihnen Mitochondrien fehlen, müssen sie ihre Energie aus der anaeroben Glykolyse beziehen. Sie sind daher auf Glukose als Energieträger angewiesen.In ihrem Zellinneren sind die Erythrozyten zu 95 % mit dem Protein Hämoglobin, das O_2 und zu einem geringeren Maße auch CO_2 bindet, ausgefüllt. Erythrozyten werden über verschiedene, morphologisch unterscheidbare Zwischenformen aus einer kernhaltigen Vorläuferzelle im Knochenmark gebildet (s. S. 27). Direkte Vorform der reifen Erythrozyten sind Retikulozyten, die sich mit der Kresylviolettfärbung nachweisen lassen. Dieser Farbstoff bindet sich an die RNA des rauen endoplasmatischen Retikulums von Erythrozyten, deren Vorläuferzelle ihren Zellkern vor 1–2 Tagen ausgestoßen haben und noch Reste des endoplasmatisches Retikulums enthalten. Etwa 2,5 Millionen Retikulozyten verlassen das Knochenmark pro Sekunde; innerhalb eines Tages reifen sie zu Erythrozyten. Etwa 1 % der Erythrozyten sind Retikulozyten. Die Retikulozyten eignen sich deshalb besonders zur Überwachung der Erythropoese. Steigt die Anzahl der Retikulozyten z. B. nach einer akuten Blutung, spricht man von einer Retikulozytenkrise. Diese deutet an, dass das Knochenmark auf den Blutverlust reagiert hat und vermehrt neue Erythrozyten bildet; die Bezeichnung Krise ist in diesem Fall ein positives Anzeichen für eine Regenerationsleistung der Erythropoese des Knochenmarks.
Beachte: Da der größte Durchmesser der Erythrozyten recht konstant 7,5 µm beträgt, kann man sie in histologischen Schnitten als internen Maßstab für die Größe einer histologischen Struktur verwenden.

B Blutplättchen (Thrombozyten)
Thrombozyten (ca. 250 Tsd/µl) sind kernlose Fragmente von Megakaryozyten, mehrkernigen Riesenzellen, die im Knochenmark residient sind. Sie überleben im Blut etwa 10 Tage, danach werden sie von Makrophagen in Leber und Milz gefressen, so dass sie ständig nachproduziert werden müssen. Im strömenden Blut nehmen sie die Form einer 2,5 µm im Durchmesser messenden bikonkaven Scheibe ein. Thrombozyten stellen einen essenziellen Bestandteil der Blutgerinnung dar. Vermehrung, Verminderung und Anomalien der Thrombozyten sind im Blutausstrich diagnostizierbar.
Unter 30 Tsd/µl treten multiple kleine Kapillarblutungen auf (petechiale Blutungen, sog. flohstichartige Blutungen). Unter 10 Tsd/µl treten lebensgefährliche Blutungen auf. Veränderungen in der Thrombozytenzahl sind ein empfindlicher Indikator für die Knochenmarksfunktion. Eine Verminderung der Thrombozytenzahl im Blut kann ein früher Indikator für die Verschlechterung der Knochenmarksfunktion sein, umgekehrt ist eine Erhöhung der Thrombozyten im Blut ein Frühindikator für die Erholung der Knochenmarksfunktion.

C Neutrophile Granulozyten
Von den Leukozyten im Blut (4000–10 000/µl) stellen Neutrophile (man lässt den Begriff Granulozyten oft weg) mit etwa 60 % die Hauptfraktion dar. Ein Neutrophiler misst 10–12 µm im Durchmesser und bleibt weniger als 1 Tag im Blut. Er zeichnet sich durch einen Zellkern aus, der aus 3–4 Segmenten besteht, die über schmale Kernbrücken miteinander verbunden sind. Deshalb wird er auch als polymorphkernig (im Englischen: polymorphonuclear) bezeichnet. Die Granulozyten werden entsprechend der Anfärbbarkeit ihrer Granula in der Pappenheim-Färbung bezeichnet. Die Bezeichnung *neutrophil* resultiert daraus, dass sich ihre zytoplasmatischen Granula (< 1 µm) weder mit basophilen noch mit eosinophilen Farbstoffen besonders gut anfärben lassen, sie sind also neutral.
Neutrophile werden dem unspezifischen Immunsystem zugerechnet und phagozytieren insbesondere Bakterien (Mikrophagen). Ein großer Teil ihrer Granula sind deshalb Lysosomen, in denen die phagozytierten Bakterien abgebaut werden. Neutrophile werden im Knochenmark gebildet und bei erhöhtem Bedarf (z. B. bei einer bakteriellen Infektion) von dort vermehrt in das periphere Blut ausgeschleust. Im Blutausstrich finden sich dann vermehrt die nicht bzw. weniger kernsegmentierten Vorstufen der Neutrophilen (sog. „Jugendliche"). Eine reaktive Erhöhung der Neutrophilen im Blutausstrich kann deshalb eine bakterielle Infektion andeuten.

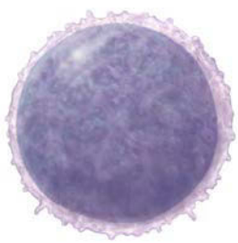


D Eosinophile Granulozyten
Eosinophile (12 µm Durchmesser) besitzen einen zweigelappten Zellkern („Zwickelform"). Sie enthalten 1,5 µm große eosinophile Granula, die modifizierte Lysosomen darstellen, welche ihren Inhalt bei Degranulation in die extrazelluläre Matrix abgeben. Der anionische Farbstoff Eosin bindet sich an kationische Proteine in den Granula (z. B. major basic protein, eosinophilic cationic protein). Eosinophile dienen insbesondere der Wurmabwehr (große mehrzellige Parasiten können von kleinen Eosinophilen nicht komplett phagozytiert werden!), weshalb sie bei Parasitenerkrankungen im Blut erhöht sind. Sie wandern besonders häufig aus dem Blut in die Schleimhäute von Magen-Darm-Trakt und Lunge aus. Auch bei allergischen Erkrankungen treten sie vermehrt auf.

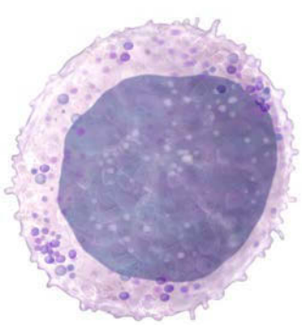


E Basophile Granulozyten
Der gelappte Zellkern der Basophilen ist häufig nicht zu erkennen, da er von den stark bläulich-violett gefärbten, etwa 1 µm großen groben Granula verdeckt wird. Das in den Granula enthaltene polyanionische Heparin lagert die kationischen Farbstoffe (Methylenblau, Azur) an. Zudem enthalten die Granula Histamin, das bei einer allergischen Reaktion freigesetzt wird. Obwohl die Basophilen morphologisch und funktionell den Mastzellen im Bindegewebe ähneln, sind beides voneinander unabhängige Zelltypen, die von verschiedenen Stammzellen abstammen und nicht ineinander übergehen.

F Monozyten
Mit 20–40 µm Durchmesser sind die Monozyten die größten Zellen des Blutes. Sie besitzen ein blass graublaues („taubengrau") Zytoplasma und einen eingedellten bohnenförmigen Zellkern, der allerdings auch andere Formen einnehmen kann. Deshalb sind die Monozyten auch die variabelste Zellform im Blutausstrich. Kleine Azurgranula an der Grenze der Sichtbarkeit können sich im Zytoplasma besonders in der Einbuchtung des Zellkerns finden, sie entsprechen Lysosomen. Monozyten verlassen nach etwa 1 Tag das Blut und wandern in die Bindegewebe der Organe ein, wo sie sich zu Makrophagen ausdifferenzieren. Makrophagen sind sesshaft gewordene Monozyten, bei denen zusätzlich noch eine Reihe von Differenzierungsvorgängen auftreten. Insbesondere nimmt die Anzahl der Lysosomen stark zu. Diese Zellen wurden von van Furth unter dem Oberbegriff mononukleäre phagozytotisches System (MPS) zusammengefasst.

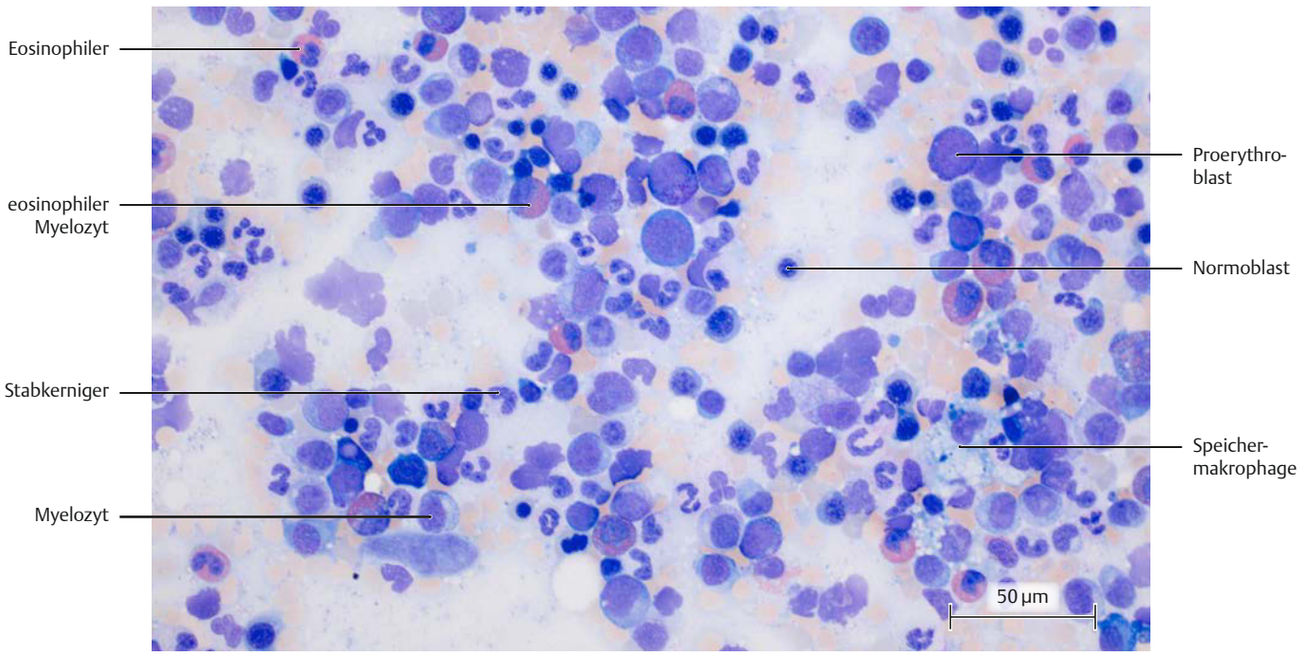


G Lymphozyten
Lymphozyten zeichnen sich durch einen runden heterochromatinreichen Zellkern aus, um den bei kleinen Lymphozyten (4–7 µm Durchmesser) ein schmaler Zytoplasmasaum liegt, der bei mittelgroßen bis großen Lymphozyten (bis 15 µm) breiter ist und Granula enthalten kann (s. **H**).
Lymphozyten zählen zum adaptiven oder spezifischen Immunsystem und kommen in zwei Hauptformen vor, den B-Lymphozyten und den T-Lymphozyten, die man im Blutausstrich nicht unterscheiden kann. Sie werden mit Hilfe von monoklonalen Antikörpern in der Durchflusszytometrie analysiert (wichtig bei AIDS-Kranken). B-Lymphozyten differenzieren sich ultimativ zu Plasmazellen, die Antikörper produzieren, T-Lymphozyten dienen der spezifischen zellgebundenen Immunabwehr.
Lymphozyten nutzen den Blutkreislauf nur kurzfristig (etwa 1 Stunde Aufenthaltsdauer) zum Transport durch den ganzen Körper, um in die lymphatischen Organe und in das Interstitium von Organen zu gelangen. Lymphozyten sehen ähnlich wie Monozyten aus, weshalb sie oft mit diesen zusammen als mononukleäre Zellen zusammengefasst werden; diese werden den Granulozyten (polymorphonukleäre Zellen) gegenüber gestellt. Reaktive Vermehrung von Lymphozyten im Blut treten oft bei Viruserkrankungen auf.

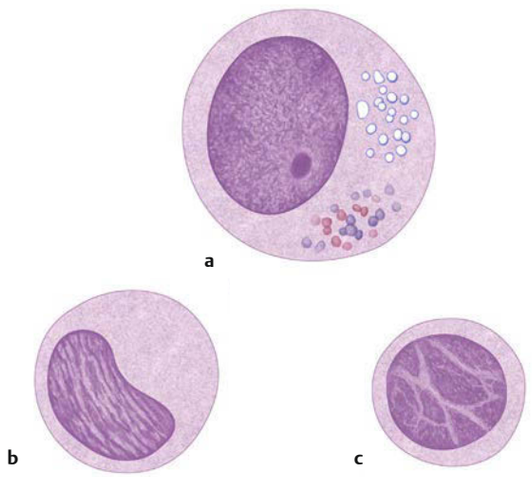


H Azurgranulierte Lymphozyten
Azurgranulierte stellen eine Sonderform der großen Lymphozyten dar, die an ihrem großen Zytoplasmasaum und den Azurgranula erkannt werden können (large granular lymphocytes LGL). Sie stellen die Natural-Killer-(NK)-Zellen dar, welche zum unspezifischen Abwehrsystem gezählt werden. Sie reagieren bei Kontakt mit virusbefallenen Zellen oder mit im Blut strömenden Krebszellen sofort und vernichten diese meist in direktem Kontakt mit den Zielzellen.

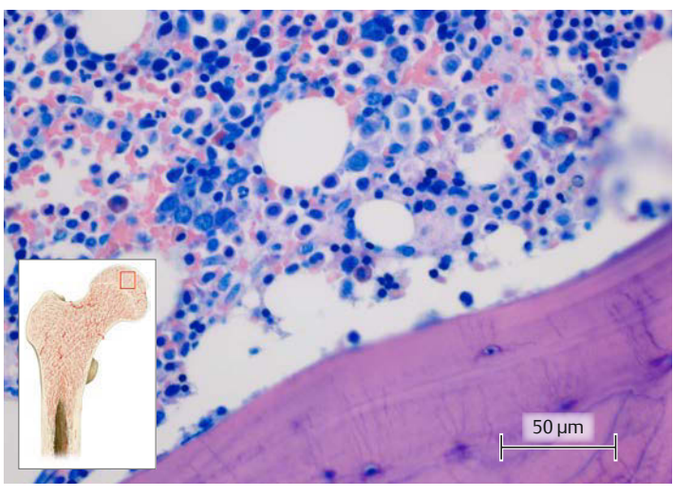
3.3 Blut: Knochenmark



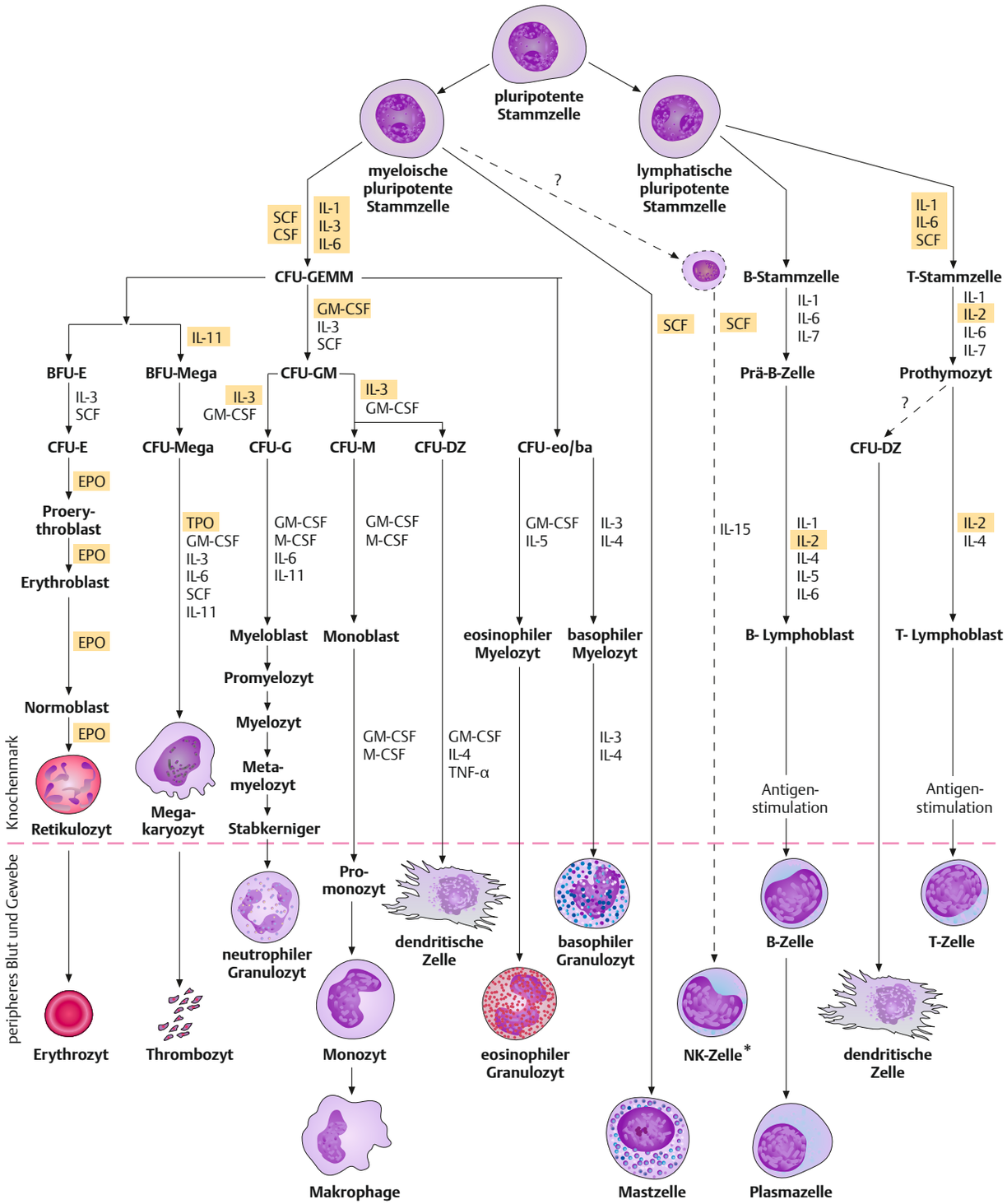
A Knochenmarkszytologie
Im normalen Knochenmark gibt es eine verwirrende Vielzahl von Zellen. Sie ist dadurch bedingt, dass – ausgehend von einer pluripotenten Stammzelle – parallel Erythro-, Granulo- und Lymphopoese stattfinden und mehrere morphologisch unterscheidbare Zwischenstufen auftreten. Einige der dabei vorkommenden Zelltypen sind hier dargestellt (zur Einordnung der Zelltypen in die verschiedenen Linien s. **D**). In der Knochenmarkszytologie werden die Zellen der Hämatopoese aus dem Punktat auf einem Objektträger ausgestrichen, sie liegen damit als eine Lage ausgebreiteter Zellen vor. Da die Zellen in ihrer Gesamtheit in einer Lage ausgestrichen sind, sind zelluläre Details viel besser zu erkennen als in der Knochenmarkshistologie, wo die Zellen aufgrund ihrer Größe selbst z. T. nur unvollständig angeschnitten sind.
(Präparat von Herrn Prof. Hans-Peter Horny München)



B Beurteilungskriterien der Zytologie von Knochenmarkspunktaten (nach Haferlach et al. Thieme; 2012)
Die unterschiedlichen Chromatinstrukturen ermöglichen die Unterscheidung verschiedener Zelltypen: **a** Zelltyp Myeloblast bis Promyelozyt; **b** Zelltyp Myeloblast bis Stabkerniger; **c** Zelltyp Lymphozyt; Chromatinstruktur schollig.
Außer der Struktur des Chromatins im Zellkern bewertet man bei der Zytologie auch die Struktur des Zytoplasmas und dessen Granula. Wenn Granula vorhanden sind, ermöglicht ihre Anfärbbarkeit die Zuordnung zu einer bestimmten Zellreihe, z. B. Neutrophile (= wenig anfärbbare Granula) oder Eosinophile (= rot angefärbte Granula).



C Knochenmarkshistologie
Um eine Knochenmarkshistologie zu erstellen, entnimmt man bei einer Sektion rotes Knochenmark aus dem Femur (beim Lebenden per Biopsie aus der Spina iliaca posterior superior). Die Zellen des roten Knochenmarks füllen die Hohlräume zwischen den Knochenbälkchen aus. Im Gegensatz zur Knochenmarkszytologie erlaubt die Histologie daher eine lokale Zuordnung der Zellen der Hämatopoese untereinander und zu den Bälkchen des Knochenmarks. Diese genaue Zuordnung kann bei speziellen Fragestellungen hilfreich sein.
(Präparat von Herrn Prof. Hans-Peter Horny München)



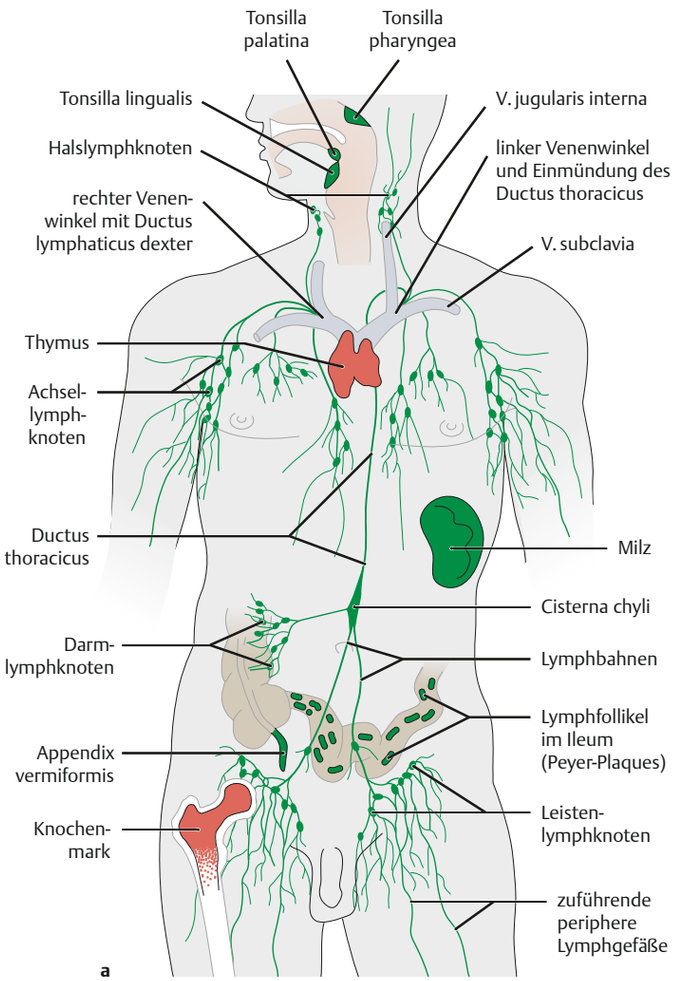
D Hämatopoese

Die gelb hinterlegten Wachstumsfaktoren sind die wichtigsten hämatopoetischen Wachstumsfaktoren für die Zelldifferenzierung.

Alle Zellen des Blutes stammen von der pluripotenten Stammzelle ab. Aus ihr gehen zwei weitere, ebenfalls als pluripotente Stammzellen bezeichnete Zellen hervor: die lymphatische (rechts) und die myeloische (links). Die verschiedenen Stammzellpopulationen sind morphologisch nicht voneinander zu unterscheiden. Die Stammzellen, die den beiden pluripotenten Stammzellen nachgeordnet sind, sind determiniert und nur noch Stammzellen für die darauf folgenden Zellpopulationen. Eine solche komplexe Hierarchie der Stammzellen ist für das hämatopoetische System erforderlich, da an einem Ort (Knochenmark) Zellen mit unterschiedlichster Funktion und Lebensdauer (z. B. Erythrozyt 120 Tage Lebensalter, Neutrophiler wenige Tage Lebensalter) ständig nachproduziert werden müssen. Zudem müssen bei einem Blutverlust vermehrt Erythrozyten und bei einer bakteriellen Infektion vermehrt Neutrophile gebildet werden. Deshalb braucht das System eine hohe Flexibilität, um unterschiedlich funktionierende und unterschiedlich alt werdende Zellen zu produzieren. Diese Flexibilität gewährleisten die unterschiedlichen Stammzellpopulationen. Die Morphologie der verschiedenen normalen Zellen der Hämatopoese wird als Grundlage bei der Einteilung leukämischer Zellen (maligne entartetete Zellen) benutzt: z. B. Promyelozytenleukämie, Erythroleukämie. Dieses hierarchische Schema eines stammzellhaltigen Gewebes wurde dann auf viele andere, auch solide Tumorarten übertragen (Konzept der malignen Stammzelle).

* Die genaue Zuordnung der NK-Zellen zu Stammzellen ist noch nicht endgültig geklärt.

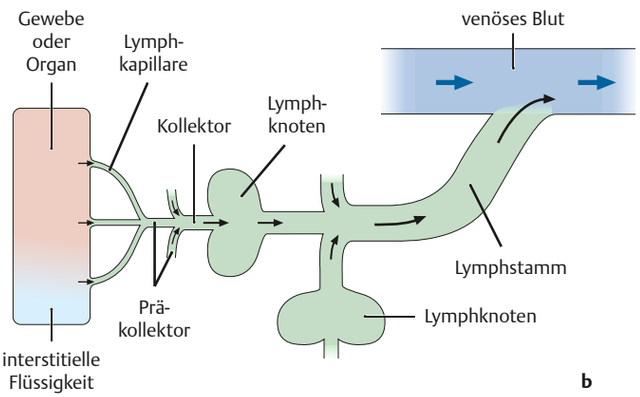
4.1 Übersicht



A Lymphatische Organe und Lymphgefäße
Das über den ganzen Körper verteilte lymphatische System besteht aus lymphatischen Organen (*Organa* lymphoidea) und Lymphgefäßen (*Vasa* lymphoidea). Es hat drei Hauptfunktionen:

- Immunabwehr (lymphatische Organe und Lymphgefäße); Hauptaufgabe: zwischen „selbst" und „fremd" (Pathogen, Transplantat) unterscheiden und als fremd erkannte Strukturen vernichten;
- Transport von Gewebsflüssigkeit in das venöse Blut (nur Lymphgefäße);
- Abtransport von Nahrungslipiden aus dem Dünndarm unter Umgehung der Pfortader (nur Lymphgefäße). Durch diesen Abflussweg vermeiden die Triglyceride den direkten Kontakt mit der Leber, so dass sie direkt an die Organe zur Verstoffwechselung gelangen.

a Lymphatische Organe: Ihr gemeinsames Merkmal ist die Besiedelung ihres Stromas mit Lymphozyten, die aus dem Knochenmark stammen. Diese Lymphozyten dienen direkt oder indirekt (s. u.) der spezifischen Körperabwehr gegen Antigene (= Immunreaktion). Antigene sind Moleküle (Proteine, Kohlenhydrate, Lipide), die vom Immunsystem als körperfremd erkannt werden und gegen die sich die Immunabwehr richtet.



Man unterscheidet grob *zwei Arten von Lymphozyten,* die weiter subtypisiert werden können (Details s. Immunologielehrbücher):

- B-Lymphozyten („B" für bone marrow = Knochenmark, Entstehungsort der Zellen) reifen zu Plasmazellen heran, die Antikörper produzieren; Antikörper sind ein wesentlicher Bestandteil der *humoralen Immunreaktion.* Humoral bedeutet, dass die Antikörper, die sich an das Antigen binden in Blut und Gewebeflüssigkeiten gelöst sind, so dass die (Plasma)Zellen *nicht direkt* an der Immunantwort beteiligt sind.
- T-Lymphozyten („T" für Thymus, Reifungsort der Zellen) greifen als körperfremd erkannte Zellen (z. B. virusinfizierte Zellen) direkt an und vernichten sie durch *direkten* Zellkontakt *(= zelluläre Immunreaktion).*

Grundsätzlich kann man unter Berücksichtigung des Lymphozytenbestandes *primäre* (rot) und *sekundäre* (grün) *lymphatische Organe* unterscheiden:

- In den primären lymphatischen Organen entstehen die Lymphozyten aus Stammzellen, sie reifen teilweise hier und werden immunkompetent gemacht, d. h. sie sind in der Lage, gesunde körpereigene Strukturen von körperfremden Strukturen zu unterscheiden.
- Aus den primären lymphatischen Organen besiedeln die Lymphozyten die sekundären lymphatischen Organe. Dort können sie sich weiter vermehren, ggf. reifen und ihre spezifischen Aufgaben bei der Immunreaktion wahrnehmen. Lymphozyten können ein lymphatisches Organ wieder verlassen und passager in die Blutbahn eintreten.

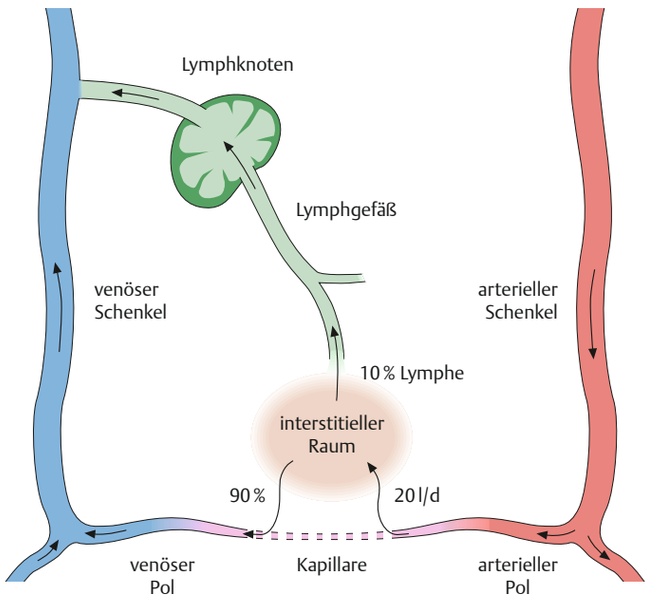
Auf den Aufbau und die Funktion einzelner lymphatischer Organe wird in den entsprechenden Lerneinheiten dieser Organe eingegangen.

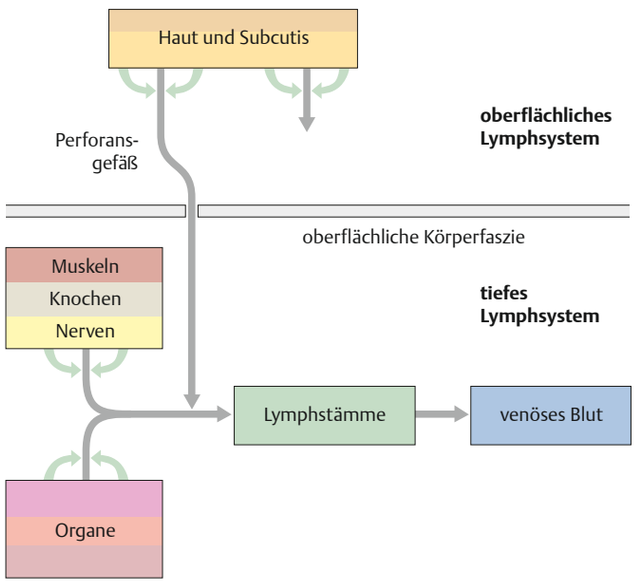
b Lymphgefäße: Lymphgefäße (grün in **a**) sind ein über den ganzen Körper (Ausnahmen: ZNS, Nierenmark) verteiltes Röhrensystem, das die Flüssigkeit zwischen den Zellen (= interstitielle Flüssigkeit) aufnimmt und sie (nun als Lymphe bezeichnet) in das venöse Blut leitet. Lymphgefäße beginnen als sehr kleine und dünnwandige Kapillaren, die in größere Präkollektoren und Kollektoren münden (**b**), die schließlich in Lymphstämmen (Trunci lymphatici) enden. Diese Trunci schließen sich ihrerseits zu größeren Einheiten zusammen, so dass letztlich je ein großer Lymphstamm an den beiden Venenwinkeln, Anguli venosi (Zusammenfluss von V. jugularis interna und V. subclavia), (s. S. 30) endet. In das System der peripheren Lymphgefäße sind Lymphknoten als Filterstationen eingeschaltet, wo die Lymphe auf das Vorhandensein von Pathogenen überprüft wird. Lymphgefäße konvergieren im Lymphknoten, wo die Lymphe gefiltert wird, um danach zentral weiterzufließen.

B Übersicht über die Lymphabflusswege

Lymphabflusswege spielen bei der Klassifikation von Tumoren und deren Absiedelungen in die Lymphknoten, den Lymphknotenmetastasen, eine klinisch wichtige Rolle. Da die Lymphknotenmetastasen manchmal klinisch vor dem Primärtumor auftreten, muss von den befallenen Lymphknoten auf das verursachende Organ zurückgeschlossen werden. Deshalb muss man die Lymphabflusswege der Organe und Regionen kennen. Aus diesem Grund wird nachfolgend die Systematik der Lymphgefäße gemeinsam mit den jeweils assoziierten Lymphknoten dargestellt. Verfolgt man den Weg der Lymphe vom peripheren Entstehungsort im Gewebe bis zur zentralen Ableitung in das venöse Blut, erkennt kann folgende grundlegende Systematik:

- Lymphe entsteht durch Ultrafiltration aus den Kapillaren im Bindegewebe (**C**).
- Es gibt ein oberflächliches und ein tiefes Lymphabfluss-System (**D**).
- Die gesamte Lymphe des Körpers fließt über fünf große Stämme ab (s. S. 30).
- Die in das Lymphgefäßsystem eingebauten Lymphknoten lassen sich nach topografischen Gesichtspunkten einteilen (s. S. 31).





C Entstehung der Lymphe

Lymphe entsteht durch Ultrafiltration des Blutes als wasserklare Flüssigkeit in den Kapillaren. Das Blut durchströmt die Kapillaren vom arteriellen Schenkel des Gefäßsystems zum venösen Schenkel. Die Summe aller aus der Kapillare heraus gerichteten Drücke ist größer als die Summe des kolloidosmotischen Druckes in der Kapillare, so dass in der Nettobilanz 10 % Flüssigkeit aus dem Gefäß als interstitielle Flüssigkeit im interstitiellen Raum verbleibt. Diese 1,8–2 l pro Tag produzierte interstitielle Flüssigkeit, die als Lymphe zunächst durch Lymphkapillaren (s. **Ab**) aufgenommen wird, wird über größere Lymphgefäße schließlich in den Lymphstämmen gesammelt und dem venösen Blut zugeführt. Da Lymphknoten in die Lymphgefäße eingeschaltet sind, kann der Körper in ihnen die Lymphe auf Keime und Toxine kontrollieren. Kommt es dabei bei Bakterienbefall zu einer eitrigen Entzündung, kann man die oberflächlichen geröteten Lymphbahnen erkennen, man spricht dann laienhaft von „Blutvergiftung".

Beachte: die Lymphe des Dünndarms ist nach einer fettreichen Mahlzeit reich an in Emulsion gelösten Lipoproteinpartikeln (Chylomikronen) und daher milchig trüb. Die Dünndarmlymphe wird als „Chylus" bezeichnet, die Lymphgefäße des Dünndarms heißen daher auch „Chylusgefäße".

D Oberflächliches und tiefes Lymphgefäßsystem

Unter topografischen Aspekten kann man ein oberflächliches und ein tiefes Lymphgefäßsystem unterscheiden:

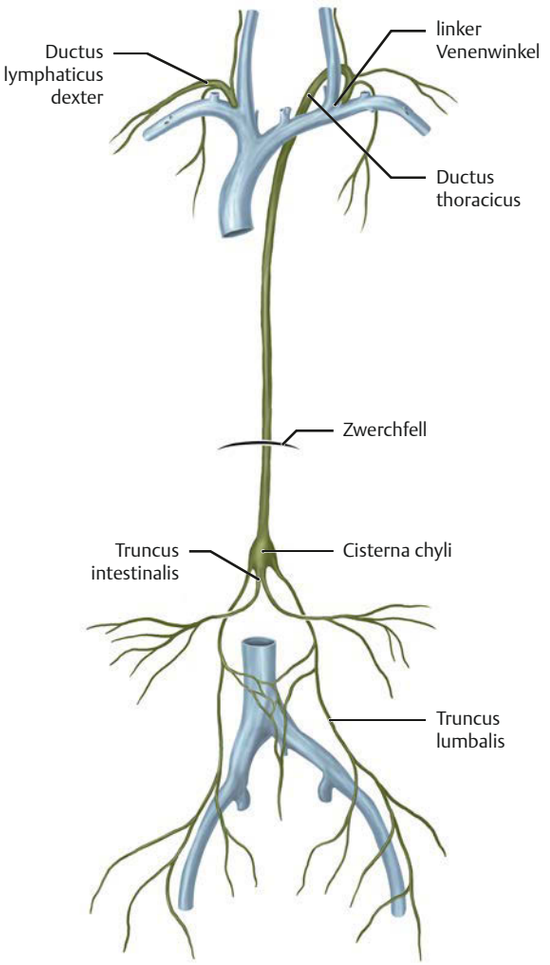
- Das oberflächliche System liegt oberhalb der oberflächlichen Körperfaszie und sammelt die Lymphe von Haut und Subcutis.
- Das tiefe System liegt unterhalb der oberflächlichen Körperfaszie und sammelt die Lymphe aller Organe sowie von Muskeln, Knochen und Nerven.

Nur das tiefe System hat direkten Anschluss an die großen Lymphstämme (Trunci, s. S. 30). Das oberflächliche System leitet seine Lymphe über Perforansgefäße, welche die oberflächliche Körperfaszie durchbrechen und die Lymphe von der Oberfläche in die Tiefe transportieren, an die tiefen Lymphgefäße weiter. An drei Stellen des Körpers ist die Verbindung von der Oberfläche in die Tiefe besonders ausgeprägt:

- seitlich am Hals,
- in der Achselhöhle und
- in der Leistenbeuge.

An diesen Verbindungsstellen zwischen oberflächlichem und tiefem System finden sich besonders viele Lymphknoten. Sie sollten bei jeder klinischen Untersuchung abgetastet werden.

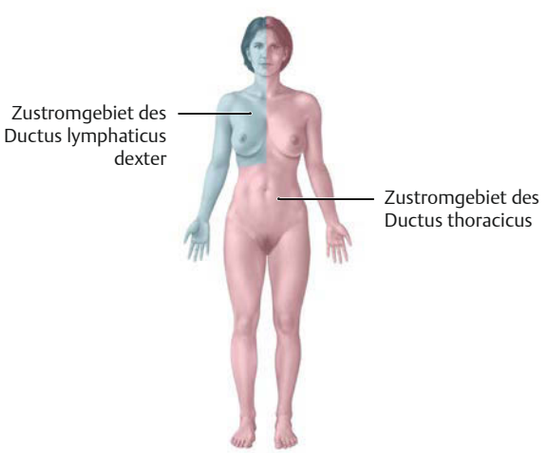
4.2 Lymphatische Abflusswege



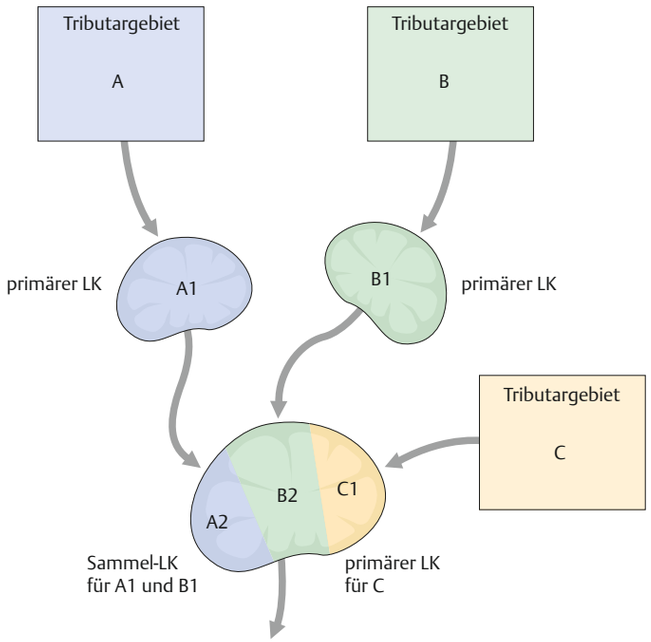
A Die großen Lymphstämme
Für die einzelnen Körperabschnitte lassen sich insgesamt 5 – teils paarig angelegte – Lymphstämme unterscheiden. Tabelle **B** fasst die Stämme und ihre Abflussgebiete zusammen. Alle Stämme finden i. Allg. Anschluss an den *Ductus thoracicus* oder den *Ductus lymphaticus dexter,* die ihrerseits beide Anschluss an das Venensystem erhalten. Die drei großen Lymphstämme für Abdomen, Becken und untere Extremität, also Truncus intestinalis sowie beide Trunci lumbales, vereinigen sich kurz unterhalb des Zwerchfells zu einem gemeinsamen Stamm, dem Ductus thoracicus. Die Vereinigungsstelle ist häufig zur *Cisterna chyli* verdickt. Der **lange Ductus thoracicus** durchzieht das Zwerchfell am Hiatus aorticus und nimmt meist den Truncus bronchomediastinalis sinister auf, oft auch noch den Truncus jugularis und subclavius sinister. Allerdings können alle diese Stämme auch getrennt in das Venensystem münden. Der Ductus thoracicus mündet in den linken Venenwinkel.
Der **sehr kurze Ductus lymphaticus dexter** entsteht aus dem Zusammenfluss von Truncus bronchomediastinalis dexter, Truncus jugularis dexter und Truncus subclavius dexter. Der Ductus lymphaticus dexter mündet in den rechten Venenwinkel.
Beachte: Bis auf den Truncus intestinalis sind alle Lymphstämme paarig – entsprechend der paarigen Organisation ihrer Drainagegebiete. Der Truncus intestinalis leitet die Lymphe aus den unpaaren Abdominalorganen (s. **B**): er ist deshalb grundsätzlich unpaar angelegt, kann aber häufig topografisch in mehrere (nicht eigens benannte) Unterstämme aufgeteilt werden, die in der Nomenklatur dann zusammenfassend auch als die Trunci intestinales – also Mehrzahl – bezeichnet werden.

B Einteilung der Lymphstämme und ihrer Abflussgebiete
Zusammenfassung der Lymphstämme und Zuordnung zu ihren Abflussgebieten.

Lymphstamm	Abflussgebiet
Kopf, Hals und obere Extremität	
• Truncus jugularis sinister/dexter	• Kopf- und Halshälfte links/rechts
• Truncus subclavius sinister/dexter	• obere Extremität links/rechts
Thorax	
• Truncus bronchomediastinalis sinister/dexter	• Organe, Binnenstrukturen und Wand der Thoraxhälfte links/rechts
Die jeweils rechts liegenden Stämme vereinigen sich zum Ductus lymphaticus dexter. Die links liegenden Stämme erhalten Anschluss an den Ductus thoracicus (s. u.).	
Abdomen, Becken und untere Extremität	
Die gesamte Lymphe leitet der Ductus thoracicus. Er entsteht aus dem Zusammenfluss von:	
• Truncus intestinalis	• unpaare Organe im Abdomen (also Verdauungstrakt und Milz)
• Truncus lumbalis sinister/dexter	• paarige Abdominalorgane (Nieren, Nebennieren) • alle Beckenorgane • Wand des Abdomens links und rechts • Beckenwände links und rechts • untere Extremität links und rechts
Der Ductus thoracicus leitet also die Lymphe aus dem gesamten Körper unterhalb des Zwerchfells und aus der linken Körperhälfte oberhalb des Zwerchfells. Der Ductus lymphaticus dexter leitet nur die Lymphe aus der rechten Körperhälfte oberhalb des Zwerchfells. Dementsprechend ist eine Einteilung des ganzen Körpers in vier Lymphabfluss-Quadranten möglich (s. **C**).	



C Einteilung des Körpers in Lymphabfluss-Quadranten
Der Lymphabfluss des Körpers ist nicht symmetrisch. Vielmehr lässt sich eine Verteilung nach Quadranten erkennen: der rechte obere Quadrant fließt in den Ductus lymphaticus dexter, die anderen drei Quadranten in den Ductus thoracicus (s. **B**).



D Einteilung der Lymphknoten (modifiziert nach Földi)
Es gibt mehrere Einteilungen für die Lymphknotengruppen. Eine bezieht sich auf die Flussrichtung und Lage zum inneren Organ.

Einteilung nach der Flussrichtung: Teilt man Lymphe nach ihrer Flussrichtung ein, also von peripher im Gewebe bis hin zu ihrem zentralen Eintritt in das Venensystem, passiert sie meist mehrere hintereinander geschaltete Lymphknotenstationen. Sie werden als primäre, sekundäre und tertiäre Lymphknoten bezeichnet:

- Primäre Lymphknoten (= regionäre Lymphknoten) nehmen unmittelbar die Lymphe einer Region (Organ; Extremität; Rumpfabschnitt) auf. Die Region, die ihre Lymphe in eine bestimmte primäre Lymphknotengruppe (blauer oder grüner Knoten A1 oder B1) leitet, wird als sog. Tributargebiet dieser Lymphknotengruppe bezeichnet (in der Abbildung mit A–C bezeichnet).
- Verlässt die Lymphe dann die primäre Knotengruppe, kann sie in nachfolgende (sekundäre, tertiäre usw.) Lymphknoten geleitet werden. Da z. B. sekundäre Lymphknoten häufig die Lymphe aus mehreren primären Knotengruppen sammeln, werden sekundäre Lymphknoten auch als Sammellymphknoten (mehrfarbiger Knoten in der Abbildung) bezeichnet.

Beachte: Eine Lymphknotengruppe kann für ein Tributargebiet eine primäre Gruppe sein, während sie ihrerseits die Lymphe aus anderen primären Knoten sammelt, so dass sie für diese Knoten eine sekundäre oder Sammellymphknotengruppe darstellt. So ist der dreifarbige Knoten ein primärer Knoten für das (gelbe) Tributargebiet C, gleichzeitig aber Sammellymphknoten für die (blauen und grünen) primären Knoten A1 und B1.

Einteilung nach Lage zum inneren Organ: Berücksichtigt man *speziell* in Abdomen und Becken die Lage der Lymphknoten zu den großen Gefäßstämmen und Organen, so lassen sich dort *parietale* (= „wandständige“) von *viszeralen* (= „organständigen“) Lymphknoten unterscheiden:

- parietale Lymphknoten (Nodi lymphoidei parietales) liegen in Abdomen und Becken entweder unmittelbar um die großen Gefäße (Aorta abdominalis, V. cava inferior bzw. Vasa iliaca) herum (größere Gruppe) oder dicht an der abdominalen Rumpfwand (kleinere Gruppe);
- viszerale Lymphknoten sind im Abdomen unmittelbar den unpaaren Bauchorganen zugeordnet, die aus den drei großen unpaaren arteriellen Gefäßstämmen versorgt werden. Im Becken findet man ebenfalls Gruppen von organnah lokalisierten (primären) Lymphknoten. Diese leiten ihre Lymphe überwiegend in die (parietalen) iliakalen Lymphknoten, die somit ihrerseits Sammellymphknoten für die viszerale Gruppe darstellen.

Lymphknotengruppe	Parietale Gruppe	Viszerale Gruppe
Abdomen	• Nll. lumbales sinistri/dextri/intermedii • Nll. epigastrici inferiores • Nll. phrenici inferiores	• organspezifisch benannt, s. S. 222
Becken	• Nll. iliaci interni/externi/communes	• organspezifisch benannt, s. S. 223

E Embryonalentwicklung von lymphatischen Organen und Lymphgefäßen
Die lymphatischen Organe und die Lymphgefäße leiten sich aus dem Mesoderm ab (EW = Entwicklungswoche).
Beachte: Von den hier aufgeführten Strukturen ist vor der Geburt nur der Thymus weitgehend entwickelt. Alle anderen Strukturen werden zwar grob im hier angegebenen Zeitraum angelegt, entwickeln aber ihre eigentliche Funktion erst um die Geburt herum, da auch dann erst die immunologisch wichtige Unterscheidung in „selbst“ und „fremd“ erfolgt.

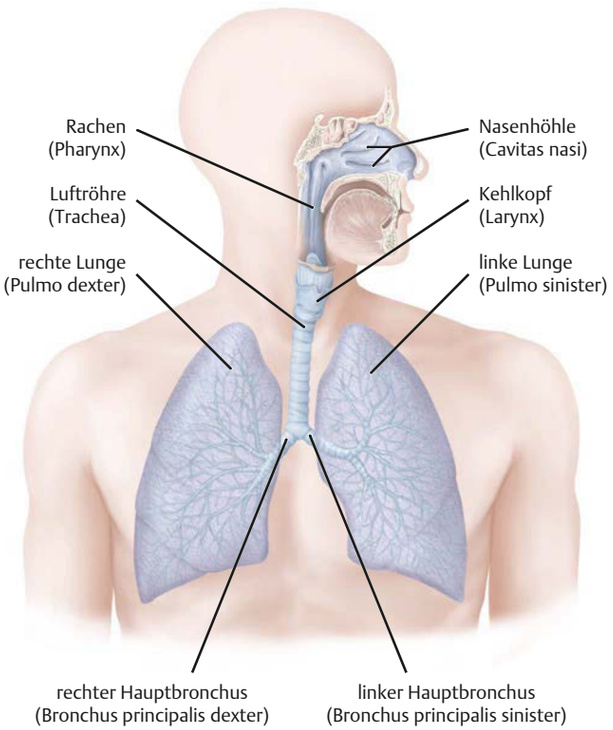
Lymphatische Struktur	Zeitraum	Entwicklungsvorgang
Lymphgefäße	ca. 5.–9. EW	Endothelsprossen der Kardinalvenen bilden sackartig erweiterte Gefäße, die durch einen Lymphgefäßplexus nahe der dorsalen Rumpfwand verbunden werden. Die einzelnen Trunci entstehen als Aussprossung aus den Gefäßen und dem Plexus.
Tonsillen	ca. 12.–16. EW	Epitheleinsenkung der 2. Schlundtasche
Milz	ca. 5.–24. EW	Proliferation des Mesenchyms im dorsalen Mesogastrium. Verlagerung der Milz im Rahmen der Magendrehung in den linken Oberbauch.
Thymus	ca. 4.–16. EW	Epitheleinstülpung des ventralen Endoderms und des Ektoderms der 3. Schlundtasche

5.1 Übersicht

Einführung und Übersicht

Die Atmungsorgane dienen dem Gasaustausch des Organismus mit der Atmosphäre (= äußere Atmung im Unterschied zur inneren Atmung = Zellatmung). Außerdem sind die Atmungsorgane an der Stimmbildung beteiligt.

Die eingeatmete Luft gelangt über ein fein verzweigtes Röhrensystem (Trachea und Bronchien), das dem Gas*transport* dient, in die Lungenperipherie. Hier findet der Gas*austausch* statt. Am Beginn der Atemwege wird die Luft angewärmt, befeuchtet und gefiltert. Über ein ebenfalls sehr fein verzweigtes System, die Lungenarterien (Aa. pulmonales) und ihre Äste, wird Blut in die Lungen transportiert. Mit ihm gelangt *Kohlendioxid,* ein Endprodukt des Zellstoffwechsels, in die Lungen. Bei der Atmung wird der *Sauerstoff* aus der Luft aufgenommen und an das Hämoglobin im Blut gebunden, gleichzeitig wird Kohlendioxid an die Luft abgegeben. Da Kohlendioxid im Blut ein Bestandteil des Bikarbonat-Puffersystems ist, beeinflusst die Atmung durch Ausscheidung von CO_2 den Säure-Basen-Haushalt. Der Gasaustausch zwischen Luft und Blut erfolgt durch Diffusion, getrieben durch die Partialdruckdifferenz der beiden Gase (= Druckdifferenz zwischen Blut und Atmosphärenluft). Luft und Blut haben dabei zu keinem Zeitpunkt direkten Oberflächenkontakt, sondern sind durch die Blut-Luft-Schranke getrennt. Aus den Lungen wird das Blut über die Lungenvenen (Vv. pulmonales) zum Herzen zurückgeführt und von dort durch den großen Kreislauf gepumpt.

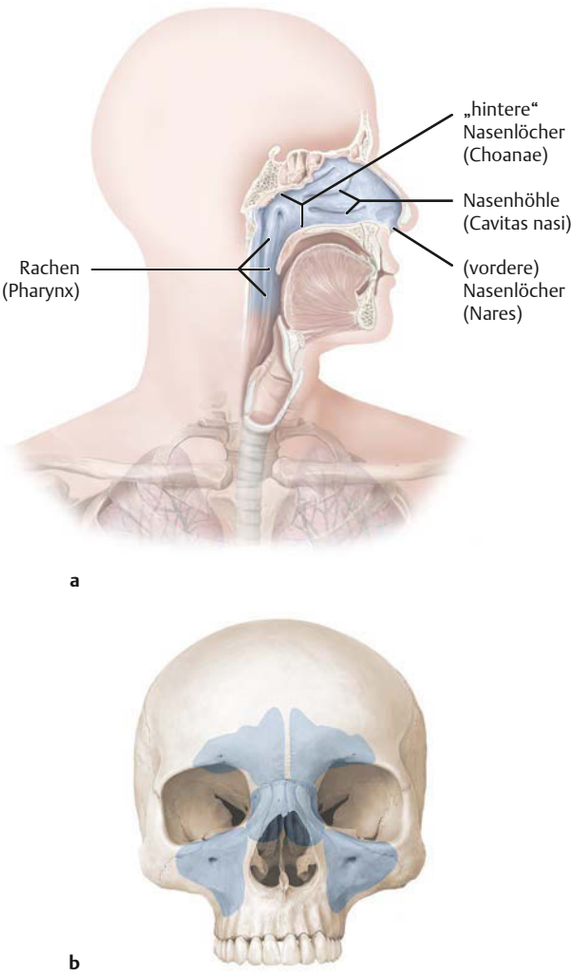


A Aufbau der Atemwege (Luftwege)

Anatomisch unterteilt man die Atemwege in zwei Abschnitte:

- **obere Atemwege im Kopf:**
  - äußere Nase (Nasus externus) mit der Nasenhaupthöhle (Cavitas nasi),
  - Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales),
  - Rachen (Pharynx), der nur im obersten Abschnitt (Pars nasalis pharyngis) ausschließlich Atemweg ist. Im mittleren Rachenabschnitt (Pars oralis pharyngis) kreuzen Atem- und Speiseweg;
- **untere Atemwege in Hals und Thorax:**
  - Kehlkopf (Larynx), der dem temporären Verschluss der Atemwege beim Schlucken und der Stimmbildung dient,
  - Luftröhre (Trachea),
  - zwei Hauptbronchien setzen die Trachea fort und verzweigen sich über mehrere Teilungsschritte weiter,
  - Lungenbläschen (Alveolen) schließen sich als Endpunkte dieser Verzweigungen an; in ihnen findet der oben beschriebene Gasaustausch statt.

Der histologische Aufbau der einzelnen Atemwegsabschnitte wird bei den Organkapiteln näher besprochen.

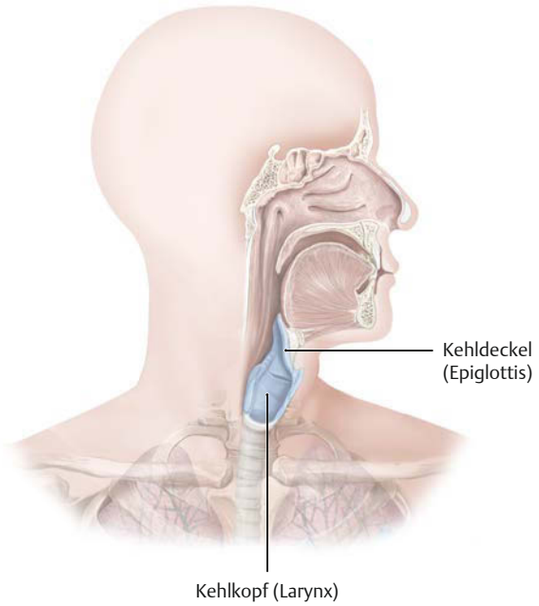


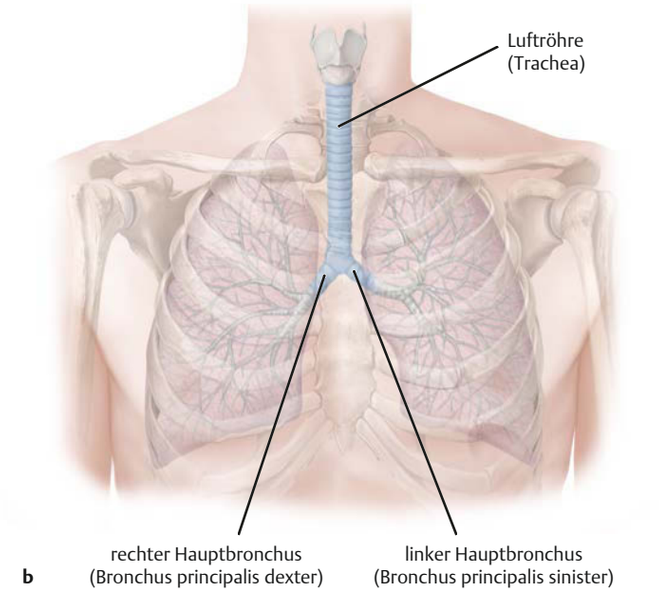
B Obere Atemwege: Nase, Nasennebenhöhlen und Rachen

a Sicht auf Nasenhaupthöhle und Rachen von rechts bei nach links gedrehtem Kopf; **b** knöcherner Schädel; Sicht von vorn auf die Nasennebenhöhlen.

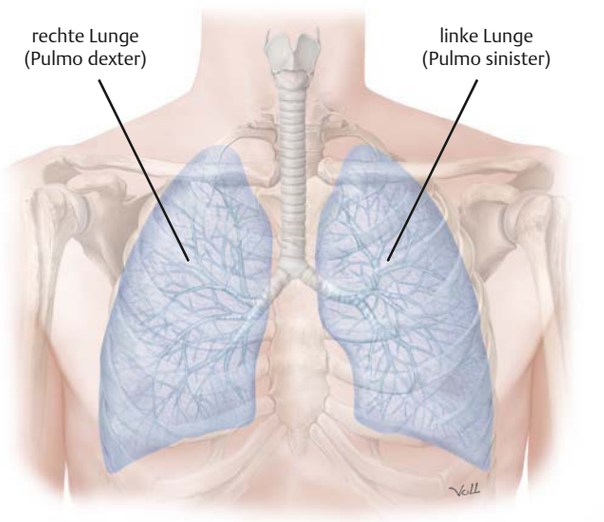
Die eingeatmete Luft gelangt durch die Nasenöffnungen (Nares) in die Nasenhaupthöhle, die durch das hintere Nasenloch (Choana) mit dem Rachen (Pharynx) verbunden ist. Er leitet den Luftstrom zum Kehlkopf (Larynx). Die Nasennebenhöhlen (Sinus paranasales) sind über schmale Öffnungen mit der Nasenhaupthöhle verbunden.

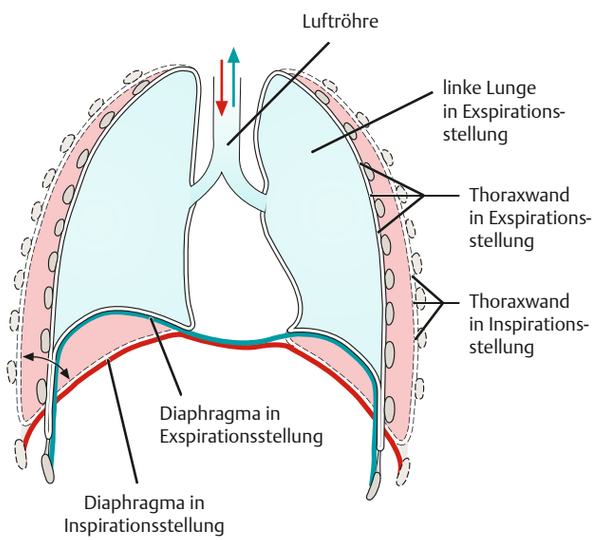
Beachte: Die Nasenhaupthöhle ist nicht nur Atemweg, sondern dient auch der Geruchswahrnehmung.





C Untere Atemwege: Larynx und Trachea
a Sicht auf den Kehlkopf von rechts; **b** Sicht auf die Trachea von vorne. Der Kehlkopf (Larynx) stellt den Eingang in die unteren Atemwege dar. Sein Deckel, die Epiglottis, kann den Eingang der Luftwege beim Schluckvorgang temporär verschließen. Dadurch wird das Eindringen von Speisebrei in den Atemweg vermieden (bei Fehlfunktion: Verschlucken). Zudem dient der Kehlkopf der Stimmbildung. Die Luftröhre (Trachea) ist anatomisch die untere Fortsetzung des Kehlkopfes. Sie liegt in Hals und Thorax und teilt sich in die beiden Hauptbronchien auf, die Luft zu den beiden Lungen führen. Kehlkopf und Trachea bestehen aus Knorpel.

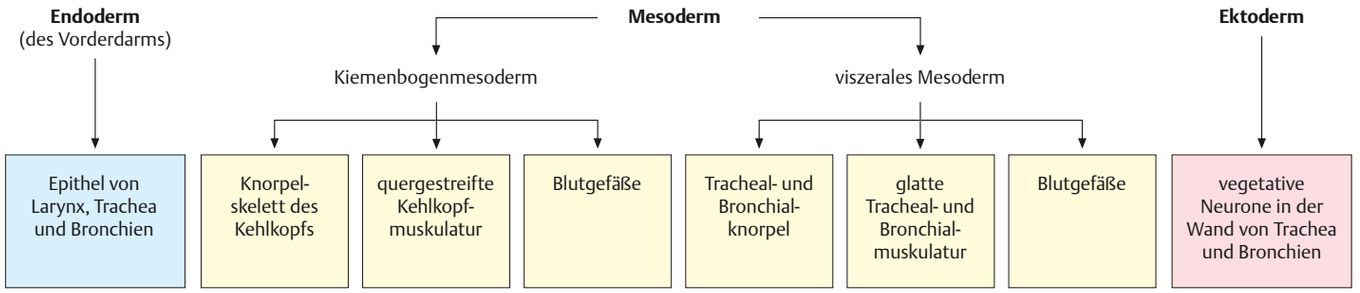




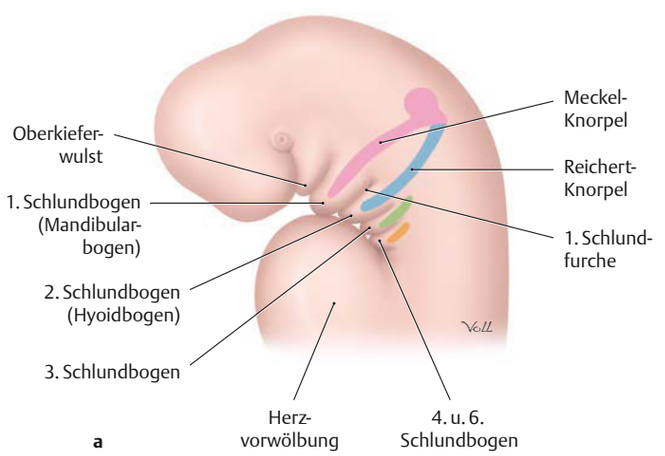
D Untere Atemwege: Bronchialbaum und Lungen
Sicht auf Bronchialbaum und Lungen von vorne. Die beiden Hauptbronchien teilen sich rechts in drei, links in zwei Lappenbronchien, danach teilen sie sich in mehreren Schritten, die letzten Verzweigungen sind die Lungenbläschen (Alveolen), in denen der Hauptteil des Gasaustausches stattfindet. Der Bronchialbaum bildet das strukturelle Gerüst für die Lungen. Die beiden Lungen liegen in den vom Lungen- bzw. Rippenfell (der sog. Pleura) ausgekleideten Höhlen. Der gesamte Bronchialbaum dient der Luft*leitung*. Ein *Gasaustausch* findet hauptsächlich in den Alveolen statt.

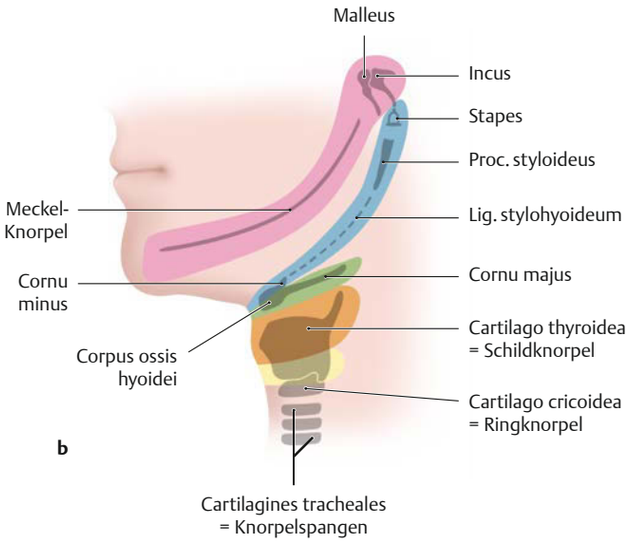
E Grundlage der Atemmechanik
Sicht auf die Lungen von vorne (schematisierter Frontalschnitt). Durch Muskeltätigkeit wird der Thorax nach vorne, zu den Seiten und nach unten rhythmisch erweitert. Diese Volumenänderung des Thorax wird über die Pleura auf die Lungen übertragen, die sich somit ebenfalls rhythmisch erweitern und durch ihre Eigenelastizität wieder zusammenziehen. Damit wirken die knöchernen und muskulären Strukturen der Thoraxwand sowie des Zwerchfells, welche die Lungen umschließen, funktionell wie ein Blasebalg.

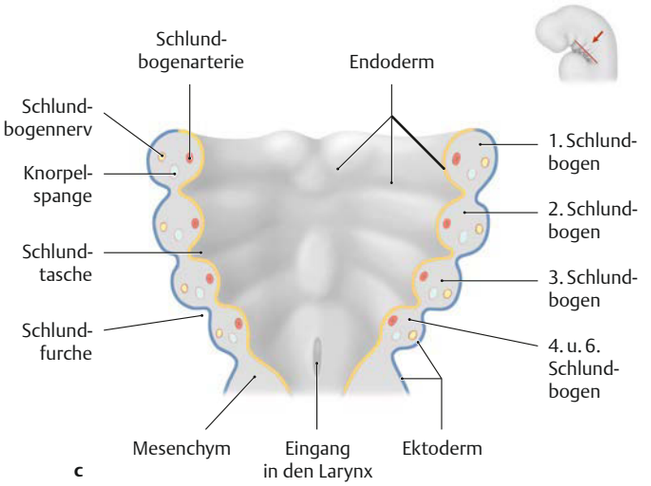
5.2 Entwicklung von Kehlkopf und Trachea; Lungenanlage



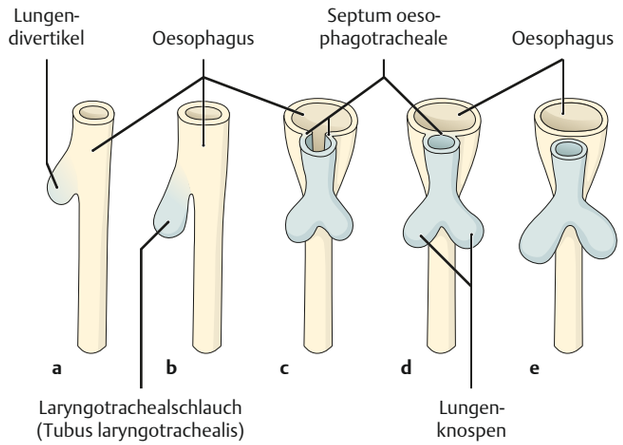
A Entwicklung des Respirationstraktes aus den drei Keimblättern
An der Embryonalentwicklung von Larynx (Kehlkopf), Trachea und Bronchialbaum sind alle drei Keimblätter in unterschiedlichem Ausmaß beteiligt. Die Trachea und der daraus wachsende Bronchialbaum entstehen aus einer Aussprossung des Vorderdarms im Bereich des Oesophagus. Der Kehlkopf entwickelt sich größtenteils (Knorpel, Muskeln, Gefäße und Nerven) aus dem 4.–6. Kiemenbogen. Das Epithel des Kehlkopfs ist dagegen vom Vorderdarm eingewandert.







B Embryonalentwicklung des Kehlkopfes (Larynx) (nach Sadler)
a Embryo, Ansicht von links; **b** topografische Situation beim reifen Organismus, Ansicht von links; **c** Schlundbögen von dorsal bei einem ca. 6 Wochen alten Embryo, Frontalschnitt.
In **a** erkennt man die Anlage der Schlundbögen. Aus den Bögen 1 und 2 entsteht der Viszeralschädel, Schlundbogen 3 bildet einen größeren Teil des Zungenbeins. Das Material der Bögen 4 und 6 bildet das knorpelige Kehlkopfskelett und die Kehlkopfmuskeln. Entsprechend ihrer embryologischen Herkunft werden die quergestreiften Kehlkopfmuskeln von einem Hirnnerv innerviert.
Beachte: Das Epithel des Larynx entstammt nicht den Schlundbögen, sondern wie das Epithel von Trachea und Bronchien dem Endoderm des Vorderdarms.
Die Sicht auf die Schlundbögen von dorsal (**c**) zeigt bei einem ca. 6 Wochen alten Embryo die Anlage des Kehlkopfeingangs in unmittelbarer Nähe zum 4. und 6. Schlundbogen. An dieser Stelle trennen sich Luft- und Speiseweg und setzen sich nach kaudal als getrennte Röhrensysteme fort (s. **C**).

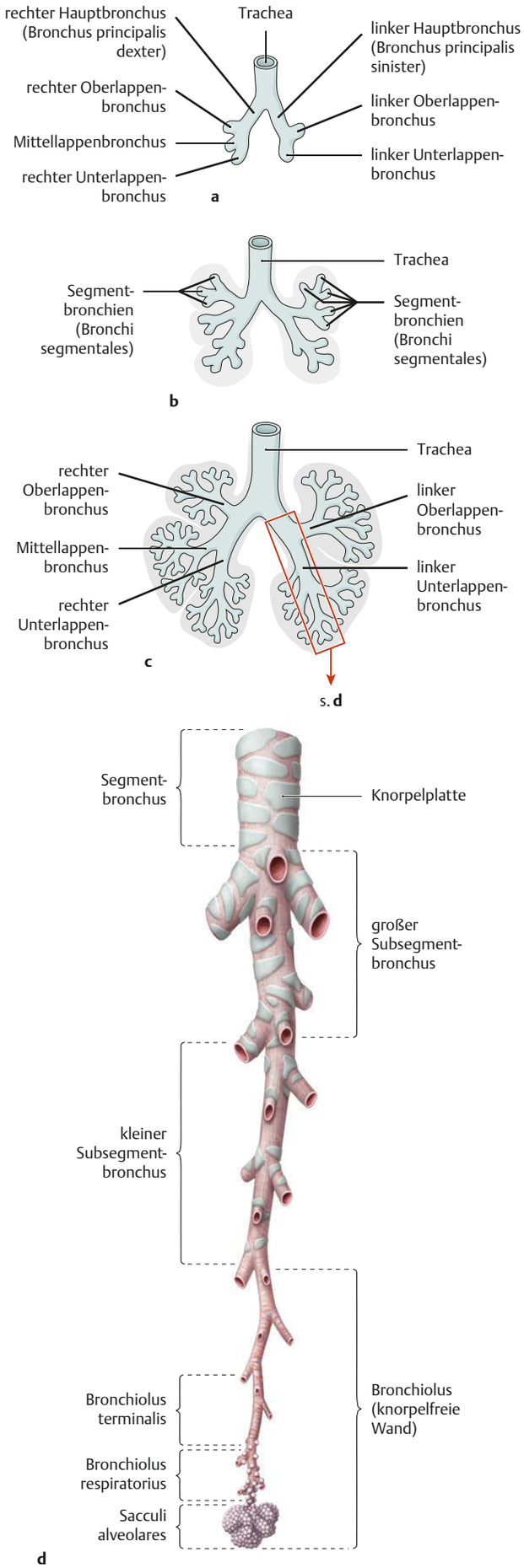


C Entwicklung von Trachea und Lungen: Laryngotrachealschlauch und Lungenknospen

Vorderdarm von links (**a** u. **b**) und von ventral (**c**–**e**). Gegen Ende der 4. Embryonalwoche erscheint an der Ventralseite des Vorderdarms eine Aussackung, das *Diverticulum laryngotracheale* (**a**), das sich durch fortwährende Verlängerung in den sog. Laryngotrachealschlauch (Tubus laryngotrachealis, **b**) umwandelt. Dieser Schlauch ist zunächst gegen den Vorderdarm offen, wird jedoch bald durch ein sog. Septum oesophagotracheale (**c** u. **d**), das sich aus zwei seitlichen Einfaltungen bildet, fast vollständig gegen den Vorderdarm abgegrenzt. Dadurch teilt sich der Vorderdarm in ventrodorsaler Richtung letztlich in zwei Abschnitte (**d**):

- ventral des Septums liegt die Anlage des Respirationstraktes;
- dorsal des Septums liegt die Anlage des Oesophagus (zur Lage des Vorderdarms vgl. S. 40).

Nur im obersten Abschnitt des Schlauches – im Bereich des späteren Kehlkopfes – bleibt die Verbindung zum Vorderdarm offen (dort ist später der Eingang in den Kehlkopf, s. **b**). Am unteren Ende des Schlauches zeigt sich eine Aussprossung, die sich in einen kleineren linken und einen größeren rechten Abschnitt teilt, die Lungenknospen (**d**). Die Lungenknospen sind die Anlage der Lungen. Sie wachsen weiter nach unten und dehnen sich dabei gleichzeitig nach lateral aus (**e**). Innerhalb jeder Knospe bildet sich der jeweilige Hauptbronchus (Bronchus principalis sinister u. dexter).

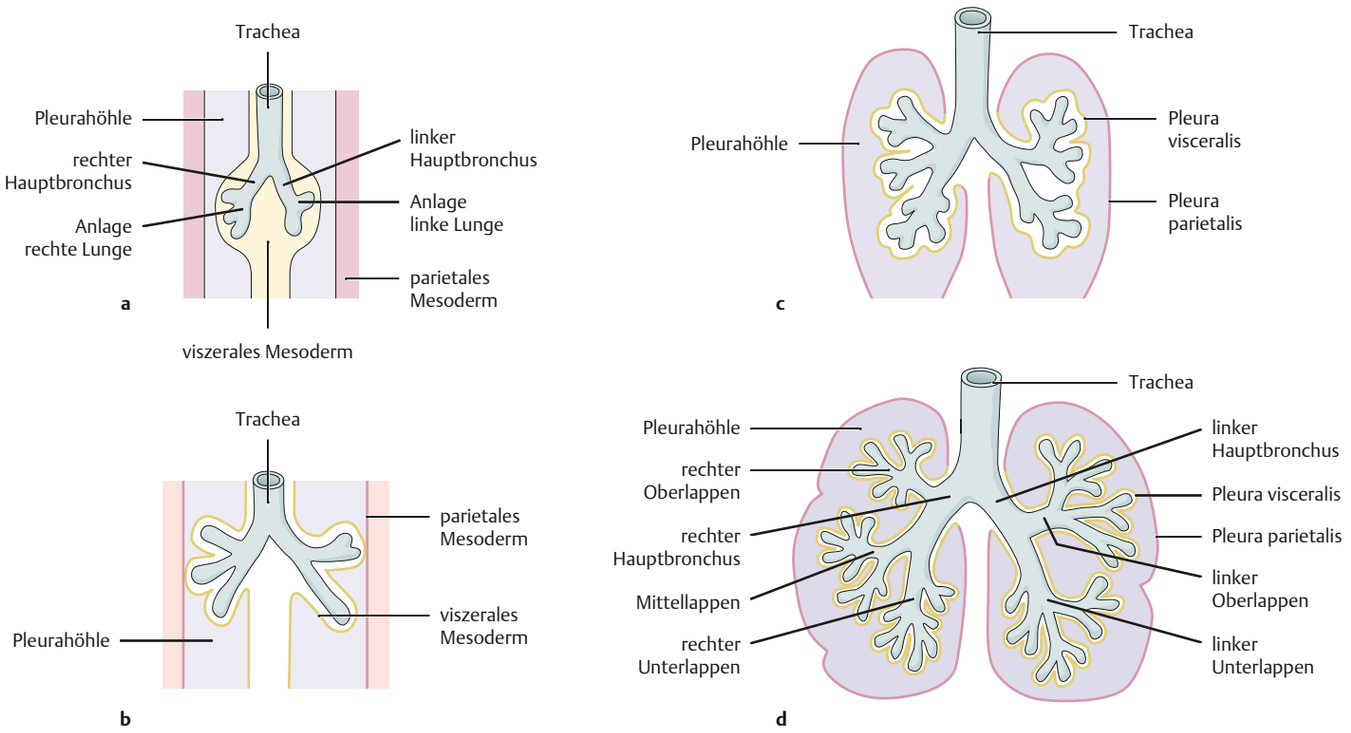


D Entwicklung von Trachea und Lungen: Der Bronchialbaum

Bronchialbaum im Alter von 5 (**a**), 6 (**b**) und 8 (**c**) Embryonalwochen, Ansicht von ventral; **d** Ausschnitt aus einem fertigen Bronchialbaum.

Die Knospen teilen sich nun rechts in drei, links in zwei weitere Bronchien, die zu den Lappenbronchien werden und die Gliederung der Lungen in rechts drei, links zwei Lappen determinieren. Diese späteren Lappenbronchien teilen sich unter fortwährendem Längenwachstum weiter auf in die Segmentbronchien, die zur Unterteilung der Lungen in Segmente führen (rechts zehn Segmente, links meist nur neun). Weitere Teilungen führen zu Subsegmentbronchien unterschiedlicher Größe bis vorerst zum Bronchiolus terminalis (**d**). Insgesamt führt der Laryngotrachealschlauch – beginnend mit der Lungenknospe – 23 dichotome Teilungsschritte durch. Die ersten 17 Schritte laufen vor der Geburt ab und führen zur Bildung einfacher – sog. primärer – Alveolen, ganz überwiegend in Form von Alveolensäckchen (s. S. 37). Die verbleibenden sechs Schritte werden erst nach der Geburt durchlaufen und führen zur postnatalen weiteren erheblichen Vergrößerung der Lunge durch die Neubildung zahlreicher reifer Alveolen. Die endgültige Ausreifung der Lungen beginnt in den oberen Lungenabschnitten und endet in den unteren Anteilen um das 8.–10. Lebensjahr.

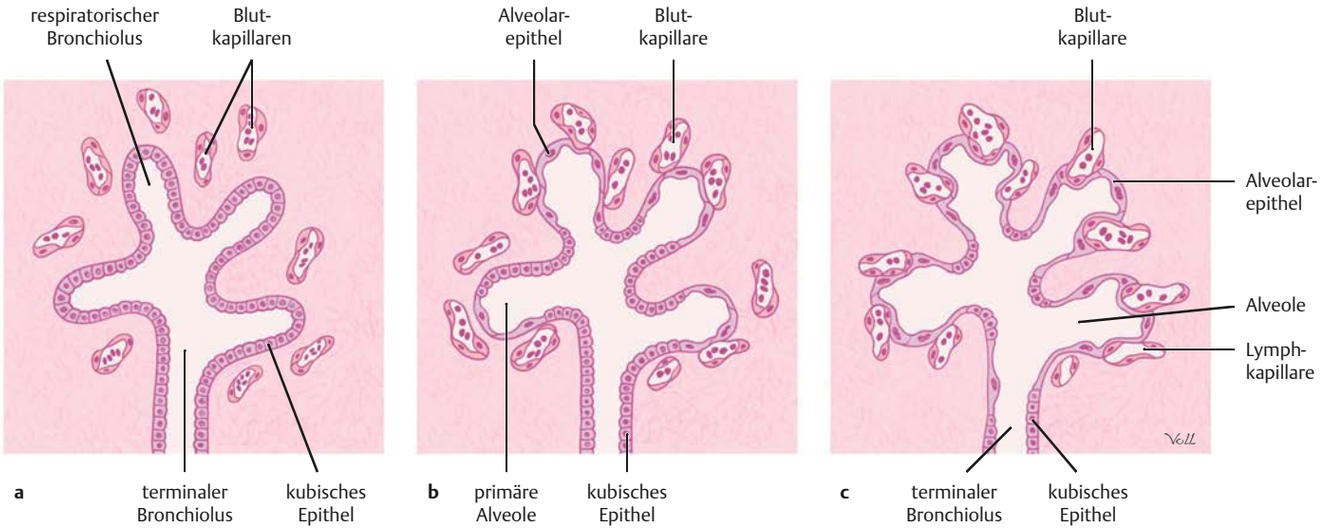
5.3 Lungenentwicklung und -reifung



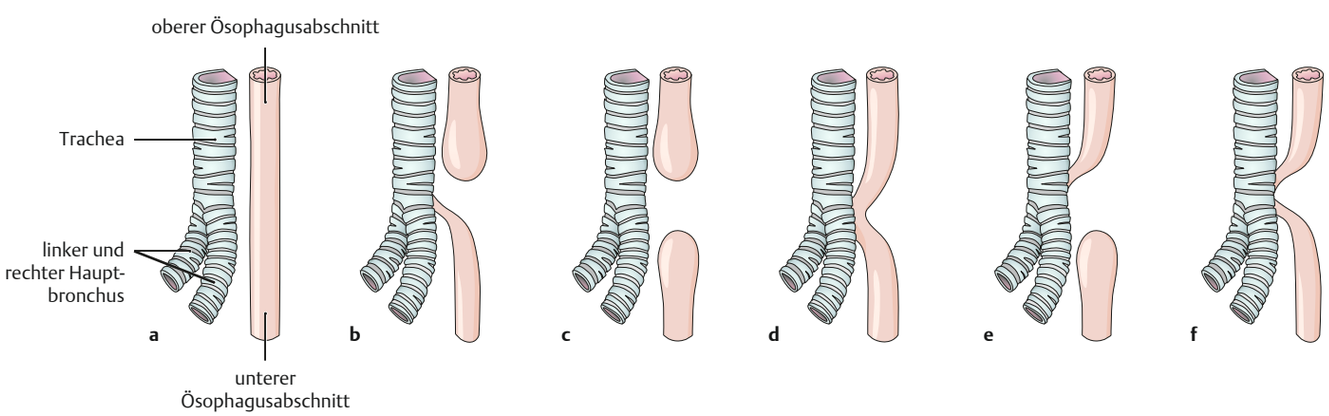
A Entwicklung von Trachea und Lungen: Die Pleurahöhlen (Cavitates pleurales)
Schema der Pleurahöhlen im Alter von 5 (**a**) und 6 (**b**) Embryonalwochen; **c** u. **d** Bronchialbaum von ventral.
Im Rahmen der oben beschrieben Verzweigung wächst der Bronchialbaum nach lateral und unten in die Leibeshöhle vor und schiebt das viszerale Mesoderm vor sich her (**a**), bis es fast Kontakt zum parietalen Mesoderm hat (**b**). Aus dem viszeralen Mesoderm um die Lungenknospen wird das *viszerale* Blatt der Pleura (Lungenfell = Pleura pulmonalis oder Pleura visceralis), aus dem parietalen Mesoderm, das die Leibeshöhle innen auskleidet, das *parietale* Blatt der Pleura (Pleura parietalis). Die Leibeshöhle (mit parietaler Pleura ausgekleidet) wird von dem wachsenden Lungengewebe (von viszeraler Pleura bedeckt) zunehmend ausgefüllt (**c** u. **d**). Die insgesamt noch kontinuierliche Leibeshöhle wird in diesem Abschnitt wegen ihres kanalartigen Aussehens auch als *Zölomkanal* bezeichnet, oder – weil sie die Perikardhöhle (oben) mit der Peritonealhöhle (unten) verbindet – auch als *Perikardioperitonealkanal*. Zwei von links und rechts einwachsende Falten, die Pleuroperikardialmembranen, wachsen in der Mitte zusammen, verbinden sich mit einem zentralen soliden Pfeiler im Thorax (dem späteren Mediastinum posterius, s. S. 79) und trennen so die nun paarigen Pleurahöhlen gegen die Perikardhöhle ab, in der das Herz liegt (s. S. 6). Durch ein Septum transversum (das spätere Zwerchfell, hier nicht sichtbar) werden die Pleurahöhlen dann auch nach kaudal gegen die Abdominalhöhle verschlossen, so dass die zuvor einheitliche Leibeshöhle unterteilt wird.

B Übersicht über die Abschnitte der Lungenentwicklung
Die Lungenentwicklung lässt sich grob in vier Phasen unterteilen: pseudoglanduläre, kanalikuläre, terminale und alveoläre Phase. Die drei ersten Phasen beginnen und enden vor bzw. mit der Geburt (vgl. **C**).
Beachte: Zeitlich benachbarte Phasen überlappen.

Entwicklungsphase	Vor der Geburt (Entwicklungswoche)	Entwicklungsschritt
• pseudoglanduläre Phase	5–17	Aufzweigung des Bronchialbaums bis hin zu Bronchioli terminales; Bronchioli respiratorii und Alveolen sind noch nicht angelegt.
• kanalikuläre Phase	16–25	Aufzweigung der Bronchioli terminales in Bronchioli respiratorii. Diese teilen sich in Ductus alveolares mit Alveolen.
• terminale Phase	24 bis Geburt	Einfache Alveolen erhalten Kontakt zu Kapillaren, erste Differenzierung von Alveolen mit Ausbildung spezialisierter Alveolarepithelzellen Typ I und II. Lunge beschränkt atemfähig.
	Nach der Geburt	
• alveoläre Phase	um die Geburt bis ca. 8.–10. Lebensjahr	starke Zunahme der Alveolenanzahl durch weitere Teilungen des ehemaligen Lungenknospenmaterials. Differenzierung reifer Alveolen mit Ausbildung einer Blut-Luft-Schranke.



C Entwicklung der Lungen: Bildung der Alveolen und Lungenreifung
Die Entwicklung der Alveolen ist aus didaktischen Gründen getrennt von den bisher geschilderten Entwicklungsstufen dargestellt, obwohl sie zeitlich mit diesen überlappt (s. **B**). Von der Entstehung der Lungenknospe in ca. der 5. Embryonalwoche bis zur Entwicklung der Bronchioli terminales in ca. der 17. Woche (**a**) ähnelt die primitive Lunge einer exokrinen Drüse (daher *pseudoglanduläre Phase,* vgl. **B**): Die Alveolen sind noch nicht entfaltet und erinnern daher an eine azinöse Drüse mit Ausführungsgang. In der anschließenden *kanalikulären Phase* verzweigt sich der Bronchialbaum in immer kleinere Äste bis hin zu den Bronchioli respiratorii. An sie schließen sich die Alveolenvorstufen an. Aus dem kubischen Epithel der Bronchioli respiratorii gehen durch Zellteilung flache Alveolarepithelzellen hervor. Sie nehmen engen Kontakt zu Kapillaren auf (**b**; morphologisches Korrelat der Blut-Luft-Schranke). Durch diesen Vorgang bilden sich die *primären Alveolen* (**b**), deren Zahl ab dem 7. Embryonalmonat ausreicht, um die Atmung eines frühgeborenen Kindes zu gewährleisten. In den letzten zwei Monaten vor der Geburt *(terminale Phase)* vergrößern sich die Lungen durch weitere Verzweigungen des Bronchialbaums mit einer zunehmenden Anzahl an Bronchioli respiratorii und Alveolen. Erste sog. *Sacculi alveolares* (s. **D**, S. 35) werden gebildet. Blutkapillaren wölben sich in den Alveolarraum vor (**c**). In den Alveolen differenziert sich das Epithel weiter, man unterscheidet nun Alveolarepithelzellen vom Typ I und Typ II (s. S. 155). Letztere produzieren den Surfactant, einen Phospholipidfilm, der die Oberflächenspannung in den Alveolen herabsetzt und dadurch die Entfaltung der Lunge beim ersten Atemzug ermöglicht. Zum Zeitpunkt der Geburt sind nur ca. 15–20 % (!) der endgültigen Alveolenzahl (ca. 300 Millionen Alveolen in der reifen Lunge) angelegt; die restlichen 80–85 % entstehen in den folgenden 8–10 Lebensjahren durch ständige Neubildung und Differenzierung (sog. *alveoläre Phase*).
Beachte: Intrauterin enthält die Lunge Flüssigkeit (aspirierte Flüssigkeit aus dem Amnion und Sekret der Bronchien). Beim ersten Atemzug wird diese Flüssigkeit durch Luft ersetzt. Die Entfaltung der Lunge beim ersten Atemzug ist also keine Vergrößerung und Aufblähung, sondern ein Ersatz der Flüssigkeit durch Atemluft, wobei der Surfactant die Oberflächenspannung so vermindert, dass die belüfteten Alveolen sich entfalten können und nicht direkt wieder kollabieren. Angeborener Mangel an Surfactant führt zum lebensgefährlichen *Respiratory Distress Syndrome* (= RDS; Atemnotsyndrom). Beim RDS wird Surfactant therapeutisch durch Vernebelung zugeführt. Trotz dieser Maßnahmen ist die Entwicklung und Reifung der Lungen immer noch eine kritische Phase in der Embryonalentwicklung: Störungen der Lungenentwicklung gehören zu den häufigsten Todesursachen in der postnatalen Entwicklung.



D Entwicklung von Trachea und Lungen: Fehlbildungen
a Normalfall; **b**–**f** Fehlbildungen.
Entwicklungsstörungen der Lungenknospe einschließlich ihrer Abtrennung vom Vorderdarm führen zu unterschiedlichen Fehlbildungen, die mit und ohne bleibenden Kontakt zwischen Trachea und Oesophagus einhergehen können. Häufig endet der obere Ösophagusabschnitt einfach blind (**b** u. **c**), so dass der Säugling keine Nahrung aufnehmen kann (Baby trinkt nicht! Sofortige Operation nötig!). Eine bleibende Verbindung zwischen Oesophagus und Trachea wird als ösophagotracheale Fistel bezeichnet. Sie kommt in unterschiedlichen Formen vor (**c**–**f**) und kann zur Aspiration („Einatmen") von Milch führen, so dass Trachea und Lungen ständig entzündet sind (Baby hustet nach Trinken). Die ösophagotracheale Fistel muss daher operativ verschlossen werden.

6.1 Übersicht

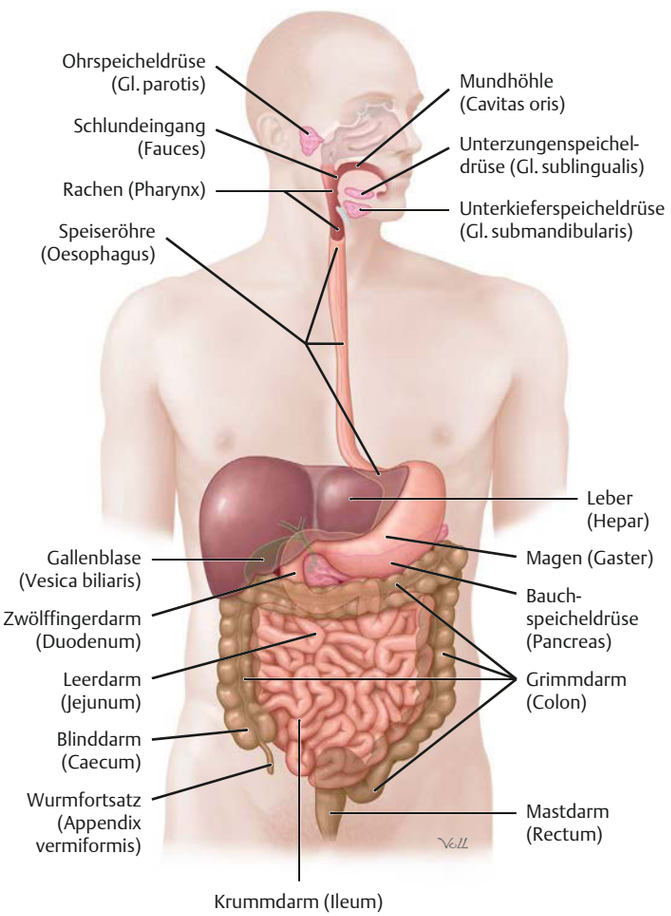
Einführung

Funktion, Lokalisation und Begriffe: Die Verdauungsorgane (Organa digestoria) nehmen feste und flüssige Nahrungsbestandteile auf, verwerten sie und geben nicht verwertbare Reststoffe kontrolliert wieder ab *(= Verdauung)*. Sie erstrecken sich als kontinuierliches Röhrensystem vom Kopf bis in das kleine Becken und durchziehen somit die drei großen Körperhöhlen in Thorax, Abdomen und Becken. Das gesamte System wird auch als *Verdauungsapparat* bezeichnet, die in den Körperhöhlen liegenden Abschnitte als *„Magen-Darm-Trakt"*. In Ergänzung zu den üblichen Lage- und Richtungsbezeichnungen werden im Verdauungsapparat zusätzlich die Begriffe *„oral"* und *„aboral"* verwendet, um die Längsrichtung im Röhrensystem anzugeben: „oral" = „zum Mund hin" (Os = Mund), „aboral" = „vom Mund weg".

Aufbau des Verdauungsapparates und Nahrungsverwertung: Der Verdauungsapparat besteht aus einem kontinuierlichem System hintereinander geschalteter, mehr oder weniger röhrenförmiger Organe, durch die der Nahrungsbrei von oral nach aboral transportiert wird. Am Beginn dieses Röhrensystems (Mundhöhle bis Magen) steht die Zerkleinerung der Nahrung im Vordergrund, der mit Abstand längste Abschnitt (Dünndarm bis Grimmdarm) dient der Resorption der Nahrungsbestandteile und des Wassers aus dem Lumen des Systems in den Kreislauf. Der Endabschnitt (Enddarm und Analkanal) dient der temporären Speicherung und kontrollierten Abgabe (Defäkation) des Stuhls (Kots). In diesem Röhrensystem wird:

- *feste Nahrung* zerkleinert, mit Wasser zu einem Brei (Chymus) vermischt und durch Enzyme im Magen und Dünndarm in seine resorbierbaren Grundbausteine zerkleinert. Über die Epithelien der Darmwand werden diese größtenteils direkt in das Blut des Darmes aufgenommen, über die Pfortader zur Leber transportiert und dort zahlreichen Stoffwechselprozessen zugeführt. Fette werden hingegen über die Lymphe resorbiert, umgehen damit den Pfortaderkreislauf und werden deshalb nicht primär in der Leber verstoffwechselt.
- *Wasser* wird zum größten Teil ebenfalls über die Darmwand resorbiert, wo es dann dem Blut und der Lymphe zugeführt wird. Im Rahmen der Regulation des osmotischen Druckes des Blutes kontrollieren die Nieren die Ausscheidung des Wassers (s. Harnorgane, S. 50).

Faktoren, die den Verdauungsprozess unterstützen: Zur Fortbewegung und Durchmischung des Nahrungsbreis führen Magen und Darmabschnitte ständig langsame schaukelnde Bewegungen durch *(Peristaltik)*, bei der die Fortbewegung nach aboral überwiegt, so dass der Nahrungsbrei in den Enddarm transportiert wird. Die Peristaltik wird durch ein dem Magen-Darm-Trakt eigenes Nervensystem, das *enterische Nervensystem* gesteuert. Über *Drüsen*, die entweder End-zu-Seit an das Röhrensystem angeschlossen sind oder direkt in der Wand des Röhrensystems lokalisiert sind, werden dem Nahrungsbrei Wasser, Salzsäure, Enzyme und Lösungsvermittler zugeführt, die der Verdauung dienen. Im Magen-Darm-Trakt finden sich – regional gehäuft – *Anteile des lymphatischen Systems* (Mandeln = Tonsillen und Lymphfollikel in der Darmwand), so dass der Verdauungsapparat eine bedeutende Rolle im Immunsystem übernimmt.



A Einteilung und Abschnitte der Verdauungsorgane

Von oral nach aboral kann man folgende **Abschnitte** unterscheiden:

Am **Schädel** und im **oberen Halsbereich:**
- Mundhöhle (Cavitas oris) mit Schlundeingang (Fauces) als Übergang zum Pharynx.

Im **mittleren** und **unteren Halsbereich** und im **Thorax:**
- mittlere und untere Pharynxetage (= Partes oralis und laryngea pharyngis),
- Speiseröhre (Oesophagus) mit Partes cervicalis und thoracica.

Im **Abdomen:**
- unterster Speiseröhrenabschnitt (Pars abdominalis),
- Magen (Gaster),
- Dünndarm (Intestinum tenue) mit Zwölffingerdarm (Duodenum), Leerdarm (Jejunum), und Krummdarm (Ileum),
- Dickdarm (Intestinum crassum) mit Blinddarm (Caecum) und Wurmfortsatz (Appendix vermiformis) sowie Grimmdarm (Colon ascendens, transversum, descendens und sigmoideum).

Im **Becken:**
- Dickdarm mit Enddarm (Rectum) und Analkanal (Canalis analis).

Als **Drüsen** sind angeschlossen:
- Kopfspeicheldrüsen (Gll. salivariae: Gll. submandibularis, sublingualis, parotis sowie kleine Speicheldrüsen der Mundhöhle),
- Bauchspeicheldrüse (Pancreas) im Abdomen,
- Leber (Hepar) mit Gallenblase (Vesica biliaris) im Abdomen.

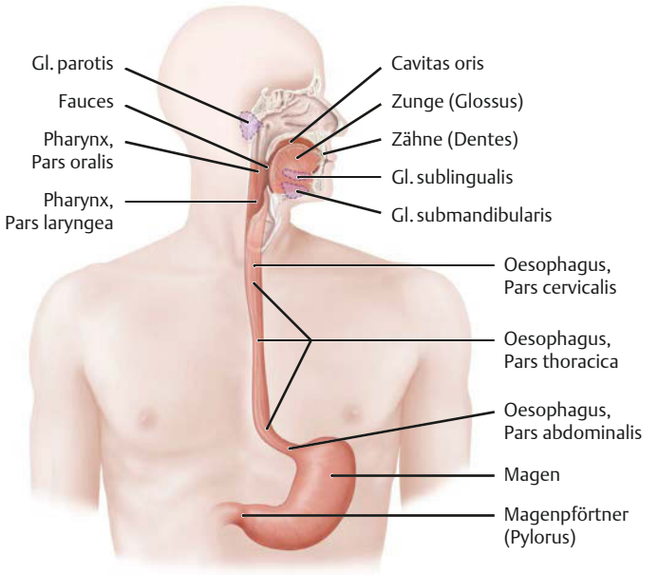
Zahlreiche kleine Drüsen finden sich von der Speiseröhre bis zum Enddarm in der Wand der Verdauungsorgane.

B Mundhöhle (Cavitas oris), Schlundeingang (Fauces), Rachen (Pharynx), Speiseröhre (Oesophagus) und Magen (Gaster)

Die **Mundhöhle** mit Zähnen (Dentes), Zunge (Glossus) und Speicheldrüsen (Gll. salivariae) dient der Zerkleinerung und Befeuchtung der Nahrung. Die drei großen paarigen Speicheldrüsen Gll. sublingualis, submandibularis und parotis, geben ihren Speichel über Ausführungsgänge in die Mundhöhle ab.

Schlundeingang und Rachen: Der Verdauungstrakt führt von der Mundhöhle über den Schlundeingang in den Rachen oder Schlund. Dieser hat drei Etagen und ist z. T. auch Atemweg. Mit seinem untersten Abschnitt – der Pars laryngea pharyngis – führt er in die Speiseröhre. Manche Lehrbücher rechnen den Rachen in *ganzer Länge* dem Hals zu.

Speiseröhre und Magen: Die Speiseröhre setzt den Pharynx im Hals nach aboral fort, durchzieht den gesamten Thorax und endet nach Durchtritt durch das Zwerchfell im Abdomen am Magen. Sie dient dem Transport von Flüssigkeiten und Nahrungsbrei in den Magen. Im Magen wird die aufgenommene Nahrung durch aktive Magenbewegungen weiter zerkleinert und mit Salzsäure zur Denaturierung der Proteine versetzt und enzymatisch verdaut. Der Nahrungsbrei wird nach einer gewissen Zeit über den Magenausgang (Pförtner) diskontinuierlich in kleinen Portionen aus dem Magen in den nachfolgenden Dünndarm abgegeben.



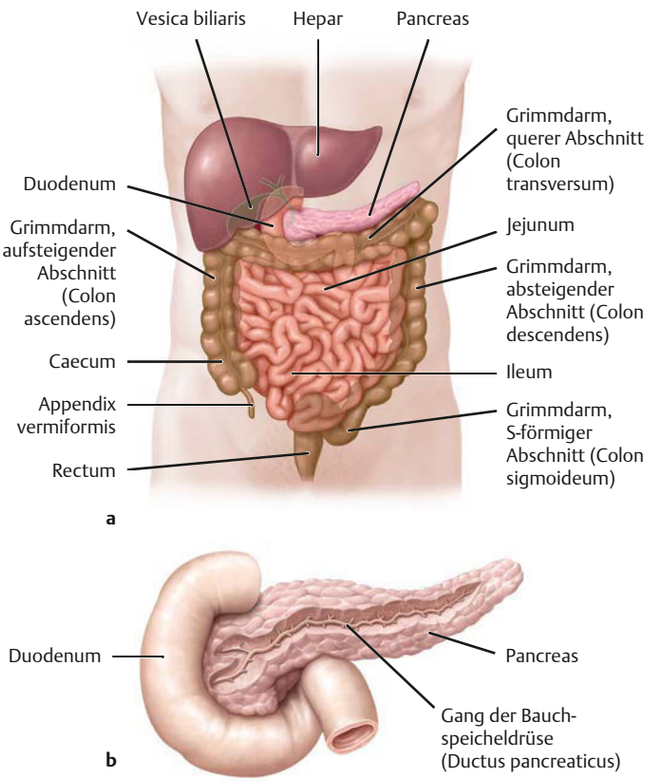
C Dünndarm (Intestinum tenue), Dickdarm (Intestinum crassum) und Drüsen im Abdomen (Leber mit Gallenblase und Bauchspeicheldrüse)

Dünn- und Dickdarm: Der oberste Abschnitt des Dünndarms, der *Zwölffingerdarm (Duodenum)* liegt wie ein großes „C" hinter und unter der Leber. Die anschließenden Dünndarmabschnitte *Leerdarm (Jejunum)* und *Krummdarm (Ileum),* die nicht scharf voneinander getrennt werden können, liegen in zahlreichen Schlingen dicht hinter der vorderen Bauchwand und werden vom Dickdarm wie von einem Rahmen eingefasst. Während im gesamten *Dünndarm* Nährstoffe resorbiert werden, werden im *Dickdarm* Wasser und Elektrolyte resorbiert. Das Rectum dient der Ausscheidung des Stuhls.

Die **Leber (Hepar)** liegt im rechten Oberbauch (**a**), sie verstoffwechselt zahlreiche Substrate, die vom Dünndarm über ein eigenes venöses (!) Blutgefäßsystem, das Portalgefäßsystem, zur Leber geleitet werden (s. S. 13). Die Leber bildet u. a. Gallensäuren, die sie über den Gallengang in das Duodenum ableitet. Gallensäuren emulgieren die Fette im Darm und dienen dadurch der Fettverdauung. Galle wird in der Gallenblase (Vesica biliaris), die an der Unterseite der Leber liegt, zwischengespeichert.

Die **Bauchspeicheldrüse (*das* Pancreas)** (**b**), die quer im Oberbauch dicht am Duodenum liegt, besteht funktionell aus zwei Drüsen:

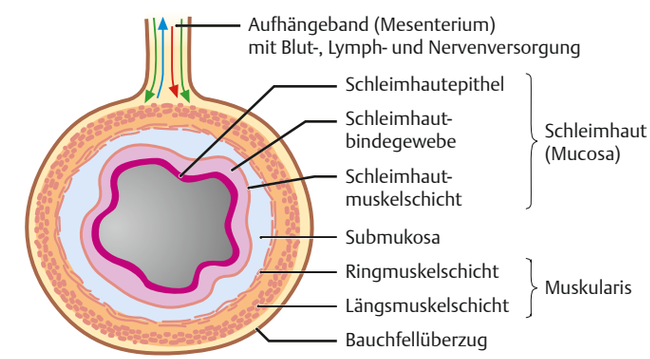
- einer sog. exokrinen Drüse, die ein wässriges, enzymreiches Sekret („Bauchspeichel") über einen Gang in das Duodenum abgibt. Die Enzyme dienen der Verdauung zahlreicher Substrate;
- einer sog. endokrinen Drüse (das „Inselorgan"), das u. a. die Hormone Insulin und Glukagon zur Regulation des Blutzuckerspiegels produziert.



D Schematisierter histologischer Aufbau des Magen-Darm-Trakts im Querschnitt

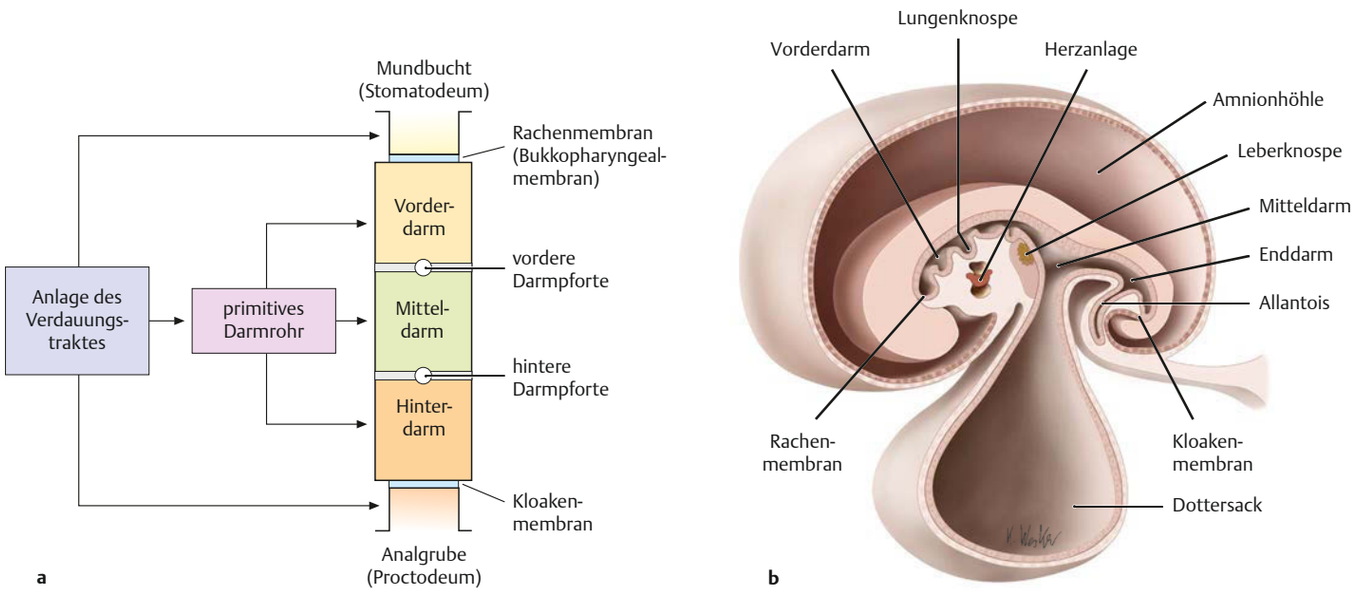
Der gesamte Magen-Darm-Trakt besteht durchgehend aus vier Schichten:

- Mukosa: Epithelschicht, Grenzschicht zum Lumen.
- Submukosa: Bindegewebsschicht unterhalb der Mukosa, enthält Blut- und Lymphgefäße und vegetative Nerven.
- Muskularis: an die Submukosa anschließende Schicht glatter innerer Ring- und äußerer Längsmuskelschicht.
- Adventitia oder Serosa (je nach Lage des Magen-Darm-Abschnitts): äußerste Schicht, die den Abschnitt des Magen-Darm-Traktes in die Umgebung einbaut.



6.2 Entwicklung und Differenzierung des Magen-Darm-Traktes

Einführung
Die Verdauungsorgane sind in Schädel, Hals und großen Körperhöhlen lokalisiert. Ihre komplexe Entwicklung beeinflusst die Architektur der Körperhöhlen in besonderem Maße und wird deshalb hier im Zusammenhang mit Aufbau und Entwicklung der Körperhöhlen dargestellt. Letztendlich entsteht ein kontinuierliches Rohr von der Mundhöhle (als „Eingang") bis zum Anus (als „Ausgang"), an das im Abdomen zwei Drüsen (Leber mit Gallenblase und Bauchspeicheldrüse) „End-zu-Seit" angeschlossen sind, die ihre Sekrete in dieses Rohr abgeben.

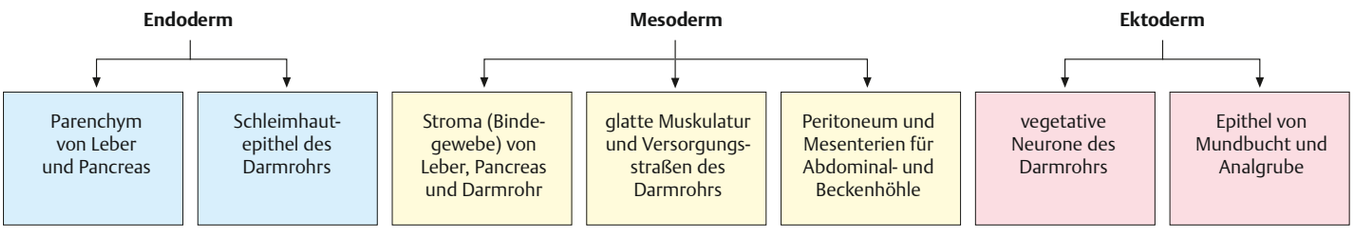


A Entwicklung des Magen-Darm-Traktes: Übersicht (nach Sadler)
a Übersicht; **b** Längsschnitt durch einen Embryo zu Beginn der 5. Entwicklungswoche.

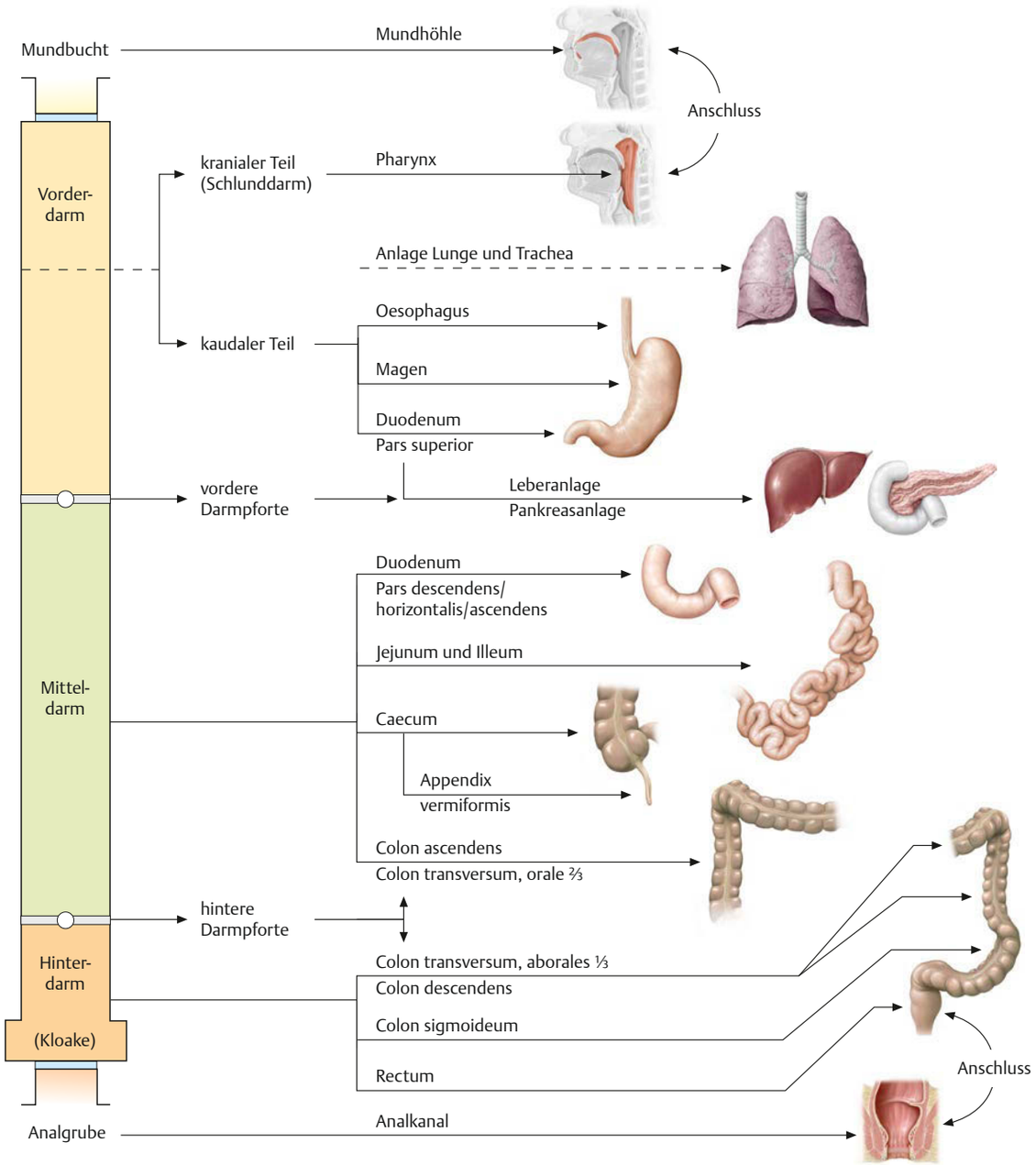
Das embryonale Darmrohr (= primitives Darmrohr) entsteht durch Integration des dorsalen Teils des Dottersacks in den Embryo. Es lässt sich durch die Ausbildung von zwei sog. Darmpforten in drei Abschnitte unterteilen:

- den kranial liegenden *Vorderdarm*,
- den *Mitteldarm* als später längsten Abschnitt und
- den kaudal liegenden *End-* oder *Hinterdarm.*

Das primitive Darmrohr endet kranial und kaudal noch blind: der Vorderdarm ist an seinem kranialen Ende durch die sog. *Rachenmembran (= Bukkopharyngealmembran)* verschlossen, der Hinterdarm an seinem kaudalen Ende durch die sog. *Kloakenmembran.* An die beiden Membranen grenzen „von außen" zwei ektodermale Einstülpungen: kranial die Mundbucht (das *Stomatodeum*), kaudal die Analgrube (das *Proctodeum*). Der zunächst noch sehr kurze Mitteldarm hat anfangs auf ganzer Länge eine direkte Verbindung zum Dottersack. Die beiden „Endabschnitte" dieser Verbindungsstrecke werden an der Grenze Vorderdarm – Mitteldarm als *vordere Darmpforte*, an der Grenze Mitteldarm – Hinterdarm als *hintere Darmpforte* bezeichnet. Im Laufe der weiteren Embryonalentwicklung hebt sich der Embryo durch Größenwachstum von seiner Unterlage ab und krümmt sich nach ventral (sog. Abfaltung des Embryos). Gleichzeitig werden weitere Anteile des Dottersacks als primitiver Darm (und zwar Mitteldarm) in den Embryo integriert. Der Hinterdarm hat einen Anschluss an die Allantois (= Ausstülpung des kaudalen Dottersackabschnitts im frühembryonalen Stadium, s. **b**).



B Entwicklung des Magen-Darm-Traktes aus den Keimblättern
Die Organe des Magen-Darm-Traktes entwickeln sich aus allen drei Keimblättern.



C Differenzierung des Magen-Darm-Traktes

Aus dem primitiven Darmrohr entstehen alle die Abschnitte des Verdauungstraktes, deren Epithel sich vom *Endoderm* ableitet (s. **B**). Die *ektodermal* ausgekleideten Teile Mundbucht und Analgrube werden erst „später" an das primitive Darmrohr „angeschlossen", s. S. 47.

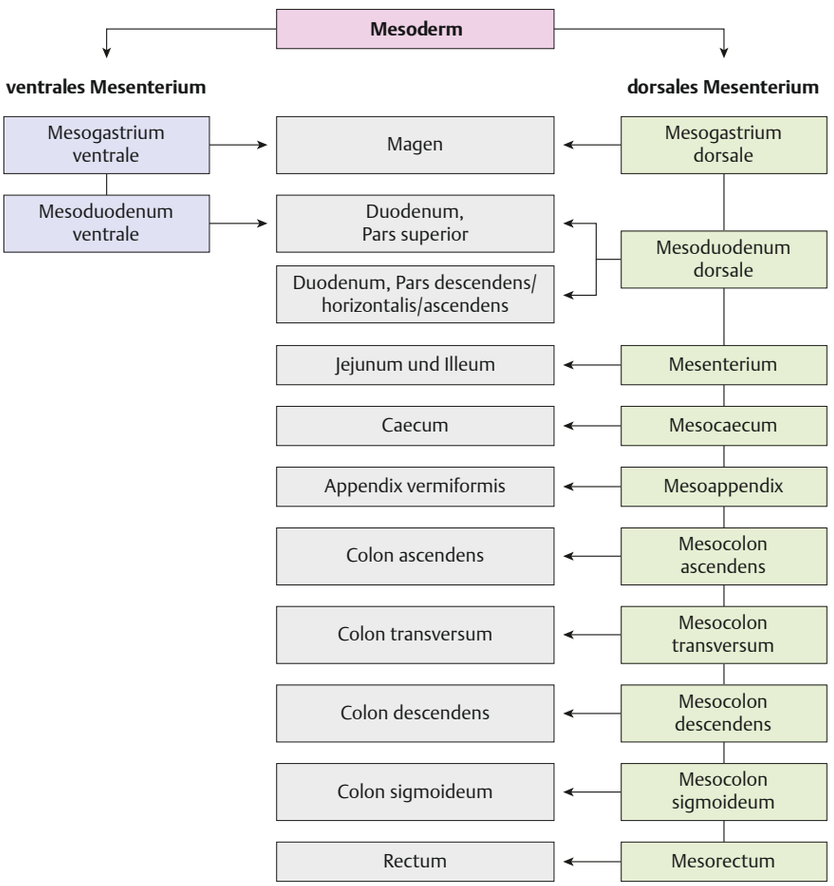
- Der **Vorderdarm** gliedert sich in einen *kranialen Teil,* den Schlunddarm, aus dem der Pharynx entsteht und einen *kaudalen Teil,* aus dem sich Oesophagus, Magen und oberster Abschnitt des Duodenum (die Pars superior duodeni) entwickeln (s. S. 42 ff). Die Grenze zwischen diesen beiden Anteilen des Vorderdarmes markiert die sog. Lungenknospe, aus der sich die Anlage für Lunge und Trachea ableitet (s. S. 35).
- Aus dem **Mitteldarm** entsteht der gesamte restliche Dünndarm sowie das Colon einschließlich der oralen ⅔ des Colon transversum.
- Aus dem **Hinterdarm** schließlich entstehen die restlichen Anteile des Colon sowie das Rectum, das aus dem untersten Abschnitt des Hinterdarms hervorgeht. Dieser Abschnitt ist höhlenartig erweitert und wird als *Kloake* bezeichnet. Aus der Kloake entsteht nicht nur das Rectum, sondern auch ein Teil des Urogenitalsystems.

Die Grenze zwischen Vorder- und Mitteldarm ist die sog. **vordere Darmpforte.** Sie liegt im oberen Duodenalbereich und gilt als Ursprung der Anlagen für Leber, Gallenblase und Pancreas. Die Grenze zwischen Mittel- und Hinterdarm liegt als **hintere Darmpforte** zwischen den oralen ⅔ und dem aboralen ⅓ des Colon transversum, eine Region, die als sog. Cannon-Böhm-Feld eine Bedeutung bei der Zuordnung der vegetativen Innervation hat. Die **Mundbucht** differenziert sich zur Mundhöhle, die **Analgrube** zum Analkanal. Beide Anlagen leiten ihre Epithelauskleidung aus dem Ektoderm ab und lagern sich direkt an die Rachen- bzw. die Kloakenmembran an. An diesen beiden Stellen schließen sich Epithelien des Endoderms und des Ektoderms End-zu-End aneinander an. Durch die Auflösung von Rachen- wie auch Kloakenmembran gewinnt das primitive Darmrohr schließlich Anschluss an die Außenwelt des Embryos.

6.3 Mesenterien und Anlage der Verdauungsorgane im Bereich des kaudalen Vorderdarms; Magendrehung

Einführung
Für die Embryonalentwicklung der Verdauungsorgane sind zwei Vorgänge entscheidend:

- im Bereich des *kaudalen Vorderdarms* (s. S. 44) die Drehung des Magens;
- im Bereich *von Mittel-* und *Hinterdarm* die Drehung der sog. Nabelschleife (= des schleifenförmigen fetalen Darmrohres, s. S. 46).

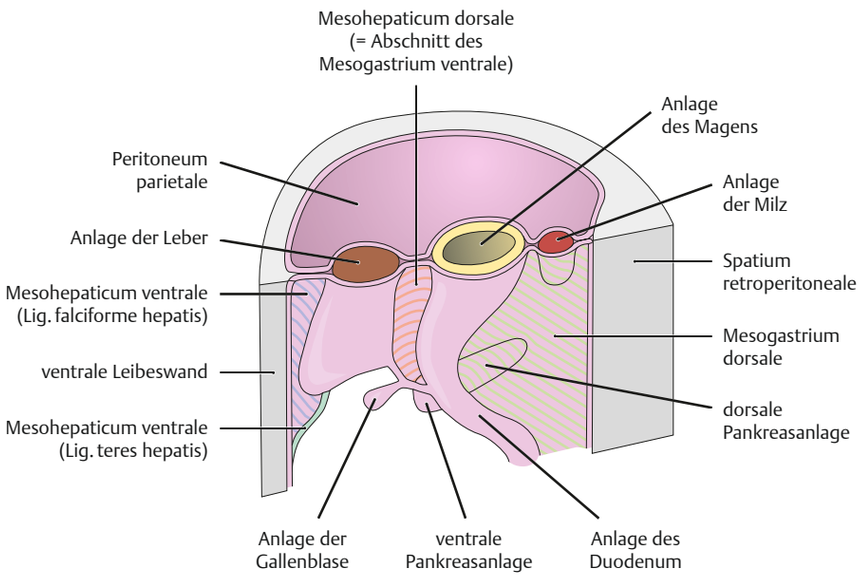


A Mesenterien des gesamten Darmrohrs im embryonalen Organismus (Überblick)
Oesophagus, Magen und Pars superior des Duodenum entwickeln sich aus dem kaudalen Teil des Vorderdarms. Wie alle Organe des Verdauungssystems in Abdomen und Becken haben sie ein dorsales Mesenterium (= Versorgungsstraße, die von der Rückwand der Peritonealhöhle kommend von hinten an das Organ heranzieht). Im Bereich von Magen und Pars superior duodeni gibt es zusätzlich ein ventrales Mesenterium, das von der Vorderwand der Peritonealhöhle kommend von vorne an das Organ heranzieht. Durch dieses ventrale Mesenterium leitet die V. umbilicalis sauerstoffreiches Blut von der Placenta zur Leber und zur V. cava inferior des Embryos. Aufgrund dieses zusätzlichen Mesenteriums ist die Peritonealhöhle auf Höhe von Magen und Duodenum in eine linke und rechte Hälfte geteilt (s. S. 44).

B Mesenterien des kaudalen Vorderdarms im embryonalen Organismus
In die Mesenterien von Duodenum und Magen (s. **A**) hinein entwickeln sich aus dem Epithel des Duodenum folgende Organe:

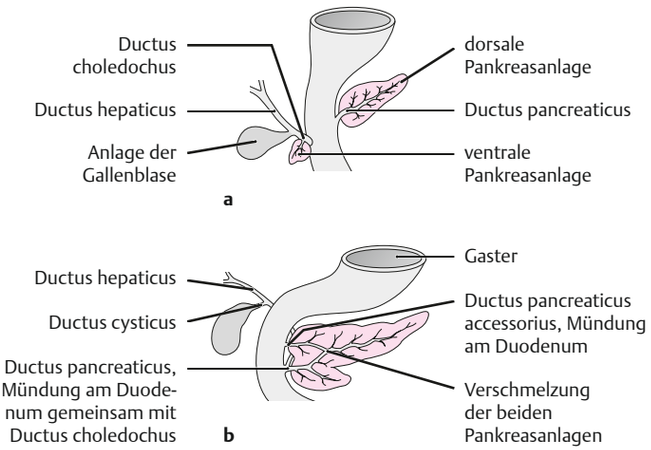
- im Meso*duodenum* ventrale bis nach kranial ins Meso*gastrium* ventrale hinein: Leber und Gallenwege;
- im Mesoduodenum *ventrale* die ventrale, im Mesoduodenum *dorsale* die dorsale Pankreasanlage.

Die Milz, ein lymphatisches Organ (kein Verdauungsorgan!), wandert ca. in der 5. Entwicklungswoche aus dem Mesenchym des Spatium retroperitoneale, das der Peritonealhöhle dorsal anliegt, in das Mesogastrium dorsale ein. Sie liegt damit bezüglich der Mesenterien grundsätzlich ähnlich wie die dorsale Pankreasanlage. Bei der Magendrehung (s. **D**) verlagern sich die Mesenterien und mit ihnen die darin liegenden Organe (s. S. 44). Zur Bezeichnung der Mesenterien im reifen Organismus s. **E**.



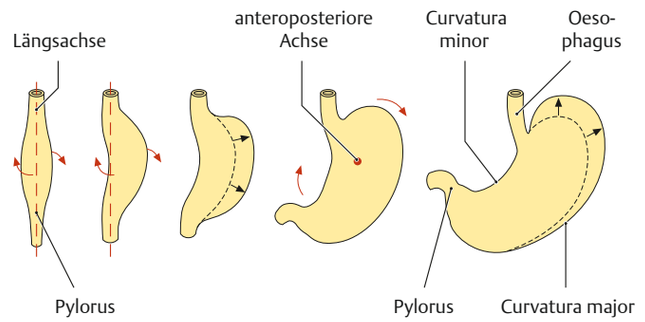
C Vereinigung von dorsaler und ventraler Pankreasanlage
(nach Sadler)

Sicht von links auf das stark schematisierte Magen-Darm-Rohr des Magens und die Anlagen von Leber, Gallenwegen und Pancreas. Aus dem Duodenalepithel sprießen die beiden Pankreasknospen aus (**a**), wobei sie in das ventrale bzw. dorsale Mesoduodenum einwandern (s. **B**). Die *ventrale* Pankreasanlage entwickelt sich in enger Nachbarschaft zur Anlage des Gallengangs. Gemeinsam mit der Anlage des Gallengangs umwandert sie das Duodenum an dessen rechter Seite und bewegt sich so auf die dorsale Pankreasanlage zu, so dass sie schließlich im dorsalen Mesoduodenum zu liegen kommt (**b**) (zum Einfluss der Magendrehung auf die Wanderung der ventralen Pankreasanlage s. S. 44). Beide Pankreasanlagen vereinigen sich unter Anastomosierung ihrer Gänge (Ductus pancreaticus minor und major).



D Die Magendrehung

Ansicht von ventral. Ab der 5. Entwicklungswoche dreht sich der Magen von oben betrachtet im Uhrzeigersinn um 90° um seine Längsachse. Gleichzeitig wächst er asymmetrisch in die Breite: seine ehemals hintere, nun linke Wand, wächst erheblich stärker als die ehemals vordere, nun rechte Wand. Schließlich kippt der ganze Magen um eine anteroposteriore Achse im Uhrzeigersinn und liegt nun schräg im Abdomen: seine ursprünglich hintere Wand weist als große Kurvatur nach links und unten, seine ehemals vordere Wand als kleine Kurvatur nach rechts und oben. Die beiden *Mesenterien* des Magens (Mesogastrium ventrale und dorsale) nehmen an dieser Drehung, dem asymmetrischen Wachstum und der Kippung des Magens teil: Das Mesogastrium ventrale wird nach rechts (und oben) verlagert, das Mesogastrium dorsale unter starkem Wachstum nach links (und unten).



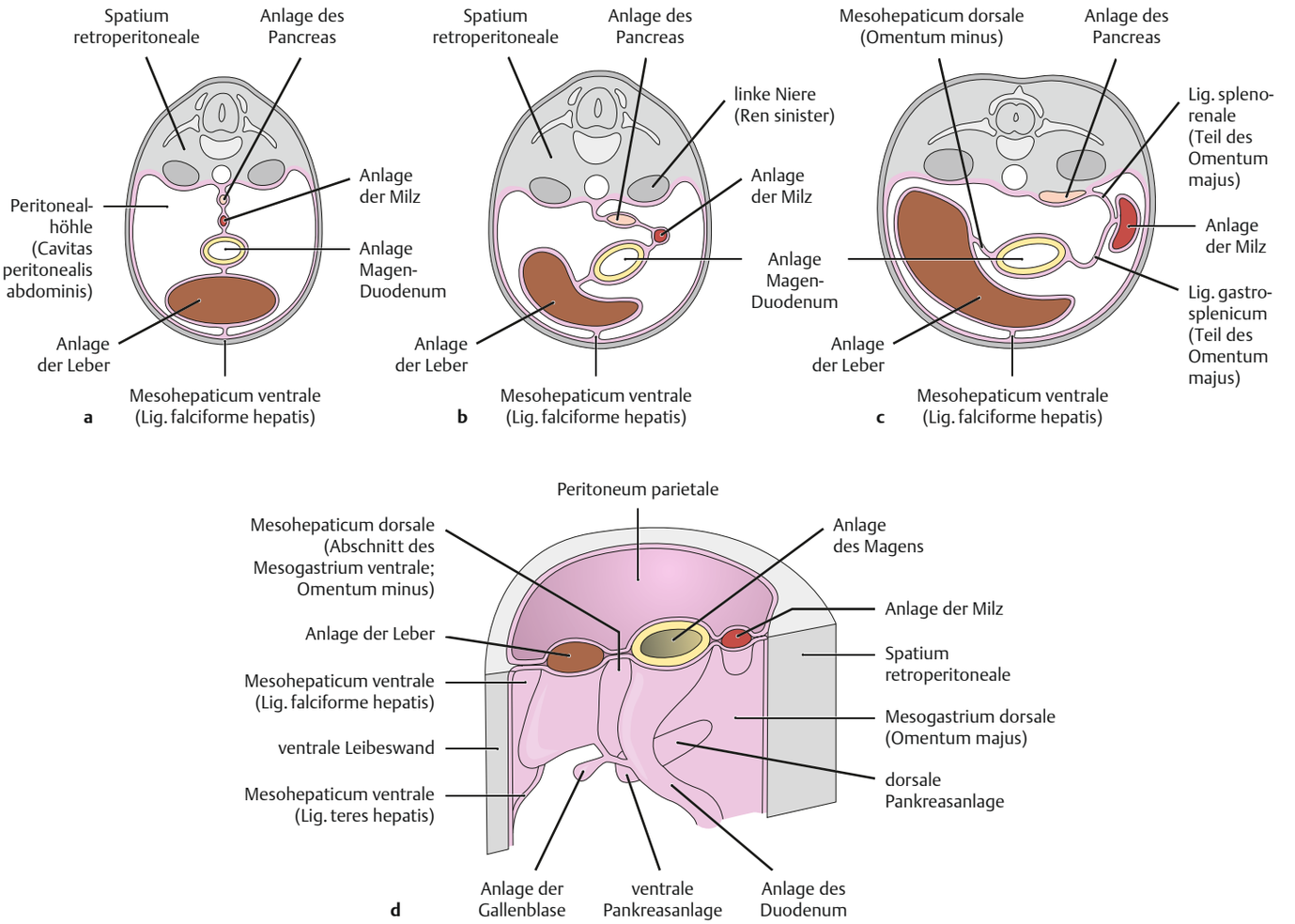
E Bezeichnung der Mesenterien im Bereich des kaudalen Vorderdarms: Vergleich embryonaler und reifer Organismus

Die beiden Mesenterien des Magens, Mesogastrium dorsale und ventrale, werden durch das rasche Wachstum von Leber und Milz im embryonalen Organismus zusätzlich in ein ventrales und ein dorsales Mesohepaticum (Hepar = Leber) sowie ein ventrales und dorsales Mesosplenicum (Splen = Milz) unterteilt. Im reifen Organismus werden diese Mesenterien als Netze (Omenta) oder als Bänder (Ligamenta) bezeichnet.

Bezeichnung im embryonalen Organismus	Bezeichnung im reifen Organismus
Mesogastrium ventrale mit seinen Unterabschnitten	
• Mesohepaticum dorsale („hinten an der Leber“)	• **Omentum minus** (= kleineres Netz); Verbindung zwischen Leber einerseits sowie *kleiner* Magenkurvatur und Pars superior duodeni andererseits; unterteilbar in: – Lig. hepatogastricum (Leber – Magen) mit einer Pars flaccida und Pars tensa – Lig. hepatoduodenale (Leber – Duodenum)
• Mesohepaticum ventrale („vorne an der Leber“)	• Verbindung zwischen Leber und vorderer Rumpfwand; unterteilbar in: – Lig. falciforme hepatis – Lig. teres hepatis (enthält die obliterierte V. umbilicalis)
Mesogastrium dorsale mit Unterabschnitten	• unterteilbar in einen als **Omentum majus** (= größeres Netz) bezeichneten Anteil (= Verbindung zwischen *großer* Magenkurvatur und Magenfundus einerseits sowie Milz, Colon transversum und hinterer Wand der Peritonealhöhle andererseits) sowie mehrere Bänder:
• *in Höhe der Milzanlage* – Mesosplenicum ventrale („vorne an der Milz“) – Mesosplenicum dorsale („hinten an der Milz“)	– Lig. gastrosplenicum (Verbindung Magen – Milz) – Lig. phrenicosplenicum – Lig. splenicorenale (= Verbindung Milz – Hinterwand der Peritonealhöhle)
• *oberhalb der Milzanlage* (im embryonalen Organismus keine detaillierten Bezeichnungen)	– Lig. gastrophrenicum (= Verbindung Magen – Hinterwand der Peritonealhöhle)
• *unterhalb der Milzanlage* (im embryonalen Organismus keine detaillierten Bezeichnungen)	– Omentum majus mit Lig. gastrocolicum (= Verbindung Magen – Colon transversum) – Lig. phrenicocolicum (= Verbindung Hinterwand der Peritonealhöhle mit linker Kolonflexur)

Beachte: Häufig werden auch alle aus dem Mesogastrium dorsale hervorgehenden Strukturen am reifen Organismus summarisch als Omentum majus bezeichnet.

6.4 Magendrehung und Topografie der Organe im kaudalen Vorderdarmbereich; Entstehung der Bursa omentalis



A Auswirkungen der Drehung von Magen und dessen Mesenterien auf die Topografie der Organe im kaudalen Vorderdarmbereich

a–c Horizontalschnitte durch das embryonale Abdomen in aufeinander folgenden Entwicklungsschritten; Sicht von oben; **d** räumliche Darstellung von **a**, Sicht von links und oben.

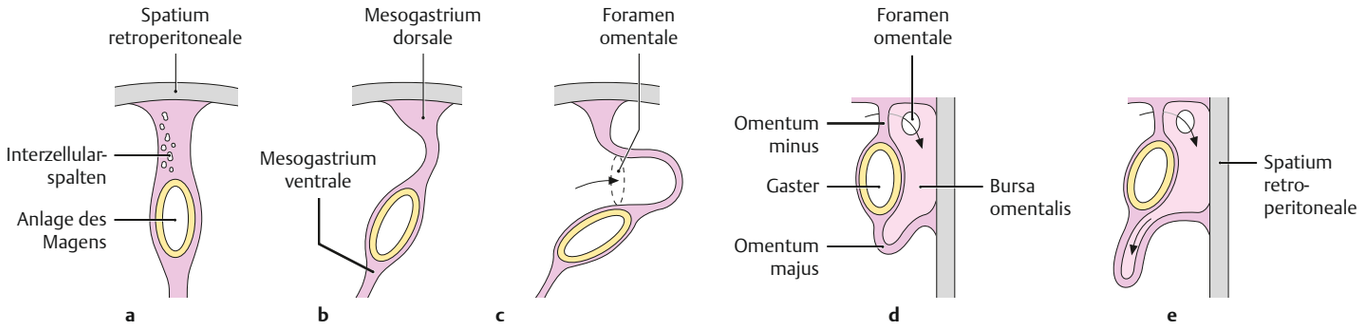
Duodenum: Das Duodenum ist in die Magendrehung mit einbezogen, durch die es nach rechts und (durch die Magenkippung) etwas nach oben verlagert wird. Bis zum Abschluss der Magendrehung hat es sich zu einem nach hinten offenen, C-förmigen Bogen entwickelt. Mit dem Duodenum dreht sich sein ventrales Mesoduodenum nach rechts, ein Vorgang, der sich auch auf die Position der ventralen Pankreasanlage im Mesoduodenum auswirkt: Sie wandert – unabhängig von der auf S. 43 dargestellten Wanderungsbewegung – zusätzlich durch diese „Meso"drehung ein Stück auf die dorsale Pankreasanlage zu.

Pancreas: Die vereinigten Pankreasanlagen drehen sich gleichzeitig mit dem Duodenum im Uhrzeigersinn, kommen quer im Abdomen zu liegen und verlagern sich an die hintere Wand der Peritonealhöhle. Dort verschmelzen Peritoneum *viscerale* des Pancreas – ebenso wie das Peritoneum viscerale des Duodenum – mit dem Peritoneum *parietale* der Peritonealhöhlenrückwand. Pancreas und Duodenum werden also sekundär *retroperitonealisiert*. Beide Organe grenzen *nur noch an ihrer Vorderseite* an das *parietale* Peritoneum der Bauchhöhle.

Leber: Da die Leberanlage im Mesogastrium ventrale liegt, wird sie zusammen mit diesem Mesogastrium im Abdomen nach rechts und oben verlagert. Dadurch kommt ihr Peritonealüberzug partiell mit dem Peritonealüberzug des Zwerchfells in Kontakt. An dieser Kontaktstelle wächst die Leber unter Auflösung beider Peritonealblätter am Zwerchfell fest. Diese bauchfellfreie Verwachsungsstelle wird an der Leber als „Area nuda", am Zwerchfell als „Lebernische" bezeichnet. Die Leber bleibt intraperitoneal, rückt jedoch durch ihr starkes Wachstum auch ganz nach dorsal und kommt so in die Nähe der rechten Niere, die deshalb auch tiefer steht als die linke.

Gallenwege: Ein Teil der Gallenwege bleibt dicht an der Leberanlage, ein anderer zieht als Gallengang im Lig. hepatoduodenale – dem äußersten Rand des Omentum minus – zum Duodenum, in das er mündet. Die extrahepatischen Gallenwege liegen also größtenteils intraperitoneal und gelangen erst ganz nahe am Duodenum nach Durchzug durch das Pancreas, wo sie sich mit dem Pankreasgang vereinigen können, in eine sekundär retroperitoneale Lage.

Milz: Die Milz, deren Anlage im Mesogastrium dorsale liegt, wird mit der Magendrehung nach links verlagert. Sie bleibt innerhalb dieses Mesogastriums intraperitoneal.



B Entstehung der Bursa omentalis (nach Sadler)
Magen und Mesogastrien; **a**–**c** Horizontalschnitte durch das Abdomen, Ansicht von oben; **d** u. **e** Sagittalschnitte, Ansicht von links. Der untere Pfeil in **e** zeigt, wie sich das Omentum majus ausstülpt, die oberen Pfeile in **c**–**e** zeigen auf das Foramen omentale, die einzige physiologische Öffnung der Bursa omentalis.
Durch die Drehung des Magens und der Mesogastrien wird die ehemals rechte Magenwand nach hinten verlagert, die ehemals linke nach vorn. Dorsales und ventrales Mesogastrium liegen nun wie eine frontal eingestellte Platte – den Magen in ihrer Mitte haltend – im Abdomen. Durch die Drehung dieser Platte verbleibt ein eingeschlossener Abschnitt der Peritonealhöhle, die Bursa omentalis (=„Netztasche“) dorsal liegen. Sie wird begrenzt:

- nach hinten durch die Rückwand der Peritonealhöhle (vor dem nun schon retroperitonealisierten Pancreas, s. **Ac**),
- nach vorne durch die Rückwand des Magens und die beiden Mesogastrien,
- nach rechts durch die Leber,
- nach links durch die Milz,
- nach oben durch das Zwerchfell (Diaphragma, hier nicht zu sehen),
- nach unten durch eine Aussackung des Mesogastrium dorsale.

C Embryonalentwicklung im kaudalen Vorderdarmbereich: Zusammenfassung und Peritonealisierung
Für die Entstehung der reifen Strukturen sind bei der Embryonalentwicklung folgende Prozesse ausschlaggebend. Sie laufen zeitlich überlappend ab und sind nur aus Gründen der Übersicht rein chronologisch dargestellt.

Organanlagen; Magendrehung; Drehung der Mesenterien

An Magen und oberem Duodenum existieren zwei Mesenterien – ein dorsales und ein ventrales. Die Peritonealhöhle ist darum auf Höhe dieser Organe in eine linke und rechte Hälfte geteilt.

↓

In beiden Mesenterien entwickeln sich Organanlagen:
- ventral Leber, Gallenwege und ventrales Pancreas;
- dorsal Milz und dorsales Pancreas.

↓

Der Magen *dreht* sich, von oben gesehen, um 90° im Uhrzeigersinn. Das Duodenum folgt der Drehung unter C-Schleifen-Bildung.

↓

Beide Mesenterien folgen der Drehung. Das ventrale Mesenterium zieht nach rechts, das dorsale unter starkem Wachstum nach links.

Magenkippung; Verlagerung von Pancreas, Leber, Milz

Ventrale und dorsale Pankreasanlage wandern aufeinander zu, z. T. durch die Rechtsverlagerung des Duodenums, durch welche die *ventrale* Pankreasanlage etwas nach dorsal wandert), z. T. aber unabhängig davon. Die aufeinander zugewanderten Pankreasanlagen vereinigen sich.

↓

Die Magenanlage kippt von vorne gesehen im Uhrzeigersinn und wächst asymmetrisch: es bilden sich die große (links) und die kleine (rechts) Kurvatur mit dorsalem und ventralem Mesogastrium.

↓

Die Leberanlage wird durch die Drehung und Kippung der Magenanlage nach rechts oben verlagert und verwächst teilweise mit mit dem Zwerchfell. Die Milzanlage wird nach links verlagert und verwächst nicht.

↓

Die Duodenumanlage und die ihm assoziierte vereinte Pankreasanlage rücken mit ihrem dorsalen Mesenterium ebenfalls nach dorsal und werden sekundär retroperitonealisiert.

Differenzierung der Mesenterien; Peritoneallage der Organe

Das Mesogastrium dorsale (an der großen Kurvatur) wird zum Omentum majus. Das starke Leberwachstum unterteilt das Mesogastrium ventrale in ein Mesohepaticum ventrale und dorsale.

↓

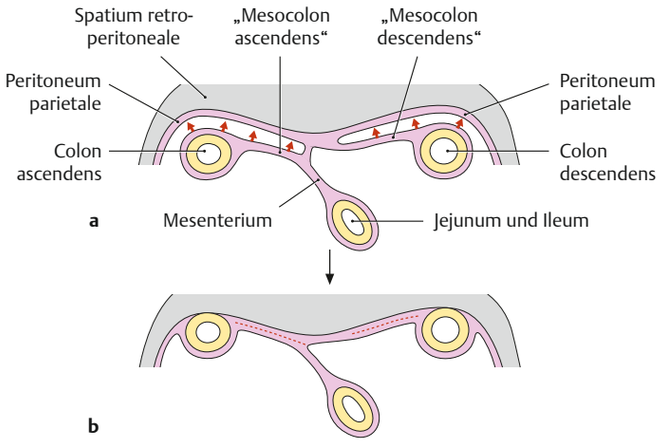
Das Mesohepaticum dorsale wird zum Omentum minus (Verbindung Leber – Magen/Duodenum). Das Mesohepaticum ventrale wird zu den Ligg. falciforme und teres hepatis (Verbindung Leber – vordere Bauchwand).

↓

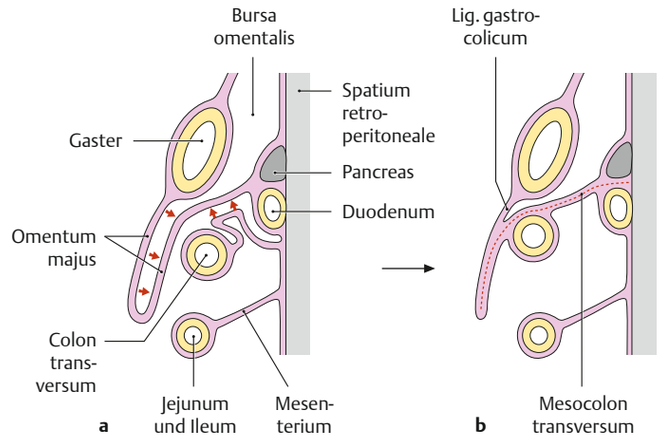
Die Milzanlage unterteilt den oberen Abschnitt des Mesogastrium dorsale in ein Mesosplenicum ventrale (wird zum Lig. gastrosplenicum) und ein Mesosplenicum dorsale (wird zum Lig. phrenicosplenicum).

↓

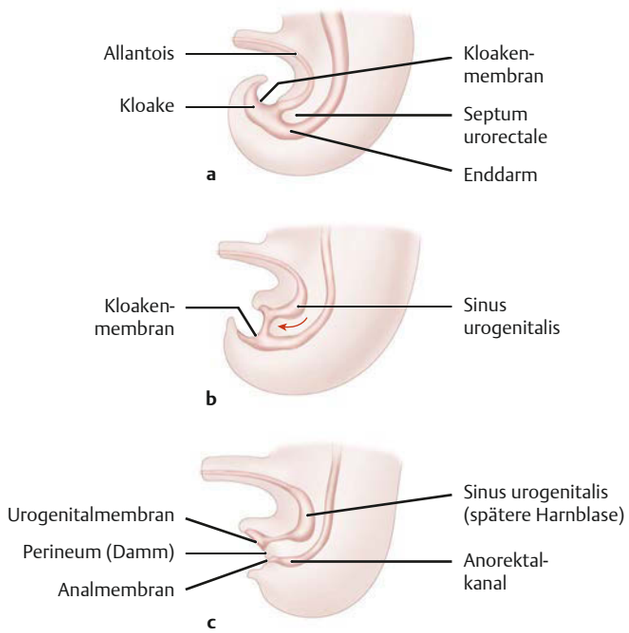
Hinter Magen und Omenta liegt nun ein abgetrennter Abschnitt der Peritonealhöhle, die Bursa omentalis. Leber, Gallenblase und Milz bleiben wie der Magen intraperitoneal. Pancreas und Duodenum liegen sekundär retroperitoneal.

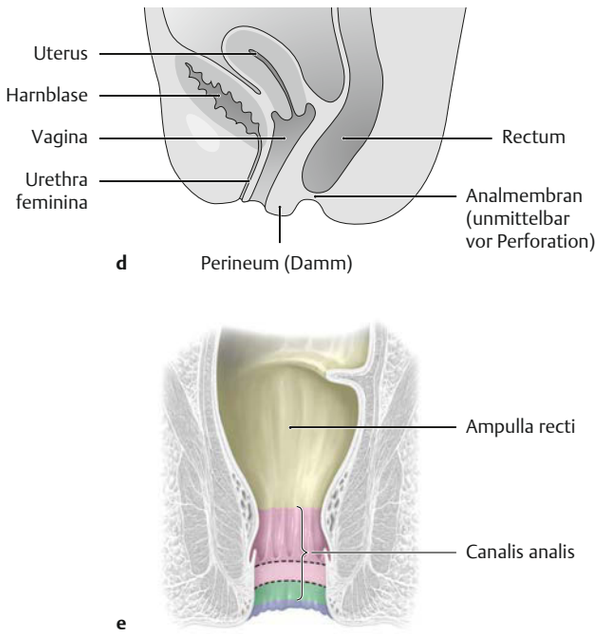


C Retroperitonealisierung von Colon ascendens und descendens (nach Moore/Persaud)
Horizontalschnitt durch das Abdomen, Ansicht von oben.
Nach der Drehung der Nabelschleife liegen Colon ascendens und descendens rechts bzw. links im Abdomen (**a**). Da sich hinter ihnen keine Dünndarmschlingen befinden, können sie zusammen mit ihren Mesenterien mit der hinteren Peritonealwand verwachsen (**b**). Colon ascendens und descendens liegen damit sekundär retroperitoneal. Das Colon transversum, das die Dünndarmschlingen vorne überkreuzt, bleibt dagegen intraperitoneal und behält sein Mesenterium, das Mesocolon transversum. Auch Jejunum und Ileum bleiben intraperitoneal und behalten ihre mesenteriale Verbindung zur Rückwand der Peritonealhöhle.



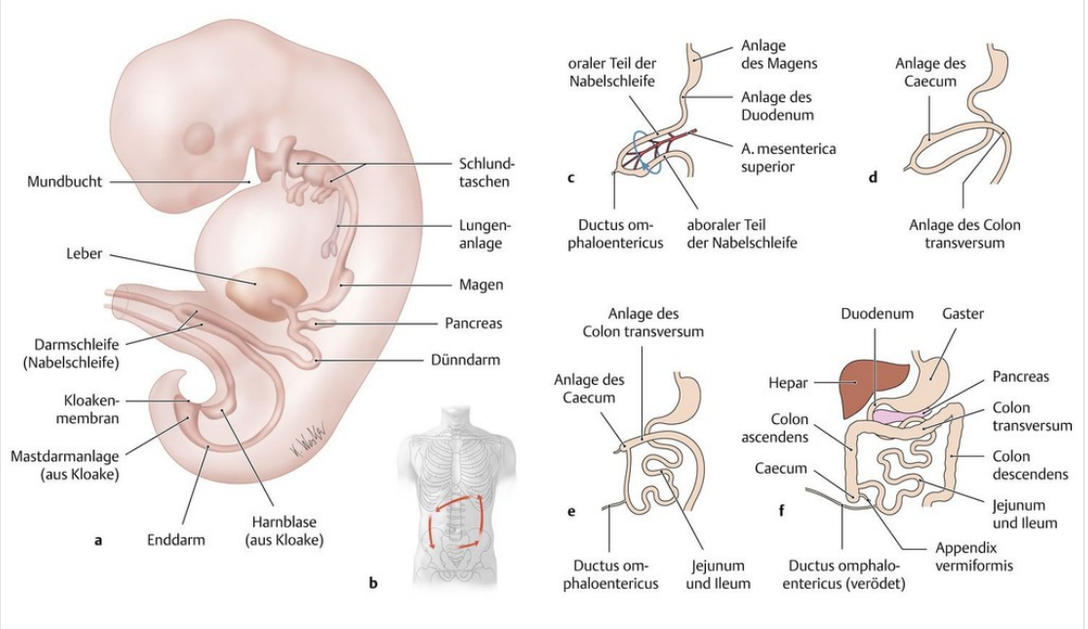
D Verklebung des Omentum majus (nach Moore/Persaud)
Sagittalschnitt durch das Abdomen, Ansicht von links. Das Mesogastrium dorsale (das beim reifen Organismus als Omentum majus bezeichnet wird, vgl. S. 43) hängt von der großen Magenkurvatur nach links und unten in das Abdomen. Es wächst sackförmig nach unten aus, seine Blätter verwachsen teilweise miteinander, teilweise zusätzlich mit dem Colon transversum und dem Mesocolon transversum (**a**). So entsteht zwischen der Magenunterseite und der Querkolonoberseite eine kleine sackförmige Ausbuchtung (**b**), welche die untere Grenze der Bursa omentalis bildet (vgl. S. 45). Der verklebte Teil des Omentum majus, der den Magen mit dem Colon transversum verbindet, wird als Lig. gastrocolicum bezeichnet.





E Entwicklung der Kloake (nach Sadler und Moore/Persaud)
a–**d** Sicht auf die embryonalen Beckeneingeweide von links; **e** Sicht auf den reifen Anorektalkanal von vorne.
Das untere Ende des Hinterdarms mündet beim Embryo zusammen mit dem Harntrakt in einer Erweiterung des Hinterdarms, der Kloake. Auf den Verschluss der Kloake, die Kloakenmembran, wächst eine quer verlaufende Leiste zu, das Septum urorectale (**a** u. **b**). Es unterteilt die Kloake in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt (**c**): den Sinus urogenitalis, aus dem sich Teile des Urogenitalsystems entwickeln, und den Anorektalkanal (ca. in der 7. Embryonalwoche). Beide sind nach wie vor durch die Kloakenmembran verschlossen, die sich nun in eine vordere Urogenital- und eine hintere Analmembran unterteilt. Dort, wo Septum urorectale und ehemalige Kloakenmembran aufeinander treffen, entsteht der Damm (Perineum). Am Rand der Analmembran entstehen aus mesenchymalen Aufwerfungen die sog. Analfalten, so dass die Membran selbst in der 9. Woche in einer Einsenkung, dem Proctodeum liegt (**d**). Gegen Ende der 9. Woche reißt die Analmembran ein, das Rectum hat jetzt Anschluss nach außen (**e**). Das Rectum besteht also aus zwei Abschnitten: aus dem Hinterdarm, aus dem der obere Abschnitt des Rectum wird und aus der Kloake, aus der sich der untere Abschnitt entwickelt.

6.5 Drehung der Nabelschleife und Entwicklung der Organe im Bereich von Mittel- und Hinterdarm



A Drehung und Differenzierung der Nabelschleife (nach Sadler)

a Übersicht über die Nabelschleife: Sicht auf einen Embryo von links, 5. Entwicklungswoche; **b** Drehrichtung der Nabelschleife: Sicht auf das Abdomen von vorne; **c**–**e** Drehung der Nabelschleife: Sicht auf die Nabelschleife von links (in **c** ist der Magen *noch nicht gedreht*); **f** Magen-Darm-Trakt nach Abschluss von Magendrehung und Drehung der Nabelschleife, Ansicht von vorne.

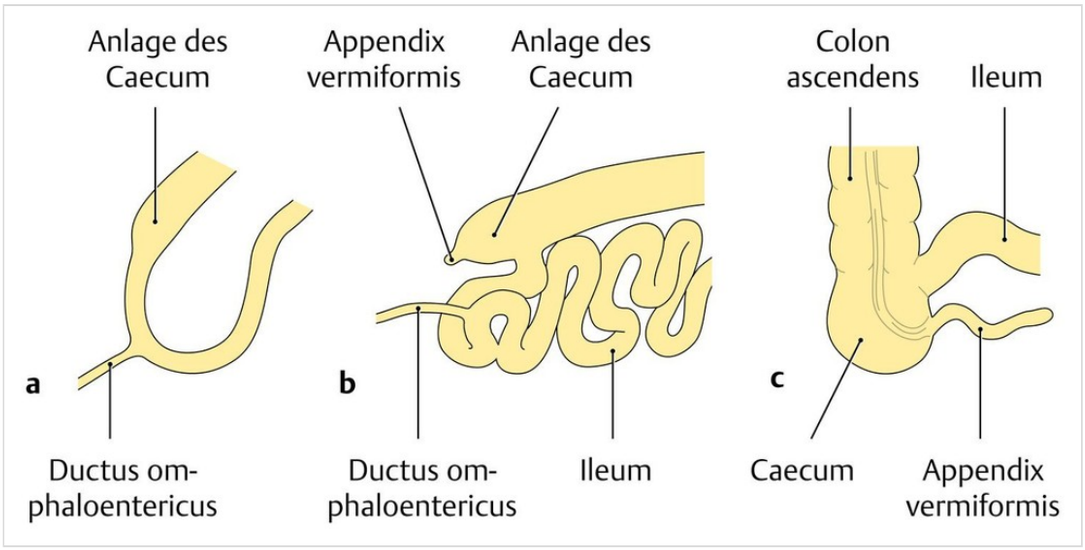
Im Bereich von Mittelund Hinterdarm (= Höhe von Dünnund Dickdarm sowie Rectum) findet hauptsächlich zwischen der 6. und 11. Embryonalwoche ein 2. Drehvorgang statt, die sog. „Drehung der Nabelschleife" (= des schleifenförmigen fetalen Darmrohrs). Dabei dreht sich das gesamte Darmrohr um eine virtuelle Achse, die von einer großen Darmarterie – der A. mesenterica superior – und dem Dottergang (Ductus omphaloentericus) gebildet wird (**c**). Von vorne betrachtet erfolgt diese Drehung *gegen* den Uhrzeigersinn (**d** u. **e**). Insgesamt dreht sich die Schleife um 270°, wobei das Röhrensystem der Schleife gleichzeitig stark in die Länge wächst. Aus dem ehemals oralen (oberen) Teil der Nabelschleife entwickeln sich Jejunum und Ileum, die sich in zahlreiche Schlingen legen (**e** u. **f**). Der aborale (untere) Teil wird zu einem kleinen Endabschnitt des Ileum, v. a. aber zu Dickdarm und Mastdarm, die sich rahmenförmig um die Dünndarmschlingen legen (**f**). Auch Caecum und Appendix vermiformis entwickeln sich während der Drehung (s. **B**), die sich aus Gründen der Übersicht in drei Abschnitte unterteilen lässt:

• Anheben des aboralen Teils der Nabelschleife (Drehung um 90°) (**c**),

• Verlagerung des angehobenen Abschnitts in den rechten Oberbauch → oraler und aboraler Teil überkreuzen sich nun (**d**);

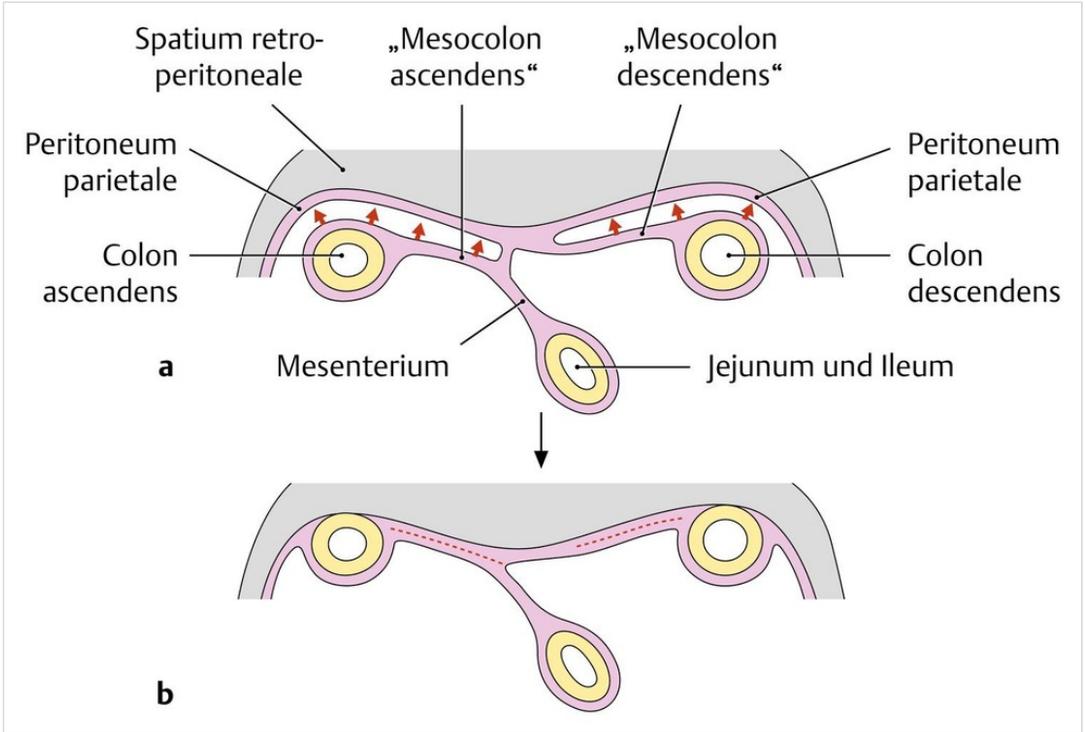
• Senkung des aboralen Teils in den rechten Unterbauch (**e**)

Beachte: Der erste Abschnitt der Nabelschleifendrehung (= die ersten 90°) findet ab der 6. Entwicklungswoche außerhalb der Abdominalhöhle (!) im Dottersack statt (**c**). Diese, nach außen verlagerte Drehung wird als physiologischer Nabelbruch bezeichnet, danach werden die Darmschlingen ca. in der 10. Entwicklungswoche in das Abdomen zurück verlagert.



B Entwicklung von Caecum und Appendix vermiformis (nach Sadler)

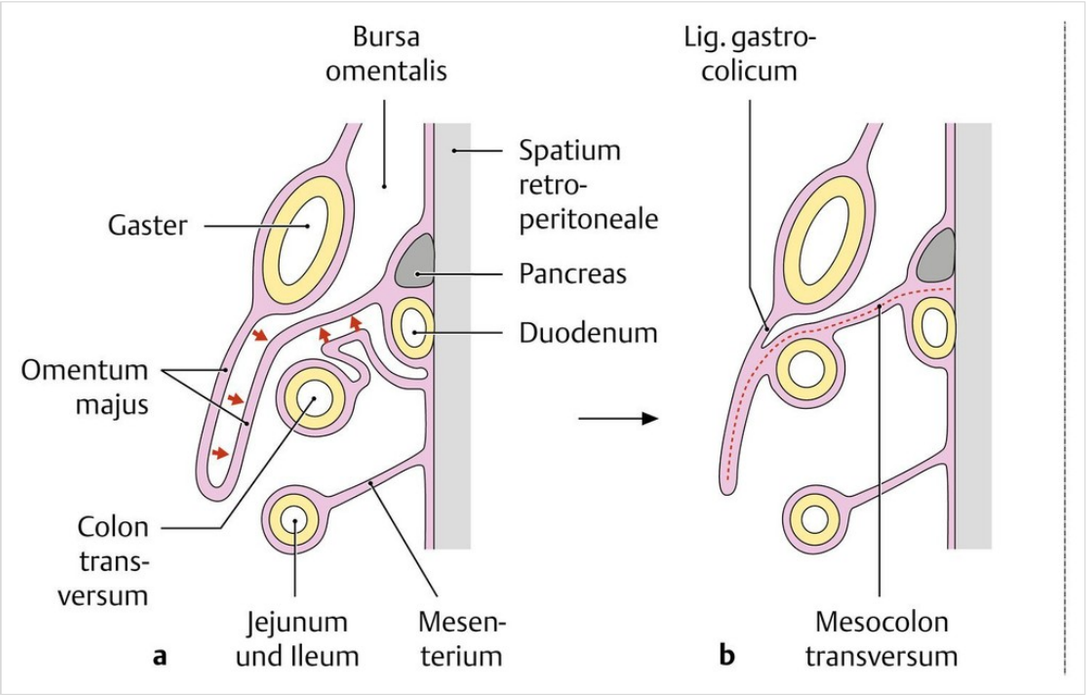
Im aboralen Teil der Nabelschleife stülpt sich ca. in der 6. Entwicklungswoche eine Ausbuchtung der prospektiven Dickdarmwand unter starkem Längenwachstum seitlich aus (**a**). Sie wächst nach lateral und v. a. nach kaudal und bildet in der 7.–8. Embryonalwoche einen zipfeligen Fortsatz, die Appendix vermiformis (**b**). Durch die seitliche Ausstülpung entwickelt sich dieser Darmabschnitt zu einem blind endenden Teil des Dickdarms (= Blinddarm, Caecum, **c**). Das Ileum mündet nunmehr Endzu-Seit von links direkt in den Übergang von Caecum zu Colon ascendens. Auch die Entwicklung des Caecums findet außerhalb der Abdominalhöhle statt. Das Caecum ist der letzte Abschnitt des Darmrohrs, der in die Bauchhöhle zurückverlagert wird.



C Retroperitonealisierung von Colon ascendens und descendens (nach Moore/Persaud)

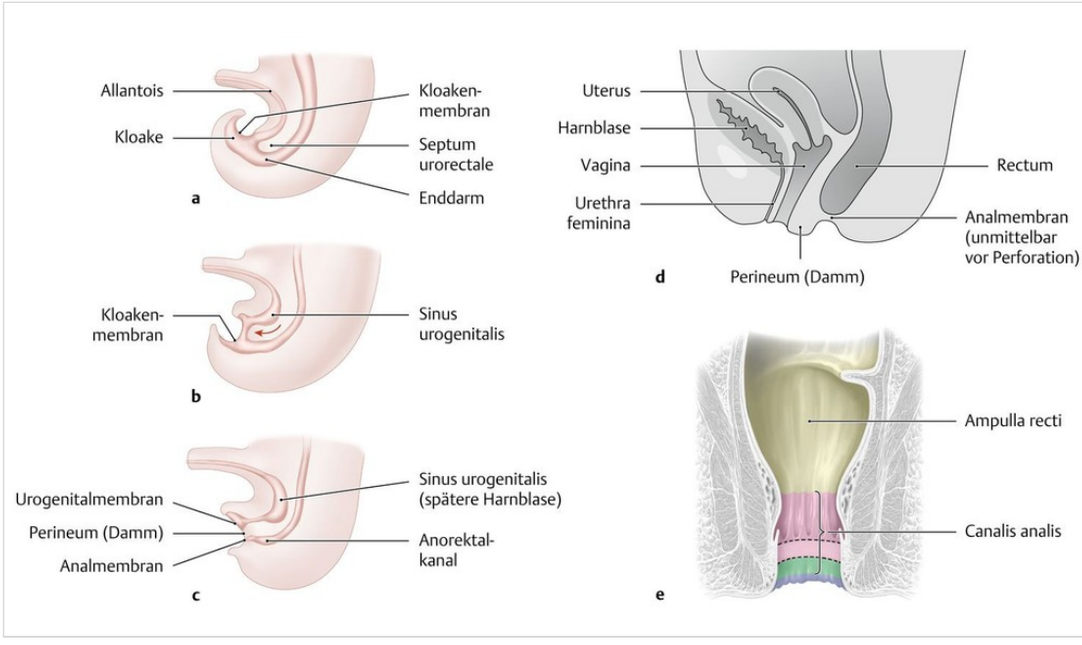
Horizontalschnitt durch das Abdomen, Ansicht von oben.

Nach der Drehung der Nabelschleife liegen Colon ascendens und descendens rechts bzw. links im Abdomen (**a**). Da sich hinter ihnen keine Dünndarmschlingen befinden, können sie zusammen mit ihren Mesenterien mit der hinteren Peritonealwand verwachsen (**b**). Colon ascendens und descendens liegen damit sekundär retroperitoneal. Das Colon transversum, das die Dünndarmschlingen vorne überkreuzt, bleibt dagegen intraperitoneal und behält sein Mesenterium, das Mesocolon transversum. Auch Jejunum und Ileum bleiben intraperitoneal und behalten ihre mesenteriale Verbindung zur Rückwand der Peritonealhöhle.



D Verklebung des Omentum majus (nach Moore/Persaud)

Sagittalschnitt durch das Abdomen, Ansicht von links. Das Mesogastrium dorsale (das beim reifen Organismus als Omentum majus bezeichnet wird, vgl. Vereinigung von dorsaler und ventraler Pankreasanlage (nach Sadler)) hängt von der großen Magenkurvatur nach links und unten in das Abdomen. Es wächst sackförmig nach unten aus, seine Blätter verwachsen teilweise miteinander, teilweise zusätzlich mit dem Colon transversum und dem Mesocolon transversum (**a**). So entsteht zwischen der Magenunterseite und der Querkolonoberseite eine kleine sackförmige Ausbuchtung (**b**), welche die untere Grenze der Bursa omentalis bildet (vgl. Entstehung der Bursa omentalis (nach Sadler)). Der verklebte Teil des Omentum majus, der den Magen mit dem Colon transversum verbindet, wird als Lig. gastrocolicum bezeichnet.



E Entwicklung der Kloake (nach Sadler und Moore/Persaud)

a–**d** Sicht auf die embryonalen Beckeneingeweide von links; **e** Sicht auf den reifen Anorektalkanal von vorne.

Das untere Ende des Hinterdarms mündet beim Embryo zusammen mit dem Harntrakt in einer Erweiterung des Hinterdarms, der Kloake. Auf den Verschluss der Kloake, die Kloakenmembran, wächst eine quer verlaufende Leiste zu, das Septum urorectale (**a** u. **b**). Es unterteilt die Kloake in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt (**c**): den Sinus urogenitalis, aus dem sich Teile des Urogenitalsystems entwickeln, und den Anorektalkanal (ca. in der 7. Embryonalwoche). Beide sind nach wie vor durch die Kloakenmembran verschlossen, die sich nun in eine vordere Urogenitalund eine hintere Analmembran unterteilt. Dort, wo Septum urorectale und ehemalige Kloakenmembran aufeinander treffen, entsteht der Damm (Perineum). Am Rand der Analmembran entstehen aus mesenchymalen Aufwerfungen die sog. Analfalten, so dass die Membran selbst in der 9. Woche in einer Einsenkung, dem Proctodeum liegt (**d**). Gegen Ende der 9. Woche reißt die Analmembran ein, das Rectum hat jetzt Anschluss nach außen (**e**). Das Rectum besteht also aus zwei Abschnitten: aus dem Hinterdarm, aus dem der obere Abschnitt des Rectum wird und aus der Kloake, aus der sich der untere Abschnitt entwickelt.

6.6 Zusammenfassung der Entwicklung im Bereich von Mittel- und Hinterdarm; Entwicklungsstörungen

A Embryonalentwicklung im Bereich von Mittel- und Hinterdarm: Zusammenfassung und Peritonealisierung

Grundsätzlich kann man die Differenzierung von Mittel- und Hinterdarm in zwei Aspekte unterteilen: „Drehung der Schleife“ und „Peritonealbezüge und Kloakenbildung“.

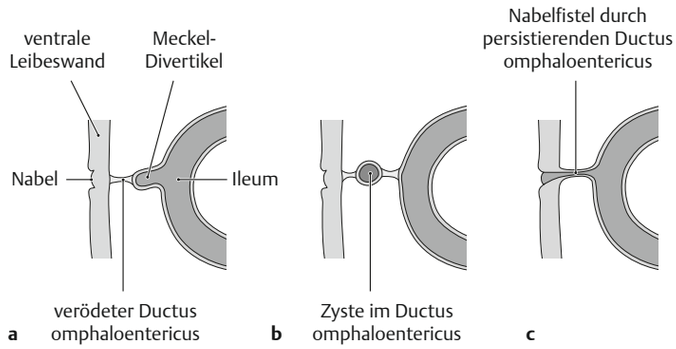
Drehung der Nabelschleife	Peritonealbezüge und Kloakenbildung
Das gesamte Rohr aus Mittel- und Hinterdarm (die sog. „Nabelschleife“) dreht sich um eine virtuelle Achse aus A. mesenterica superior und Dottergang (Ductus omphaloentericus). Dabei wächst und differenziert sich das Darmrohr weiter.	Nach Drehung der Schleife liegt das Caecum im rechten Unterbauch. Colon ascendens und descendens rücken nach dorsal und werden sekundär retroperitonealisiert. Colon transversum und sigmoideum verbleiben intraperitoneal mit einem Mesocolon.
Die Drehung der Nabelschleife umfasst 270° von vorne gesehen gegen den Uhrzeigersinn. Die ersten 90° der Drehung finden außerhalb der Körperhöhle statt („physiologischer Nabelbruch“). Die Darmschlingen werden bis zur 11. Entwicklungswoche wieder in das Abdomen zurückverlagert.	Colon transversum und Mesocolon transversum verkleben und verwachsen mit dem Omentum majus, dem ehemaligen Mesogastrium dorsale (an der linken Magenkurvatur). So wird die hinter dem Magen liegende Bursa omentalis nach unten verschlossen.
Der orale Teil der Nabelschleife wächst besonders stark in die Länge. Er legt sich in zahlreiche Schlingen und differenziert sich zu den Dünndarmabschnitten Jejunum und Ileum, die über ihr Mesenterium mit der dorsalen Peritonealhöhlenwand verbunden bleiben.	Die Erweiterung des Hinterdarms – die sog. Kloake – wird durch das Septum urorectale in den Sinus urogenitalis (vorne) und den Anorektalkanal (hinten) vollständig unterteilt. Das Septum wächst nach kaudal bis zum Kontakt mit der Kloakenmembran.
Der aborale Teil der Nabelschleife legt sich beim Drehvorgang rahmenförmig um die Schlingen von Jejunum und Ileum und bildet die einzelnen Abschnitte des Colon, die sich rechts, quer und links im Abdomen positionieren.	Durch die Unterteilung der Kloake wird auch die Kloakenmembran in Urogenitalmembran (vorne) und Analmembran (hinten) unterteilt. Die Analmembran senkt sich bei seitlicher Mesenchymfaltenbildung etwas ein, es bildet sich das Proctodeum.
Im aboralen (Dickdarm-) Teil der Nabelschleife bildet sich nahe der Achse der A. mesenterica superior eine seitliche Ausstülpung. Aus ihr differenziert sich der Blinddarm (Caecum), aus dem der Wurmfortsatz (Appendix vermiformis) hervorgeht.	Das Proctodeum vertieft sich hinterdarmwärts, aus ihm entsteht der untere Teil des Analkanals. Durch Einreißen der Analmembran in der 9. Entwicklungswoche erhält das aus der Kloake entstandene Rectum eine Verbindung an die Außenwelt des Embryos.
Der abgelaufene Drehvorgang bestimmt die Position von Dünndarm und Dickdarm zueinander: ein Dickdarmrahmen mit eingefasstem Dünndarm. Die nun folgende Retroperitonealisierung legt die endgültigen Bauchfellbezüge des Darmrohrs fest.	Das Rectum, das tief im Becken liegt, rückt ebenfalls nach dorsal und verliert auf dem größten Teil seiner Länge sein Mesorectum: das Rectum wird retroperitonealisiert. Der aus dem Proctodeum hervorgehende Analkanal hat primär keinen Peritonealbezug.

B Drehbewegungen des Darmrohrs und Peritonealbezüge (Zusammenfassung)

Organbewegung	führt zu folgender Organlage	daraus resultierender Peritonealbezug
Drehung des Magens mit Mesogastrium ventrale und dorsale	• Leber und Gallenblase im rechten Oberbauch • Milz im linken Oberbauch • der *größte Teil* des Duodenum und das *ganze* Pancreas verwachsen dorsal mit der Peritonealhöhlenwand	• intraperitoneal mit Omentum minus und Lig. falciforme/teres hepatis • intraperitoneal • sekundär retroperitoneal
Drehung der Nabelschleife mit den Mesenterien	• oraler Schleifenteil bildet Dünndarmabschnitte Jejunum und Ileum mit ihren Mesenterium • aboraler Teil bildet Dickdarm und Mastdarm mit ihrem Mesocolon und Mesorectum und formen sich zu einem Rahmen • Colon ascendens, descendens und Rectum verwachsen mit der dorsalen Peritonealhöhlenwand	• Mesenterium bleibt erhalten; Jejunum und Ileum intraperitoneal • Colon transversum und sigmoideum behalten das Mesocolon: intraperitoneal • Colon ascendens, descendens und das Rectum verlieren ihr Mesenterium: sekundär retroperitoneal

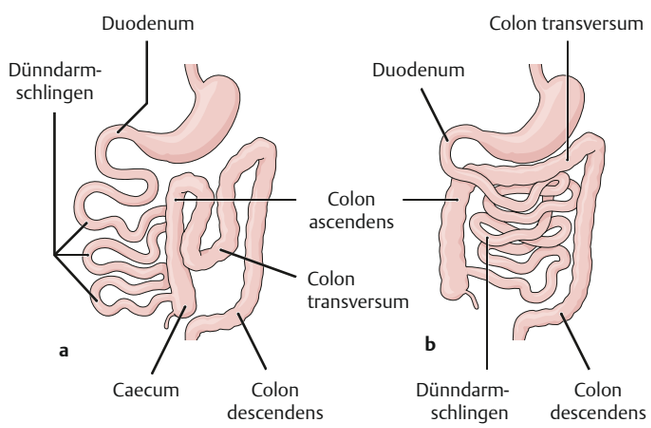
C Entwicklungsstörungen des Magen-Darm-Kanals
Die hier aufgeführten und bis auf das Meckel-Divertikel z. T. sehr seltenen Fehlbildungen unterscheiden sich erheblich im Krankheitswert: Ein völliger Verschluss oder eine sehr hochgradige Einengung des Lumens im Magen-Darm-Trakt ist unbehandelt meist tödlich; geringgradige Verengungen können dagegen symptomlos bleiben. Die Verschlingung von Darmanteilen führt über die resultierende Passagestörung meist auch zu einem lebensbedrohlichen Krankheitsbild.

Duodenalatresie	solides Duodenum ohne Lumen
Duodenalstenose	Einengung des Duodenallumens (evtl. durch Pancreas anulare)
Gallengangsatresie	angeborene oder erworbene Verklebung aller oder eines Teils der extrahepatischen Gallengänge
Pancreas anulare	Duodenalstenose (s. o.) durch ringförmiges Pancreas
Omphalozele	Dünndarm liegt am Nabel extrakorporal aufgrund ausbleibender Rückverlagerung nach Drehung der Nabelschleife
Malrotation	fehlerhafte oder ausbleibende Drehung der Nabelschleife (s. **E**)
Volvulus	Verschlingung von Darmanteilen durch ausbleibende Fixation des Mesenterium: Ileusgefahr
Intestinalstenose	Verengung des Darmlumens
Intestinalatresie	völliger Verschluss des Darmlumens, unbehandelt nicht mit dem Leben vereinbar
Meckel-Divertikel	Rückbildungsstörung des Ductus omphaloentericus mit Divertikel am Ileum (s. **D**)



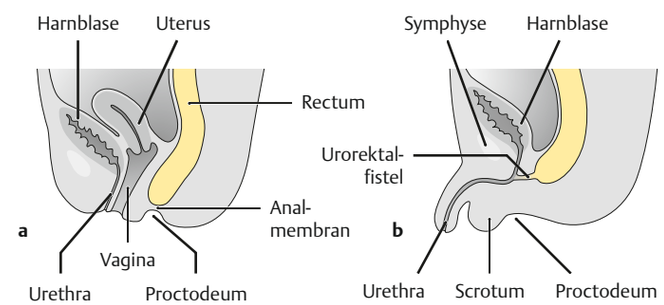
D Überreste des Ductus omphaloentericus (nach Sadler)
Der beim Embryo zunächst offene Ductus omphaloentericus verödet i. Allg. vollständig und geht als Verbindung Ileum – Rumpfwand verloren. Gelegentlich ist die Verödung aber unvollständig, oder der nach Verödung entstandene Bindegewebsstrang bleibt erhalten und fixiert das Ileum an der vorderen Rumpfwand. Dies kann sich unterschiedlich manifestieren:

a Die Ileumwand ist teilweise ausgestülpt, ein fibröser Strang ist erhalten. Es entsteht ein sog. **Meckel-Divertikel** (meist 40–60 cm oral der Ileozäkalklappe), in dem sich Entzündungsvorgänge abspielen können (enthält oft ektopisches Magen- oder Pankreasgewebe).
b In dem fibrösen Strang verbleibt eine Zyste (sog. **Enterokystom**). Sie kann Beschwerden verursachen und muss gegen einen Tumor abgegrenzt werden.
c Der Ductus omphaloentericus bleibt über seine ganze Länge offen; es entsteht eine **Dottergangsfistel.** Im Extremfall tritt Darminhalt am Nabel aus; Entzündungen sind die Folge. Verbleibt ein Rest des Ductus omphaloentericus als fibröser Strang zwischen Ileum und Nabel, können sich die gut beweglichen Dünndarmschlingen um ihn wickeln und somit selbst strangulieren (Darmlähmung, sog. Ileus, der unbehandelt oft tödlich verläuft).



E Entwicklungsstörungen des Magen-Darm-Kanals: die Malrotation (nach Sadler)
Ansicht von ventral. Die folgenden Malrotationen können symptomlos bleiben, solange sich keine Darmanteile ineinander verschlingen und zu Störungen der Magen-Darm-Motilität führen (sog. Volvulus, s. **C**).

a Drehung nur um 90° statt um 270°: der Dickdarm bleibt links des Dünndarms liegen; bildet keinen Rahmen um den Dünndarm;
b Drehung *im* Uhrzeigersinn (von vorne gesehen), hier um 90°: der ehemals aborale Schleifenteil kommt hinter dem oralen zu liegen, das Colon transversum hinter dem Dünndarmkonvolut.



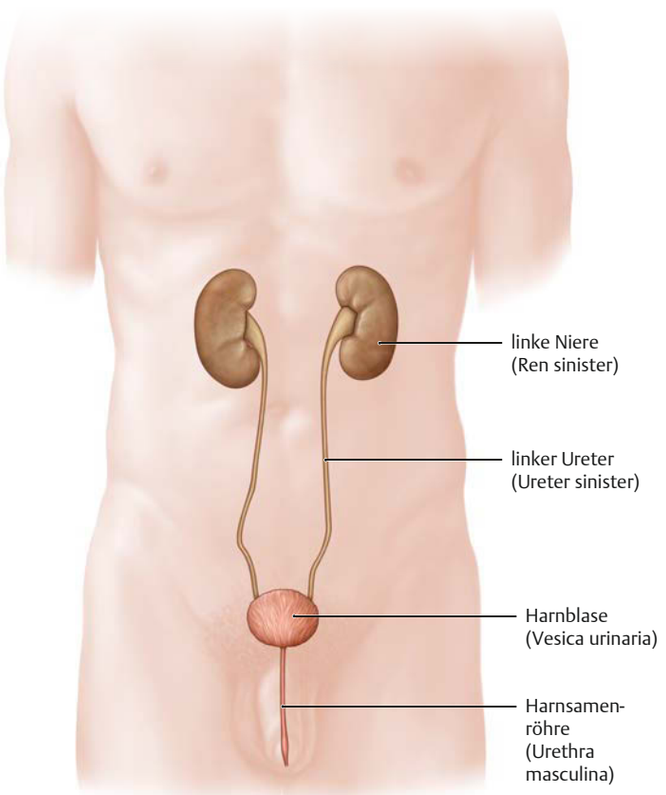
F Fehlentwicklung des Analkanals (nach Sadler)
Sicht auf die embryonalen Beckeneingeweide von links. Bei ca. einer von 5000 Geburten kommt es nicht zur Eröffnung der Analmembran. Infolgedessen hat das Rectum keinen physiologischen Anschluss nach außen. Die beiden häufigsten Fehlentwicklungen, sozusagen die jeweiligen Eckpunkte einer Entwicklungsstörung, sind hier dargestellt:

a Anus imperforatus: Der Analkanal ist grundsätzlich angelegt, die Analmembran perforiert aber nicht, sondern bleibt erhalten;
b Rektoanalatresie (mit Fistelbildung): Im Rahmen der Fehlentwicklung im Bereich des Septum urorectale kann bei Ausbleiben einer Analkanalanlage eine unphysiologische Gangverbindung (Fistel) des Rectum an den Damm oder an das Urogenitalsystem – bei Mädchen auch an die Scheide – entstehen.

Sowohl die fehlende physiologische Verbindung des Rectum nach außen als auch die Fisteln müssen operativ korrigiert werden.

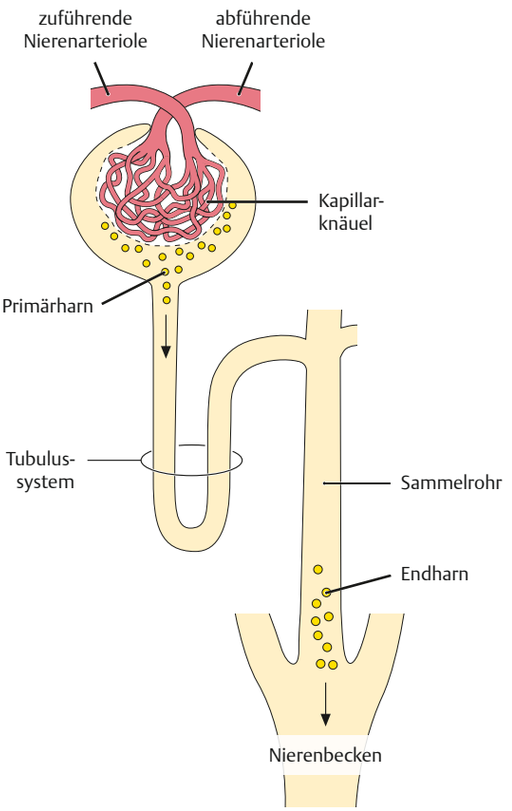
7.1 Übersicht

Einführung
Die Harnorgane erstrecken sich über einen weiten Bereich vom Abdomen bis ins Becken. Da sie entwicklungsgeschichtlich eng mit den Genitalorganen verwandt sind, fasst man beide oft zu den sog. *Urogenitalorganen* zusammen. Aus didaktischen Gründen werden im Folgenden jedoch beide Systeme getrennt voneinander besprochen.
Die Harnorgane regulieren den Wasser- und Mineralhaushalt des Organismus und damit den osmotischen Druck im Körper. Sie scheiden Stoffwechselendprodukte und schädliche Substanzen in Form einer wässrigen Lösung, dem *Harn* oder *Urin* aus. Diese harnpflichtigen Substanzen nutzen das ausgeschiedene Wasser als Lösungsmittel. Über die Regulation der Wassermenge im Körper beeinflussen die Nieren auch den Blutdruck; über die Ausscheidung oder Retention von Natrium-, Kalium-, Calcium- und Chloridionen sind sie an der Regulation des Blutspiegels dieser physiologisch wichtigen Elektrolyte beteiligt. Der Säure-Basen-Haushalt des Blutes wird durch Ausscheidung bzw. Retention von Protonen beeinflusst. Auch viele Arzneistoffe werden über die Niere ausgeschieden. Schließlich können die Nieren über die Produktion des Enzyms Renin den Blutdruck und über die Produktion des Hormons Erythropoetin die Bildung roter Blutkörperchen beeinflussen. Sie spielen außerdem im Stoffwechsel des Vitamins D eine wichtige Rolle.

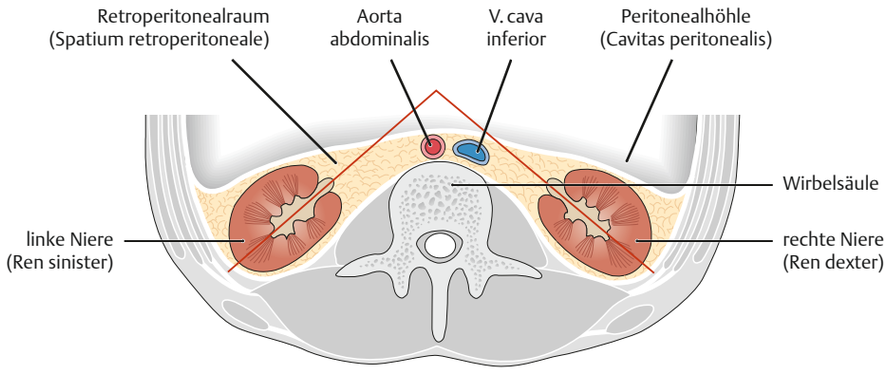


A Übersicht über die Harnorgane
Männliche Harnorgane aus der Ansicht von vorne. Bei den Harnorganen unterscheidet man

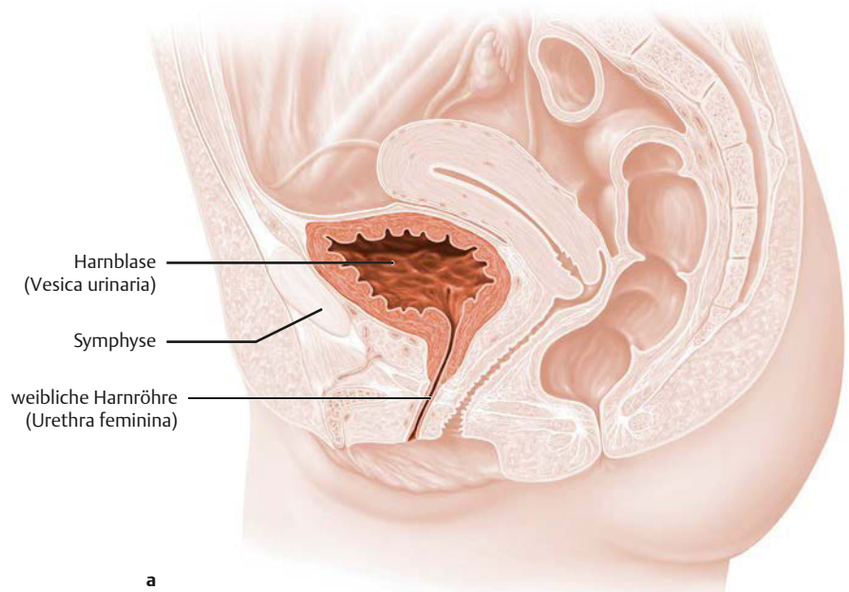
- die paarig angelegten Nieren (Renes), die kontinuierlich Harn produzieren;
- die paarig angelegten Harnleiter (Ureteren), die den Harn von den Nieren zur Harnblase ableiten;
- die unpaare Harnblase (Vesica urinaria), die den Harn temporär speichert und kontrolliert abgibt;
- die unpaare Urethra, die bei der Frau als Urethra feminina nur Harnorgan ist, beim Mann als Harnsamenröhre (Urethra masculina) auch Geschlechtsorgan. Im Harnsystem dient die Urethra der Abgabe von Harn aus der Harnblase nach außen. Beim Mann ist sie im Genitalsystem auch Transportweg für das Sperma.

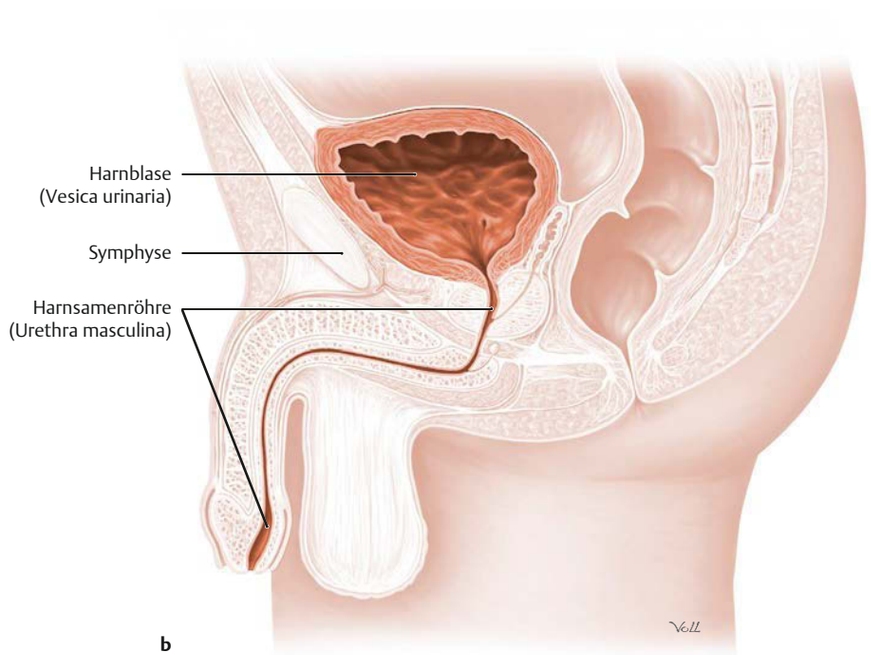


B Grundlagen der Harnproduktion
Dargestellt ist das sog. Nephron als kleinste Baueinheit der Niere (s. S. 54).
In sehr zahlreichen verzweigten Kapillarschlingen, die alle über Äste der Nierenarterie gespeist werden, wird ein Ultrafiltrat des Blutes – der sog. *Primärharn* – in ein Hohlraumsystem abgegeben, das aus sehr dünnen hintereinander geschalteten Röhren (Tubuli) besteht. Der Primärharn, dessen Menge beim Erwachsenen fast 170 l/24 h ausmacht, wird in diesem Röhrensystem auf ca. 1 % seines Volumens konzentriert (durch Wiederaufnahme der Elektrolyte und des Wassers in das Blut) und bezüglich seiner Zusammensetzung mit Elektrolyten und Protonen modifiziert – es entsteht der *Endharn*. Dieser Endharn (1–2 l/24 h) wird über Sammelrohre in das Nierenbecken abgegeben und vom Harnleiter an die Harnblase geführt.



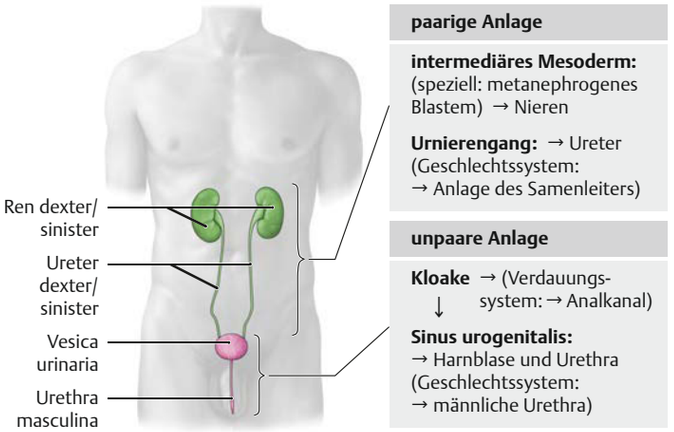
C Lage von Nieren und Ureteren
Ansicht von oben auf einen Horizontalschnitt durch den Körper in Höhe des 1. Lendenwirbels. Die beiden Nieren liegen eingebettet in eine Kapsel aus Fett und Bindegewebe beiderseits der Wirbelsäule sehr weit dorsal im Retroperitonealraum (Spatium retroperitoneale). Durch diesen Raum ziehen auch die Ureteren (in dieser Ebene nicht sichtbar) nach unten ins kleine Becken zur Harnblase. Beide Nieren weisen mit ihrem sog. Hilum dabei schräg nach medial und ventral (rote Achsen).





D Lage von Harnblase und Urethra
Mediansagittalschnitt durch ein weibliches (**a**) bzw. männliches (**b**) Becken, Ansicht jeweils von links.
Die Harnblase liegt bei beiden Geschlechtern im kleinen Becken dicht hinter der Symphyse. Bei der Frau liegt sie vor der Scheide sowie vor und unter der Gebärmutter, beim Mann vor dem Rectum. Je nach Füllungszustand ist die Harnblase abgeflacht oder kugelig geformt. Die weibliche Harnröhre ist gerade und kurz; die männliche Harnröhre durchzieht den Penis und ist länger und mehrfach gekrümmt.

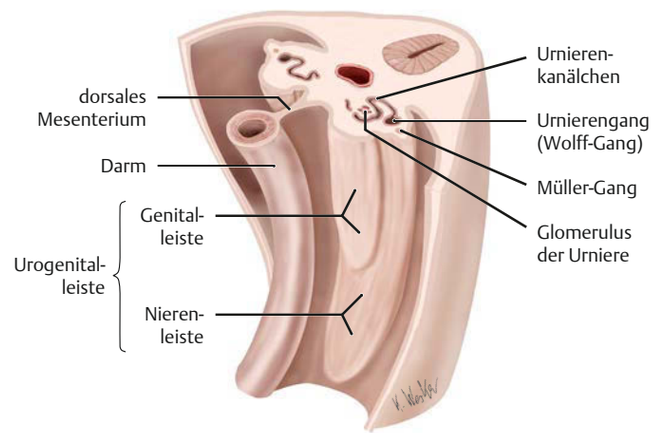
7.2 Entwicklung von Nieren, Nierenbecken und Ureter



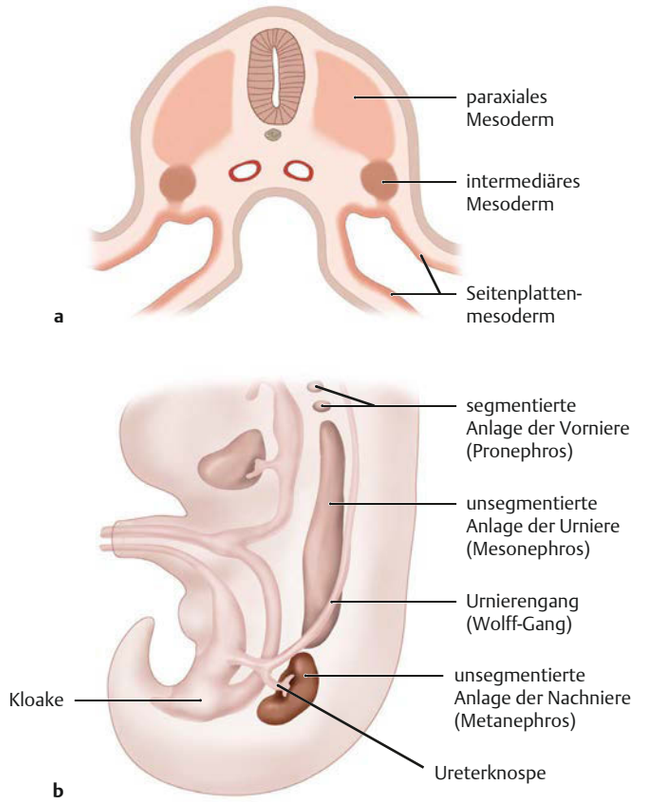
A Übersicht über die Embryonalentwicklung der Harnorgane
Die Embryonalentwicklung der Harnorgane ist komplex und weist Überlappungen mit der von Genital- und Verdauungsapparat auf:

- mit dem Genitalapparat: Die Entwicklung einiger Abschnitte des männlichen Genitalsystems (s. S. 62) ist eng mit der Entwicklung von Urniere, Harnleiter und Sinus urogenitalis verknüpft;
- mit dem Verdauungssystem: Aus der Kloake entsteht auch der Analkanal.

Die Embryonalentwicklung der Harnorgane unterteilt man vorzugsweise in die Entwicklung der *paarigen* Nieren und Harnleiter und der *unpaaren* Harnblase und Harnröhre. Nieren und Harnleiter entwickeln sich aus dem intermediären Mesoderm, Harnblase und Harnröhre aus dem Sinus urogenitalis, der aus dem ventralen Teil der Kloake im Bereich des späteren Beckenbodens hervorgeht (s. S. 47). Diese beiden Abschnitte finden erst im Lauf der Embryonalentwicklung Anschluss aneinander. Der Sinus urogenitalis entstammt dem Endoderm, so dass schließlich die Organe des Harnsystems aus zwei unterschiedlichen Keimblättern entstehen.



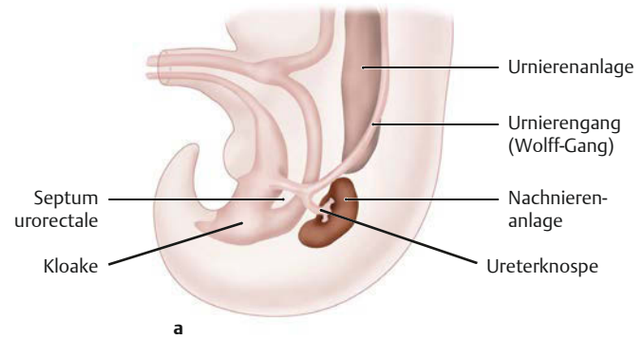
B Urogenitalleiste
Ansicht auf die hintere Leibeswand eines Embryos von ventral oben und links. Die Anlagen von Nieren und innerem Genitale sind eng benachbart. Sie wölben sich nach ventral in die Leibeshöhle beiderseits in Form von zwei Leisten vor: Nieren- und Genitalleiste („Urogenitalleiste"). Die Keimdrüsenanlage liegt dabei ventromedial der Nierenanlage. Der Müller-Gang, aus dem sich bei der Frau Eileiter und Gebärmutter entwickeln, liegt ventrolateral der Nierenanlage.



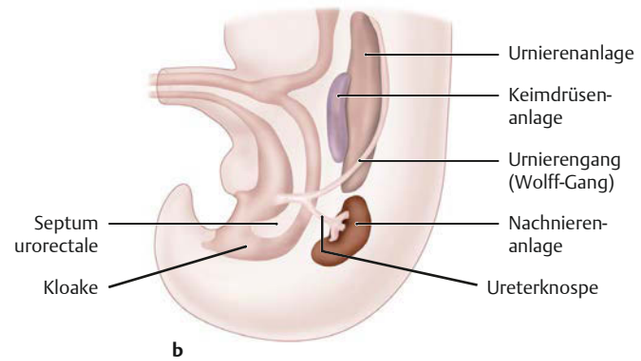
C Nierenanlagen im intermediären Mesoderm
a Querschnitt durch einen Embryo, Alter ca. 21 Tage, Ansicht von kranial; **b** Ansicht eines Embryos von links (dieses Bild stellt im Unterschied zu „**a**" kein Stadium der Embryonalentwicklung dar, sondern zeigt nur, wie es aussehen würde und wie die Nierenanlagen zueinander liegen würden, wenn sie alle gleichzeitig im Körper vorhanden wären).
Die Nieren entwickeln sich paarig in einer spezialisierten Form des Mesoderms, dem sog. intermediären Mesoderm, das sich beidseits im hinteren Abschnitt der Leibeshöhle organisiert. Das intermediäre Mesoderm ist im Hals- und oberen Thoraxbereich segmentiert und in Nephrotome unterteilt, im unteren Thorax und Abdomen ist es ein homogener Strang (= nephrogener Strang). Die Entwicklung der Nieren innerhalb des Mesoderms erfolgt in Form von drei zeitlich aufeinander folgenden Anlagen, die von kranial nach kaudal angeordnet sind:

- Vorniere (Pronephros) im Hals- und oberen Brustbereich,
- Urniere (Mesonephros, eigentlich also „Mittelniere") im unteren Brust- und Abdominalbereich,
- Nachniere (Metanephros) im Abdominal- und Beckenbereich.

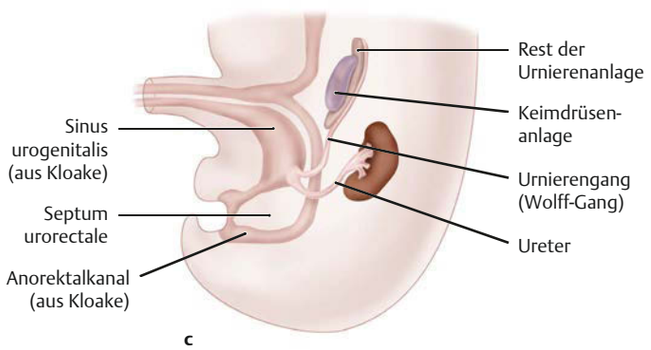
Die Vorniere bildet sich ohne Funktionstätigkeit restlos zurück, noch während sich die Urniere bildet. Auch die Urniere, die in der Embryonalphase kurzzeitig Harn produziert, bildet sich größtenteils wieder zurück. Übrig bleiben einige sog. Urnierenkanälchen, aus denen bei der Genitalentwicklung die Hodenausführungsgänge entstehen (s. S. 64), und der sog. Urnierengang (= Ductus mesonephricus; Wolff-Gang). Der Urnierengang wird zwar schon vor der Vorniere angelegt, dann aber von der Urniere „übernommen". Noch während der Rückbildung der Urniere bildet sich am weitesten kaudal die Nachniere, die gemeinsam mit einem Teil des Urnierengangs die definitive Niere bildet.
Beachte: Die definitive Niere, die beim Erwachsenen dicht unterhalb des Zwerchfells liegt, entsteht also im Beckenbereich und steigt erst sekundär auf (sog. Nierenaszensus, s. **D**).



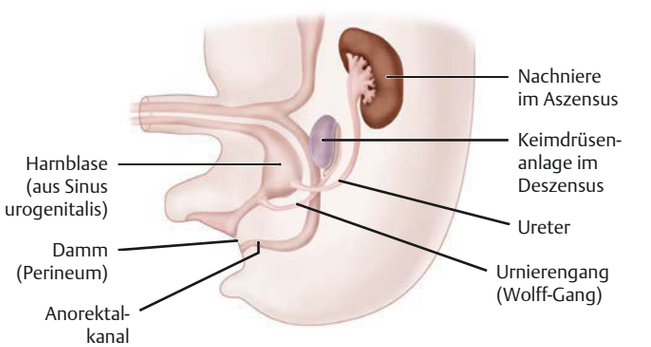
a



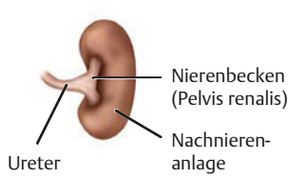
b



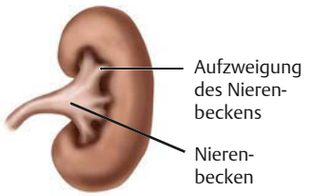
c



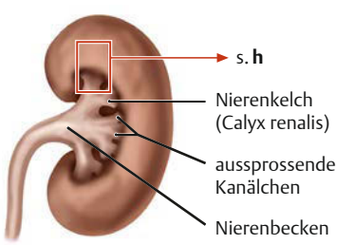
d



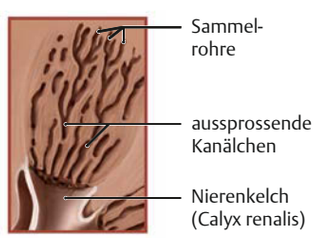
e



f



g



h

D Entwicklung von Ureter und Niere

Ureterknospe und Nachnierenanlage (**a**) sowie Aszensus der Niere (**b**–**d**), jeweils Ansicht von links auf einen Embryo; **e**–**h** weitere Entwicklung der Nachniere (zur Lage der Urogenitalleiste s. **B**).

a Die Nachniere (Metanephros) entwickelt sich ab der 5. Embryonalwoche im untersten Abschnitt des intermediären Mesoderms. Dieser Abschnitt wird darum auch *„metanephrogenes Blastem“* genannt. Aus dem ebenfalls ganz unten liegenden Abschnitt des Urnierengangs, der diesem Blastem nahe anliegt, sprosst eine Gangknospe in die Nachnierenanlage hinein, die sog. *Ureterknospe.* Der zunächst kurze Stiel dieser Knospe verlängert sich im weiteren Wachstum zum *Harnleiter (Ureter);* die Spitze der Knospe, die in die Nachnierenanlage eingedrungen ist, differenziert sich hier zu einem Bestandteil der fertigen Niere, dem *Nierenbecken* mit seinen Kelchen sowie dem Sammelrohrsystem (s. **e**–**h**).

Beachte: Der Ureter hat in diesem Stadium noch keinen direkten Anschluss an die Kloake, aus der sich später die Harnblase entwickelt, sondern mündet indirekt über den Urnierengang (dem er entstammt) in die Kloake. Der Anschluss an die Niere ist aber vollzogen.

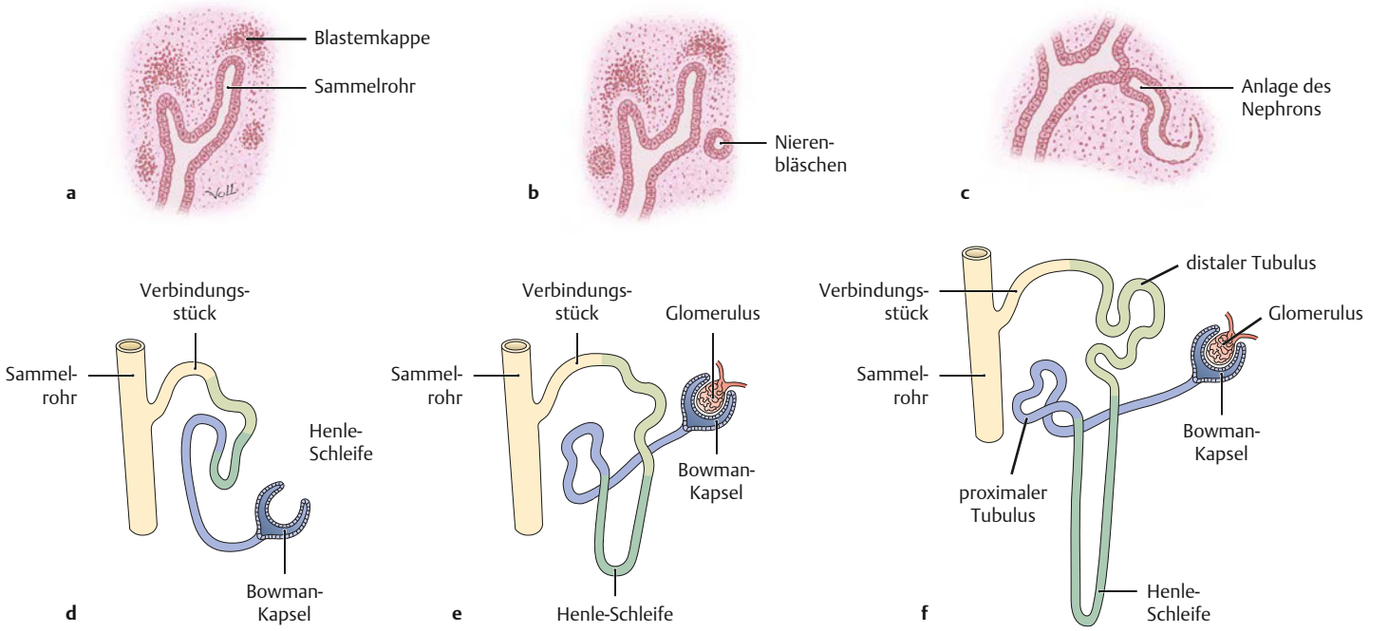
b–**d** Die Anlage der Nachniere mit der eingedrungenen Ureterknospe verlagert sich nun aus dem Beckenbereich nach kranial und kommt später dicht unterhalb des Zwerchfells zu liegen (sog. Nierenaszensus). Dieser Aszensus ist nur teilweise eine echte Aufstiegsbewegung; er beruht zusätzlich auf einer Verminderung der Körperkrümmung und auf einem verstärkten Wachstum im Lumbosakralbereich. Bleibt der Aszensus einer oder sogar beider Nieren aus, spricht man von einer Beckenniere (s. S. 55). Die Keimdrüsenanlage liegt ventral der Nachniere. Gleichsam „im Gegenzug“ senkt sich die Keimdrüsenanlage mit den Urnierenresten ab („Deszensus“ der Keimdrüse).

e–**h** Die Ureterknospe verbreitert sich nach dem Eindringen (**e**) in die Nachnierenanlage zum Nierenbecken mit 2–3 großen Nierenkelchen (**f**). Unter weiterer dichotomer Aufzweigung in viele Kanälchen dringt die Knospe immer weiter in das Nachnierengewebe ein (**g**). Die „Kanälchen“ bilden innerhalb der Niere sog. Sammelrohre (**h**), die jeweils in Gruppen kelchnah konvergieren und auf einer Papille in den Kelch münden. Die letzte Generation der Sammelrohre teilt sich nicht mehr. Aus der Ureterknospe entstehen somit:

- Ureter,
- Nierenbecken,
- Nierenkelche,
- Papillen mit Gängen und
- Sammelrohre mit Verbindungsstücken (s. S. 54).

Beachte: Das metanephrogene Blastem bildet den harnproduzierenden Teil der definitiven Niere, die Ureterknospe das harnableitende System.

7.3 Entwicklung von Nephron und Harnblase; Ureteranschluss; Fehlbildungen

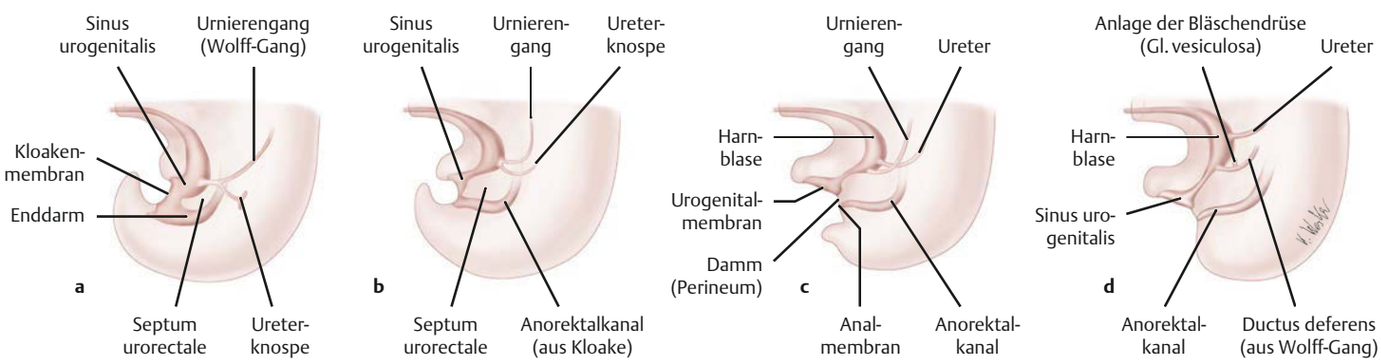


A Entwicklung der Nephrone

Das Nephron ist die kleinste Baueinheit der Niere, es besteht aus einem kapillaren Gefäßknäuel, aus dem über Ultrafiltration sog. Primärharn in das Röhrensystem (= Tubulussystem) der Nierenkanälchen abgegeben wird. Innerhalb dieses Tubulussystems wird der Primärharn im Wesentlichen durch Elektrolyt- und Wasserresorption zum Sekundär- oder Endharn konzentriert (vgl. S. 50). Die Entwicklung des Nephrons ist der letzte Schritt zur Funktionsaufnahme der Nachniere und besteht aus zwei Abschnitten:

- Ein Blutgefäßsystem wird an das Nierenkanälchensystem angeschlossen (Harnproduktion).
- Das Kanälchensystem wird an das Sammelrohrsystem angeschlossen (Harnableitung).

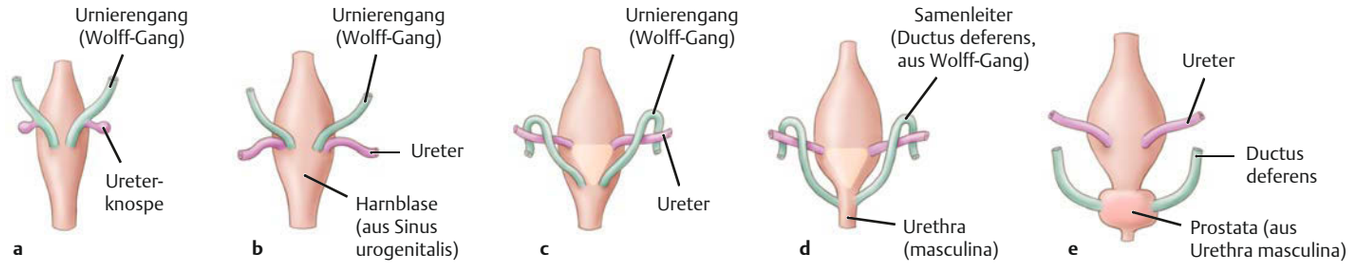
Die Nephronbildung wird durch die Verzweigungen der Ureterknospe induziert, wobei jedes Sammelrohr als Endaufzweigung der Knospe von einer *Blastemkappe* bedeckt wird (**a**). Von dieser Blastemkappe sondern sich Zellen ab, die seitlich der weiter aussprossenden Sammelrohrknospe die sog. Nierenbläschen bilden (**b**). Aus jedem Bläschen sprosst ebenfalls ein kleiner Gang, das *Nierenkanälchen* (**c**), das unter fortschreitender Differenzierung seiner Abschnitte in die Länge wächst. Sein distales Ende findet über ein Verbindungsstück Anschluss an ein Sammelrohr (**d**). Sein proximales Ende stülpt sich (als sog. *Bowman-Kapsel*) konkav um ein kapilläres Gefäßknäuel (den *Glomerulus*), das von einem Ast der Nierenarterie gespeist wird (**e**). Durch weiteres Längenwachstum und Differenzierung des Kanälchens entsteht das *Tubulussystem* mit der *Henle-Schleife* (**f**), welches das Volumen des Primärharns (ca. 170 l/Tag) auf 1 % seines Volumens im Endharn konzentriert. Mit Erreichen der 13. Embryonalwoche sind fast 20 % der Nephrone bereits funktionstüchtig und produzieren Harn.



B Entwicklung von Harnblase und Harnröhre

Sicht auf einen Embryo von links; Alter 5 (**a**), 7 (**b**) und 8 Wochen (**c**), **d** ca. 10. Woche.

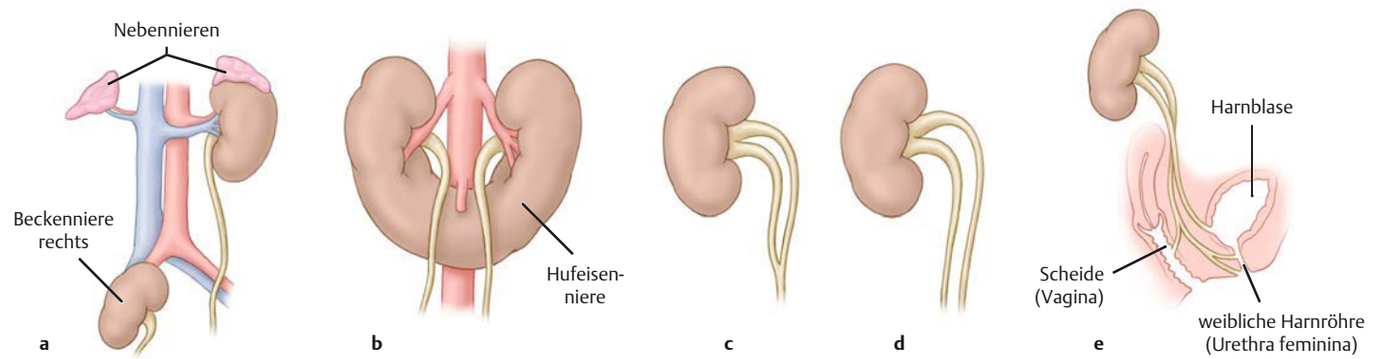
Mit der Entwicklung der Harnblase (Vesica urinaria) und der Harnröhre (Urethra) wird ein System geschaffen, das der temporären Speicherung und Abgabe des Harns dient. Beide entwickeln sich aus der *Kloake,* dem gemeinsamen Ausscheidungsorgan von Harn- und Verdauungsapparat. Die Kloake, die unten noch durch die Kloakenmembran verschlossen ist, wird durch einen von oben herabwachsenden bindegewebigen Pfeiler, das *Septum urorectale,* vollständig in den nun ventral liegenden *Sinus urogenitalis* und den dorsal liegenden *Analkanal* unterteilt (**a**–**c**). Wenn das Septum urorectale die Kloakenmembran erreicht hat, wird sie in die ventral liegende *Urogenital*membran und die dorsal liegende *Anal*membran unterteilt. Die Kontaktstelle zwischen Septum urorectale und Kloakenmembran wird zum Damm *(Perineum).* Mit der Auflösung von Urogenital- und Analmembran gewinnen Sinus urogenitalis und Analkanal Anschluss nach außen. Der obere Teil des Sinus urogenitalis formt sich zur Harnblase um, der untere zur Urethra (**d**).



C Anschluss der Ureteren an die Harnblase

Sicht auf Harnblase und Urnierengänge von dorsal. Die Ureteren haben zunächst keinen direkten Anschluss an die Kloake, sondern münden indirekt über die Urnierengänge in die Kloake (**a**). Die Urnierengänge werden durch die Differenzierung und das Wachstum der Harnblase immer weiter direkt in die Blasenwand einbezogen und dabei kontinuierlich nach unten verlagert. Für einen kurzen Entwicklungszeitraum haben Urnierengang und Ureterknospe daher auch eine gemeinsame Mündung in die Harnblase (**b**). Durch die weitere Einbeziehung der Urnierengänge in die Harnblasenwand verliert sich der Kontakt Urnierengang – Ureterknospe, und die Ureteren münden über einen eigenen Anschluss in die Blasen(hinter)wand (**c**). Die Urnierengänge gelangen bei ihrer Verlagerung nach unten in den Bereich der Urethra (**d**). Aus diesem Bereich der Urethra sprosst beim männlichen Embryo als Genitaldrüse die *Prostata*, in die die Urnierengänge einbezogen werden (**e**). Im weiteren Verlauf differenzieren sich die Urnierengänge zu einem Abschnitt des männlichen Genitalsystems, zum *Samenleiter* (s. **E** u. S. 62 u. 64). Beim weiblichen Embryo bildet sich der Urnierengang nach Einlagerung der Ureteren in die Harnblasenwand zurück. Es bleiben nur zwei Residuen, das Epoophoron und das Paraophoron (s. S. 62 u. 64).

Beachte: Der Einbau der mesodermalen Urnierengänge und der Ureteren an der Blasenhinterwand erfolgt über ein breiteres dreieckiges Feld (**c**, **d**), so dass mesodermales Gewebe in die endodermale Blase einwächst.



D Fehlbildungen im Bereich des Harnapparates

a Ausbleiben des Aszensus der rechten Niere: Beckenniere.

Beachte: Da die Nebennieren im oberen Retroperitonealraum des Abdomens beiderseits aus der Neuralleiste entstehen, schieben sich die aszendierenden Nieren gleichsam unter die Nebennieren. In diesem Bild ist daher die rechte Niere im Becken verblieben, die rechte Nebenniere liegt an der richtigen Position.

b Verschmelzen der beiden nephrogenen Blastemstränge: Hufeisenniere; **c** Ureterverdoppelung (der Ureter spaltet sich in seinem Verlauf auf, es gibt aber nur *eine* Ureterknospe;); **d** Ureterspaltung; **e** überzähliger Ureter (es gibt *zwei* Ureterknospen; der überzählige Ureter mündet – wie hier – atypisch in Urethra und Scheide).

Diese Fehlbildungen können zu Harnstau und dadurch bedingt zu bakterieller Nierenbeckenentzündung führen, da infolge der Abflussstörung Bakterien mit dem gestauten Harn aus der Harnblase nach oben bis ins Nierenbecken wandern können. Ferner kann ein atypisch mündender Ureter durch permanenten Harnfluss etwa in die Scheide diese durch den permanenten Harnfluss reizen, da das Scheidenepithel nicht auf den hypertonen Harn eingestellt ist und so zu einer abakteriellen Entzündung führen. Auch hier ist eine aufsteigende bakterielle Nierenbeckenentzündung möglich.

E Zusammenfassung: Entwicklung der Harnorgane

Zusammenfassung der embryonalen Gebilde und der aus ihnen hervorgehenden definitiven Strukturen, wobei nur funktionell relevante Strukturen aufgeführt sind.

Embryonales Gebilde	Definitive Struktur beim Mann	Definitive Struktur bei der Frau
metanephrogenes Blastem	definitive Nephrone	
Urnierengang	Nierenbecken; Kelche; Sammelrohre, Ureter Ductus epididymidis Ductus deferens Ductus ejaculatorius Gl. vesiculosa	
Urnierenkanälchen	Ductuli efferentes testis	–
Sinus urogenitalis	Vesica urinaria Urethra masculina Prostata Gll. bulbourethrales Urethraldrüsen	Urethra feminina Gll. vestibulares majores

8.1 Übersicht

Einführung

Funktion und Begriffe: Die Genitalorgane, die beim Menschen geschlechtsspezifisch qualitative Unterschiede aufweisen, dienen der Zeugung von Nachkommen. Ihre Funktion besteht beim Säugetier einschließlich des Menschen grundsätzlich darin, in männlichem wie weiblichem Organismus in speziellen Organen (Keimdrüsen oder *Gonaden*) jeweils haploide Keimzellen zu entwickeln und diese im weiblichen Organismus zu einer diploiden Zygote zu verschmelzen. Beim Geschlechtsakt *(Kopulation)* werden die männlichen Keimzellen durch die *Ejakulation* aus einem spezialisierten Gangsystem des männlichen in ein spezialisiertes Gangsystem des weiblichen Organismus ausgestoßen, wo sie auf die weibliche Keimzelle treffen. Eine männliche Keimzelle verschmilzt dann mit einer weiblichen Keimzelle (Zeugung oder *Konzeption*). Das zunächst einzellige neue Lebewesen, die *Zygote,* wird in eine Bruthöhle, den *Uterus,* transportiert. In ihm erfolgt die weitere embryonale Entwicklung, schließlich wird am Ende der Schwangerschaft (*Gestation* bzw. *Gravidität*) das Kind durch die Geburtswege ausgestoßen. Während beim Säuger der männliche Organismus nur an der Zeugung beteiligt ist, übernimmt der weibliche Organismus zusätzlich die Aufgabe, optimierte Bedingungen für eine Schwangerschaft herzustellen und zeitgerecht die Geburt einzuleiten. Gesteuert werden diese Funktionen bei beiden Geschlechtern durch geschlechtsspezifische Hormone (die *Sexualhormone*), die in den Keimdrüsen produziert werden. Sie determinieren Entwicklung und Funktion der Genitalorgane sowie sekundäre Geschlechtsmerkmale des Gesamtorganismus.

Einteilung: Funktionelle Unterschiede und topografische Gegebenheiten bilden die Grundlage für die Einteilung der Genitalorgane, die unter verschiedenen Aspekten erfolgen kann:

- topografisch (s. **A**) in *innere* Genitalorgane (innerhalb der Körperhöhlen; Organa genitalia interna) und *äußere* Genitalorgane (außerhalb der Körperhöhlen; Organa genitalia externa);
- funktionell (**B** u. **C**) in Organe zur Keimzell- und Hormonproduktion (die Keimdrüsen) sowie (Keimzell-)Transport-, Brut- und Kopulationsorgane und den Organen zugeordnete Drüsen und
- entwicklungsgeschichtlich (s. S. 4).

Funktionelle Unterschiede zwischen männlichem und weiblichem Genitalsystem: Beide Geschlechter generieren Keimzellen, die beim Mann als *Spermatozyten,* bei der Frau als *Oozyten* bezeichnet werden. Während Spermatozyten von der Pubertät an *bis ins hohe Alter* aus Vorläuferzellen (Spermatogonien) *permanent* neu gebildet werden (mehrere Dutzend Millionen pro Tag!), liegt die Anzahl der Oozyten schon bei der Geburt fest. Sie können nur weiter zur befruchtungsfähigen Keimzelle (in Monatszyklen, bei denen pro Monat eine reife Eizelle entsteht!) ausdifferenziert werden. Die Spermatozytenproduktion und damit die Zeugung von Nachkommen ist daher beim Mann ab der Pubertät prinzipiell bis ins hohe Alter möglich, während sich die Zeugungsfähigkeit bei der Frau prinzipiell auf einen Zeitraum zwischen der Differenzierung der ersten Eizelle im ersten Monatszyklus (Menarche, um das 13.–14. Lebensjahr) und der Differenzierung der letzten Eizelle (Telarche, stark schwankend um ca. das 40.–60. Lebensjahr) beschränkt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sowohl die mit den ersten als auch die mit den letzten Monatszyklen entwickelten Eizellen evtl. nur eingeschränkt konzeptionsfähig sind.

A Inneres und äußeres männliches und weibliches Genitale*

	männlich	weiblich
Inneres Genitale	Testis Epididymis Ductus deferens Prostata Gl. vesiculosa Gl. bulbourethralis	Ovar Uterus Tuba uterina Vagina (oberer Teil)
Äußeres Genitale	Penis mit Urethra Scrotum mit Hodenhüllen	Vagina (nur Vestibulum) Labia majora/minora pudendi Mons pubis Gl. vestibularis major/minor Clitoris

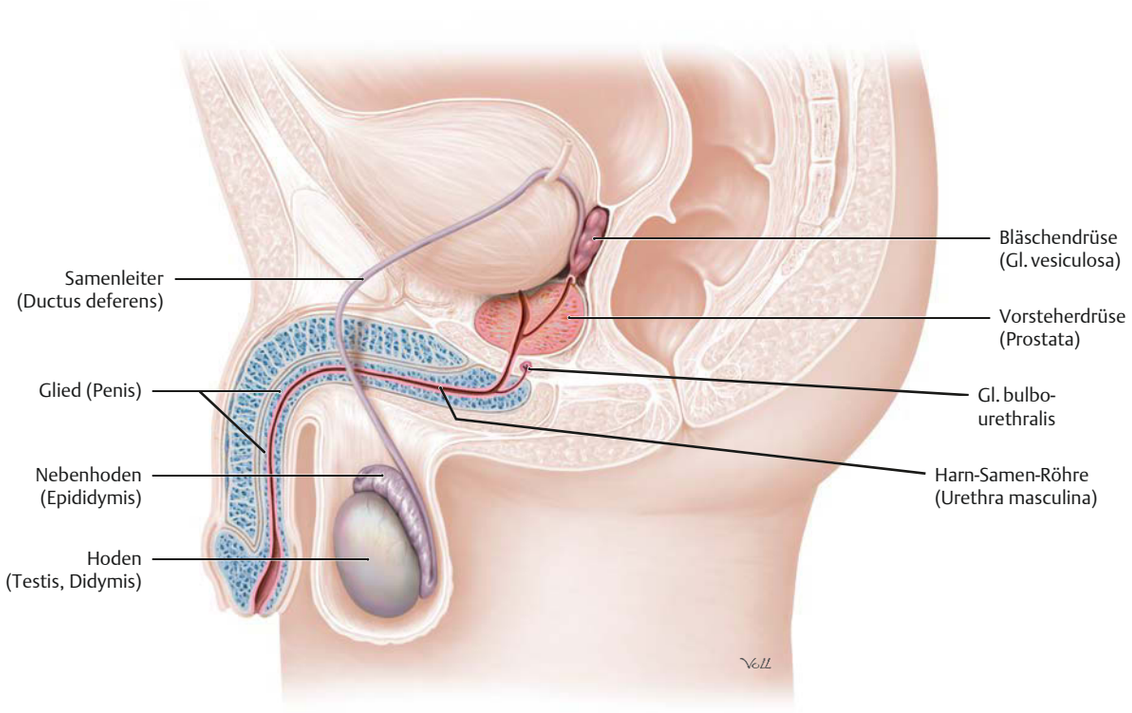
* Die äußeren Geschlechtsorgane der *Frau* (Pudendum femininum) werden klinisch als *Vulva* bezeichnet.

B Funktion der männlichen Genitalorgane

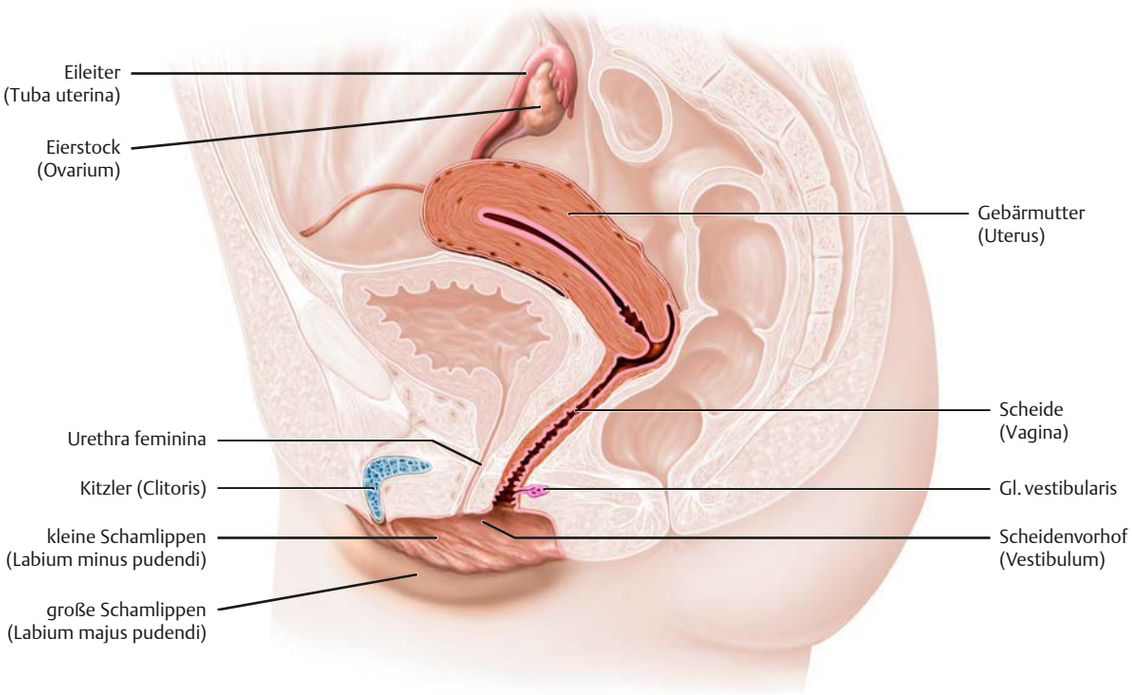
Organ	Funktion
Testis	Keimzellproduktion Hormonproduktion
Epididymis	Speicherorgan für Spermien
Ductus deferens	Transportorgan für Spermien
Urethra	Transportorgan für Spermien und Harnorgan
akzessorische Genitaldrüsen (Prostata, Gll. vesiculosae und Gll. bulbourethrales)	Sekretproduktion
Penis	Kopulations- und Harnorgan

C Funktion der weiblichen Genitalorgane

Organ	Funktion
Ovar	Keimzellproduktion Hormonproduktion
Tuba uterina	Konzeptionsort und Transportorgan für die Zygote
Uterus	Fruchthalter, Geburtsorgan
Vagina	Kopulationsorgan, Geburtsorgan
Labia majora/minora pudendi Clitoris	Kopulationsorgan
Gll. vestibulares majores/minores	Sekretproduktion



D Übersicht über die männlichen Genitalorgane
Schematisierte Darstellung der männlichen Genitalorgane; Ansicht von links; zur besseren Übersicht ist die Darstellung nicht maßstabsgetreu.
Beachte: Ein Teil des männlichen Harnsystems, die Urethra masculina (= Harnsamenröhre), ist auch Geschlechtsweg. Die männliche Keimdrüse, der Hoden, ist in einen außerhalb der Körperhöhlen liegenden Hautsack, das Scrotum, verlagert.



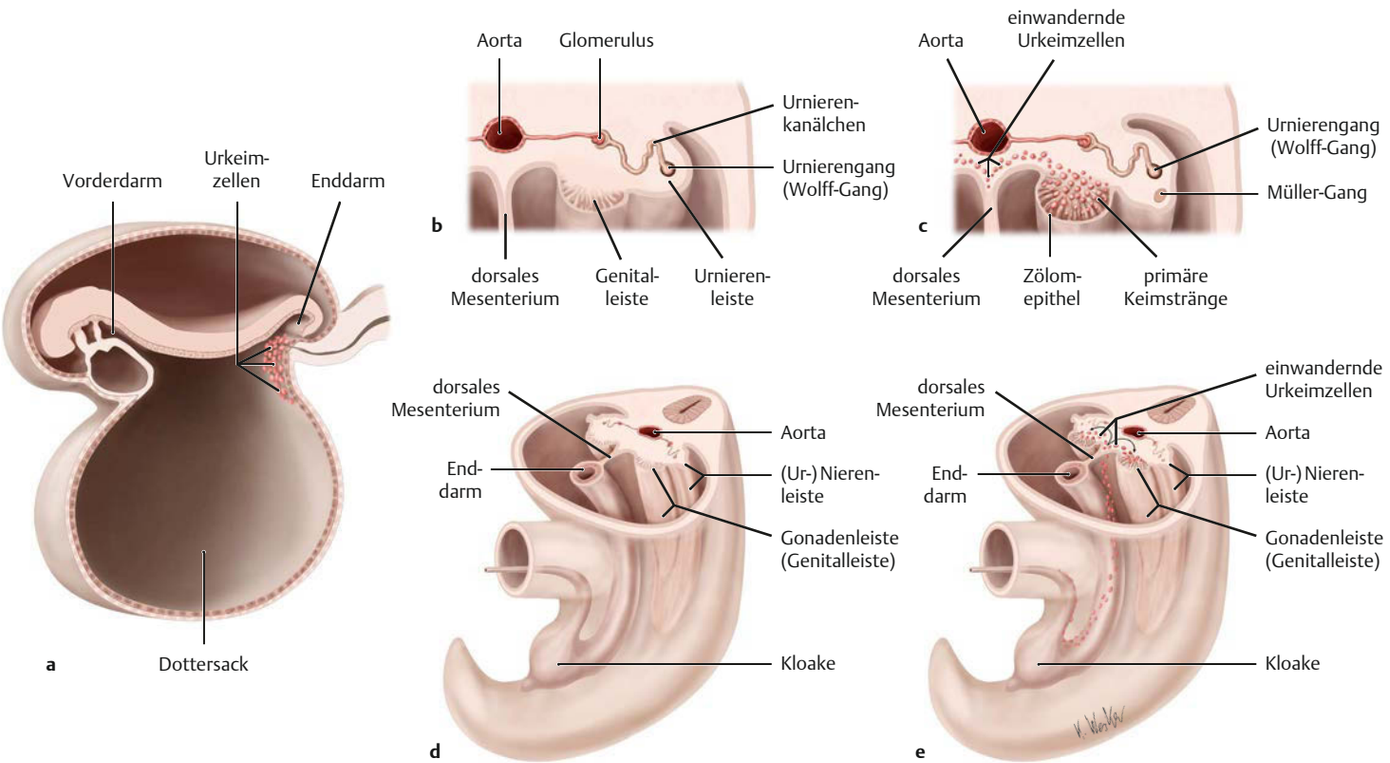
E Übersicht über die weiblichen Genitalorgane
Schematisierte Darstellung der weiblichen Genitalorgane; Ansicht von links; zur besseren Übersicht ist die Darstellung nicht maßstabsgetreu.
Beachte: Die Urethra feminina mündet in unmittelbarer Nähe des Scheidenvorhofs. Bei der Frau zählt die Urethra – anders als beim Mann – dennoch nicht zum Genitalsystem. Im Gegensatz zur männlichen Keimdrüse liegt die weibliche Keimdrüse, das Ovar, in der Höhle des kleinen Beckens.

8.2 Entwicklung der Keimdrüsen

Einteilung der Genitalorgane nach der Entwicklungsgeschichte
Unter Berücksichtigung der männlichen oder weiblichen Grundstruktur lassen sich vier Anteile abgrenzen:

- Abkömmlinge der Gonadenanlage: Aus ihnen entstehen in der Genitalleiste aus Zölomepithel und Mesoderm die Keimdrüsen (Gonaden, s. **A**–**C**).
- Abkömmlinge der Müller- und Wolff-Gänge (s. S. 60). Hieraus entwickelt sich der größte Teil der Genitalwege:
  - beim Mann der größte Teil der samenableitenden Wege,
  - bei der Frau Tuben, Uterus und Scheide;
- Abkömmlinge des Beckenbodens: Aus den Genitalhöckern, -falten und -wülsten entsteht das äußere Genitale (s. S. 65);
- Abkömmlinge des Sinus urogenitalis in unmittelbarer Nähe des Beckenbodens:
  - bei beiden Geschlechtern die Urethra, die beim Mann als Urethra masculina (Harn-Samen-Röhre) gemeinsam mit einer akzessorischen Genitaldrüse, der Prostata, auch Teil des Genitalapparates ist;
  - bei der Frau ein Teil der Scheide.

Beachte: Sowohl die Keimdrüsenanlage als auch die Gangsysteme entwickeln sich bei beiden Geschlechtern anfangs indifferent, so dass es ein Stadium gibt, in dem das Geschlecht morphologisch nicht festgelegt werden kann. Bei der weiteren Entwicklung differenziert sich beim jeweiligen Geschlecht nur ein Gangsystem geschlechtsspezifisch voll aus, das andere bildet sich zurück. Bei manchen Menschen bleiben funktionslose Residuen dieses Gangsystems, die aber bei Erkrankungen klinische Bedeutung erlangen können (z. B. Gartner-Gang, s. S. 64).

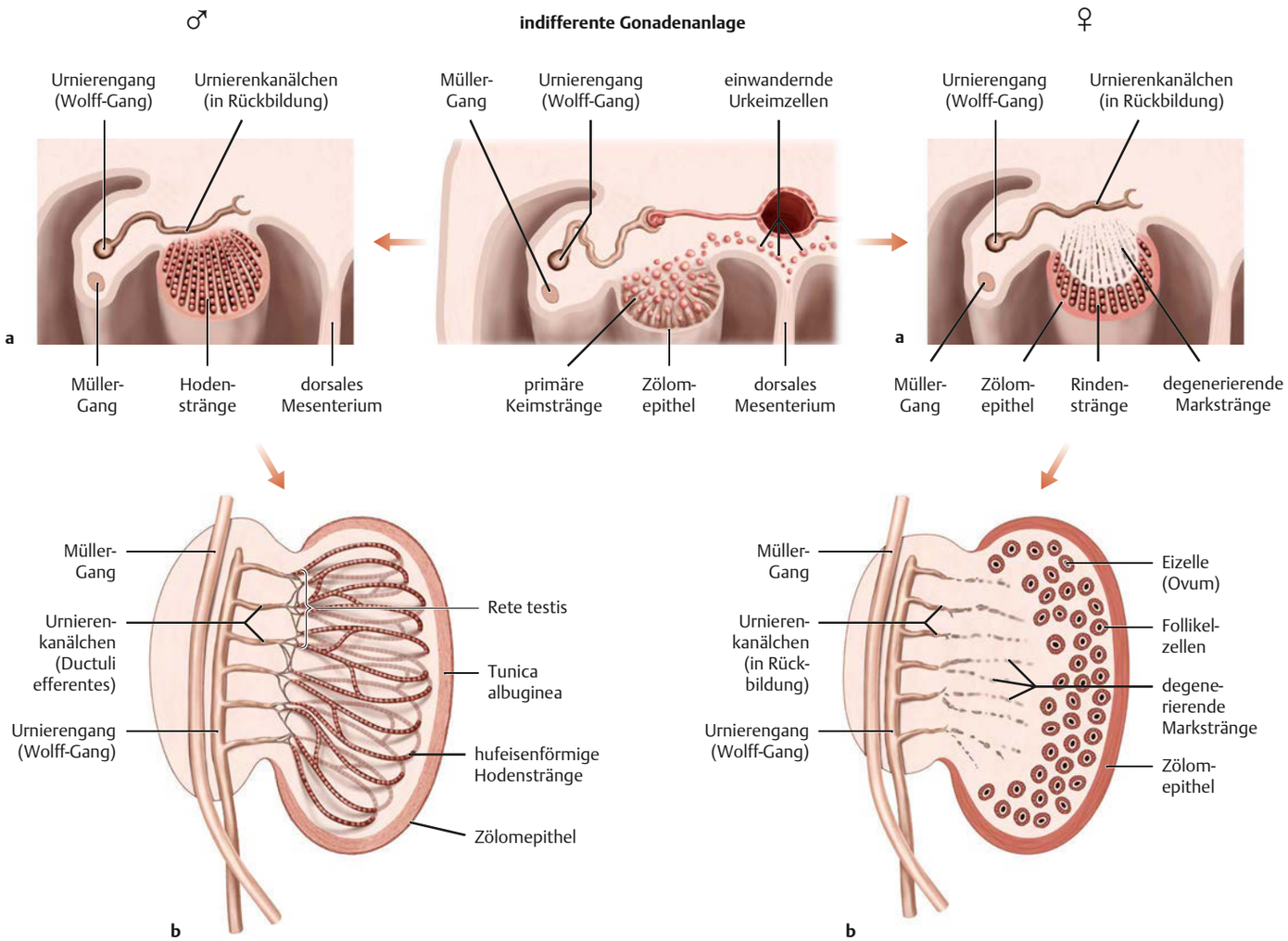


A Entwicklung von Genitalleiste und Gonadenanlage; Keimzelleinwanderung
Schematisierter Embryo: **a** von links mit Dottersack; **b** u. **c** im Horizontalschnitt von oben sowie **d** u. **e** als entsprechende räumliche Darstellungen von **b** u. **c**.

a Die großen runden **Urkeimzellen** sind zum ersten Mal zu Beginn der 4. Woche im Dottersack als eigene Zellart zu erkennen.

b u. **d** **Genitalleiste und Anlage der Keimdrüsen:** Die Keimdrüsen (Gonaden) – beim Mann der Hoden (Testis; Didymis), bei der Frau der Eierstock (Ovarium) – sind in der sog. *Genitalleiste* als morphologisch zunächst indifferente paarige Organe angelegt *(indifferente Gonadenanlage)*, die aber chromosomal schon als Mann oder Frau determiniert sind. Diese indifferente Anlage liegt an der Hinterwand der Leibeshöhle in unmittelbarer Nähe der Nierenleiste und medial der Urnierenanlage. Urnierenleiste und Genitalleiste wölben die Hinterwand der Leibeshöhle gemeinsam als *Urogenitalleiste* vor.
Beachte: Diese Gonadenanlage enthält noch keine Keimzellen. Sie wandern erst ab der 6. Embryonalwoche sekundär aus der Wand des Dottersacks in die Anlage ein (s. **c** u. **e**).

c u. **e** **Entwicklung der Keimdrüsen und Einwanderung der Keimzellen:** Die in der Genitalleiste angelegten Keimdrüsen beginnen sich ab dem Ende der 3. Embryonalwoche durch Proliferation des Epithels der Leibeshöhle (Zölomepithel) und des darunter liegenden embryonalen Bindegewebes, des Mesenchyms, (**c**) zu entwickeln. Die Epithelzellen dringen in das Mesenchym ein und bilden primäre Keimstränge, die bei beiden Geschlechtern noch mit dem Zölomepithel in Kontakt stehen. Mit der 6. Embryonalwoche wandern die Keimzellen, die noch als *Urkeimzellen* in der Wand des Dottersacks liegen (**a**), über das dorsale Enddarmmesenterium in die Gonadenanlage ein. Unter dem Einfluss der eingewanderten Keimzellen (**c** u. **e**) beginnt in der indifferenten Gonadenanlage eine morphologische und funktionelle Spezialisierung in Richtung Mann oder Frau. Ab der 7. Embryonalwoche kann man dann anhand morphologischer Kriterien die Gonadenanlage geschlechtsspezifisch zuordnen: Es beginnt die Entwicklung zum Hoden (männlicher Embryo) bzw. zum Ovar (weiblicher Embryo, s. **C**).



B Entwicklung des Hodens

Schnittbild der Anlage von Hoden und Genitalgängen beim männlichen Embryo, Ansicht von oben (**a**) und von vorn (**b**).

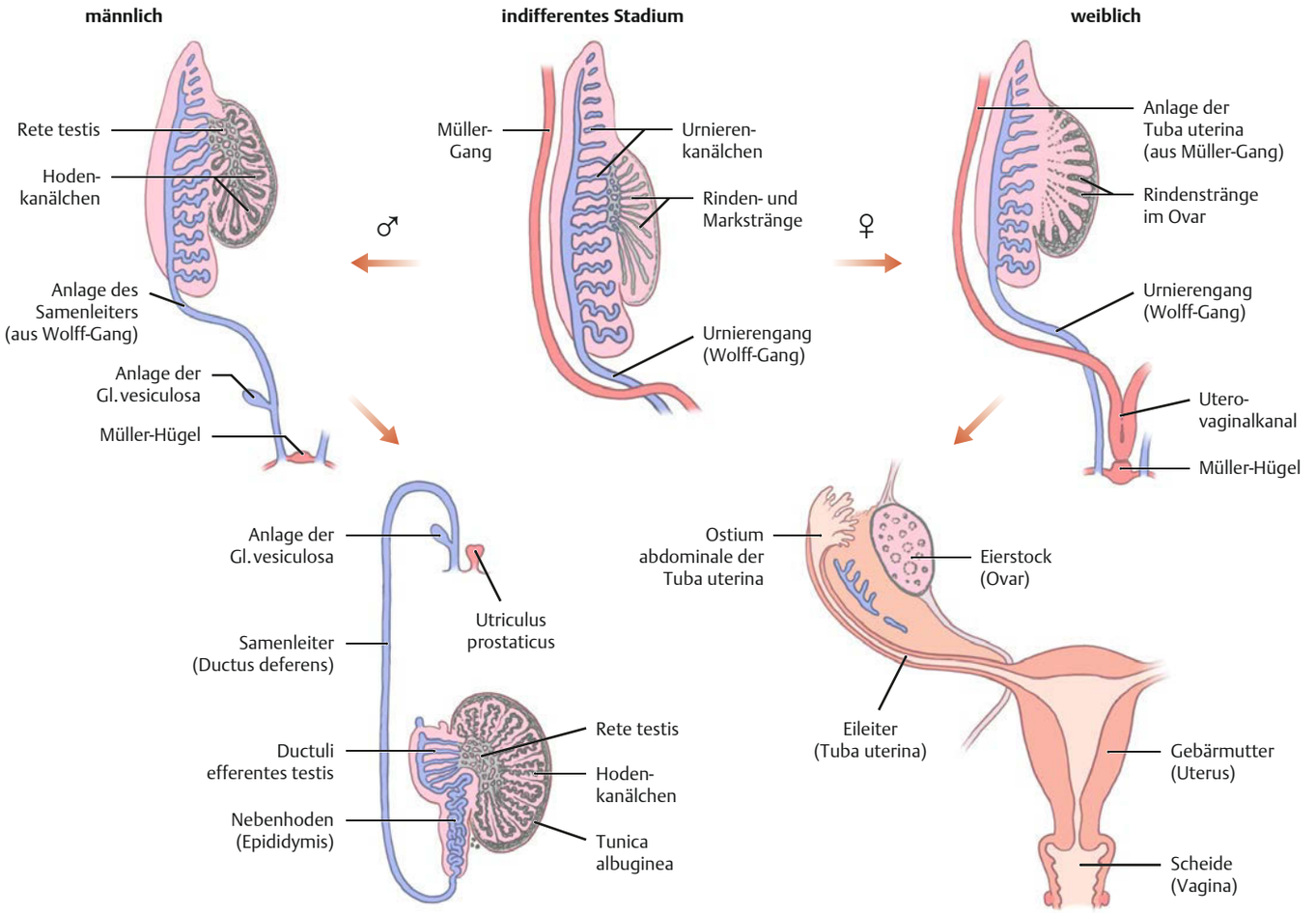
Die primären Keimstränge wachsen weiter in das Zentrum (= Mark) der Gonadenanlage ein und bilden dort die *Hoden-* oder *Markstränge.* Hilumnah entsteht in der Gonadenanlage aus den Keimsträngen ein Netz sehr feiner Kanälchen, das spätere *Rete testis,* das sich mit den Hodensträngen verbindet. Die Hodenstränge verlieren den Kontakt zum Zölomepithel und werden von diesem durch eine bindegewebige Schicht, die Tunica albuginea, getrennt. Um den 4. Embryonalmonat bilden die *hilumfernen* Enden der Hodenstränge hufeisenförmige Schlingen (die *hilumnahen* Enden sind bereits mit dem Rete testis verbunden, s. o.), womit ein zum Rete testis hin führendes System schlingenförmiger Stränge entsteht. Die zunächst soliden Hodenstränge bestehen nun aus Spermatogonien (aus den Urkeimzellen) und aus den Sertoli-Stützzellen (aus dem Oberflächenepithel der Gonadenanlage) und haben keine Querverbindungen mehr. Um die 7.–8. Embryonalwoche beginnen die Leydig-Zellen mit der Produktion des geschlechtsspezifischen Hormons Testosteron, das nun die geschlechtsspezifische Entwicklung der Genitalgänge induziert. Noch beim Embryo beginnt der Hoden einen Abstieg (Deszensus) aus seiner hohen abdominalen Lage durch den Leistenkanal in den Hodensack, das Scrotum. Seine Lage dort ist ein Reifezeichen des männlichen Neugeborenen. Erst mit Einsetzen der Pubertät (um das 12.–13. Lebensjahr) werden die Hodenstränge durch ein Lumen kanalisiert, man bezeichnet sie nun als *Samenkanälchen* (Tubuli seminiferi). Die Samenkanälchen haben jetzt anstelle der Hodenstränge Anschluss an das Rete testis, das seinerseits Anschluss gewinnt an Überreste der Urnierenkanälchen, die Ductuli efferentes testis. Diese münden in den Ductus deferens, der sich ebenfalls (unter Testosteroneinfluss) aus dem Urnierengang differenziert.

C Entwicklung des Ovars

Schnittbild der Anlage von Ovar und Genitalgängen beim weiblichen Embryo; Ansicht von oben (**a**) und von vorn (**b**).

Auch in das Ovar wachsen primäre Keimstränge ein. Sie werden durch mehrere, in die Keimstränge eindringende Mesenchymkeile in unregelmäßig große Zellhaufen unterteilt. Die Zellhaufen werden in das Zentrum das Ovars verlagert und durch Bindegewebe mit zahlreichen Gefäßen ersetzt. Dieses gefäßreiche Bindegewebe bildet dann das *Mark des Ovars* (Medulla ovarii). Aus dem Oberflächenepithel (Zölomepithel) der Ovaranlage dringen um die 7. Embryonalwoche erneut Epithelfortsätze strangförmig in das Mesenchym des Ovars ein und bilden eine 2. Generation von Strängen, die *Rindenstränge,* die aber im Gegensatz zu den primären Keimsträngen mehr oberflächenwärts gelagert sind. Auch die Rindenstränge werden im 4. Embryonalmonat durch Mesenchymkeile in einzelne kleinere Zellgruppen unterteilt. Diese kleinen Zellgruppen umgeben dann jeweils eine oder mehrere Keimzellen. Die Keimzellen entwickeln sich zu den *Oogonien,* die umgebende Schicht aus Rindenstrangepithel wird zum *Follikelepithel* (**b**). Das Mesenchym bildet um die Follikel herum die Theca folliculi. Das Ovar macht bei der Entwicklung einen Deszensus bis ins kleine Becken durch und erreicht eine Position im kleinen Becken. Die am Hilum des Ovars liegenden Urnierenkanälchen bilden sich weitestgehend zurück. Funktionslose Überreste können in Form von Paroophoron (= Epoophoron) erhalten bleiben (s. S. 64).

8.3 Entwicklung der Genitalwege



A Differenzierung von Wolff- und Müller-Gängen
Schnittbild der Anlage von Keimdrüsen und Genitalwegen, Ansicht von vorne.

Wie bei den Keimdrüsen auch, gibt es bei den Genitalwegen zunächst ein indifferentes Stadium ohne Geschlechterunterschied: Es sind zwei Gangpaare vorhanden, die sich in der Urogenitalleiste entwickeln, Urnierengänge (Wolff-Gänge) und Müller-Gänge. Beide Gänge bekommen Kontakt zur Wand des Sinus urogenitalis. Der *Urnierengang* ist ein Derivat des intermediären Mesoderms, der *Müller-Gang* entsteht durch eine längs von oben nach unten verlaufende Einstülpung des Zölomepithels.

Die Entwicklung der beiden Gänge wird hauptsächlich durch zwei Hormone der männlichen embryonalen Keimdrüse bestimmt, Testosteron und Anti-Müller-Hormon (AMH): Testosteron stimuliert die männliche Differenzierung der Wolff-Gänge, AMH führt aktiv zur Rückbildung der Müller-Gänge beim männlichen Embryo. Ohne diese Hormone bilden sich die (nicht stimulierten) Wolff-Gänge zurück; die Müller-Gänge können sich ohne Suppression durch AMH entwickeln.

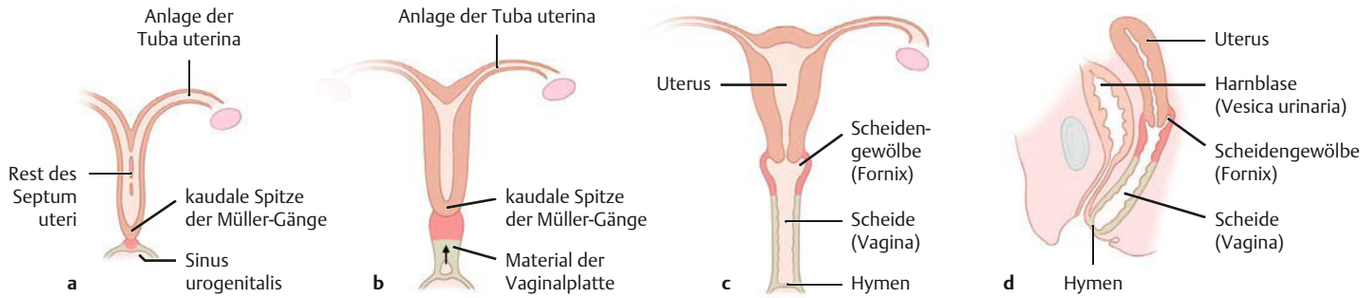
Beachte: Bei beiden Geschlechtern entwickeln sich aus den Wolff-Gängen die Harnleiter (Ureteren).

Männlicher Embryo

- Primäre Markstränge bilden das Rete testis.
- *Einige* Urnierenkanälchen gewinnen Anschluss an das Rete testis.
- Die *restlichen Urnierenkanälchen* bilden sich zurück. Als funktionsloser Rest bleibt die sog. Paradidymis.
- Der Wolff-Gang bildet den Ureter *und zusätzlich* Nebenhoden (Epididymis) und Samenleiter (Ductus deferens). Aus diesem entstehen die Bläschendrüse (Gl. vesiculosa) und der Ductus ejaculatorius.
- Aus dem Epithel der Urethra masculina (nicht dargestellt) bildet sich die Prostata. Der Ductus deferens gewinnt mit der Gl. vesiculosa Anschluss an den Ausführungsgang der Prostata. Der Müller-Hügel wird zum Colliculus seminalis, der Utriculus prostaticus ist ein Rudiment des Müller-Ganges.
- *Unter Einfluss von Anti-Müller-Hormon* bilden sich die *Müller-Gänge* zurück.

Weiblicher Embryo

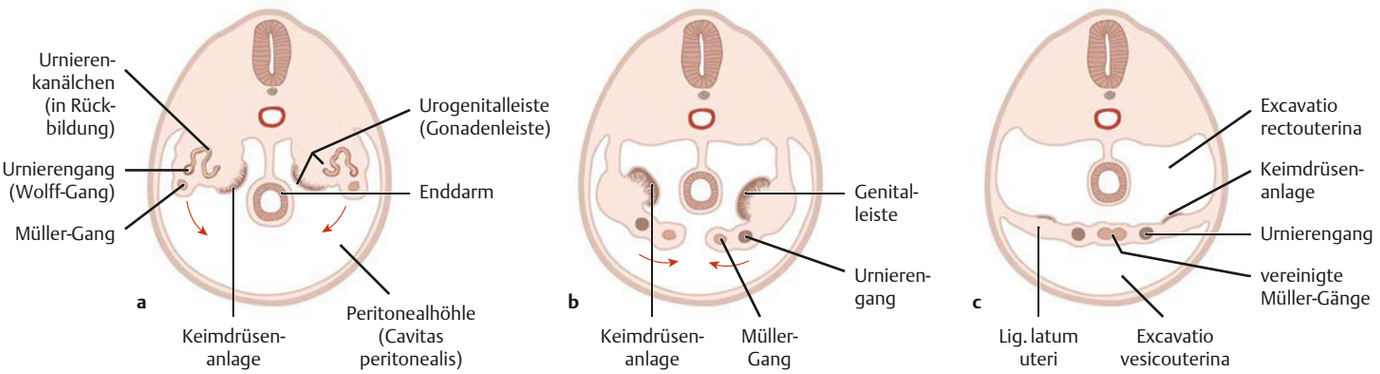
- Primäre Markstränge degenerieren.
- Es erfolgt *keinerlei Anschluss* von Urnierenkanälchen.
- *Alle* Urnierenkanälchen bilden sich zurück. Als funktionslose Reste bleiben Epo- und Paraophoron.
- Der Wolff-Gang bildet den Ureter, *restliche Ganganteile bilden sich zurück*. Funktionslose Reste können als sog. Gartner-Gang neben der Vagina persistieren.
- Die beiden Müller-Gänge vereinigen sich teilweise: die oberen Abschnitte bilden die paarigen Tubae uterinae, die unteren vereinigen sich zum Uterus (s. **C**).
- *Ohne Testosteron*stimulation bilden sich die *Wolff-Gänge* zurück.



B Die Entwicklung der Genitalwege beim weiblichen Embryo: Entstehung von Uterus, Tuba uterina und Vagina

Sicht von vorne (**a**–**c**) und links (**d**) auf die Anlagen von Tuben, Uterus und Vagina.

Während der weiteren Entwicklung gelangen die oberen Abschnitte der Müller-Gänge in eine horizontale Position, während die unteren weiterhin vertikal liegen bleiben. Die *horizontalen* Abschnitte der Müller-Gänge verbleiben getrennt in ihrer Lage im Becken und entwickeln sich zu den beiden Tubae uterinae, den Eileitern. Die offene Verbindung des ehemals oberen Gangabschnitts zur Zölomhöhle (die später zur Peritonealhöhle wird) weist als zeitlebens offenes Ende der Tuben (Ostium abdominale tubae uterinae) zum Ovar. Im *unteren* Abschnitt verschmelzen beide Gänge unter Bildung eines Septums zum Uterovaginalkanal. Das Septum löst sich auf, beide Gänge umfassen nun eine einheitliche Uterushöhle. Das untere Ende der vereinigten Müller-Gänge wächst weiter nach kaudal auf den Sinus urogenitalis zu. Kurz vor Erreichen des Sinus wächst den vereinigten Müller-Gängen eine Ausstülpung des Sinus urogenitalis entgegen, der Sinovaginalhöcker, der die kompakte Vaginalplatte bildet (**b**). Die Vaginalplatte wächst kontinuierlich nach kranial und wird bis zum 5. Embryonalmonat von kaudal nach kranial fortschreitend kanalisiert (**b**). Durch dieses Wachstum wird der Abstand der Uterusanlage zum Sinus urogenitalis wieder vergrößert. Die Vaginalplatte bildet das Epithel der Scheide, die Müller-Gänge bilden die restliche Vaginalwand. Die Vagina ist durch eine dünne Gewebsplatte, das Jungfernhäutchen (Hymen), gegen den Sinus urogenitalis unvollständig verschlossen (**c**, **d**). Wenn die Müller-Gänge nicht vollständig verwachsen oder sich das Septum nicht komplett auflöst, verdoppelt oder septiert sich die Uterushöhle (zu den möglichen Varianten s. **D**). Kanalisationsstörungen der Vaginalplatte führen zur mehr oder weniger kompletten Scheidenatresie.



C Verschmelzung der Urogenitalleisten beim weiblichen Embryo

Sicht von oben auf einen Horizontalschnitt des Abdominalsitus beim weiblichen Embryo. **a** Vorwölben der Urogenitalleisten; **b** Annäherung der Urogenitalleisten; **c** Verschmelzung der Urogenitalleisten.

Die Urogenitalleisten wölben sich durch Proliferation des mesodermalen Bindegewebes von kranial nach kaudal immer weiter nach vorne in die Zölomhöhle vor. Gleichzeitig werden beide Müller-Gänge nach medial verlagert und nähern sich so bis zur Kontaktbildung einander an. Mit dem Verschmelzen der beiden Müller-Gänge zum Uterovaginalkanal entsteht so im kleinen Becken eine frontal eingestellte (Binde-)Gewebsplatte, die sich aus dem Zusammenwachsen der beiden Urogenitalleisten und der in ihnen liegenden Müller-Gänge ergibt. Sie zieht seitlich an die Uterusanlage heran und wird später bei der Frau als *Lig. latum uteri* bezeichnet. Das Lig. latum teilt die Peritonealhöhle im kleinen Becken in einen vorderen und einen hinteren Bereich:

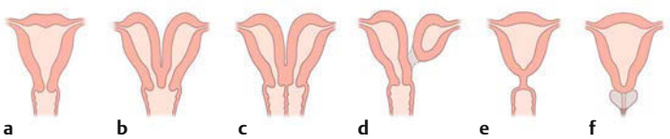
- vor dem Uterus (und hinter der Harnblase, hier nicht dargestellt): Excavatio vesicouterina,
- hinter dem Uterus (vor dem Enddarmabschnitt Rectum): Excavatio rectouterina.

Beachte: Die Keimdrüsenanlage gelangt durch die Kurvenbewegung der Urogenitalleiste aus einer nach vorne und medial gerichteten in eine nach hinten gerichtete Position: das Ovar liegt an der Rückseite des Lig. latum uteri.

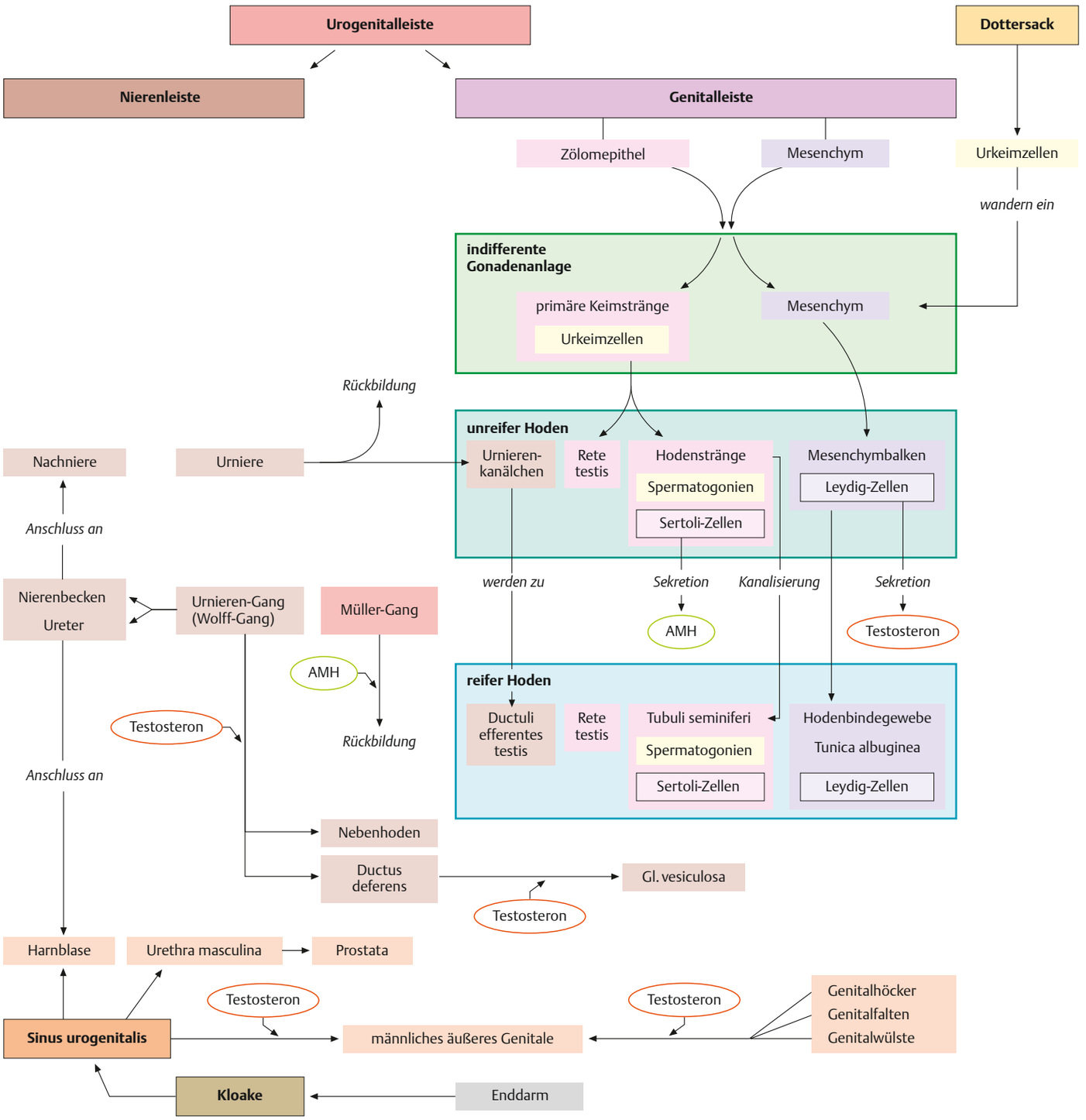
Die Müller-Gänge entwickeln sich lateral und vor den Urnierengängen (s. S. 59). Durch das Vorwölben der Genitalleisten und die Verschmelzung der Müller-Gänge gelangen sie in den unteren Abschnitten der Zölomhöhle in eine mediale Position zu den Wolff-Gängen. Aus den Wolff-Gängen entstehen auch bei der Frau die Ureteren, die auf ihrem Weg von den Nieren zur Harnblase das Lig. latum durchqueren müssen.

D Entwicklungsstörungen

Sicht auf die Anlage von Uterus und Vagina von vorne. Bei der Verschmelzung der Müller-Gänge kann es zu unterschiedlichen Entwicklungsstörungen kommen. Unvollständige Verschmelzung (**a**–**c**) mit mehr oder weniger ausgeprägter Doppelbildung des Uterus (und/oder der Scheide); einseitige rudimentäre Anlage eines „Uterushorns“ (**d**); Atresie (= Nichteröffnen) des Uterushalses (Cervix uteri, **e**); Atresie der Scheide (**f**), ggf. mit offenen Abschnitten. Fehlbildungen der Scheidenanlage, insbesondere die Atresie, können auch auf Entwicklungsstörungen des Sinus urogenitalis beruhen.



8.4 Vergleich der Geschlechter und Bezug zum Harnsystem

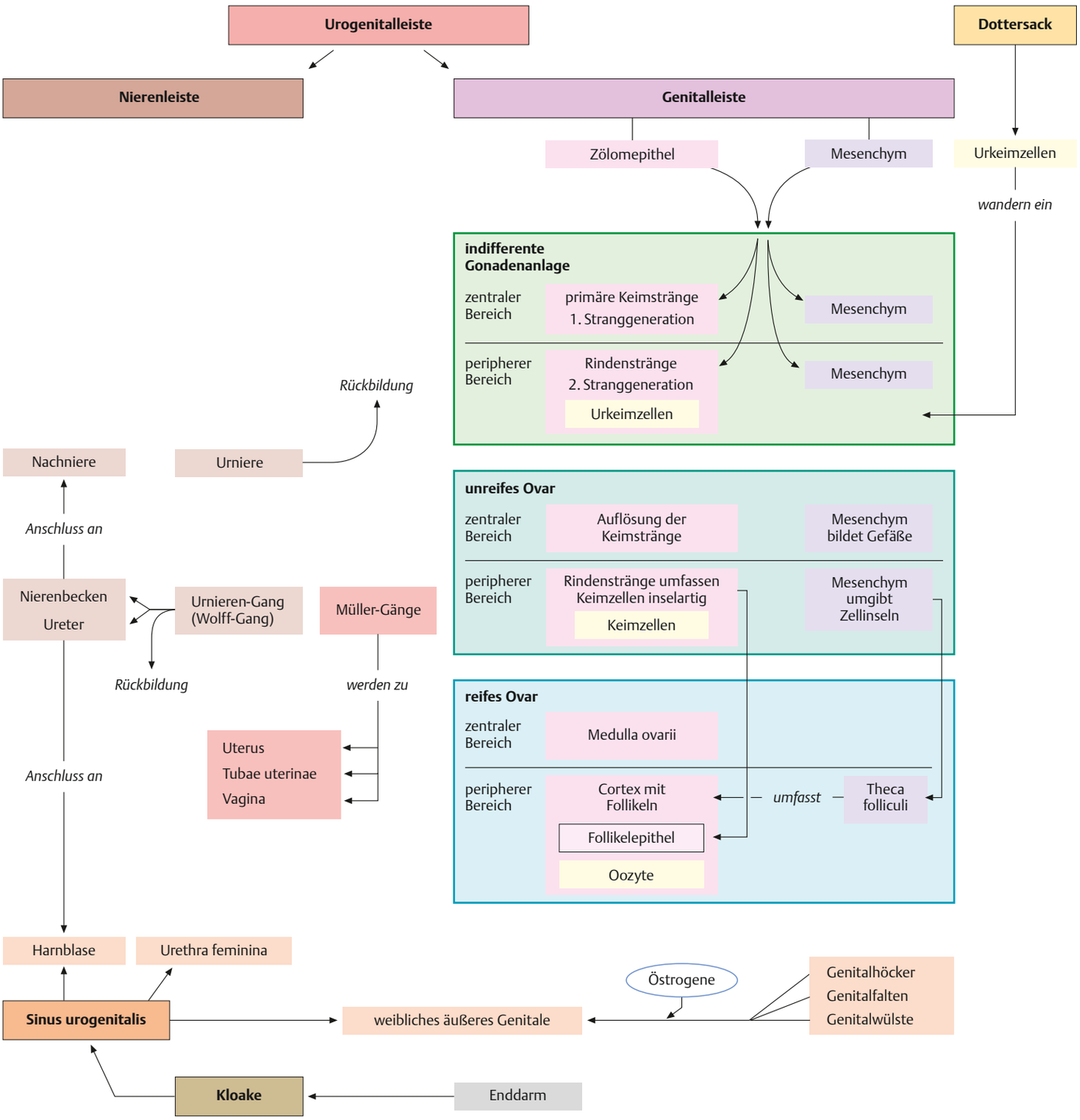


a

A Entwicklung des Genitalsystems im Geschlechtervergleich und Bezug zum Harnsystem

Schematische Übersicht über die Entwicklung des männlichen (**a**) und des weiblichen (**b**) Genitalsystems. Embryonale Residuen ohne Funktion sind nicht dargestellt (s. dazu **A**, S. 64). Der geschlechts*unspezifische* Anschluss des Genitalsystems an die Niere ist dargestellt, um die enge Verknüpfung beider Systeme zu zeigen.

Beachte: In beiden Gonadenanlagen entwickeln sich primäre Keimstränge. Diese bilden sich in der weiblich determinierten Anlage zurück, und es entsteht eine 2. Generation von Strängen, die Rindenstränge, die an der



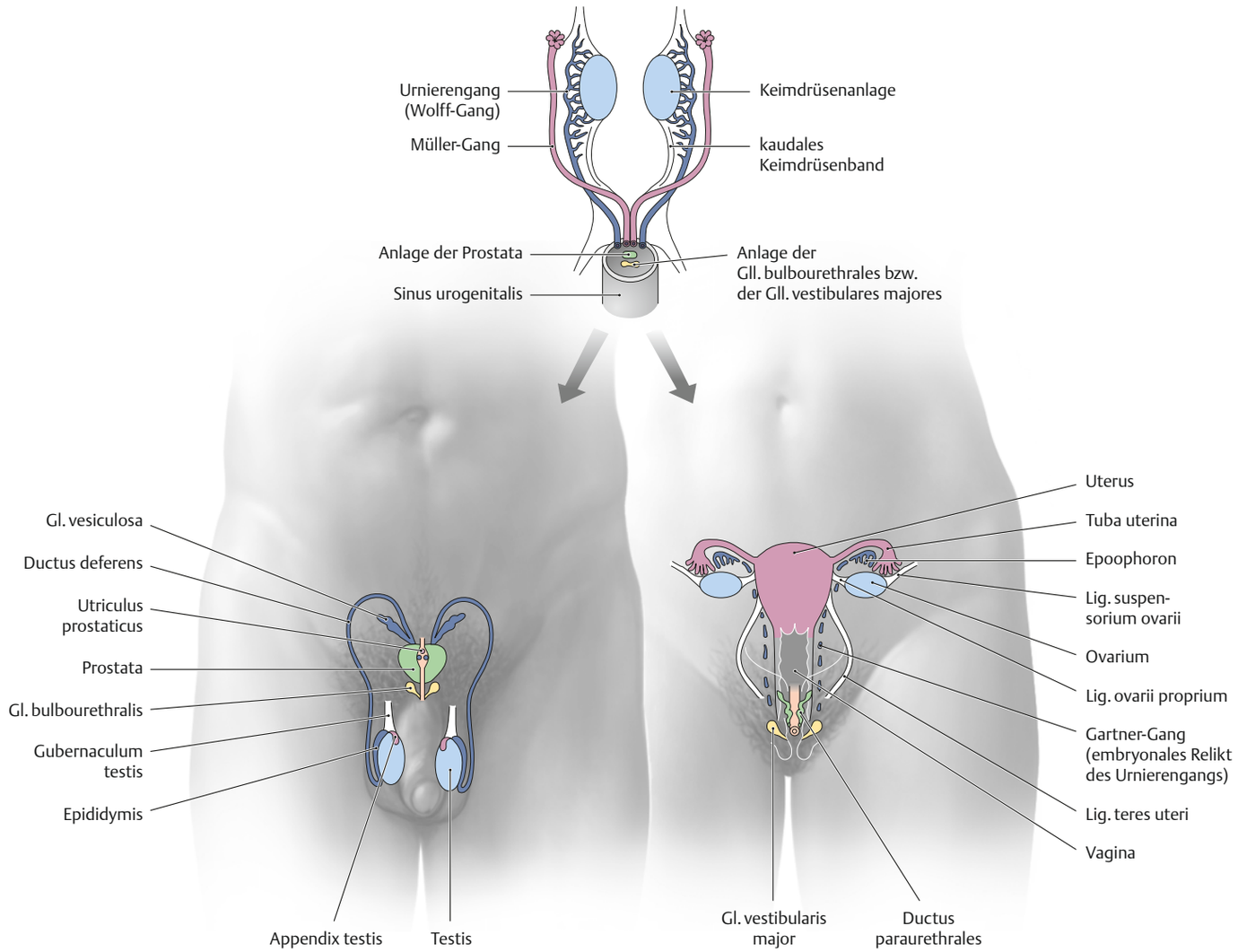
b

Entstehung der Follikel beteiligt sind. In der männlich determinierten Anlage werden die primären Keimstränge zu Marksträngen, aus denen die Samenkanälchen entstehen. Rindenstränge entstehen im Hoden nicht.
Für die Entwicklung eines männlichen Phänotypus sind sowohl Testosteron (Entwicklung der männlichen Gänge) als auch Anti-Müller-Hormon (AMH, Rückbildung des Müller-Gangs erforderlich). Fehlen diese beiden Hormone – oder sprechen die Gänge aufgrund eines Hormonrezeptormangels nicht auf die Hormonwirkung an – entwickelt sich auch ohne das Östrogen ein weiblicher Phänotypus.

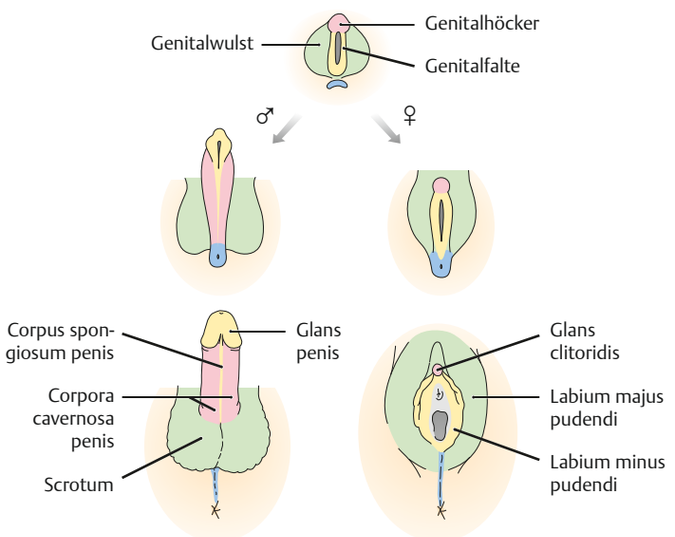
8.5 Vergleich embryonale – reife Struktur

A Vergleich embryonale – reife Struktur
Überblick über die bei beiden Geschlechtern angelegten embryonalen Strukturen, die sich entweder zu einer geschlechtsspezifisch *funktionell aktiven* Struktur des reifen Organismus entwickeln oder – ggf. nur in Teilen – als *(funktionslose) Rudimente* erhalten bleibt. Die Strukturen in der Tabelle sind in **B** und **C** grafisch einander gegenüber gestellt.

Embryonalanlage	Definitive Struktur beim Mann	Definitive Struktur bei der Frau	Residuen ohne Funktion beim Mann	Residuen ohne Funktion bei der Frau
Indifferente Gonade mit • Cortex • Medulla	Testis mit • Tubuli seminiferi • Rete testis	Ovar mit • Follikel • Stroma ovarii		
Urnierenkanälchen	Ductuli efferentes testis		Paradidymis (Beihoden)	Epo- und Paroophoron (Nebeneierstock)
Wolff-Gang (Urnierengang)	• Ductus epididymidis • Ductus deferens • Ductus ejaculatorius • Gl. vesiculosa • *Ureter* • *Pelvis renalis mit Calices renales, Sammelrohre*	• *Ureter* • *Pelvis renalis mit Calices renales, Sammelrohre*	Appendix epididymidis	Appendix vesiculosa Gartner-Gang
Müller-Gang		• Tuba uterina • Uterus • fibromuskuläre Anlage der Vagina	Appendix testis	Morgagni-Hydatide
Sinus urogenitalis	• Prostata • Gl. bulbourethralis • *Vesica urinaria* • *Urethra masculina*	• Vaginalepithel • Gll. vestibulares majores/minores • *Vesica urinaria* • *Urethra feminina*	Utriculus prostaticus	
Phallus (Genitalhöcker)	Corpus cavernosum penis	Clitoris, Glans clitoridis		
Genitalfalten	• Corpus spongiosum penis • Glans penis	• Labia minora pudendi • Bulbus vestibuli		
Genitalwülste	Scrotum	Labia majora pudendi		
Gubernaculum		• Lig. ovarii proprium • Lig. teres uteri	Gubernaculum testis	
Müller-Geschlechtshöcker			Colliculus seminalis	Hymen

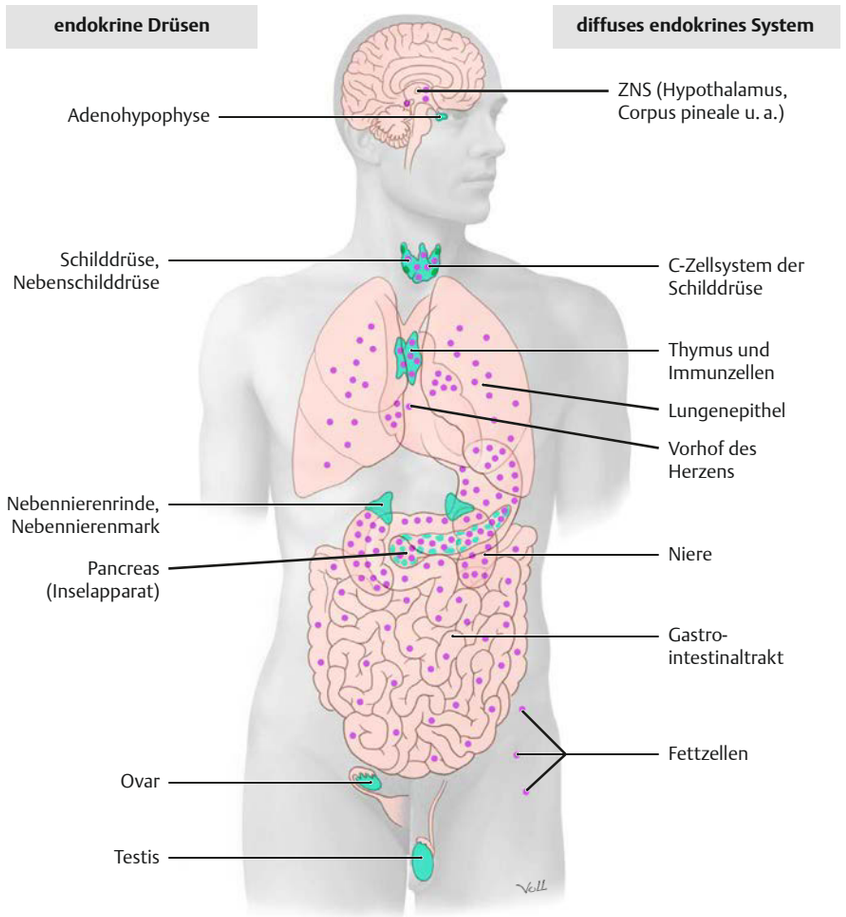


B Embryonale Anlage und reife Struktur des inneren Genitale
Schematische Darstellung der Genitalorgane bzw. ihrer embryonalen Anlagen, Ansicht von vorne. Die Organe und ihre Anlagen sind aus Gründen der Übersicht in ihrer jeweiligen Position nicht maßstabsgetreu dargestellt.
Beachte: Die Genitalorgane liegen im kleinen Becken oder – wie der Hoden im Scrotum – sogar außerhalb der Körperhöhlen. Die Genitalwege, die sich aus dem Wolff-Gang bzw. dem Müller-Gang entwickeln, senken sich mit dem Deszensus der Keimdrüsen ab und kommen so aus ihrer kraniokaudalen Ausrichtung in eine (bei der Frau mit den beiden Tuben) fast horizontale Lage bzw. stehen gleichsam „auf dem Kopf" wie der Ductus deferens, der von unten kommend aus dem Scrotum in die Leibeshöhle zurückzieht.

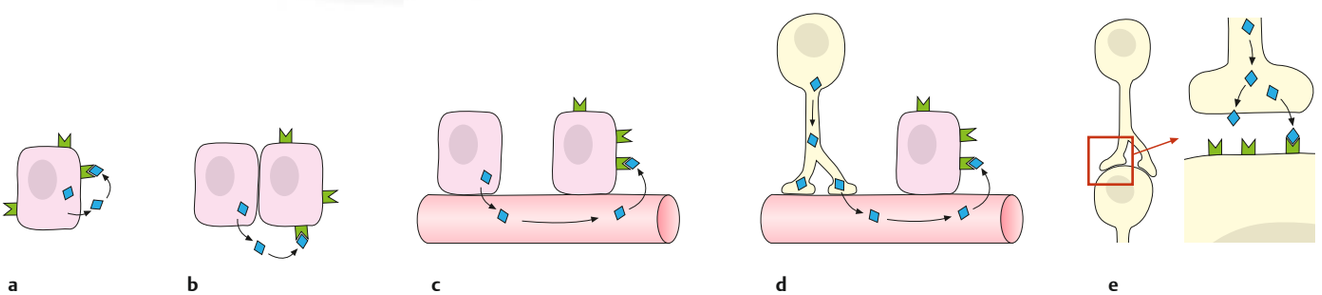


C Embryonale Anlage und reife Struktur des äußeren Genitale
Schematische Darstellung der am Beckenboden liegenden äußeren Genitalien, Ansicht von unten.
Die Urethra entsteht bei beiden Geschlechtern aus dem Sinus urogenitalis. Beim Mann wird sie als Urethra masculina Harn- und Geschlechtsorgan, bei der Frau bleibt sie als Urethra feminina ein reines Harnorgan, liegt aber mit ihrer Position direkt vor dem Scheideneingang und zwischen den Schamlippen in unmittelbarer Nähe des äußeren weiblichen Genitales. In systematischer Hinsicht sind aber bei der Frau die inneren und äußeren Genitalorgane von den Harnorganen vollständig getrennt. Wegen der topografischen Nähe auch beim weiblichen Organismus – insbesondere am äußeren Genitale – können Entwicklungsstörungen eines Systems das andere jedoch in Mitleidenschaft ziehen (z. B. in Form einer unphysiologischen Gangverbindung zwischen Urethra und Scheide, der sog. Urethrovaginalfistel).

9.1 Übersicht



A Endokrines System
Das endokrine System dient durch die Sekretion von Botenstoffen (= Hormonen) der Kommunikation von Zellen untereinander und koordiniert so die Körperfunktionen. Hinsichtlich dieser Koordinierungsfunktion ist es eng mit dem Nervensystem verbunden, das ähnliche Aufgaben übernimmt. Zum endokrinen System gehören zunächst die klassischen endokrinen Drüsen, die *makroskopisch-präparatorisch* darstellbar sind (links). Daneben gibt es einzelne Zellen oder kleine Gruppen von Zellen, die ebenfalls Hormone freisetzen, jedoch nur *histologisch* darstellbar sind: diffuse endokrine Zellen (rechts). Sie befinden sich in vielen Organen des Körpers einschließlich der endokrinen Drüsen.
Da endokrine Organe Hormone produzieren, die in geringen Konzentrationen auf andere Zellen wirken, sind sie klein und präparatorisch wenig ergiebig. Auch histologisch sind sie nicht leicht zu klassifizieren, da sie viele verschiedene Klassen von Hormonen produzieren (s. **C**). Im Vordergrund stehen daher in diesem Überblick über das endokrine System funktionelle und biochemische Aspekte.



B Arten der hormonellen Kommunikation
Das Prinzip der hormonellen Regulation besteht in Folgendem: eine Zelle sezerniert ein Hormon, ein Hormonrezeptor erkennt dieses Hormon und löst eine Signaltransduktionskaskade aus; dies führt zu Veränderungen in der Zelle, die den Hormonrezeptor besitzt.

a Autokrine Sekretion: das Hormon wird von der Zelle synthetisiert und sezerniert, die auch den Rezeptor besitzt, die Zelle stimuliert sich also selbst. Diese autokrine Sekretion spielt besonders bei Tumorzellen eine wichtige Rolle.

b Parakrine Sekretion: das Hormon wird in die Gewebsflüssigkeit abgegeben und gelangt durch Diffusion zu benachbarten Zellen, die den Hormonrezeptor tragen. Dies ist die primitivste Form der Hormonwirkung; sie wurde schon früh in der Evolution entwickelt und ist auch beim Menschen weit verbreitet. Diffuse endokrine Zellen (s. o.) wirken auf diese Art; ebenso erfolgt die Kommunikation im Immunsystem, z. B. durch Interleukine, parakrin.

c Endokrine Sekretion: das Hormon wird von der sezernierenden Zelle in das Blut abgegeben und mit diesem zur rezeptortragenden Zelle transportiert. Alle großen endokrinen Drüsen funktionieren nach diesem Prinzip.

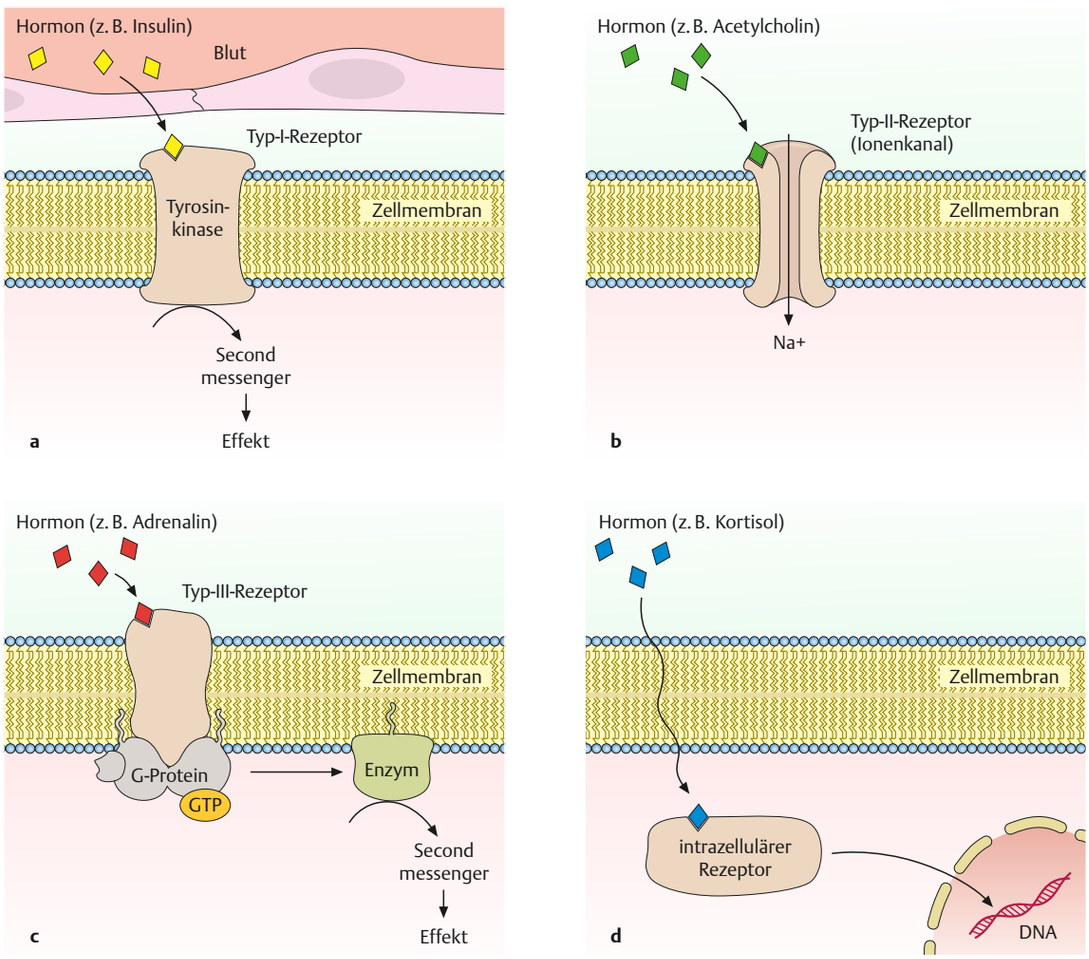
d Neurosekretion: ein Neuron gibt als sezernierende Zelle seinen Transmitter, der als Hormon wirkt, direkt in den Blutstrom ab. Die Neurosekretion ist eine Übergangsform zwischen endokriner Sekretion und synaptischer Übertragung. Sie illustriert die enge Beziehung zwischen Nerven- und Endokrinsystem.

e Synaptische Transmission (= neurokrine Sekretion): Die synaptische Übertragung ist eine Sonderform der parakrinen Sekretion. Dabei wird der Transmitter (=„Hormon“) vom Neuron, das die präsynaptische Membran bildet, abgegeben. Der Transmitter diffundiert durch den allerdings örtlich sehr begrenzten synaptischen Spalt zur postsynaptischen Membran mit ihrem Rezeptor. Der prinzipiell gleiche Mechanismus wie bei der parakrinen Sekretion ist offensichtlich.

C Einteilung der Hormone in lipophile und hydrophile Substanzen (nach Karlson)

Hormone können hydrophil oder hydrophob (= lipophil) sein, was die große Heterogenität ihrer Synthese und Wirkung bedingt. Hydrophobe Hormone sind z. B. Steroidhormone, die im glatten endoplasmatischen Retikulum synthetisiert werden; hydrophile Proteohormone hingegen werden im rauen endoplasmatischem Retikulum synthetisiert. Deshalb unterscheidet sich der Organellenbesatz hormonproduzierender Zellen erheblich.

	lipophil	hydrophil
Signalstoff	• Steroidhormone • Iodthyronine • Retinoat	• Aminosäuren und ihre Derivate • Peptidhormone • Proteohormone
Transport im Plasma	gebunden	meist frei
Halbwertszeit	lang (Stunden bis Tage)	kurz (Minuten)
Rezeptoren	intrazellulär	membranständig
Wirkungsweise	Transkriptionskontrolle	über Membranproteine und intrazelluläre Signalkaskaden



D Klassen der Hormonrezeptoren

Hormonrezeptoren lassen sich in vier Klassen einteilen.

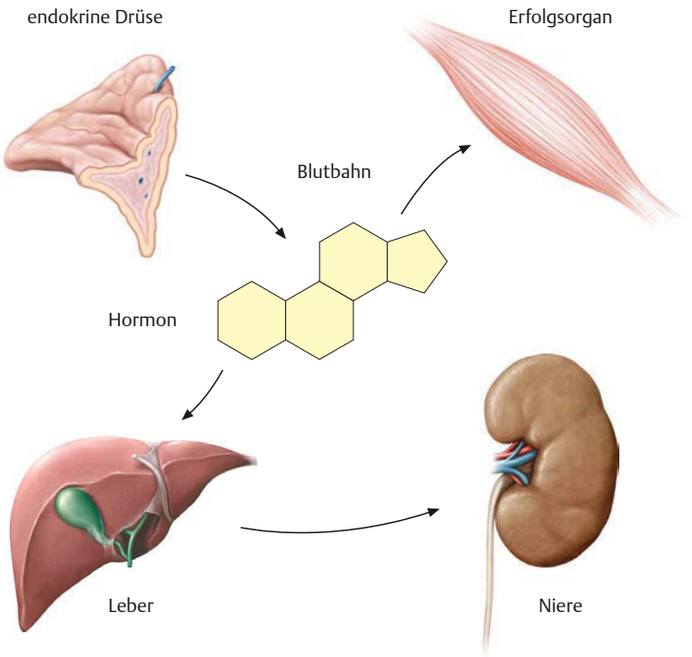
a Typ-I-Rezeptoren: das Rezeptorprotein ist in die Lipiddoppelschicht der Zellmembran eingebettet und selbst ein Enzym. Das Hormon bindet an die Rezeptorbindungsstelle an der Zelloberfläche, die enzymatische Reaktion läuft dagegen an der Zytoplasmaseite der Membran ab, wo sich die Substratbindungsstelle für enzymatische Reaktionen befindet. Das Enzym ist meistens eine Tyrosinkinase, die Tyrosinreste von Proteinen phosphoryliert. *Beispiel: Insulinrezeptor.*

b Typ-II-Rezeptoren: die Rezeptoren sind Ionenkanäle, die nach Ligandenbindung ihre Ionenleitfähigkeit ändern. *Beispiel: Acetylcholinrezeptor* in Neuronen, ein weiteres Beispiel für die enge Verknüpfung von Endokrin- und Nervensystem.

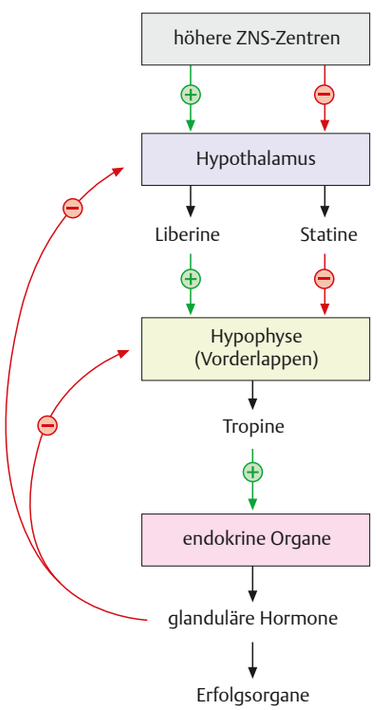
c Typ-III-Rezeptoren: die Hormonrezeptoren aktivieren G-Proteine (Guaninnukleotid bindende Proteine), die ihrerseits intrazelluläre Proteine aktivieren (indirekte Aktivierung). Dies ist die größte Klasse von Hormonrezeptoren. *Beispiel: Adrenalinrezeptor.*

d Intrazelluläre Rezeptoren: Lipophile Hormone passieren die Zellmembran direkt und aktivieren intrazellulär gelegene Rezeptoren. Diese regeln zumeist die Genexpression. *Beispiel: Kortisolrezeptor.*
Beachte: Die über die Genexpression geregelte Hormonwirkung besitzt viel mehr zeitliche Latenz als z. B. die über Typ-II-Rezeptoren vermittelte, die direkt wirkt.

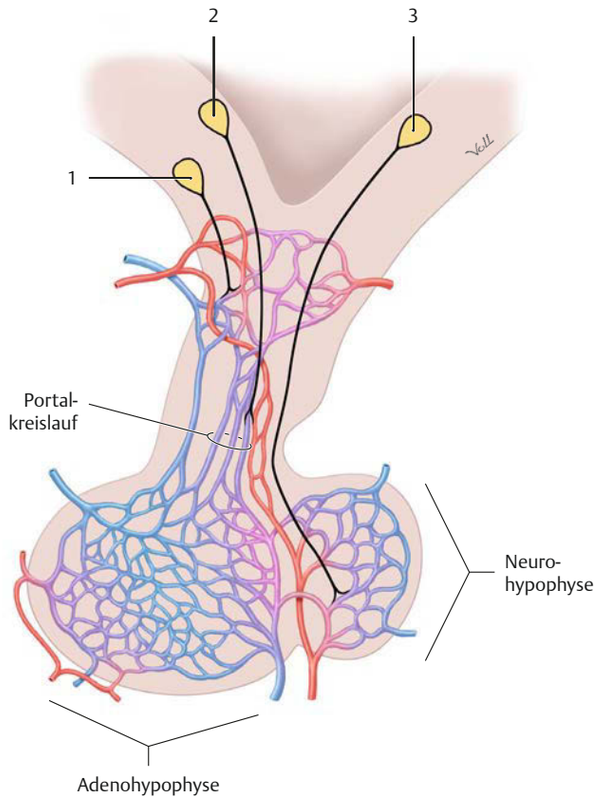
9.2 Regelkreise im endokrinen System



A Stoffwechsel eines Hormonsystems
Das Hormon, hier als Beispiel ein Steroidhormon, wird von den Zellen einer endokrinen Drüse (hier als Beispiel Nebennierenrinde) produziert und bei Bedarf in das Blut abgegeben. Mit dem Blutstrom gelangt das Hormon an das Erfolgsorgan (hier: Skelettmuskulatur). Hier wird es von Rezeptoren gebunden, welche die Hormonwirkung in der Zelle vermitteln. Das Hormon wird in der Leber abgebaut, die Abbauprodukte werden dann über die Niere ausgeschieden.



B Regelkreis eines Hormonsystems
Hemmende (rot) und fördernde (grün) Faktoren aus höheren Hirnzentren üben Einfluss auf den Hypothalamus aus, der ein Teil des Zwischenhirns ist und eine übergeordnete Schaltstation für einen großen Teil des Hormonstoffwechsels darstellt. Überwiegen fördernde Faktoren, werden Liberine freigesetzt, überwiegen hemmende Faktoren Statine. Bei Überwiegen der fördernden Faktoren vermittelt das Liberin in der Adenohypophyse (dem Hypophysenvorderlappen = größter Teil der Hypophyse) die Freisetzung eines glandotropen Hormons (Hormon, das auf eine periphere endokrine Drüse z. B. Nebenniere oder Schilddrüse wirkt). Dieses Hormon regt seinerseits die Drüse zur Hormonfreisetzung an. Dieses neu aus der Drüse freigesetzte Hormon wirkt dann stimulierend auf die peripheren Erfolgsorgane, gleichzeitig aber – im Sinne einer Rückkoppelung – hemmend auf die Hypophyse und den Hypothalamus, so dass es nicht zu einer überschießenden Hormonproduktion kommt. Bei der Regulation der Hormonproduktion sind also mehrere Hormone nach Art einer Kette hintereinandergeschaltet, wobei zwischen den Gliedern der Kette Rückkoppelungsmechanismen existieren.



C Hypothalamisch – hypophysäre Achse der Hormonregulation

Hypothalamus und Hypophyse sind das oberste Regulationszentrum für den Hormonhaushalt der endokrinen Drüsen. Sie sind durch den Hypophysenstiel miteinander verbunden. Im Hypophysenstiel gibt es zwei Arten der Verbindung zwischen Hypothalamus und Hypophyse, die Verbindung über den Blutweg (Pfortadersystem) und die Verbindung über Axone:

- auf dem Verbindungsweg „Pfortadersystem“ (Portalkreislauf) werden Statine und Liberine, die im Hypothalamus im Zellleib der Neurone 1 und 2 synthetisiert werden, über kurze Axone an Pfortaderblutgefäßen freigesetzt. In den Blutgefäßen werden sie zu den Zellen im Hypophysen*vorder*lappen *(Adenohypophyse)* transportiert. Diese Zellen in der Adenohypophyse produzieren dann die Hormone, die in den Körperkreislauf freigesetzt werden. Die Neurone 1 und 2 sind dabei sog. „neuroendokrine Transducer“: sie wandeln neurale Informationen in hormonale um, indem sie ihren Transmitter in den Blutstrom des Portalkreislaufs abgeben und nicht an anderen Nervenzellen enden;
- über *lange* Axone werden Hormone von Neuron 3, das ebenfalls im Hypothalamus liegt, in den Hypophysen*hinter*lappen *(Neurohypophyse)* transportiert und dort lokal freigesetzt. Das Axon von Neuron 3 endet – im Unterschied zu den Axonen der Neurone 1 und 2 – direkt in der Neurohypophyse, wo sein Transmitter direkt in das Blut und unter Umgehung eines Portalkreislaufs abgegeben wird: Neurosekretion. Damit ist das Neuron 3 selbst der neuroendokrine Transducer. Die Hormone Oxytocin und Vasopressin (= ADH) werden auf diese Weise freigesetzt.

Beachte: Die Sekretion der disseminierten endokrinen Zellen im Verdauungs- und Atemtrakt wird nicht von dieser Achse gesteuert.

D Wichtige Bildungsorte von Hormonen und hormonähnlichen Substanzen

Hormone sind lebensnotwendige chemische Botenstoffe, die der Kommunikation zwischen den Zellen eines Organismus dienen. Meist wirken sie in sehr geringen Mengen auf die Stoffwechselvorgänge ihrer Zielzellen. Die verschiedenen Hormone lassen sich unterscheiden anhand:

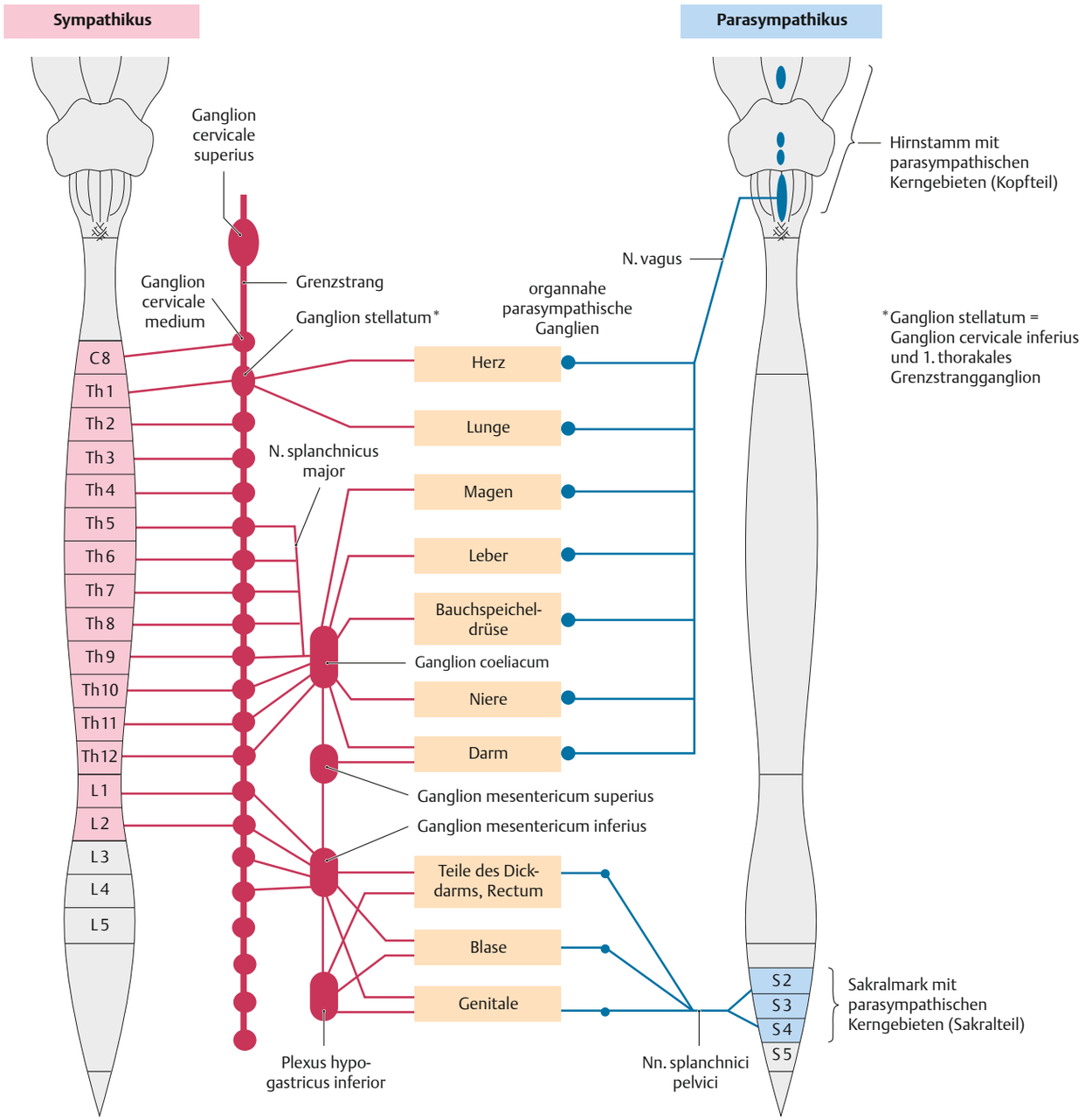
- ihres Bildungsortes,
- ihres Wirkortes,
- ihres Wirkmechanismus oder
- ihrer chemischen Struktur.

Man unterscheidet z. B. Steroidhormone (z. B. Testosteron, Aldosteron), Aminosäurederivate (z. B. Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin, Serotonin), Peptidhormone (z. B. Insulin, Glucagon) und Fettsäurederivate (z. B. Prostaglandine).

Hauptbildungsorte	Hormone/hormonähnliche Substanzen
Klassische endokrine Hormondrüsen	
Hirnanhangdrüse (Adenohypophyse, Neurohypophyse)	ACTH (adrenokortikotropes Hormon, Corticotropin) TSH (thyroideastimulierendes Hormon, Thyrotropin) FSH (follikelstimulierendes Hormon, Follitropin) LH (luteinisierendes Hormon, Lutropin) STH (somatotropes Hormon, Somatotropin) MSH (melanozytenstimulierendes Hormon, Melanotropin) PRL (Prolactin) ADH (Adiuretin oder Vasopressin) und Oxytocin (im Hypothalamus gebildet und über die Neurohypophyse ausgeschüttet)
Zirbeldrüse (Corpus pineale, Epiphyse)	Melatonin
Schilddrüse (Glandula thyroidea)	Thyroxin (T4) und Trijodthyronin (T3)
C-Zellen der Schilddrüse	Calcitonin
Nebenschilddrüsen (Epithelkörperchen oder Glandulae parathyroideae)	Parathormon
Nebennieren (Glandulae suprarenales)	Mineralo- und Glucocorticoide, Androgene, Adrenalin und Noradrenalin
Inselorgan der Bauchspeicheldrüse (Langerhans-Inseln des Pancreas)	Insulin, Glucagon, Somatostatin und pankreatisches Polypeptid
Eierstock (Ovar)	Östrogene und Gestagene
Hoden (Testis)	Androgene (v. a. Testosteron)
Mutterkuchen (Placenta)	Choriongonadotropin, Progesteron
Hormon bildende Gewebe und Einzelzellen	
zentrales und autonomes Nervensystem	neuronale Überträgersubstanzen (Transmitter)
Teile des Zwischenhirns (z. B. Hypothalamus)	Steuerhormone (Liberine und Statine)
System der gastrointestinalen endokrinen Zellen im Magen- Darm-Trakt	Gastrin, Cholecystokinin, Sekretin
Herzvorhöfe	atriales natriuretisches Peptid
Niere	Erythropoetin
Leber	Angiotensinogen, Somatomedine
Immunorgane	Thymushormone, Zytokine, Lymphokine
Gewebshormone	Eikosanoide, Prostaglandine, Histamin, Bradykinin

10.1 Sympathikus und Parasympathikus

Das vegetative (autonome) oder Eingeweidenervensystem innerviert die inneren Organe. Es wird in drei Abschnitte unterteilt, die aus didaktischen Gründen hier getrennt besprochen werden, funktionell aber eine Einheit bilden: Sympathikus, Parasympathikus und enterisches Nervensystem.



A Aufbau von Abschnitten des Sympathikus (rot) und Parasymphatikus (blau) für die Eingeweide

Die Neurone des Sympathikus liegen im Seitenhorn des untersten Zervikal-, Thorakal- und obersten Lumbalmarks, die Neurone des Parasympathikus in Teilen der Hirnnervenkerne und im Sakralmark. Für die Eingeweide von Hals, Thorax und Abdomen ist von den Hirnnerven nur der N. vagus von Bedeutung. Sowohl beim Sympathikus als auch beim Parasympathikus werden die aus dem ZNS stammenden 1. Neurone in Ganglien des peripheren Nervensystems auf ein 2. Neuron umgeschaltet (s. **C** u. **D**).

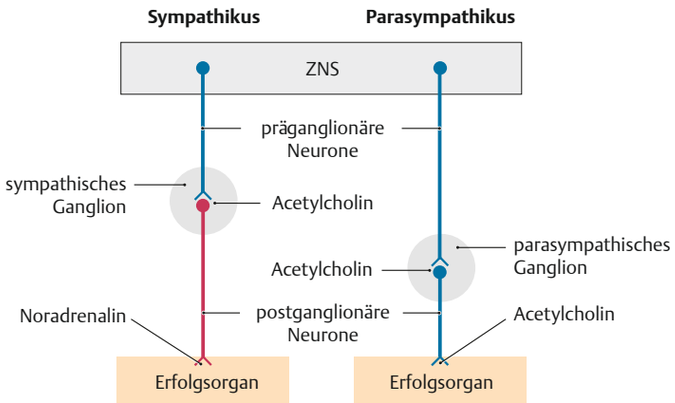
- Im Sympathikus erfolgt die Umschaltung vom 1. auf das 2. Neuron in den Grenzstrangganglien (Ganglien des Truncus sympathicus für Rumpf und Extremitäten), in prävertebralen Ganglien (Eingeweide), in organnahen Ganglien (Eingeweide) oder in den Organen selbst (nur Nebennieren).
- Im Parasympathikus erfolgt die Umschaltung des N. vagus für die Eingeweide in organnahen Ganglien.

Die Begriffe Sympathikus und Parasympathikus bezogen sich nach Langley (1905) ursprünglich nur auf die efferenten Neurone und ihre Axone (viszeroefferente Fasern; nur diese sind dargestellt). Inzwischen wurde nachgewiesen, dass in Sympathikus und Parasympathikus auch Afferenzen verlaufen (Viszeroafferenzen, Schmerz- und Dehnungsrezeptoren; hier nicht dargestellt, s. S. 72).

B Synopsis von Sympathikus und Parasympathikus

1. Der Sympathikus ist der anregende Teil des autonomen Nervensystems, Fluchtreaktionen: *Fight or flight!*
2. Der Parasympathikus koordiniert Ruhe und Verdauungsphasen des Körpers: *Rest and digest!*
3. Obwohl beide Teile getrennte Kerngebiete enthalten, sind sie in der Peripherie anatomisch und funktionell eng verknüpft.
4. Der Transmitter am Erfolgsorgan ist beim Parasympathikus Acetylcholin, beim Sympathikus Noradrenalin.
5. Die Stimulation von Sympathikus und Parasympathikus erzeugt folgende unterschiedliche Wirkungen an einzelnen Organen:

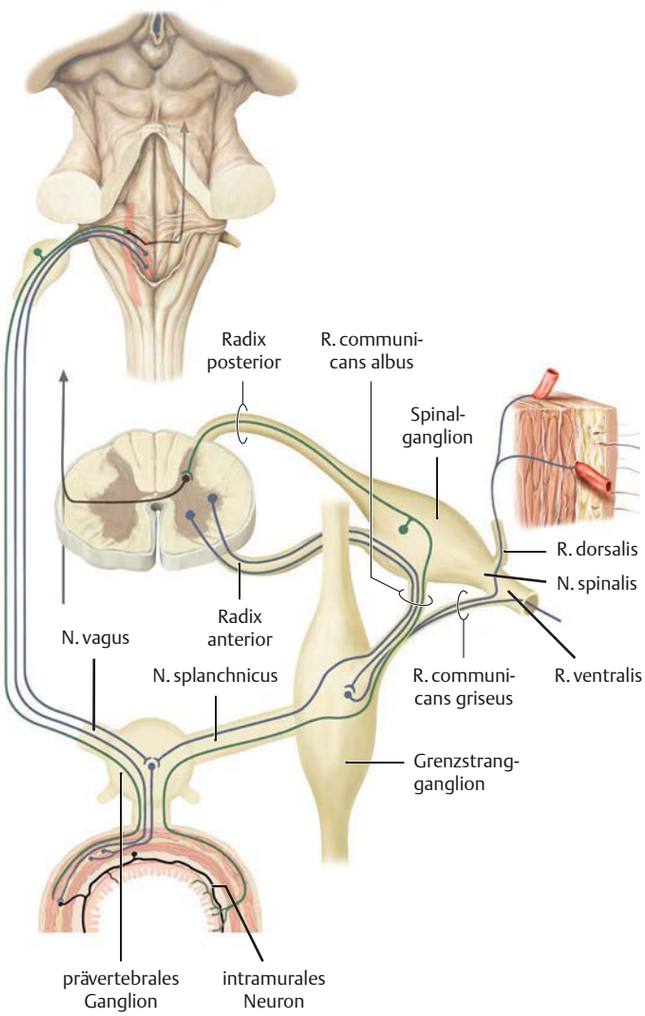
Organ	Sympathikus	Parasympathikus
Herz	Beschleunigung der Herzfrequenz	Verlangsamung der Herzfrequenz
Lungen	Verminderung von Bronchialsekret und Erweiterung der Bronchien	Vermehrung von Bronchialsekret und Verengung der Bronchien
Magen-Darm-Trakt	verminderte Sekretion/ Motorik	vermehrte Sekretion/ Motorik
Bauchspeicheldrüse	verminderte Sekretion des endokrinen Anteils	vermehrte Sekretion
männliche Sexualorgane	Ejakulation	Erektion



C Schaltschema des vegetativen Nervensystems

Das zentral gelegene 1. Neuron enthält als Überträgersubstanz bei Sympathikus *und* Parasympathikus *Acetylcholin* (cholinerges Neuron, blau dargestellt); beim Sympathikus wird es in den Ganglien auf *Noradrenalin* (adrenerges Neuron, rot dargestellt) umgeschaltet, beim Parasympathikus bleibt der Neurotransmitter Acetylcholin auch im 2. Neuron erhalten.

Beachte: Für beide Transmitter gibt es *verschiedene Rezeptortypen* (= Sensoren für Transmitter), die in der Membran der Zielzellen lokalisiert sind. So können die beiden Transmitter – in Abhängigkeit vom Rezeptortyp – ganz verschiedene Wirkungen auslösen.



D Nerven und Ganglien im vegetativen Nervensystem der inneren Organe

Obwohl Sympathikus und Parasympathikus an verschiedenen Orten aus dem Zentralnervensystem austreten (s. **A**), bilden sie organnah, in den Körperhöhlen, eine enge strukturelle und funktionelle Einheit. Die Perikarien der präganglionären, 1. Neurone des **Sympathikus** liegen im Seitenhorn des Rückenmarks. Ihre Axone verlassen es durch die Vorderwurzel (Radix ventralis) und ziehen über den R. communicans albus (weiß, da myelinisiert) in das Grenzstrangganglion. Die Umschaltung auf das 2. Neuron kann an drei Orten erfolgen:

- Die sympathischen Fasern für Extremitäten und Rumpfwand werden im Grenzstrangganglion umgeschaltet und ziehen über den R. communicans griseus (grau, da nicht myelinisiert) zum Spinalnerv zurück.
- Die sympathischen Fasern für die Eingeweide ziehen zumeist als Nn. splanchnici durch die Grenzstrangganglien hindurch, um in prävertebralen oder in organnahen Ganglien umgeschaltet zu werden. Von hier ziehen die Axone zu den Organen. Im hier dargestellten Organbeispiel Darm (intramurales Neuron) beeinflusst das sympathische Nervensystem dann nachgeschaltet das enterische Nervensystem, das als 3. Teil des vegetativen Nervensystems angesehen wird (s. S. 73).
- Die sympathischen Fasern für das Nebennierenmark werden im Organ selbst umgeschaltet (nicht dargestellt).

Die präganglionären Neurone des **Parasympathikus** für die Eingeweide der Körperhöhlen stammen vom N. vagus oder aus dem Sakralmark (nicht dargestellt). Sie werden entweder in den organnahen Ganglien oder in den inneren Organen selbst (intramural) auf das 2. Neuron umgeschaltet. Sowohl an die sympathischen als auch an die parasympathischen Nervenfasern lagern sich afferente Schmerzfasern an (hier ebenfalls in grün dargestellt). Die Axone dieser Fasern stammen von pseudounipolaren Neuronen, die entweder im Spinalganglion oder in den Ganglien des N. vagus lokalisiert sind (s. S. 72).

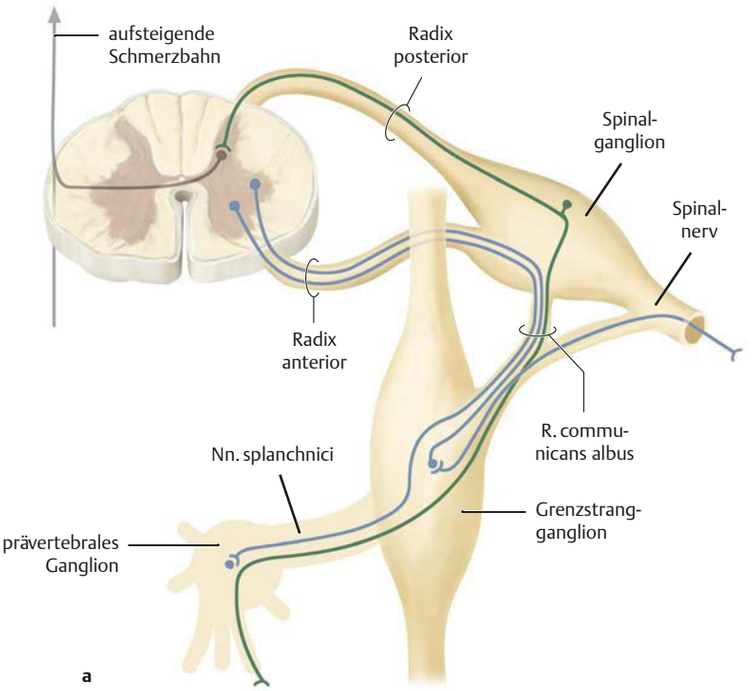
10.2 Afferenzen des vegetativen Nervensystems und enterisches Nervensystem

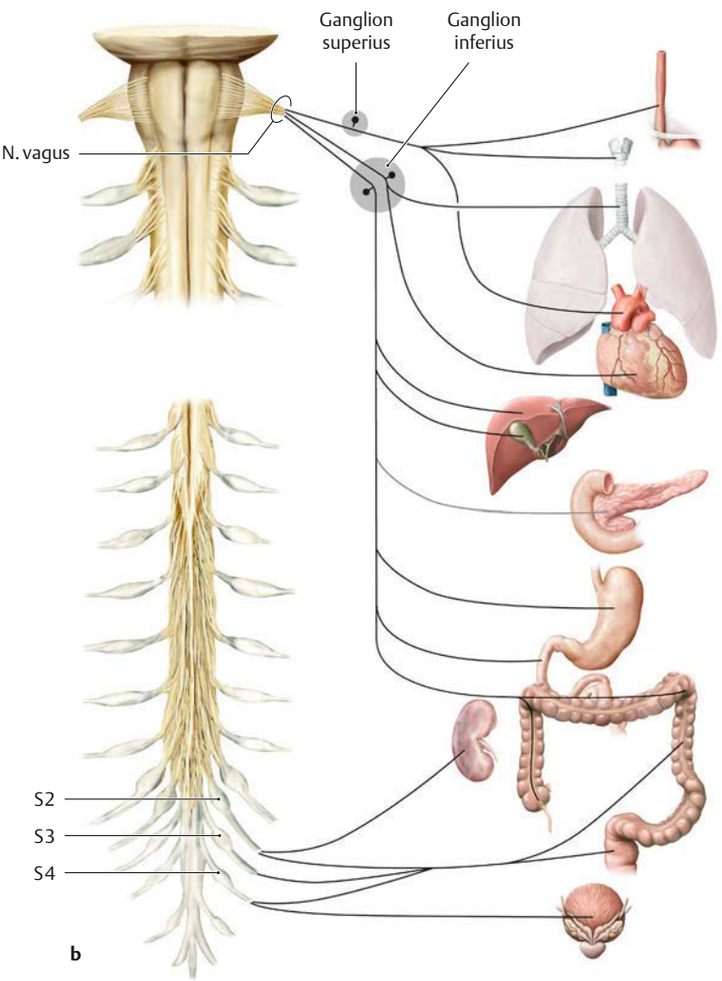
A Übertragung von Schmerzafferenzen aus den Eingeweiden über Sympathikus und Parasympathikus (nach Jänig)
a Schmerzfasern des Sympathikus; **b** Schmerzfasern des Parasympathikus.

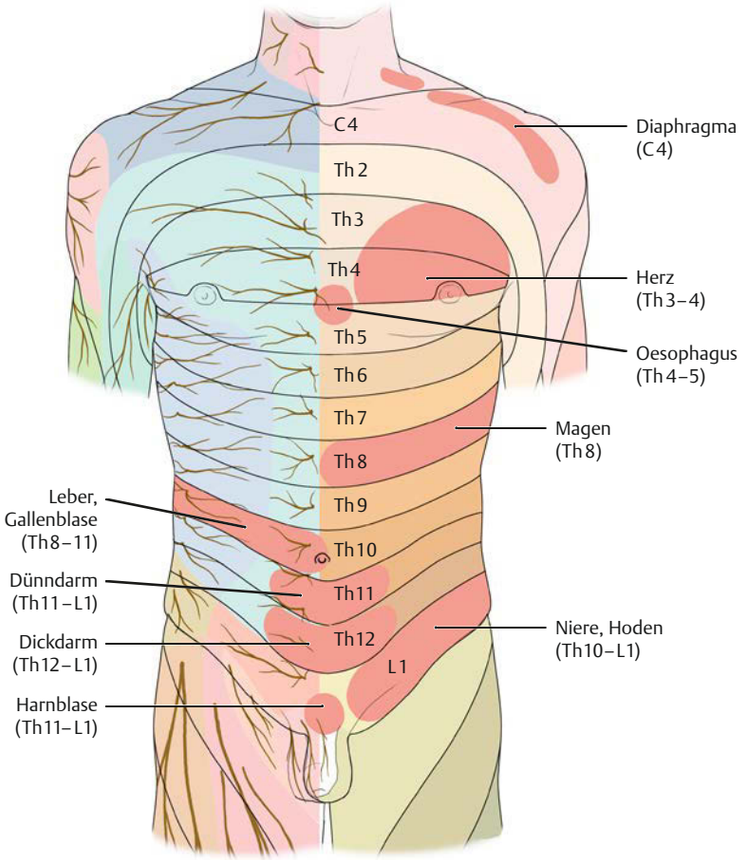
Zusätzlich zu den oben beschriebenen Efferenzen ziehen über große Teile parallel in Sympathikus und Parasympathikus Axone von Schmerzafferenzen – auch wenn diese insgesamt nur 5 % aller schmerzafferenten Fasern ausmachen. Quantitativ spielen sie deshalb eine untergeordnete Rolle; sie werden zumeist bei Läsionen in den Organen aktiv.

a Die schmerzleitenden (noziafferenten) Axone aus den Eingeweiden verlaufen mit den Nn. splanchnici zu den Grenzstrangganglien und gelangen über den R. communicans albus zum Spinalnerv und ziehen mit der Hinterwurzel des Spinalnervs zum Spinalganglion, wo das zu diesen Axonen gehörende Perikaryon liegt. Vom Ganglion ziehen die Axone über die Hinterwurzel zum Hinterhorn des Rückenmarks weiter. Dort werden sie umgeschaltet und finden Anschluss an die aufsteigende Schmerzbahn.
Beachte: Im Gegensatz zum efferenten System finden in den noziafferenten Fasern keine Umschaltungen in den peripheren Ganglien statt.

b Die Perikarien der schmerzleitenden pseudounipolaren Neurone liegen beim *kranialen* Parasympathikus im Ganglion inferius bzw. superius des N. vagus, beim *sakralen* Parasympathikus in den sakralen Spinalganglien S2–4. Ihre Fasern verlaufen parallel zu den efferenten Vagusfasern. Sie finden dann zentral Anschluss an die schmerzverarbeitenden Systeme.

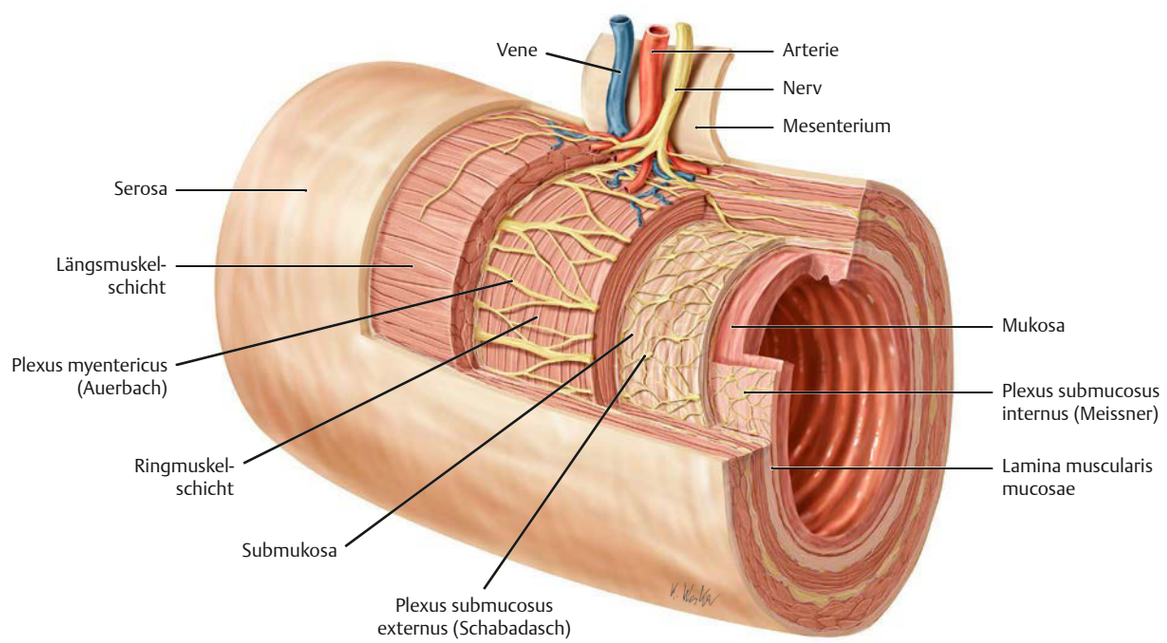






B Head-Zonen

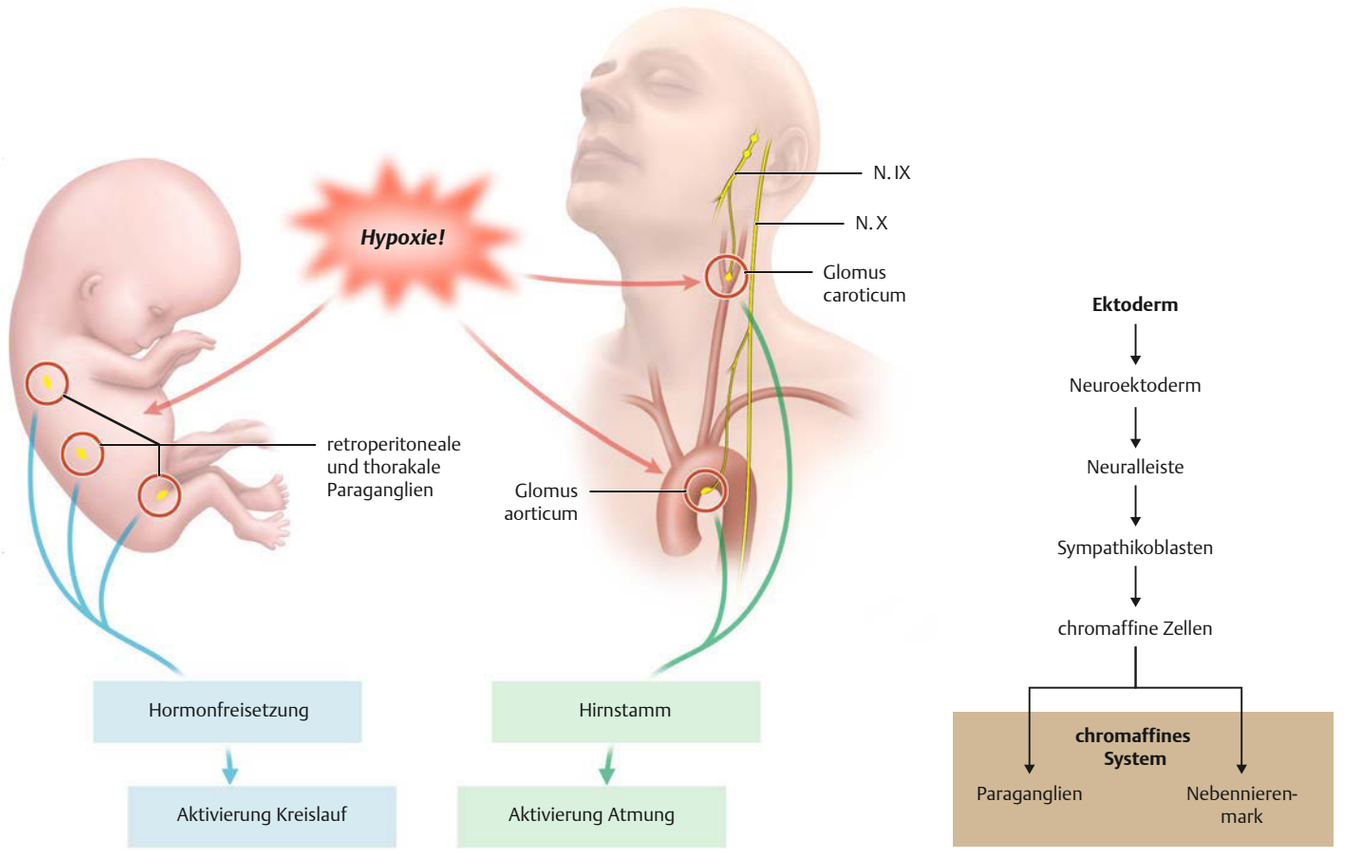
Man vermutet, dass Schmerzafferenzen aus inneren Organen (viszerale Schmerzen) und Schmerzen aus Dermatomen (somatische Schmerzen) an den selben weiterverarbeitenden Neuronen im Hinterhorn des Rückenmarks enden. Durch diese Vermischung viszero- und somatoafferenter Fasern geht die strikte Zuordnung von Schmerzentstehung und Schmerzwahrnehmung verloren. Der Cortex ordnet dann z. B. Schmerzimpulse aus dem Magen der Bauchwand zu. Dieses Phänomen bezeichnet man als weitergeleiteten Schmerz (referred pain). Die Schmerzimpulse aus einem bestimmten inneren Organ werden regelhaft auf dieselben, fest definierten Hautareale projiziert, so dass diese Schmerzprojektion entscheidende Hinweise auf das erkrankte Organ liefert. Die Hautareale, auf die bestimmte innere Organe ihre Schmerzimpulse projizieren, werden nach ihrem Erstbeschreiber, dem englischen Neurologen Sir Henry Head, als Head-Zonen bezeichnet. Dieses Erklärungsmodell berücksichtigt nur die periphere Verarbeitung von Impulsen, die im Cortex als Schmerzen wahrgenommen werden. Warum z. B. umgekehrt somatische Schmerzen nicht als Eingeweideschmerzen wahrgenommen werden, ist unklar.



C Enterisches Nervensystem am Beispiel des Dünndarms

Als dritter und eigenständiger Teil des vegetativen Nervensystems wird das enterische Nervensystem angesehen („The gut as a small brain."). Es wird deshalb hinter Sympathikus und Parasympathikus in einer eigenen Abbildung behandelt. Das enterische Nervensystem besteht aus kleinen Neuronenverbänden, die in der Wand des Darmrohres mikroskopisch sichtbare, zu Plexus zusammengelagerte Ganglien bilden. Grob unterscheidet man den *Plexus subserosus* (hier nicht dargestellt), den *Plexus myentericus (Auerbach),* der zwischen Längs- und Ringmuskulatur liegt und den *Plexus submucosus* (in der Submukosa), der zusätzlich in einen Plexus submucosus externus (Schabadasch) und internus (Meissner) unterteilt wird (zu noch feineren Schichten des enterischen Nervensystems s. Histologielehrbücher). Diese Neuronenverbände sind die Grundlage autonomer Reflexbahnen. Sie können prinzipiell ohne äußere Innervation arbeiten, ihre Aktivität wird jedoch stark von Sympathikus und Parasympathikus beeinflusst. Beispiele für Aktivitäten, die durch das enterische Nervensystem beeinflusst werden sind: enterische Motilität, Sekretion in das Darmrohr und lokale Durchblutung des Darmrohres.

10.3 Paraganglien



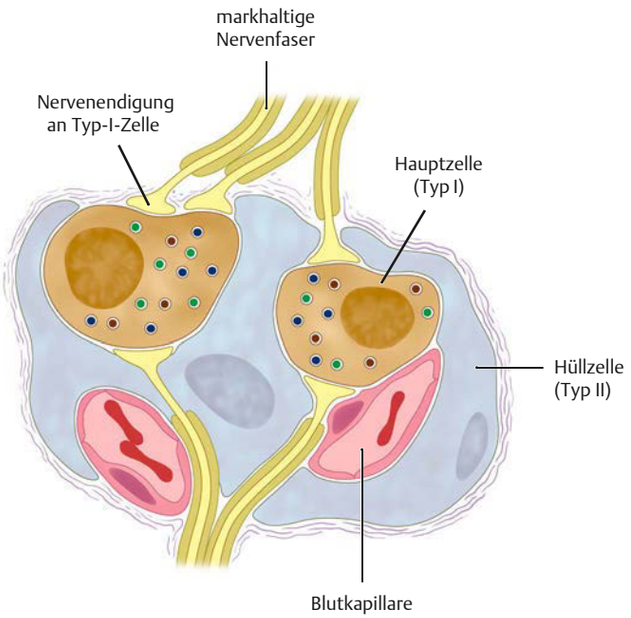
A Definition, Funktion und Einteilung der Paraganglien

Ganglien sind Ansammlungen von Nervenzellkörpern im peripheren Nervensystem. Paraganglien sind Ansammlungen von spezialisierten Neuronen im peripheren Nervensystem, die teilweise eine endokrine Funktion besitzen. Sie stehen damit zwischen dem Nerven- und dem Hormonsystem. Die nur wenige Millimeter großen Paraganglien dienen als „Frühwarn- und Kontrollsystem" für Sauerstoffmangel im arteriellen Blut (Hypoxie). Sie messen kontinuierlich den intraarteriellen O_2- und CO_2-Partialdruck sowie den pH-Wert, sind funktionell also *Chemosensoren*. Beim Fetus steigern Paraganglien bei Hypoxie die Kreislaufaktivität, in dem sie Hormone freisetzen. Beim reifen Organismus nach der Geburt senden bestimmte Paraganglien bei Hypoxie über Nerven ein Signal an den Hirnstamm. Der Hirnstamm steigert reflektorisch die Atmung und verbessert damit die Sauerstoffversorgung. Paraganglien sind also für die Regulation der Sauerstoffversorgung im Organismus von zentraler Bedeutung. Nach ihrer Lage im Körper lassen sich zwei Typen unterscheiden:

- *Retroperitoneale Ganglien:* Sie liegen beim Embryo und beim kleinen Kind sehr zahlreich im Thorax und im *Retroperitoneal*raum des Abdomens neben *(=„para")* den Ganglien des Truncus sympathicus. Auch im Bereich des Genitale finden sich solche Ganglien. Beim Erwachsenen nimmt ihre Zahl sehr stark ab. In der Fetalperiode und unter der Geburt schütten sie bei Hypoxie das Hormon Noradrenalin aus, dadurch steigen Blutdruck und Pulsfrequenz des Ungeborenen. Über ihre funktionelle Bedeutung beim Erwachsenen wird diskutiert. Eine vergleichsweise große und lagekonstante Paragangliengruppe in der Höhe des Abgangs der A. mesenterica inferior aus der Aorta abdominalis wird als *„Zuckerkandl-Organ"* bezeichnet.
- *Glomusorgane* (insbesondere das *Glomus caroticum* und das *Glomus aorticum; Glomus = Knäuel*): Sie liegen *extra*vasal in der Gabel der A. carotis communis (*Glomus caroticum;* Höhe Zervikalwirbel IV; pro Seite eines) und am Aortenbogen (meist multipel als *Glomera aortica*). Funktionell sind sie direkt mit den Hirnnerven IX *(N. glossopharyngeus; Glomus caroticum)* und X *(N. vagus; Glomera aortica)* assoziiert, über die ihr Signal den Hirnstamm erreicht. Das Hypoxiesignal der Glomusorgane führt zu einer Steigerung der Atmungsaktivität. Beim Ungeborenen, das noch keine selbstständige äußere Atmung hat, sind sie funktionell nicht bedeutend.
- Ein an der V. jugularis interna schädelbasisnah liegendes *Glomus jugulare* ist inkonstant. Über seine Funktion ist wenig bekannt. Es ist hier nicht dargestellt.

B Herkunft der Paraganglien

Paraganglien entstammen der Neuralleiste, also dem Neuroektoderm. Mit dem ebenfalls der Neuralleiste entstammenden Nebennierenmark teilen sie ein zentrales histologisches Merkmal (s. **C**): sog. *„chromaffine Zellen"*. Chromaffine Zellen enthalten Granula *(chromaffine Granula)*, in denen Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin, Dopamin) als Hormone oder Neurotransmitter gespeichert sind. Fixiert man solche Zellen histologisch mit Chromsalzen, färben sich die Granula (und damit indirekt die Zellen) graubraun. Histophysiologisch ist die Bezeichnung *„chromaffine Zelle"* ein Synonym für *„Katecholamin bildende Zelle"*. Das Nebennierenmark und die Paraganglien, die beide Katecholamine bilden und deren Zellen deswegen chromaffine Granula enthalten, werden histologisch gemeinsam zum *„chromaffinen System"* gerechnet. Chromaffine Zellen leiten sich embryologisch aus einer speziellen neuroektodermalen Zelle, dem *„Sympathikoblasten"*, ab. Aufgrund der embryonalen Verwandtschaft und der histochemischen Gemeinsamkeiten wird – allerdings nicht einheitlich in der Literatur – das Nebennierenmark als „Sonderform der Paraganglien" aufgefasst.

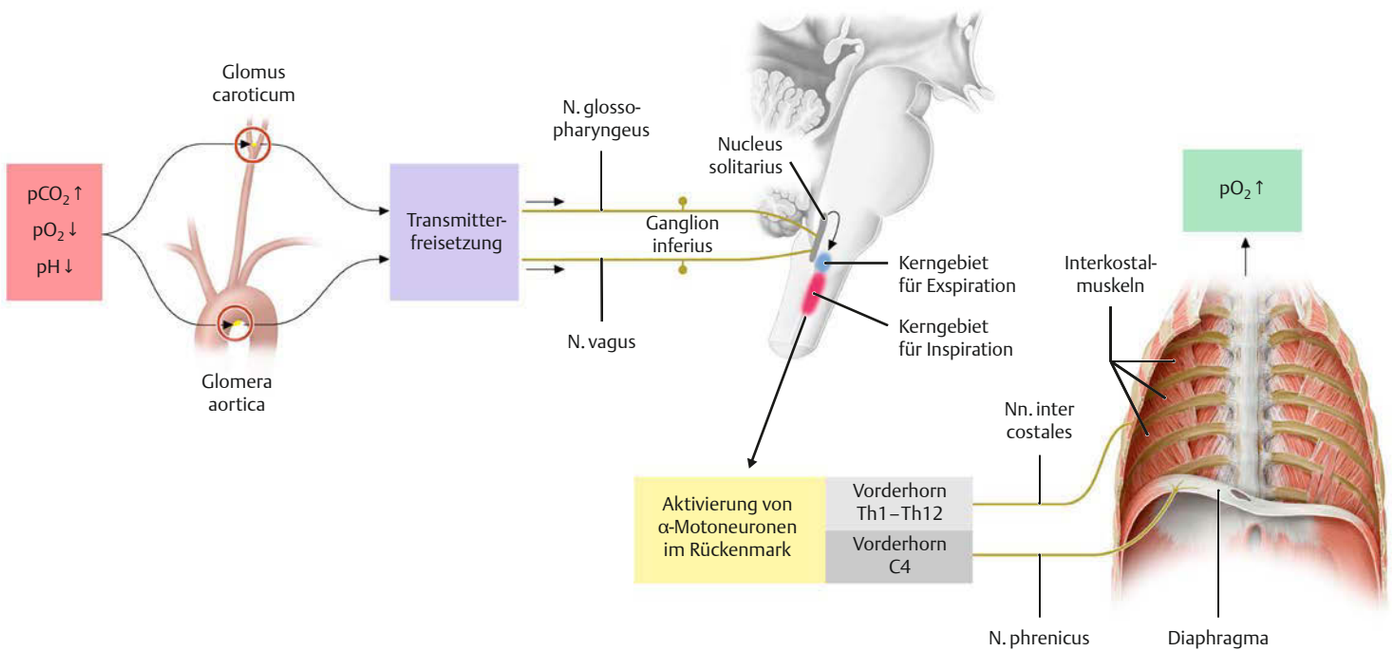


C Aufbau der Paraganglien

Dargestellt ist der schematische Aufbau eines Glomusorgans. Paraganglien enthalten mindestens zwei Zelltypen:

- *Hauptzellen = Typ-I-Zellen (braun):* Sie speichern Katecholamine (insbesondere Dopamin), Serotonin und Enkephaline in kleinen Granula und sezernieren Dopamin als *Neurotransmitter*. Sie sind funktionell die eigentlichen Chemosensoren und morphologisch die *chromaffinen Zellen*. Als *sekundäre* Sinneszellen besitzen sie keine Axone, werden aber von afferenten Nervenfasern (der Hirnnerven IX oder X) kontaktiert.
- *Hüllzellen* = Typ-II-Zellen (blau): Sie umkleiden die Typ-I-Zellen und werden zur peripheren Glia gerechnet. Sie sind nicht chemosensitiv, sollen aber die Signalübertragung der Hauptzelle zur Nervenfaser unterstützen.

Glomusorgane enthalten zahlreiche sensible Nervenendigungen (blau) der Hirnnerven IX und X und sind über das *Ganglion inferius n. IX (Glomus caroticum)* bzw. *X (Glomus aorticum)* mit dem *Nucleus solitarius* verschaltet, der seinerseits auf Neurone des Atemzentrums der Medulla oblongata projiziert (s. **D**). Glomusorgane sind reich vaskularisiert mit einem *fenestrierten* Epithel. Ihre relative Durchblutung ist 25 mal so stark wie die des Gehirns! Diese extreme Durchblutung stellt sicher, dass kontinuierlich „repräsentative" Blutmengen hinsichtlich ihres O_2- bzw. CO_2-Gehaltes kontrolliert werden können.



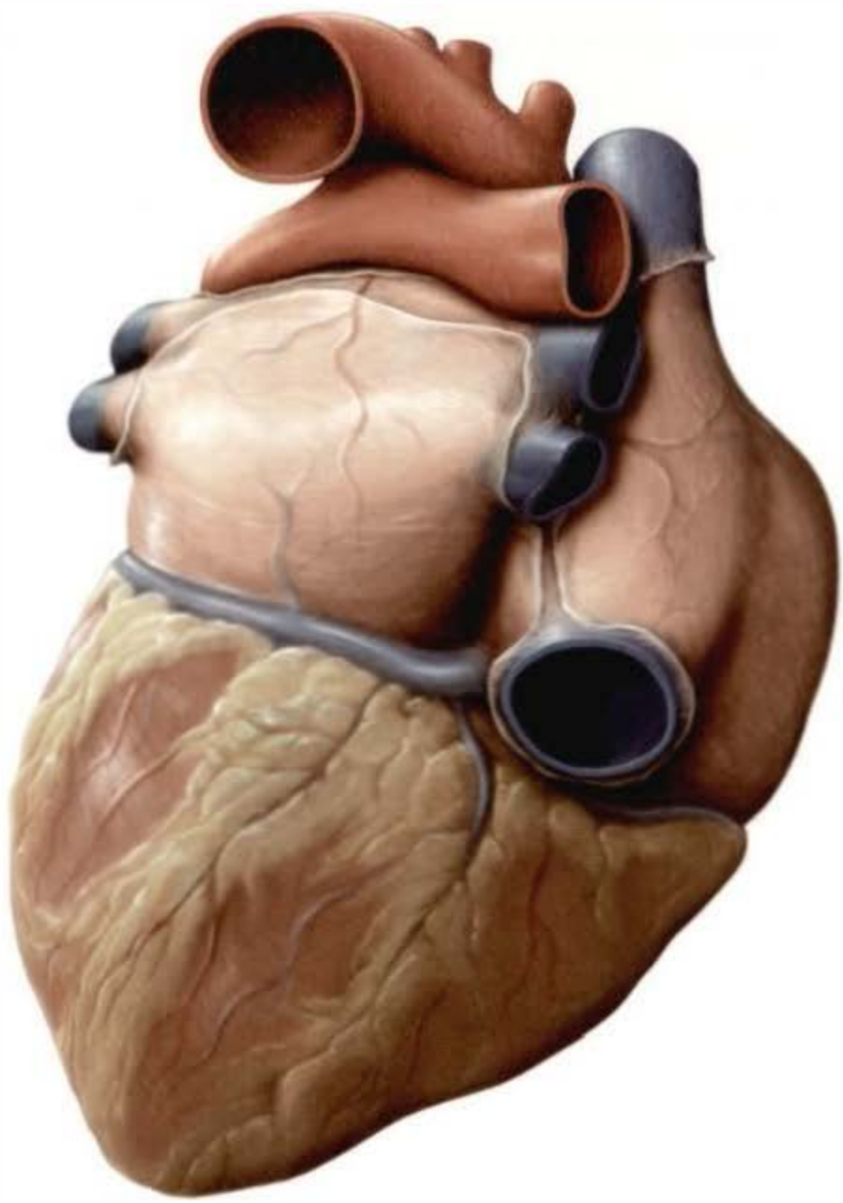
D Funktionelle Synopsis der Glomusorgane

Typ-I-Zellen erfassen ein Absinken des intraarteriellen O_2-Partialdrucks (Ist-Wert unter Soll-Wert), ein Absinken des pH-Wertes oder einen Anstieg des intraarteriellen CO_2-Partialdrucks. Sie setzen als Neurotransmitter *Dopamin* aus ihren Granula frei. Afferente Fasern des N. glossopharyngeus (Glomus caroticum) bzw. des N. vagus (Glomera aortica) projizieren über das Ganglion inferius des jeweiligen Hirnnerven auf den Nucleus solitarius, der seinerseits Atemzentren in der Medulla oblongata aktiviert. Diese wirken auf α-Motoneurone im Rückenmark. Über Interkostalnerven und über den N. phrenicus wird die Atemmuskulatur aktiviert. Die gesteigerte Atemaktivität führt dann zur Erhöhung des O_2-Partialdrucks, zum Anstieg des pH-Wertes und zum Absinken des CO_2-Partialdrucks.

Retroperitoneale Paraganglien beim Embryo wirken aktivierend auf den Kreislauf (da eine Atemsteigerung beim Embryo natürlich nicht möglich ist, s. **A**). Über die Funktion retroperitonealer Paraganglien beim reifen Organismus ist wenig bekannt.

Klinischer Hinweis: Wie vom Nebennierenmark auch können von den Paraganglien Tumoren ausgehen (sog. *Phäochromozytome* bzw. *Paragangliome*), die aufgrund spontaner Freisetzung von Katecholaminen zu anfallsartig auftretenden Blutdruckkrisen führen können. Der Krankheitsverlauf solcher Tumoren ist im Kindesalter meist ungünstig.

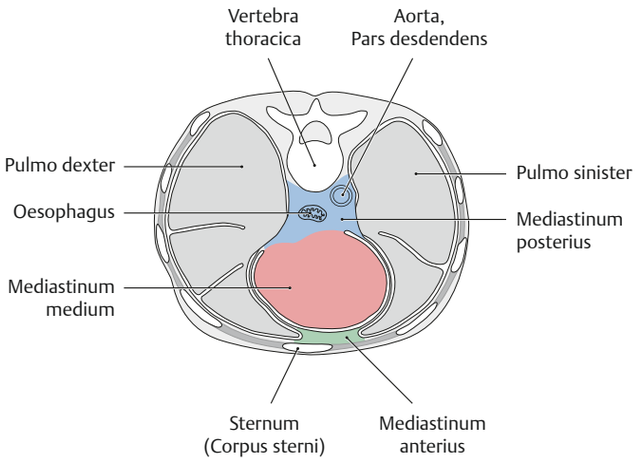
Zudem wird diskutiert, dass spontan auftretende „Falschmeldungen" der Glomusorgane über angeblich zu niedrigen Sauerstoffgehalt des Blutes zu Erstickungsgefühl und Panikattacken führen können.



Thorax

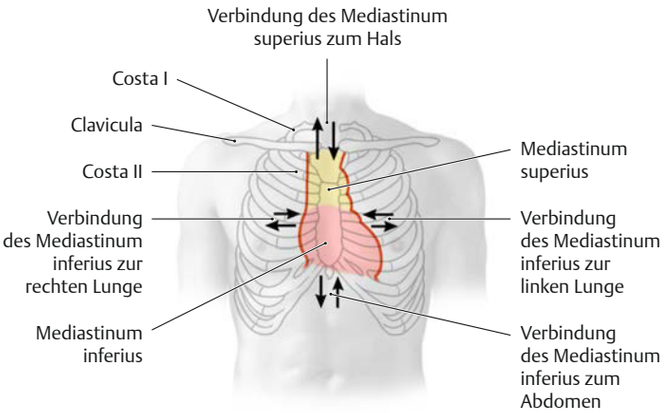
1 Überblick und Zwerchfell 78
2 Systematik der Leitungsbahnen im Überblick 86
3 Organe des Kreislaufsystems und ihre Leitungsbahnen 96
4 Organe des Atmungssystems und ihre Leitungsbahnen 136
5 Oesophagus und Thymus und ihre Leitungsbahnen 164
6 Topografische Anatomie 178

1.1 Gliederung der Thoraxhöhle und Einteilung des Mediastinum



A Unterteilung von Thoraxhöhle (Cavitas thoracis) und Mediastinum
Horizontalschnitt, Ansicht von kranial.
Die Thoraxhöhle wird in drei große Räume unterteilt, die sie in ihrem anterioposterioren Durchmesser vollständig ausfüllen:

- Das **unpaare Mediastinum** („Mittelfellraum“) wird von oben nach unten (s. **B**) unterteilt in *Mediastinum superius* (kleiner) und *inferius*, letzteres zusätzlich von ventral nach dorsal in *Mediastinum anterius, medium* und *posterius.* Das Mediastinum anterius ist aufgrund der weiten Ausdehnung der Pleurahöhlen nach medial nur ein schmaler Raum zwischen Sternum und Perikard, der beim Erwachsenen keine Organe enthält (s. **C**) und daher in den nachfolgenden Lerneinheiten nicht weiter besprochen wird.
- Die **paarigen Pleurahöhlen** (Cavitates pleurales) links und rechts des Mediastinum sind von einer Serosa (= Pleura parietalis) ausgekleidet und enthalten die linke und rechte Lunge (Pulmo sinister u. dexter). Sie sind durch das Mediastinum vollständig voneinander getrennt. Durch die asymmetrische Lage von Herz und Herzbeutel dehnt sich das Mediastinum nach links weiter aus als nach rechts, so dass Pleurahöhle und Lunge links kleiner sind als rechts. Während die Pleurahöhlen nach kranial blind enden, geht das Mediastinum kontinuierlich in das Bindegewebe des Halses über.



B Ein- und Austritt von Leitungsbahnen (Hauptstrukturen)
Im **Mediastinum superius** (Verbindung zum Hals, gelb) treten

- Nn. vagi und phrenici, Venen (Zuflüsse zur V. cava superior), Oesophagus und Trachea vom Hals her ein sowie
- arterielle Äste von Arcus aortae und Halsteil des Truncus sympathicus in Richtung Hals aus.

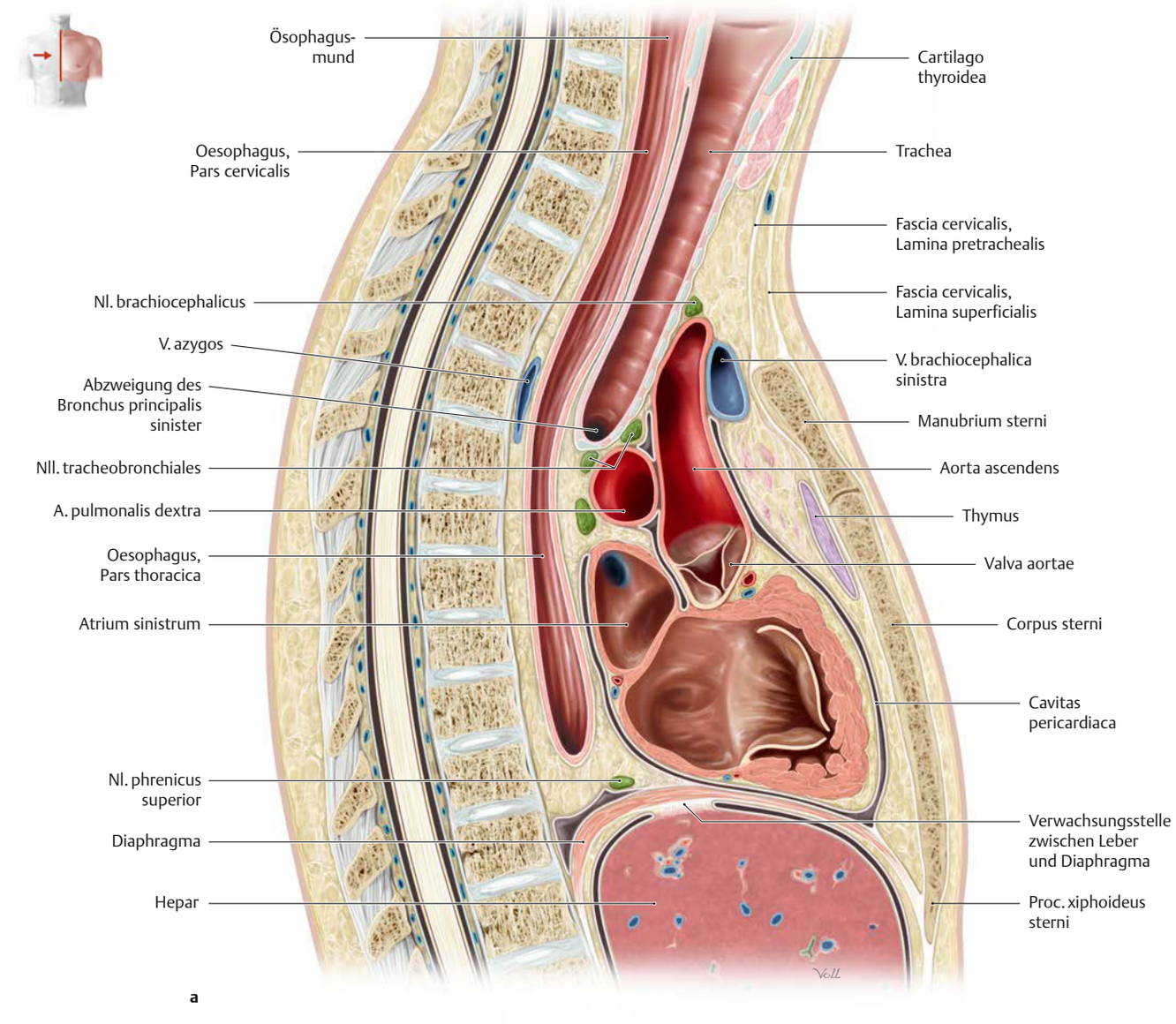
Im **Mediastinum inferius** (Verbindung zu Abdomen sowie Lungen und Pleurahöhlen, rot) treten

- Ductus thoracicus und abdominale Vv. lumbales ascendentes (im Thorax dann rechts als V. azygos und links als V. hemiazygos bezeichnet) durch das Zwerchfell in Richtung Thorax ein sowie
- Nn. vagus und phrenicus sowie Anteile des sympathischen Nervensystems, die Aorta und der Oesophagus durch das Zwerchfell in Richtung Abdomen aus.

Aa. und Vv. pulmonales, Lymphgefäße und vegetative Nerven (Plexus pulmonalis) sowie Bronchi principales ziehen vom Mediastinum zu den Lungen (und umgekehrt).

C Inhalt des Mediastinum (zur Einteilung s. **A**)

	Mediastinum superius	**Mediastinum inferius**		
		Mediastinum anterius	*Mediastinum medium*	*Mediastinum posterius*
Organe	• Thymus • Trachea • Oesophagus • Ductus thoracicus	• Thymus (bei Kindern)	• Herz • Perikard	• Oesophagus
Arterien	• Arcus aortae • Truncus brachiocephalicus • A. carotis communis sinistra • A. subclavia sinistra	• kleinere Blutgefäße	• Aorta ascendens • Truncus pulmonalis mit Aufzweigungen • Aa. pericardiacophrenicae	• Aorta thoracica mit Ästen
Venen und Lymphgefäße	• V. cava superior • Vv. brachiocephalicae • V. hemiazygos accessoria	• kleinere Blut- und Lymphgefäße • kleinere Lymphknoten	• V. cava inferior • V. azygos • Vv. pulmonales • Vv. pericardiacophrenicae	• V. azygos • V. hemiazygos • Ductus thoracicus
Nerven	• Nn. vagi • N. laryngeus recurrens sinister • Nn. cardiaci • Nn. phrenici	–	• Nn. phrenici	• Nn. vagi • Truncus sympathicus



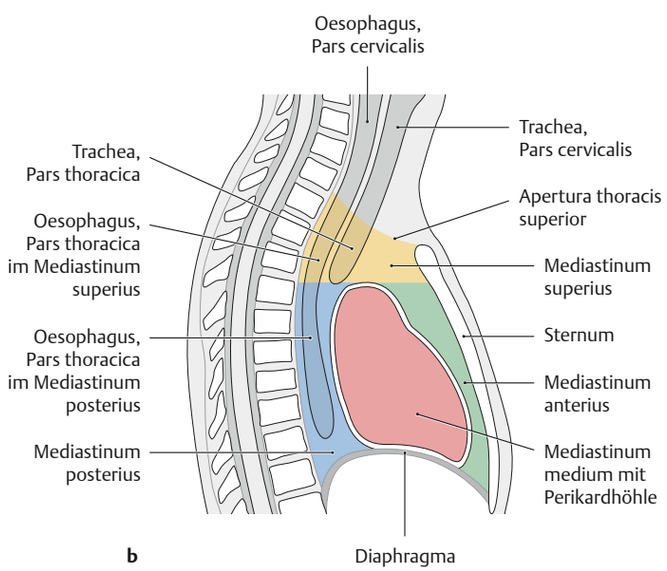
a

D Unterteilung des Mediastinum
Mediansagittalschnitte in der Ansicht von rechts.

a **Detailansicht:** Herzbeutel, Herz, Trachea und Oesophagus aufgeschnitten, Bild stark vereinfacht. In dieser Seitenansicht ist deutlich zu erkennen, wie das Herz – überwiegend der linke Vorhof – das Mediastinum posterius verschmälert und in sehr engen Kontakt zum Oesophagus gelangt. Bei einer krankhaften Vergrößerung des linken Vorhofs kann es daher zu einer Einengung des Oesophaguslumens kommen, die durch eine Röntgenuntersuchung (Kontrastbreischluck) erkennbar wird. Der Raum zwischen Herzschatten und Wirbelsäule wird radiologisch als *Holzknecht-* oder *Retrokardialraum* bezeichnet.

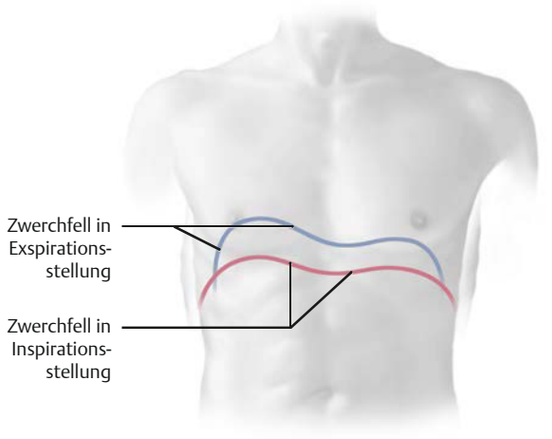
b Die **stark schematisierte Darstellung** verdeutlicht zusammenfassend die Untergliederung des Mediastinum von oben nach unten und von ventral nach dorsal (zum Inhalt der einzelnen Bereiche des Mediastinum s. **C**).

Beachte: Aufgrund der Asymmetrie des Mediastinum und seiner Ausdehnung in allen drei Körperebenen gibt es keine anatomische Darstellung, auf der alle Anteile und Inhaltsgebilde des Mediastinum gleichzeitig zu erkennen sind. Deshalb kann man das Mediastinum nur vollständig überschauen, wenn man es aus mehreren Richtungen und in unterschiedlichen Schnittebenen betrachtet (s. S. 190 ff).



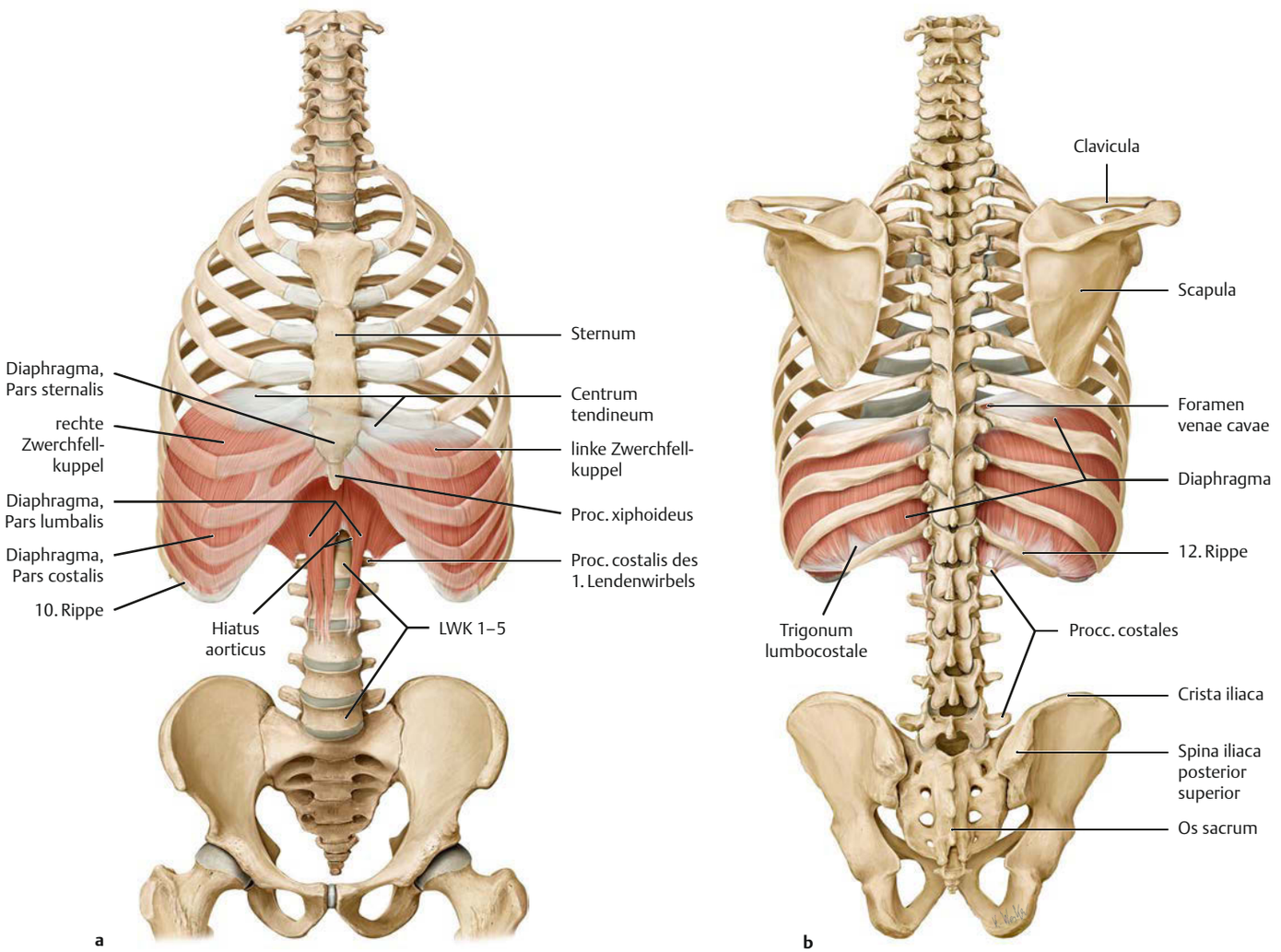
b

1.2 Zwerchfell (Diaphragma): Lage und Projektion auf den Rumpf

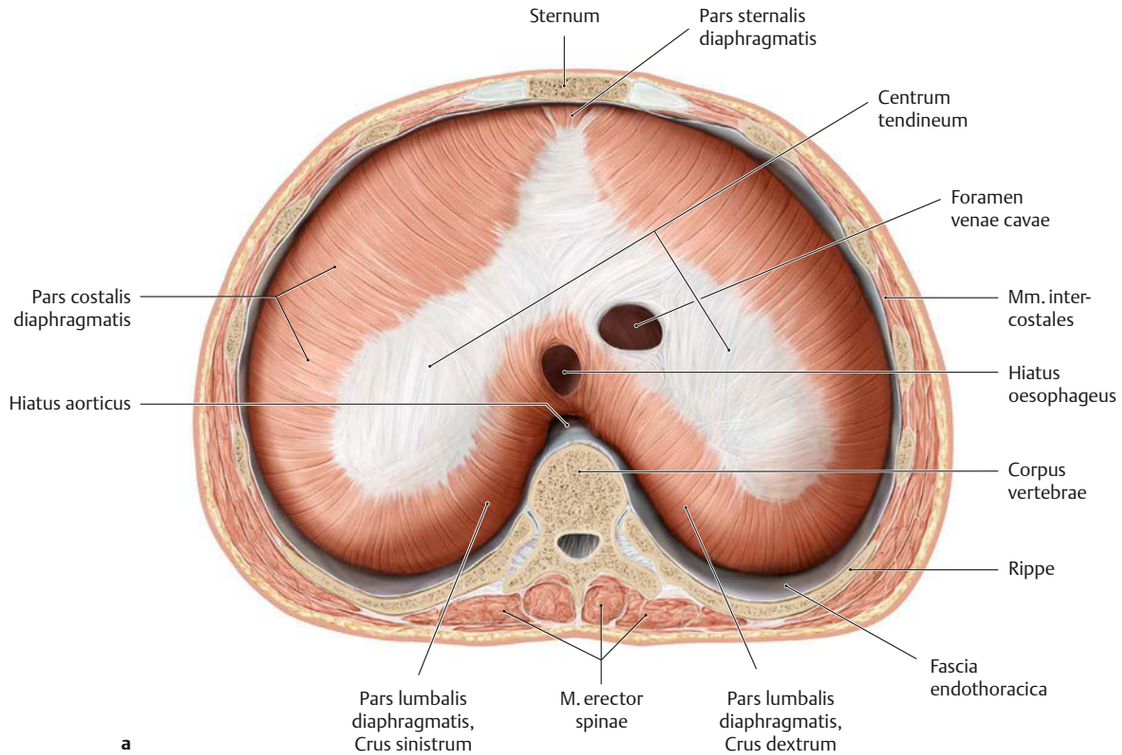


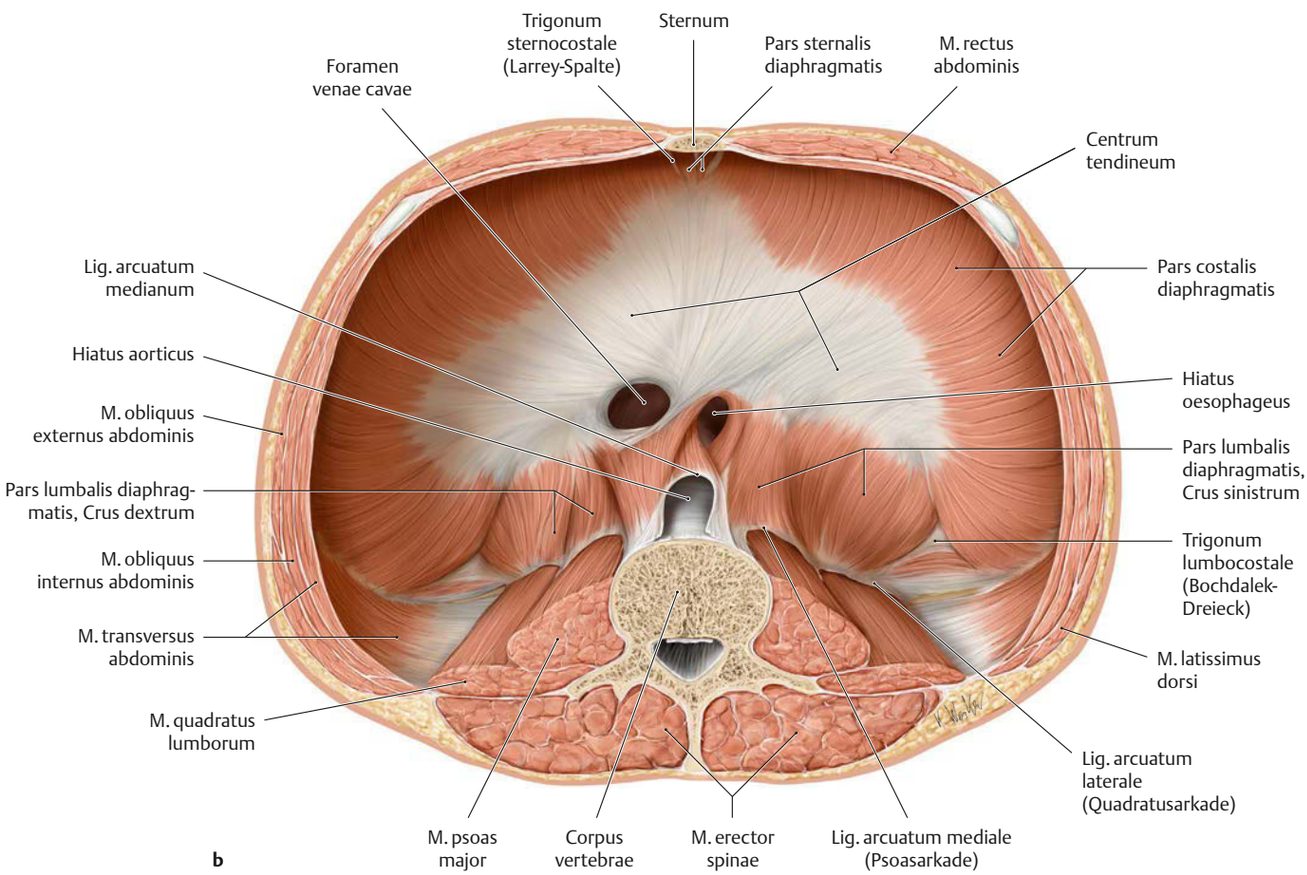
A Projektion des Diaphragma (Zwerchfell) auf den Rumpf
Ansicht von ventral. Dargestellt sind Exspirations- (blau) und Inspirationsstellung (rot). In Exspirationsstellung steht das Zwerchfell (rechts) bis zur 4. Rippe hoch, bei maximaler Inspiration kann das Zwerchfell rechts bis fast zur 7. Rippe abgesenkt werden.
Beachte:

- Der konkrete Zwerchfellstand ist abhängig von Konstitutionstyp, Geschlecht, Lebensalter.
- Links steht das Zwerchfell wegen der asymmetrischen Lage des Herzens tiefer als rechts.
- Bei Einatmung kommt es nicht nur zu einer Senkung des Zwerchfells, sondern v. a. auch zu einer Abflachung der beiden Kuppeln.
- Am liegenden Menschen steht das Zwerchfell höher (Druck der intraabdominalen Organe) als am stehenden Menschen.
- Das Bewegungsausmaß des Zwerchfells bei Inspiration lässt sich anhand der Verschiebung des gut tastbaren Leberrandes abschätzen.
- Am Leichnam (Präpariersaal) steht das Zwerchfell aufgrund des Tonusverlustes höher als am Lebenden bei Exspiration.



B Zwerchfell in der Ansicht von ventral (a) und dorsal (b)
In **a** sind die *vorderen* Abschnitte der Rippen, hinter denen sich das Zwerchfell ausspannt, transparent dargestellt, um eine bessere Sicht auf die Lage des Zwerchfells zu ermöglichen; in **b** sind die *hinteren* Abschnitte derselben Rippen nicht transparent.

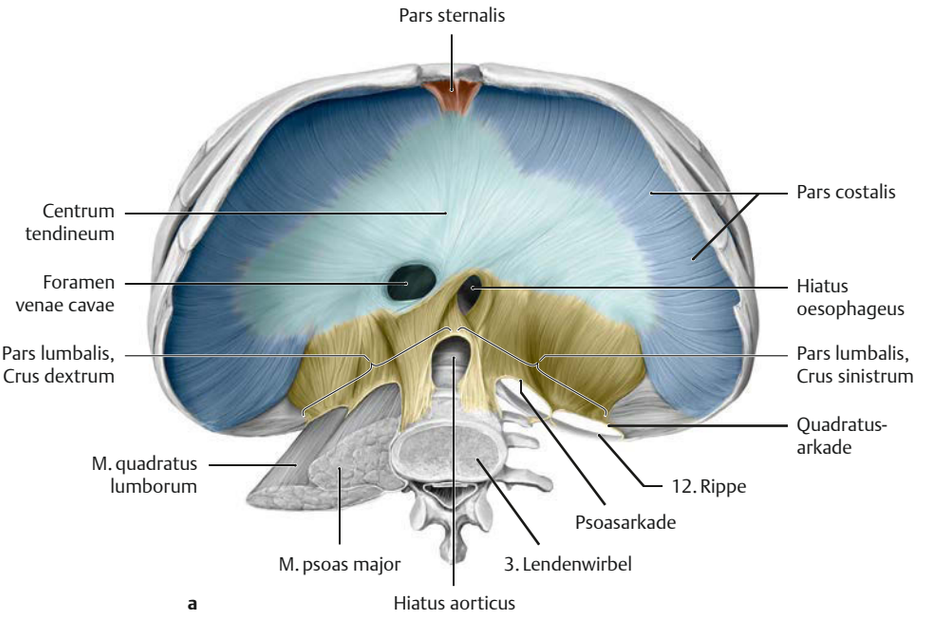




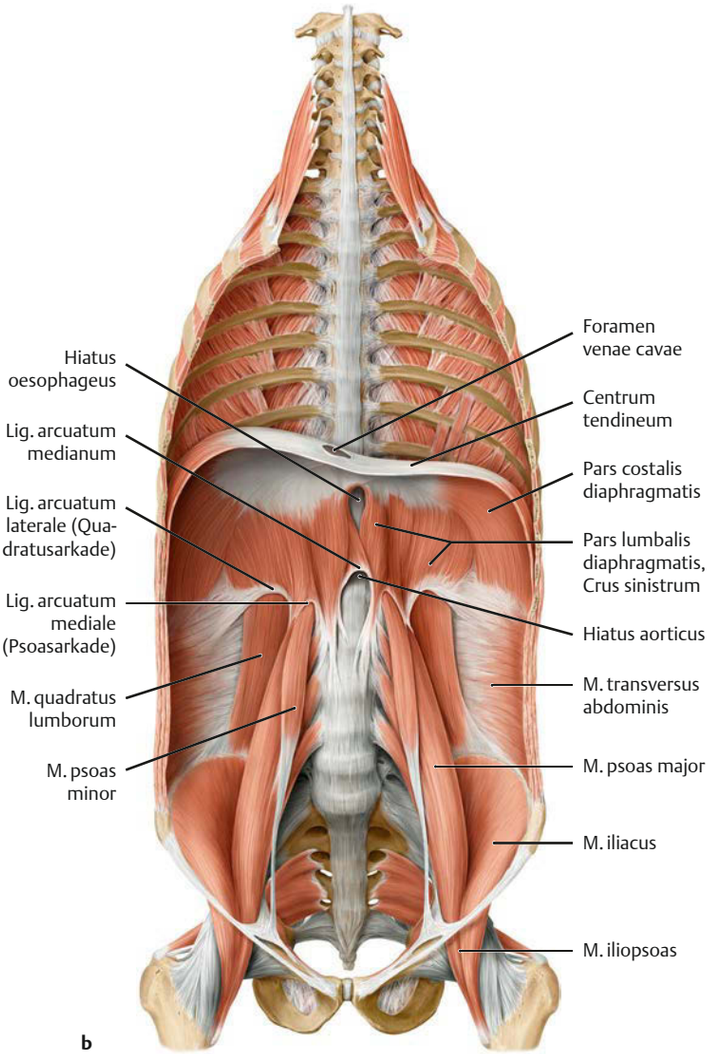
C Zwerchfell in der Ansicht von kranial (a) und kaudal (b)
Faszien und seröse Häute auf der Zwerchfellober- und -unterfläche sind entfernt.
Das Zwerchfell verschließt muskulär die untere Thoraxapertur. Es trennt die Thorax- und Abdominalhöhle vollständig voneinander und besitzt drei größere charakteristische Öffnungen für den Durchtritt von Oesophagus, Aorta und V. cava inferior.

1.3 Zwerchfell: Aufbau und Zwerchfelldurchtrittsstellen

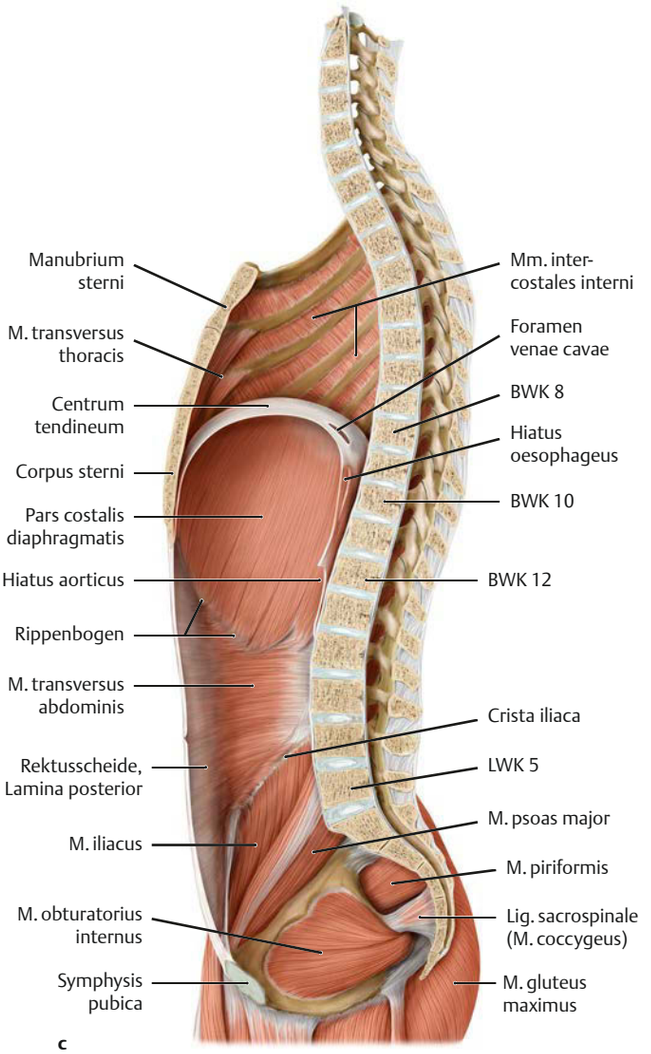
A Form und Aufbau des Zwerchfells
a Ansicht von kaudal; **b** Frontalschnitt des Zwerchfells in der Ansicht von vorn; **c** Mediansagittalschnitt mit Blick auf die rechte Körperhälfte; Zwerchfell in Atemmittellage (= Exspiration).
Das Zwerchfell wird in drei Teile unterteilt: Pars costalis (blaugrau), Pars lumbalis (gelbgrün) und Pars sternalis (braun). Zum Ursprung dieser drei Teile s. **C**; zur Lage der Zwerchfelllücken s. rechte Seite. Die Schnitte (**b** u. **c**) zeigen das Zwerchfell „in situ" zwischen den beiden Körperhöhlen und verdeutlichen den ausgeprägten Kuppelaufbau: An den beiden Seiten (**b**) sowie ventral und dorsal (**c**) des Zwerchfells zeigen sich unterschiedlich tiefe Zwerchfellbuchten (Recessus, s. S. 141 u. 183). Die Senkung der Kuppeln und die Abflachung dieser Buchten spielen eine zentrale Rolle bei der Atemmechanik durch das Zwerchfell.



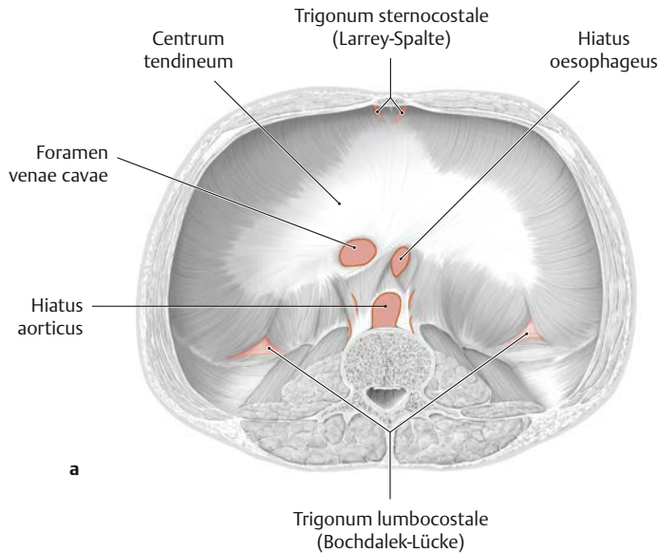
a

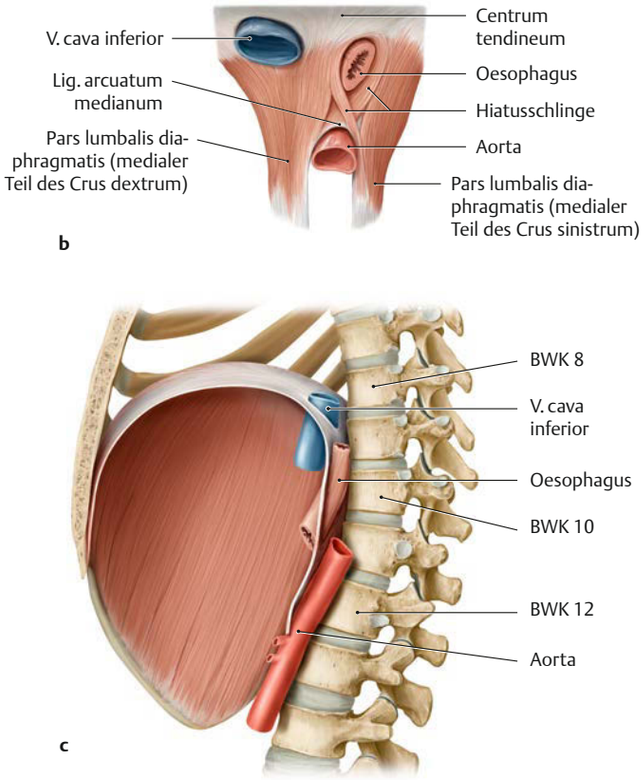


b



c





B Zwerchfellöffnungen und -lücken und ihre klinische Bedeutung

a Ansicht von kaudal; **b** Ansicht der Pars lumbalis und eines Teils des Centrum tendineum von vorn; Lage der Durchtrittsöffnungen in den einzelnen Teilen des Zwerchfells und in Bezug auf die Medianebene: Foramen venae cavae im Centrum tendineum und rechts der Medianebene; Hiatus aorticus und Hiatus oesophageus in der Pars lumbalis und in oder unmittelbar links der Medianebene; **c** Sicht von links in den eröffneten Thorax; Projektion der Durchtrittsöffnungen auf die untere Brustwirbelsäule: Foramen venae cavae: BWK 8; Hiatus oesophageus: BWK 10; Hiatus aorticus: BWK 12; bei **c** Zwerchfell in Atemmittellage.

Die Öffnungen und Lücken im Zwerchfell entstehen,

- weil der Oesophagus und große Leitungsbahnen durch das Muskelgewebe oder das sehnige Zentrum des Zwerchfells (Centrum tendineum) vom Thorax in das Abdomen und umgekehrt ziehen (= *funktionelle Durchtrittsöffnungen*, s. o.) und
- weil die Spalten zwischen den einzelnen Zwerchfellanteilen nur durch Bindegewebe verschlossen sind (= *Zwerchfelllücken*, wie z. B. die Spalten im Crus mediale, durch die Leitungsbahnen (Nn. splanchnici; Vv. lumbales ascendentes) ziehen.

Die größeren dieser physiologischen Lücken haben insofern klinische Bedeutung, als sie Schwachstellen sind, an denen Organe des Abdomens in den Thorax verlagert werden können (Eingeweide- bzw. Zwerchfellbruch oder -hernie). Häufigste Bruch- und damit Eintrittspforte für Baucheingeweide in die Brusthöhle ist der Hiatus oesophageus (Hiatushernie; 90 % der Fälle). Meistens „gleitet" dabei das Ende der Speiseröhre mit der Cardia (dem Eingang) des Magens durch den Hiatus oesophageus in den Thorax (axiale Hiatushernie oder Gleithernie; etwa 85 % aller Hiatushernien). Typische Beschwerden sind dann Sodbrennen, saures Aufstoßen und Druckgefühl hinter dem Sternum nach dem Essen, bis hin zu Übelkeit, Erbrechen, Atemnot und funktionellen Herzbeschwerden.

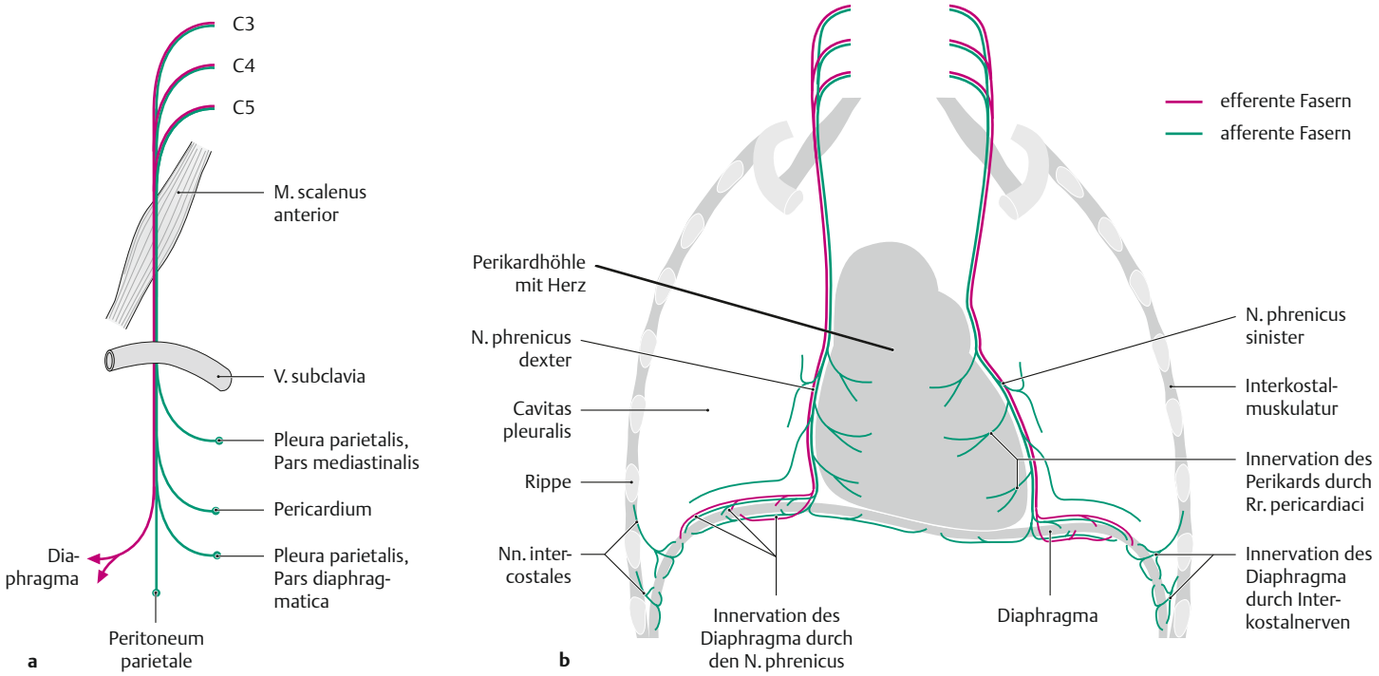
C Zwerchfell (Diaphragma) im Überblick

Ursprung:	• Pars costalis: Unterrand des Rippenbogens (Innenfläche der 7.–12. Rippe) • Pars lumbalis (Crus dextrum und Crus sinistrum): – mediale Teile: LWK 1.–3., 2. u. 3. Zwischenwirbelscheibe, Lig. longitudinale anterius – laterale Teile: 1. Sehnenbogen der Psoasarkade (Lig. arcuatum mediale) vom 2. LWK zum dazugehörigen Rippenfortsatz; 2. Sehnenbogen der Quadratusarkade (Lig. arcuatum laterale), vom Rippenfortsatz des 2. LWK zur Spitze der 12. Rippe • Pars sternalis: Hinterfläche des Proc. xiphoideus sterni
Ansatz:	Centrum tendineum
Funktion:	wichtigster Inspirationsmuskel (Zwerchfell- bzw. Bauchatmung), Mitwirkung bei der Bauchpresse
Innervation:	N. phrenicus aus dem Plexus cervicalis (C3–5)

D Zwerchfellöffnungen und -lücken und durchtretende Strukturen

Zwerchfellöffnungen	Durchtretende Struktur
Foramen venae cavae (in Höhe BWK 8)	V. cava inferior R. phrenicoabdominalis des rechten N. phrenicus (der linke R. phrenicoabdominalis tritt durch die Muskulatur)
Hiatus oesophageus (in Höhe BWK 10)	Oesophagus Trunci vagales anterior und posterior (auf dem Oesophagus)
Hiatus aorticus (in Höhe BWK 12/LWK 1)	Pars descendens aortae Ductus thoracicus
Zwerchfelllücken	**Durchtretende Struktur**
Spalten im Crus mediale	V. azygos, V. hemiazygos, Nn. splanchnici
Spalten zwischen Crus mediale und Crus laterale	Truncus sympathicus
Trigonum sternocostale	A. u. V. thoracica interna/epigastrica superior

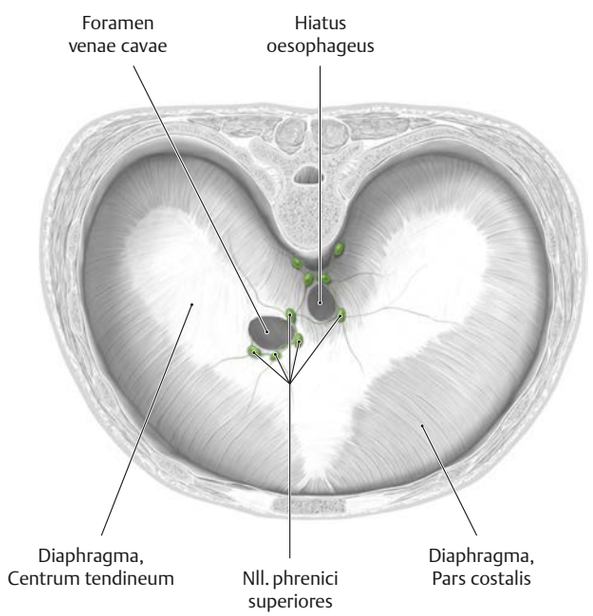
1.4 Zwerchfell: Innervation, Blut- und Lymphgefäße



A Innervation

Das Zwerchfell wird zum größten Teil durch den N. phrenicus innerviert. Er entstammt dem Plexus cervicalis aus den Rückenmarkssegmenten C3–5 (s. **a**) mit Hauptanteilen aus C4. Er zieht unter Abgabe von somatosensiblen Ästen an die mediastinale Pleura und das Perikard (Rr. pericardiaci, s. **b**) und enthält zahlreiche efferente (motorische) und weniger zahlreiche afferente (sensible) Fasern; letztere für die Schmerzleitung aus den serösen Häuten (Pleura diaphragmatica und Peritoneum parietale), die das Diaphragma kranial und kaudal bedecken. Ein R. phrenicoabdominalis durchzieht das Zwerchfell bis zum Peritoneum an Gallenblase und Pancreas. Gelegentlich wird ein N. phrenicus accessorius (sog. Nebenphrenikus, hier nicht dargestellt) beobachtet: Fasern aus C5 (6) schließen sich über den N. subclavius dem N. phrenicus an. Nur an rippennahen Abschnitten der Pars costalis werden die serösen Häute des Zwerchfells durch Interkostalnerven (X und XI, s. **b**) und durch den N. subcostalis (Th 12, nicht zu sehen) somatosensibel versorgt. Die Blutgefäße am Zwerchfell werden wie alle Blutgefäße vegetativ innerviert.

Beachte: Ein (beidseitiger) Ausfall des N. phrenicus (z. B. bei Zerstörung des zervikalen Rückenmarks bei hohen Querschnittsläsionen) führt zu einer (beidseitigen) Zwerchfelllähmung. Da das Zwerchfell der wichtigste Atemmuskel ist, ist die beidseitige Zwerchfelllähmung meist tödlich.

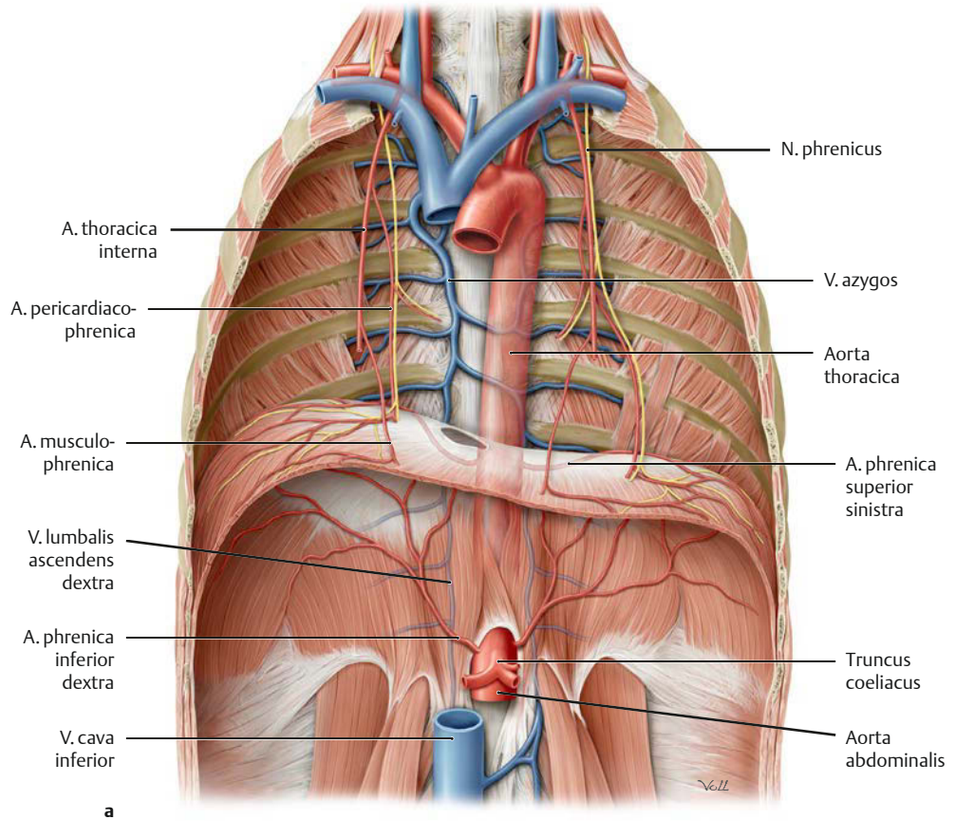


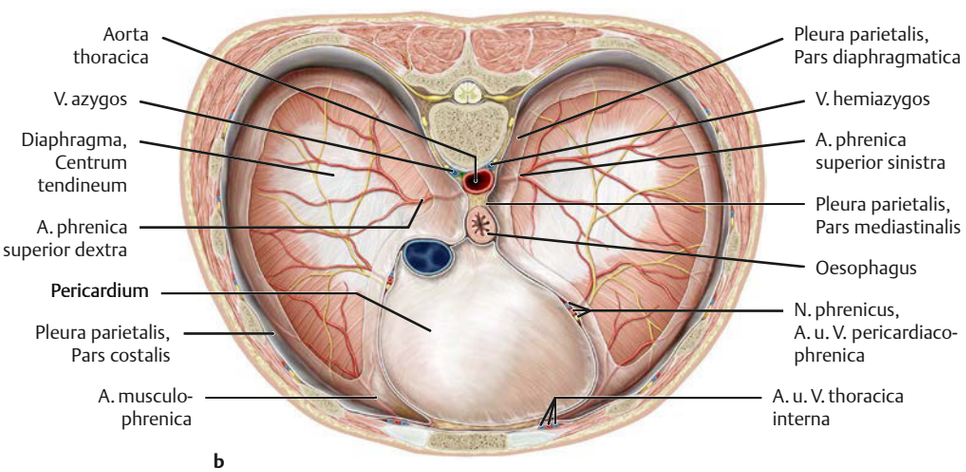
B Lymphknoten und Lymphabfluss des Zwerchfells

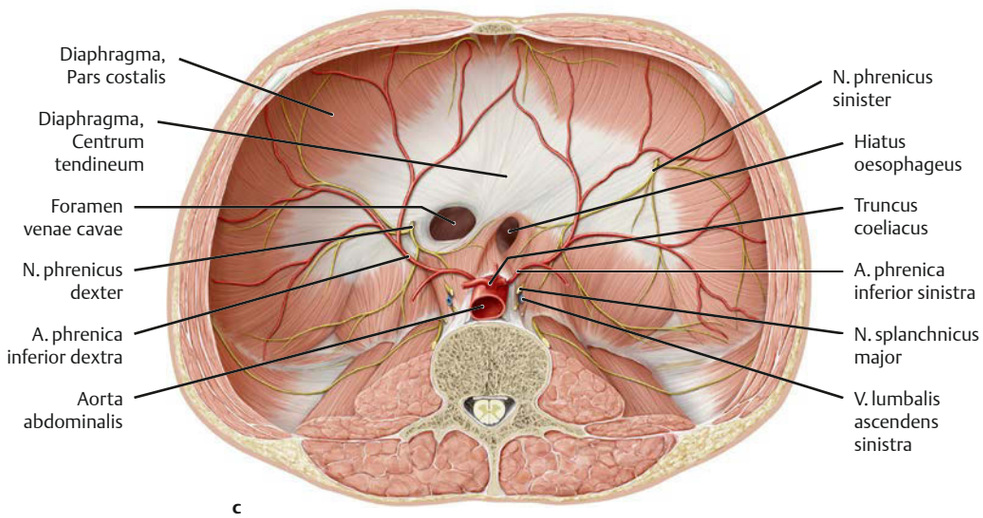
Ansicht von kranial. Die Lymphknoten des Zwerchfells werden nach ihrer Lage in zwei Gruppen eingeteilt:

- Nll. phrenici superiores auf der Zwerchfelloberseite und
- Nll. phrenici inferiores auf der Zwerchfellunterseite (hier nicht dargestellt.

Die **Nll. phrenici superiores** sind somit *thorakale* Lymphknoten, die neben der Lymphe des Zwerchfells Lymphe aus den unteren Ösophagusabschnitten (s. S. 172) und der Lunge, aber auch (über eine transdiaphragmale Straße) aus der Leber aufnehmen (s. S. 91). Letzteres gilt v. a. für die rechts liegenden Nll. superiores. Sie leiten ihre Lymphe in den Truncus bronchomediastinalis. Die **Nll. phrenici inferiores** sind *abdominale* Lymphknoten und nehmen Lymphe des Zwerchfells auf, die sie meist in einen Truncus lumbalis leiten (s. S. 223). Sie können auch Lymphe der unteren Lungenlappen aufnehmen.







C Arterien des Zwerchfells

a Sicht von vorne auf den aufgeschnittenen Thorax; Organe, Binnenfaszien und seröse Häute entfernt. Der N. phrenicus (Einzelheiten s. S. 99) ist in seinem Verlauf gemeinsam mit der A. pericardiacophrenica jeweils lateral des hier entfernten Herzbeutels dargestellt. Gut sichtbar wird der lange Verlauf der A. pericardiacophrenica durch das gesamte Mediastinum.

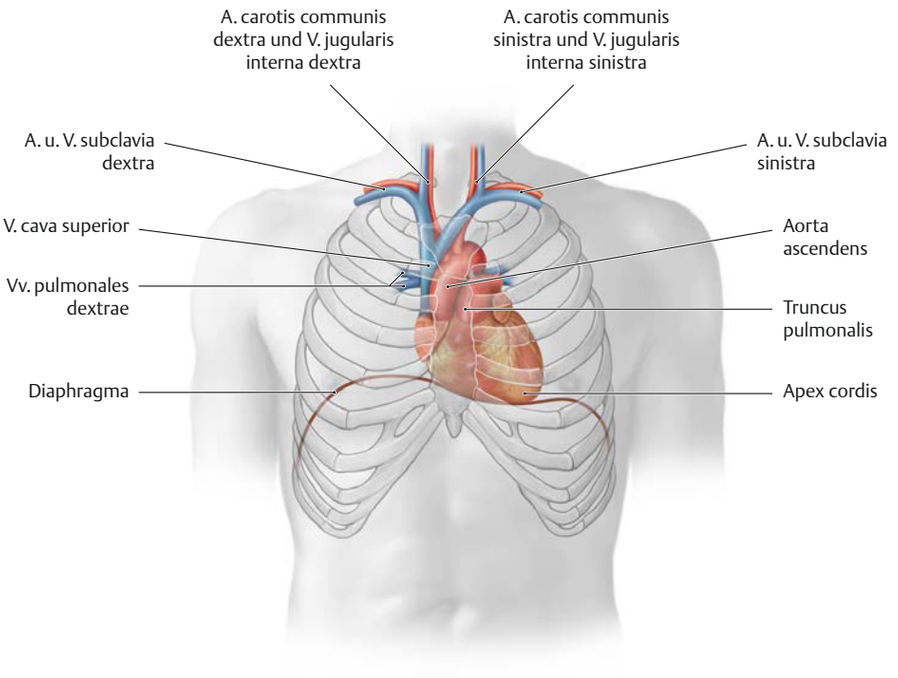
b Sicht von kranial auf die Oberseite des Zwerchfells, Pleura parietalis (Pars diaphragmatica) weiträumig gefenstert, Perikard belassen. Drei Arterien(-paare) versorgen die Oberseite des Zwerchfells:

- A. phrenica superior: entspringt der Aorta thoracica unmittelbar über dem Zwerchfell und versorgt das größte Gebiet;
- A. pericardiacophrenica: entspringt aus der A. thoracica interna und verläuft eng am Herzbeutel und gibt Äste zum Zwerchfell ab,
- A. thoracica interna: versorgt das Zwerchfell mittels direkter Äste oder über die A. musculophrenica.

c Sicht von kaudal auf die Unterseite des Zwerchfells, Peritoneum parietale komplett entfernt: die Zwerchfellunterseite wird von der paarigen A. phrenica inferior, dem obersten Ast der Aorta abdominalis, versorgt. Die Zwerchfellvenen sind nicht mit eingezeichnet. Sie verlaufen weitestgehend mit den Arterien:

- Vv. phrenicae inferiores: münden in die V. cava inferior,
- Vv. phrenicae superiores: münden rechts meist in die V. azygos, links in die V. hemiazygos.

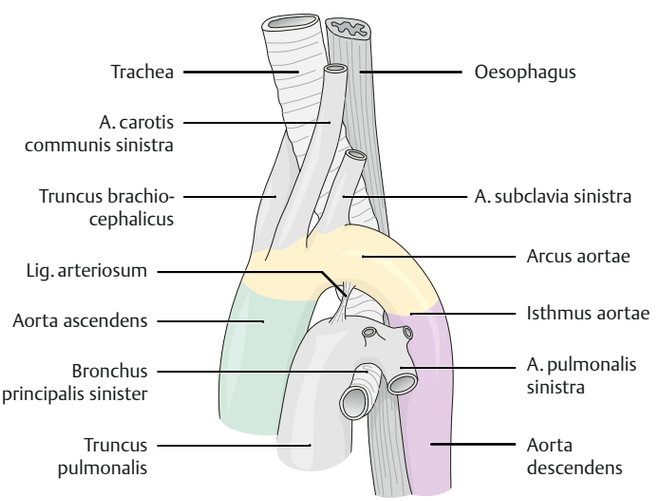
2.1 Arterien: Aorta thoracica



A Projektion von Herz und Gefäßen auf die Thoraxwand

Ansicht von ventral. Die beiden großen arteriellen Gefäße im Thorax sind *Aorta* und *Aa. pulmonales*. Da die Pulmonalarterien nach sehr kurzem freiem Verlauf die Lungen erreichen, werden sie bei den Gefäßen der Lunge besprochen (s. S. 150 f).

Im Röntgenbild liegt die Aorta *ascendens* „im Schatten" des Sternum, die Aorta *descendens* erscheint am linken Sternalrand (zu den Abschnitten s. **B**).



B Abschnitte der Aorta und Lage zu Trachea und Oesophagus

Ansicht von links. An der Aorta werden folgende Abschnitte unterschieden:

- Aorta ascendens: entspringt dem linken Ventrikel, ist herznah zum Bulbus aortae (hier nicht zu sehen) erweitert;
- Arcus aortae: Aortenbogen zwischen Aorta ascendens und Aorta descendens; wendet sich nach links und dorsal; die Aorta kann hier als embryonales Relikt eine Einengung zeigen (Isthmus aortae, s. S. 198);
- Aorta descendens: besteht aus der (intrathorakalen) Aorta thoracica und der (intraabdominalen) Aorta abdominalis (s. **D**).

C Systematik der Arterien zur Versorgung der Thoraxorgane

Im Vordergrund stehen hier die Gefäße, die *Organe und Binnenstrukturen* des Thorax versorgen. Die Äste der Aorta im Thorax lassen sich grob in vier Gruppen einteilen:

Arterien zu Kopf und Hals bzw. zur oberen Extremität:

- Truncus brachiocephalicus mit
  - A. carotis communis dextra
  - A. subclavia dextra und
- A. thyroidea ima (nur bei 10 % der Menschen vorhanden)
- A. carotis communis sinistra
- A. subclavia sinistra

Arterien, die als direkte Äste der Aorta Strukturen des Thorax versorgen:

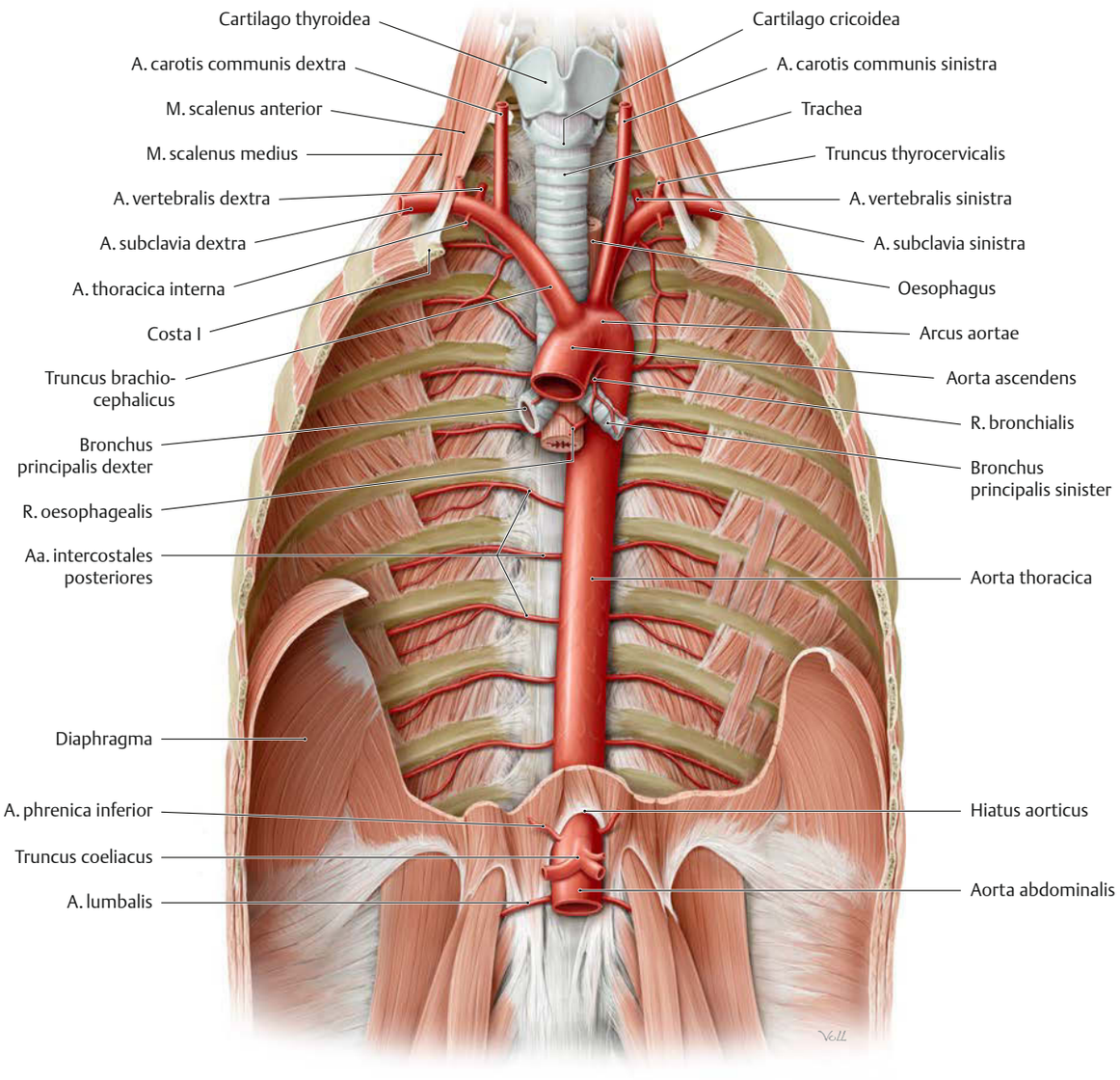
- viszerale Äste zur Versorgung von Organen (Herz, Trachea, Bronchien und Oesophagus):
  - A. coronaria dextra und sinistra
  - Rr. tracheales
  - Rr. pericardiaci
  - Rr. bronchiales
  - Rr. oesophageales
- parietale Äste zur Versorgung der inneren (v. a. dorsolateralen) Thoraxwand bzw. des Zwerchfells:
  - Aa. intercostales posteriores
  - A. phrenica superior dextra und sinistra

Indirekte (nicht direkt aus der Aorta stammende) paarige Äste, die primär zu Hals und Kopf ziehen, aber (meist kleine) Äste abgeben, die von oben in den Thorax ziehen und Organe versorgen:

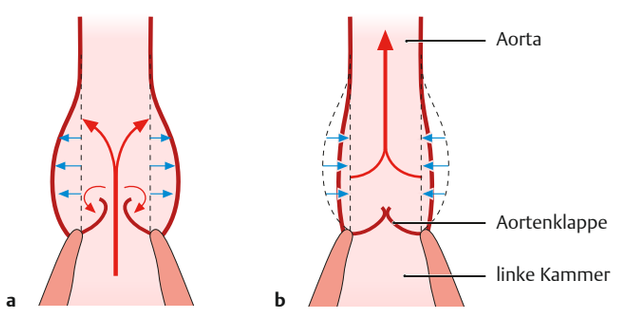
- A. thyroidea inferior (aus dem Truncus thyrocervicalis = Ast der A. subclavia) mit
  - Rr. oesophageales
  - Rr. tracheales

Indirekte paarige Äste, die meist als parietale Äste (v. a. die ventrale, aber auch kaudale) Thoraxwand versorgen und weitere Äste zu Organen (viszerale Unteräste) abgeben können:

- A. thoracica interna (aus der A. subclavia) mit
  - Rr. thymici
  - Rr. mediastinales
  - Rr. intercostales anteriores
  - A. pericardiacophrenica (mit Ästen zu Perikard und Zwerchfell)
  - A. musculophrenica (mit Ast zum Zwerchfell)

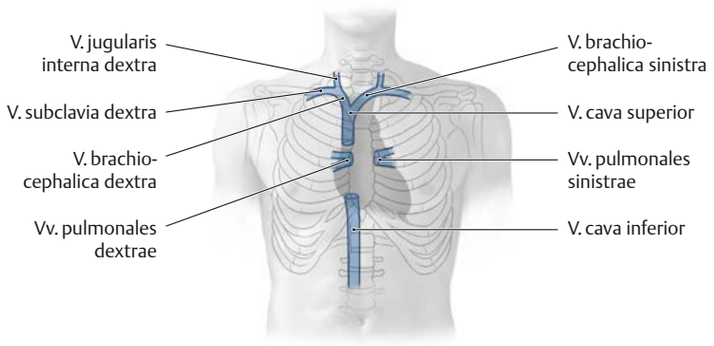


D Lage der Aorta im Thorax
Ansicht von ventral. Pleura, Binnenfaszien und die meisten Thoraxorgane entfernt, Zwerchfell gefenstert. Die Aorta versorgt mit ihren Ästen (s. **C** u. S. 211) alle Organe, pro Minute wird sie von fast 5 l Blut durchströmt. Ihre Wand ist, v. a. im Bereich von Aorta ascendens und Arcus aortae, aus zahlreichen elastischen Fasern aufgebaut, die Grundlage der sog. „*Windkesselfunktion*" sind: Das Blut, das im Pulsrhythmus aus dem linken Herz gepumpt wird, dehnt die Aorta sehr schnell und weitet ihr Kaliber. Die so gedehnten elastischen Fasern ziehen sich langsamer wieder zusammen; der stakkatoartige Pulsrhythmus des Herzens wird damit geglättet, die Pulswelle weicher, der Blutstrom gleichmäßiger. Die Lage der Aorta zu Trachea und Oesophagus ändert sich während ihres Verlaufs durch den Thorax (s. auch **B** u. S. 170). Ursache ist die Krümmung des Aortenbogens (Arcus aortae) nach links und dorsal. Am weitesten ventral liegt die *Aorta ascendens*. Die *Aorta thoracica* passiert dann die Trachea an deren linker Seite oberhalb des linken Hauptbronchus, zieht anschließend links und dann *dorsal* des Oesophagus vor der Wirbelsäule nach kaudal. Krankhafte Aussackungen der aortalen Gefäßwand (Aneurysmen) können den Oesophagus daher einengen (Schluckstörungen!). Am Hiatus aorticus (am Übergang BWK XII/LWK I) durchzieht die Aorta thoracica das Diaphragma und wird zur Aorta abdominalis.
Beachte: Der Aortenbogen kann auf Höhe seiner physiologischen Engstelle, dem sog. Isthmus aortae (s. **B**), von Geburt an so stark verengt sein, dass er u. a. Symptome wie einen therapieresistenten Bluthochdruck verursacht. Dann spricht man von einer Aortenisthmusstenose (s. S. 198 f).



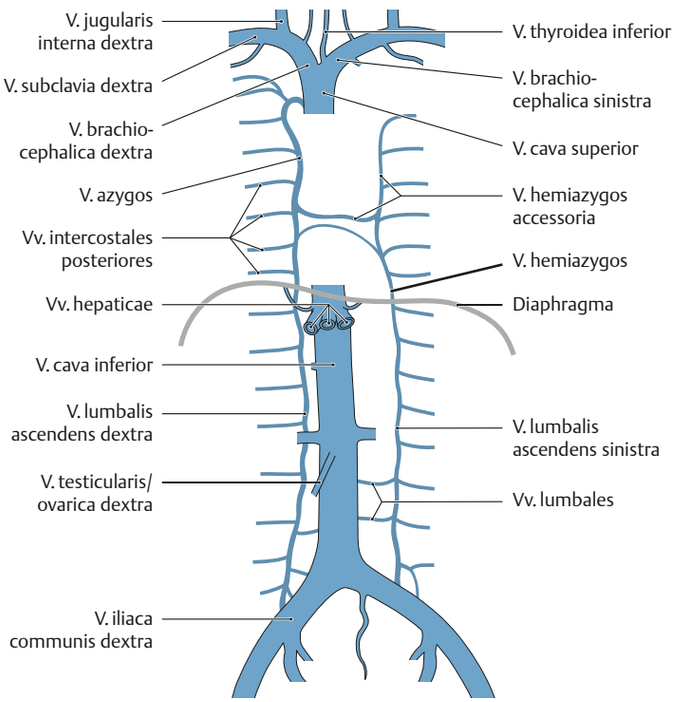
E Windkesselfunktion der Aorta
a Während der Systole wird ein Teil des Schlagvolumens in der elastischen Aortenwand gespeichert (nach außen gerichtete blaue Pfeile); während der Diastole (**b**) wird es wieder abgegeben (nach innen gerichtete blaue Pfeile).

2.2 Venen: Vena cava und Azygos-System



A Projektion der Vv. cavae auf das Skelett
Ansicht von ventral. Die *V. cava superior* liegt rechts der Mittellinie und erscheint am rechten Sternalrand. Sie entsteht aus dem Zusammenfluss der beiden Vv. brachiocephalicae, mündet von kranial in den rechten Herzvorhof und ist randbildend im Röntgenbild (s. S. 110).

Die *V. cava inferior* hat im Thorax nur einen sehr kurzen Verlauf (ca. 1 cm, hier nicht dargestellt): Unmittelbar nach dem Durchtritt durch das Zwerchfell (Foramen venae cavae) durchzieht sie das Perikard und tritt von unten in den rechten Herzvorhof. Im Thorax hat sie keine zuführenden Äste (zu den Vv. pulmonales s. S. 150 f).



B Das Azygos-System
Ansicht von ventral. Da im Thorax beide Vv. cavae zusammen immer noch deutlich kürzer sind als die Aorta, erfolgt die venöses Drainage der Thoraxwand größtenteils über das lange, kraniokaudal verlaufende Azygos-System: Rechts der Wirbelsäule liegt die *V. azygos*, links die *V. hemiazygos*, die in die V. azygos mündet, diese wiederum in die V. cava superior. Oft ist im oberen Thorax links eine *V. hemiazygos accessoria* ausgebildet, die eigenständig oder über die V. hemiazygos in die V. azygos mündet. Das Azygos-System nimmt Venen von Mediastinum und Wandabschnitten v. a. des mittleren und unteren Thorax auf.
Beachte: Die V. azygos mündet in die V. cava superior, die Vv. lumbales ascendentes haben beidseits über die Vv. iliacae communes Anschluss an die V. cava inferior. Über das Azygos-System wird somit ein venöser Kurzschluss zwischen beiden Vv. cavae geschaffen, die sog. kavokavale Anastomose. Bei Abflusshindernissen im Bereich der V. cava inferior kann venöses Blut die V. cava superior und damit das rechte Herz so immer noch über das Azygos-System erreichen (vgl. **D** u. S. 218).

C Systematik der Venen zur Drainage der Thoraxorgane
Im Vordergrund stehen hier die Gefäße, die *Organe und Binnenstrukturen* des Thorax drainieren. Alle Gefäße leiten ihr Blut letztlich in die V. cava superior, deren Äste im Thorax lassen sich grob in vier Gruppen einteilen:

Venen, die von Kopf und Hals oder der oberen Extremität kommen:

- V. brachiocephalica dextra und sinistra mit
  - V. subclavia dextra und sinistra
  - V. jugularis interna dextra und sinistra
  - V. jugularis externa dextra und sinistra
  - Vv. intercostales supremae
  - Vv. pericardiacae
  - V. intercostalis superior sinistra

Venen, die Strukturen des Thorax drainieren (münden links in die V. hemiazygos accessoria bzw. V. hemiazygos, rechts in die V. azygos). Aus beiden Stromgebieten wird das Blut in der V. azygos gesammelt, die in die V. cava superior mündet. Die venösen Äste lassen sich nochmals unterteilen in:

- viszerale Äste zur Drainage von Trachea, Bronchien und Oesophagus:
  - Vv. tracheales
  - Vv. bronchiales
  - Vv. oesophageales
- parietale Äste zur Drainage der inneren Thoraxwand bzw. des Zwerchfells:
  - Vv. intercostales posteriores
  - V. phrenica superior dextra und sinistra
  - V. intercostalis superior dextra

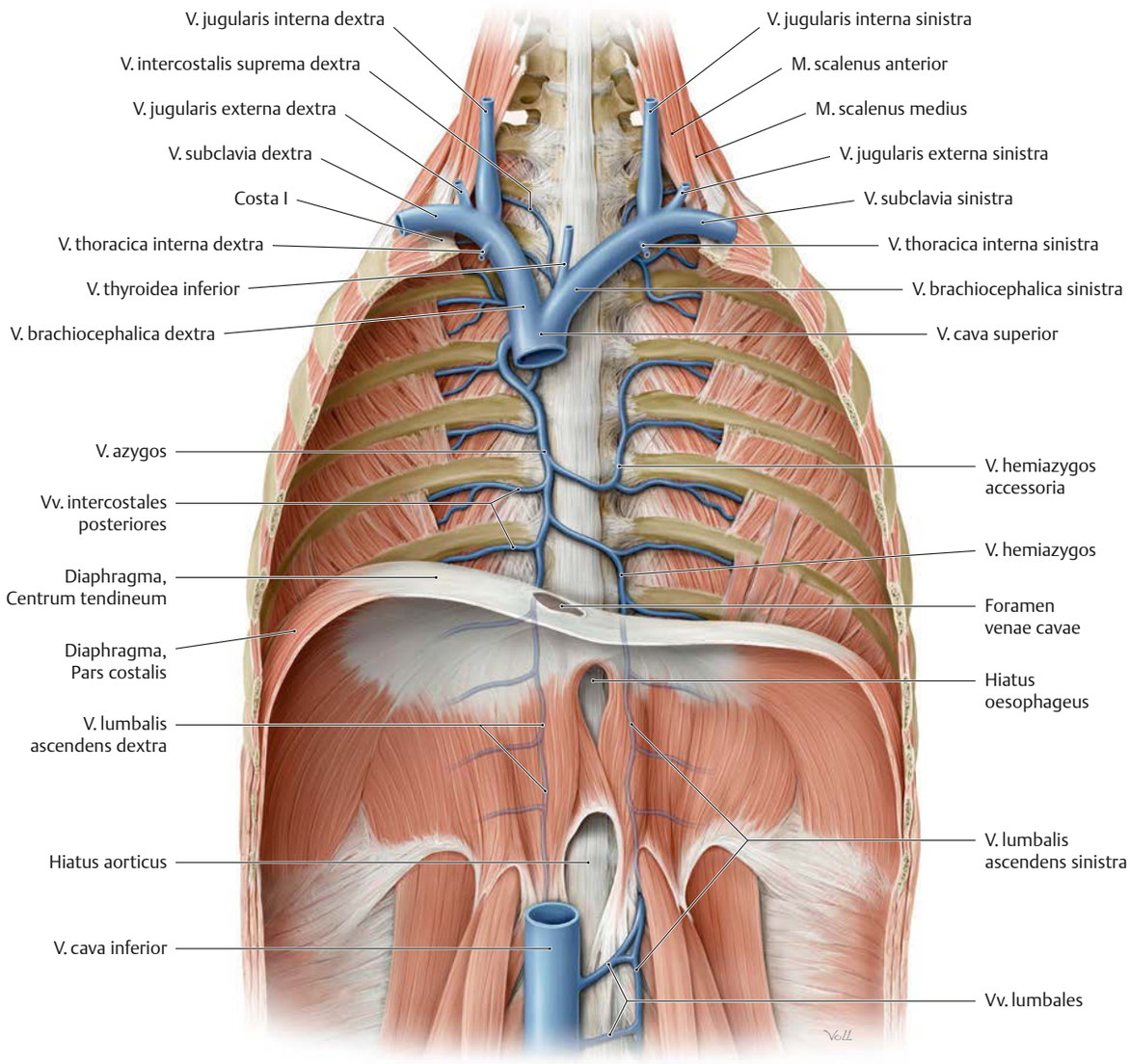
Indirekte paarige Äste der V. cava superior, die primär von Kopf und Hals kommen, ihrerseits aber (meist kleine) Äste abgeben, die Thoraxorgane drainieren:

- V. thyroidea inferior (= Ast der V. brachiocephalica) mit
  - Vv. oesophageales
  - Vv. tracheales

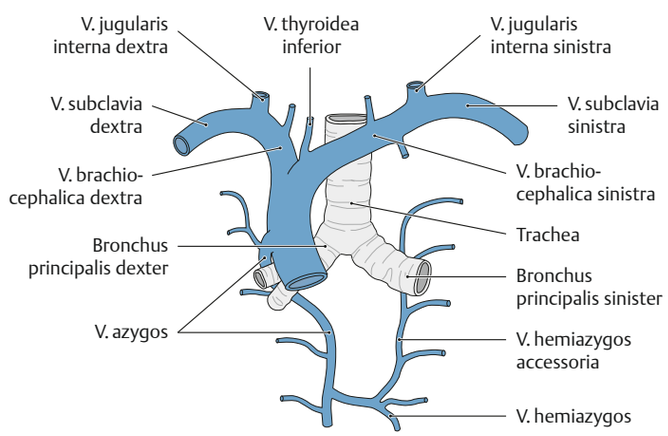
Indirekte paarige Äste der V. cava superior, die meist als parietale Äste v. a. die ventrale Thoraxwand drainieren, ihrerseits aber auch weitere Äste zu Organen (viszerale Unteräste) abgeben können:

- V. thoracica interna (zur V. brachiocephalica) mit
  - Vv. thymicae
  - Rr. mediastinales
  - Vv. intercostales anteriores
  - V. pericardiacophrenica (mit Ästen zu Perikard und Zwerchfell)
  - V. musculophrenica (mit Ast zum Zwerchfell)

Beachte: Strukturen des oberen Mediastinum können ihr Blut über kleine Äste (z. B. Vv. tracheales, Vv. oesophageales, Vv. mediastinales) auch direkt in den Vv. brachiocephalicae ableiten.

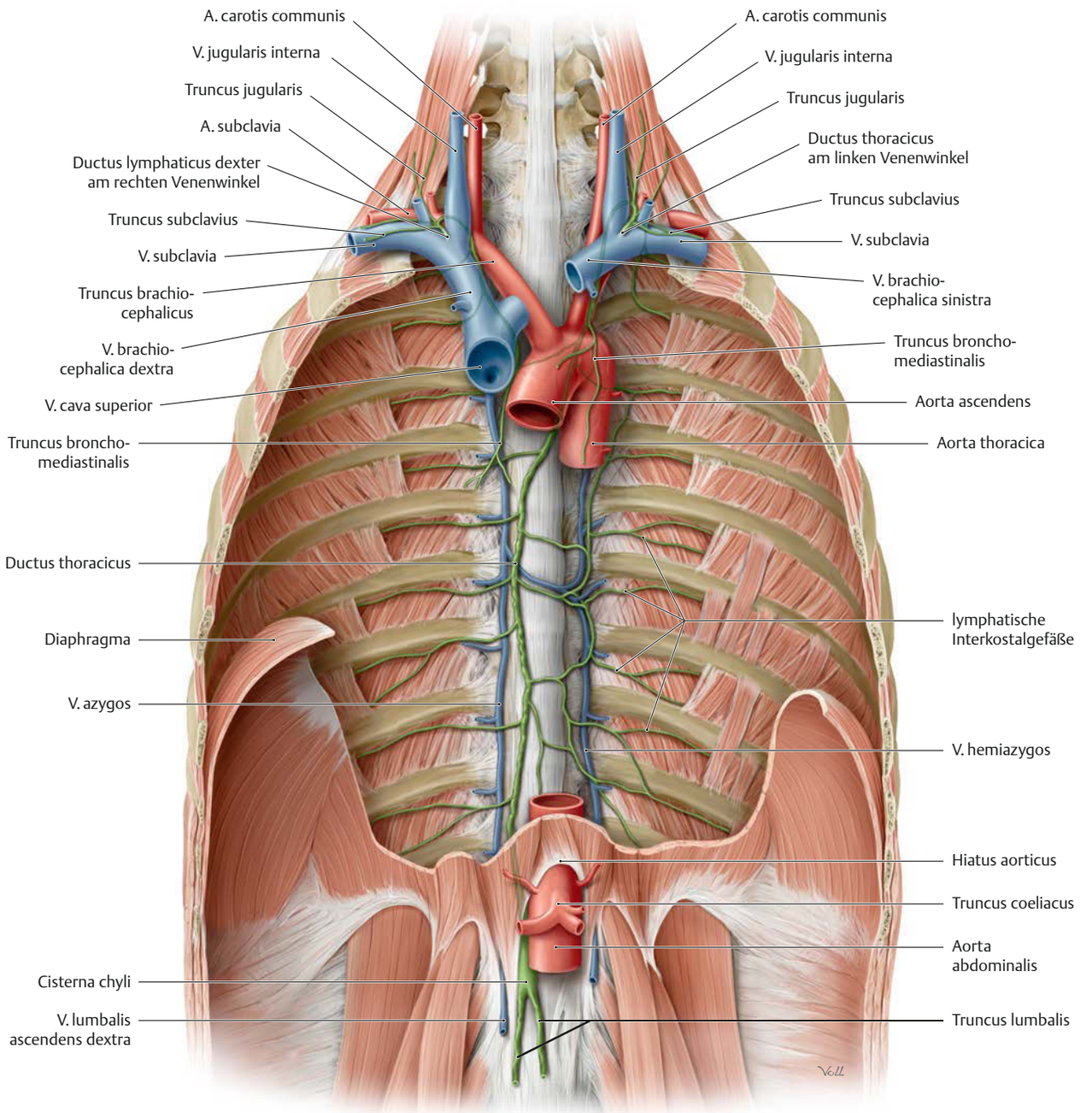


D V. cava superior und Azygos-System im Thorax
Ansicht von ventral, Thorax aufgeschnitten, Organe, Binnenfaszien und seröse Häute entfernt; V. cava inferior in Höhe LWK I/II abgetrennt zur Sicht auf die V. lumbalis ascendens dextra. Die **V. cava superior** entsteht rechts der Medianebene etwa in Höhe des Übergangs BWK II/III aus dem Zusammenfluss der beiden Vv. brachiocephalicae, die ihrerseits aus der Vereinigung der V. jugularis interna und der V. subclavia entstehen. Etwas kaudal der Vereinigungsstelle mündet die rechts der Wirbelsäule verlaufende V. azygos von rechts und dorsal in die V. cava superior. Die **V. azygos** entsteht rechts aus der V. lumbalis ascendens dextra, die **V. hemiazygos** links aus der V. lumbalis ascendens sinistra nach deren Zwerchfelldurchtritt. In Höhe von BWK VII kreuzt die links verlaufende V. hemiazygos die Wirbelsäule und mündet in die V. azygos. In dieser Darstellung mündet die V. hemiazygos accessoria (nach Überkreuzung der Wirbelsäule von links nach rechts) selbstständig in die V. azygos. Allerdings sind V. hemiazygos und hemiazygos accessoria nicht selten durch Anastomosen verbunden.

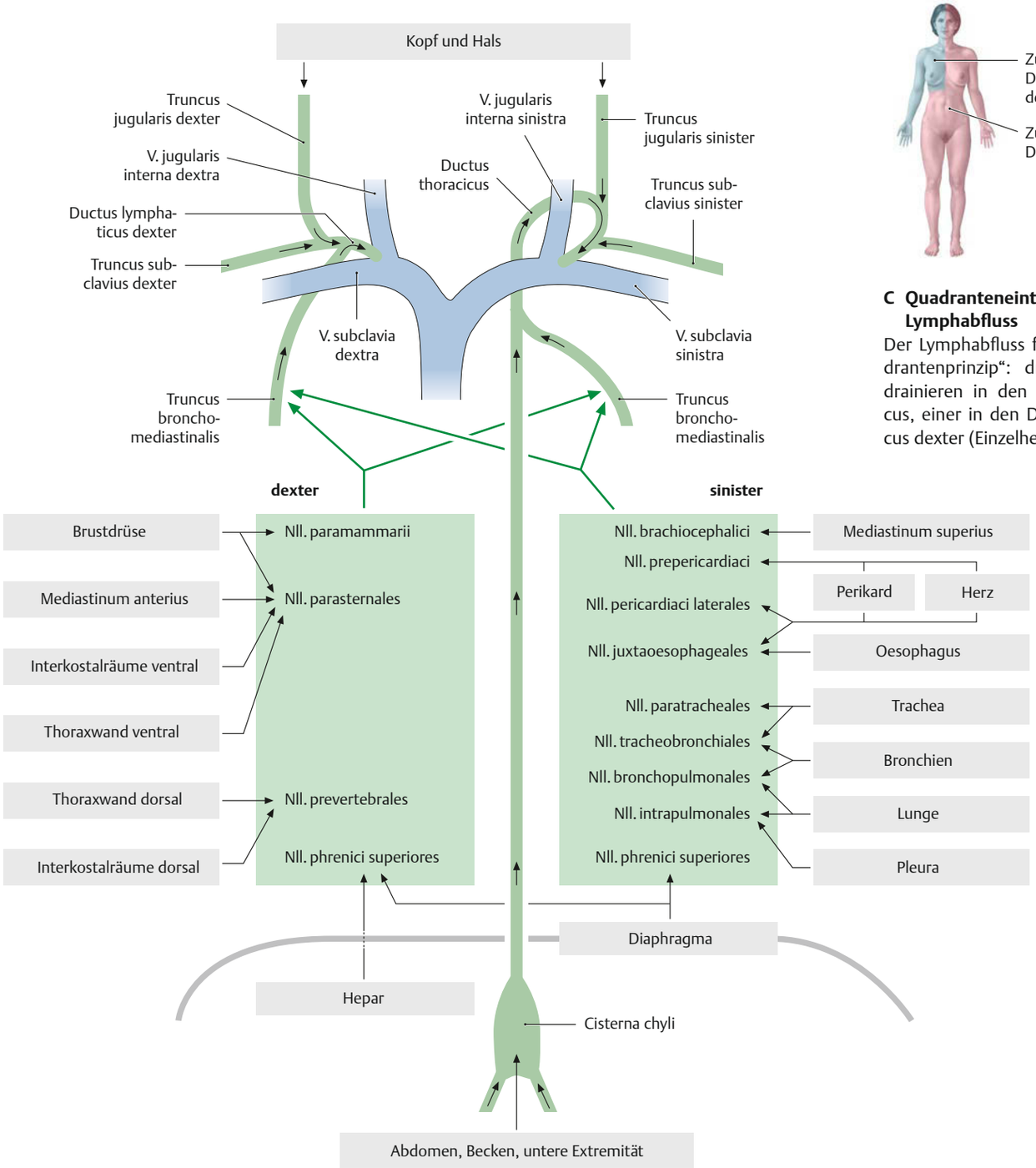


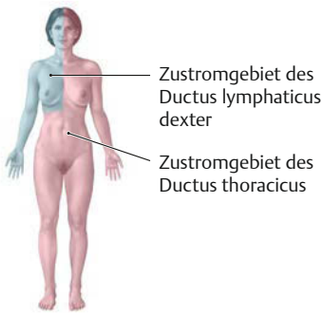
E Lage von Trachea, V. cava superior und Azygos-System
Die V. cava superior liegt rechts der Trachea. Die V. brachiocephalica sinistra zieht vor der Trachea nach rechts zur Vereinigung mit der V. brachiocephalica dextra. Die V. azygos verläuft hinter dem rechten Hauptbronchus nach kranial und wendet sich dann nach ventral, um von hinten in die V. cava superior zu münden (die V. azygos „reitet“ auf dem rechten Hauptbronchus). Die V. hemiazygos accessoria zieht hinter dem linken Hauptbronchus nach kaudal und mündet entweder allein oder gemeinsam mit der V. hemiazygos in die V. azygos.

2.3 Lymphgefäße



A Lymphstämme (Trunci lymphatici) im Thorax
Sicht von ventral in den eröffneten Thorax. Pleura, Binnenfaszien und Organe entfernt, Zwerchfell gefenstert, oberer Abschnitt des Abdomens sichtbar. Die Hauptlymphstämme, die die Lymphe des gesamten Körpers dem venösen System zuleiten, sind Ductus thoracicus und Ductus lymphaticus dexter. Der **Ductus thoracicus** (beginnt noch im Abdomen mit einer Erweiterung, der Cisterna chyli) zieht dorsal der Aorta durch den Hiatus aorticus und dann vor der Wirbelsäule, meist etwas rechts der Medianebene, nach kranial. Knapp unterhalb des Aortenbogens wendet er sich nach links und mündet in den linken Venenwinkel. Dabei nimmt er die *Trunci bronchomediastinalis, jugularis* und *subclavius sinistri* auf. Zahlreiche kleine und nicht eigens benannte Lymphstämme, die ihre Lymphe aus kleineren Lymphknotengruppen erhalten, führen dem Ductus thoracicus Lymphe aus Mediastinum und Interkostalräumen zu (die dorsalen Abschnitte der rechten, unteren Interkostalräume fließen meist in den Ductus thoracicus und nicht in den kurzen Truncus bronchomediastinalis dexter ab). Der kurze **Ductus lymphaticus dexter** nimmt knapp vor der Einmündung in den rechten Venenwinkel die *Trunci bronchomediastinalis, jugularis* und *subclavius dextri* auf.
Beachte: Alle großen Lymphstämme ziehen durch die Thoraxhöhle. Da dort atemsynchrone Druckschwankungen vorherrschen, gibt es diese auch in den Lymphstämmen. Sie wirken sich v. a. im relativ großkalibrigen Ductus thoracicus auf den Lymphrückfluss aus: Die intrathorakale Drucksenkung bei Inspiration führt zur passiven Weitung des Ductus thoracicus und damit zu verstärktem Lymphrückfluss in diesem Lymphstamm. Dies kann therapeutisch bei Lymphstauungen genutzt werden: Der Patient muss z. B. durch langsame und tiefe Einatmung lange Unterdruck (= Sog auf die Lymphbahn) im Thorax erzeugen.





C Quadranteneinteilung für den Lymphabfluss
Der Lymphabfluss folgt dem „Quadrantenprinzip“: drei Quadranten drainieren in den Ductus thoracicus, einer in den Ductus lymphaticus dexter (Einzelheiten s. **B**).

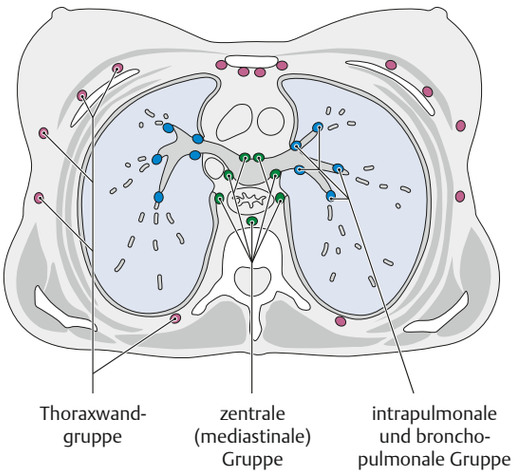
B Übersicht über die Lymphabflusswege im Thorax
Die Lymphe des gesamten Körpers wird dem venösen Blut am rechten und linken Venenwinkel (Zusammenfluss von V. subclavia und V. jugularis interna) zugeführt. Der **Ductus thoracicus** leitet die Lymphe aus Abdomen und Becken, unterer Extremität, linker Thoraxhälfte, linker oberer Extremität und linker Hälfte von Kopf und Hals in den *linken Venenwinkel* (dies entspricht drei von vier Quadranten, s. **C**). Der kurze (nur ca. 1 cm lange) **Ductus lymphaticus dexter** leitet die Lymphe aus der rechten Thoraxhälfte und Teilen der Leber, der rechten oberen Extremität und der rechten Hälfte von Kopf und Hals in den *rechten Venenwinkel* (dies entspricht einem von vier Quadranten), wobei die Lymphe aus den dorsalen Abschnitten der unteren Interkostalräume *beidseits* meist Anschluss an den Ductus thoracicus (s. **A**) gewinnt. Beide Lymphstämme erhalten die Lymphe des Thorax über die **Trunci bronchomediastinales sinister** und **dexter** sowie über kleinere, nicht eigens benannte Stämme. Die **Lymphknoten** (s. S. 94) liegen entweder thoraxwandnah (z. B. Nll. parasternales, paramammarii, prevertebrales), im Mediastinum (klinisch die „mediastinalen“ Lymphknoten) oder eng assoziiert mit dem Bronchialbaum und sind nach ihrer Lage benannt. Aufgrund der engen topografischen Verhältnisse im Thorax ist eine überlappende Lymphdrainage häufig: z. B. nehmen die Nll. juxtaoesophageales Lymphe von Oesophagus *und* Herz auf.

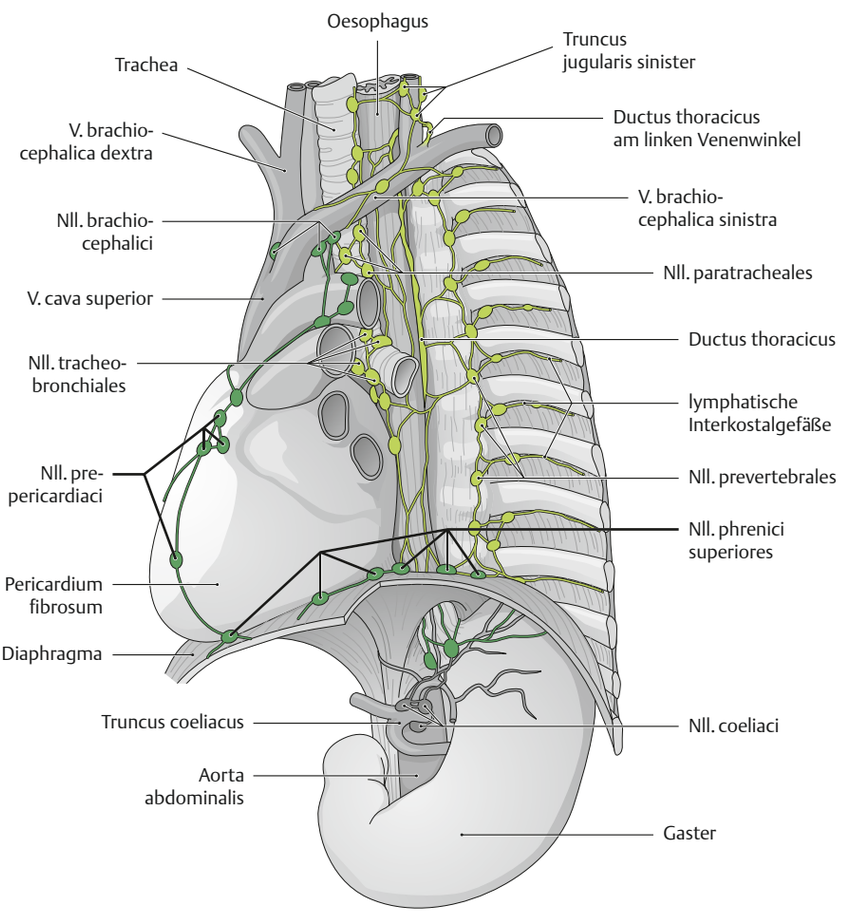
2.4 Lymphknotenstationen im Thorax

A Übersicht über die Lymphknotenstationen im Thorax
Horizontalschnitt in Höhe der Bifurcatio tracheae (etwa BWK IV); Ansicht von kranial. Unter topografischen Gesichtspunkten lassen sich die Thoraxlymphknoten grob in drei Gruppen einteilen:

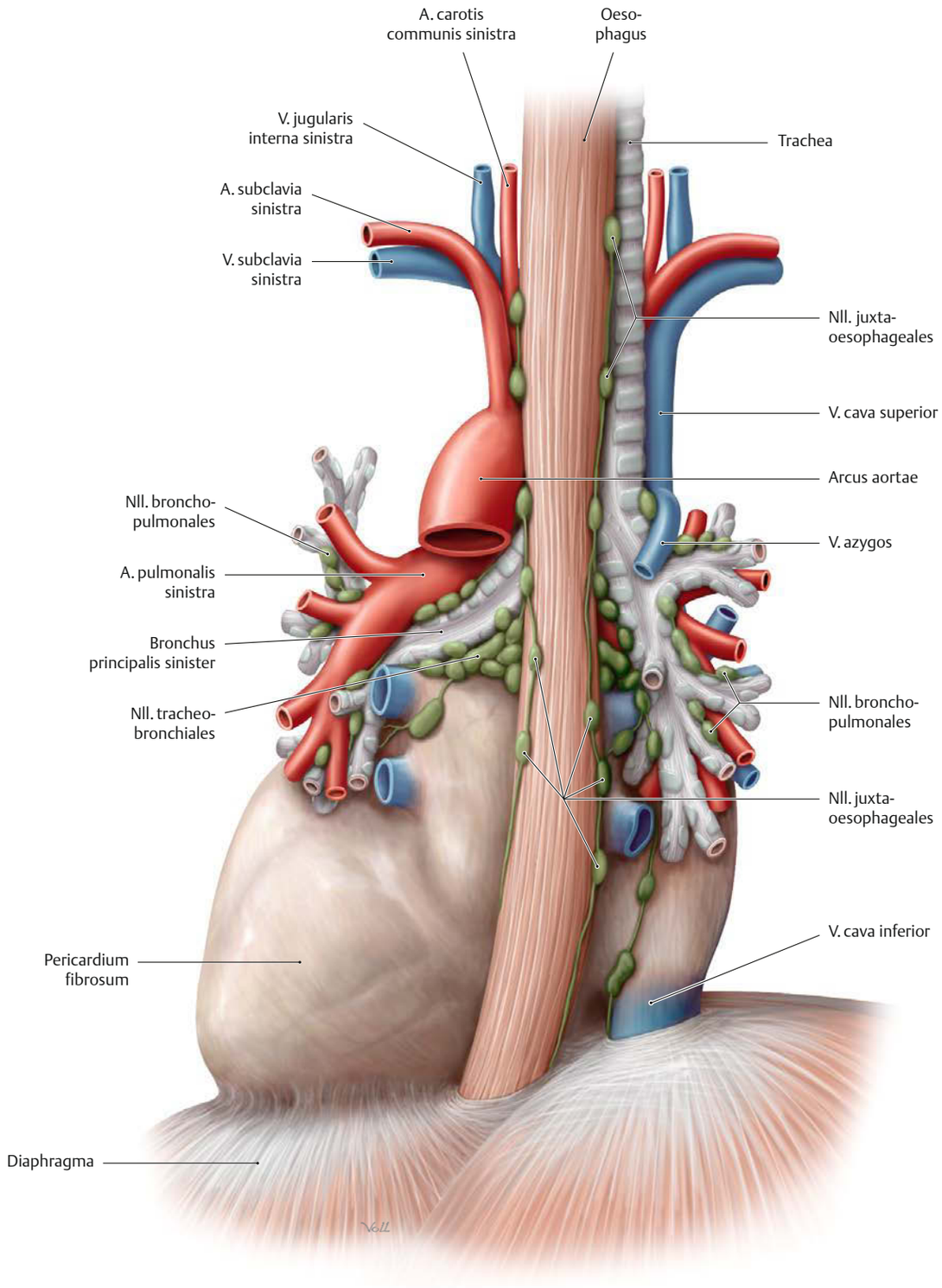
- Lymphknoten in der Wand des Thorax (hier violett): Drainage der Thoraxwand.
- Lymphknoten in der Lunge und an der Aufteilung des Bronchialbaums (intrapulmonale und bronchopulmonale Gruppe; hier blau): Drainage der Lunge und des Bronchialbaums. Diese Gruppe leitet ihre Lymphe weiter in die folgende Gruppe (s. **C** u. S. 91).
- Lymphknoten um die zentralen Strukturen des Mediastinums (Trachea, Oesophagus, Perikard; hier grün): Drainage von Lunge und Bronchialbaum und der mediastinalen Organe.

Alle hier dargestellten Lymphknoten finden – ganz überwiegend über die Trunci bronchomediastinales – Anschluss an den linken bzw. rechten Venenwinkel.



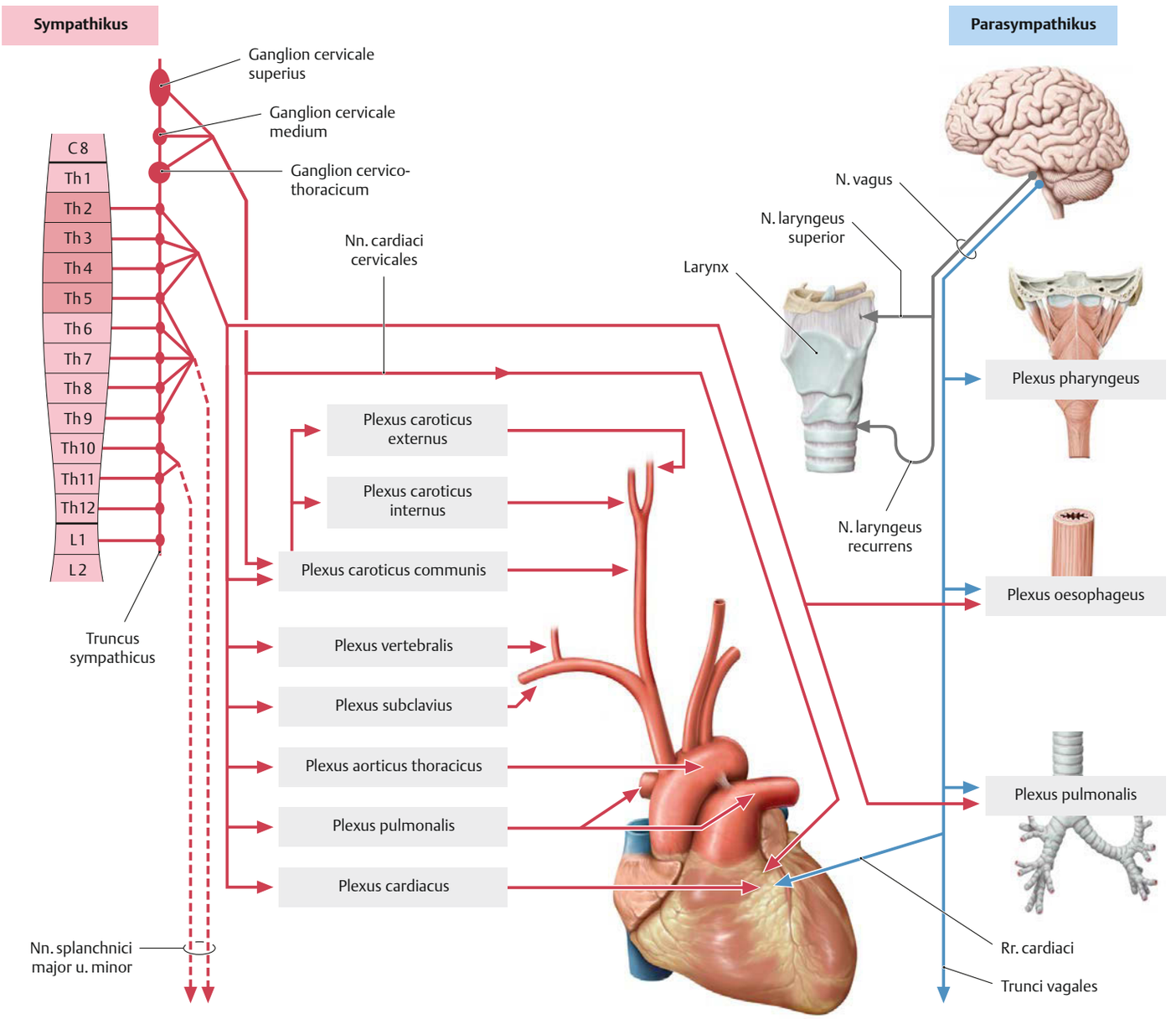


B Lymphknotenstationen im Thorax
Ansicht von ventral und links, Abbildung stark schematisiert (Magen und V. brachiocephalica nicht maßstabsgetreu), Zwerchfell gefenstert, V. brachiocephalica leicht nach dorsal und kranial verlagert, um Lymphknoten und linken Venenwinkel sichtbar zu machen. Im Unterschied zu Abdomen und Becken (s. S. 222 f) werden im Thorax aus systematischen Gründen keine parietalen und viszeralen Lymphknoten unterschieden. Die Thoraxlymphknoten gruppieren sich im Mediastinum („mediastinale“ Lymphknoten) um Perikard, Trachea, Oesophagus und Bronchien und nehmen die Lymphe dieser Organe auf.
Beachte: Über eine Verbindung durch das Zwerchfell hindurch (transdiaphragmal) können die Lymphknoten im Thorax (individuell verschieden) mit abdominalen Lymphknoten in direktem Kontakt stehen. Diese Verbindung kann zu einer direkten lymphogenen Metastasierung von bösartigen Tumoren (z. B. Magenkarzinom) in thorakale Lymphknoten führen.



C Lymphknotenstationen im Thorax in der Ansicht von dorsal
Die zahlreichen Lymphknoten an der Aufteilung der Bronchi principales in die Lappenbronchien werden oft als „hiläre" Lymphknoten bezeichnet (liegen im Bereich des Lungenhilums, hier nicht dargestellt). Sie sind bei Erkrankungen der Lunge (bösartige Tumoren, Tuberkulose) häufig als erste Gruppe befallen.

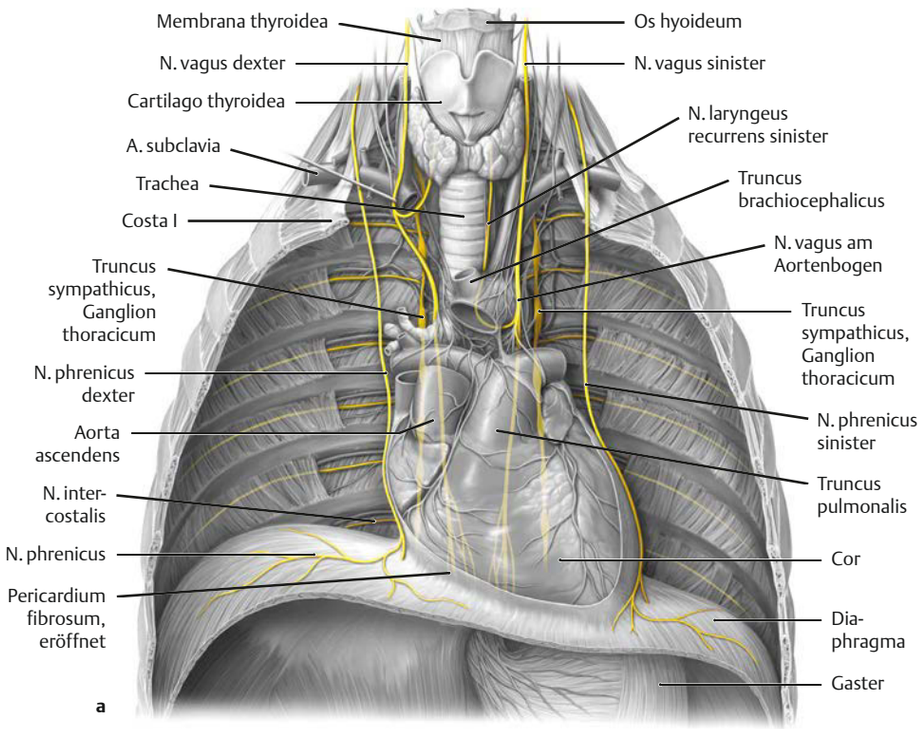
2.5 Nerven

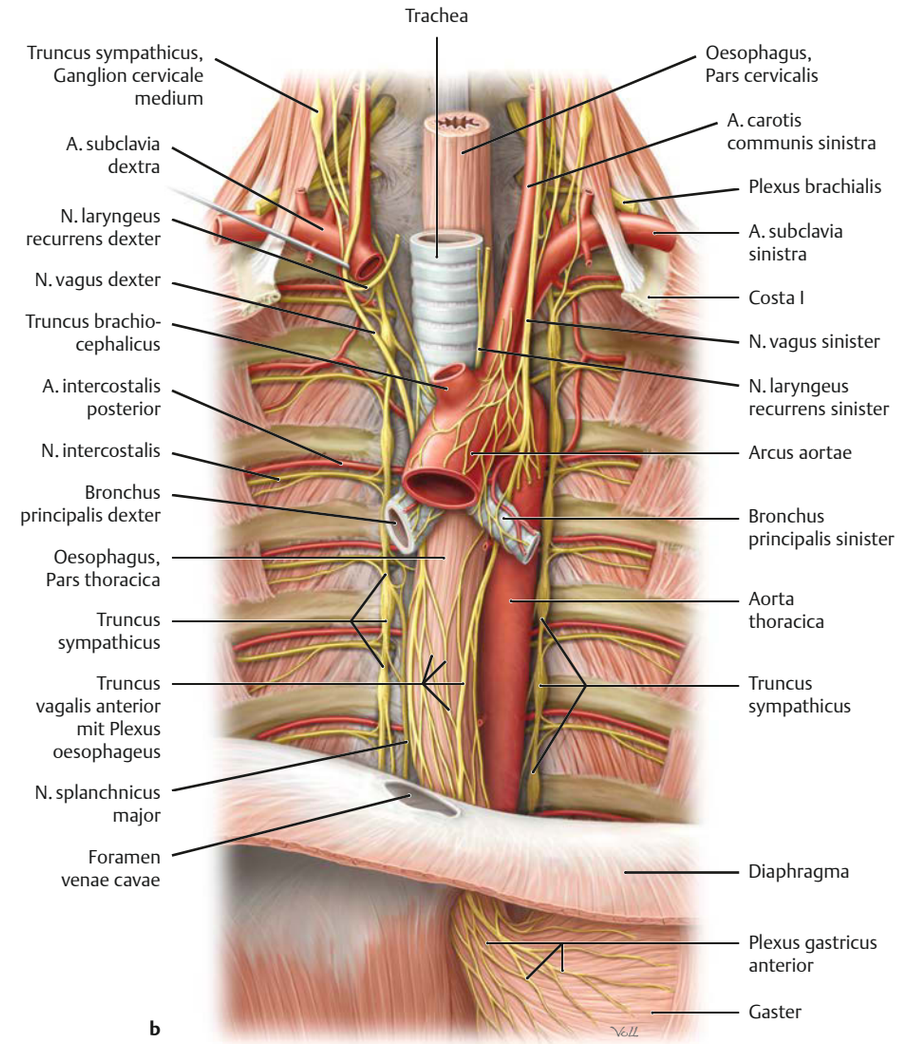


A Organisation von Sympathikus und Parasympathikus im Thorax
Die vegetativen Nerven im Thorax entstammen entweder dem Truncus sympathicus (sympathisch) oder dem N. vagus (parasympathisch).
Organisation des Sympathikus: Die Ursprünge (die 1., zentralen Neurone) der sympathischen Fasern liegen v. a. in den Seitenhörnern des zervikothorakolumbalen Rückenmarks (C8 [Th1] – L1/2). Das Axon zieht zu den im Thorax *paravertebralen* (neben der Wirbelsäule liegenden) sympathischen Ganglien, die über Rr. interganglionares zum Truncus sympathicus verbunden sind. In den Ganglien findet teilweise die Umschaltung auf das 2. (= periphere) sympathische Neuron statt. Für die sympathische Versorgung der Thoraxorgane sind v. a. die Ganglia thoracica 2 – 5 von Bedeutung. Von allen thorakalen Ganglien ziehen Fasern mit den Interkostalnerven zur Thoraxwand (vegetative Versorgung der Thoraxwand: Drüsen, Haare und Blutgefäße). Zudem ziehen vom Ganglion 5 – 11 (12) die Nn. splanchnici major und minor (imus) zum Abdomen (s. S. 226). Die postganglionären sympathischen Fasern schließen sich meist den Arterien an, mit denen sie in ihr Zielgebiet laufen, und bilden auf dem jeweiligen Gefäß Geflechte (Plexus, z. B. Plexus aorticus thoracicus). Die Fasern ziehen dann zu den am Zielorgan befindlichen vegetativen Plexus (Plexus cardiacus, oesophageus, pulmonalis), in die auch parasympathische Fasern einstrahlen.
Beachte: Im Thorax gibt es keine prävertebralen Ganglien wie im Abdomen.
Organisation des Parasympathikus: Der N. vagus (X. Hirnnerv) gibt folgende Äste zur Versorgung der Thoraxorgane ab:

- Rr. cardiaci zum Plexus cardiacus (Herz),
- Rr. oesophagei zum Plexus oesophageus (Oesophagus),
- Rr. tracheales (Trachea); Rr. bronchiales zum Plexus pulmonalis (Bronchien, pulmonale Gefäße).

Nach Abgabe dieser Äste ziehen die Nn. vagi als Truncus vagalis anterior bzw. posterior auf dem Oesophagus und gemeinsam mit diesem durch den Hiatus oesophageus in das Abdomen, wo sie zahlreiche Organe versorgen (s. S. 227).





B Übersicht über die Nerven im Thorax
Ansicht von ventral. **a** Herz und Teil des Herzbeutels sind im Mediastinum medium in situ belassen, um Lage und Verlauf der beiden Nn. phrenici zu verdeutlichen; **b** alle Organe sind entfernt, bis auf Oesophagus und Trachea; Nn. phrenici ebenfalls entfernt; Sicht auf Truncus sympathicus, Nn. intercostales und Plexus oesophageus frei.

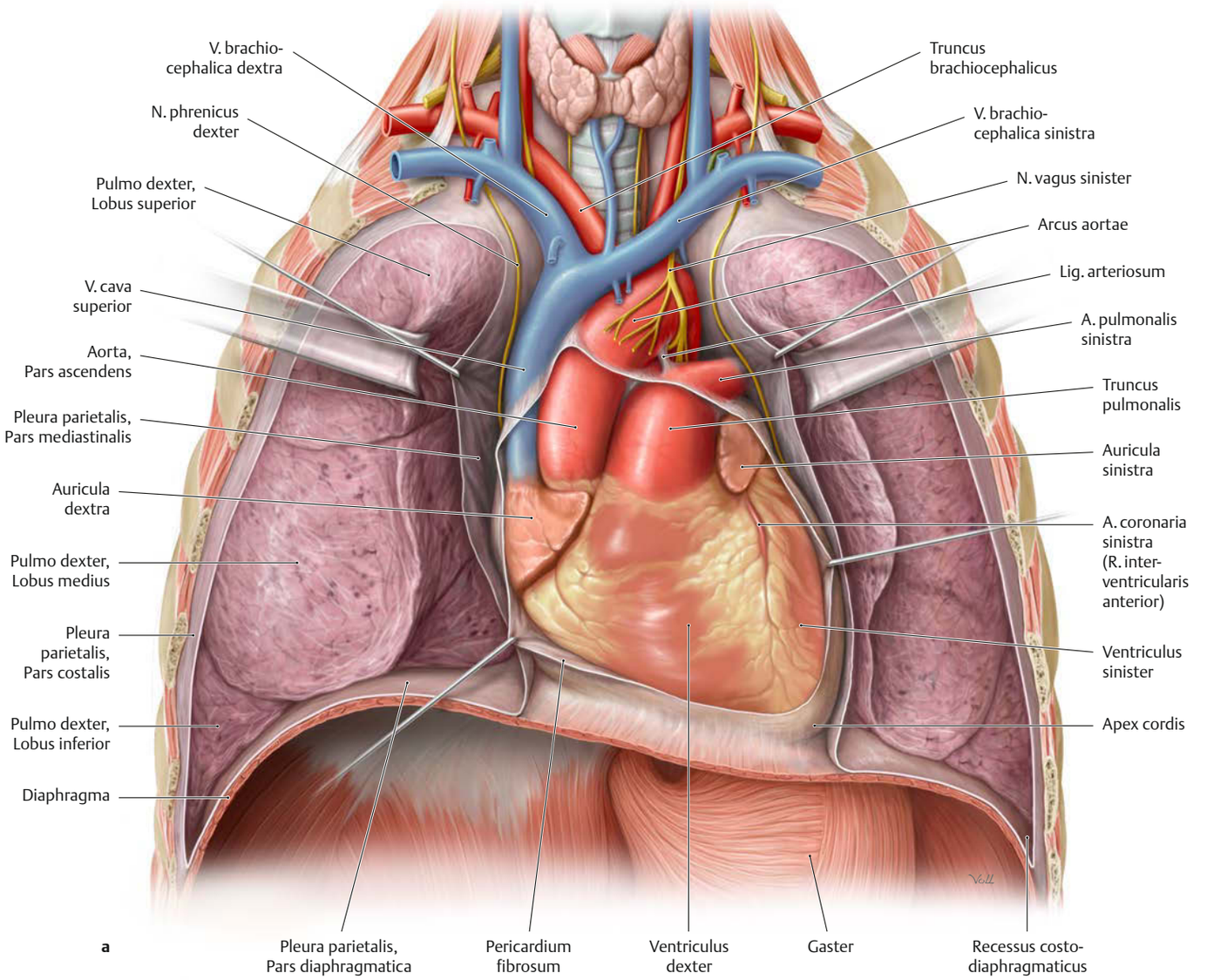
Der **Truncus sympathicus** verläuft im Thorax unmittelbar neben der Wirbelsäule („Grenzstrang"). Postganglionäre Äste des Truncus sympathicus ziehen meist mit den Arterien im Thorax zu den Organen, wo sie in die dort liegenden Plexus einstrahlen (s. S. 94). Die **Nn. intercostales** verlaufen ganz dorsal. Sie entstammen den Rückenmarkssegmenten 1–12 (das Nervenpaar, das dem 12. Rückenmarkssegment entstammt, heißt *Nn. subcostales,* da es unterhalb der 12. Rippe verläuft; hier nicht zu sehen) und treten jeweils unterhalb des 1.–12. Brustwirbels aus. Sie verlaufen mit den Interkostalgefäßen zunächst am Unterrand der jeweiligen Rippe. Motorisch innervieren sie die Interkostalmuskeln; sensibel die Dermatome Th1–12. Jeder Interkostalnerv nimmt postganglionäre Sympathikusfasern zur vegetativen Innervation von Drüsen, Haaren und Gefäßen in der Haut der Dermatome auf.

Die **Nn. vagi** verlaufen im Thorax zunächst auf der Ebene der Trachea, gelangen unter Abgabe von Ästen hinter die beiden Bronchi principales und legen sich dann dem Oesophagus an, mit dem sie durch den Hiatus oesophageus in das Abdomen ziehen.

Beachte: Der linke und der rechte N. vagus organisieren sich um den Oesophagus als Truncus vagalis anterior und posterior, die topografisch eine Fortsetzung des Plexus oesophageus sind. Beide Trunci enthalten Fasern aus beiden Nn. vagi: der Truncus vagalis *anterior* mehr Fasern des linken, der Truncus vagalis *posterior* mehr Fasern des rechten N. vagus. Am Aortenbogen gibt der linke, an der A. subclavia dextra der rechte N. vagus einen *N. laryngeus recurrens* ab, einen rückläufigen Ast des N. vagus zum Kehlkopf. Die Nn. laryngei recurrentes laufen am Hals nicht selten weiter dorsal als hier dargestellt, gewissermaßen in einer Art Rinne zwischen Trachea und Oesophagus, wo sie bei Operationen an der nahe gelegenen Schilddrüse gefährdet sind. Zur besseren Übersicht sind sie hier leicht nach ventral verlagert.

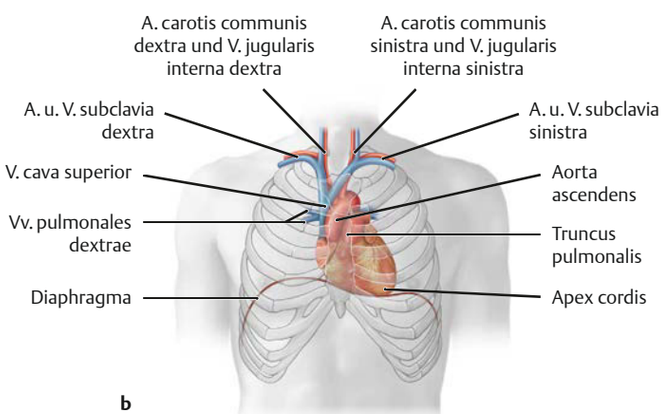
Beachte: Herzbeutel und Zwerchfell werden nicht vegetativ innerviert (die Blutgefäße ausgenommen).

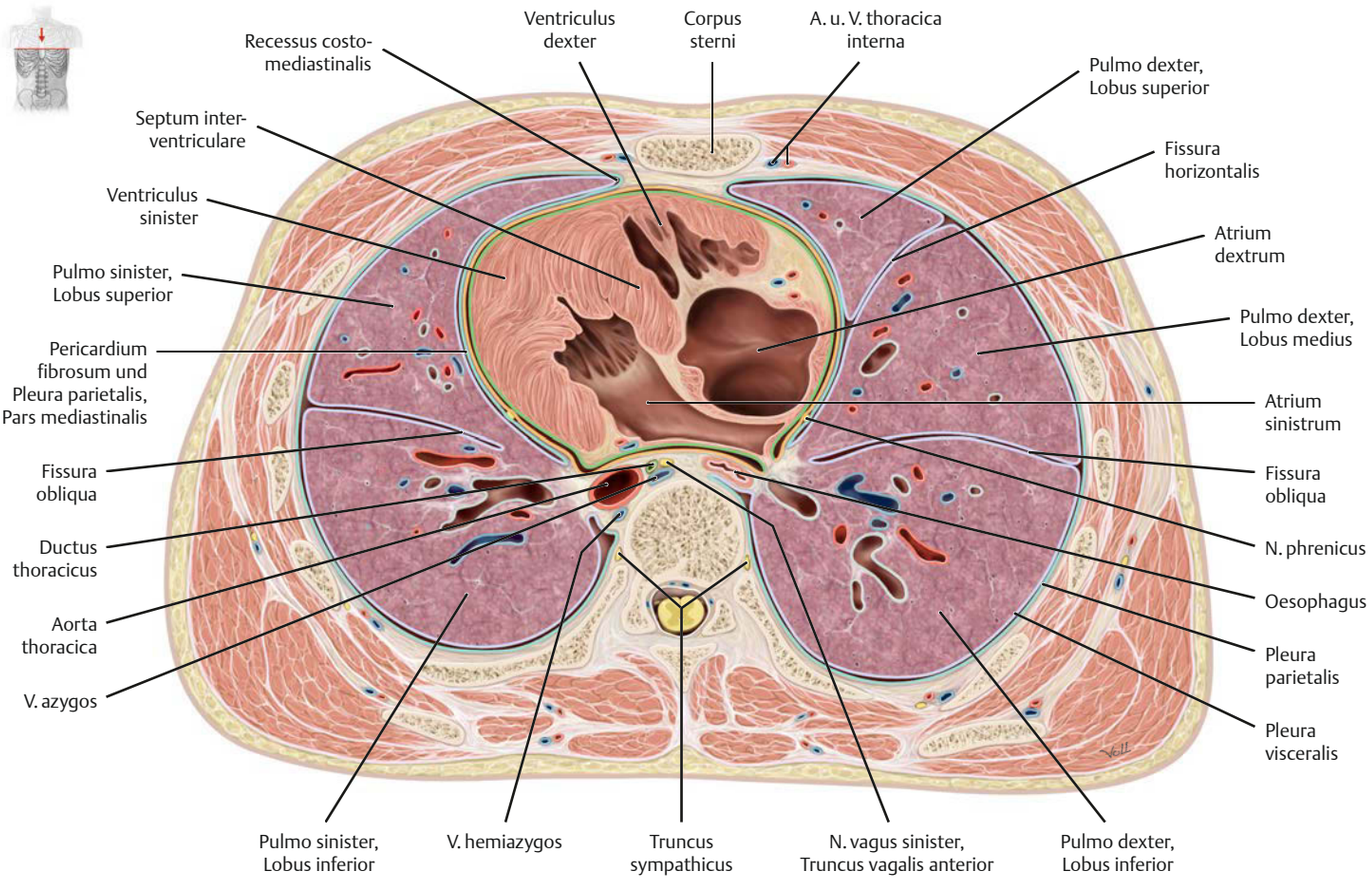
3.1 Lage des Herzens im Thorax



A Herz im Thorax in der Ansicht von ventral

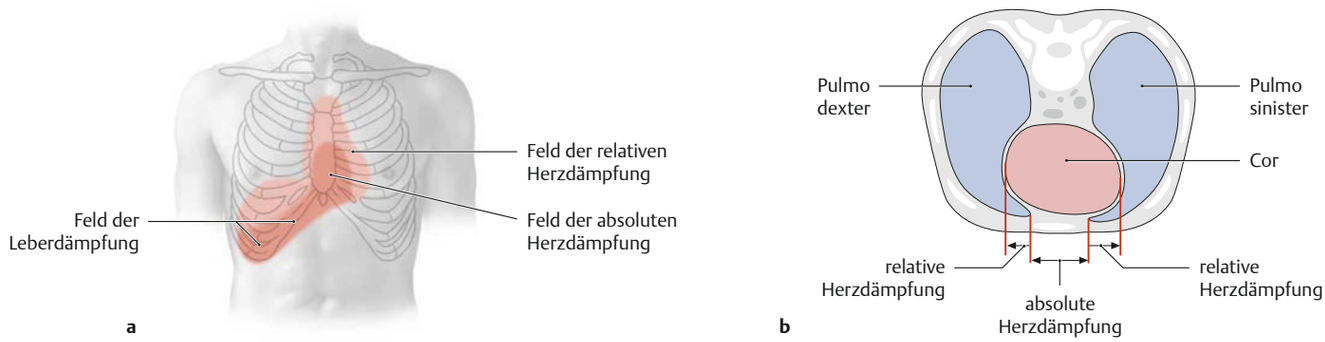
a Herz in situ, vereinfachte Darstellung; Thorax weiträumig eröffnet, Pleurahöhlen und Pericardium fibrosum aufgeschnitten, Bindegewebe im Mediastinum anterius entfernt, so dass der Blick auf das Herz frei ist. Die Lungen sind trotz eröffneter Pleurahöhle nicht im kollabierten Zustand dargestellt; **b** Projektion des Herzens auf den knöchernen Thorax. Das Herz liegt im (hier eröffneten) Herzbeutel, der einerseits fest mit dem Zwerchfell verbunden (vgl. S. 98), andererseits gegen die Pleura parietalis verschiebbar ist. Wenn man durch das Herz eine Längsachse von der Herzbasis zur Herzspitze legt, so weist diese Achse von rechts, kranial und dorsal nach links, kaudal und ventral. Das Herz liegt somit – von ventral gesehen – schräg und gegen den Uhrzeigersinn gekippt im Thorax. Längs dieser Achse erscheint es leicht nach hinten „gerollt“: Der rechte Ventrikel weist also nach vorne, wie hier in der Ventralansicht gut erkennbar; der linke ist demgegenüber nur z. T. zu sehen. Dementsprechend sind auch an der Herzbasis von ventral nicht alle großen Gefäße zu sehen: Die kurzen Vv. pulmonales liegen „im Herzschatten“, da sie in den linken Vorhof münden, der ebenfalls nach dorsal gerichtet ist. Gut erkennbar sind die beiden, jeweils randbildenden Herzohren (Auriculae dextra und sinistra). Die Herzspitze (Apex cordis) weist nach links und unten; sie liegt hier fast noch im Perikard verborgen. Ihre Bewegung (sog. Herzspitzenstoß) ist als feiner Schlag im Rahmen der Herzaktion im 5. Interkostalraum links in der Medioklavikularlinie zu tasten (s. S. 109). Die Lamina visceralis des Pericardium serosum (klinisch „Epikard“, s. S. 98) verleiht der Herzoberfläche spiegelnden Glanz. Die Serosa ist hier mit Fettgewebe unterlegt, in das die Koronargefäße eingebettet sind.





B Herz im Thorax in der Ansicht von kranial

Horizontalschnitt durch den Thorax in Höhe des 8. Brustwirbels. Aus der Sicht von kranial erkennt man, dass das Herz asymmetrisch im Mediastinum medium liegt und leicht gegen den Uhrzeigersinn gedreht ist: Der linke Ventrikel weist nach links und hinten, der rechte nach rechts und vorne. Der *rechte Ventrikel* befindet sich damit fast direkt hinter der Sternumrückwand (dazwischen liegt nur das schmale Mediastinum anterius, vgl. S. 79); der *linke Vorhof* liegt in unmittelbarer Nachbarschaft des Oesophagus. Zwischen Herz und *Wirbelsäule* verbleibt ein relativ kleiner Raum für den Durchzug von Leitungsbahnen und Organen: Aorta thoracica, Oesophagus, Ductus thoracicus, Vv. azygos und hemiazygos sowie Teile des vegetativen Nervensystems. An beiden Lungen verursacht das Herz eine Eindellung, die Impressio cardiaca. Sie ist links stärker als rechts, da das Herz sich nach links stärker ausdehnt als nach rechts. Die Spalträume zwischen den Pleurablättern und den serösen Anteilen des Perikards sind erheblich schmaler als hier zur Verdeutlichung dargestellt.



C Herzdämpfung bei Thoraxperkussion

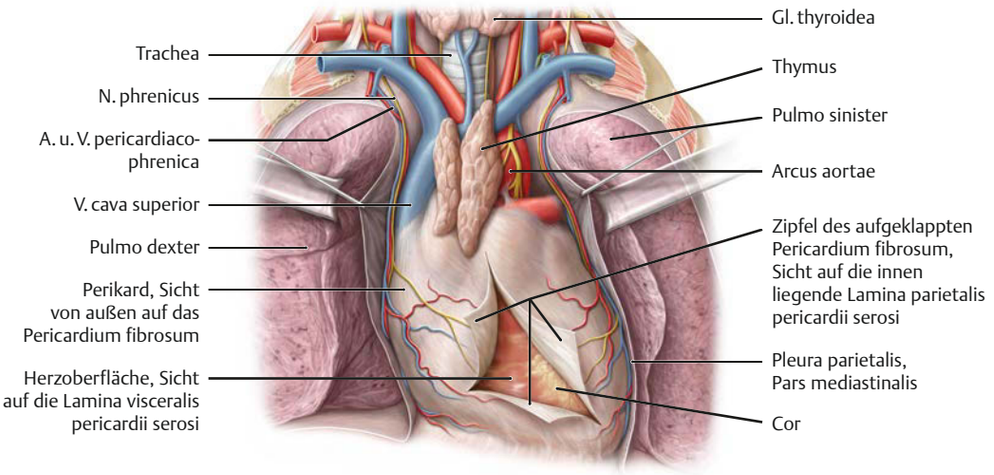
Ansicht von ventral (**a**) und im Horizontalschnitt von kranial (**b**). Im Unterschied zum sonoren Klopfschall, den die *luftgefüllten* Lungen beim Beklopfen (Perkussion) erzeugen (s. S. 136), erzeugt das *flüssigkeitsgefüllte* Herz einen hellen Klopfschall, die sog. Herzdämpfung. Sie ist entweder *absolut* (dort, wo kein Lungenabschnitt liegt, der den Klopfschall des Herzens beeinträchtigen kann) oder *relativ* (dort, wo Lungenabschnitte liegen, die das Herz überlagern – von ventral gesehen – und deren Klopfschall dann durch den Klopfschall des Herzens „hindurch" zusätzlich zu hören ist). Demnach befindet sich das Feld der absoluten Herzdämpfung zwischen Thoraxwand und Herz, das Feld der relativen Herzdämpfung im Bereich des Recessus costomediastinalis, in den links und rechts kleine Lungenabschnitte hineinragen (s. **B**).

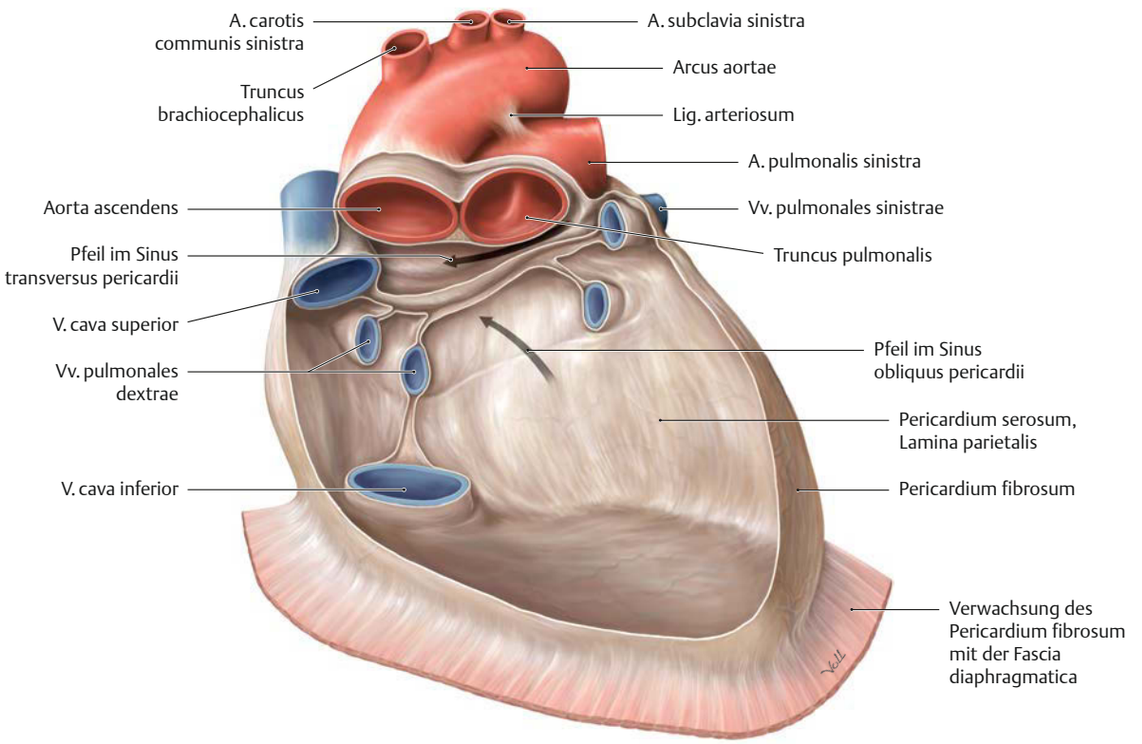
Beachte: Die Herzdämpfung geht aufgrund der Ausdehnung der Leber im Epigastrium und in der rechten Regio hypochondriaca in die Leberdämpfung über (s. **a**). Die Ausdehnung bzw. die Begrenzung des Herzens lässt sich anhand der Herzdämpfung grob bestimmen, da sich die Schallcharakteristik an den Herzrändern im Vergleich zum Lungenschall ändert.

3.2 Herzbeutel: Lage, Aufbau und Innervation

A Lage des Herzbeutels (Pericardium) im Thorax in der Ansicht von ventral

Thorax eröffnet. Der Herzbeutel ist die beherrschende Struktur im Mediastinum inferius. Kaudal ist er bindegewebig mit der Fascia diaphragmatica verwachsen, nach ventral nur durch das Bindegewebe im schmalen Mediastinum anterius (hier entfernt, s. S. 79) von der Rückfläche des Sternum getrennt. Nach lateral grenzt das Perikard an die Pleurahöhlen, von denen es durch die Pleura mediastinalis getrennt ist.





B Perikardhöhle (Cavitas pericardiaca) und Aufbau des Herzbeutels

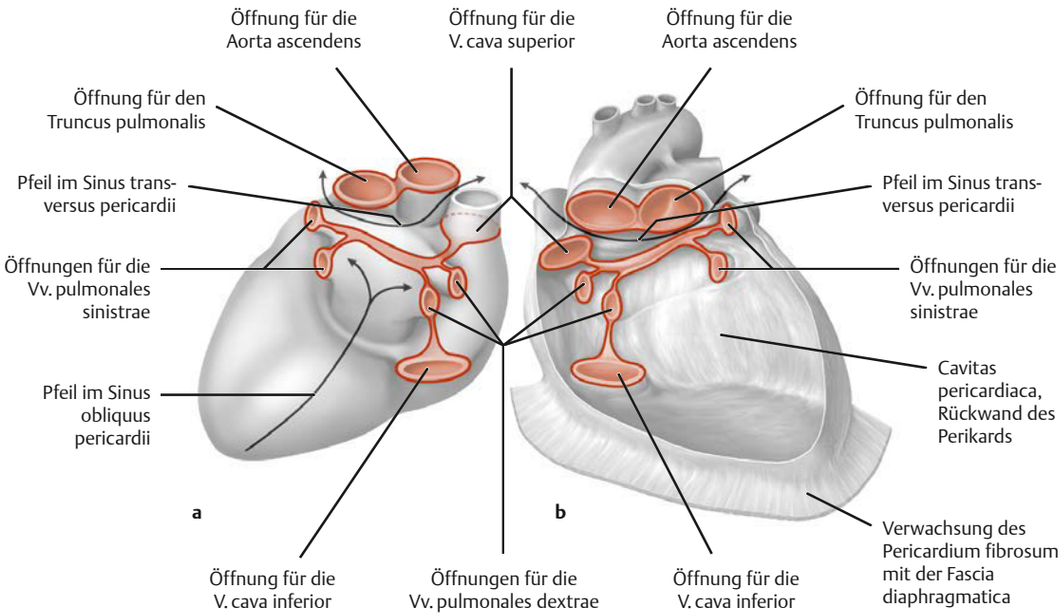
Herzbeutel aufgeschnitten, Sicht von ventral in die leere Perikardhöhle. Der Herzbeutel umgibt und schützt das Herz und verhindert seine passive Überdehnung in der Erschlaffungsphase (Diastole). Er besteht aus zwei **Schichten:**

- Pericardium fibrosum: äußerste, teilweise am Zwerchfell fest gewachsene, bindegewebige Schicht, wird zusammen mit dem *parietalen* Blatt des Pericardium serosum *klinisch* als *Perikard* bezeichnet.
- Pericardium serosum: seröse Haut (wie Peritoneum bzw. Pleura) mit einer Lamina *parietalis* pericardii serosi, die mit der Innenseite des Pericardium fibrosum fest verwachsen ist und einer Lamina *visceralis* pericardii serosi *(klinisch: Epikard),* die Herzmuskel (Myokard) und herznahe Gefäßabschnitte überzieht und mit diesen fest verwachsen ist.

Zwischen den Umschlagstellen von Lamina parietalis auf Lamina visceralis an den Gefäßen entstehen zwei **Sinus** (Buchten, s. Pfeile):

- der Sinus transversus pericardii zwischen Arterien und Venen und
- der Sinus obliquus pericardii zwischen den linken und rechten Vv. pulmonales.

Beachte: Da der Herzbeutel praktisch nicht dehnbar ist, wird das Herz bei einer Blutung in die Perikardhöhle (z. B. durch Einreißen einer krankhaften Wandausbuchtung = Aneurysma) durch die zunehmende Menge Blut bei jeder Pumpaktion bis zur Pumpunfähigkeit zusammengedrückt (sog. Herzbeuteltamponade – Gefahr des Herzstillstandes!). Auch Entzündungen des Herzbeutels (Perikarditis) können über eine Verhärtung des Perikards die Ausdehnung des Herzens behindern.

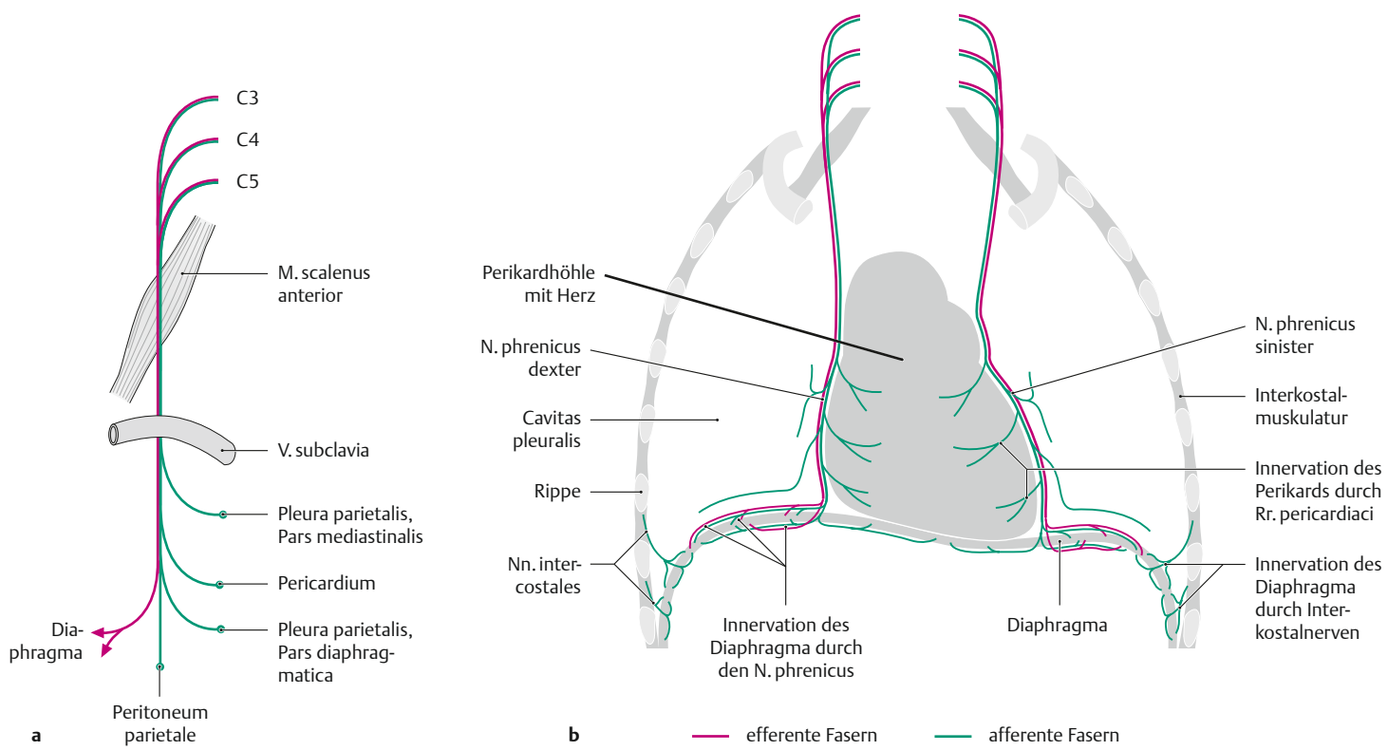


C Öffnungen des Perikards

a Sicht von dorsal auf das Herz mit Epikard; **b** Sicht von ventral in die „leere" Perikardhöhle (Cavitas pericardiaca). Ein „leerer" Herzbeutel hat acht Öffnungen für den Ein- und Austritt von Gefäßen:

- eine Öffnung für die Aorta ascendens,
- eine Öffnung für den Truncus pulmonalis,
- zwei Öffnungen für die beiden Vv. cavae,
- vier Öffnungen für die vier Vv. pulmonales.

Sowohl auf dem Herzen als auch auf der inneren Oberfläche des Herzbeutels sieht man den Umschlag der beiden Serosablätter.

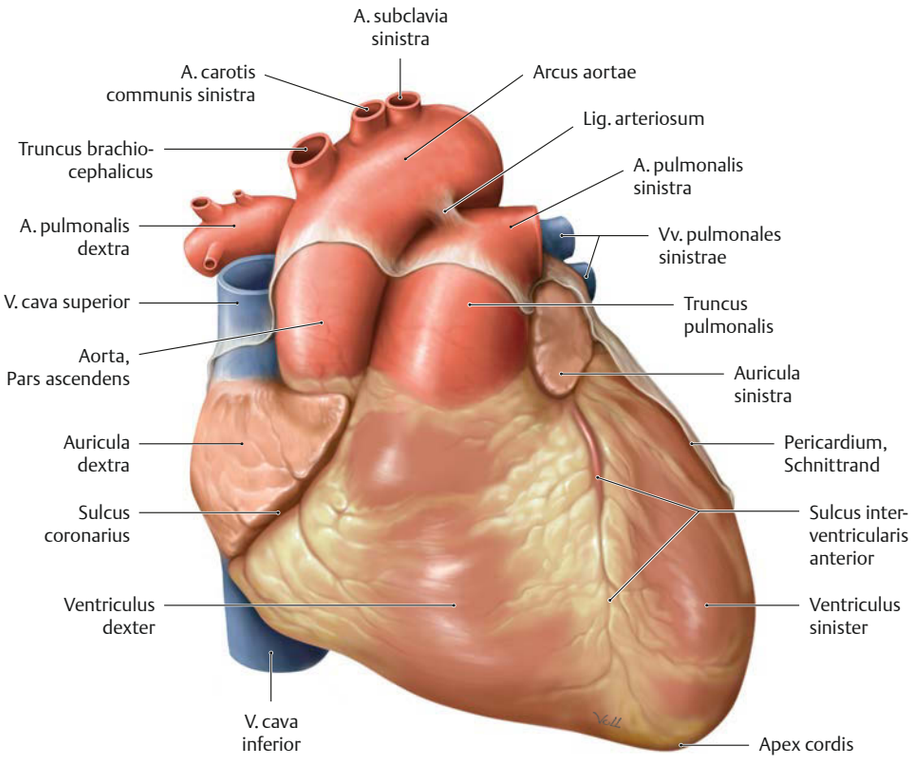


D Innervation des Herzbeutels

a somatosensible und somatomotorische Qualitäten des N. phrenicus;
b sensibles und motorisches Versorgungsgebiet des N. phrenicus.

Das Perikard (Pericardium fibrosum und Lamina parietalis pericardii serosi) wird wie die serösen Häute des Zwerchfells (Pleura diaphragmatica und Peritoneum parietale) sensibel durch den N. phrenicus aus den Rückenmarkssegmenten C3–5 versorgt.

3.3 Herz: Form und Aufbau



A Herz (Cor), Facies sternocostalis
Ansicht von ventral. Das Herz ist ein muskuläres Hohlorgan und hat ungefähr die Form eines flachen Kegels. Grundsätzlich unterscheidet man am Herzen topografisch

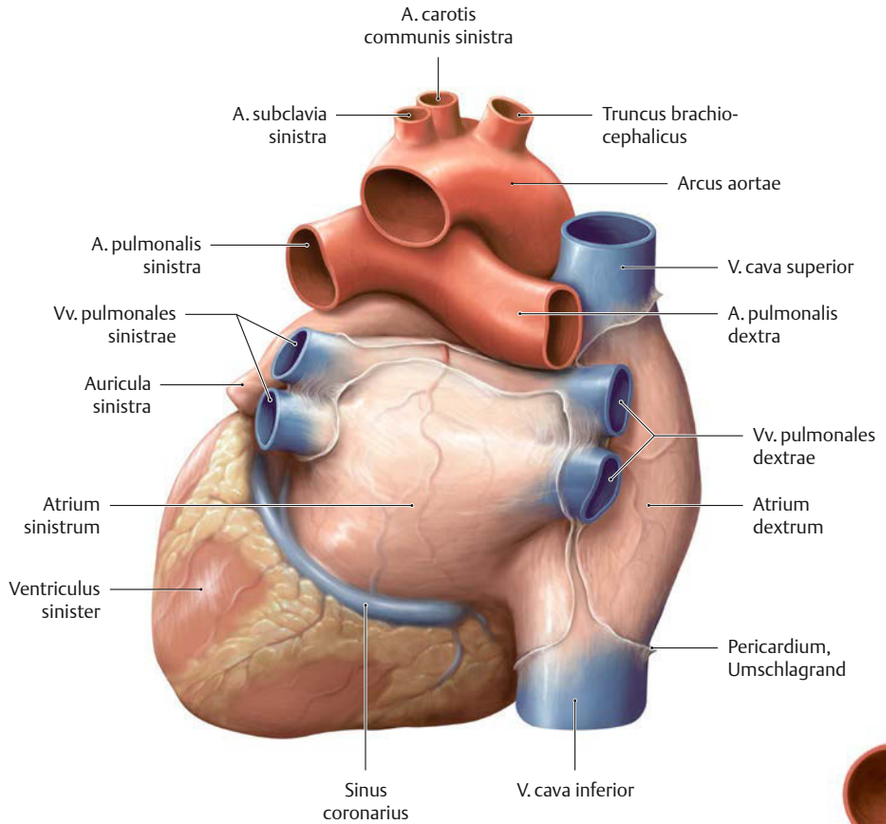
- eine nach rechts, oben und dorsal gerichtete Herzbasis mit den ein- und austretenden Gefäßen,
- eine nach links, unten und ventral gerichtete Herzspitze sowie
- drei Flächen, deren Bezeichnung sich teilweise nach den benachbarten Thoraxwänden richtet (s. **B**).

An der Facies sternocostalis sieht man v. a. den rechten Ventrikel, der durch den Sulcus interventricularis anterior gegen den linken Ventrikel abgegrenzt ist. Der linke Ventrikel (Herzunter- und -hinterseite) bildet aus dieser Sicht den linken Herzrand und die Herzspitze (Apex cordis).

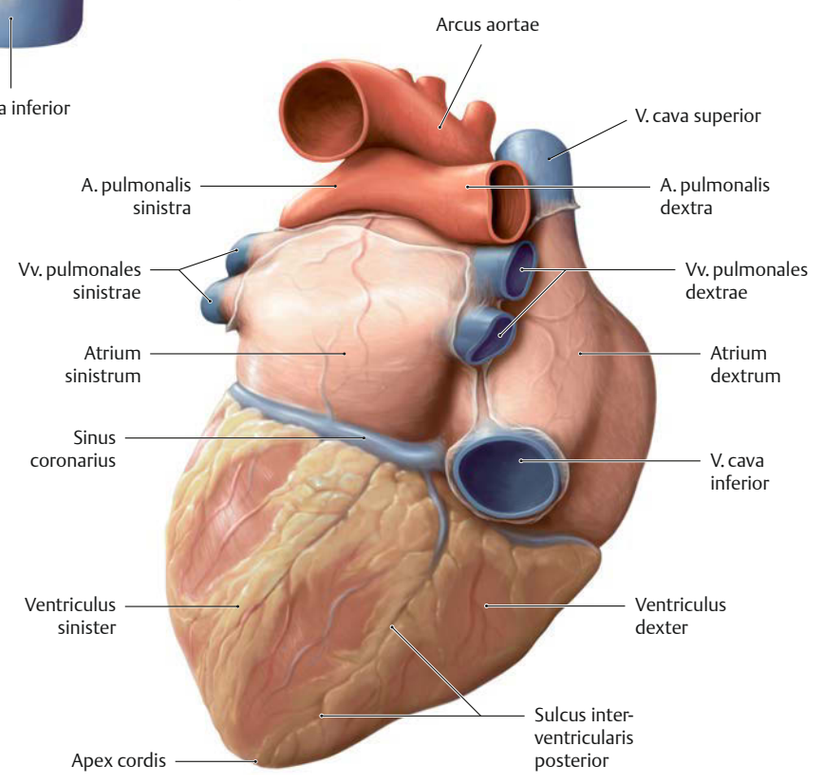
Der *Sulcus interventricularis anterior* enthält den R. interventricularis anterior der A. coronaria sinistra (s. S. 120) und die V. interventricularis anterior. Beide Gefäße sind in Fett eingebettet und füllen den Sulcus fast vollständig aus, so dass die Herzvorderwand glatt erscheint. Die Vorhöfe (Atrium sinistrum und dextrum) sind durch den *Sulcus coronarius* gegen die Ventrikel abgegrenzt, der ebenfalls Herzkranzgefäße (die herzeigenen Gefäße, s. S. 120–123) enthält. Das rechte Herzohr (Auricula dextra) legt sich an die Basis der Aorta (Pars ascendens), das linke Herzohr (Auricula sinistra) an die Basis des Truncus pulmonalis an. Der Abgang der rechten A. pulmonalis aus dem Truncus pulmonalis wird hier durch die Aorta, Pars ascendens, verdeckt. Die Umschlagfalte des viszeralen in das parietale Blatt des Perikards ist hier zur Übersicht in allen drei Abbildungen mit dargestellt. Das Perikard schließt einen herznahen Teil der Arterien mit ein.

B Herzflächen

Fläche	Ausrichtung	Herzabschnitte, die die Fläche bilden mit Gefäßen
Vorderfläche (Facies sternocostalis)	nach ventral zu Sternumrückseite und Rippen	• Atrium dextrum mit Auricula dextra • Ventriculus dexter • kleinerer Teil des Ventriculus sinister mit Apex cordis • Auricula sinistra • Aorta ascendens, V. cava superior, Truncus pulmonalis
Hinterfläche (Facies posterior)	nach dorsal zum Mediastinum posterius	• Atrium sinistrum mit Mündung der vier Vv. pulmonales • Ventriculus sinister • Teil des Atrium dextrum mit Mündung der Vv. cavae superior u. inferior
Unterfläche (klinisch: Hinterwand) (Facies diaphragmatica)	nach kaudal zum Diaphragma	• Ventriculus sinister mit Apex cordis • Ventriculus dexter • Teil des Atrium dextrum mit Mündung der V. cava inferior



C Herz (Cor), Facies posterior
Ansicht von dorsal. Hier sieht man, wie der Arcus aortae den Truncus pulmonalis dort überquert, wo dieser sich in die A. pulmonalis sinistra bzw. dextra aufteilt. Die Aorta gibt an dieser Überkreuzungsstelle die drei großen Arterien zur oberen Extremität und zu Hals und Schädel ab: Truncus brachiocephalicus, A. carotis communis sinistra und A. subclavia sinistra. Auch die Mündungen der – meist vier – Vv. pulmonales in den *linken* Vorhof (Atrium sinistrum) sowie der zwei Vv. cavae in den *rechten* Vorhof (Atrium dextrum) sind gut zu sehen. Ebenfalls sichtbar wird hier der Sinus coronarius im gleichnamigen Sulcus, der den linken Ventrikel vom linken Vorhof trennt. Dieser Sinus ist das Sammelgefäß für das venöse Blut, das dem Herzen über die Vv. cardiacae zugeführt wird.

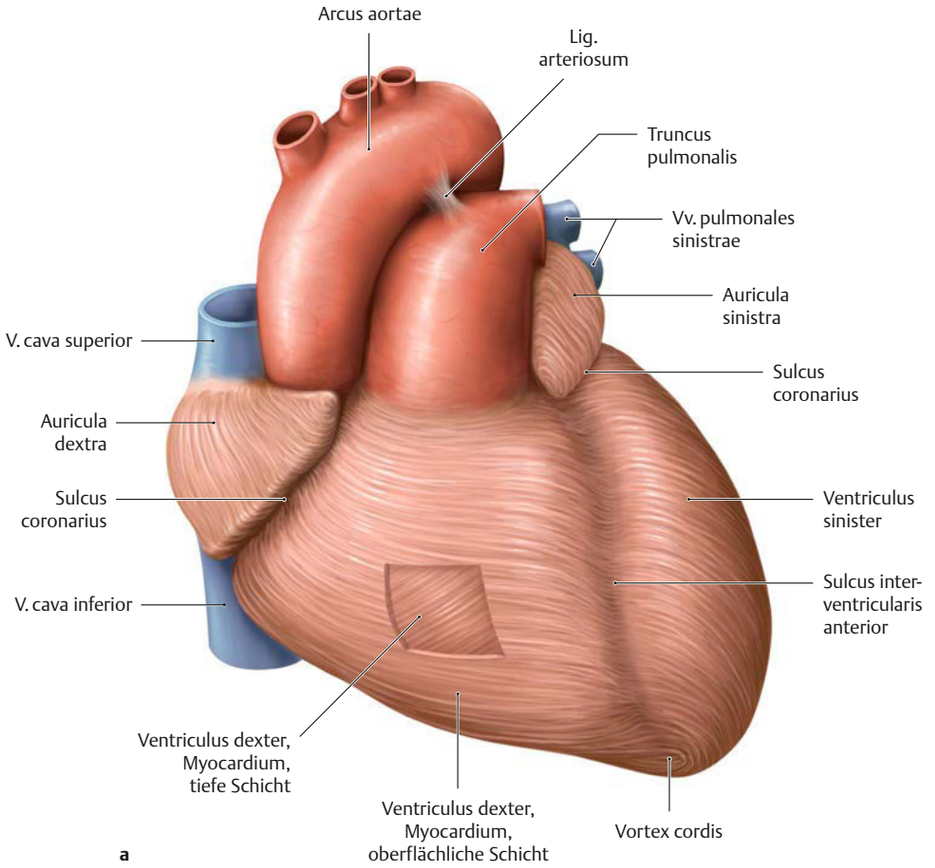


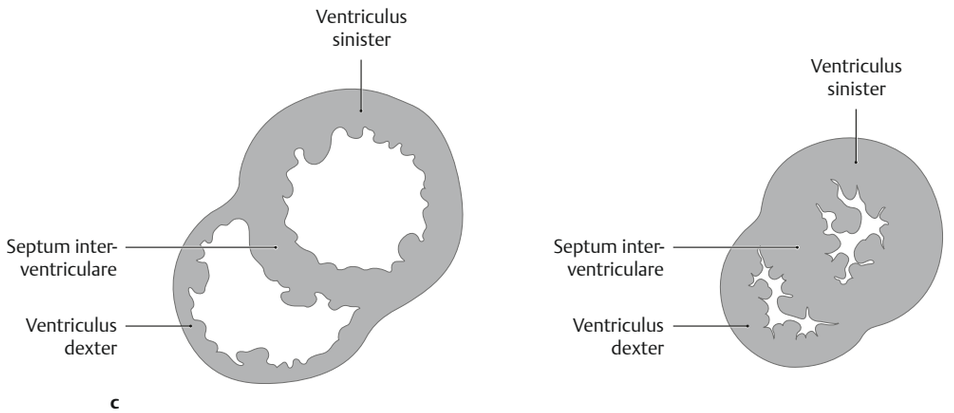
D Herz (Cor), Facies diaphragmatica
Ansicht von dorsal und kaudal. Durch Kippung des Herzens nach ventral wird die Facies diaphragmatica besser sichtbar, die von beiden Ventrikeln und dem Atrium dextrum mit der Mündung der V. cava inferior gebildet wird. Bei einer Ansicht nur von kaudal aus der Perspektive des Zwerchfells (hier nicht dargestellt) wäre sichtbar, dass die beiden Vv. cavae in einer Achse liegen: Bei Sicht in die V. cava inferior würde man durch die Mündung der V. cava superior hindurchschauen.

E Wandbau des Herzens

Bezeichnung	Lokalisation	Zusammensetzung
Endokard	innerste Schicht, kleidet Herzhöhlen aus und bildet die Segel und Taschen der Herzklappen	einschichtiges Plattenepithel mit subendothelialer Schicht aus Kollagen und elastischen Fasern; beide Schichten setzen sich in die Intima der Gefäße fort
Myokard	mittlere Schicht und dickster Teil der Herzwand, Motor der Pumpaktion (s. S. 102 u. 103)	komplex angeordnete Muskelfasern
Epikard (= klinischer Begriff; anatomische Bezeichnung: Lamina visceralis pericardii serosi)	äußerste Schicht auf der Herzoberfläche, streng genommen schon Bestandteil des Herzbeutels (s. S. 98), da viszerales Blatt des serösen Perikards	seröse Haut (einschichtiges Plattenepithel mit darunter liegendem Bindegewebe)

3.4 Aufbau der Herzmuskulatur (Myocardium)



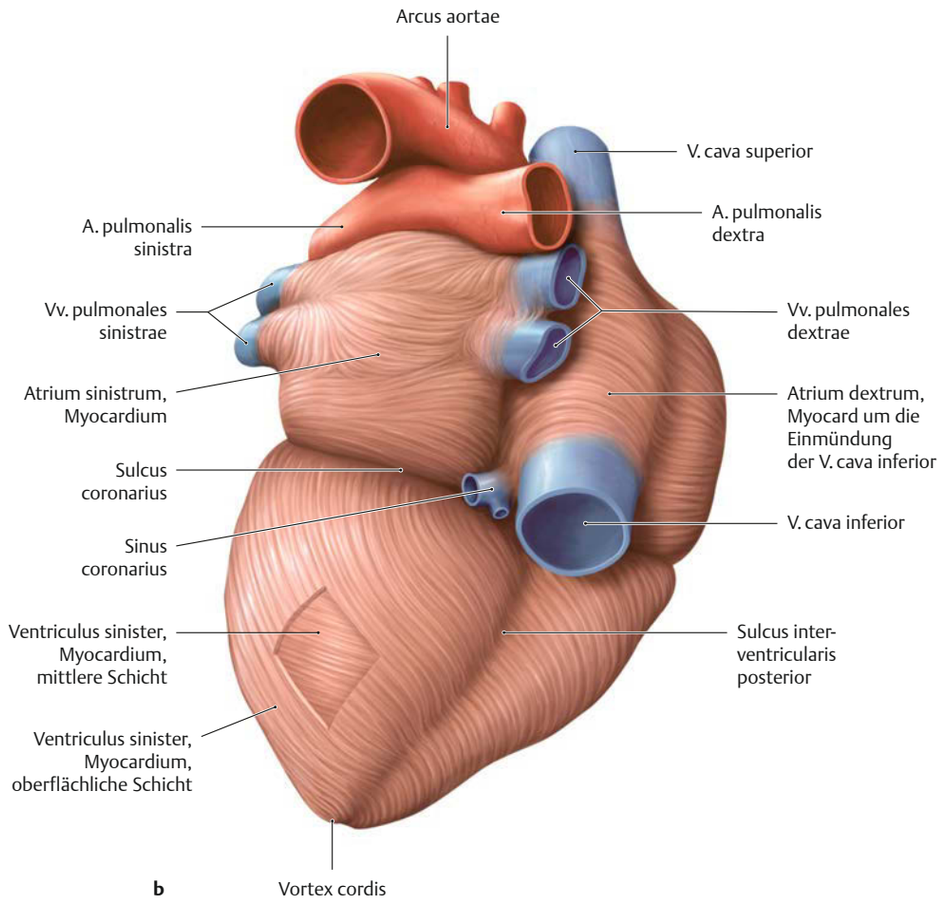


A Aufbau der Herzmuskulatur

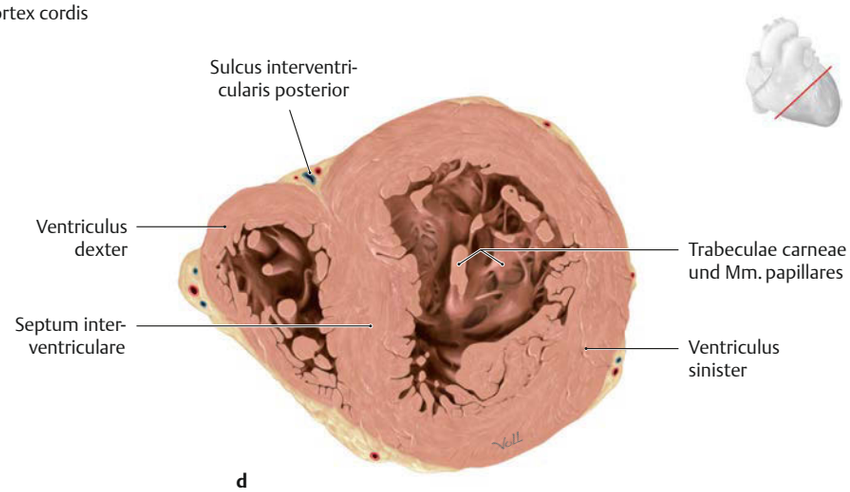
a u. **b** Muskulatur von außen in der Ansicht von ventral und kaudal; vereinfachte Darstellung, rechter bzw. linker Ventrikel gefenstert.

Beachte: In beiden Bildern fehlt die Lamina visceralis pericardii serosi (Epikard) mit dem subepikardialen Fettgewebe. Ebenso sind die Herzkranzgefäße nicht dargestellt. Dadurch sind die Furchen am Herzen (Sulcus interventricularis anterior und posterior, Sulcus coronarius) deutlich zu erkennen.

Die **Muskulatur der beiden Vorhöfe** hat eine oberflächliche und eine tiefe Schicht. Die oberflächliche Schicht (hier dargestellt) erstreckt sich über beide Vorhöfe gemeinsam, die tiefe Schicht nicht: Jeder Vorhof hat seine „eigene" tiefe Schicht. Schlingen- und kreisförmig angeordnete Muskelfasern ziehen nach kaudal bis an die Vorhof-Kammer-Grenze und umgeben auch die wandnahen Mündungsabschnitte der Venen. Die Anordnung der **Ventrikelmuskulatur** ist sehr komplex. Grundsätzlich kann man eine äußere (subepikardiale), mittlere und innere (subendokardiale) Schicht unterscheiden. Die äußere Schicht geht an der Spitze der Ventrikel jeweils in einem Wirbel (Vortex cordis) in die tieferen Schichten über. Im deutlich muskelschwächeren, rechten Ventrikel (Niederdrucksystem, s. **c**) fehlt eine mitt-



b



d

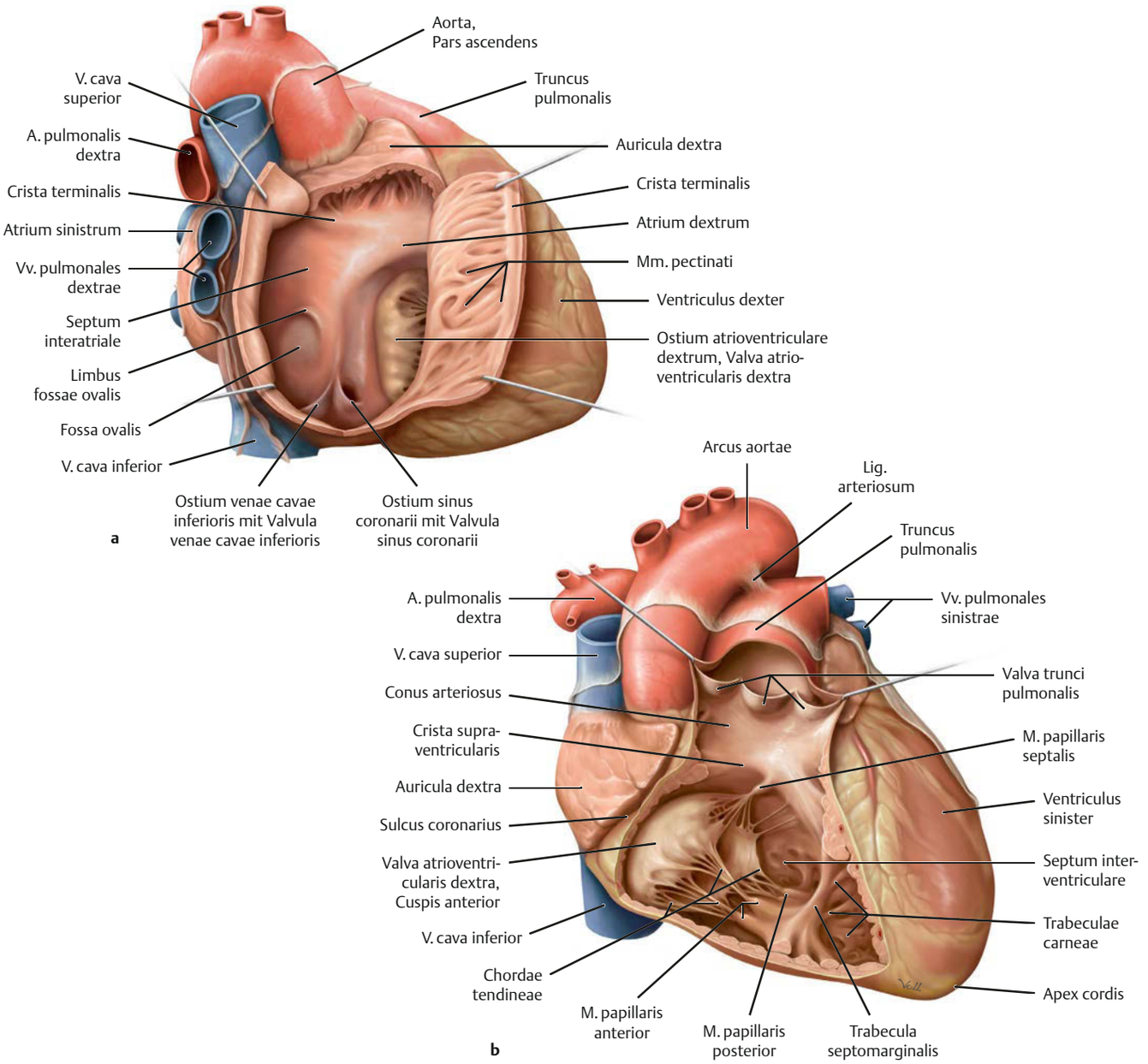
lere Schicht fast völlig. Die subendokardiale Schicht bildet in beiden Ventrikeln die Trabeculae carneae und die Mm. papillares (s. **d** und S. 109).

Histologisch ist das Myokard quergestreift. Die Muskelzellen bilden ein funktionelles Syncytium (s. Lehrbücher der Physiologie).

c u. **d** Muskulatur im Schnitt in der Ansicht von kranial, Herz senkrecht zur Längsachse geschnitten; **c** schematische Darstellung: links Herz bei Kammererschlaffung (Diastole), rechts bei Kammerkontraktion (Systole); **d** Schnitt durch ein Originalpräparat in der Diastole.

Deutlich sichtbar wird auf beiden Bildern der Dickenunterschied zwischen linkem und rechtem Kammermyokard: Der linke Ventrikel gehört zum Hochdrucksystem, entsprechend muss sein Myokard einen erheblich höheren Druck aufbauen (bei Kammerkontraktion 120–140 mmHg) als der rechte Ventrikel (ca. 25–30 mmHg). Der Dickenunterschied ist bei Kammerkontraktion (s. **c**) am deutlichsten. Klar sichtbar wird in **d**, wie Koronargefäße und subepikardiales Fettgewebe die Furchen am Herzen „glätten".

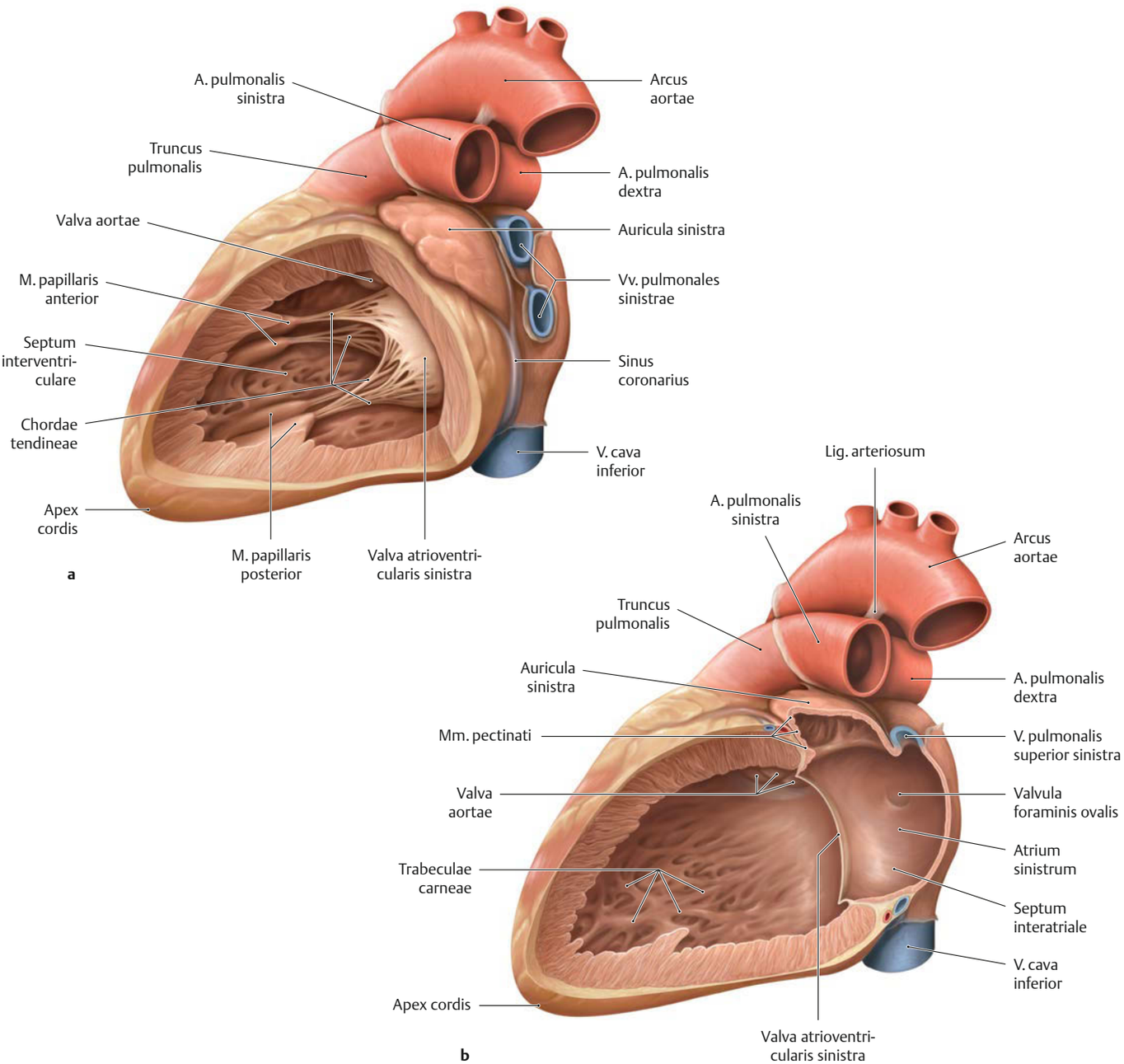
3.5 Herzbinnenräume



A Binnenräume des rechten Herzens
a Ansicht des Vorhofs von rechts; **b** Ansicht der Herzkammer von ventral. Ventrikel- bzw. Vorhofwand großflächig gefenstert; Herzwand zur Sicht auf die Binnenräume jeweils großflächig aufgeschnitten.

Der **rechte Vorhof** (Atrium cordis dextrum, s. **a**) besteht aus einem hinteren und einem vorderen Abschnitt. In den *hinteren* Abschnitt mit dem glattwandigen Sinus venarum cavarum (hier verdeckt) münden die beiden Vv. cavae am Ostium venae cavae superioris und inferioris. An der Mündung der V. cava inferior befindet sich eine kleine Klappe (Valvula venae cavae inferioris), die das Blut im *pränatalen* Kreislauf durch das Foramen ovale im Septum interatriale leitet. Da das Foramen ovale im *postnatalen* Kreislauf verschlossen und zur Fossa ovalis wird (umgeben vom Limbus fossae ovalis), schrumpft diese Klappe postnatal. Auch die Mündung des Sinus coronarius, das Ostium sinus coronarii, trägt eine kleine sichelförmige Klappe, die Valvula sinus coronarii. Der *vordere* Abschnitt, der eigentliche Vorhof mit dem Herzohr, ist durch eine Leiste, die Crista terminalis, vom hinteren Abschnitt abgegrenzt. Von der Crista terminalis entspringen kleine Muskelbälkchen, die Mm. pectinati. Dieser Abschnitt ist im Unterschied zum hinteren Abschnitt des Vorhofs daher nicht glattwandig, sondern hat ein ausgeprägtes Binnenrelief. Die Wand des rechten Vorhofs ist dünn (Niederdruck).

Der **rechte Ventrikel** (Ventriculus cordis dexter, rechte Herzkammer) wird durch zwei muskuläre Leisten, die Crista supraventricularis und die Trabecula septomarginalis, ebenfalls in zwei Abschnitte unterteilt: hinten und unten (bei Herzlage in situ) die sog. Einflussbahn, vorne und oben die sog. Ausflussbahn (s. auch S. 119). Auch an der Wand der rechtsventrikulären *Einflussbahn* sind Trabeculae carneae zu sehen; die Mm. papillares sind auch hier über Chordae tendineae mit der Valva atrioventricularis (dextra) verbunden. Die *Ausflussbahn* ist kegelförmig und besteht im wesentlichen aus dem Conus arteriosus, dessen Wand glatt ist. Durch die Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis) strömt das Blut durch das Ostium trunci pulmonalis in den Truncus pulmonalis. Die Wand des rechten Ventrikels ist vergleichsweise dünn (Niederdrucksystem). Die Herzhöhlen sind mit Endokard ausgekleidet.

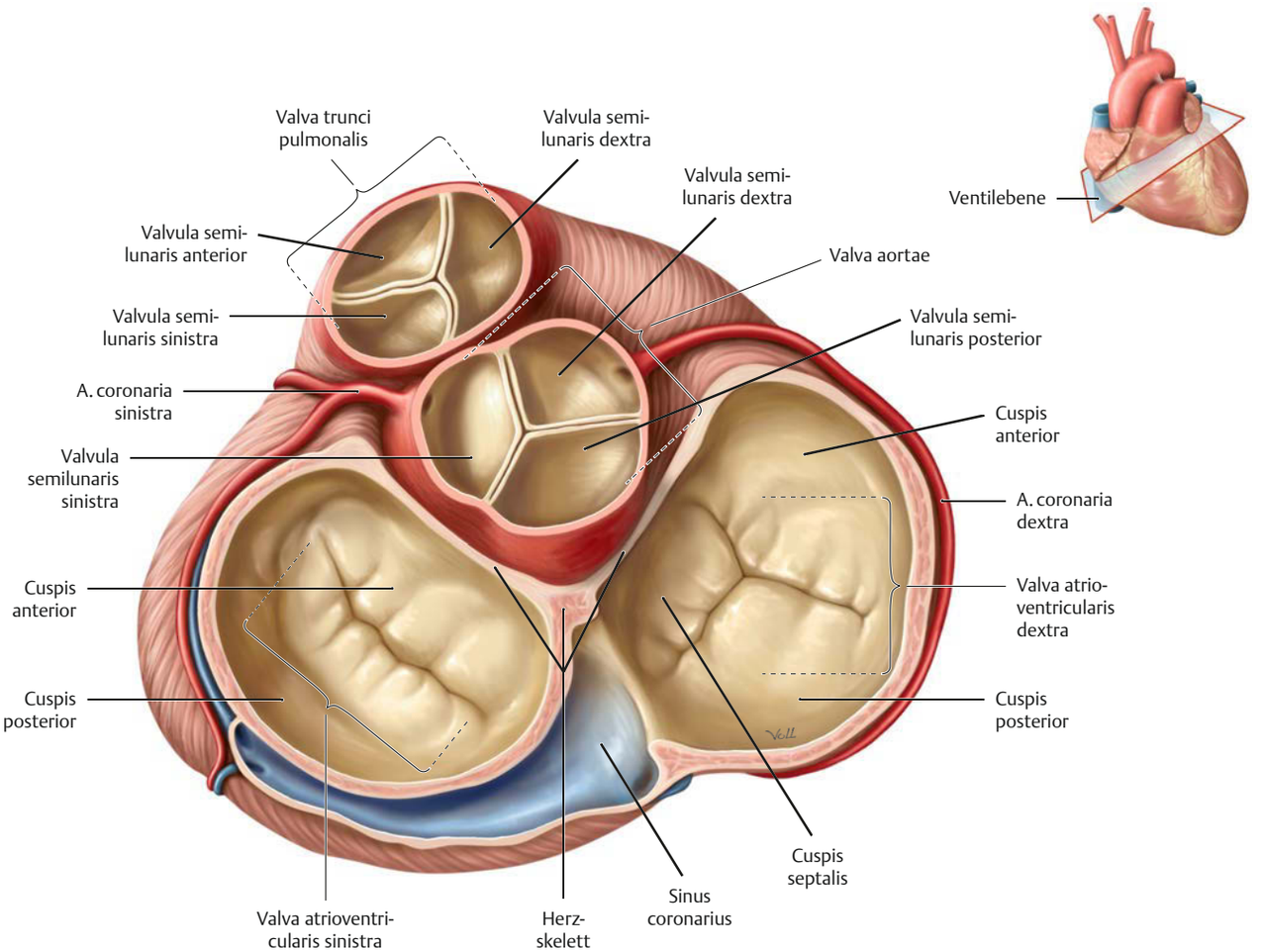


B Binnenräume des linken Herzens
Ansicht von links; **a** Herzkammer; **b** Herzkammer und Vorhof; Ventrikel- bzw. Vorhofwand jeweils großflächig gefenstert.

Der **linke Vorhof** (Atrium cordis sinistrum) ist kleiner als der rechte (s. **Aa**). Seine Muskelwand ist dünn (Niederdrucksystem) und in den Bereichen, die embryonal aus den Mündungen der Vv. pulmonales hervorgehen, glatt. Im restlichen Vorhof sind Mm. pectinati zu sehen. In den linken Vorhof münden die meist vier Vv. pulmonales. Am Septum interatriale sieht man gelegentlich eine schmale Falte (Valvula foraminis ovalis), die durch die Vorwölbung der Fossa ovalis in den linken Vorhof hervorgerufen wird. Sie kennzeichnet die Verwachsungsstelle zwischen dem embryonalen Septum primum und secundum.

Der **linke Ventrikel** (Ventriculus cordis sinister, linke Herzkammer) hat eine Ein- und eine Ausflussbahn. Die *Einflussbahn* beginnt mit dem Ostium atrioventriculare sinistrum, das durch die Valva atrioventricularis sinistra (s. S. 107) verschlossen werden kann. Sie hat aufgrund von Trabeculae carneae (Muskelbalken, die in das Ventrikellumen vorspringen) ein Relief. Besonders geformte Trabeculae, die Mm. papillares, halten über Sehnenfäden (Chordae tendineae) die Segel der linken Vorhof-Kammer-Klappe (Valva atrioventricularis sinistra). Die *Ausflussbahn* ist glattwandig und liegt nahe am Septum interventriculare. Sie führt zur Aorta. In der Ausflussbahn liegt ganz am Beginn der Pars ascendens aortae die Valva aortae (s. S. 107). Das Septum interventriculare besteht größtenteils aus Muskulatur (Pars muscularis). Nur ein kleinerer aortennaher Abschnitt ist bindegewebig (Pars membranacea). Dem Einbau des Septum interventriculare zwischen die Binnenräume des Herzens entsprechen an der Herzaußenfläche die Sulci interventriculares anterior und posterior. Die Muskelwand des linken Ventrikels (Ventriculus cordis sinister) ist dick (Hochdrucksystem) und übertrifft die rechte Ventrikelwand im Dickenverhältnis von etwa 3:1 (s. **Ab**). Die Herzhöhlen sind mit Endokard ausgekleidet.

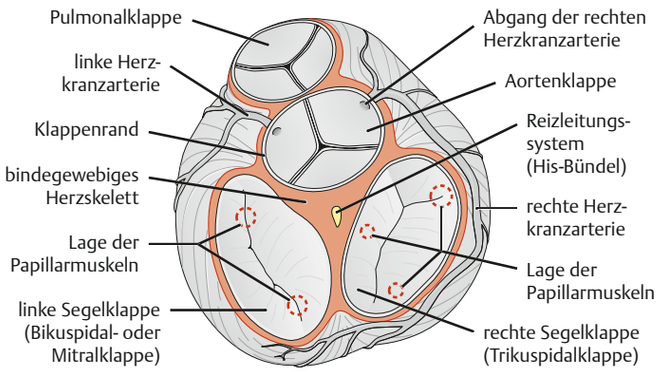
3.6 Herzklappen im Überblick (Ventilebene und Herzskelett)



A Herzklappen (Valvae cordis) im Überblick
Ansicht der Klappenebene aus der Perspektive der Herzbasis, Vorhöfe entfernt, große Arterien herznah abgetrennt. Alle Herzklappen liegen in einer Ebene, der Klappen- oder Ventilebene. Die Bezeichnung „Ventil" rührt daher, dass die Klappen wie technische Rückschlagventile funktionieren: Sie bestimmen sowohl die Flussrichtung des Blutes, das zwischen Vorhöfen und Kammern fließt (linke und rechte Atrioventrikularklappe), als auch des Blutes, das aus den Kammern ausströmt (Aorten- und Pulmonalklappe). Grundsätzlich unterscheidet man am Herzen:
Vorhof-Kammer-Klappen (Valvae atrioventriculares sinistra und dextra, Atrioventrikularklappen): Liegen an der Vorhof-Kammer-Grenze im Ostium atrioventriculare sinistrum und dextrum und bestehen aus einer dünnen, gefäßfreien Bindegewebsplatte mit Endokardüberzug. Mechanisch sind es *Segelklappen* (s. **B**, „blähen" sich durch den Blutstrom wie Segel auf). Ihre Aufgabe ist es, bei Kontraktion der Kammern (Ventrikelsystole) einen Rückstrom des Blutes in die Vorhöfe zu verhindern.

- Die *linke Klappe* (Valva atrioventricularis sinistra) hat zwei große Segel *(Bikuspidalklappe):* Cuspis anterior (medial vorn) und posterior (lateral hinten). Das vordere Segel geht in die Aortenwand über. Die beiden großen Segel haben der Klappe den Namen *„Mitralklappe"* gegeben, in Anlehnung an die Form des Bischofshutes („Mitra"). Durch die starke Unterteilung der Seitenränder der ansonsten glatten Klappe ergeben sich randnah scheinbar zusätzliche kleine Segel, die Cuspides commissurales (meist zwei). Diese sind jedoch keine echten Segel und erreichen nicht den Anulus fibrosus am Herzskelett (s. **C**). Die Klappen werden durch die Mm. papillares gehalten (s. **B**).
- Die *rechte Klappe* (Valva atrioventricularis dextra) hat drei Segel *(Trikuspidalklappe):* Cuspides anterior, posterior und septalis. Ein oder zwei zusätzliche kleine Cuspides commissurales gibt es auch an der rechten Atrioventrikularklappe. Auch sie erreichen nicht den Anulus fibrosus.

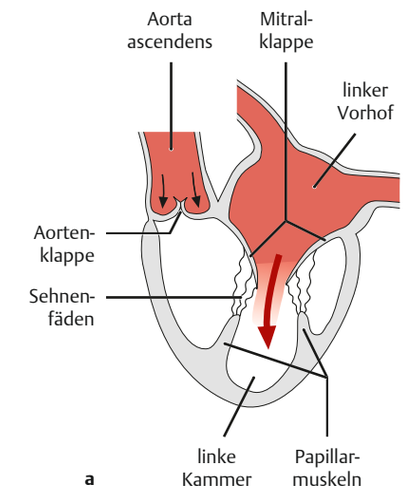
Gefäßklappen: Drei etwa gleich große, halbmondförmige „Taschen", die am Beginn des Truncus pulmonalis (Pulmonalklappe, Valva trunci pulmonalis) und der Aorta (Valva aortae) liegen. Sie bestehen wie die Atrioventrikularklappen aus dünnem Bindegewebe mit Endokardüberzug. Mechanisch handelt es sich um *Taschenklappen* („beulen" sich durch die zurückstürzende Blutsäule wie gefüllte Taschen aus). Die Gefäßwand von Aorta und Truncus pulmonalis ist im Bereich der Klappe leicht nach außen vorgebuchtet (Sinus trunci pulmonalis und Sinus aortae). Bei der Aorta führen die Sinus zu einer Querschnittsvergrößerung, (Bulbus aortae). Unmittelbar hinter der Aortenklappe entspringen die Aa. coronariae dextra und sinistra (Einzelheiten s. S. 120–123).

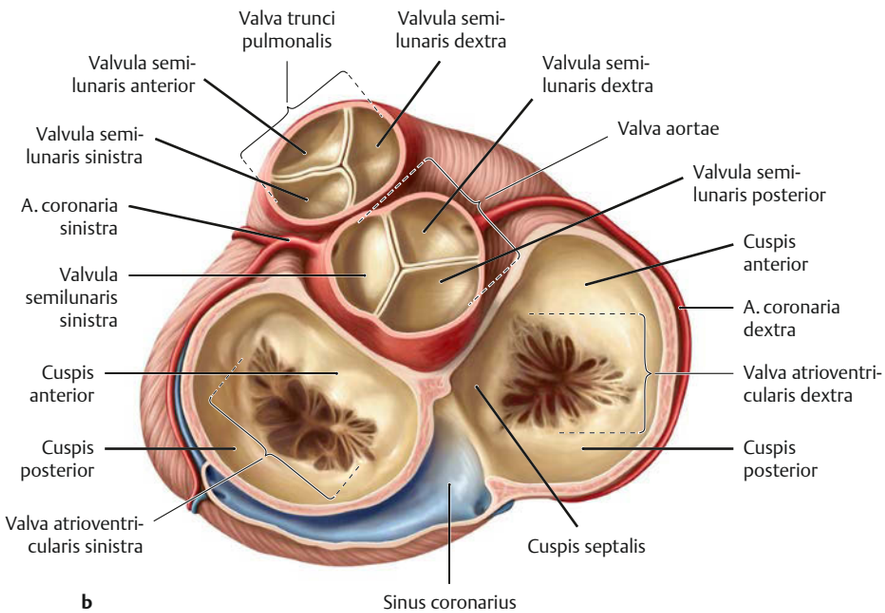


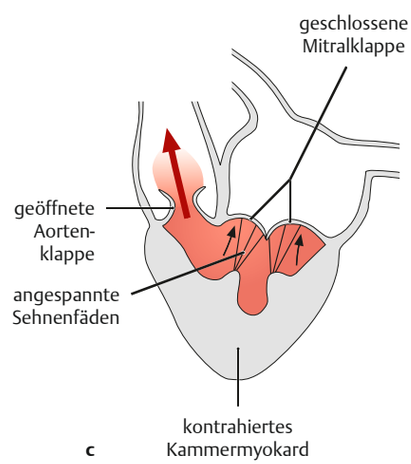
B Das Herzskelett
Sicht von der Herzbasis auf die Klappenebene. Das Herzskelett ist eine Schicht aus Bindegewebe (teilweise stark fettgewebshaltig), die das Myokard von Herzkammern und Vorhöfen vollständig voneinander trennt. Bestandteile des Herzskeletts im *engeren Sinne* sind

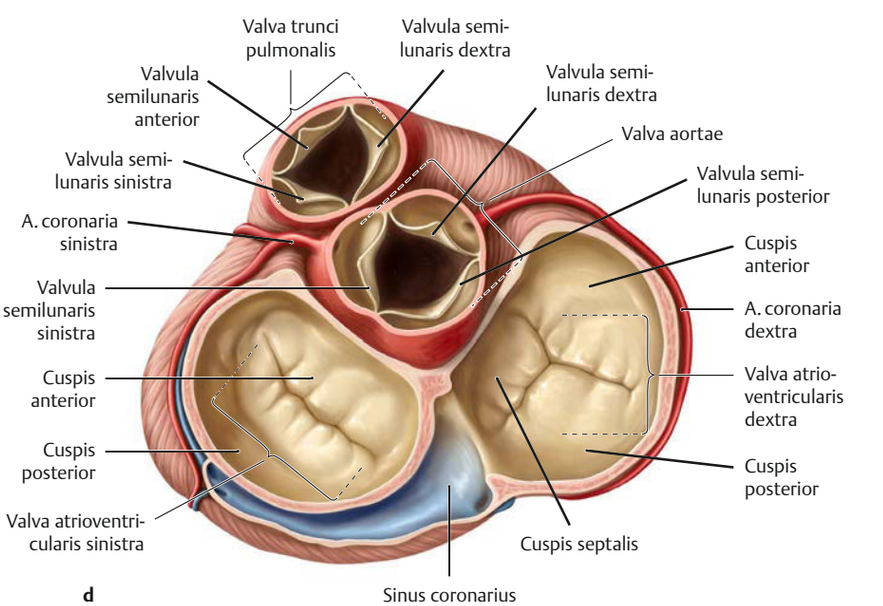
- die Anuli fibrosi mit den dazwischen liegenden Trigona fibrosa,
- der Faserring der Aortenklappe (Valva aortae), mit dem beide Anuli fibrosi verbunden sind sowie
- die Pars membranacea des Septum interventriculare (hier nicht dargestellt).

Im *weiteren Sinne* gehört auch der Bindegewebsring der Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis) zum Herzskelett, der über eine Bindegewebsbrücke (Tendo infundibuli) mit dem Faserring der Valva aorta in Verbindung steht. Die Segelklappen sind bindegewebig an den Anuli fibrosi verankert, die Taschenklappen jeweils bindegewebig an den Faserringen für die Aorten- und die Pulmonalklappe befestigt. Das Herzskelett im weiteren Sinne verleiht also allen Herzklappen einen mechanischen Fixpunkt. Als bindegewebige Schicht zwischen Herzkammern und Vorhöfen dient es neben der *mechanischen Stabilisierung* des Herzens zusätzlich der *elektrischen Isolation:* Elektrische Erregung im Rahmen der Herzaktion (s. S. 116 f) kann nur über das His-Bündel vom Vorhof auf die Kammern übertreten. Nur für den Durchtritt dieses His-Bündels enthält die Bindegewebsschicht eine Öffnung (s. Durchtrittsstelle im Trigonum fibrosum dextrum).



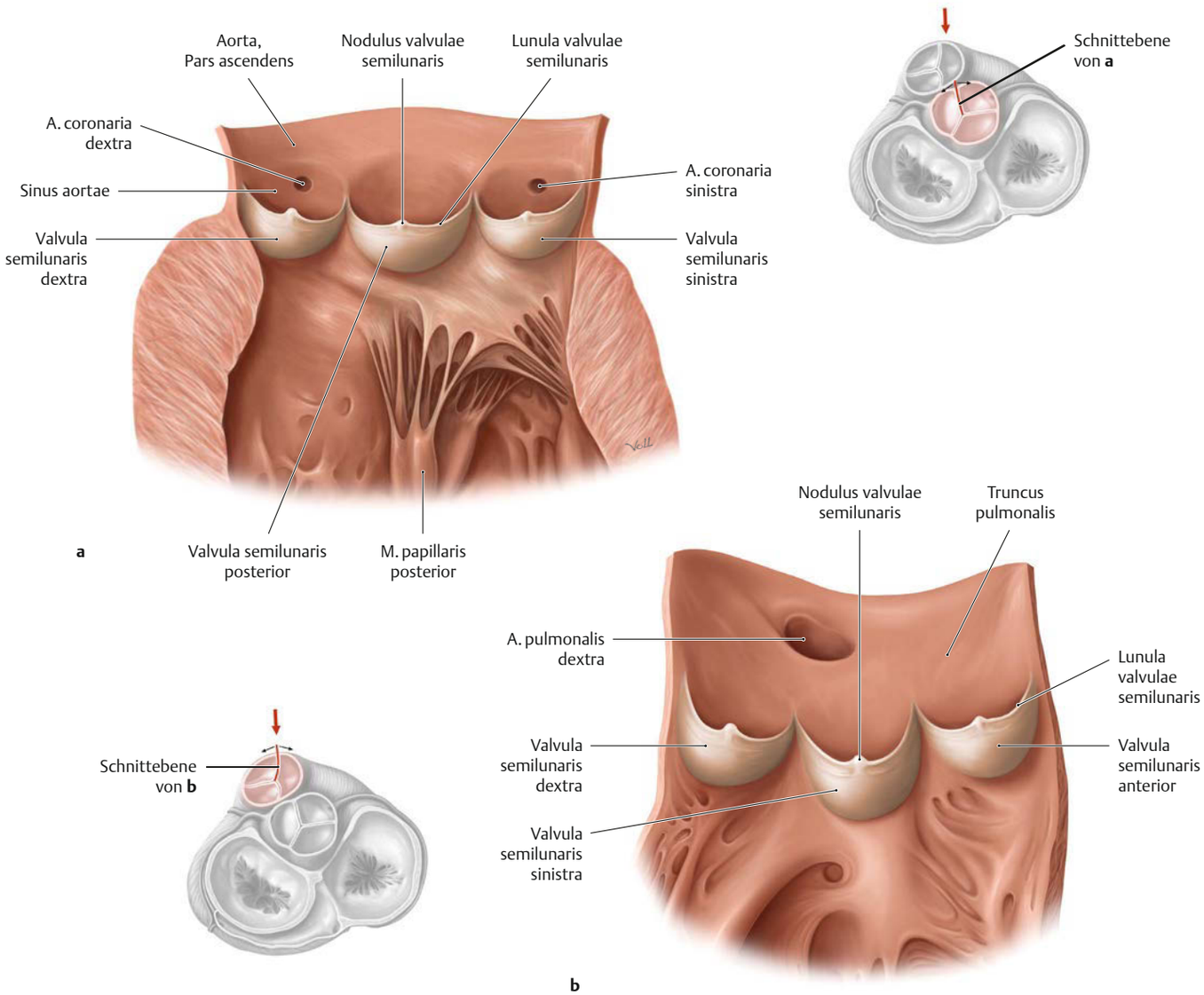






C Funktion der Herzklappen bei einer Herzaktion
a u. **b** Ventrikeldiastole; **c** u. **d** Ventrikelsystole. **a** u. **c** Richtung des Blutflusses im linken Herzen; **b** u. **d** Sicht auf die Klappenebene.

3.7 Herzklappen und Auskultationsorte

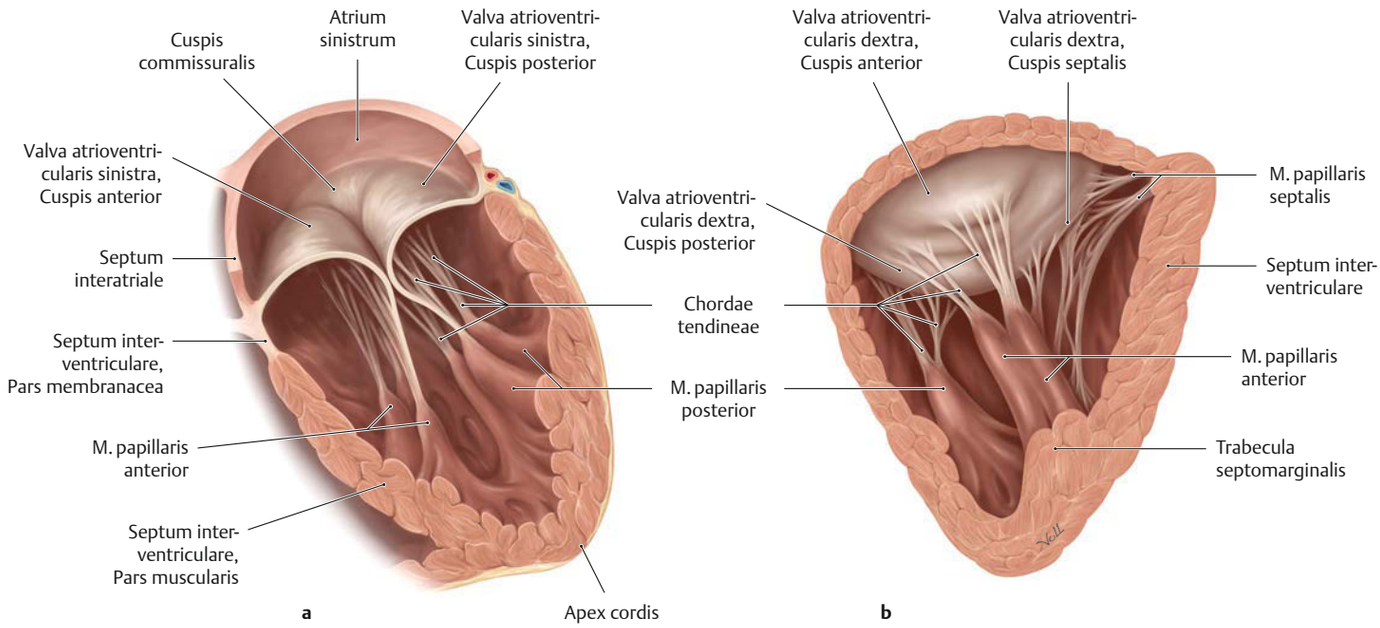


A Gefäßklappen der Ausflussbahn (Aorten- und Pulmonalklappe)
Sicht auf Aortenklappe (Valva aortae) (**a**) und Pulmonalklappe (Valva trunci pulmonalis) (**b**). Aorta ascendens und Truncus pulmonalis sind hier jeweils aufgeschnitten und wie ein Buch aufgeklappt. Aortenklappe und Pulmonalklappe verschließen während der Kammererschlaffung (Diastole) die Ausflussbahnen der Ventrikel:

- die Valva aortae die des linken,
- die Valva trunci pulmonalis die des rechten Ventrikels.

Sie verhindern somit fast völlig einen Rückstrom des ventrikulär ausgeworfenen Blutes. Deutlich sind hier die Abgänge der Aa. coronariae sinistra und dextra im Sinus aortae hinter der jeweiligen Valvula semilunaris zu erkennen (**a**); im Truncus pulmonalis sieht man den Abgang der rechten A. pulmonalis (**b**). Auf dem freien Rand jeder Valvula semilunaris befindet sich ein feines Knötchen (Nodulus valvulae semilunaris), seitlich davon, ebenfalls am Rand, ein feiner Saum (Lunula valvulae semilunaris). Nodulus und Lunula sorgen dafür, dass die Ränder der Valvulae, die beim Klappenverschluss aneinanderschlagen, wirklich dicht schließen. Sowohl Vorhof-Kammer-Klappen (s. S. 106) als auch Gefäßklappen können sich krankhaft verändern, meist auf der Basis einer Entzündung (Endokarditis). Infolge der Entzündung können sekundär Blutgefäße in die primär gefäßfreien Klappen einwandern. Die Klappen vernarben und werden bindegewebig umgewandelt – dadurch weniger beweglich und in ihrer Funktion eingeschränkt. Man unterscheidet zwei hauptsächliche Störungen der Klappenmechanik, die auch kombiniert sein können:

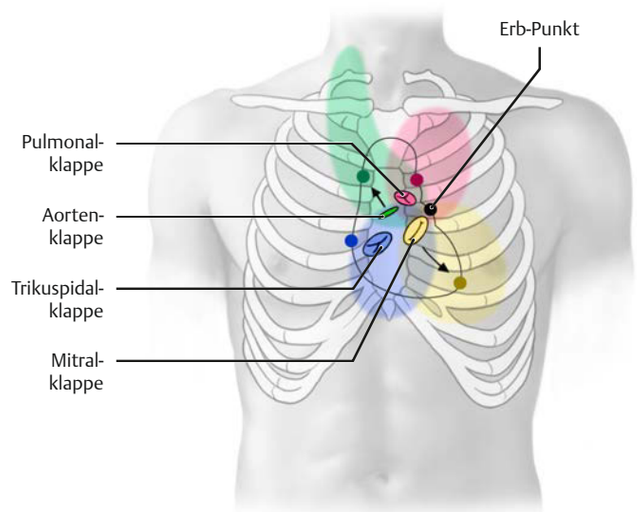
- Klappenstenose: Die Klappe *öffnet* sich nicht mehr ausreichend, der Blutstrom durch die vermindert geöffnete Klappe wird behindert, es kommt meist zur Druckbelastung des vor dem Hindernis liegenden Herzabschnitts.
- Klappeninsuffizienz: Die Klappe *schließt* nicht mehr vollständig, es kommt zum unphysiologischen Rückstrom von Blut in die den Klappen vorgeschalteten Herzabschnitte. Dieser unphysiologische Rückstrom führt zu einer Volumenbelastung der betroffenen Herzabschnitte. Wird ein gewisses Maß der Druck- oder Volumenbelastung überschritten, muss zur Vermeidung weiterer Schäden am Herzen evtl. ein operativer Ersatz der Klappe durchgeführt werden.
- Stenose und Insuffizienz können auch kombiniert sein: eine Klappe bleibt gleichsam in Mittelstellung stehen und kann sich weder vollständig öffnen noch dicht schließen.



B Vorhof-Kammer-Klappen und Papillarmuskeln

Valvae atrioventricularis sinistra (**a**) und dextra (**b**) in der Ansicht von ventral. Dargestellt ist eine sehr frühe Phase der Kammerkontraktion, die Vorhof-Kammer-Klappen sind gerade geschlossen. Gut sichtbar sind hier die Papillarmuskeln (Mm. papillares), die das Schließen der Klappen ermöglichen: *drei* Papillarmuskeln für die *drei* Segel der rechten Atrioventrikularklappe (M. papillaris anterior, posterior und septalis), *zwei* Papillarmuskeln für die *zwei* Segel der linken Atrioventrikularklappe (M. papillaris anterior und posterior). Die Mm. papillares (besondere Bildungen der Trabeculae carneae) sind durch Sehnenfäden (Chordae tendinae) nahe der freien Ränder an den Segeln befestigt. Dies verhindert, dass die Klappen bei Kammerkontraktion in den Vorhof „zurückschlagen", also nicht richtig schließen.

Beachte: Ein Myokardinfarkt kann auch das Myokard der Papillarmuskeln betreffen. Durch Absterben (Nekrose) des Muskelgewebes infolge der Minderdurchblutung kann es zu einem Papillarmuskelabriss kommen. Die Klappe schließt dann nicht mehr richtig und das Blut strömt während der Ventrikelsystole (s. S. 118) in den Vorhof zurück.



C Abhorchen (Auskultation) der Herzklappen

Projektion der Klappen auf den Thorax und Geräuschfelder (= Bereiche, in die ein pathologisches Strömungsgeräusch weitergeleitet wird). Am gesunden Herzen erzeugt das an den Klappen vorbeiströmende Blut kein wahrnehmbares Geräusch (zu den physiologischen Herztönen s. S. 118). Wenn die Klappen jedoch erkranken und eine Funktionsstörung verursachen, bildet das Blut Wirbel an den Klappen. Diese werden als hörbare Strömungsgeräusche mit dem Blutstrom fortgeleitet. Da die dicke Herzwand die Geräusche dämpft, sind sie nicht an der anatomischen Projektion der Klappe auf den Thorax am besten zu hören, sondern an einem klappenfernen Punkt, der in Richtung der Blutströmung liegt (s. **D**).

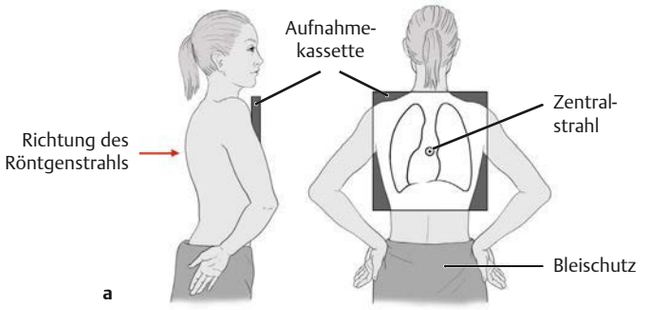
Beachte: Die Auskultationsorte am Herzen kann man sich mit folgendem Spruch gut merken: Anton Pulmann trinkt Milch um 22.45 Uhr. Der Spruch kommt folgendermaßen zustande: Man liest von links nach rechts: **A**ortenklappe: 2. ICR, **Pul**monalklappe: 2. ICR, **Tri**kuspidalklappe: 4. ICR, **Mi**tralklappe: 5. ICR

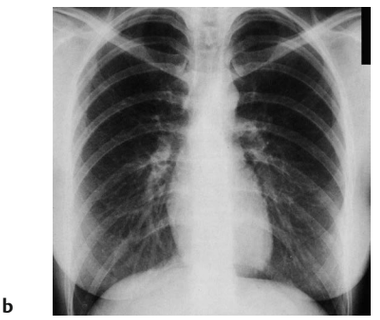
Um sich zusätzlich die Lokalisation des Erb-Punktes (= Punkt, an dem man alle 4 Klappen auskultieren kann) zu merken, kann man den Spruch erweitern: Anton Pulmann trinkt 3 Liter (für 3. ICR links = Lage des Erb-Punktes) Milch um 22.45 Uhr.

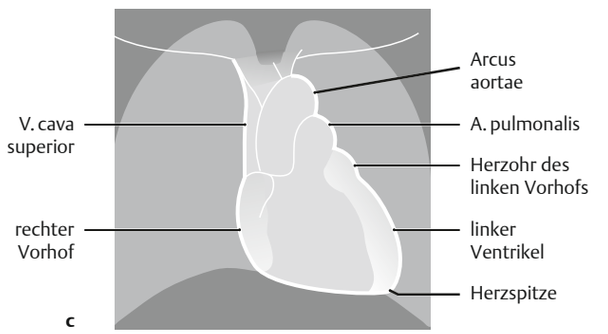
D Anatomische Projektion und Auskultationsorte der Herzklappen

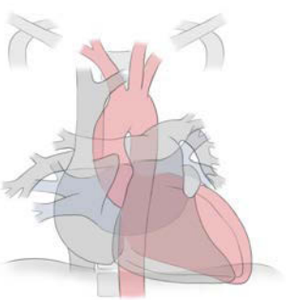
Klappe	Anatomische Projektion	Auskultationsort
Valva aortae (Aortenklappe)	linker Sternalrand in Höhe der 3. Rippe	2. ICR rechts parasternal
Valva trunci pulmonalis (Pulmonalklappe)	linker Sternalrand in Höhe der3. Rippe	2. ICR links parasternal
Valva atrioventricularis dextra (Trikuspidalklappe)	Sternum in Höhe der 5. Rippe	4. ICR rechts parasternal
Valva atrioventricularis sinistra (Mitralklappe)	4./5. Rippe links	5. ICR links in der Medioklavikularlinie

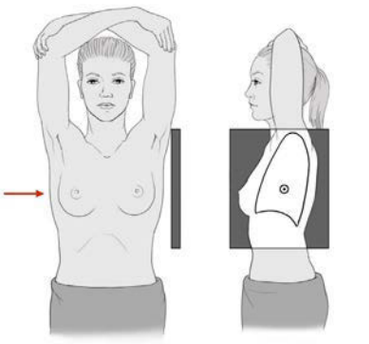
3.8 Herzdarstellung im Röntgenbild des Thorax

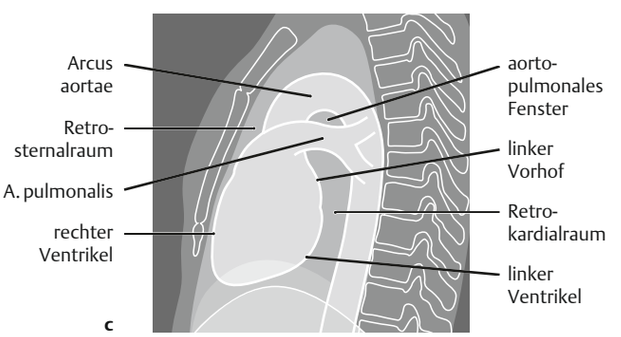


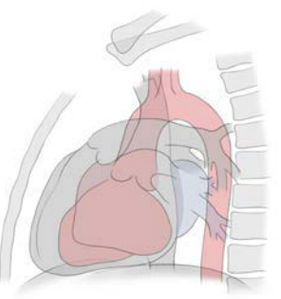












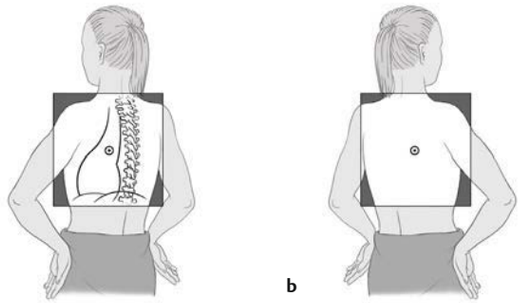
A Thoraxaufnahme im sagittalen (posterior-anterioren, p. a.) Strahlengang

a Die vordere Brustwand des stehenden Patienten liegt der Aufnahmekassette an (der Röntgenstrahl „durchdringt" den Patienten von hinten nach vorne; Zentralstrahl auf Höhe des 6. Brustwirbels). Die Aufnahmen erfolgen bei geöffnetem Mund in inspiratorischem Atemstillstand. Die Handrücken sind in die Hüfte gestützt und die Ellenbogen nach vorne gedreht;
b posterior-anteriore Röntgenaufnahme (p. a.-Röntgenbild);
c Herzschatten („Herzsilhouette") mit randbildenden Strukturen;
d Topografie des Herzschattens: rechtes Herz mit Ein- und Ausflusstrakt (grau); linkes Herz mit Ausflusstrakt (rot), linker Vorhof mit Einflusstrakt (blau).

B Thoraxaufnahme im seitlichen Strahlengang

a Der Brustkorb des stehenden Patienten liegt der Aufnahmekassette linksseitig an (damit wird eine vergrößerte Abbildung des Herzens vermieden), beide Arme werden über den Kopf angehoben. Der Zentralstrahl trifft den Körper handbreit unter der linken Achselhöhle.
b linksseitige Röntgenaufnahme;
c Herzschatten mit randbildenden Strukturen;
d Topografie des Herzschattens: rechtes Herz mit Ein- und Ausflusstrakt (grau); linkes Herz mit Ausflusstrakt (rot), linker Vorhof mit Einflusstrakt (blau).

(Röntgenbilder auf dieser Seite aus Lange, S.: Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen, 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005.)



a b

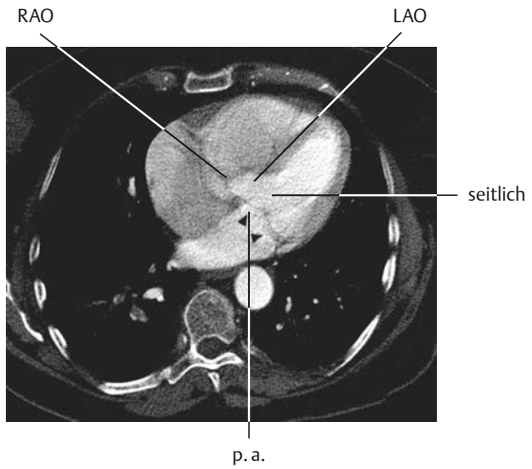
C Schrägaufnahmen des Thorax

Bei Schrägaufnahmen des Thorax dreht der Patient seine Frontalebene jeweils 45° zur Filmkassette; hierbei sollte bei optimaler Einstellung die vor der Wirbelsäule liegende Distanz („2" in Abb. **Eb** und **Fb**) etwa doppelt so groß sein wie die hinter der Wirbelsäule („1" in Abb. **Eb** und **Fb**).

a Vorderes schrägrechtes Thoraxbild (RAO, right anterior oblique): 1. schräger Durchmesser (sog. Fechterstellung), die rechte Brust berührt die Aufnahmekassette;

b vorderes schräglinkes Thoraxbild (LAO, left anterior oblique): 2. schräger Durchmesser (sog. Boxerstellung), die linke Brust berührt die Aufnahmekassette.

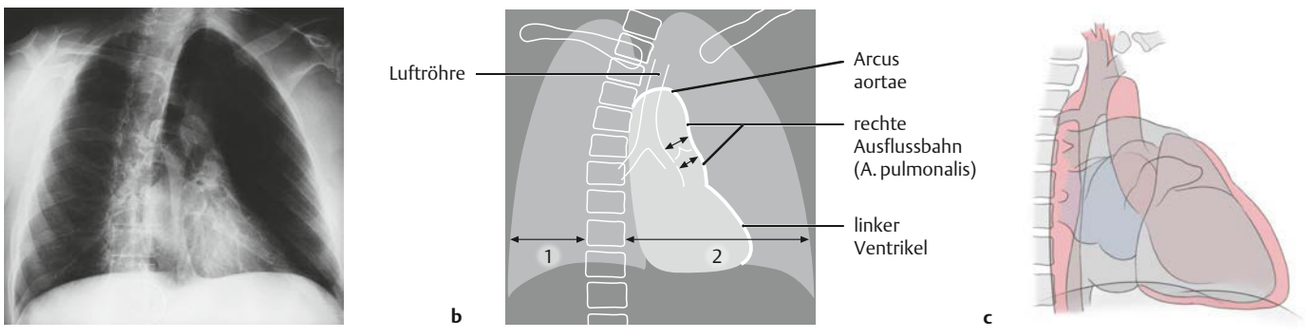
Beachte: Der Strahlengang geht von hinten nach vorne. Betrachtet wird das Röntgenbild jedoch von vorne.



D Veranschaulichung der unterschiedlichen konventionellen Röntgenprojektionen (LAO, RAO, p. a. und seitlich) an einem horizontalen (axialen) computertomografischen (CT-) Bild

Beachte: Axiale Schnittbilder werden immer von kaudal betrachtet (s. S. 114).

(CT-Bild und Röntgenbilder auf dieser Seite aus: Reiser, M. et al. Radiologie. Duale Reihe. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006.)



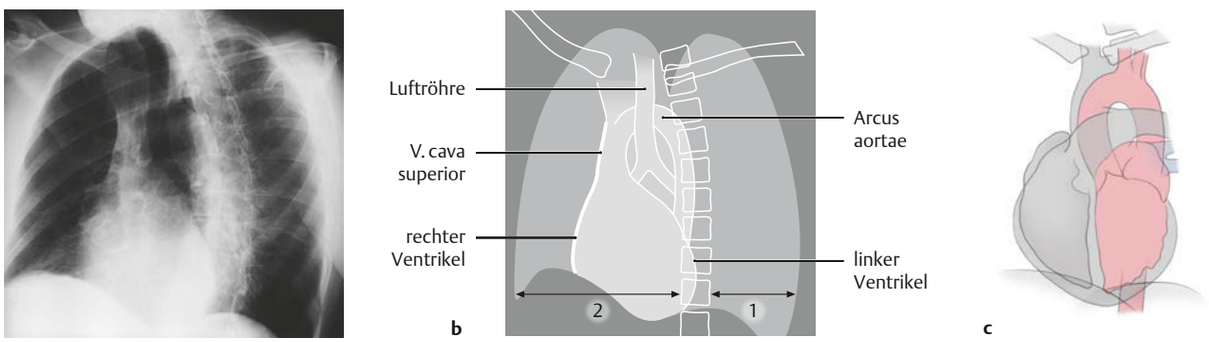
a b c

E Vorderes schrägrechtes Thoraxbild (RAO)

a Röntgenbild (Herz liegt vom Betrachter aus *rechts* der Wirbelsäule);

b Herzschatten mit randbildenden Strukturen: Das vordere schrägrechte Röntgenbild berücksichtigt die Lage der Herzlängsachse, es ist somit eine *echte Seitenansicht.* Es werden v. a. der rechte Ventrikel, seine Ausstrombahn und der Truncus pulmonalis randständig erfasst;

c Topografie des Herzschattens: rechtes Herz mit Ein- und Ausflusstrakt (grau); linkes Herz mit Ausflusstrakt (rot), linker Vorhof mit Einflusstrakt (blau).



a b c

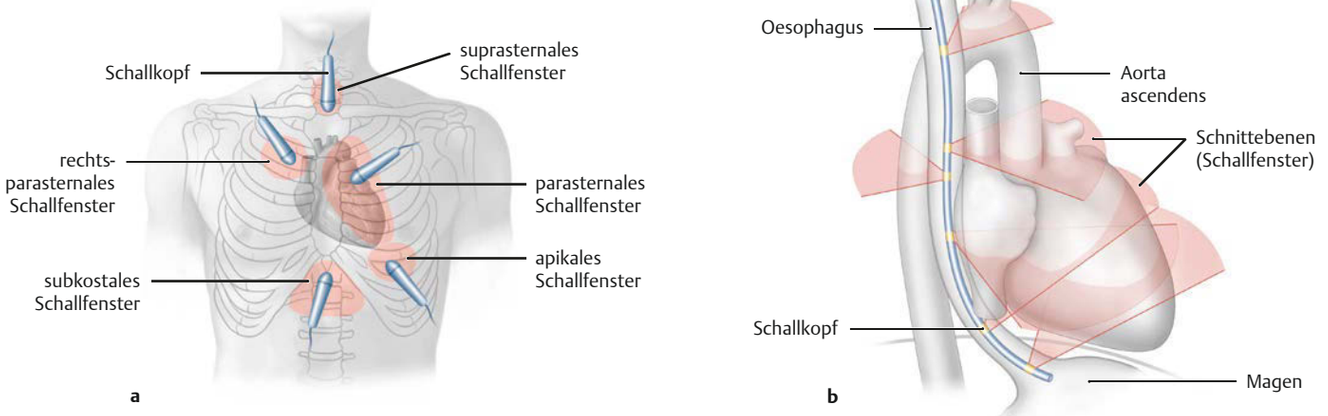
F Vorderes schräglinkes Thoraxbild (LAO)

a Röntgenbild (Herz liegt vom Betrachter aus *links* der Wirbelsäule);

b Herzschatten mit randbildenden Strukturen: Das vordere schräglinke Röntgenbild ist eine *echte Frontalansicht* (senkrecht zur RAO-Projektion). Bei der LAO-Projektion spricht man auch vom sog. „aufgedrehten Aortenbogen", da hier der Aortenbogen in voller Seitenansicht zur Darstellung kommt. Randbildende Strukturen sind v. a. der rechte und linke Ventrikel.

c Topografie des Herzschattens: rechtes Herz mit Ein- und Ausflusstrakt (grau); linkes Herz mit Ausflusstrakt (rot), linker Vorhof mit Einflusstrakt (blau).

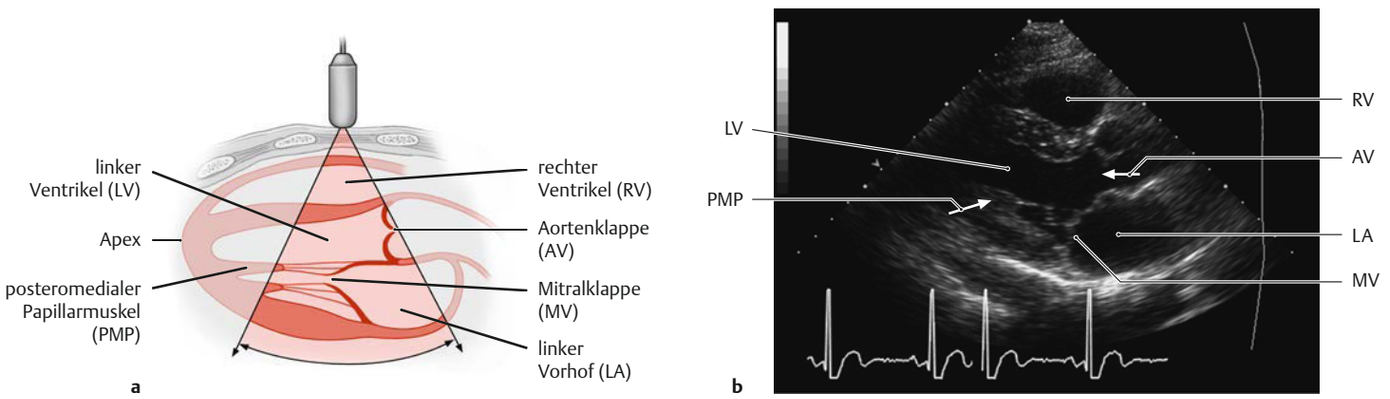
3.9 Sonographische Darstellung des Herzens: Echokardiographie



A Transthorakale (TTE) und transösophageale Echokardiographie (TEE)

Die Echokardiographie (=Ultraschalldiagnostik des Herzens) zählt zu den Standardverfahren bei der Diagnostik von Herzerkrankungen und ist in der Kardiologie die wichtigste, nicht invasive bildgebende Methode. Wesentlicher Bestandteil jedes Echokardiographiegerätes ist der Schallkopf, der mit piezoelektrischen Kristallen Ultraschallwellen erzeugt, sie durch die Haut in den Körper abgibt und den dort reflektierten Ultraschall empfängt. Moderne Schallköpfe enthalten viele Einzelkristalle, die parallel arbeiten und Wellenfronten erzeugen, die ein zweidimensionales Schnittbild generieren (sog. B-Mode-Verfahren). Die typische echokardiographische Untersuchung findet am liegenden Patienten statt. Der Ort, an dem der Schallkopf aufgesetzt wird, ist das sog. *Schallfenster,* eine Körperstelle, an der der Schall kaum durch Lungen- oder Knochengewebe abgeschwächt wird, wie z. B. in den Zwischenrippenräumen. Zu beachten ist dabei, dass das Schallfenster kein anatomisch exakt festgelegter Punkt ist, sondern eine Region bezeichnet, innerhalb der die optimale Schallkopfposition bei jedem Patienten individuell gesucht werden muss. In Abhängigkeit von den gewählten Schallfenstern unterscheidet man *transthorakale (TTE)* und *transösophageale (TEE) Echokardiographie:*

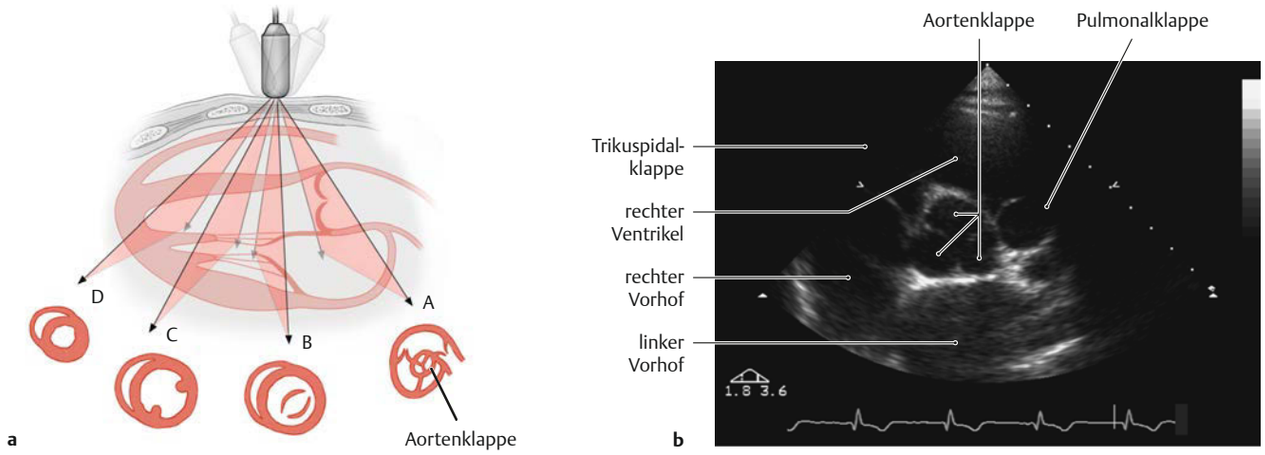
- Bei der **transthorakalen Echokardiographie (a)** werden die Schallfenster meist in Linksseitenlage des Patienten aufgesucht (parasternales und apikales Schallfenster). Ausnahmen sind das suprasternale und subkostale Schallfenster, das jeweils in Rückenlage eingestellt wird und das rechtsparasternale Schallfenster, das in Rechtsseitenlage untersucht wird. In Seitenlage sollte der jeweilige Arm unter den Kopf gelegt werden, um die Zwischenrippenräume so weit wie möglich zu spreizen. *Nachteil dieser Methode:* Thorax- und Lungenstrukturen, also Rippen-, Muskel- und Fettanteile, aber auch pulmonale Erkrankungen (z. B. Emphysem) können die Diagnostik beeinträchtigen.
- Die **transösophageale Echokardiographie (b)** nutzt statt dieser konventionellen Schallfenster einen Teil des Oesophagus und des Magenfundus als Schallfenster. Wie bei der Gastroskopie wird ein miniaturisierter Schallkopf durch Mundhöhle und Pharynx in den Oesophagus bzw. den Magenfundus eingeführt und so in räumliche Nähe des Herzens gebracht. Durch den geringen Abstand zum Herzen und die dadurch fehlende Interferenz von Lungen- und Thoraxstrukturen ist die Bildqualität bei der TEE daher meist deutlich besser als bei der TTE. Mit der TEE gelingt deshalb eine sehr genaue Darstellung, v. a. der dorsalen Herzabschnitte, der Herzklappen, der Vorhöfe, aber auch der deszendierenden thorakalen Aorta. Durch die Verwendung von multiplanen Schallköpfen (Rotation der Schallebenen um 180°), durch Drehung des Schallkopfes nach vorn, hinten, links und rechts sowie Vor- und Zurückschieben lässt sich innerhalb des ösophagealen Schallfensters eine große Variabilität in der Wahl der Schnittebenen erzielen.



B Transthorakale Echokardiographie: parasternales Schallfenster (Langachsenschnitt)

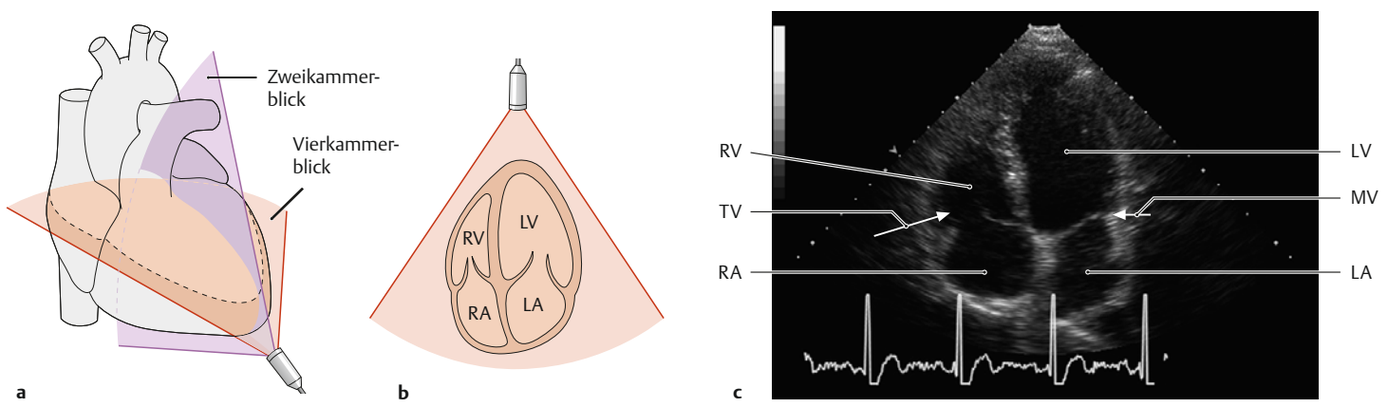
a Schema (*Beachte,* dass der Apex des linken Ventrikels nicht dargestellt wird!); **b** parasternaler Langachsenschnitt in der isovolumetrischen Relaxationszeit (aus: Flachskampf, F.: Kursbuch Echokardiografie, 4. Aufl. Thieme, Stuttgart 2008).

Die typische echokardiographische Untersuchung beginnt mit der Darstellung des parasternalen *Langachsenschnitts.* Er ist definiert durch die Darstellung der Aorten- und Mitralklappe, durch das horizontal verlaufende interventrikuläre Septum und die posteriore linksventrikuläre Herzwand sowie durch einen Anschnitt des rechten Ventrikels. Eine Drehung des Schallkopfes um 90° führt zu einem von mehreren möglichen parasternalen Kurzachsenschnitten des Herzens (s. **C**).



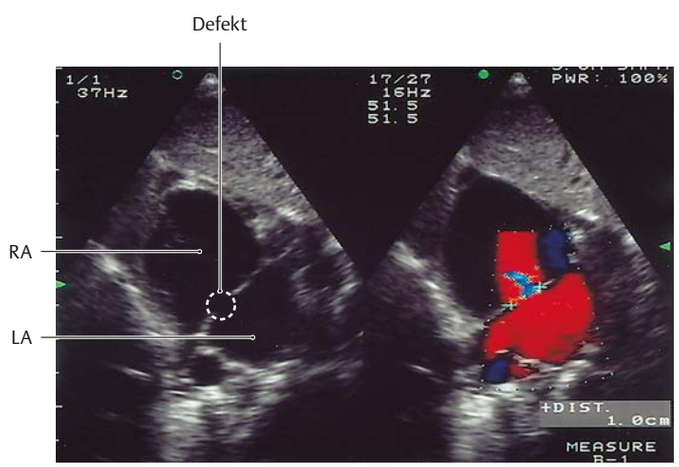
C Transthorakale Echokardiographie: parasternales Schallfenster (Kurzachsenschnitt)
a Schema der wichtigsten Kurzachsenschnitte (Schnittebenen A, B, C und D relativ zu einem Langachsenschnitt); **b** basaler Kurzachsenschnitt auf Höhe der Aortenklappe (aus: Flachskampf, F.: Kursbuch Echokardiografie, 4. Aufl. Thieme, Stuttgart 2008).

In diesem Schnitt ist zentral die Aortenklappe mit Darstellung der drei Segel (links-, rechts- und nichtkoronares Segel, s. **B**, S. 128) zu sehen. Die Aortenklappe ist in dieser Darstellung im Uhrzeigersinn von folgenden Strukturen umgeben: Ausflusstrakt des rechten Ventrikels (12 Uhr), Pulmonalklappe (2 Uhr), linker Vorhof (5–7 Uhr), rechter Vorhof (7–10 Uhr) und Trikuspidalklappe (10 Uhr).



D Transthorakale Echokardiographie: apikales Schallfenster (Zwei- und Vierkammerblick)
a u. **b** Schema (man erkennt, dass Vier- und Zweikammerblick senkrecht aufeinander stehen; **c** apikaler Vierkammerblick am Beginn der Systole (aus: Flachskampf, F.: Kursbuch Echokardiografie, 4. Aufl. Thieme, Stuttgart 2008).

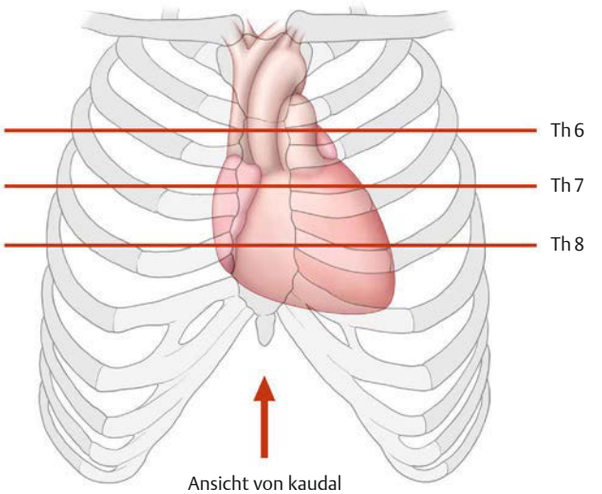
Das apikale Schallfenster befindet sich etwa in Höhe des Herzspitzenstoßes. Der apikale Vierkammerblick zeigt beide Ventrikel (LV, RV) und beide Vorhöfe (LA, RA) sowie die Mitral- und Trikuspidalklappe (MV, TV). Außerdem lassen sich bei dieser Darstellung v. a. die septalen und lateralen Myokardsegmente in ihrer Kontraktion einzeln darstellen.

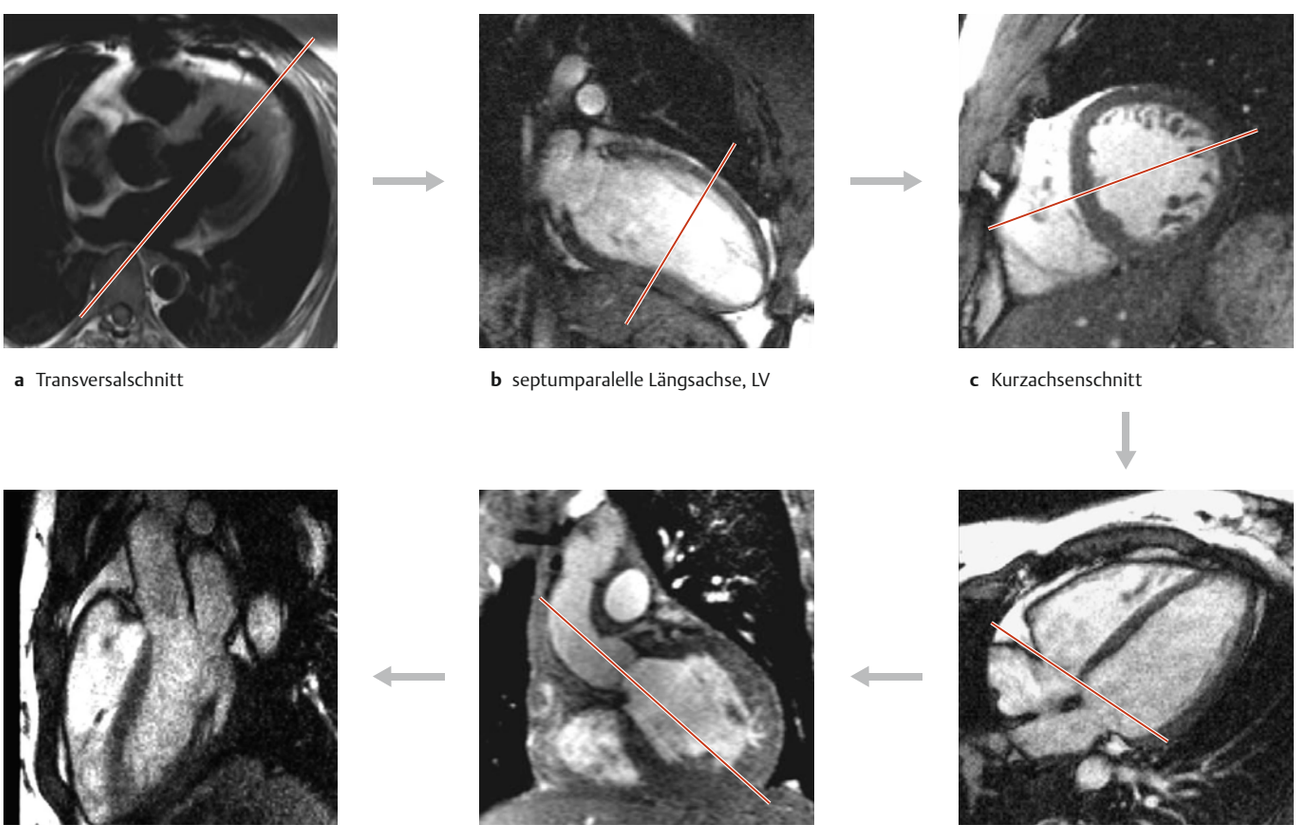


E Transösophageales Echokardiogramm bei Vorhofseptumdefekt
Farbkodierte Doppler-Echokardiographie mit Darstellung des Shuntflusses vom linken (LA) in den rechten Vorhof (RA), ösophageales Schallfenster (Vierkammerblick). Der Defekt misst etwa 1 cm. Bei diesem Verfahren kommt es zu einer simultanen Darstellung des zweidimensionalen Ultraschallbildes und des farbkodierten Doppler-Verfahrens. Hierbei wird der Blutfluss in Abhängigkeit von Flussrichtung und -geschwindigkeit farbcodiert sichtbar gemacht. So können Klappeninsuffizienzen und Shunt-Vitien besser erkannt werden (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).

3.10 Magnetresonanztomographie des Herzens

A Betrachtung von Schnittbildern
Die Betrachtung von **axialen** bzw. **transversalen** Schnittbildern durch den Untersucher erfolgt von *kaudal* und in *Rückenlage* des Patienten. Daher werden die Schnittebenen so abgebildet, dass die dorsal liegende Wirbelsäule nach unten zeigt, das ventral liegende Thoraxskelett hingegen nach oben. Darüber hinaus sind die anatomisch rechts liegenden Strukturen links abgebildet, die anatomisch links liegenden rechts.
Die Betrachtung von **frontalen** bzw. **koronalen** Schnittbildern erfolgt, als ob der Patient vor dem Betrachter stünde.





a Transversalschnitt

b septumparalelle Längsachse, LV

c Kurzachsenschnitt

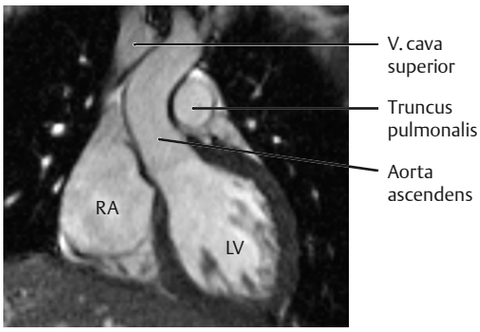
d Vierkammerblick

e linksventrikulärer Ausflusstrakt

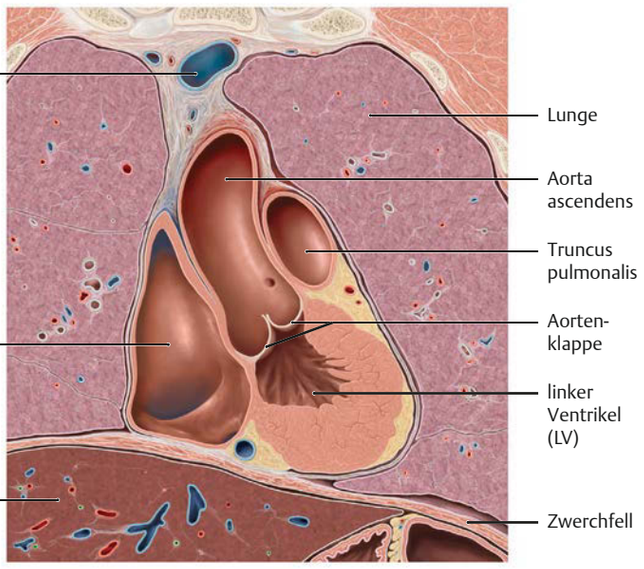
f linksventrikulärer Ausflusstrakt (Dreikammerblick)

B Übersicht über die Standardschnitte eines Herz-MRTs
Für Schnittbildverfahren in der kardialen Diagnostik werden bestimmte Standardschnitte des Herzens in unterschiedlichen Ebenen verwendet (**a**–**d**). Bei den einzelnen Schnittbildern ist die jeweils nachfolgende *Angulation* (Schnittebene) eingezeichnet; z. B. zeigt **a** einen Transversalschnitt durch das Herz, und die eingezeichnete Linie entspricht einem septumparallelen Längsschnitt durch den linken Ventrikel (**b**) usw.

(Alle MRTs dieser Lerneinheit aus Claussen, C. D. et al.: Pareto-Reihe Radiologie. Herz, Thieme, Stuttgart 2007.)



a

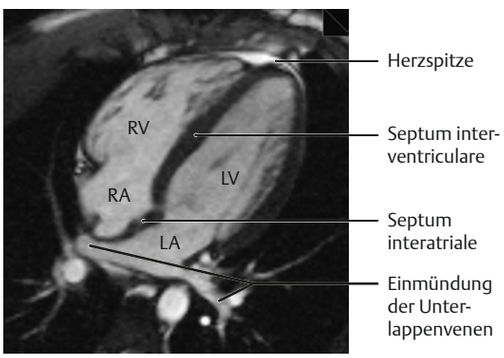


b

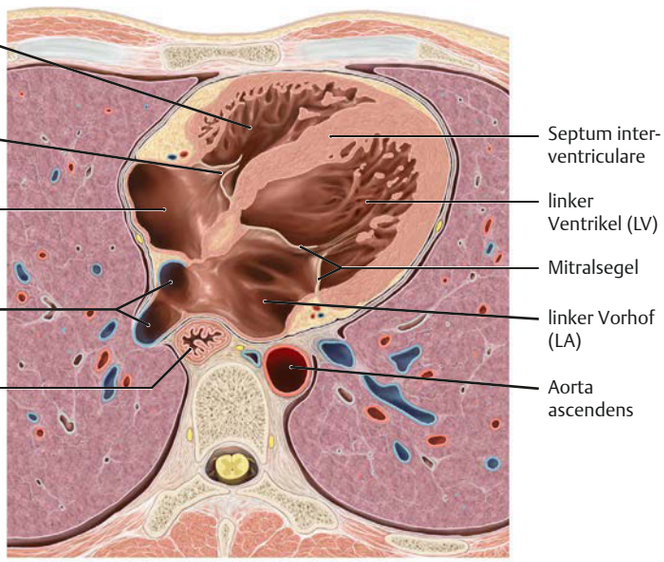
C Koronares MRT des Herzens (SSFP-Sequenz)

a Darstellung des linksventrikulären Ausflusstraktes (LVOT, left ventricular outflow tract) in der Diastole;

b entsprechendes koronares (frontales) anatomisches Schnittbild des Herzens in der Ansicht von ventral.



a

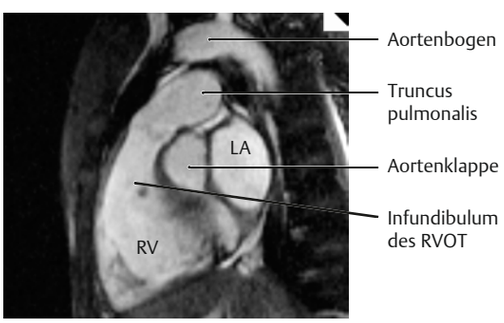


b

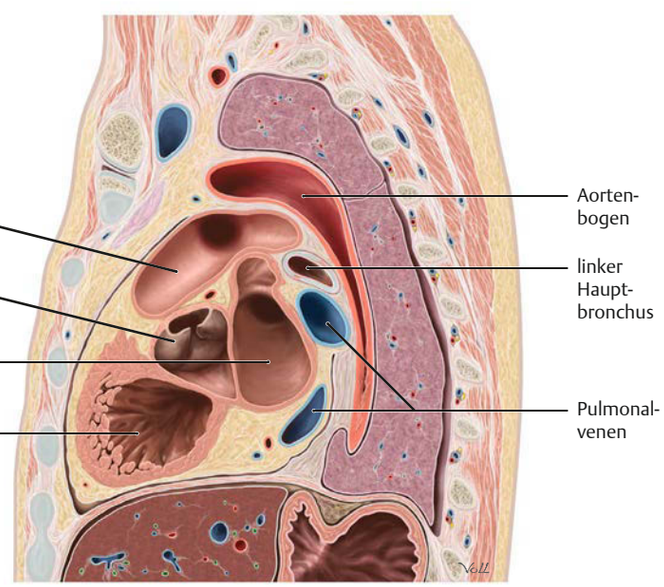
D Axiales MRT des Herzens (SSFP-Sequenz)

a Darstellung der atrioventrikulären Einheit des rechten und linken Herzens in der Diastole (sog. Vierkammerblick);

b entsprechendes transversales anatomisches Schnittbild des Herzens in der Ansicht von kaudal.



a



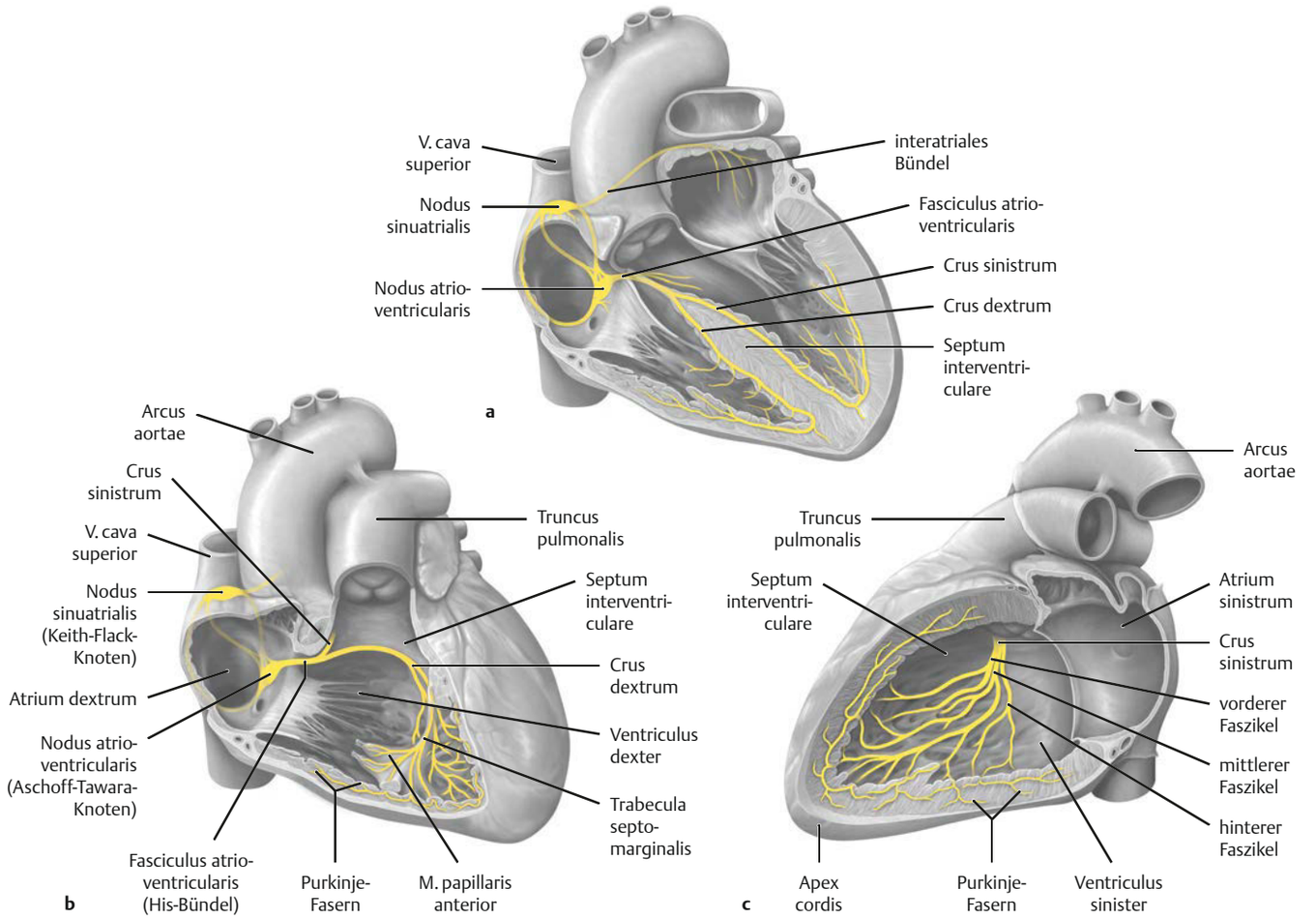
b

E Sagittales MRT des Herzens (SSFP-Sequenz)

a Darstellung des rechtsventrikulären Ausflusstraktes (RVOT, right ventricular outflow tract) in der Diastole;

b entsprechendes sagittales anatomisches Schnittbild des Herzens in der Ansicht von links.

3.11 Erregungsbildungs- und -leitungssystem; Elektrokardiogramm



A Übersicht über das Erregungsbildungs- und -leitungssystem am Herzen

Ansicht von ventral (**a**) bzw. Sicht in das Herz von rechts (**b**) und links (**c**). Das Herz kann auch nach vollständiger Denervation (Unterbrechung der vegetativen Innervation) zunächst weiterschlagen, also – bei Versorgung mit Sauerstoff und Nährsubstraten – selbst dann, wenn es dem Thorax entnommen wurde. Verantwortlich dafür ist ein System, das autonom Erregung bildet (Complexus stimulans cordis) und im Herzen weiterleitet (Systema conducens cordis). Dieses System besteht aus spezialisierten (Herzmuskel)-Zellen und hat vier Abschnitte:

- Sinusknoten (Nodus sinuatrialis; Keith-Flack-Knoten),
- Atrioventrikularknoten (Nodus atrioventricularis; AV-Knoten; Aschoff-Tawara-Knoten),
- Atrioventrikularbündel (Fasciculus atrioventricularis; AV-Bündel; His-Bündel) sowie
- zwei Kammerschenkel (Crus dextrum u. sinistrum; Tawara-Schenkel).

Sinusknoten (ca. 1 cm lang, „Schrittmacher" des Herzens): subepikardial an der Dorsalseite des rechten Vorhofs nahe der Einmündung der V. cava superior; produziert Erregungssalven mit einer Ruhefrequenz von 60–70 Impulsen pro Minute, erregt damit das Vorhofmyokard; die Vorhoferregungswelle breitet sich schnell in Richtung Kammern aus (besonders schnelle, elektrophysiologisch nachweisbare Ausbreitung in der Crista terminalis zwischen Sinus- und AV-Knoten). Weitere Übertragung (auf das Ventrikelmyokard) durch AV-Knoten und -Bündel (direkte Überleitung von Vorhof auf Ventrikel nicht möglich, da das elektrisch isolierende Herzskelett dazwischen liegt).

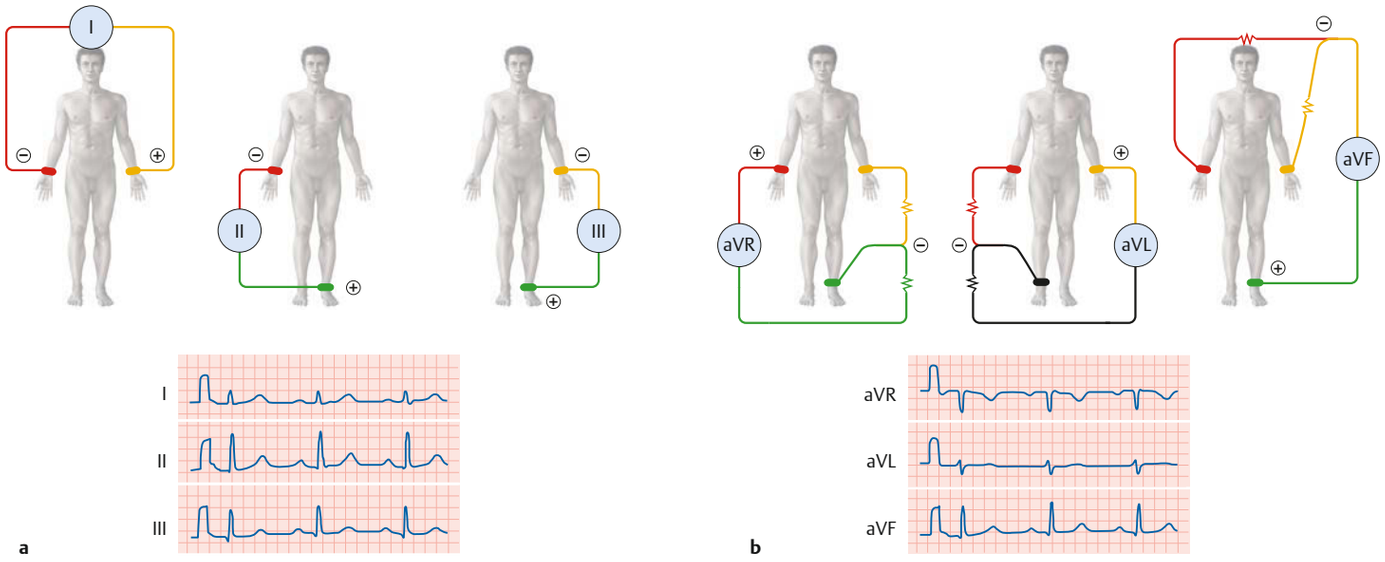
AV-Knoten (ca. 5 mm lang): im Septum interatriale nahe der Mündung des Sinus coronarius; verzögert Erregungsübertragung auf die Kammern, um sicher zu stellen, dass die Vorhofkontraktion abgeschlossen ist, bevor die Kammerkontraktion beginnt; kann ebenfalls spontan Erregung produzieren, aber mit erheblich geringerer Frequenz (ca. 40–50 Depolarisationen pro Minute) als der Sinusknoten; setzt sich deshalb bei intaktem Sinusknoten mit seiner langsameren Depolarisation nicht durch.

AV-Bündel (ca. 2 cm lang): zunächst subendokardial im Vorhof, zieht dann durch das Trigonum fibrosum dextrum (s. S. 115) in das Ventrikelseptum; teilt sich dort (in der Pars membranacea) in die Kammerschenkel (Crus dextrum und sinistrum) auf. Das AV-Bündel leitet die elektrischen Impulse des AV-Knotens in die Kammern.

Linker Kammerschenkel: zweigt aus dem His-Bündel nach links ab, teilt sich in drei größere Bündel (vorderer, mittlerer, hinterer Faszikel).

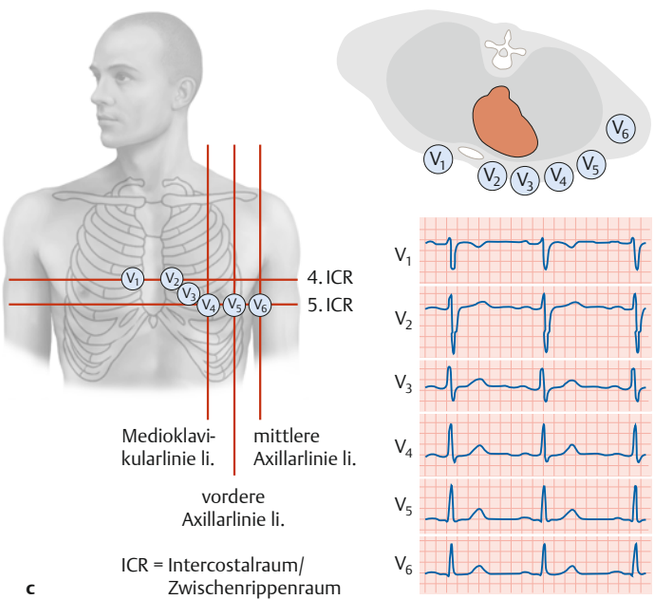
Rechter Kammerschenkel: läuft zunächst im Ventrikelseptum weiter in Richtung Herzspitze, strahlt dann in die Kammermuskulatur ein, wobei ein größerer Strang über die Trabecula septomarginalis zieht, die deshalb auch als „Moderatorband" bezeichnet wird. Im Kammermyokard wird die Erregung schließlich über sog. Purkinje-Fasern weitergeleitet.

Beachte: Die Erregung der Ventrikelwände erfolgt über die Purkinje-Fasern rückläufig von der Herzspitze zur Herzbasis. Die Herzspitze kontrahiert also zuerst, so dass die Ventilebene (= Klappenebene) zur Herzspitze hin gezogen wird. Vor den Ventrikelwänden kontrahieren sich die Papillarmuskeln, die über direkte Fasern der Kammerschenkel erreicht werden. So wird gewährleistet, dass die AV-Klappen bei der Ventrikelsystole verschlossen bleiben.



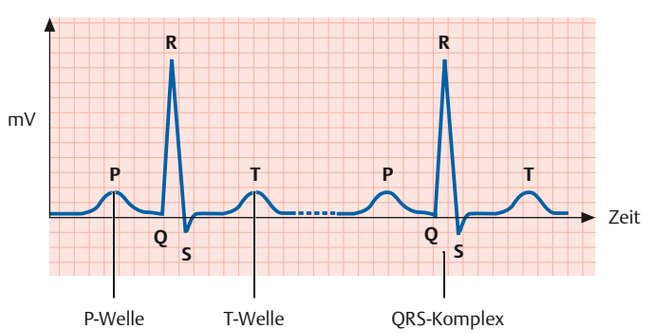
B Elektrokardiogramm (EKG): Standardableitungen

a bipolare Extremitätenableitung nach Einthoven; **b** unipolare Extremitätenableitung nach Goldberger; **c** Brustwandableitungen nach Wilson. Die elektrischen Impulse (sog. Aktionspotenziale), die im Sinusknoten erzeugt werden, breiten sich über das Erregungsleitungssystem auf das ganze Herz aus (s. **A**). Sie erzeugen damit am Herzen ein elektrisches Feld, das auf der Körperoberfläche messbar ist. In diesem elektrischen Feld treten zwischen einzelnen Punkten der Körperoberfläche (z. B. zwischen rechtem Arm und linkem Bein) während Ausbreitung und Rückbildung der Erregung am Herzen Spannungsunterschiede (sog. Potenzialdifferenzen) von bis zu 1 mV auf (1 V = 1000 mV). Diese Spannungsdifferenzen können mit Hilfe von Elektroden, die an bestimmten Stellen der Körperoberfläche befestigt werden, registriert – „abgeleitet" – und in Form von Linien, Zacken und Kurven aufgezeichnet werden (= Elektrokardiogramm). Bei einem gesunden Herzen haben die Zacken und Kurven ganz bestimmte Formen und Abstände und lassen u. a. Rückschlüsse auf die Schlagfrequenz (und damit den Herzrhythmus) und auf den elektrischen Lagetyp zu, v. a. aber auf die funktionierende oder nicht funktionierende Erregungsbildung und -leitung des Herzens. Das Standard-Oberflächen-EKG umfasst 12 Ableitungen: 6 Extremitäten- (I, II, III, aVR, aVL, aVF) und 6 Brustwandableitungen (V_1–V_6).



C Bezeichnungen der Kurven, Zacken und Intervalle im EKG

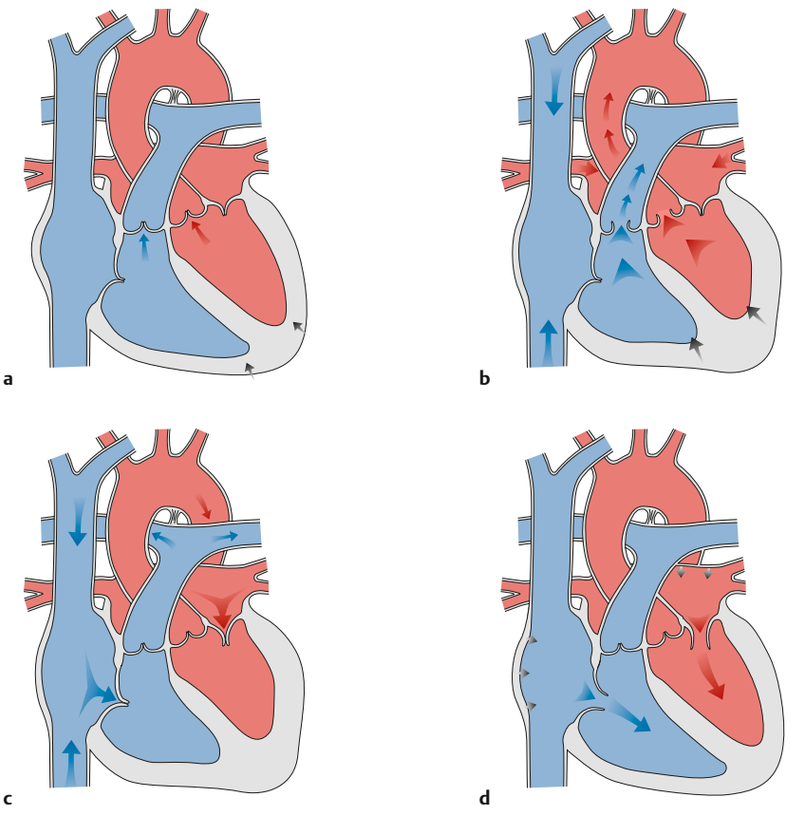
Name	Bezeichnung für
P-Welle	Ausbreitung der Erregung in den Vorhöfen (< 0,1 s)
Q-, R- und S-Zacke (sog. QRS-Komplex)	Beginn der Kammererregung (< 0,1 s)
T-Welle	Ende der Kammererregung
PQ-Intervall	Beginn Vorhoferregung bis Beginn Kammererregung = Überleitungszeit = 0,1–0,2 s
QT-Intervall	Q-Zacke bis Ende T-Welle = Zeit, die beide Herzkammern zur De- und Repolarisation benötigen = abhängig von individueller Herzfrequenz = 0,32–0,39 s
Herzperiode	Intervall zwischen zwei R-Zacken
Herzfrequenz	60 s/R-Zacken-Abstand (s) = Schläge/min; z. B.: 60/0,8 = 75

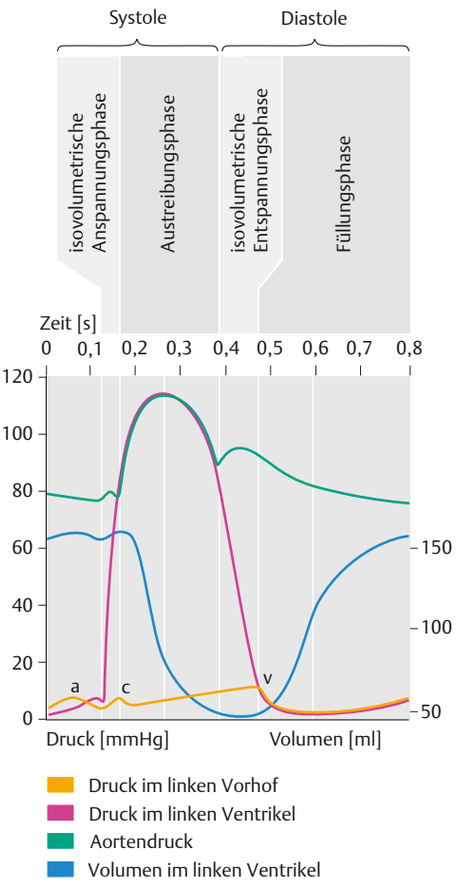


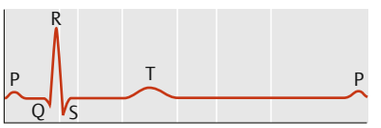
D EKG-Kurve: Erregungszyklus (Aufzeichnung von zwei Herzaktionen nach Wilson)

Die EKG-Kurve weist verschiedene Zacken und Wellen auf, deren Benennungen vereinbarte Bezeichnungen darstellen (s. **C**).

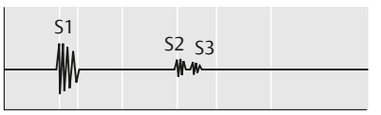
3.12 Die mechanische Herzaktion







EKG (s. S. 117)



Herztöne

S1 = 1. Herzton
(Schluss der Atrioventrikularklappen)

S2 = 2. Herzton
(Schluss der Semilunarklappen)

S3 = (gespaltener 2. Herzton)
→ Aortenklappe (S2) schließt vor der Pulmonalklappe (S3)

e

A Die mechanische Herzaktion
a u. **b** Ventrikelsystole: isovolumetrische Anspannungs- (**a**) und Austreibungsphase (**b**); **c** u. **d** Ventrikeldiastole: isovolumetrische Entspannungs- (**c**) und Füllungsphase (**d**); **e** zeitliche Korrelation von Druck, Volumen, EKG und Herztönen im Systole und Diastole.

Grundsätzlich werden zwei Aktionsphasen des Herzens unterschieden: Kontraktion (Systole) und Entspannung (Diastole). Berücksichtigt man vorwiegend die Ventrikelfunktion, so lassen sich insgesamt vier Phasen unterscheiden:

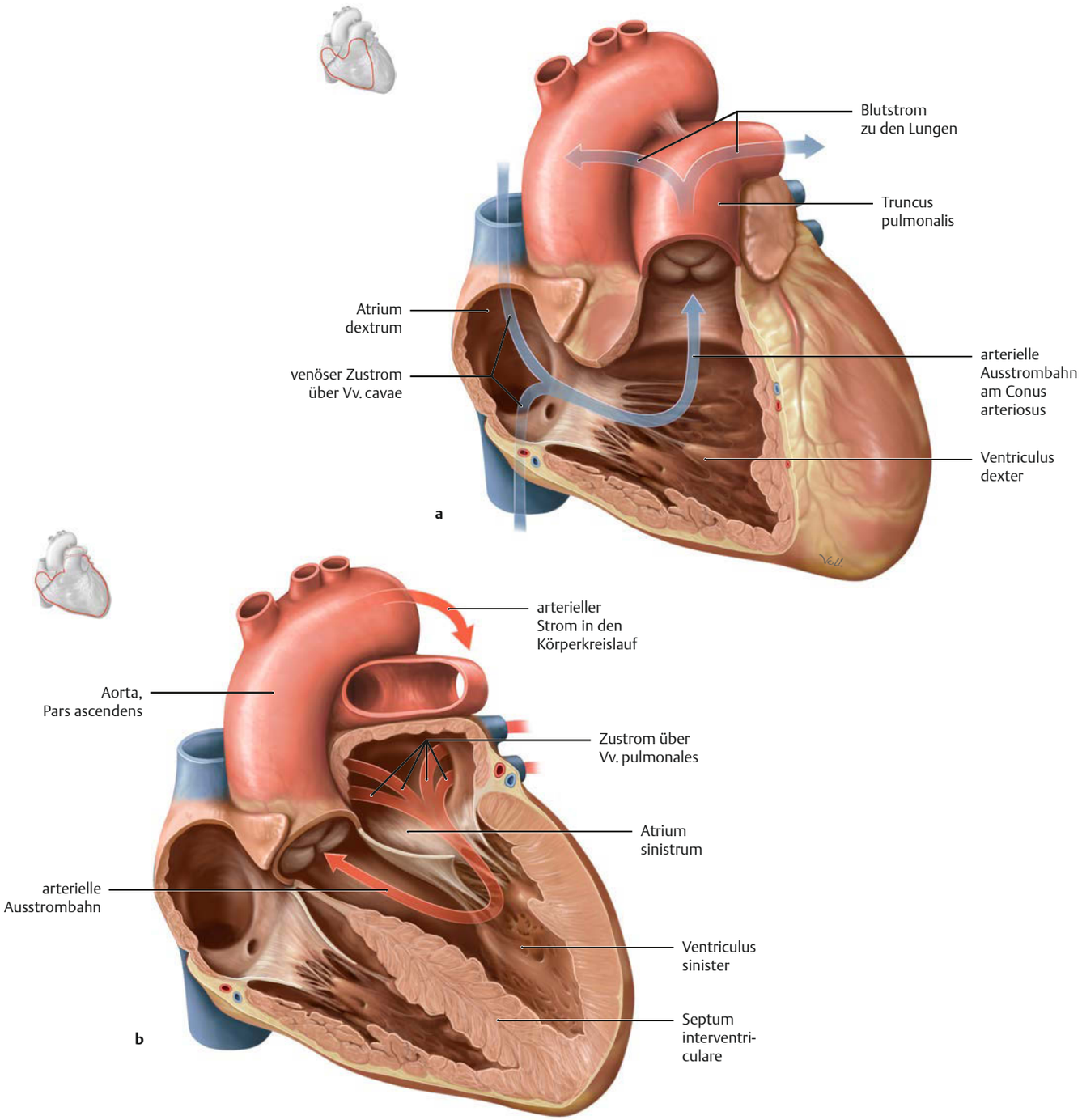
Ventrikelsystole:

- isovolumetrische Anspannungsphase (**a**): Das Ventrikelmyokard kontrahiert und spannt sich um die Blutsäule im Ventrikel. Alle Klappen sind geschlossen: die Atrioventrikularklappen *schon* (Kammerdruck höher als Vorhofdruck), die Arterienklappen *noch* (Kammerdruck noch niedriger als intraarterieller Druck). Die Anspannung des Myokards um die Blutsäule erzeugt eine mechanische Schwingung und damit einen Ton (Anspannungston), der als 1. Herzton bezeichnet wird. Tatsächlich ist es jedoch der Schluss der Atrioventrikulärklappen, der den 1. Herzton verursacht.
- Austreibungsphase (**b**): Die Atrioventrikularklappen bleiben geschlossen und verhindern den Rückstrom des Ventrikelblutes in die Vorhöfe. Der intraventrikuläre Druck übersteigt den Arteriendruck; die Arterienklappen öffnen sich, Blut strömt in die Aorta bzw. in den Truncus pulmonalis.

Ventrikeldiastole:

- isovolumetrische Entspannungsphase (**c**): Das Ventrikelmyokard entspannt sich. Auch in dieser Phase sind alle Klappen geschlossen: die Atrioventrikularklappen *noch*, die Arterienklappen *schon* (verhindern den Rückstrom des soeben ausgestoßenen Blutes aus den Arterien in die Ventrikel). Der Schluss der Gefäßklappen („zuschlagende Türen") ist hörbar als sog. 2. Herzton. Gelegentlich schließen die beiden Taschenklappen (Arterienklappen) zeitlich gering versetzt; man spricht dann vom gespaltenen 2. Herzton (**e**).
- Füllungsphase (**d**): Der intraventrikuläre Druck ist stark abgesunken, die Arterienklappen bleiben geschlossen; die Atrioventrikularklappen öffnen sich, Blut strömt in die Ventrikel. Der Bluteinstrom erfolgt v. a. durch die Bewegung der Ventilebene, weniger durch die Kontraktion der Vorhöfe: Während der Systole bewegt sich die Ventilebene in Richtung Herzspitze, während der Diastole kehrt sie sehr schnell in ihre Ausgangsposition zurück und „wirft sich" über die Blutsäule.

Beachte: Sowohl während der Anspannungs- als auch während der Entspannungszeit gibt es Phasen, in denen alle Klappen geschlossen sind. Eine Phase der Herzaktion, in der alle Klappen offen sind, gibt es dagegen nicht! Herz*töne* sind physiologische akustische Phänomene des Herzens. Zu den pathologischen Herzgeräuschen s. S. 109.



B Blutstrom im Herzen

Funktionell gliedert sich das Herz durch die Septen zwischen den beiden Vorhöfen und den beiden Kammern in ein rechtes und linkes Herz. Durch die Klappen haben beide Herzanteile einen gerichteten Blutstrom. Rechtes und linkes Herz arbeiten dabei als hintereinander geschaltete, exakt aufeinander eingestellte Pumpen.

Blutstrom im rechten Herzen (**a**): Ansicht von ventral; rechter Vorhof und rechter Ventrikel aufgeschnitten. Venöses Blut strömt über die V. cava superior und inferior über den Sinus venarum cavarum in den rechten Vorhof. Von dort strömt es bei geöffneter Valva atrioventricularis dextra durch das Ostium atrioventriculare dextrum längs der Einflussbahn in den rechten Ventrikel. Im rechten Ventrikel wird es in die Ausflussbahn umgeleitet und strömt bei geöffneter Valva pulmonalis (hier geschlossen dargestellt) über den Conus arteriosus in den Truncus pulmonalis und von dort über die Aa. pulmonales in die Lungen, wo es arterialisiert wird. Das rechte Herz pumpt Blut mit niedrigem Sauerstoffpartialdruck.

Blutstrom im linken Herzen (**b**): Ansicht von ventral und links. Alle Herzhöhlen sind an ihrer Vorderseite aufgeschnitten. Arterielles Blut strömt von den Lungen (bei geöffneter Valva atrioventricularis sinistra) über das Ostium atrioventriculare sinistrum entlang der Einflussbahn in den linken Ventrikel. Dort wird es auf die Ausflussbahn umgelenkt und strömt septumnah bei geöffneter Valva aortae (hier geschlossen dargestellt) durch das Ostium aortae in die Aorta (Pars ascendens), um von dort im gesamten großen Körperkreislauf – zuerst in die Aa. coronariae – verteilt zu werden. Das linke Herz pumpt Blut mit hohem Sauerstoffpartialdruck.

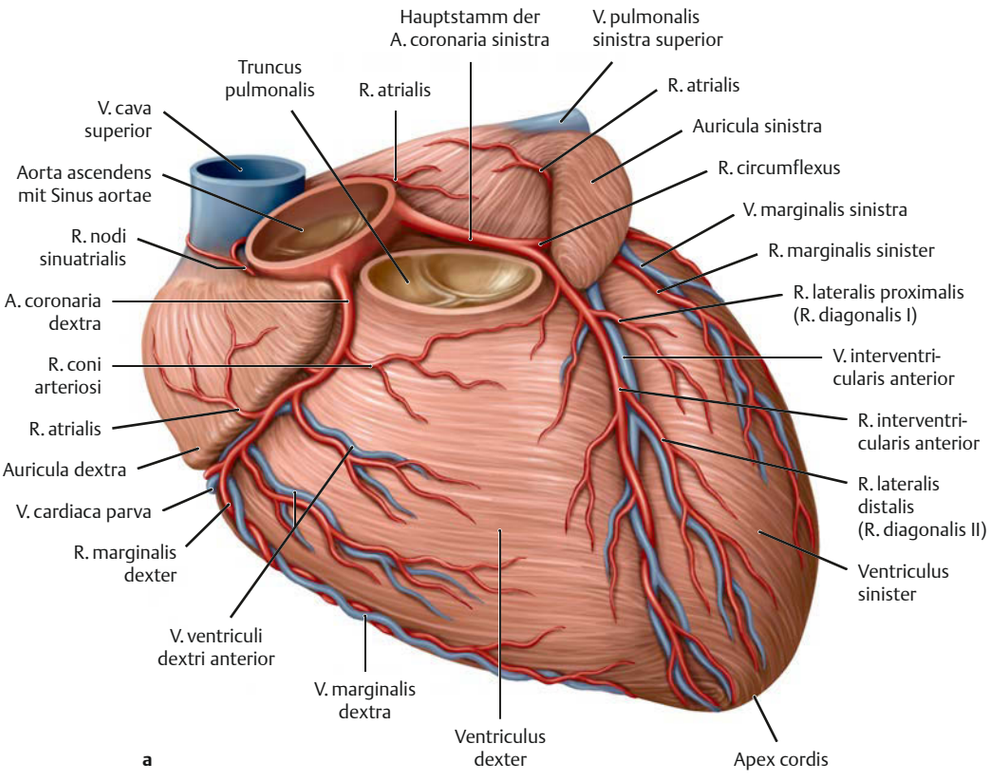
3.13 Koronararterien und Herzvenen: Systematik und Topografie

A Aa. coronariae und Vv. cardiacae
a Ansicht von ventral mit Sicht auf die Facies sternocostalis;
b Ansicht von dorsokaudal auf die Facies diaphragmatica des Herzens.

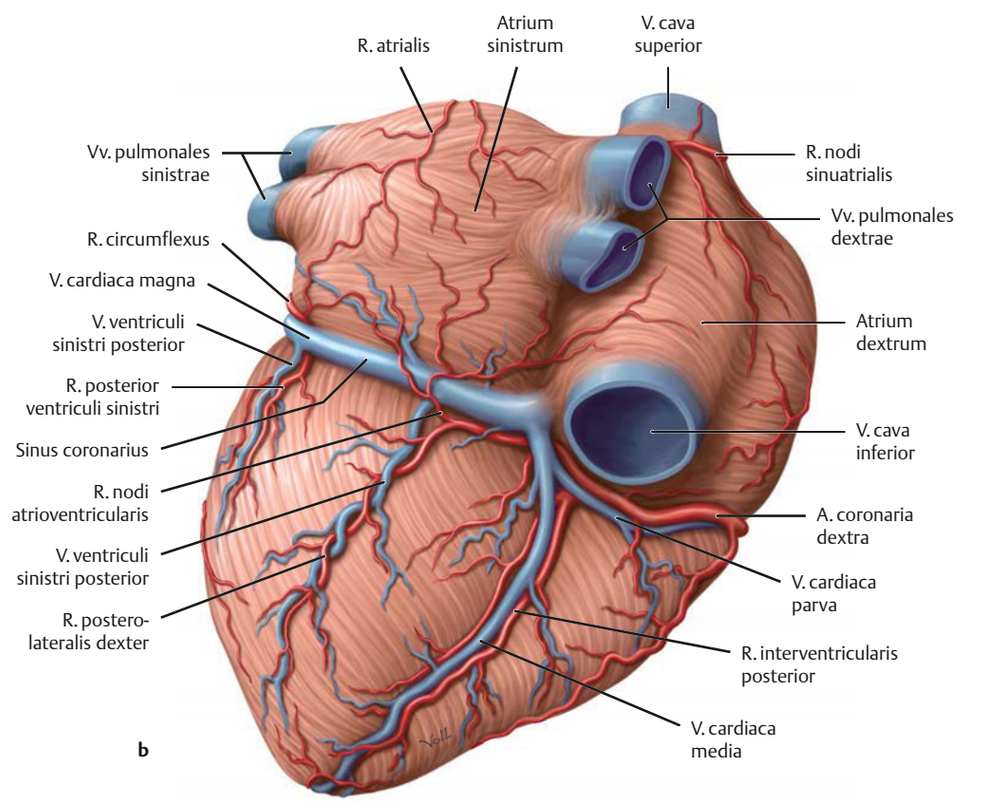
Als permanent tätiges Pumporgan hat das Herz einen hohen Sauerstoffbedarf. Er wird über die Blutzufuhr aus herzeigenen Gefäßen mit einem ausgeprägten Kapillarsystem gedeckt, den Koronararterien (Aa. coronariae dextra und sinistra). Sie entspringen der Aorta unmittelbar oberhalb der Aortenklappe in kleinen Ausbuchtungen, den Sinus aortae. Der Hauptstamm der meist etwas größeren **A. coronaria sinistra** teilt sich in einen

- R. circumflexus: läuft im Sulcus coronarius (Kranzfurche, Grenze zwischen Vorhof und Kammer) *links* um das Herz zur Herzhinterwand, und einen
- R. interventricularis anterior: läuft im Sulcus interventricularis anterior (Grenze zwischen beiden Kammern) zur Herzspitze. Beide Äste geben ihrerseits weitere kleine Äste ab.

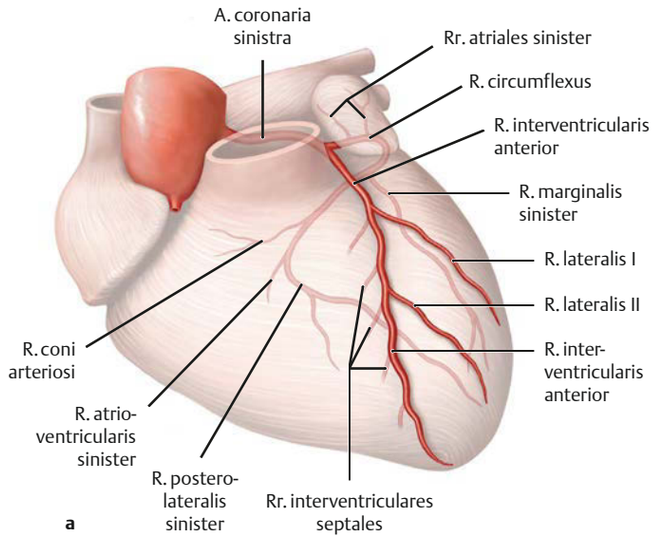
Die meist kleinere **A. coronaria dextra** läuft im Sulcus coronarius *rechts* um das Herz zur Herzhinterwand und bildet dort den R. interventricularis posterior. Auch sie gibt zahlreiche Äste ab (s. S. 122).
Beachte: Koronararterien sind funktionell Endarterien, da die Anastomosen, die sie ausbilden, nicht für die wechselseitige Durchblutung ausreichen.
Die **Vv. cardiacae** verlaufen meist mit den Koronararterien als Vv. cardiacae magna, media und parva und sammeln sich an der Herzhinterwand im *Sinus coronarius*, der in den rechten Vorhof mündet. Zusätzliche kleinere Venen (Vv. cardiacae minimae, hier nicht dargestellt, Vv. Thebesi) münden direkt in die Herzhöhlen, hauptsächlich in den rechten Vorhof.



a



b



B Systematik der Koronararterien
a Äste der A. coronaria sinistra; **b** Äste der A. coronaria dextra (Ansicht jeweils von ventral auf die Facies sternocostalis).
Dargestellt ist der sog. Normalversorgungstyp oder ausgeglichener Versorgungstyp (70 % der Fälle), bei dem die Herzhinterwand (Facies diaphragmatica, klinisch: Hinterwand) zu gleichen Teilen aus der linken und rechten Koronararterie versorgt wird (zu den anderen Versorgungstypen, Rechts- bzw. Linksversorgungstyp – s. S. 122f. Nach einem Vorschlag der American Heart Association werden die einzelnen Koronarabschnitte in Segmente unterteilt: rechte Koronararterie (Segmente 1–4); linke Koronararterie (Segmente 5–15). Hierbei entspricht das Segment 5 dem Hauptstamm, die Segmente 6–10 entsprechen dem R. interventricularis anterior und die Segmente 11–15 dem R. circumflexus der linken Koronararterie (s. auch S. 126).

C Äste der Aa. coronariae*

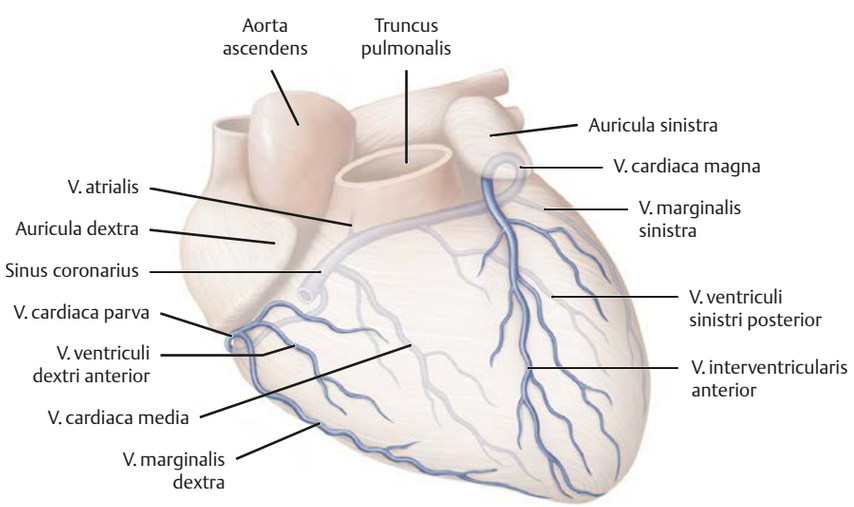
A. coronaria sinistra (**LCA**, *left coronary artery*)

R. circumflexus (RCX, manchmal auch LCX)
- Rr. atriales sinistri (RAS)
- R. coni arteriosi
- R. marginalis sinister (RMS)
- R. atrioventricularis sinister (RAVS)
- R. posterolateralis sinister (RPLS bzw. PLA), häufig auch R. posterior ventriculi sinistri

R. interventricularis anterior (RIVA bzw. LAD, left anterior descending artery)
- R. lateralis proximalis (R. diagonalis I, RD I)
- R. lateralis distalis (R. diagonalis II, RD II)
- Rr. interventriculares septales

A. coronaria dextra (**RCA**, *right coronary artery*)
- R. nodi sinuatrialis (RNS)
- Rr. atriales dexter (RAD)
- R. coni arteriosi
- R. nodi atrioventricularis (RNAV)
- R. marginalis dexter (RMD)
- R. interventricularis posterior (RIVP, RIP bzw. PDA, posterior descending artery)
- R. atrioventricularis dexter (RAVD)
- Rr. interventriculares septales
- R. posterolateralis dexter (RPLD bzw. PLA)

* Die Abkürzungen in Klammern werden in der Klinik häufig verwendet.



D Systematik der Herzvenen
Ansicht von ventral auf die Facies sternocostalis.

E Äste der Vv. cardiacae

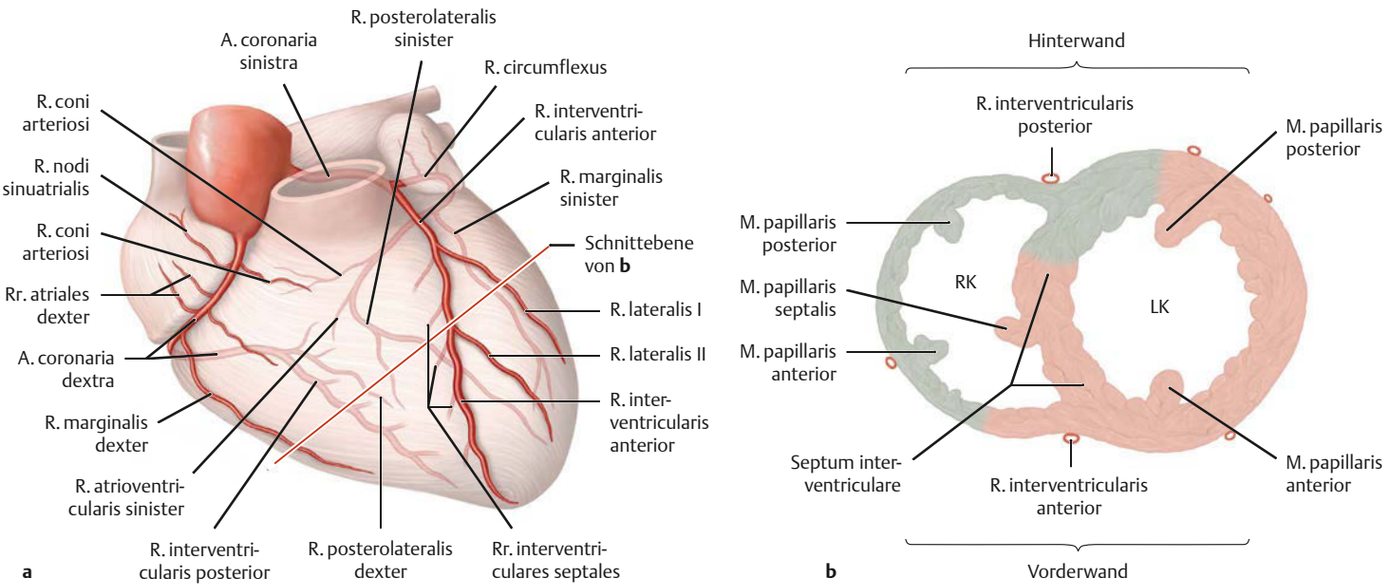
V. cardiaca magna
- V. marginalis sinistra
- V. interventricularis anterior
- V. ventriculi sinistri posterior

V. cardiaca media (V. interventricularis posterior)

V. cardiaca parva
- V. ventriculi dextri anterior
- V. marginalis dextra

Beachte: Das Blut der Herzvenen gelangt zum größten Teil (zu etwa 75 %) über den Sinus coronarius in den rechten Vorhof (Sinus-coronarius-System). Darüber hinaus wird das venöse Blut über ein transmurales (oberflächliche Venen, die direkt in den Vorhof münden) und ein endomurales System (Venen aus der inneren Myokardschicht, die direkt in das entsprechende Herzlumen münden) drainiert.

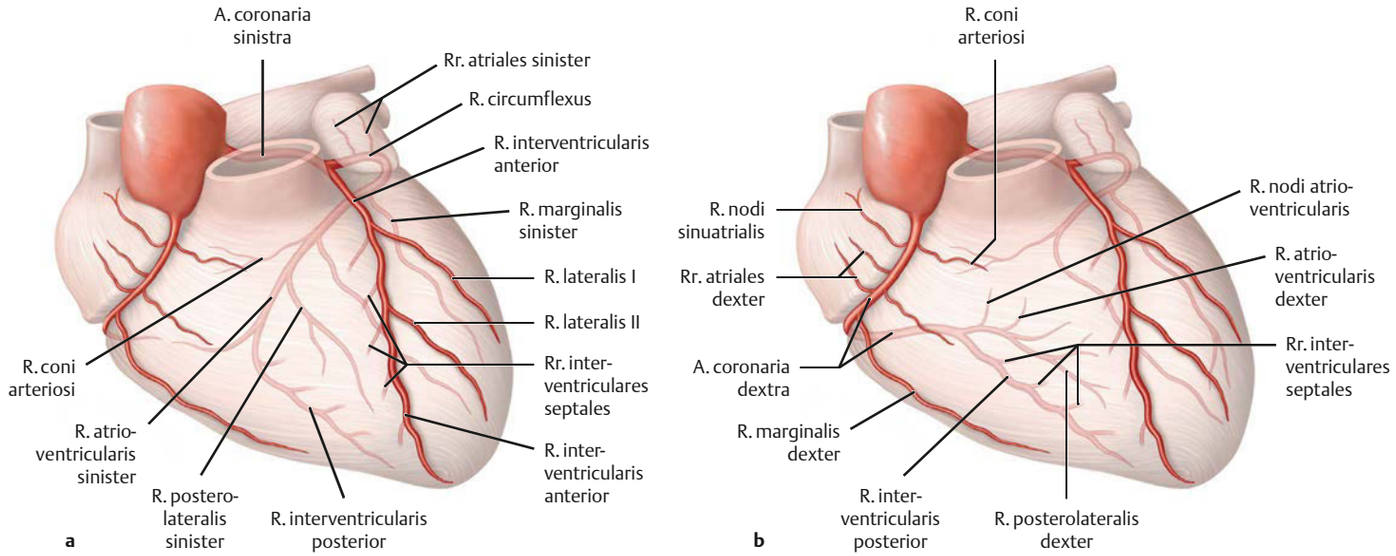
3.14 Koronararterien: Versorgungstypen am Herzen



A Ausgeglichener Versorgungstyp (Normalversorgungstyp)
a Verlauf der rechten und linken Koronararterien (Ansicht von ventral auf die Facies sternocostalis); **b** Querschnitt durch beide Herzkammern (Versorgungsgebiet der rechten Koronararterie: grün, Versorgungsgebiet der linken Koronararterie: rot).
Beim ausgeglichenen Versorgungstyp (70 % der Fälle) wird die Herzhinterwand etwa zu gleichen Teilen aus der linken und rechten Koronararterie versorgt (R. interventricularis posterior entspringt aus der A. coronaria dextra). Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einer kodominanten Versorgung der Herzhinterwand (Facies diaphragmatica) (s. **B**).
Beachte: Da die Äste der A. coronaria dextra darüber hinaus wichtige Zentren des Reizleitungssystems versorgen (Sinusknoten, AV-Knoten, His-Bündel), kommt es bei einer Verengung der rechten Koronararterie häufig zu Rhythmusstörungen!

B Versorgungsbereiche der Aa. coronariae sinistra und dextra beim ausgeglichenen Versorgungstyp

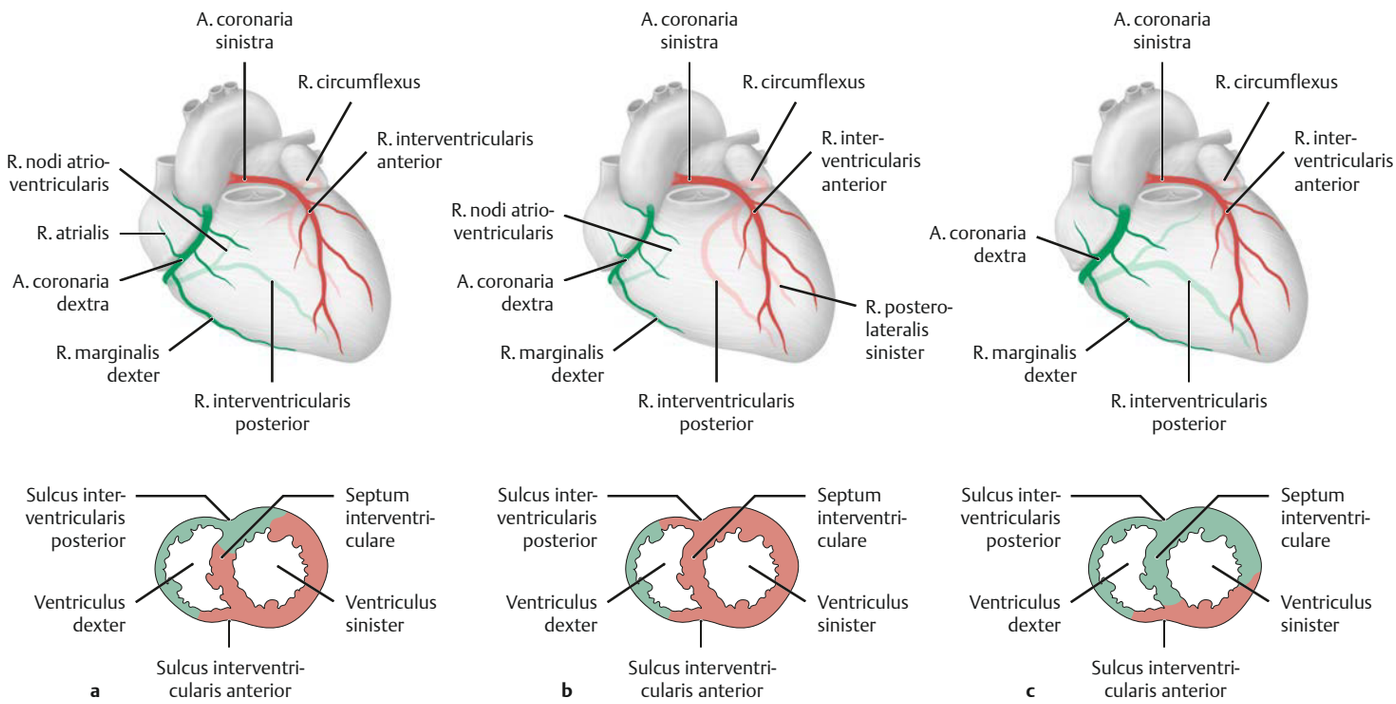
Versorgungsbereich	Versorgung aus der A. coronaria sinistra	Versorgung aus der A. coronaria dextra
Atrium sinistrum (linker Vorhof)	über Rr. atriales sinister	
Atrium dextrum (rechter Vorhof)		über Rr. atriales dexter
Ventriculus sinister (linker Ventrikel, linke Herzkammer)		
• Vorderwand	• über R. interventricularis anterior sowie über dessen R. lateralis proximalis und distalis	
• Seitenwand	• über R. marginalis sinister aus dem R. circumflexus	
• Hinterwand	• Teile über R. posterolateralis sinister aus dem R. circumflexus	• Teile über R. posterolateralis dexter
Ventriculus dexter (rechter Ventrikel, rechte Herzkammer)		
• Vorderwand	• septumnaher Streifen über den R. coni arteriosi sowie kleine Verzweigungen des R. interventricularis anterior	• über R. coni arteriosi sowie kleinere Verzweigungen und über den R. marginalis dexter
• Seitenwand		• über R. marginalis dexter
• Hinterwand		• über R. interventricularis posterior
Septum interventriculare	über Rr. interventriculares septales (den größeren, vorderen Teil des Septum)	über Rr. interventriculares septales (den kleineren, hinteren Teil des Septum)
Nodus sinuatrialis (Sinusknoten)		über R. nodi sinuatrialis
Nodus atrioventricularis (AV-Knoten)		über R. nodi atrioventricularis



C Links- und Rechtsversorgungstyp
a Linksversorgungstyp; **b** Rechtsversorgungstyp.
In jeweils 15 % der Fälle liegt ein Links- bzw. Rechtsversorgungstyp vor. Beide Typen unterscheiden sich v. a. bei der Versorgung der Herzhinterwand:

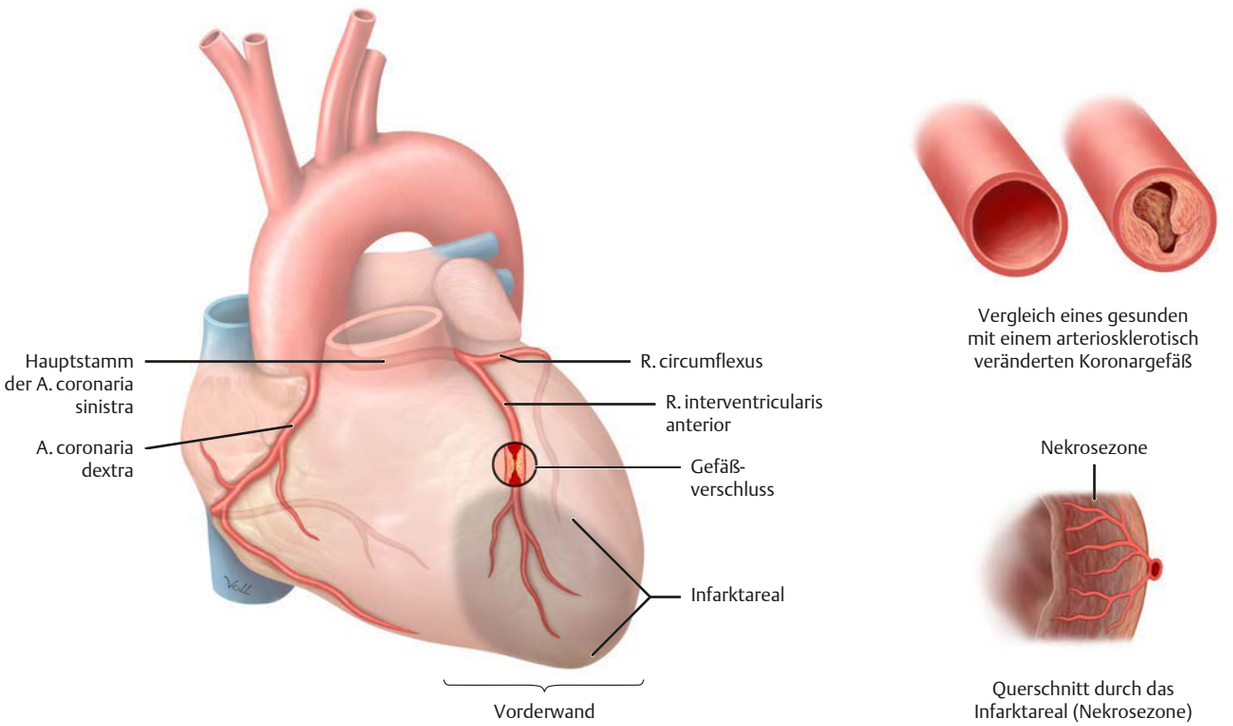
- beim **Linksversorgungstyp** (**a**) dominiert ein kräftiger R. circumflexus, der als R. interventricularis posterior auf der Hinterwand endet und neben den hinteren Anteilen des Septum interventriculare auch noch Teile der rechten Kammer versorgt;
- beim **Rechtsversorgungstyp** (**b**) dominiert die rechte Koronararterie, die zusätzlich zum R. interventricularis posterior mit einem sehr kräftigen R. posterolateralis dexter den größten Teil der Herzhinterwand versorgt, der R. circumflexus der linken Koronararterie ist eher schwach ausgebildet (zu den Unterschieden der drei Versorgungstypen siehe auch Abb. **Da**–**c**)

Beachte: Da der R. interventricularis posterior unterschiedlich stark ausgeprägt sein kann oder hinsichtlich seines Ursprungs variiert, variiert auch die Versorgung des linken und rechten Ventrikels sowie des Septum interventriculare durch die Aa. coronariae sinistra und dextra erheblich.



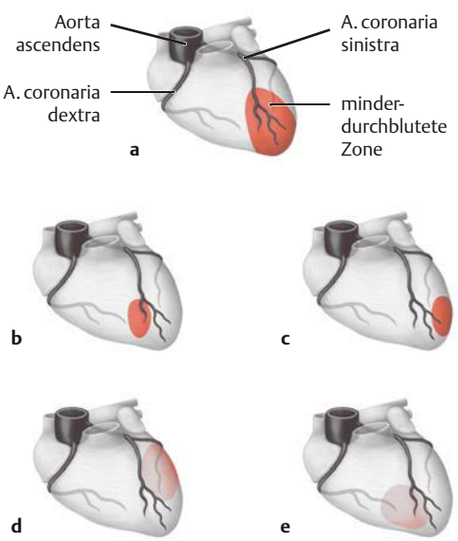
D Blutversorgungstypen des Herzens im Vergleich
a Normalversorgungstyp (70 % der Fälle); **b** Linksversorgungstyp (15 % der Fälle); **c** Rechtsversorgungstyp (15 % der Fälle).
Dargestellt ist jeweils eine Ansicht von ventral sowie ein Querschnitt durch beide Kammern in der Ansicht von oben; linke Koronararterie und Versorgungsgebiet rot, rechte Koronararterie und Versorgungsgebiet grün.

3.15 Koronare Herzkrankheit (KHK) und Herzinfarkt



A Akuter Myokardinfarkt

Ein akuter Myokardinfarkt bezeichnet den Untergang (Nekrose) von Herzmuskelgewebe nach vollständiger oder subkritischer Reduktion der Koronardurchblutung (Inzidenz in Deutschland: 330/100000 Einwohner/Jahr). Er entsteht meist im Rahmen einer koronaren Herzkrankheit (KHK, s. **C**). Zur akuten Myokardnekrose (= Myokard- bzw. Herzinfarkt) kommt es in der Regel, wenn ein arteriosklerotischer Plaque einreißt (Plaqueruptur, s. **D**) und sich daraufhin ein gefäßverschließender Thrombus in einem oder mehreren Koronarästen bildet (sog. 1-, 2- oder 3-Gefäß-Erkrankung). Die anhaltende Myokardischämie führt schon nach 20–30 Minuten zu einem Gewebsuntergang, wobei die subendokardialen Schichten des Myokards, die von den Blutkapillaren am weitesten weg liegen, wegen des extrem hohen Sauerstoffbedarfs zuerst geschädigt werden („Prinzip der letzten Wiese!“). Hauptmechanismus der Schädigung ist die Umstellung der Energiegewinnung auf anaerobe Glykolyse, was zu einem Mangel an ATP führt. Der Anstieg von Stoffwechselschlacken wiederum blockiert die glykolytische ATP-Bildung mit nachfolgendem irreversiblem Zellschaden, insbesondere der Zellmembran, der Mitochondrien und des sarkoplasmatischem Retikulums. Es folgt eine Überladung der Zelle mit Kalziumionen, die wiederum Membranphospholipasen aktivieren und die Bildung von Entzündungsmediatoren einleiten. Daraufhin wandern Granulozyten und Makrophagen in das Infarktgebiet ein, anschließend organisiert sich der nekrotische Bereich unter Bildung von Granulationsgewebe. Wird der Myokardinfarkt überlebt, ist die endgültige Reparatur der Nekrosezone mit Ersatz durch kollagenfaseriges Narbengewebe nach etwa 6 Wochen abgeschlossen.



B Infarktlokalisationen und mögliche Komplikationen

In Abhängigkeit von der Lage des stenosierten Koronargefäßes unterscheidet man folgende Infarktlokalisationen:

- **a** Vorderspitzenwandinfarkt,
- **b** supraapikaler Vorderwandinfarkt,
- **c** vorderer Seitenwandinfarkt,
- **d** hinterer Seitenwandinfarkt und
- **e** Hinterwandinfarkt.

Bei Ausfall der rechten Koronararterie kommt es deutlich häufiger zu Rhythmusstörungen, da die rechte Koronararterie u. a. den Sinusknoten versorgt (s. S. 122)! Ca. 30 % der Patienten versterben beim akuten Herzinfarkt innerhalb der 1. Stunde, wobei die Haupttodesursachen Reizleitungs(Rhythmus-) -störungen mit nachfolgendem Kammerflimmern (sog. Sekundenherztod) sowie Linksherzinsuffizienz und kardiogenem Schock sind. Weitere Komplikationen sind Herzwandrupturen (insbesondere Septumperforationen) mit nachfolgender Herzbeuteltamponade, Mitralinsuffizienz aufgrund eines Papillarmuskelabrisses sowie Herzwandaneurysma.

C Übersicht: Koronare Herzkrankheit (KHK) und Myokardischämie

Definition: Verengung der Herzkranzgefäße (Koronargefäße) infolge einer Arteriosklerose (Synonym: Koronarsklerose) und daraus resultierende Mangeldurchblutung (Ischämie) des Myokards.

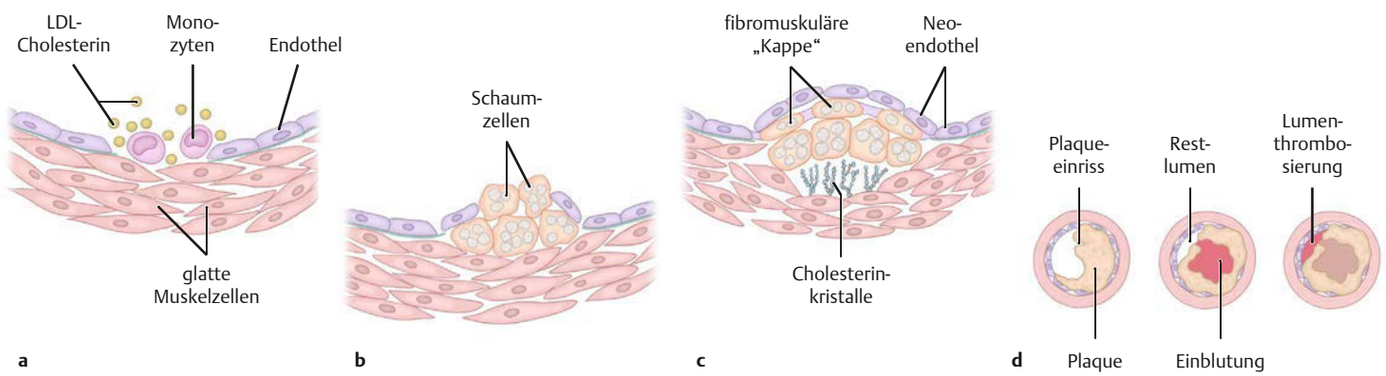
Epidemiologie: häufigste Todesursache in Deutschland; die Häufigkeit der KHK steigt ab dem 5. Lebensjahrzehnt deutlich an (bei Frauen v. a. nach der Menopause), wobei Männer 3-mal häufiger betroffen sind als Frauen.

Pathogenese der Myokardischämie Wenn die Koronargefäße infolge einer Arteriosklerose (s. **D**) verengt sind, können sie nicht spontan vermehrt Blut transportieren. Dies ist jedoch nötig, um dem Myokard bei körperlicher Anstrengung oder psychischer Belastung rasch mehr Sauerstoff zur Verfügung zu stellen. Der erhöhte Sauerstoffbedarf unter Belastung resultiert u. a. daraus, dass der aktivierte Sympathikus Herzfrequenz und Kontraktiliät des Herzmuskels steigert. Ein gesundes Herz erhöht infolgedessen den diastolischen Blutdruck in der Aorta und senkt den Koronarwiderstand auf 20 % des Ruhewertes. So kann es seine Durchblutung unter Belastung um das ca. 5-Fache steigern (= sog. Koronarreserve). Bei sklerotischen Gefäßen ist die Erweiterung der Koronarien vermindert oder kaum möglich, so dass es zur Minderversorgung der Herzmuskulatur kommt. Das Ergebnis ist eine Ischämie und damit zu wenig Sauerstoff im jeweils versorgten Myokardareal. Am Ende steht der Untergang von Myokardgewebe (s. **A**). Eine Steigerung der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz ist beim Herzen nicht möglich. Denn das Herz nimmt bereits unter Ruhebedingungen die maximal mögliche Menge an Sauerstoff aus den Koronargefäßen auf.

Klinische Symptome: Die KHK verursacht in der Regel ab einer Reduktion des Gefäßlumens um 75 % Symptome;

- Leitsymptom: *Angina pectoris* = anfallsartig auftretende, drückende, reißende oder brennende Schmerzen hinter dem Brustbein (retrosternal), die durch körperliche und/oder psychische Belastungen ausgelöst werden; strahlen häufig in die linke Thoraxhälfte und den linken Arm, manchmal auch zum Hals, bzw. in den Zahn-, Mund- und Kieferbereich sowie den Rücken aus;
- Begleitsymptome: Schweißausbruch, Atemnot, eingeschränkte Leistungsfähigkeit;
- stabile Angina pectoris: die Schmerzen verschwinden mit dem Ende der Belastung;
- instabile Angina pectoris: häufigere, stärkere länger anhaltende Schmerzen, die auch nach Belastung nicht verschwinden; deutlich erhöhtes Herzinfarktrisiko!

Beachte: 25 % der Patienten mit stabiler Angina pectoris entwickeln innerhalb von 5 Jahren einen Myokardinfarkt; bei Patienten mit instabiler Angina pectoris erleiden 25 % einen Myokardinfarkt innerhalb von 4 Wochen. Bei mehr als der Hälfte der Patienten sind plötzlicher Herztod oder Myokardinfarkt die ersten „Symptome" einer KHK.



D Pathogenese der arteriosklerotischen Koronargefäßveränderungen (nach Greten)

a initiale Endothelläsion; **b** Frühläsion; **c** Spätläsion und **d** Koronarverschluss.

Prädilektionsstellen für arteriosklerotische Läsionen sind die proximalen Abschnitte der Koronargefäße, insbesondere im Bereich von Gefäßaufzweigungen weil es dort in der Regel zu einer vermehrten Verwirbelung der Blutströmung kommt und dies bevorzugt zu Gefäßläsionen führt. Eine Koronarstenose entsteht initial durch Schädigung des Endothels auf dem Boden bestimmer Risikofaktoren und entsprechender Noxen (s. **E**). Mithilfe von Adhäsionsproteinen heften sich Monozyten genau dort an, wo die initialen Läsionen sind und wandern als Makrophagen in die Gefäßwand ein. Durch Akkumulation von Lipiden (v. a. oxidiertes LDL-Cholesterin) wandeln sie sich in sog. Schaumzellen um. Diese arteriosklerotischen Frühläsionen werden auch als Fettstreifen („Fatty Streaks") bezeichnet. Nachfolgend wandern weitere Zellen in die Gefäßwand ein. Es kommt zur Proliferation von glatten Muskelzellen und Fibroblasten und zu Veränderungen an glatten Muskelzellen, wobei sich eine fibröse Matrix aus Kollagen, Proteoglykanen, Kalk und extrazellulär abgelagertem Lipid bildet. Letzteres konfluiert und liegt gespeichert in einer Höhle, die von einer fibrösen Kappe und einem Neoendothel bedeckt ist. Auf diese Weise entstehen komplexe Spätläsionen in Form von fibromuskulären Plaques, die zunehmend das Gefäßlumen stenosieren. Im weiteren Verlauf kann es durch Einrisse von besonders lipidreichen Plaques (Plaqueruptur) zu Einblutungen in den Plaque, also in die veränderte Gefäßwand und zur Thrombosierung kommen mit der Folge eines partiellen oder kompletten Koronarverschlusses. Diese sog. „vulnerable Plaques" sind gekennzeichnet durch hohe Lipidakkumulation, gesteigerte zelluläre inflammatorische Aktivität (Makrophagen und T-Lymphozyten) und hohe Konzentration von gewebsständigen Gerinnungsfaktoren.

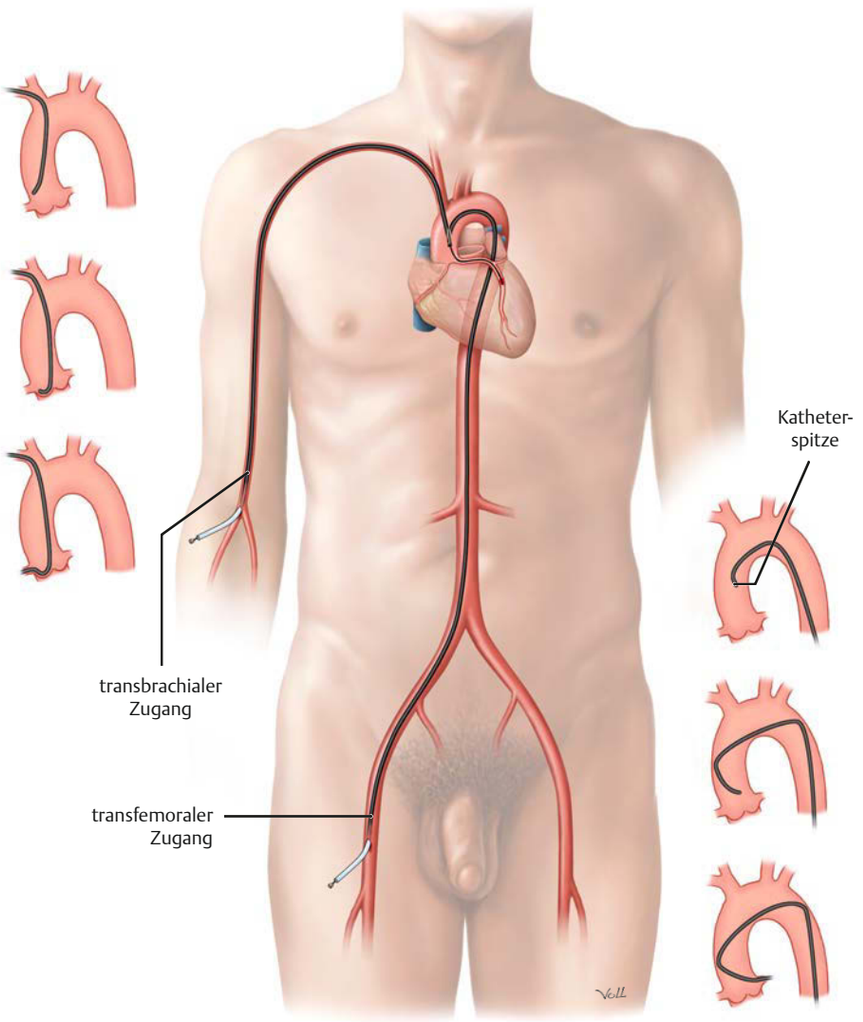
E Kardiovaskuläre Risikofaktoren von Arteriosklerose und KHK

Risikofaktoren der KHK sind Merkmale, die statistisch häufiger bei Patienten mit KHK auftreten als bei Gesunden, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass nicht alle kardiovaskulären Ereignisse anhand der Risikofaktoren zu erklären sind. Folgende Risikofaktoren begünstigen die Entwicklung von Arteriosklerose und damit der KHK:

- arterielle Hypertonie
- Übergewicht (BMI > 25 kg/m^2)
- Bewegungsmangel
- Hyperlipidämie (insbesondere Fettstoffwechselstörungen mit erhöhtem LDL- und erniedrigtem HDL-Cholesterin)
- Nikotinabusus
- Diabetes mellitus
- erbliche Disposition

Beachte: Das Risiko einer KHK steigt bei gleichzeitigem Vorliegen mehrerer Risikofaktoren überproportional an.

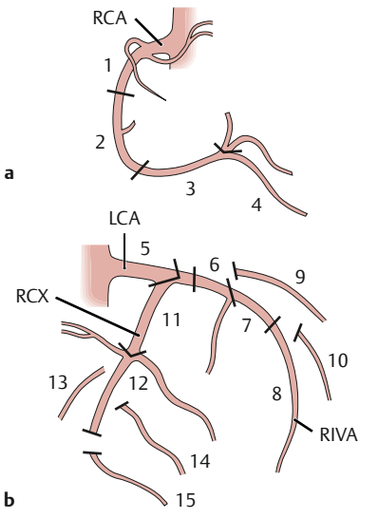
3.16 Konventionelle Koronarangiographie (Herzkatheteruntersuchung)



A Herzkatheteruntersuchung: Prinzip und Durchführung

Die konventionelle oder selektive Koronarangiographie (sog. Herzkatheteruntersuchung) ist ein Bild gebendes Verfahren, das mit Hilfe von Röntgenstrahlen und wasserlöslichen, jodhaltigen Kontrastmitteln den Innenraum, das sog. Lumen, der Koronararterien sichtbar macht. Es dient so dem Nachweis bzw. der Lokalisation von Gefäßstenosen oder -verschlüssen. Die Herzkatheteruntersuchung ist ein invasives Verfahren, das mit Hilfe eines sog. *Linkskatheters* durchgeführt wird. Hierbei bringt man einen vorgeformten, Röntgenkontrast gebenden, dreh- und formstabilen Katheter retrograd über die Aorta in Position (*Beachte:* Abgang der Koronararterien unmittelbar oberhalb der Aortenklappe!). Dies geschieht entweder über einen trans*brachialen*, meist jedoch über einen trans*femoralen* Zugang (Punktion der rechten A. femoralis und Anlegen einer Schleuse). Die angiographische Darstellung der Koronargefäße beginnt mit der Injektion von Kontrastmittel, wobei die Perfusion der Koronararterien mittels Röntgendurchleuchtung dokumentiert wird. Jedes Segment der Koronargefäße sollte hierbei möglichst in zwei aufeinander senkrecht stehenden Projektionen (RAO und LAO-Projektionen, s. **D** und **E**) dargestellt werden. Als invasive Methode ist die konventionelle Koronarangiographie nicht ohne Risiken (z. B. Kontrastmittelunverträglichkeit, Gefäßverletzung, kardiale Komplikationen). Die Häufigkeit schwerwiegender Komplikationen liegt in spezialisierten Zentren jedoch unter 1 %.

Die selektive Koronarangiographie hat momentan als diagnostischer Goldstandard zur morphologischen Diagnostik der Koronaranatomie eine zentrale Stellung (in Deutschland etwa 600 000 diagnostische und 200 000 interventionelle Eingriffe pro Jahr). Als Alternativen werden zunehmend andere Bild gebende angiographische Verfahren (MR- und CT-Koronarangiographie) eingesetzt, die weniger invasiv und damit deutlich risikoärmer sind. Beide Verfahren ermöglichen eine detaillierte Darstellung der Koronargefäße ohne invasive Arterienpunktion und teilweise sogar ohne Kontrastmittel (MR-Angiographie).



B Segmenteinteilung der Koronargefäße

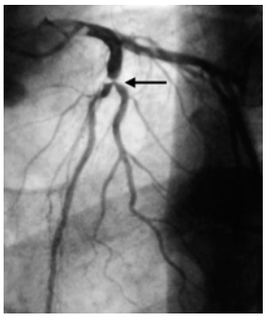
a rechte Koronararterie (RCA); **b** linke Koronararterie (LCA) und ihre jeweiligen Segmente (nach einem Vorschlag der American Heart Association, AHA): rechte Koronararterie (Segmente 1–4); linke Koronararterie (Segmente 5–15).

RCA 1 = proximaler Anteil; 2 = mittlerer Anteil; 3 =distaler Anteil; 4 = R. interventricularis posterior (RIVP) und R. posterolateralis dexter (RPLD)

LCA 5 = Stamm der linken Herzkranzarterie

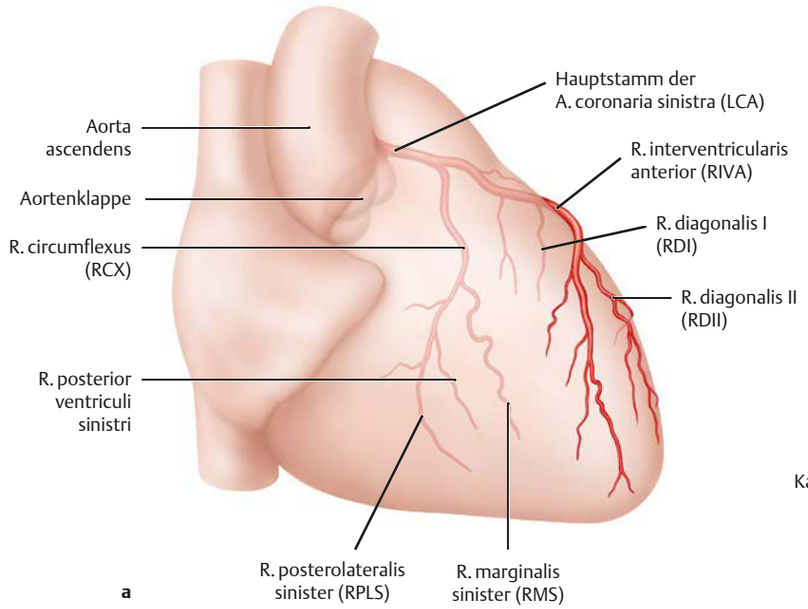
RIVA 6 = proximaler Anteil; 7 = mittlerer Anteil (nach Abgang des 1. Diagonalastes, RDI); 8 = distaler Anteil (nach Abgang des 2. Diagonalastes, RDII); 9 = RDI; 10 = RDII

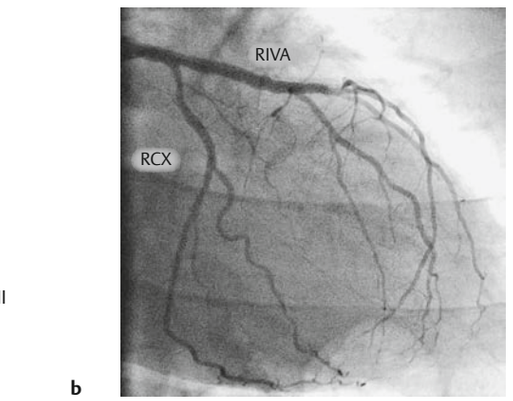
RCX 11 = proximaler Anteil; 12 = distaler Anteil (nach Abgang des R. marginalis sinister (RMS); 13 = R. atrioventricularis sinister (RAVS); 14 = R. posterior ventriculi sinistri; 15 = R. posterolateralis sinsiter (RPLS)

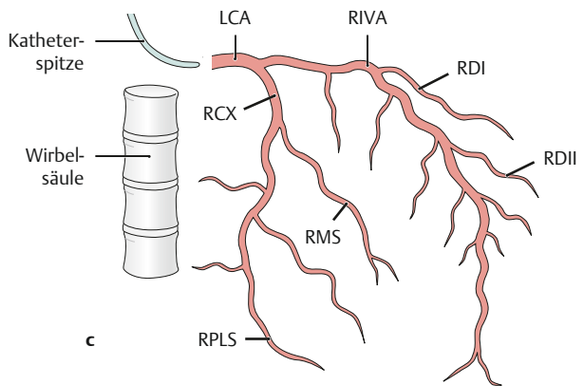


C Hochgradige Stenose des R. circumflexus der linken Koronararterie

Selektive Koronarangiographie in RAO-30°-Projektion. Der Pfeil markiert eine hochgradige Stenose im Segment 11 (proximaler Anteil) des R. circumflexus (RCX); (aus: Claussen, C. D. et al.: Pareto-Reihe Radiologie. Herz, Thieme, Stuttgart 2007).



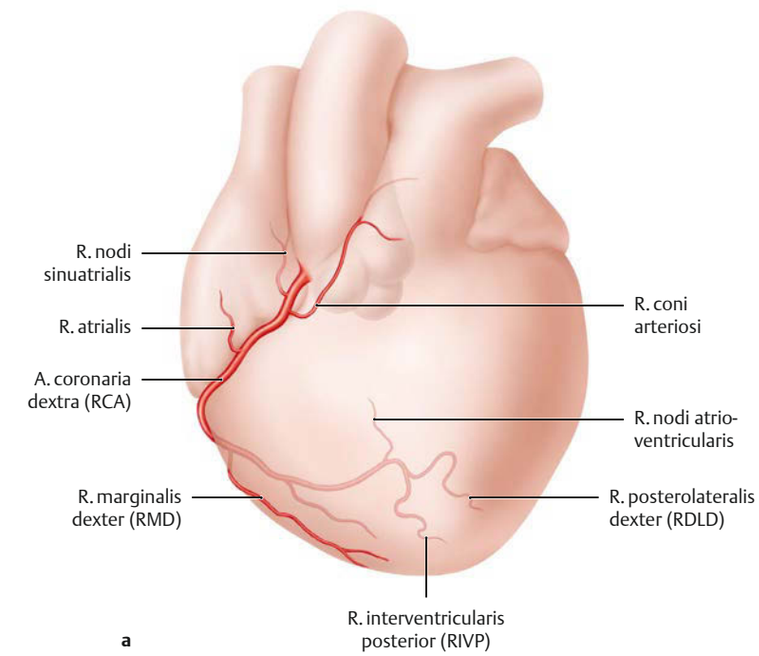


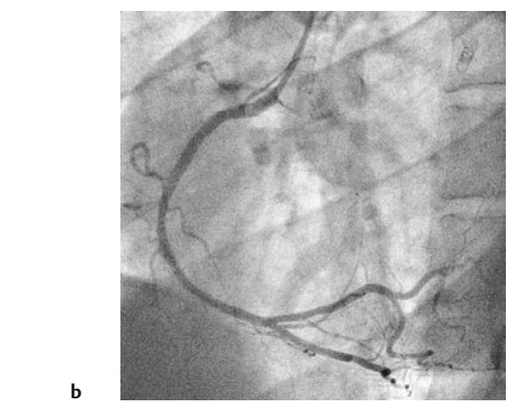


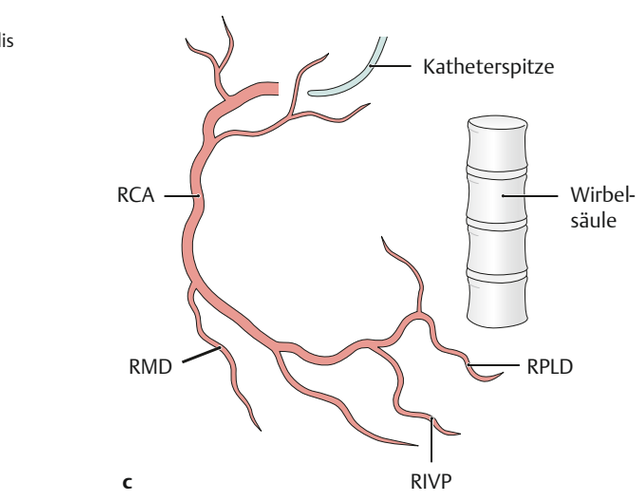
D Selektive Koronarangiographie der linken Koronararterie in RAO-Projektion

a Topografischer Verlauf der linken Koronararterie (LCA); **b** selektive Koronarangiographie der LCA; **c** schematische Darstellung der einzelnen Äste.

Beachte: In RAO-Projektion bildet sich die Wirbelsäule immer links ab.







E Selektive Koronarangiographie der rechten Koronararterie in LAO-Projektion

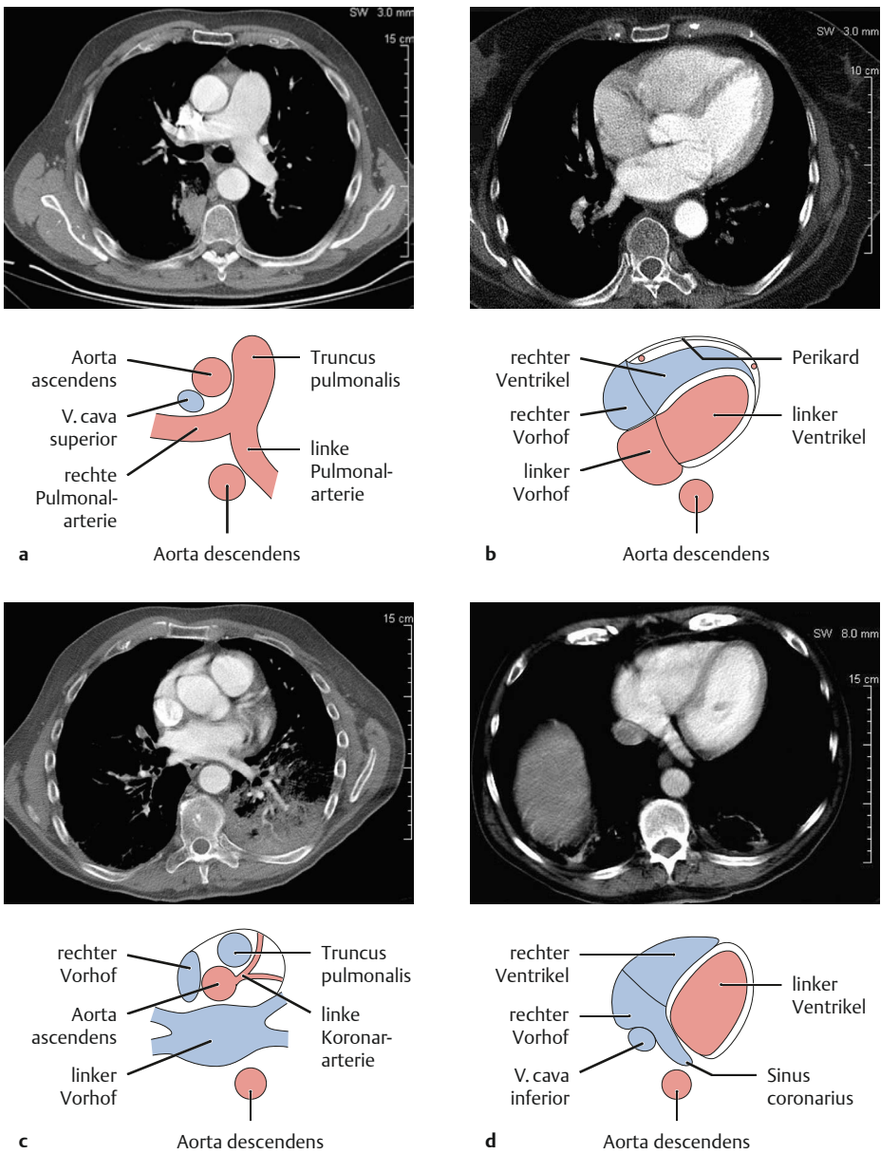
a Topografischer Verlauf der rechten Koronararterie (RCA); **b** selektive Koronarangiographie der RCA; **c** schematische Darstellung der einzelnen Äste.

Beachte: In LAO-Projektion bildet sich die Wirbelsäule immer rechts ab.

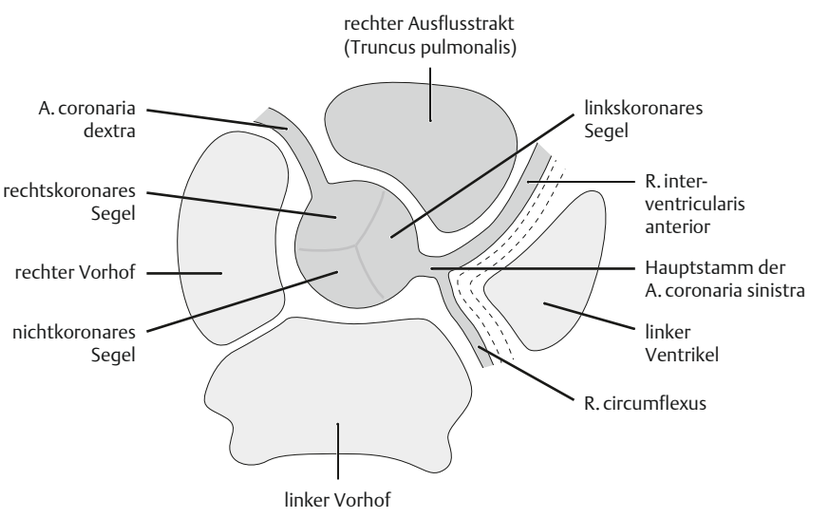
(Alle angiographischen Bilder auf dieser Seite aus Thelen, M. et al.: Bildgebende Kardiodiagnostik. Thieme, Stuttgart 2007.)

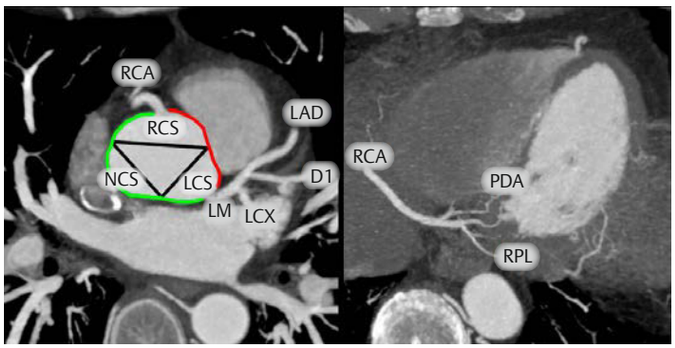
3.17 Koronarangiographie mittels Mehrschicht-Spiral-Computertomographie (MSCT)

A Typische CT-Ebenen des Herzens
a in Höhe des Truncus pulmonalis; **b** Darstellung der Herzbinnenräume; **c** in Höhe der Aortenwurzel; **d** unterhalb des linken Vorhofs (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).
Beachte: Da auf die invasive *konventionelle* Koronarangiographie (s. S. 126 f) in nur 30–40 % der Fälle eine Koronarintervention (Ballondilatation, Stent, s. S. 130 f) folgt, gewinnen zunehmend weniger invasive Verfahren, wie die MSCT-Koronarangiographie, in der Diagnostik der koronaren Herzerkrankung (KHK, s. S. 124 f) an Bedeutung. Mit der Mehrschicht-Spiral-Computertomographie (MSCT) können heute nahezu alle relevanten klinischen Fragen innerhalb der diagnostischen und interventionellen Radiologie beantwortet werden. So ist es heute z. B. möglich, mit gängigen 64-Schicht-Spiral-Computertomographen anatomische Bilder von Herz- und Koronargefäßen ohne Bewegungsartefakte (mittels EKG-Synchronisation) in 0,5 mm dicken Schichten abzubilden bzw. dreidimensional zu rekonstruieren (s. Abb. **Ea** u. **b**).



B Darstellung der Abgänge der Koronararterien
Schematische Darstellung eines axialen CT-Schnittbildes unmittelbar oberhalb der Aortenklappe (s. hierzu auch Schnittebene von **Ac**). In dieser Darstellung ist die Aortenwurzel von den beiden Vorhöfen und dem rechten Ausflusstrakt (Truncus pulmonalis) umgeben, die Lage des linken Ventrikels zwischen der Aufzweigung des Hauptstammes der linken Koronararterie ist angedeutet.
Beachte: Die Aortenklappe mit ihren drei Taschenklappen bildet drei Recessus bzw. Sinus, einen links-, rechts- und nichtkoronaren Sinus, die jeweils von entsprechenden Segeln (links-, rechts- und nichtkoronares Segel) begrenzt werden. Aus dem linkskoronaren Sinus entspringt die linke, aus dem rechtskoronaren Sinus die rechte Koronararterie. Koronaranomalien betreffen in der Regel den Abgang der Koronargefäße, sind insgesamt jedoch selten.





a b

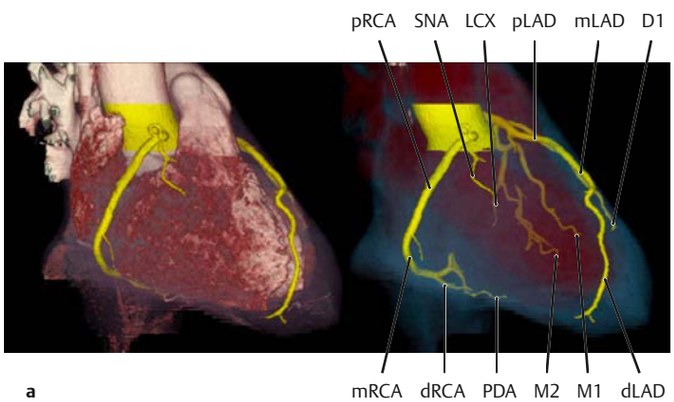
C CT-Anatomie der Koronararterienabgänge

a axiales CT-Schnittbild auf Höhe der Koronararterienabgänge:

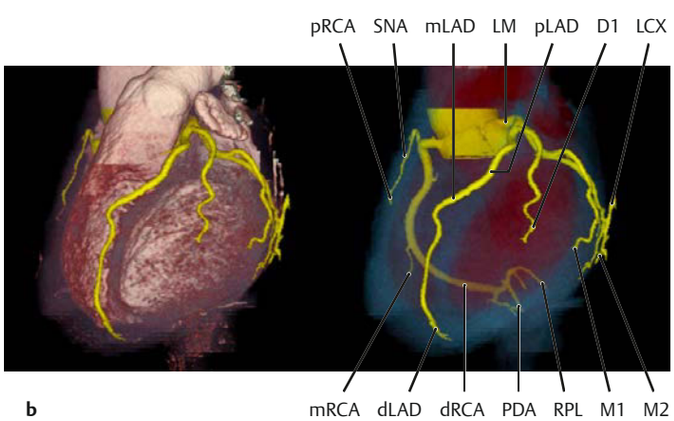
LCS, RCS, NCS = linker, rechter und nichtkoronarer Sinus,
RCA = rechte Koronararterie,
LM = Hauptstamm der linken Koronararterie,
LCX = R. circumflexus,
LAD, *left anterior descending artery* = R. interventricularis anterior,
D1 = R. diagonalis proximalis;

b Verlauf der rechten Koronararterie (RCA) zur Herzhinterwand und Verzweigung in einen R. interventricularis posterior (PDA, *posterior descending artery*) und einen R. posteriorlateralis (RPL).
(Aus Becker, C.: CT-Diagnostik der koronaren Herzkrankheit [Teil I: Indikation, Durchführung und Normalbefundung der CT-Koronarographie], Radiologie up2date 1, Thieme, Stuttgart 2008.)

D CT-Anatomie einer Koronarsklerose des A. coronaria sinistra
Transversales (axiales) Schnittbild auf Höhe des Abgangs der A. coronaria sinistra.
Eine wichtige Anwendung der kardialen CT-Technik ist die Koronarkalkbestimmung in arteriosklerotischen Koronargefäßen. Bei dieser Untersuchung kann man auf die Gabe von Kontrastmittel verzichten. Zu erkennen ist eine diffuse Koronarsklerose des Hauptstammes der linken Herzkrankarterie (LM) sowie des R. circumflexus (LCX) und des R. interventricularis anterior (RIVA) (aus: Claussen, C. D. et al.: Pareto-Reihe Radiologie. Herz, Thieme, Stuttgart 2007).



a



b

E Dreidimensionale CT-Rekonstruktion des Herzens

a CT-Anatomie des Herzens in RAO-30°-Projektion; **b** CT-Anatomie des Herzens in LAO-60°-Projektion.
Nach Kontrastmittelgabe können die Koronargefäße (bzw. die abgebildete Kontrastmittelsäule im Gefäß) dreidimensional rekonstruiert werden. Je nach verwendeter Projektion (RAO, *right anterior oblique*, LAO, *left anterior oblique*) und Angulation (30° bzw. 60°), lässt sich der Verlauf der Koronargefäße unterschiedlich gut darstellen.

pRCA, mRCA und dRCA = proximaler, mittlerer und distaler Abschnitt der rechten Koronararterie
PDA, *posterior descending artery* = R. interventricularis posterior
RPL = R. posterolateralis
SNA, *Sinusknotenarterie* = R. nodi sinuatrialis
LM = Hauptstamm der linken Koronararterie
pLAD, mLAD und dLAD, *left anterior descending artery* = proximaler, mittlerer und distaler Abschnitt des R. interventricularis anterior
LCX = R. circumflexus
D1 = R. diagonalis proximalis
M1 und M2 = R. marginalis sinister

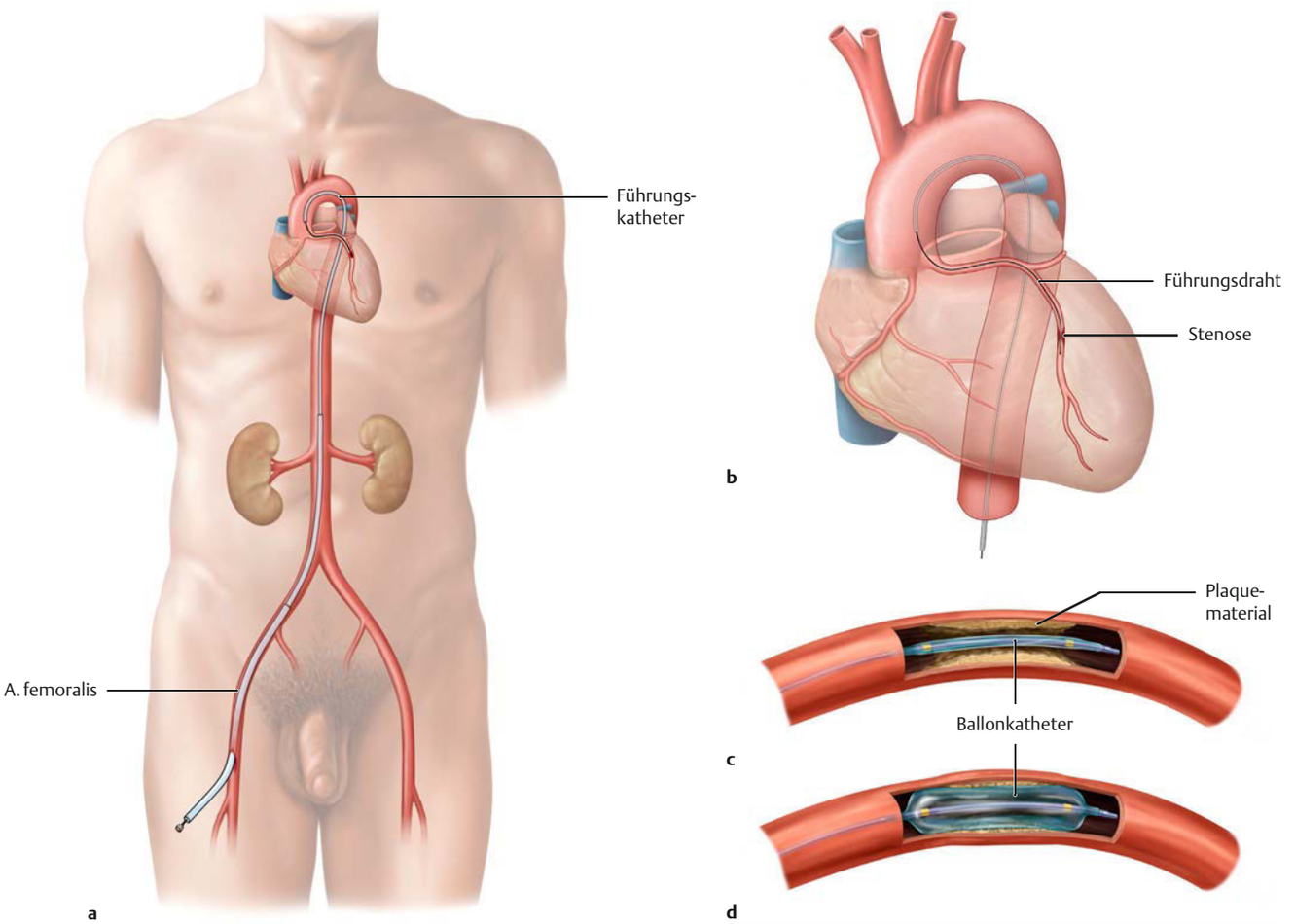
(Aus Becker, C.: CT-Diagnostik der koronaren Herzkrankheit [Teil I: Indikation, Durchführung und Normalbefundung der CT-Koronarographie], Radiologie up2date 1, Thieme, Stuttgart 2008.)

3.18 Ballondilatation, aortokoronarer Venen- und arterieller IMA-Bypass

A Interventionelle und operative Therapiemöglichkeiten von Koronararterienstenosen

Ziel der Koronarintervention ist eine Besserung der Prognose *(prognostische Indikation)* und/oder der Symptomatik *(symptomatische Indikation)* bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit (KHK). Durch Wiederherstellung einer ausreichenden Perfusion bzw. Sauerstoffversorgung des Myokards soll die myokardiale Leistungsfähigkeit verbessert werden. Ist unter medikamentöser Therapie der KHK kein ausreichendes Behandlungsergebnis zu erzielen, besteht die Indikation zur interventionellen (= invasiver Eingriff mittels Katheter z. B. über die A. femoralis) bzw. zur operativen Therapie (= Operation mit Öffnung des Thorax etc.). Eine zunehmende Bedeutung gewinnt darüber hinaus die Revaskularisation mittels aortokoronarer Bypässe im akuten Myokardinfarkt. Folgende Verfahren werden derzeit am häufigsten angewendet:

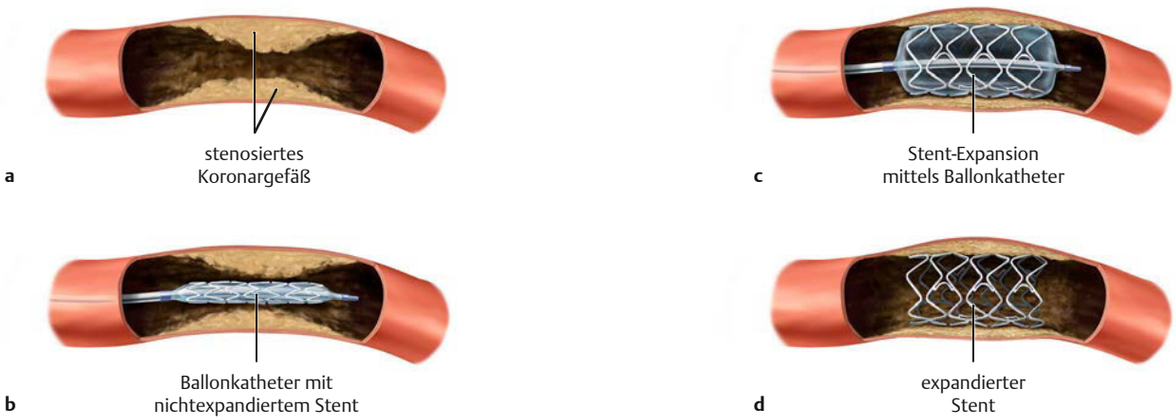
- **interventionelle Techniken (PCI = percutaneous coronary intervention):**
  - perkutane transluminale Koronarangioplastie (PTCA),
  - Perkutane transluminale Implantation koronarer Gefäßstützen (Stent-Implantation);
- **operative Koronarrevaskularisations-Techniken:**
  - aortokoronarer Venenbypass (ACVB),
  - Arteria-mammaria-interna-Bypass (IMA-Bypass).



B Perkutane transluminale Koronarangioplastie (PTCA)

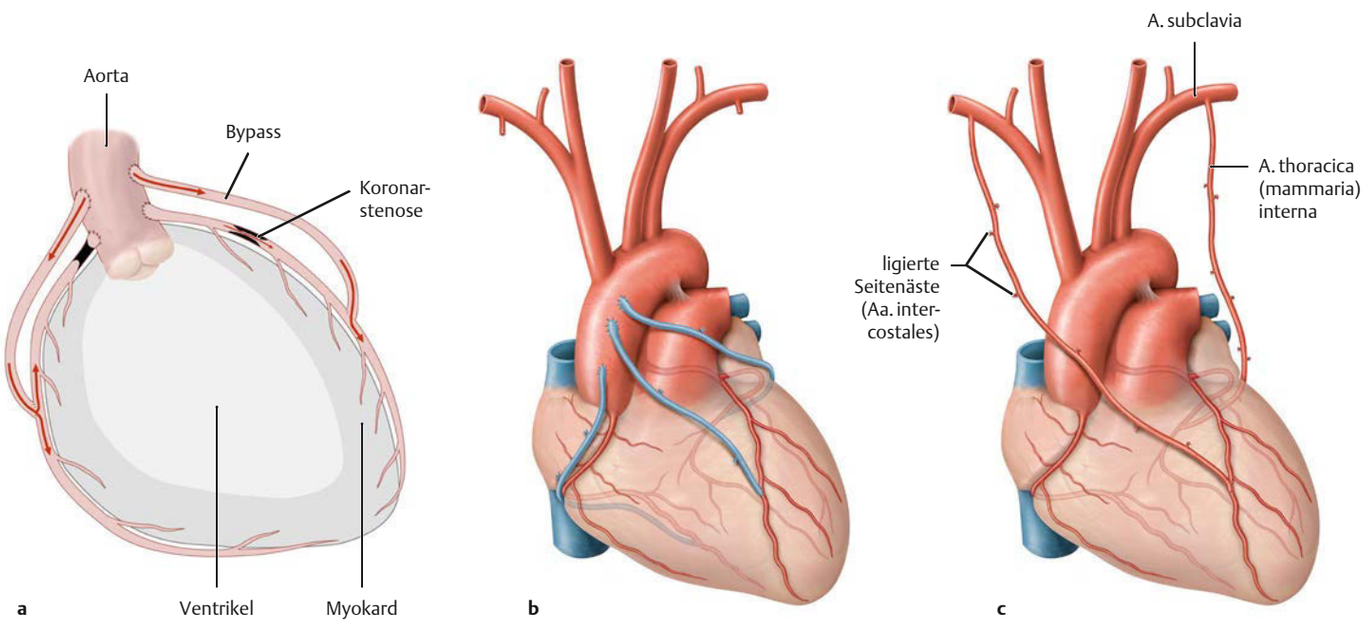
a Sondieren der Koronararterie mit einem Führungsdraht über einen Führungskatheter; **b** Passieren der Stenose mit dem Führungsdraht; **c** u. **d** Platzieren eines Ballonkatheters über den Führungsdraht und Dilatation der Stenose.

Das Prinzip der PTCA besteht in einer kontrollierten Ballondilatation verengter Gefäßabschnitte. Dazu erfolgt die Sondierung des betroffenen Koronargefäßes durch einen Führungsdraht nach Punktion der A. femoralis (**a**). Über den Führungsdraht wird ein sog. Ballonkatheter in dem verengten Gefäßabschnitt platziert und anschließend kontrolliert mit etwa 8–20 atm aufgedehnt (**c** u. **d**). Dadurch kommt es zu einer Verdrängung bzw. Kompression des Plaquematerials und das Gefäßlumen wird dilatiert. Etwa 50–80 % der Ballondilatationen sind primär erfolgreich, jedoch ist in etwa 15–30 % der Fälle mit einer Restenosierung nach einem Jahr zu rechnen. Kontraindikationen sind hochgradige Stamm- und Abgangsstenosen, d. h. Stenosen im Bereich von Gefäßaufzweigungen (dort kann man nicht dilatieren!) der Koronararterien. Aufgrund möglicher Komplikationen (Risiko einer Perforation bzw. eines Verschlusses infolge Intimadissektion) erfolgen Koronardilatationen immer unter kardiochirurgischer Operationsbereitschaft. Da die Langzeitergebnisse (ein Jahr nach dem Eingriff) nach Dilatation schlechter sind als nach einer Bypassoperation, wird diese Methode momentan sehr kritisch gesehen.



C Stent-Implantation

Die Implantation von aus Drahtgeflechten bestehenden Gefäßstützen (Stents) ist heutzutage das Standardverfahren (80 % aller Interventionen) der PCI. Die Metallgitter werden mittels Ballonkatheter in den stenosierten Koronarabschnitten positioniert und mit ca. 12 atm expandiert. Auf diese Weise wird der dilatierte Gefäßabschnitt auch langfristig gestützt und somit offengehalten. Gegenüber der klassischen Ballondilatation besteht bei Stents eine deutlich geringere Restenoserate beispielsweise durch Intimahyperplasie.



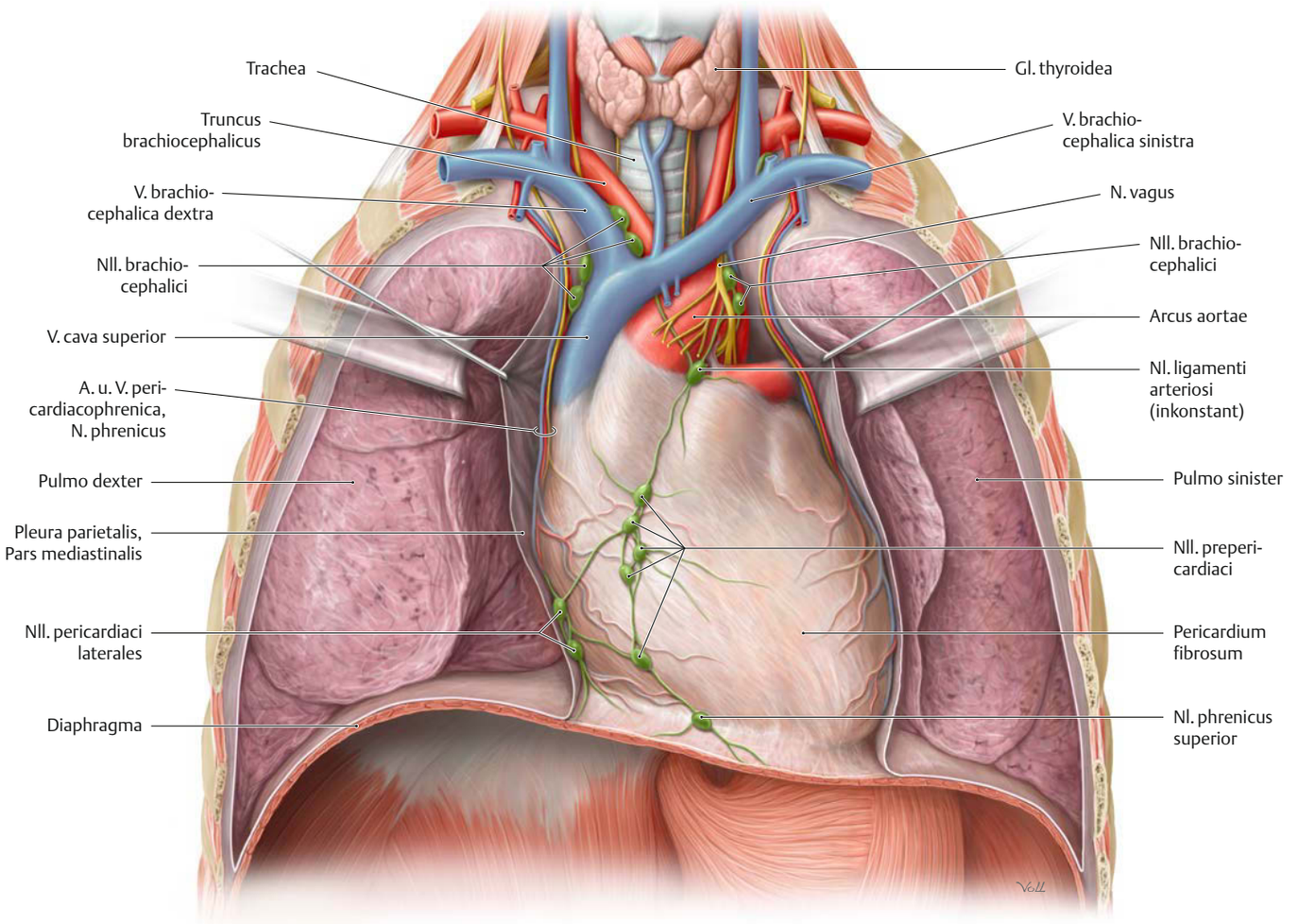
D Operative Koronarrevaskularisation

a Prinzip eines aortokoronaren Venenbypasses (ACVB): Bei dieser Form der operativen Myokardrevaskularisation werden ein oder mehrere Veneninterponate (meist aus der V. saphena magna) zwischen Aorta ascendens und poststenotischem Koronargefäß angelegt. Das Prinzip dieser Methode besteht in der Überbrückung des verengten (rechts) bzw. verschlossenen (links) Abschnitts der betroffenen Koronararterie. Voraussetzung ist poststenotisch anastomosierbares Gefäß mit mindestens 1 mm Durchmesser, ein adäquater Abfluss in der Peripherie und das Vorhandensein von kontraktilem Myokard. Eine zunehmende Bedeutung gewinnt die Revaskularisation mittels reiner venöser Bypassgefäße im akuten Myokardinfarkt.

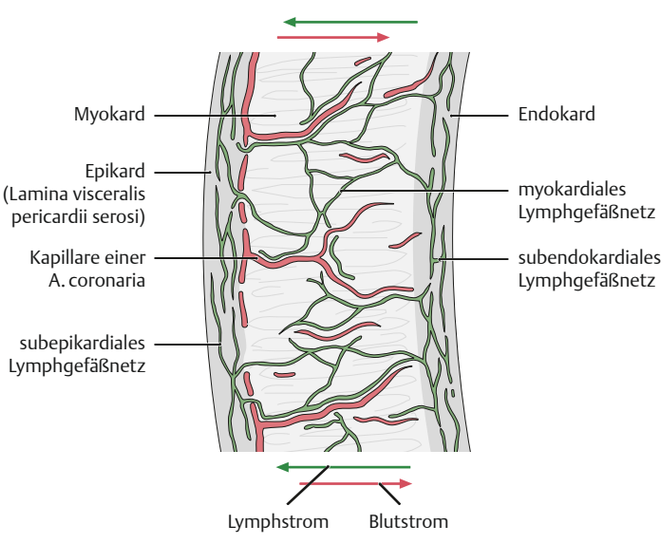
b Aortokoronarer Venenbypass bei einer 3-Gefäß-Erkrankung: In diesem Fall erfolgte jeweils ein Venen-Bypass auf die A. coronaria dextra, auf den R. interventricularis anterior sowie auf den R. marginalis sinister des R. circumflexus.

c Arterieller IMA-Bypass (IMA = internal mammary artery): Neben den Beinvenen werden in zunehmendem Maße Arterien zur Revaskularisation der Koronararterien verwendet. Hierzu nimmt man üblicherweise die linke und rechte A. mammaria interna (LIMA = left internal mammary artery; RIMA = right internal mammary artery) als „In-situ-Transplantat" bzw. die A. radialis (RA = radial artery) als „freies Transplantat". Die distale A. mammaria interna wird aus ihrem Gefäßbett gelöst, ihre Seitenäste werden ligiert – bis auf ihren proximalen Abgang aus der A. subclavia. Anschließend anastomosiert man die Arterie mit dem poststenotischen Koronargefäß. Der Vorteil der IMA-Bypässe gegenüber dem ACVB ist die deutlich geringere Verschlussrate: Während bei den ACVB nach 10 Jahren eine Durchgängigkeit von etwa 50 % beschrieben wird, sind im Vergleich hierzu nach 10 Jahren bis zu 90 % der arteriellen Bypassgefäße noch offen. Darüber hinaus ereigneten sich nach IMA-Bypässen im Vergleich zum Venen-Bypass in der Folgezeit deutlich weniger kardiale Zwischenfälle (Angina pectoris, Myokardinfarkt, plötzlicher Herztod).

3.19 Lymphabfluss des Herzens

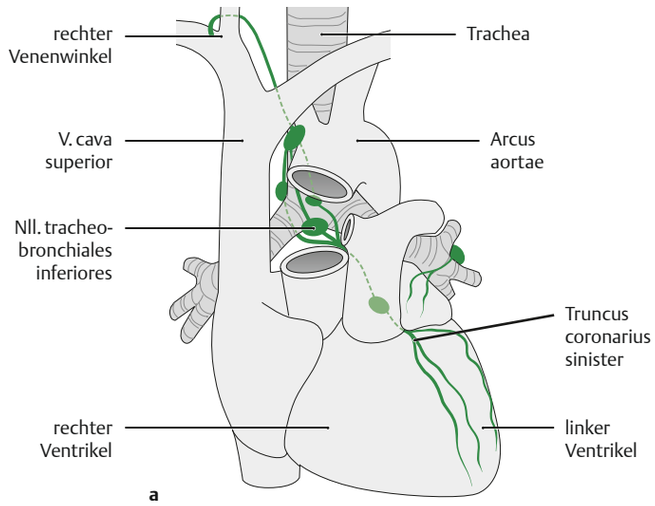


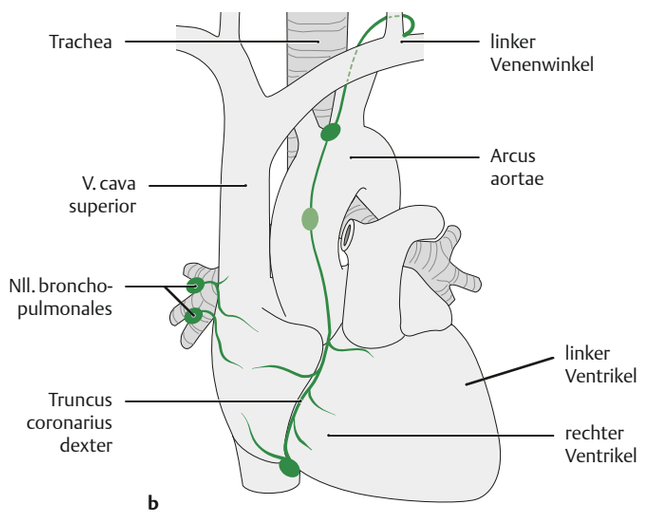
A Lymphknoten und Lymphabfluss des Herzbeutels (Perikard)
Sicht von ventral in den eröffneten Thorax. Pleurahöhlen eröffnet, Lungen und Pleura nach lateral gezogen. Aufgrund der topografisch außerordentlich engen Beziehung von Herz und Herzbeutel wird der Lymphabfluss des Perikards gemeinsam mit dem Herzen behandelt: Beide drainieren die Lymphe letztlich in einen Truncus bronchomediastinalis, nutzen aber unterschiedliche primäre Lymphknotenstationen. Vor und neben dem Herzbeutel liegen Lymphknoten in unterschiedlich großen Gruppen (Nll. prepericardiaci und pericardiaci laterales), verbunden durch ein Netz feiner Lymphgefäße. Diese perikardialen Lymphknoten können einerseits nach kaudal (in die Nll. phrenici superiores), andererseits nach kranial (meist Nll. brachiocephalici) die Lymphe ableiten. Letztlich gewinnen die perikardialen Lymphknoten Anschluss an die Trunci bronchomediastinales (s. S. 91), die die Lymphe in den rechten oder linken Venenwinkel leiten.

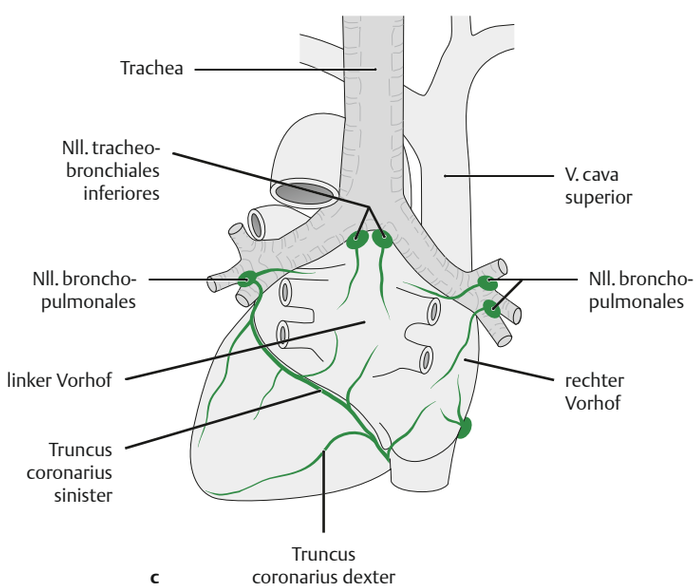


B Lymphabfluss der Herzwand (nach Földi u. Kubik)
Schnitt durch die Herzwand. Den drei Schichten der Herzwand entsprechen drei Geflechte von intensiv miteinander verbundenen Lymphgefäßen:

- Epikard (= Lamina visceralis pericardii serosi): Ein subepikardiales Geflecht nimmt Lymphe des Epikards und aus den anderen beiden Geflechten auf. Das subepikardiale Geflecht leitet die Lymphe zu den Sammelgefäßen und Lymphknoten des Herzens.
- Myokard: Das sehr ausgedehnte myokardiale Geflecht sammelt die Lymphe des Myokards und nimmt Lymphe aus dem subendokardialen Geflecht auf. Lymphgefäße des myokardialen Geflechts orientieren sich häufig am Verlauf der Blutkapillaren, die den Koronararterien entstammen. Arterielles Blut (rote Pfeile) und Lymphe (grüne Pfeile) laufen dabei in Gegenstromrichtung.
- Endokard: Ein subendokardial gelegenes Geflecht nimmt die Lymphe des Endokards auf und leitet sie – direkt oder über Vermittlung des myokardialen Geflechts – in das subepikardiale Geflecht.







C Lymphabfluss des Herzens (nach Földi u. Kubik)

Sicht auf das Herz von ventral (**a** u. **b**) bzw. dorsal (**c**).

Der **Lymphabfluss der Ventrikel (und eines Teils der Vorhöfe)** erfolgt grob getrennt in zwei Territorien (s. **a** u. **b**):

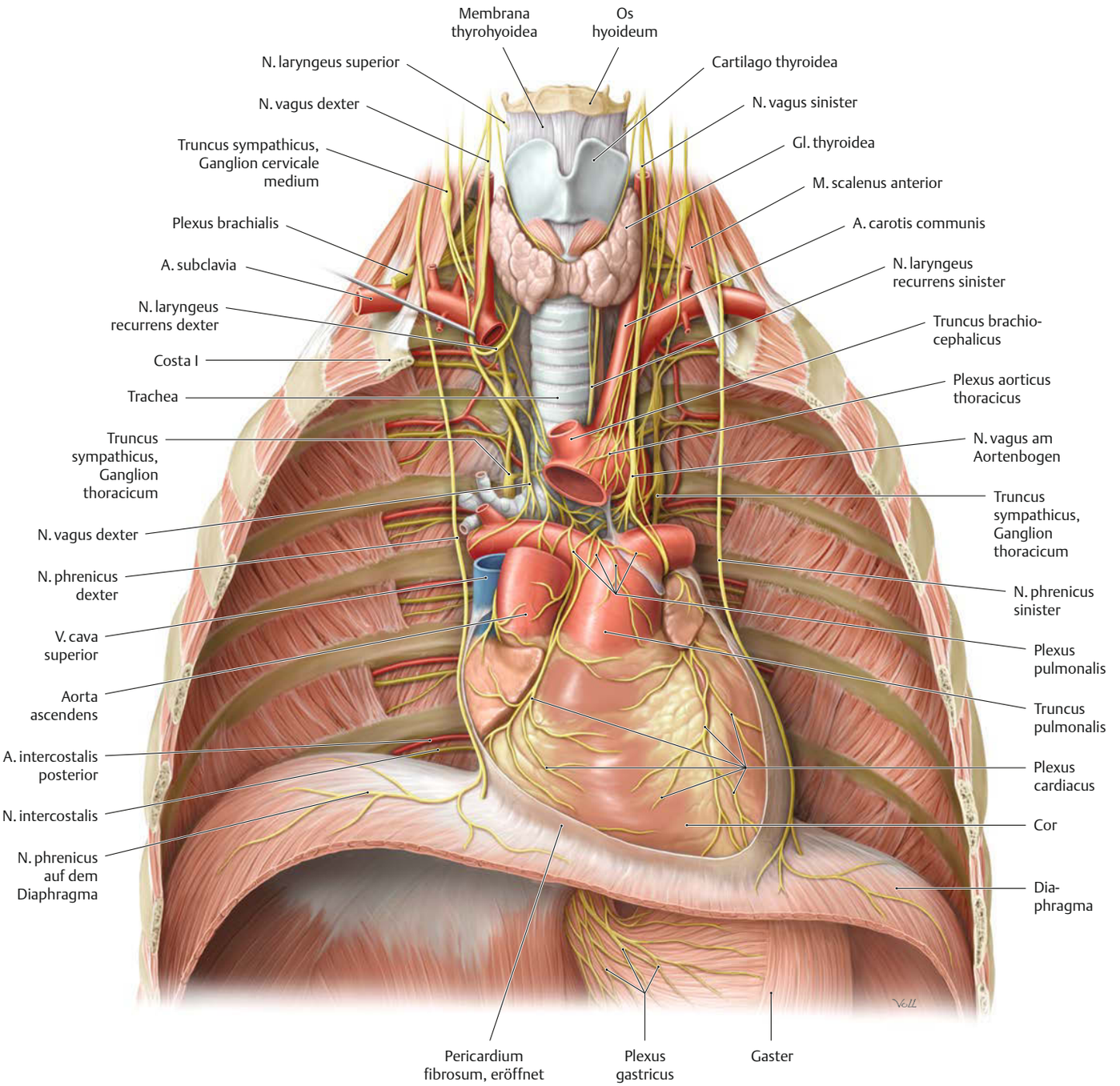
- *linkes Territorium* (**a**) umfasst linken Ventrikel, einen kleinen Streifen des rechten Ventrikels und Teile des linken Vorhofs. Es leitet seine Lymphe über einen „Truncus coronarius sinister" zu den Nll. tracheobronchiales inferiores und von dort weiter in den rechten Venenwinkel (direkt oder über den Truncus bronchomediastinalis dexter);
- *rechtes Territorium* (**b**) umfasst hauptsächlich den rechten Ventrikel sowie Teile des rechten Vorhofs. Es leitet seine Lymphe über einen „Truncus coronarius dexter" über Lymphgefäße entlang der Aorta ascendens in den linken Venenwinkel.

Die Territorien leiten ihre Lymphe somit gewissermaßen „über Kreuz" ab:

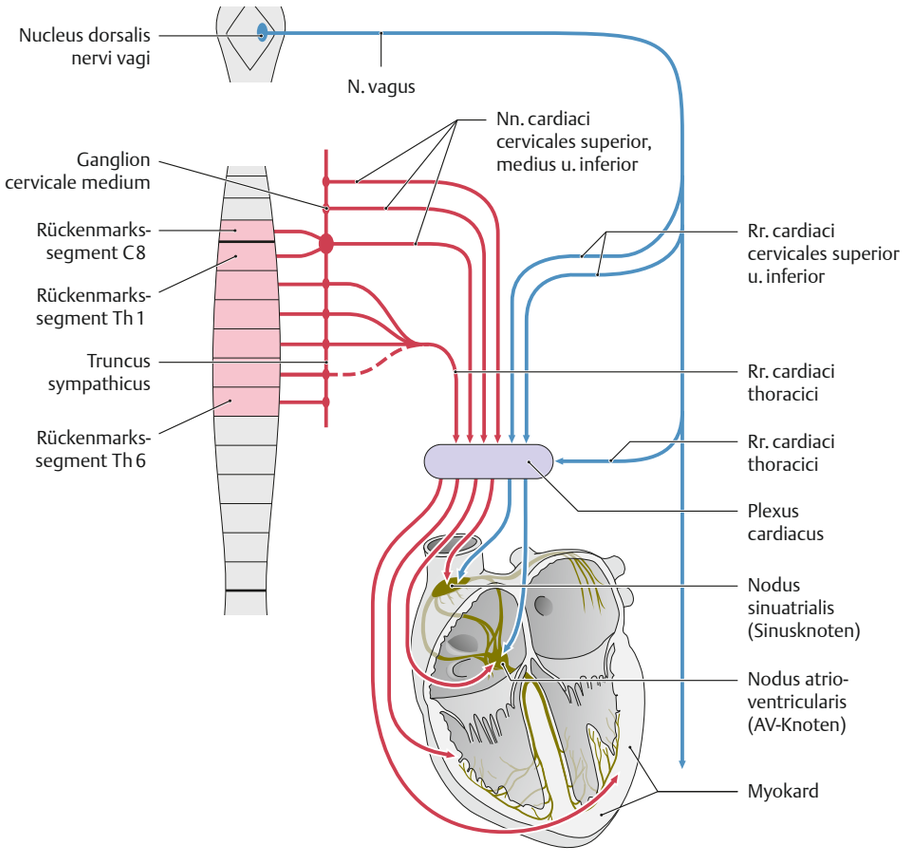
- *rechtes Territorium* → „Truncus coronarius dexter" → *linker Venenwinkel;*
- *linkes Territorium* → „Truncus coronarius sinister" → *rechter Venenwinkel.*

Lymphabfluss der restlichen Abschnitte der Vorhöfe: Sie sind nicht an die o. g. Territorien „angeschlossen" und leiten ihre Lymphe teilweise in die Nll. tracheobronchiales inferiores oder über die gleichseitigen Nll. bronchopulmonales und von dort weiter in die Trunci bronchomediastinales.

3.20 Innervation des Herzens



A Vegetative Nerven am Herzen
Sicht von ventral in einen eröffneten Thorax. Lungen, Pleura und Binnenfaszien entfernt; Herzbeutel an der Vorderseite großflächig gefenstert; herznahe Gefäße belassen, Teil der Aorta ascendens zur Sicht auf die A. pulmonalis dextra entfernt; Abdomen noch angeschnitten. Auf dem Herzen und den herznahen Gefäßen erkennt man deutlich die Plexusbildung (Plexus cardiacus, pulmonalis, aorticus thoracicus), die Fasern der Nn. vagi und des Sympathikus-Grenzstrangs erhalten. Die **Nn. vagi dexter und sinister** verlaufen zunächst (im Mediastinum superius) ventral. Sie ziehen dann nach Abgabe von Ästen an die Plexus in das Mediastinum posterius. Die **Fasern vom Sympathikus** ziehen als Nn. cardiaci cervicales (von den drei Halsganglien kommend) bzw. als Rr. cardiaci thoracici (von Thoraxganglien kommend) zum Plexus cardiacus.
Beachte: Die vegetativen Fasern in den Plexus sind meist außerordentlich fein, zur besseren Übersicht hier aber kräftiger dargestellt. Der N. phrenicus (hier nur zur Übersicht eingezeichnet) kommt nicht mit dem Herzen in Kontakt, sondern gibt auf dem Weg zum Diaphragma im Mediastinum medium somatosensible Äste (Rr. pericardiaci, hier nicht dargestellt) an das Perikard ab (s. S. 99).

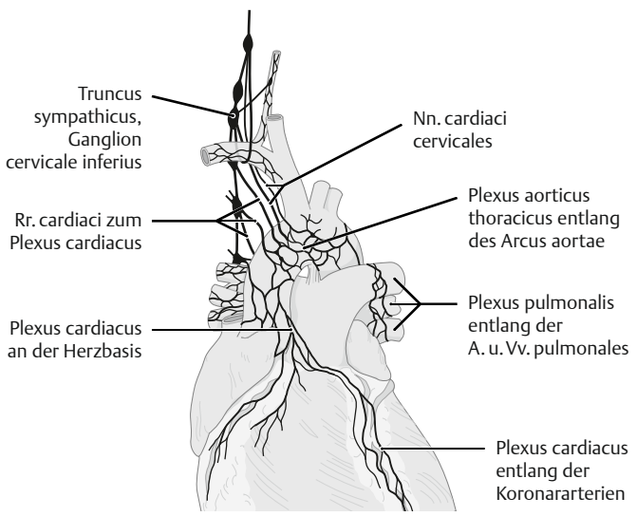


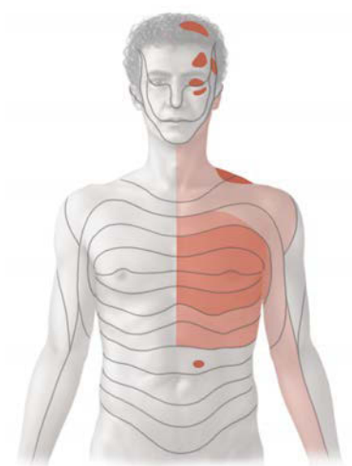
B Vegetative Innervation des Herzens

Parasympathisch: Fasern des N. vagus aus dem Nucleus dorsalis nervi vagi geben am Hals die Rr. cardiaci cervicales superiores und inferiores ab, im Thorax die Rr. cardiaci thoracici. Die Rr. cardiaci ziehen zum Plexus cardiacus.

Sympathisch: Aus dem Truncus sympathicus geben die drei Halsganglien die Nn. cardiaci cervicales superior, medius und inferior ab; fünf Brustganglien geben die Rr. cardiaci thoracici ab. Alle Rr. cardiaci strahlen in den *Plexus cardiacus* ein. Vom Plexus cardiacus ziehen parasympathische Äste an den Sinusknoten und den AV-Knoten, sympathische Äste an Sinusknoten, AV-Knoten, Myokard und Koronargefäße. Der *Sympathikus* erhöht die Schlagfrequenz des Herzens, die Kontraktionskraft des Myokards und erweitert die Koronargefäße. Der *Parasympathikus* senkt die Schlagfrequenz am Herzen. Beide Systeme lassen sich medikamentös zur Therapie vieler Erkrankungen (u. a. Bluthochdruck; Myokardinfarkt; Rhythmusstörungen) beeinflussen.

Beachte: Das Herz verfügt über ein autonomes Erregungsbildungszentrum (s. S. 116). Die vegetative Innervation induziert somit nicht den Herzschlag (der autonom ausgelöst wird), sondern beeinflusst das Erregungsbildungszentrum.





C Vegetative Plexusbildung am Herzen

Auf Herz und herznahen Gefäßen bilden sich ausgedehnte vegetative Plexus, die Fasern aus Sympathikus und Parasympathikus (hier nicht dargestellt) erhalten:

- Plexus cardiacus: am Herzen, besonders ausgeprägt an der Herzbasis und entlang der Koronargefäße (Innervation des Herzens),
- Plexus aorticus thoracicus: um die Aorta thoracica (Fasern zum Herzen und zu den anderen Organplexus: Plexus pulmonalis, Plexus oesophageus),
- Plexus pulmonalis: um die Aa. (und Vv.) pulmonales und auf den Bronchien. Der Plexus pulmonalis ist grundsätzlich paarig; beide Anteile stehen miteinander und mit dem Plexus cardiacus in Verbindung (Versorgung des Bronchialbaums und der Gefäße in der Lunge).

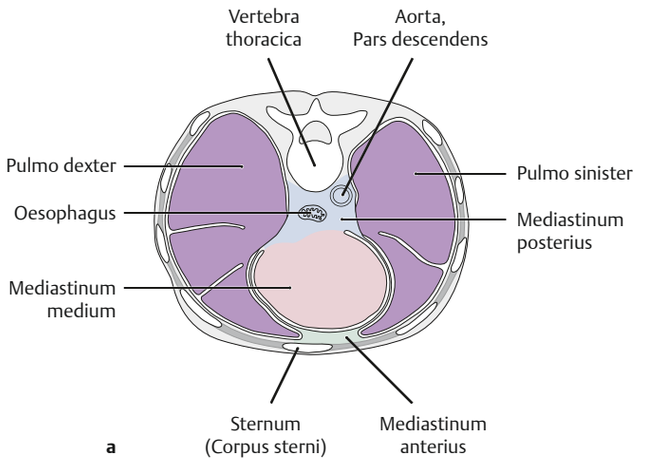
D Head-Zonen und vegetative Reaktionsareale bei Herzerkrankungen

Bei Herzerkrankungen, insbesondere bei Durchblutungsstörungen am Herzen (Angina pectoris oder Infarkt) strahlt der **Schmerz** in charakteristische Körperregionen aus:

- linke Schulter; linker Arm (v. a. Innenseite),
- linke Hals- und Kopfhälfte (im Bereich von Kiefer – „Zahnschmerzen" – und Schädel – „Kopfschmerzen"),
- linker Bereich des Epigastrium.

In den Dermatomen über dem Herzen, aber auch in entfernteren Dermatomen werden **vegetative Reaktionen** beobachtet: Änderung der Hautdurchblutung; Schweißsekretion; Piloarrektion (= Aufrichten der Körperhaare), am linken Auge nicht selten eine Erweiterung der Pupille (Mydriasis).

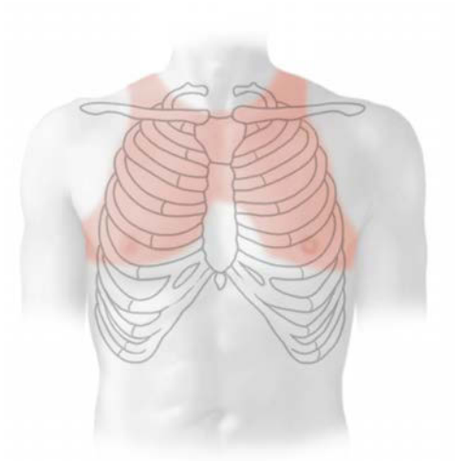
4.1 Lunge (Pulmo): Lage im Thorax



A Lage der Lungen im Thorax: Topografische Beziehungen

a Horizontalschnitt durch den Thorax, Ansicht von kranial. Die Lungen füllen die linke und rechte Pleurahöhle seitlich des Mediastinum komplett aus. Ventral nähern sie sich vor dem Herzbeutel einander an, dorsal liegen sie nahe der Wirbelsäule. Aufgrund der asymmetrischen Herzlage ist die linke Lunge etwas kleiner als die rechte (vgl. **D**).

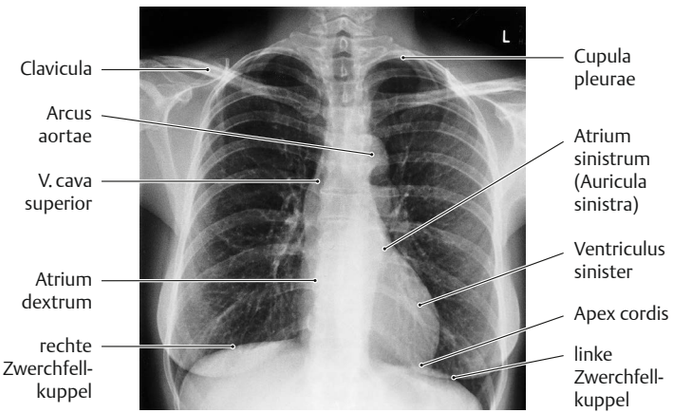
b Projektion der Lungen auf den knöchernen Thorax, Ansicht von ventral. Kranial reichen beide Lungen bis über die obere Thoraxapertur hinaus; kaudal überwölben sie mit ihrer Unterfläche die Zwerchfellkuppeln. Die deutliche „Aussparung" am medialen unteren Rand der linken Lunge wird durch das Herz hervorgerufen, das seinerseits durch die medialen Lungenränder teilweise überdeckt wird.



B Klopfschallfeld der Lungen

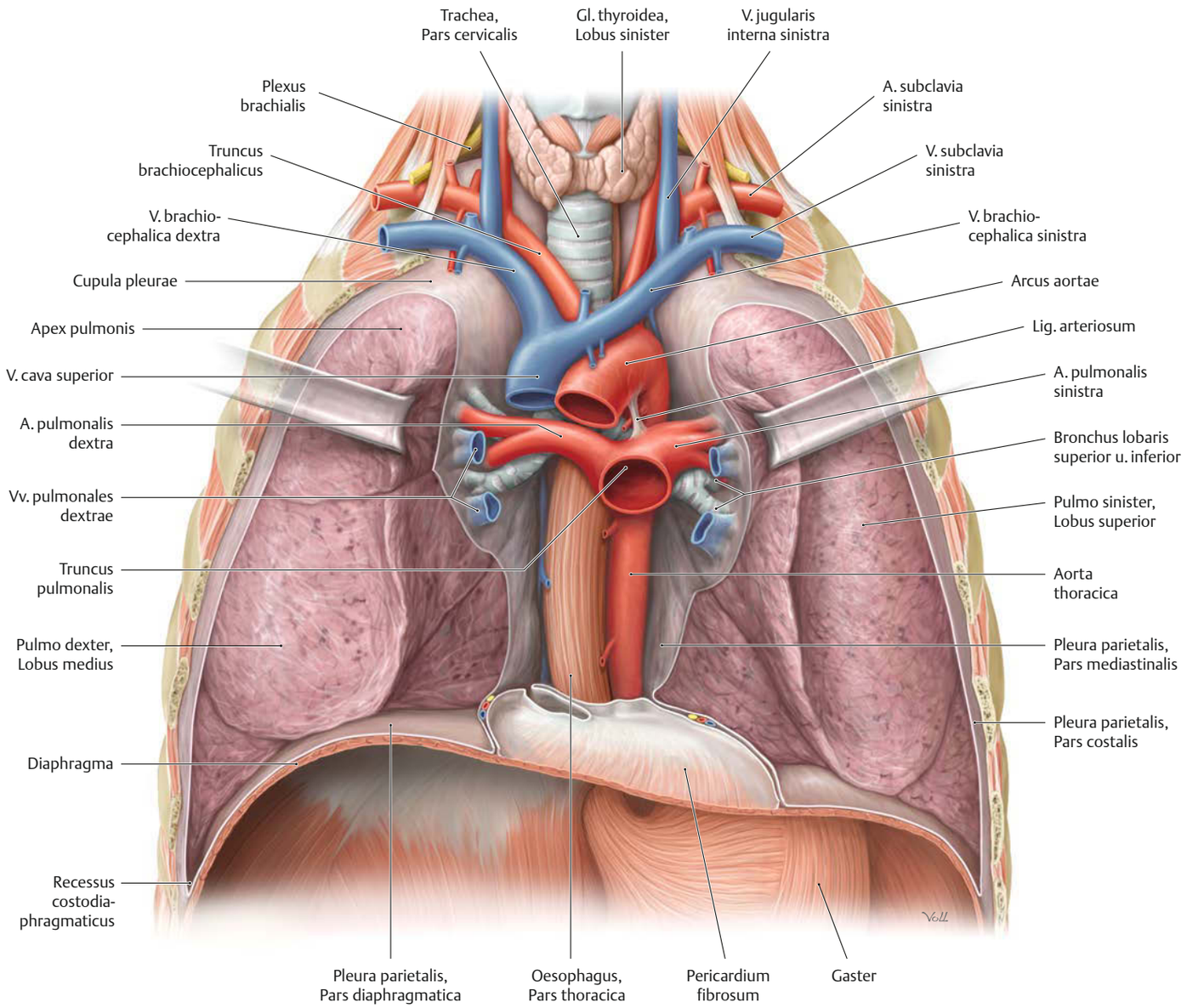
Ansicht von ventral. Beim Beklopfen des Thorax (Perkussion) geben die luftgefüllten Lungen einen guten Resonanzraum, die Perkussion erzeugt den sog. *sonoren Lungenschall.* Das sonore Lungenschallfeld reicht unter Abschwächung weit nach kranial (Lungenspitzen oberhalb der oberen Thoraxapertur) sowie an der Ventralseite des Thorax, ebenfalls unter Abschwächung, bis nahe an die Mittellinie (Recessus costomediastinalis mit Margo anterior der Lunge bei tiefer Inspiration, s. S. 138 u. 141). Das flüssigkeitsgefüllte Herz dämpft den Schall und erzeugt das Feld der Herzdämpfung (s. S. 97). Am rechten Lungenunterrand lässt sich der scharfe Übergang von Lungenschall zu Leberschall (solides Organ, wenig Resonanz: heller, also nicht sonorer Klopfschall) deutlich darstellen. Einzelheiten s. Lehrbücher zur klinischen Untersuchung.

Beachte: Das Klopfschallfeld entspricht nicht exakt der Ausdehnung der Lungen, da nur gut luftgefüllte Abschnitte der Lunge den sonoren Klopfschall erzeugen. Die Ausdehnung der Lungen ist also größer als die Ausdehnung des Klopfschallfeldes.



C Lunge im Röntgenbild

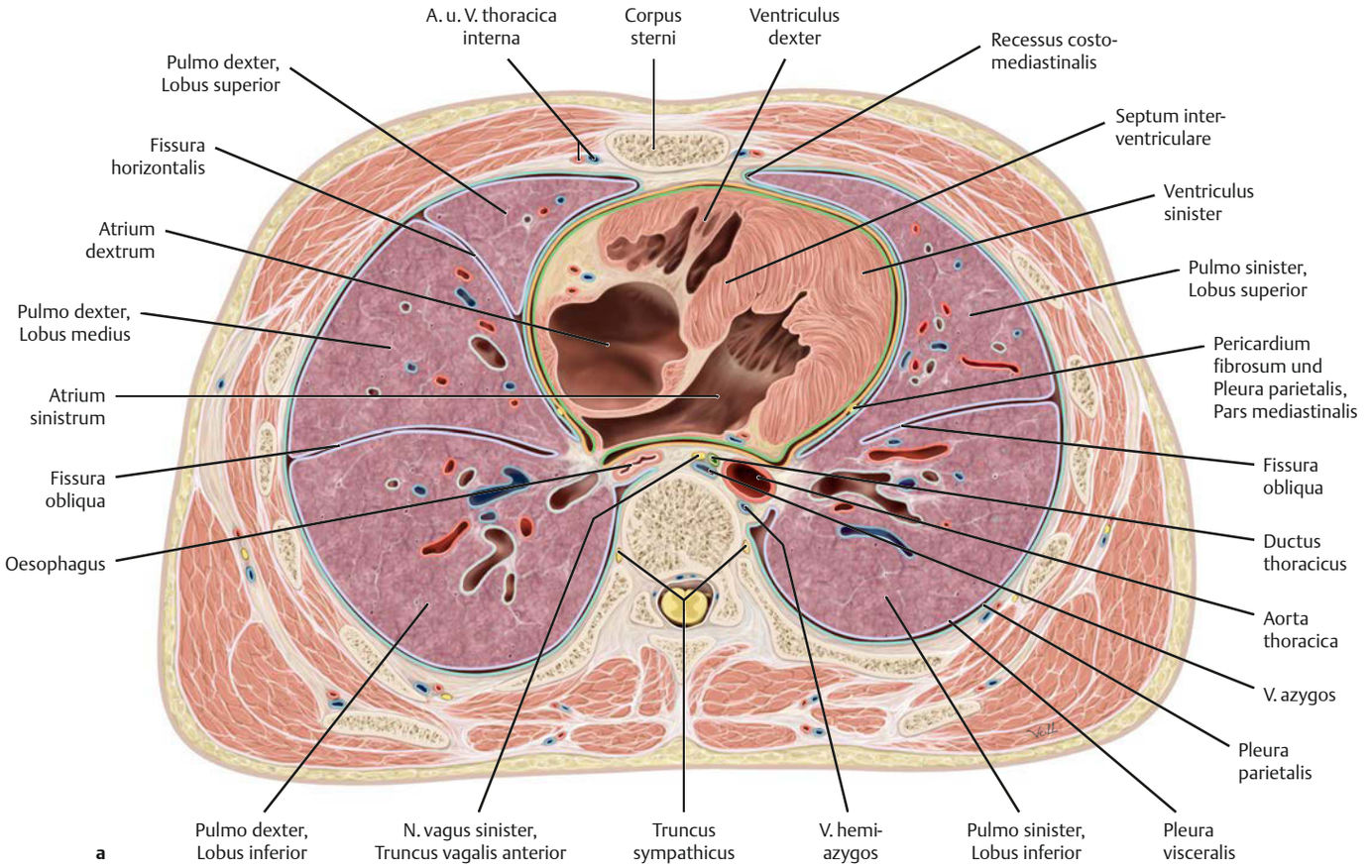
Ansicht von ventral. Die einzelnen Bereiche der Lungen sind im Röntgenbild unterschiedlich stark transparent. In der Nähe des Lungenhilums (Ein- und Austritt der Gefäße, Eintritt der Hauptbronchien) ist die Lunge weniger transparent als in der Peripherie mit ihren feinen Verästelungen von Gefäßen und Segmentbronchien. Zudem wird der Bereich des Lungenhilum z. T. vom Herz überdeckt. Diese „Schatten" sind im Röntgenbild (technisch ein Negativ!) als helle („weiße") Bereiche zu erkennen. Den gleichen Effekt haben erkrankte Lungenbereiche, die aufgrund von Flüssigkeitsansammlung (Entzündungen) oder vermehrtem Gewebe (Tumor) an Transparenz verlieren. Diese Schatten sind in der Peripherie der Lunge (aufgrund der dort größeren Transparenz) besser auf dem Röntgenbild zu identifizieren als in der Nähe des weniger transparenten Lungenhilums



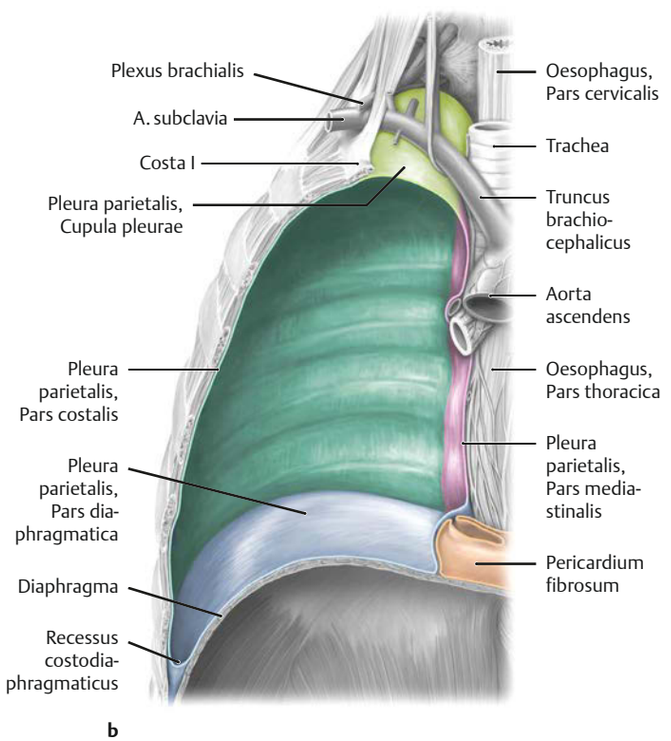
D Lungen (Pulmones) in situ

Sicht von ventral in den eröffneten Thorax, Abbildung stark vereinfacht. Herz und Herzbeutel entnommen, Gefäße herznah abgetrennt, mediastinales Bindegewebe komplett entfernt, Lungen nach lateral gezogen, dadurch Hauptbronchien gedehnt und gespreizt. Die Abdominalhöhle ist eröffnet und nur der Magen belassen. Unterhalb der Cartilago cricoidea ist die Trachea (Pars cervicalis) noch sichtbar; kurz nach Eintritt in den Thorax durch die obere Thoraxapertur wird sie durch die großen Gefäße fast vollständig verdeckt. Unterhalb der Bifurcatio tracheae, die direkt hinter der Aorta ascendens liegt, wird die Pars thoracica des Oesophagus sichtbar. Die Lungen in den Pleurahöhlen gelangen *dorsal* in enge Nachbarschaft zur Wirbelsäule, *ventral* schieben sie sich vor den Herzbeutel und engen das Mediastinum anterius ein. Beim Beklopfen des Thorax wird der sog. sonore Lungenschall (s. **B**) daher durch Herz und Herzbeutel nur noch gedämpft hörbar. Die Ausdehnung der Lungen hängt von der Atemphase ab (s. S. 159); die Lungenspitzen reichen aber immer bis über die obere Thoraxapertur hinaus, die nur locker bindegewebig verschlossen ist. Das Lungengewebe ist hier weich und verschieblich dargestellt, wie es seiner natürlichen Konsistenz entspricht. Bei Eröffnung der Pleurahöhlen würden die Lungen daher aufgrund der Eigenelastizität in Richtung Hilum kollabieren und nicht – wie hier zu sehen – die Pleurahöhle ausfüllen. Zur besseren Übersicht sind die Lungen aber im aufgedehnten Zustand dargestellt.

4.2 Pleurahöhle (Cavitas pleuralis)



a



b

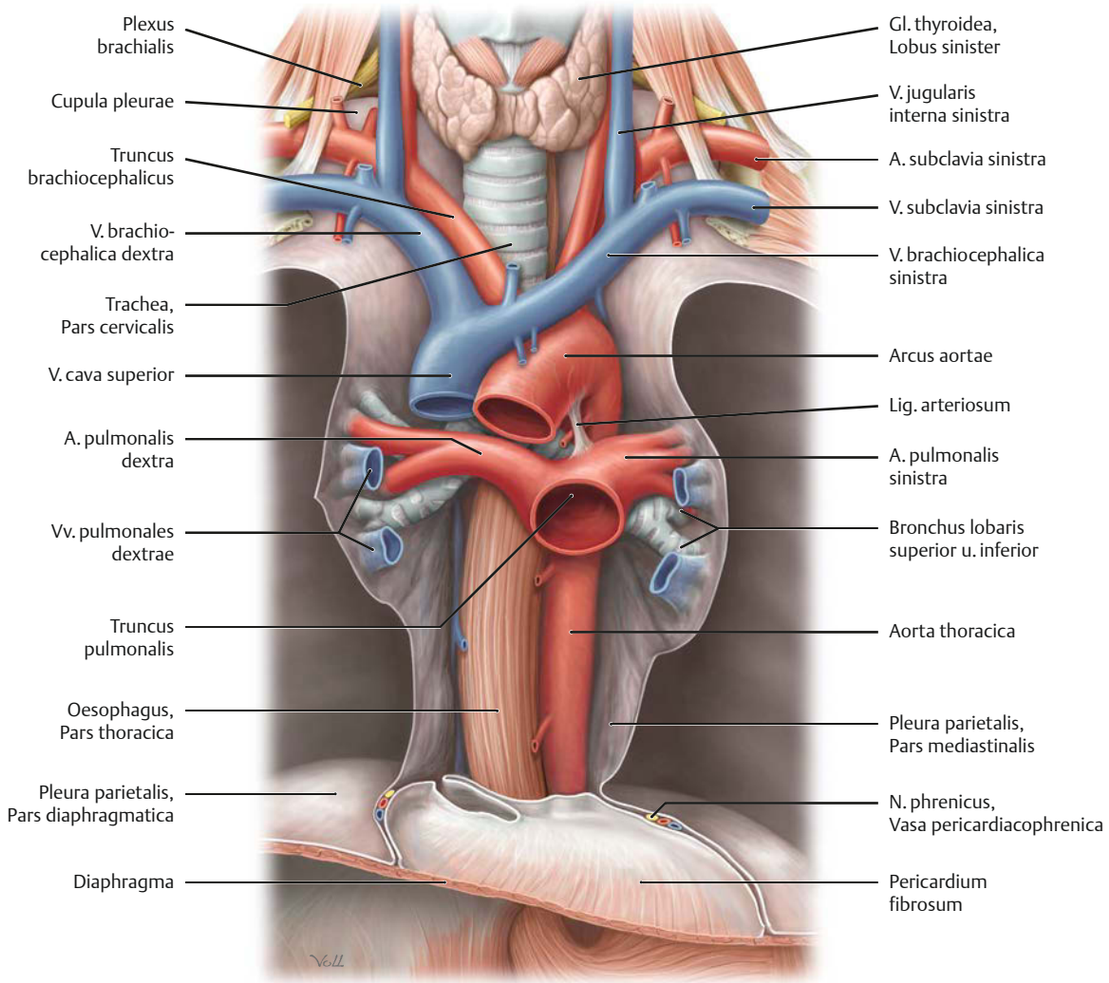
A Pleura und Pleurahöhlen: Aufbau und Topografie

a Horizontalschnitt durch den Thorax, Ansicht von kaudal; **b** Sicht von ventral in die eröffnete rechte Pleurahöhle.

Die Pleurahöhle (Cavitas pleuralis) ist paarig wie die Lungen, die sie umgibt. Ihre Ausdehnung ist schon aufgrund dessen größer als die der Lungen:

- ventral reicht sie weit vor den Herzbeutel bis hinter das Sternum und dorsomedial bis an die Wirbelsäule (**a**);
- durch die Wölbung der Zwerchfellkuppel reicht die Untergrenze der Pleurahöhle tief hinab und überlappt mit der Abdominalhöhle (**b**);
- da das Herz asymmetrisch im Mediastinum liegt, ist die linke Pleurahöhle v. a. ventral etwas kleiner als die rechte (**a**);
- da die Ausdehnung der Pleurahöhle größer ist als die der Lungen, entstehen Recessus (s. auch S. 141).

In kompletter Analogie zur Peritoneal- und Perikardhöhle besteht die Pleurahöhle aus zwei serösen Blättern: Pleura visceralis (sog. Lungenfell; auf der Lunge festgewachsen) und Pleura parietalis (an den Binnenfaszien des Thorax festgewachsen). Durch diese Verwachsung mit dem Thorax machen die Pleura und somit die Lungen (die über Kapillärkräfte mit der Pleura verbunden sind) die Bewegungen der Brustwand automatisch mit. Der Übergang von parietalem und viszeralem Blatt erfolgt an den medialen Lungenoberflächen (s. S. 36). Der kapilläre Spalt zwischen Pleura visceralis und parietalis enthält geringe Menge einer wasserklaren Flüssigkeit. Die beiden Pleurablätter können so aneinander gleiten und sind gleichzeitig über die Kapillarkraft miteinander verbunden. Zu den topografischen Abschnitten der Pleurablätter s. **C**.



B Pars mediastinalis der Pleura und Mediastinum

Die Pars mediastinalis der Pleura parietalis begrenzt die Pleurahöhlen jeweils nach medial gegen das Mediastinum. Sie ist mit dem mediastinalen Bindegewebe direkt verwachsen. Alle Leitungsstrukturen, die vom Mediastinum zu den Lungen ziehen bzw. von diesen kommen (z. B. Bronchien, Aa. pulmonales, Vv. pulmonales) werden von der mediastinalen Pleura umfasst, die mit dem äußeren Bindegewebe dieser Leitungsstrukturen (luft)dicht verwächst. Zwischen mediastinaler Pleura und Herzbeutel verlaufen der N. phrenicus und die Vasa pericardiacophrenica, die als Anschnitte im unteren Bildteil gerade noch sichtbar sind.

C Abschnitte der Pleura parietalis

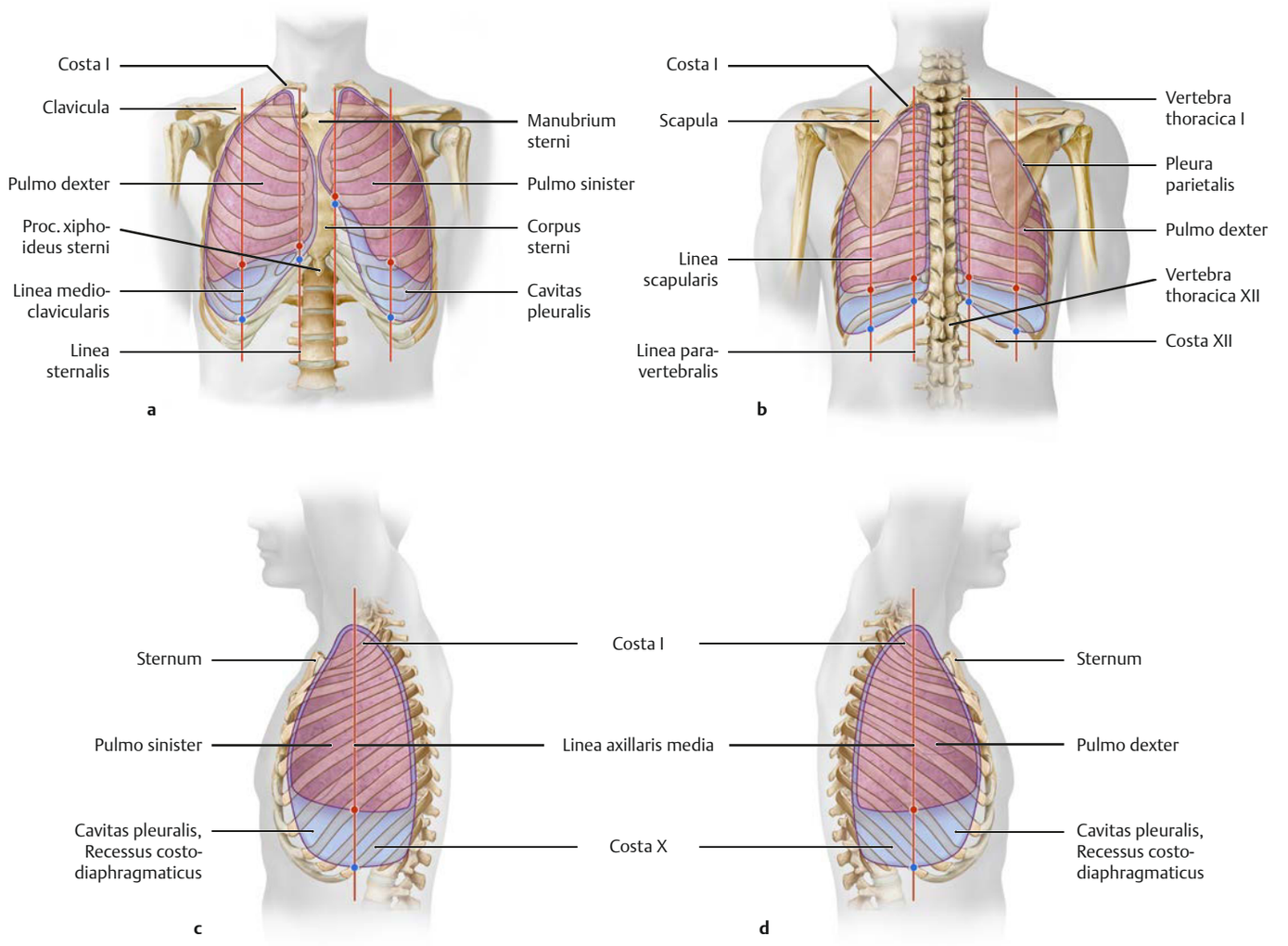
Abschnitt	Lage	Anliegende Bindegewebsschicht
Pars costalis	Innenseite der Brustwand	Fascia endothoracica
Pars diagphragmatica	auf dem Zwerchfell	Fascia phrenicopleuralis
Pars mediastinalis	lateral des Mediastinum	unbenannt, direkter Übergang in das Bindegewebe des medialen Mediastinum
Pleura cervicalis mit Cupula pleurae (Pleurakuppeln)	apikal, oberhalb der oberen Thoraxapertur	Membrana suprapleuralis (Gibson-Faszie)

Innervation der Pleura parietalis durch die Nn. intercostales
Innervation der Pleura parietalis durch den N. phrenicus
Innervation der Pleura visceralis durch das autonome NS

D Innervation der Pleura

Die *Pleura parietalis* wird als Bestandteil der Rumpfes von somatosensiblen Nerven innerviert: Die Pars mediastinalis und der größte Teil der Pars diaphragmatica vom N. phrenicus; ein kleiner Teil der rippennahen Pars diaphragmatica auch von Nn. intercostales. Die Pars costalis wird von Nn. intercostales innerviert. Die *Pleura visceralis* erhält als organbezogenes Blatt eine spärliche Innervation über viszerosensible Fasern, wohl überwiegend aus dem Sympathikus. Die Perikarya der dazu gehörenden Neurone liegen in den Spinalganglien – ihre dendritischen Axone ziehen ohne Umschaltung durch den Grenzstrang.

4.3 Pleura- und Lungengrenzen



A Projektion der Lungen- und Pleuragrenzen auf den knöchernen Thorax

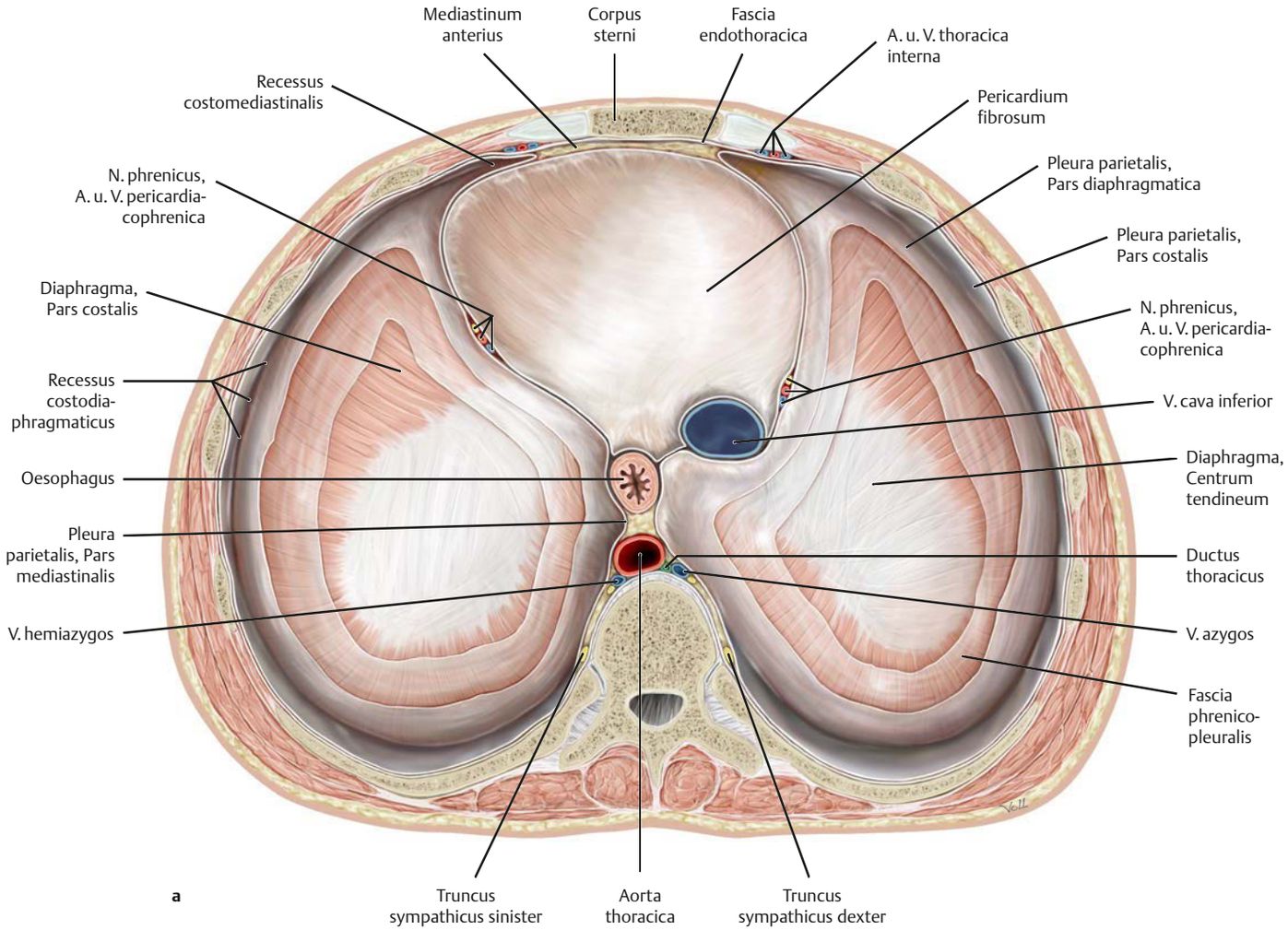
Ansicht von ventral (**a**), dorsal (**b**) und links- bzw. rechts-lateral (**c** u. **d**). Dargestellt sind die Grenzen der Pleura parietalis und zur Orientierung die Lungen. Die Tabelle (s. **B**) fasst einige Projektionsorte für die ventrale, dorsale und seitliche Thoraxwand zusammen.

Die Pleura parietalis überzieht die Innenwand des knöchernen Thorax und projiziert sich dabei auf tast- oder sichtbare knöcherne Strukturen. Die Verbindung dieser Projektionsorte ergibt die Grenzen der Pleura parietalis (wichtig z. B. bei Entzündungen der Pleura mit Ergüssen – im Röntgenbild sichtbar).

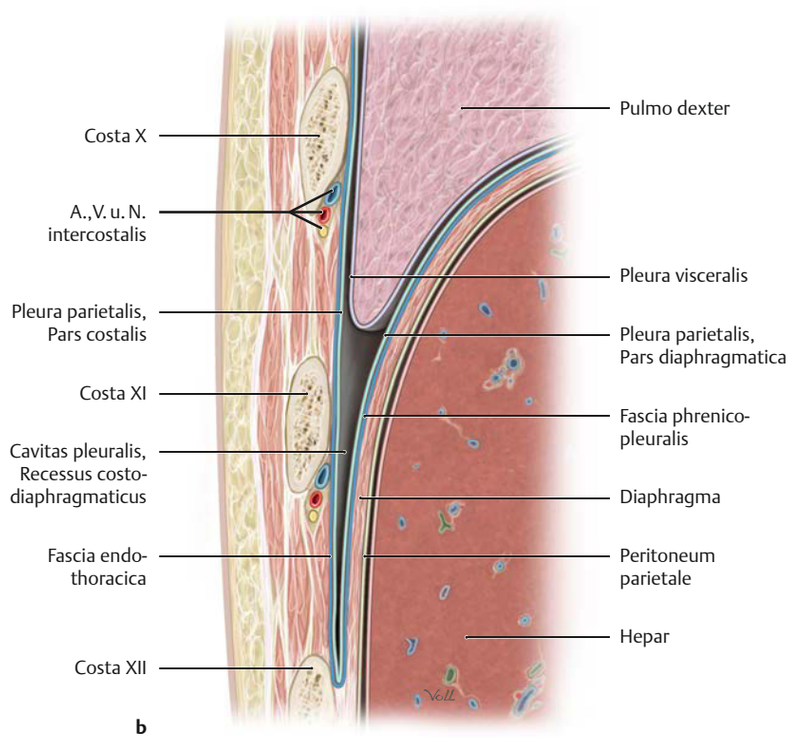
Beachte: Durch die asymmetrische Lage des Herzens ist die linke Pleurahöhle v. a. ventral etwas kleiner als die rechte, so dass die Grenzen der Pleura parietalis auf Höhe des Herzens links weiter lateral liegen als rechts (s. **a**).

B Projektion der Lungen- und Pleuragrenzen auf den knöchernen Thorax

Orientierungslinie	Lage der rechten Lunge	Lage der Pleura parietalis rechts	Lage der linken Lunge	Lage der Pleura parietalis links
Sternallinie (Linea sternalis)	schneidet die 6. Rippe	schneidet die 7. Rippe	schneidet die 4. Rippe	schneidet die 4. Rippe
Medioklavikularlinie (Linea medioclavicularis)	läuft parallel zur 6. Rippe	schneidet die 8. Rippe	schneidet die 6. Rippe	schneidet die 8. Rippe
mittlere Axillarlinie (Linea axillaris media)	schneidet die 8. Rippe	schneidet die 10. Rippe	wie rechts	wie rechts
Skapularlinie (Linea scapularis)	schneidet die 10. Rippe	schneidet die 11. Rippe	wie rechts	wie rechts
Paravertebrallinie (Linea paravertebralis)	schneidet die 11. Rippe	erreicht den 12. Brustwirbel	wie rechts	wie rechts



a



b

C Recessus der Pleura (Recessus pleurales)

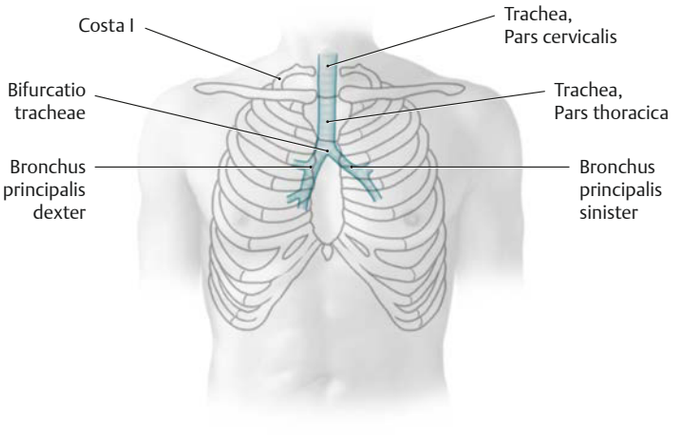
a Ansicht von kranial, Herz und Lungen entfernt, Pleura parietalis auf dem Zwerchfell weiträumig gefenstert; **b** Ausschnitt aus einem Paramediansagittalschnitt rechts durch Thorax und Abdomen, Ansicht von lateral.

Während die Ausdehnung der Pleura *visceralis*, die die Lungen direkt überzieht, mit der Ausdehnung der Lungen identisch ist, ist die Ausdehnung der Pleura *parietalis*, die die gesamte innere Thoraxwand bedeckt, größer als die der Lungen. Daher entstehen Recessus („Spalten"), v. a.:

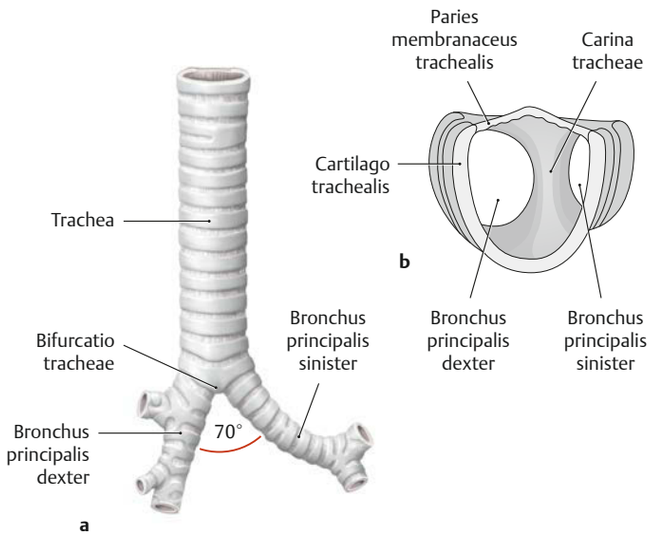
- jeweils an der Seite der Zwerchfellkuppeln, die den Rippen zugewandt ist: *Recessus costodiaphragmaticus* (**b**), der mit Pars costalis und Pars diaphragmatica der Pleura parietalis ausgekleidet ist, sowie
- vor dem Herzbeutel, links und rechts des Mediastinum anterius: *Recessus costomediastinalis* (**a**), der mit Pars costalis und Pars mediastinalis der Pleura parietalis ausgekleidet ist.

Zur Funktion der Recessus pleurales, s. S. 159.

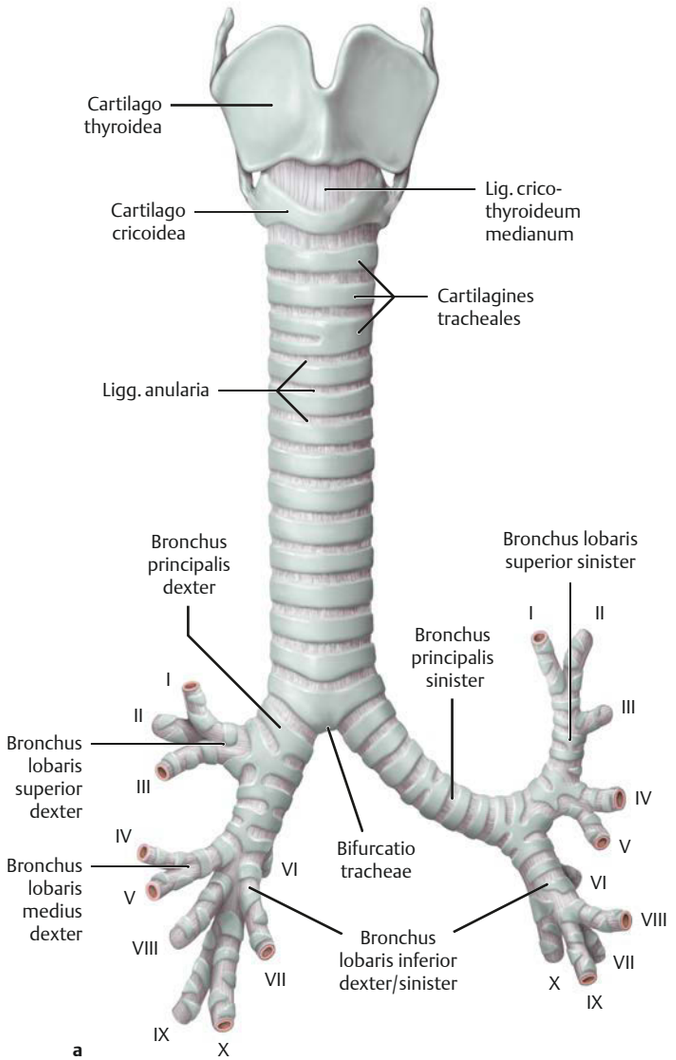
4.4 Luftröhre (Trachea)



A Projektion auf Hals und Thorax
Die Luftröhre (Trachea) liegt im Mediastinum recht exakt in der Mittellinie. Sie beginnt im Hals (Pars cervicalis) direkt unterhalb des Kehlkopfes und endet im Thorax (Pars thoracica) mit der Bifurcatio tracheae. Die Trachea wird bei Inspiration gedehnt und bei Exspiration gestaucht. Die dargestellte Projektion entspricht in etwa der Atemmittellage.



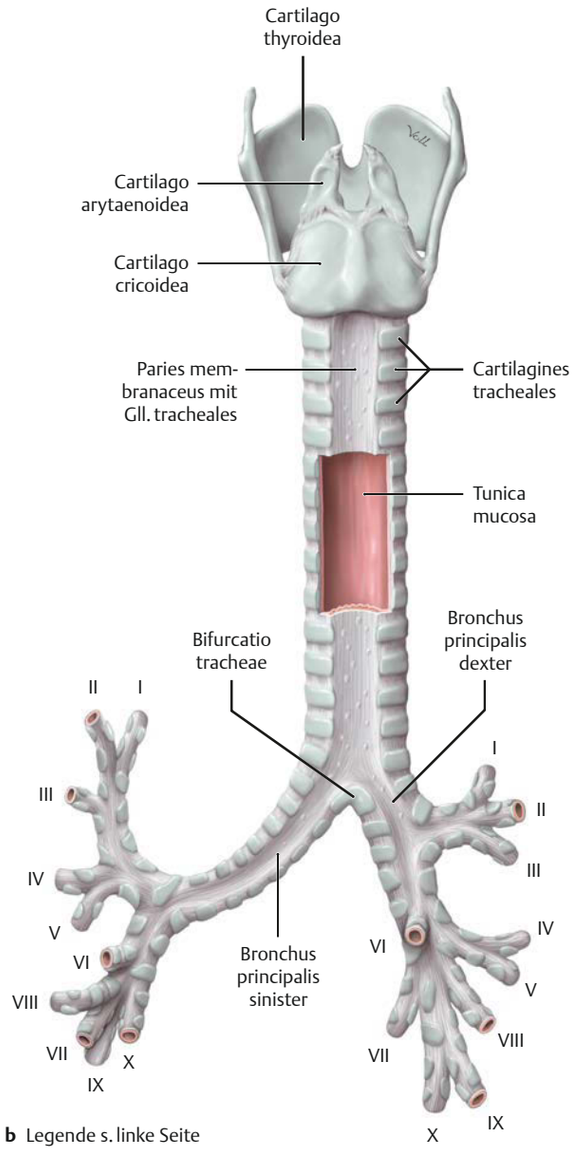
B Form
a Ansicht von ventral; **b** Sicht von kranial auf die Bifurcatio tracheae.
Die Luftröhre (Trachea) ist ein luftleitendes biegsames Rohr, das sich nach 10–12 cm an der Bifurcatio tracheae in den linken und rechten Hauptbronchus (Bronchus principalis sinister und dexter) aufteilt (Teilungswinkel etwa 55–70°). Die Teilungsstelle projiziert sich etwa auf den 3./4. Brustwirbelkörper. Aus der Sicht von ventral liegt sie knapp unterhalb der Grenze zwischen Manubrium und Corpus sterni.
Beachte: Der Abgangswinkel des rechten Hauptbronchus (Bronchus principalis dexter) aus der Trachea ist deutlich steiler als der des linken: Aspirierte Fremdkörper gelangen somit häufiger in den rechten als in den linken Hauptbronchus. Zudem ist der rechte Hauptbronchus durch den steileren Abgang von oben besser einsehbar als der linke. Durch die Asymmetrie des Herzens und die dadurch ebenfalls asymmetrische Lage der Lungen ist der linke Hauptbronchus etwas länger als der rechte.



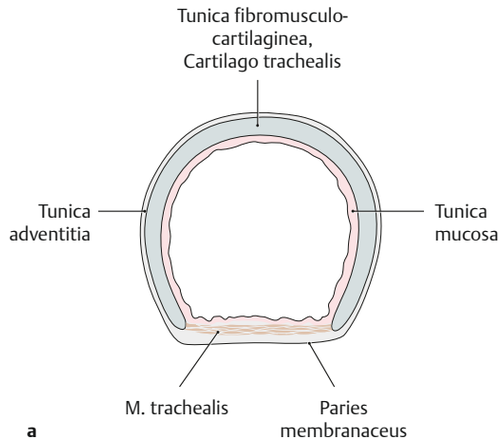
C Aufbau von Luftröhre (Trachea) und Bronchialbaum (Arbor bronchialis)
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal; Rückwand teilweise gefenstert.
Die Luftröhre (Trachea) besteht aus 16–20 hufeisenförmigen Spangen aus hyalinem Knorpel (Cartilagines tracheales) und einer knorpelfreien Rückwand mit einer Bindegewebs-Muskel-Platte (Paries membranaceus mit M. trachealis, s. **Ea**). Die Knorpelspangen sind in Längsrichtung durch kollagenes Bindegewebe (Ligg. anularia) untereinander verbunden. Die zwei Abschnitte der Trachea sind hier gut erkennbar:

- Pars cervicalis: von der 1. Trachealspange unterhalb des Ringknorpels des Kehlkopfes (Cartilago cricoidea) in Höhe der Halswirbel 6/7 bis zur Apertura thoracis superior (s. **A**);
- Pars thoracica: von der Apertura thoracis superior bis zur Bifurcatio tracheae, der Aufteilung der Trachea in die Bronchi principales dexter und sinister in Höhe des 4. Brustwirbels. An der Bifurcatio tracheae ragt ein Knorpelsporn (Carina tracheae, s. **Bb**) von kaudal in das Trachealumen vor.

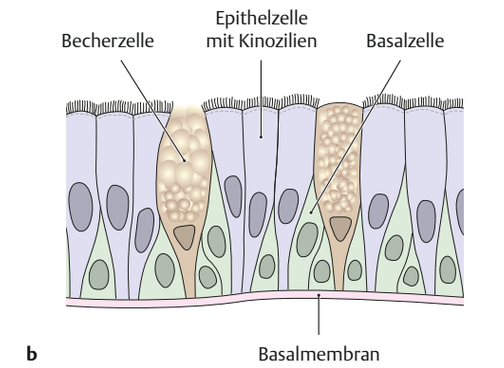
Die Bronchi principales teilen sich in zwei bzw. drei *Lappenbronchien* (Bronchi lobares) für die linke bzw. rechte Lunge und dann weiter in *Segmentbronchien* (Bronchi segmentales, s. **D**).



b Legende s. linke Seite



a



b

D Aufteilung von Trachea und Bronchialbaum

Bronchus principalis dexter	Bronchus principalis sinister
Bronchus lobaris superior dexter	*Bronchus lobaris superior sinister*
Bronchus segmentalis apicalis (I)	Bronchus segment. apico-posterior (I + II)
Bronchus segment. posterior (II)	
Bronchus segment. anterior (III)	Bronchus segment. anterior (III)
Bronchus lobaris medius dexter	
Bronchus segment. lateralis (IV)	Bronchus lingularis superior (IV)
Bronchus segment. medialis (V)	Bronchus lingularis inferior (V)
Bronchus lobaris inferior dexter	*Bronchus lobaris inferior sinister*
Bronchus segment. superior (VI)	Bronchus segment. superior (VI)
Bronchus segment. basalis medialis (VII)	Bronchus segment. basalis medialis (VII)
Bronchus segment. basalis anterior (VIII)	Bronchus segment. basalis anterior (VIII)
Bronchus segment. basalis lateralis (IX)	Bronchus segment. basalis lateralis (IX)
Bronchus segment. basalis posterior (X)	Bronchus segment. basalis posterior (X)

E Wandbau von Trachea und Bronchi principales

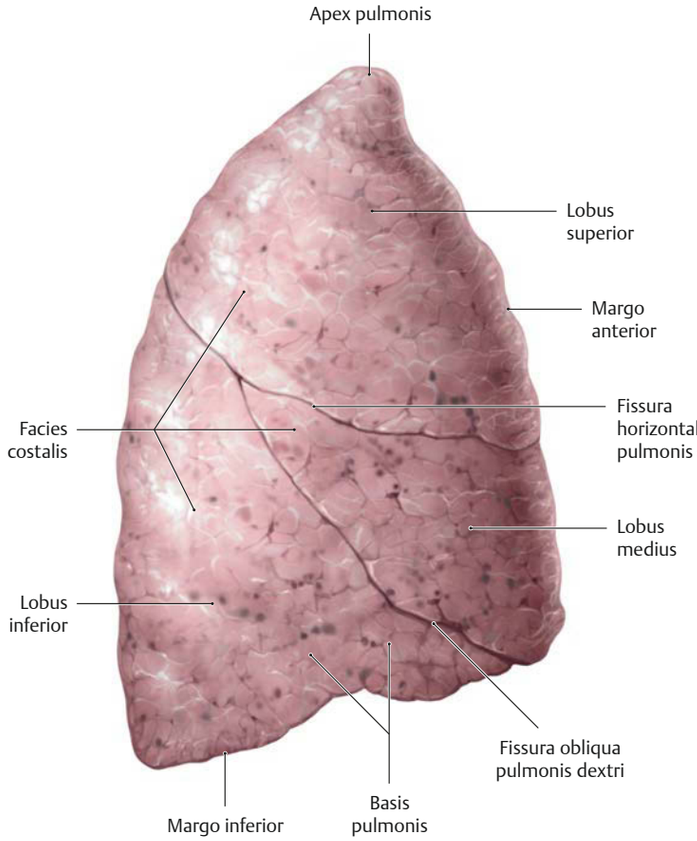
a Wandbau (zum Feinaufbau des Bronchialbaums s. S. 148 f u. 154 f):

- Tunica mucosa mit Lamina epithelialis und Lamina propria: Die Propria enthält seromuköse Drüsen (Gll. tracheales), die einen Schleimfilm auf die Oberfläche abgeben (zum Epithel s. u.).
- Tunica fibromusculocartilaginea: enthält die hyaline Knorpelspange und an der Rückseite der Trachea neben reichlich Bindegewebe den glatten M. trachealis.
- Tunica adventitia: baut die Trachea in das umgebende Bindegewebe von Hals und Mediastinum beweglich ein.

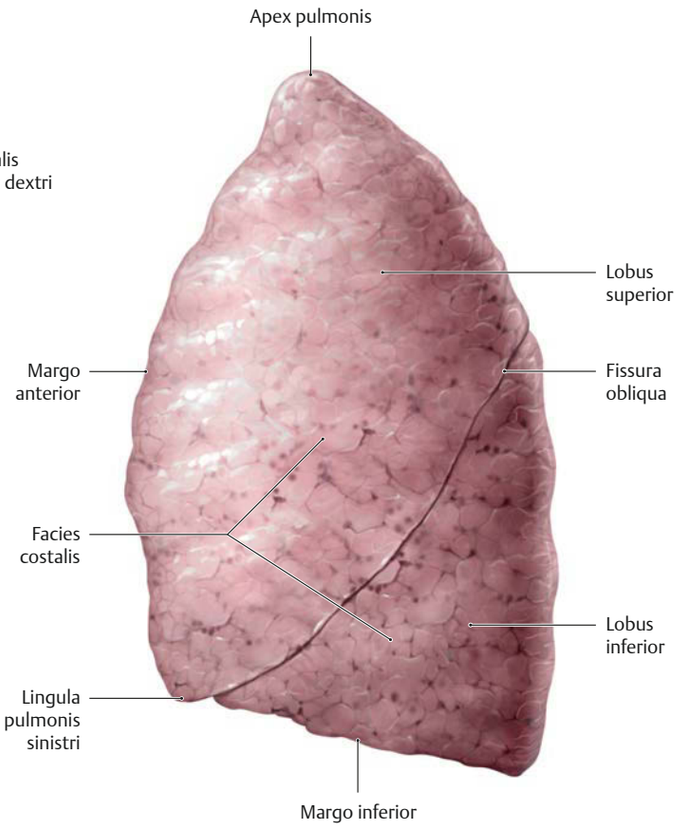
Beachte: Im Gegensatz zur restlichen Trachea trägt die Carina tracheae unverhorntes Plattenepithel.

b Aufbau des Epithels: Die Tunica mucosa von Trachea und Bronchien trägt respiratorisches Epithel, das mehrreihig ist: Alle Zellen sitzen der Basalmembran auf, aber nicht alle Zellen erreichen die freie Oberfläche. Die Zellen mit Oberflächenkontakt haben einen Kinoziliensaum (Besatz aus Flimmerhaaren) mit larynxwärts gerichtetem Schlag zum Abtransport von kleinen eingeatmeten Fremdkörpern. Tabakrauchen vermindert diesen Sekretstrom und stört so die Reinigungsfunktion der Luftwege. Eingestreut zwischen die Epithelzellen findet man schleimbildende Becherzellen *ohne* Kinoziliensaum.

4.5 Lunge: Form und Aufbau



a Rechte Lunge von lateral



b Linke Lunge von lateral

A Linke und rechte Lunge (Pulmo sinister und dexter): Form und Grundaufbau

a u. **b** Ansicht von lateral; **c** u. **d** Ansicht von medial.

Die Farbe der gesunden Lunge schwankt zwischen grau und blau-rosa. Grau-schwarze Partikel, die – wie hier – häufig unter der Pleuraoberfläche zu sehen sind, werden auch bei Nichtrauchern gefunden. Es sind kleine Kohle- oder Staubteilchen, die nach der Einatmung in der Lunge abgelagert werden und nicht unbedingt Krankheitswert haben. Die chemisch unfixierte Lunge ist schwammig weich und kollabiert bei Entnahme aus dem Thorax. Ihre hier dargestellte Gestalt bekommt sie erst durch die dynamische Ausdehnung im Thorax (vgl. S. 159), wobei die rechte Lunge mit einem Volumen von ca. 1500 ccm etwas größer ist als die linke mit einem Volumen von ca. 1400 ccm (Ursache hierfür ist die linksasymmetrische Lage des Herzens). Folgende *Lappen* und *Furchen* zwischen den Lappen (Lobi pulmonales und Fissurae interlobares) werden unterschieden:

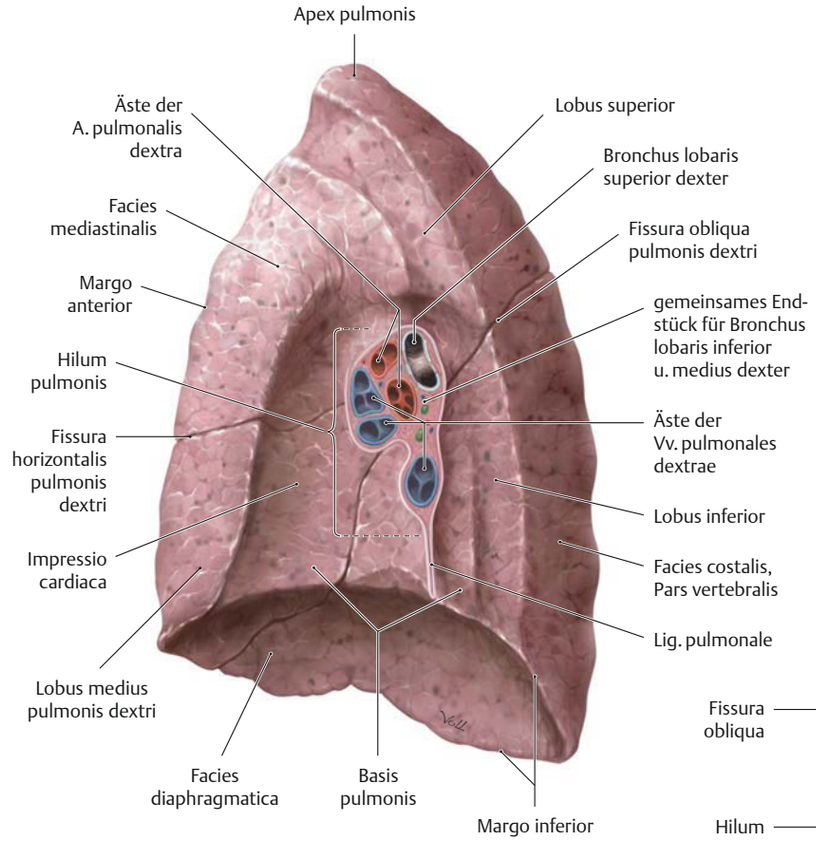
- linke Lunge: zwei Lappen (Lobi superior und inferior pulmonis sinistri), die durch eine Fissura obliqua getrennt werden,
- rechte Lunge: drei Lappen (Lobi superior, medius und inferior pulmonis dextri), die durch eine Fissura obliqua *und* eine Fissura horizontalis pulmonis dextri getrennt werden. Die Pleura visceralis zieht in die tiefen Fissuren vollständig hinein.

Beachte: Aufgrund des steilen Verlaufs der Fissura obliqua pulmonis sinistri bildet bei der linken Lunge die Lingula pulmonis des *Ober*lappens einen Teil der Lungen*basis*.

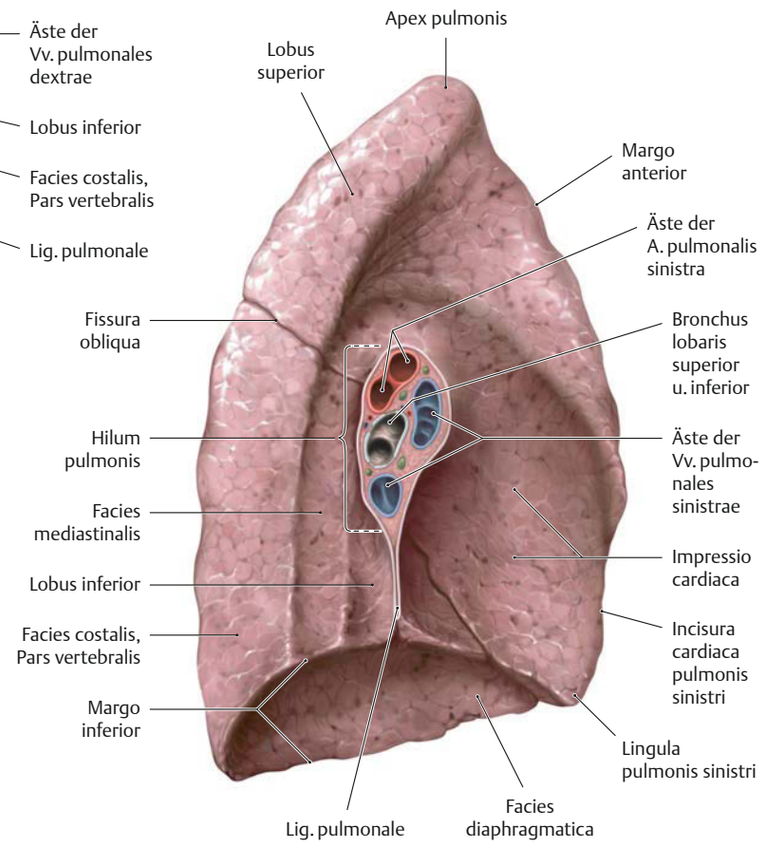
Die kleinste morphologisch fassbare eigenständige Baueinheit der Lunge ist das *Lungenläppchen* (Lobulus pulmonis), das von einem Bronchiolus belüftet wird. Lungenläppchen sind gegeneinander durch – oft unvollständige – Bindegewebssepten (Septa interlobularia) abgegrenzt, die der Lungenoberfläche ein gefeldertes Aussehen verleihen können.

Von den aufgeführten Unterschieden abgesehen, sind beide Lungen gleich aufgebaut mit:

- Lungenspitze (Apex pulmonis): ragt bis in die obere Thoraxapertur.
- Lungenbasis (Basis pulmonis): der dem Zwerchfell zugekehrte Lungenanteil.



c Rechte Lunge von medial

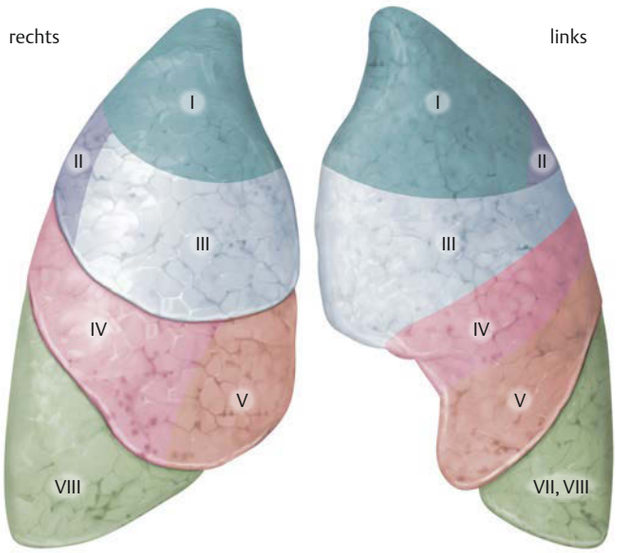


d Linke Lunge von medial

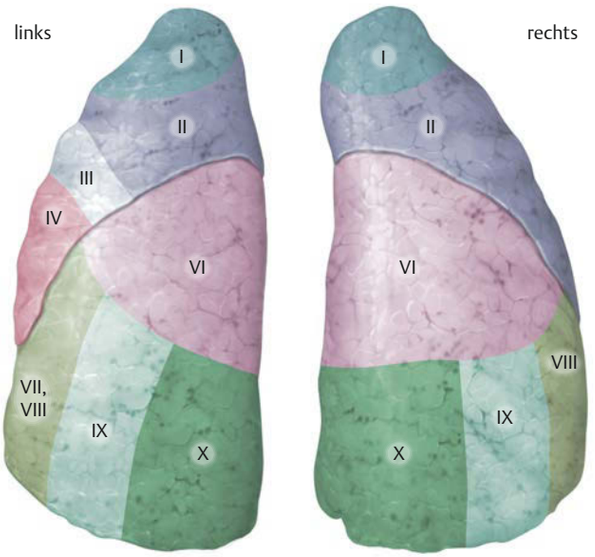
- Lungenoberflächen (Facies pulmonis): Je nach Ausrichtung unterscheidet man:
  - Facies costalis: lateral und dorsal den Rippen zugewandt; ein Teil der Facies costalis ist als Pars vertebralis der Wirbelsäule zugewandt (s. **c** u. **d**);
  - Facies mediastinalis: medial dem Mediastinum zugewandt;
  - Facies diaphragmatica (s. **c** u. **d**): kaudal dem Zwerchfell zugewandt und
  - Facies interlobares: in den Spalten zwischen den Lappen einander zugewandt. Dementsprechend sind an der Facies costalis nach chemischer Fixierung die Abdrücke der Rippen, an der Facies mediastinalis die Abdrücke des Herzens (Impressio cardiaca) und an der Facies diaphragmatica die Zwerchfellwölbung zu sehen. Die linke Lunge hat am Vorderrand zusätzlich eine deutliche *Incisura* cardiaca.
- Lungenrändern (Margines pulmonis):
  - Margo anterior: scharfer, vorderer Rand am Übergang von Facies costalis zu Facies mediastinalis,
  - Margo inferior: teilweise scharfer, unterer Lungenrand am Übergang von Facies diaphragmatica zu Facies costalis bzw. Facies mediastinalis.
- Hilum pulmonis: Ein- und Austrittsstelle für Bronchien und Leitungsbahnen an der Facies mediastinalis. Hier liegt auch die Lungenwurzel (Radix pulmonis = die Summe aus Blut- und Lymphgefäßen, Bronchien und Nerven, die am Hilum ein- und austreten). Grundsätzlich liegen die Anteile des Bronchialbaums eher dorsal, die Äste der Vv. pulmonales vorwiegend ventral und kaudal, die Äste der A. pulmonalis eher kranial. Wesentlicher Seitenunterschied zwischen linkem und rechtem Hilum ist, dass rechts ein Bronchus am weitesten kranial liegt (eparterieller Bronchus), während es links die Arterie ist (hyparterieller Bronchus).

Beide Lungen sind von einer serösen Haut, der Pleura visceralis *(Pleura pulmonalis)* überzogen, die auf der Facies mediastinalis in die Pleura parietalis umschlägt. Dabei entsteht eine Umschlagfalte, die bei Entnahme der Lunge abreißt und an der entnommenen Lunge als sog. *Lig. pulmonale* sichtbar wird.

4.6 Lunge: Segmente



a Lungen von ventral



b Lungen von dorsal

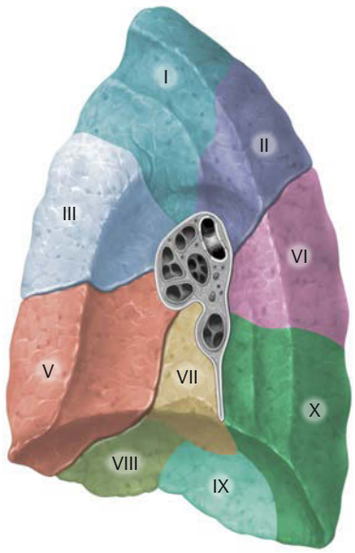
A Segmentaufbau der Lungen

Ansicht beider Lungen von ventral (**a**) und dorsal (**b**) sowie jeweils der rechten (**Ca** u. **Cc**) und linken (**Cb** u. **Cd**) Lunge von lateral und medial.

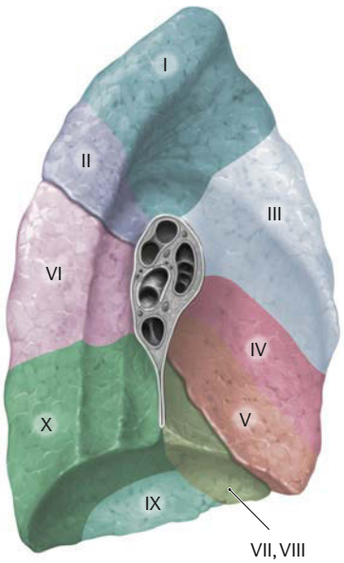
Die Segmentarchitektur der Lunge ergibt sich direkt aus der Aufzweigung des Bronchialbaums (s. S. 143). Makroskopische Grundbaueinheit der Lunge ist der *Lappen* (Lobus pulmonis), dessen Begrenzung anhand der Fissurae auf der Lungenoberfläche gut zu erkennen ist. Er lässt sich weiter in keilförmige *Segmente* (Spitze weist zum Hilum pulmonis) unterteilen, die durch zartes Bindegewebe (unvollständig) voneinander getrennt und als solche nicht auf der Lungenoberfläche zu unterscheiden sind. In sie zieht zentral ein *Segmentbronchus* (Bronchus segmentalis) und ein *Segmentast der A. pulmonalis* (A. segmentalis): sog. bronchopulmonales oder bronchoarterielles Segment. Die Segmente bestehen wiederum aus Subsegmenten, die sich durch die weitere Verzweigung der Segmentbronchien ergeben. Grundsätzlich hat jede Lunge zehn Segmente. Aufgrund der Incisura cardiaca ist das Segment VII aber *links* oft so klein, dass es nicht als eigenes Segment angesehen, sondern dem Segment VIII zugerechnet wird („Fehlen" des Segmentes Nr. VII). Die Segmentgrenzen sind an der Lungenoberfläche nicht sichtbar. Um Lungenteile operativ zu entfernen (s. **D**), klemmt man daher die Segmentarterie ab, so dass sich das von ihr nicht mehr durchblutete Lungensegment verfärbt und optisch gegen das noch durchblutete Gewebe der Umgebung abzugrenzen ist. Auch eine sonografische Darstellung des intrasegmentalen Blutstroms ist möglich. Die Tabelle **B** fasst die Segmente zusammen.

B Segmentaufbau der Lungen

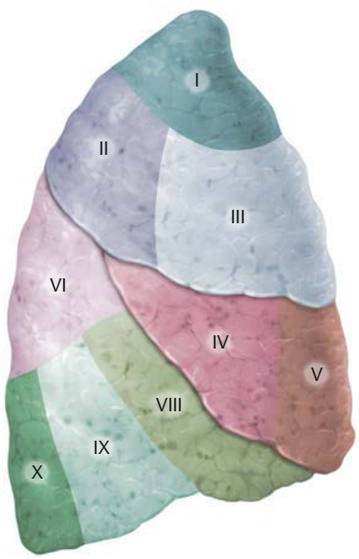
Rechte Lunge	Linke Lunge
Lobus superior	*Lobus superior*
Segmentum apicale (I)	Segmentum apicoposterius (I + II)
Segmentum posterius (II)	
Segmentum anterius (III)	Segmentum anterius (III)
Lobus medius	
Segmentum laterale (IV)	Segmentum lingulare superius (IV)
Segmentum mediale (V)	Segmentum lingulare inferius (V)
Lobus inferior	*Lobus inferior*
Segmentum superius (VI)	Segmentum superius (VI)
Segmentum basale mediale (VII)	[Segmentum basale mediale (VII)]
Segmentum basale anterius (VIII)	Segmentum basale anterius (VIII)
Segmentum basale laterale (IX)	Segmentum basale laterale (IX)
Segmentum basale posterius (X)	Segmentum basale posterius (X)



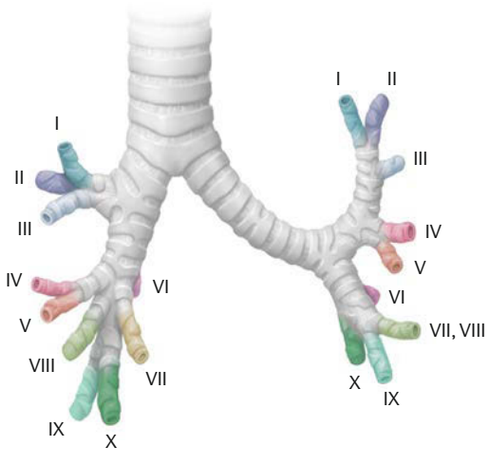
a Rechte Lunge von medial



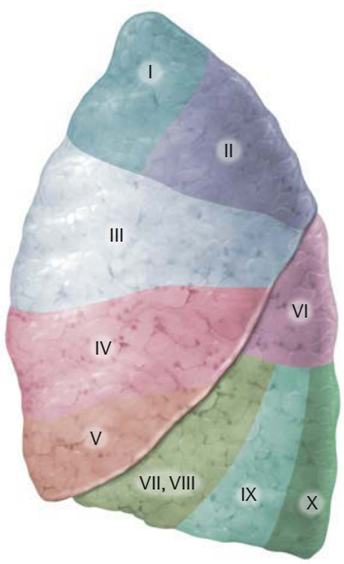
b Linke Lunge von medial



c Rechte Lunge von lateral

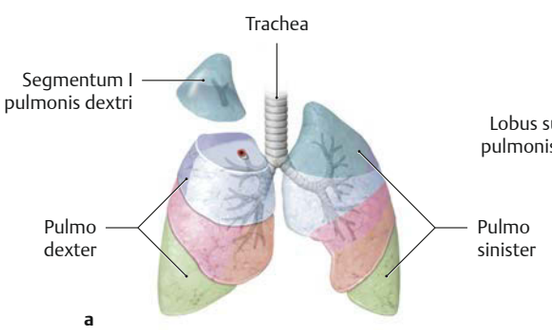


e

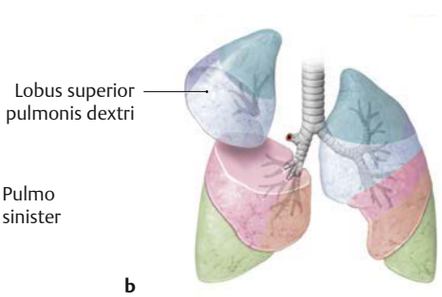


d Linke Lunge von lateral

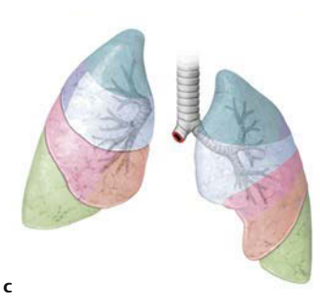
C Segmentaufbau der Lungen: Segmentum bronchopulmonale
Ansicht der rechten (**a, c**) und linken (**b, d**) Lunge von medial und lateral.



a



b

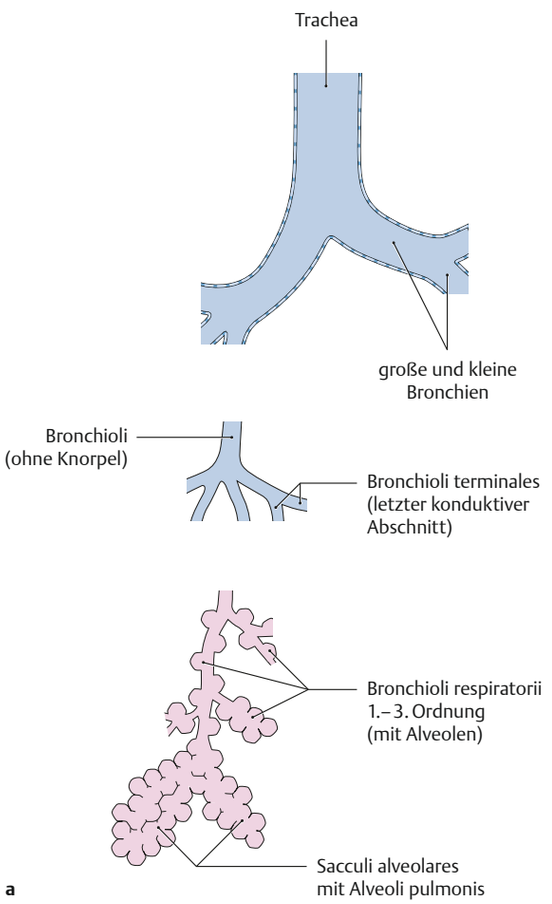


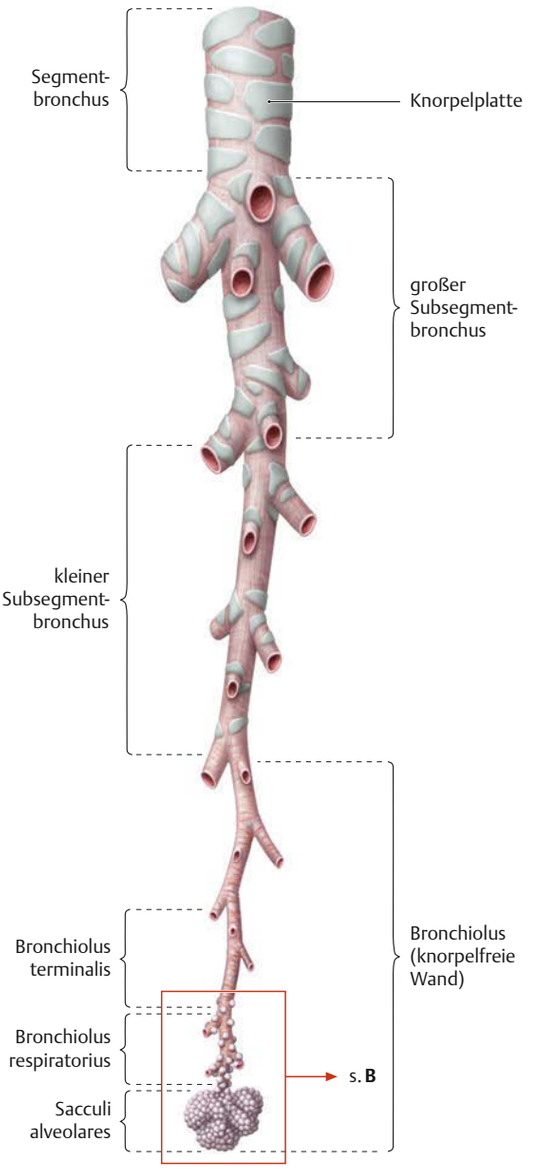
c

D Operative Entfernung von Lungenteilen
Die anatomische Gliederung beider Lungen in Lappen und Segmente (s. **B**) macht man sich bei der operativen Entfernung von Lungenanteilen zunutze:

- Segmentresektion: Entfernung eines oder mehrerer Segmente (**a**),
- Lappenresektion (Lobektomie): Entfernung eines ganzen Lappens (**b**), totale Resektion einer Lunge (Pneumonektomie) (**c**).

4.7 Funktioneller Aufbau des Bronchialbaums





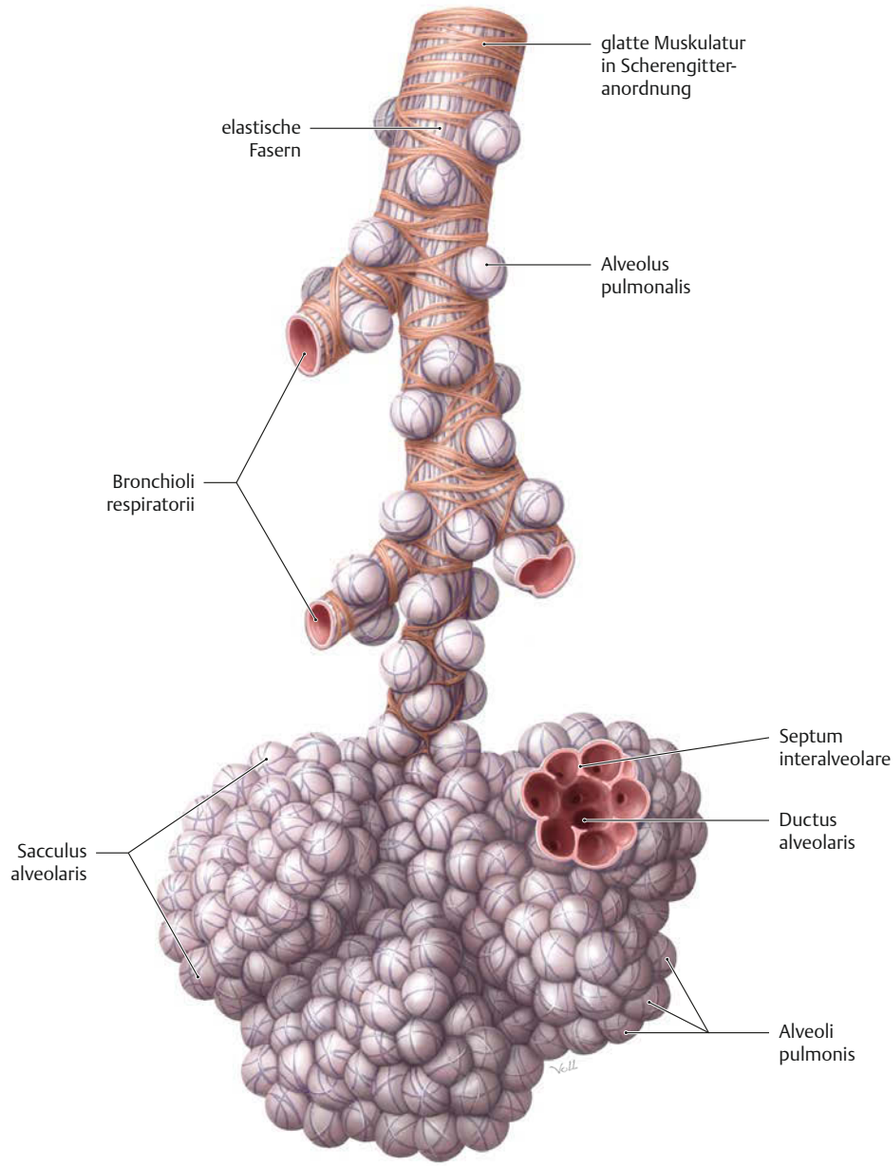
A Konduktive und respiratorische Anteile des Bronchialbaums

Der Bronchialbaum leitet angefeuchtete (wasserdampfgesättigte), körperwarme Luft bis in die Lungenbläschen (Alveolen), kleine Aussackungen mit einem Durchmesser von knapp 300 µm. Ihre Anzahl nimmt in distaler Richtung rasch zu (insgesamt ca. 300 Millionen; die gesamte alveoläre Gasaustauschfläche liegt zwischen 100 und 120 m^2). Um die Luft bis in die Alveolen zu leiten, verzweigt sich der Bronchialbaum ab der Bifurcatio tracheae permanent, wobei sich das Kaliber stetig verkleinert (22 dichotome Teilungen = aus einer Elternstruktur gehen jeweils zwei Tochterstrukturen hervor). Funktionell unterscheidet man einen

- konduktiven Anteil (blau): Bronchi principales, lobares; Bronchi segmentales mit Subsegmentbronchien, Bronchioli, Bronchioli terminales und einen
- respiratorischen Anteil (rot): Bronchioli respiratorii, Ductus alveolaris (nicht sichtbar) Sacculi alveolares mit Alveoli pulmonis.

Bis hin zu den Bronchi segmentales ist der Bau des Bronchialbaums recht einheitlich: Knorpelspangen bzw. einzelne Knorpelplatten stabilisieren die Wand des Bronchus, die innen mit mehrreihigem Flimmerepithel (mit Becherzellen) ausgekleidet ist (s. S. 143). Mit den *kaliberschwachen* Bronchioli geht der Wandknorpel verloren; die in den Bronchien konzentrische Muskulatur wird scherengitterartig (s. **B**), das Epithel ist einschichtig prismatisches Flimmerepithel. Becherzellen werden jetzt seltener, ab dem Bronchiolus terminalis fehlen sie. Der Bronchiolus terminalis ist der letzte Abschnitt des luftleitenden Teils des Bronchialbaums. Er belüftet jeweils einen sog. *Lungenazinus* (Azinus = Beere); mehrere Azini bilden einen Lobulus pulmonis (Lungenläppchen), die kleinste morphologisch fassbare Baueinheit der Lunge.

Beachte: Der Gefäßbaum (s. S. 154) wird hier erst im Anschluss an die Lungen- und Bronchialgefäße dargestellt, obwohl er natürlich funktionell eng mit dem Bronchialbaum verknüpft ist. Da der Gefäßbaum aber letztlich aus den Endverzweigungen der Lungen- und Bronchialgefäße besteht, muss man diese Gefäße kennen, um den Aufbau des Gefäßbaums wirklich zu verstehen.

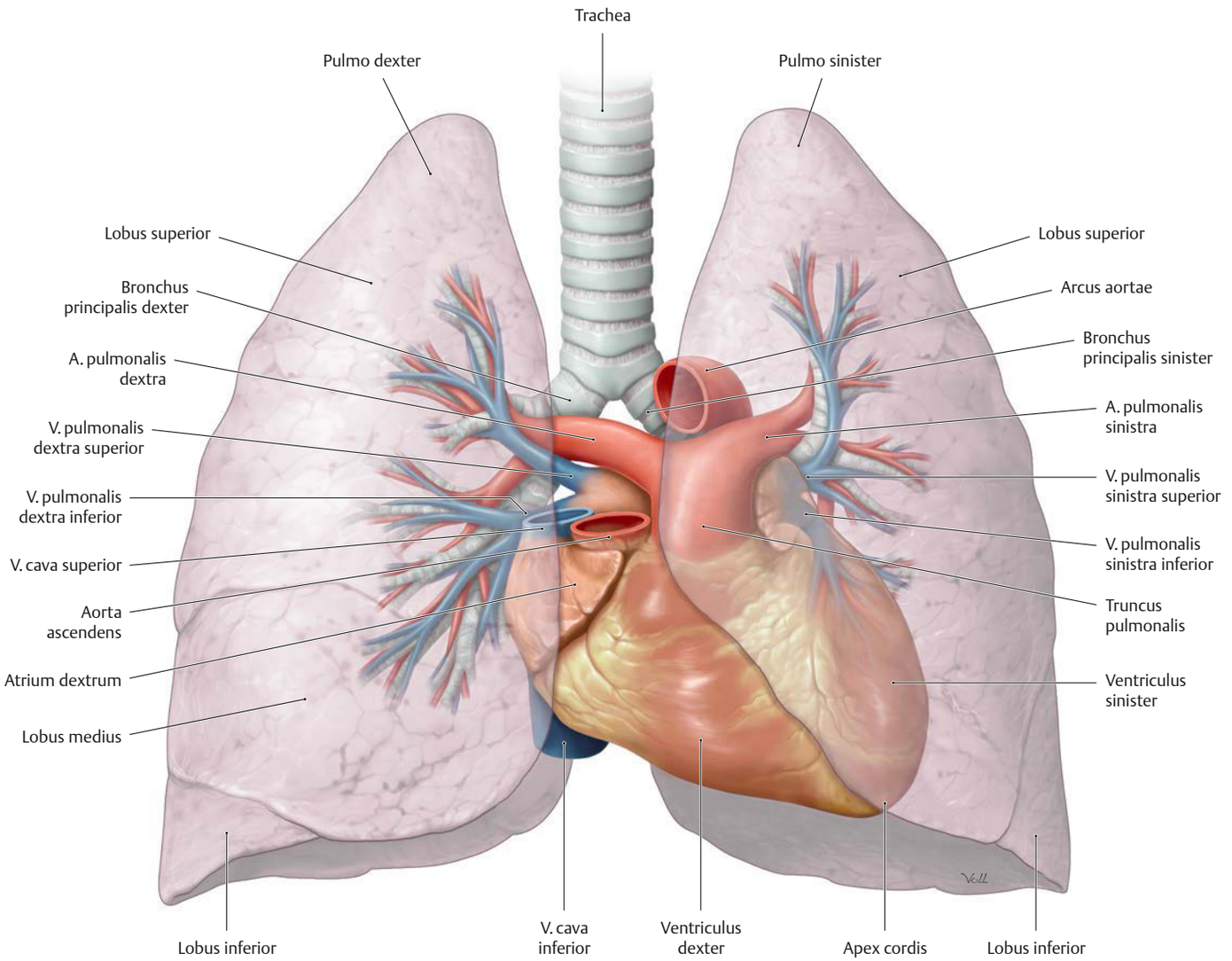


B Feinbau eines Bronchiolus respiratorius

Aus den Bronchioli terminales gehen Bronchioli respiratorii hervor mit ihrerseits bis zu drei dichotomen Teilungen (Bronchioli respiratorii 1.–3. Ordnung; Durchmesser kleiner als 0,5 mm!). Ab hier (Beginn des respiratorischen Anteils) sind am Bronchialbaum Alveolen zu finden, zunächst vereinzelt, dann gehäuft in den Sacculi alveolares, in die die Ductus alveolares aus den Bronchioli respiratorii münden. Ihre Wand besteht aus dünnem Plattenepithel und hat für den Gasaustausch direkten Kontakt mit den Kapillaren. Benachbart liegende Alveolen sind durch ein porenhaltiges Septum interalveolare getrennt. Zwischen den Verzweigungen des Bronchialbaums und den Alveolen an seinem Ende liegt Bindegewebe mit reichlich elastischen Fasern. Die Dehnung dieser elastischen Fasern bei der Einatmung ist eine Komponente der Rückstellkraft der Lunge bei der Ausatmung (in der gedehnten, elastischen Faser „gespeicherte Energie“).

Beim sog. Asthma bronchiale kommt es zu Kontraktionen der glatten Muskulatur in der Wand der Bronchiolen. Da diese knorpelfrei sind, verengt sich – insbesondere bei der Exspiration – das Kaliber der Bronchiolen. Dies führt zu einer Behinderung des Luftstroms (sog. obstruktive Ventilationsstörung) mit Atemnot (Dyspnoe). Die Muskelkontraktionen können beispielsweise im Rahmen einer allergischen Reaktion (Pollen) ausgelöst werden.

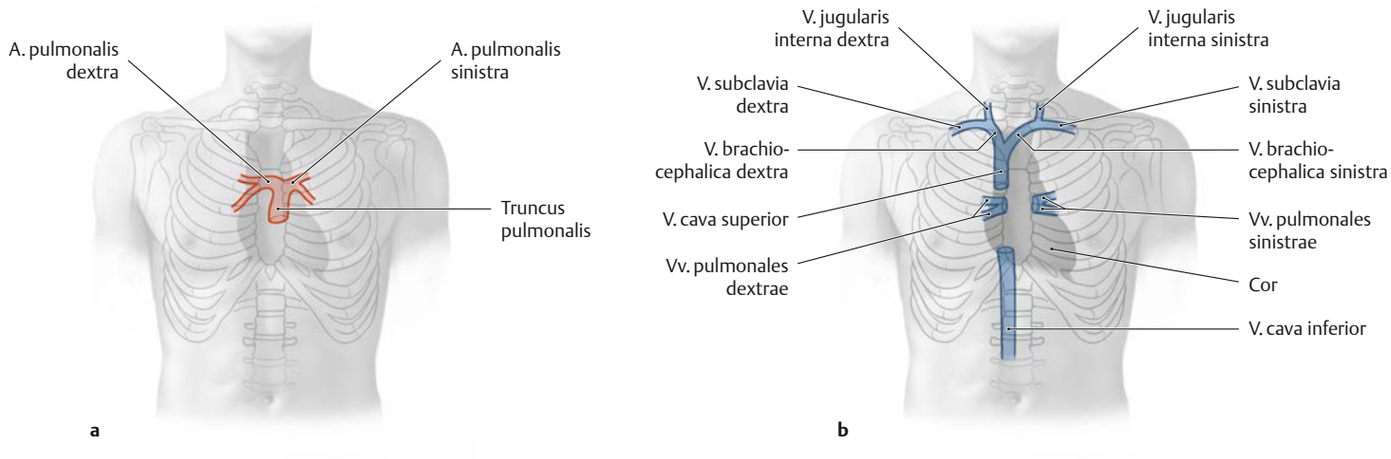
4.8 Arterien und Venen der Lunge (Aa. und Vv. pulmonales = Vasa publica)



A Lungengefäße im Überblick
Ansicht von ventral auf ein „Herz-Lungen-Paket"; Vv. cavae herznah abgetrennt; ein Abschnitt von Aorta ascendens und Arcus aortae ist herausgetrennt, so dass die Aufteilung des Truncus pulmonalis (die unter dem Aortenbogen liegt!) und der Abgang der A. pulmonalis dextra sichtbar werden; Lungen und Herz zur besseren Übersicht teilweise transparent dargestellt. Die Arterien und Venen, die zur Lunge ziehen, werden in zwei Gruppen eingeteilt:

- *Lungen*arterien bzw. -venen (Aa. und Vv. pulmonales): dienen als sog. Vasa publica dem *Gasaustausch* (O_2, CO_2) in den Lungenalveolen, der für den gesamten Organismus wichtig ist;
- *Bronchial*arterien und -venen (Rr. und Vv. bronchiales): dienen als sog. Vasa privata der *Blutversorgung* der Lunge selbst (hier nicht dargestellt, s. S. 152).

Die **Aufteilung der Aa. pulmonales** orientiert sich an der Aufzweigung des Bronchialbaums (s. S. 142): Mit den zwei bzw. – im Falle der rechten Lunge – drei Bronchi lobares ziehen zwei bzw. drei arterielle Stämme (Aa. lobares) in die Lunge hinein. (Die Lappenarterien sind dabei größer als die Lappenbronchien.) Mit der Aufteilung des Bronchialbaums in *Segmentbronchien* (Bronchi segmentales) teilen sich auch die Arterien weiter auf in *Segmentarterien* (Aa. segmentales). Arterie und Bronchus verlaufen dabei immer im Zentrum der jeweiligen Baueinheit der Lunge: zunächst im *Zentrum eines Lappens*, dann im *Zentrum eines Lungensegmentes* (sog. bronchoarterielles Segment, s. S. 146).
Die **Aufteilung der Vv. pulmonales** trennt sich von der des Bronchialbaums, da die Pulmonalvenen *zwischen* den Lungensegmenten verlaufen und das Blut aus dem Segment (Pars *intra*segmentalis) bzw. teilweise von zwei benachbarten Segmenten (Pars *inter*segmentalis) aufnehmen. Aus diesem Grund werden Lungenarterien und -venen teilweise unterschiedlich benannt (s. **C** u. **D**). Bei einer Linksherzinsuffizienz staut sich das Blut in den Pulmonalvenen. Aufgrunddessen sind dann die Lungensegmentgrenzen im Röntgenbild sichtbar.
Beachte: Aa. pulmonales führen sauerstoffarmes Blut zur Lunge; Vv. pulmonales führen sauerstoffreiches Blut von der Lunge zum Herzen. Im Interesse einer einheitlichen Darstellung im gesamten Buch, sind die Arterien trotzdem weiterhin rot und die Venen weiterhin blau gefärbt.

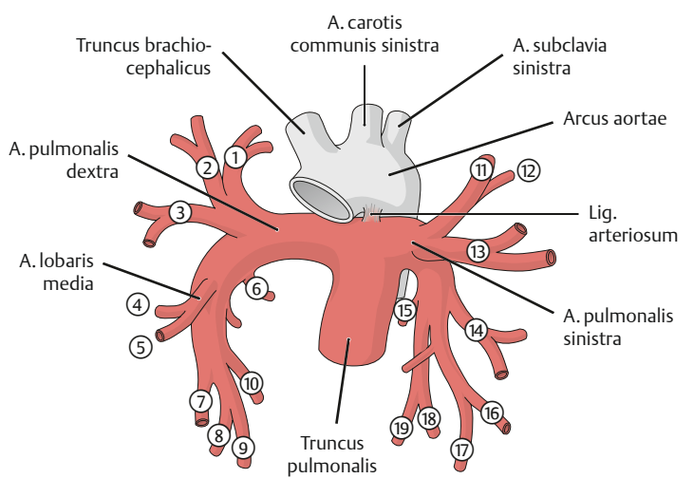


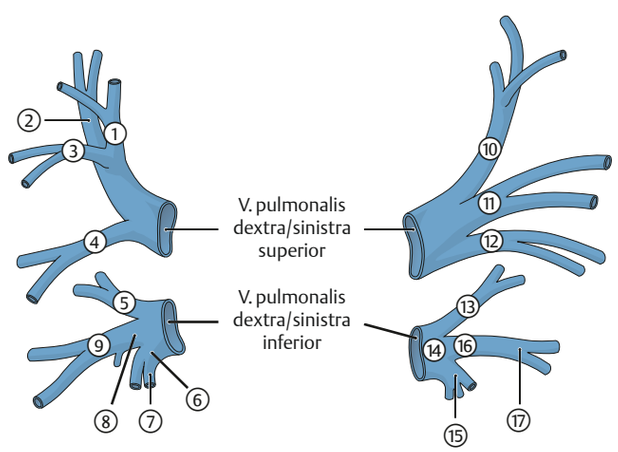
B Projektion von Lungenarterien und -venen auf den Thorax
Ansicht von ventral.

a Projektion der Aa. pulmonales auf den Thorax: Der Truncus pulmonalis entspringt dem rechten Ventrikel, der aufgrund der leicht gedrehten Herzlage nach ventral gerichtet ist, und teilt sich in eine linke und rechte A. pulmonalis für die Lungen auf. In einem Röntgenbild ist er als sog. „Pulmonalisknopf" sichtbar, ein Schatten an der linken Herzkontur nahe der (kranial liegenden!) Herzbasis.

Beachte: Der Truncus pulmonalis liegt im Thorax links der Medianebene. Daher ist die rechte Pulmonalarterie (ca. 2–3 cm) länger als die linke.

b Projektion der Vv. pulmonales auf den Thorax: Von links und rechts münden meist jeweils zwei Vv. pulmonales in den linken Herzvorhof. Zusammen mit den beiden Vv. cavae (hier zur Übersicht mit dargestellt) bilden sie das (asymmetrische) „Venenkreuz" im Thorax.





C Aa. pulmonales und ihre Äste

Pulmo dexter A. pulmonalis dextra	Pulmo sinister A. pulmonalis sinistra
Aa. lobares superiores	*Aa. lobares superiores*
① A. segmentalis apicalis	⑪ A. segmentalis apicalis
② A. segmentalis posterior	⑫ A. segmentalis posterior
③ A. segmentalis anterior	⑬ A. segmentalis anterior
A. lobaris media	⑭ A. lingularis
④ A. segmentalis lateralis	
⑤ A. segmentalis medialis	
Aa. lobares inferiores	*Aa. lobares inferiores*
⑥ A. segmentalis superior	⑮ A. segmentalis superior
⑦ A. segmentalis basalis anterior	⑯ A. segmentalis basalis anterior
⑧ A. segmentalis basalis lateralis	⑰ A. segmentalis basalis lateralis
⑨ A. segmentalis basalis posterior	⑱ A. segmentalis basalis posterior
⑩ A. segmentalis basalis medialis	⑲ A. segmentalis basalis medialis

D Vv. pulmonales und ihre Äste

Pulmo dexter Vv. pulmonales dextrae	Pulmo sinister Vv. pulmonales sinistrae
V. pulmonalis dextra superior	*V. pulmonalis sinistra superior*
① V. apicalis	⑩ V. apico-posterior
② V. posterior	⑪ V. anterior
③ V. anterior	⑫ V. lingularis
④ V. lobi medii	
V. pulmonalis dextra inferior	*V. pulmonalis sinistra inferior*
⑤ V. superior	⑬ V. superior
⑥ V. basalis communis	⑭ V. basalis communis
⑦ V. basalis inferior	⑮ V. basalis inferior
⑧ V. basalis superior	⑯ V. basalis superior
⑨ V. basalis anterior	⑰ V. basalis anterior

4.9 Arterien und Venen der Bronchien (Aa. und Vv. bronchiales = Vasa privata)

A Bronchialarterien und -venen im Überblick

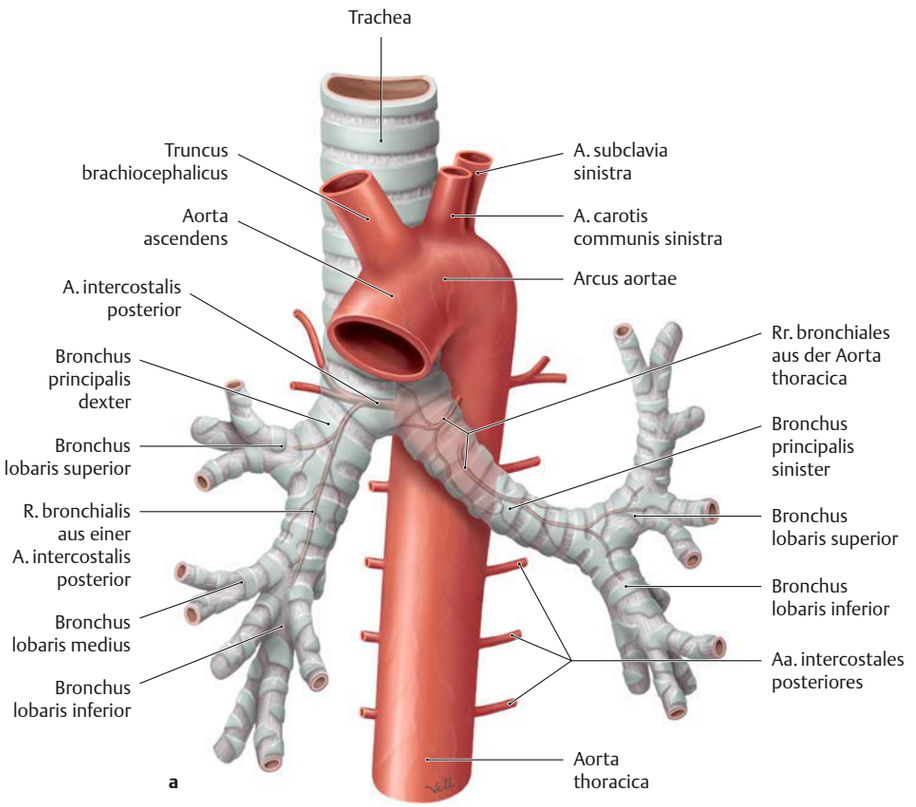
Ansicht von ventral. Trachea und Bronchien teilweise transparent dargestellt.

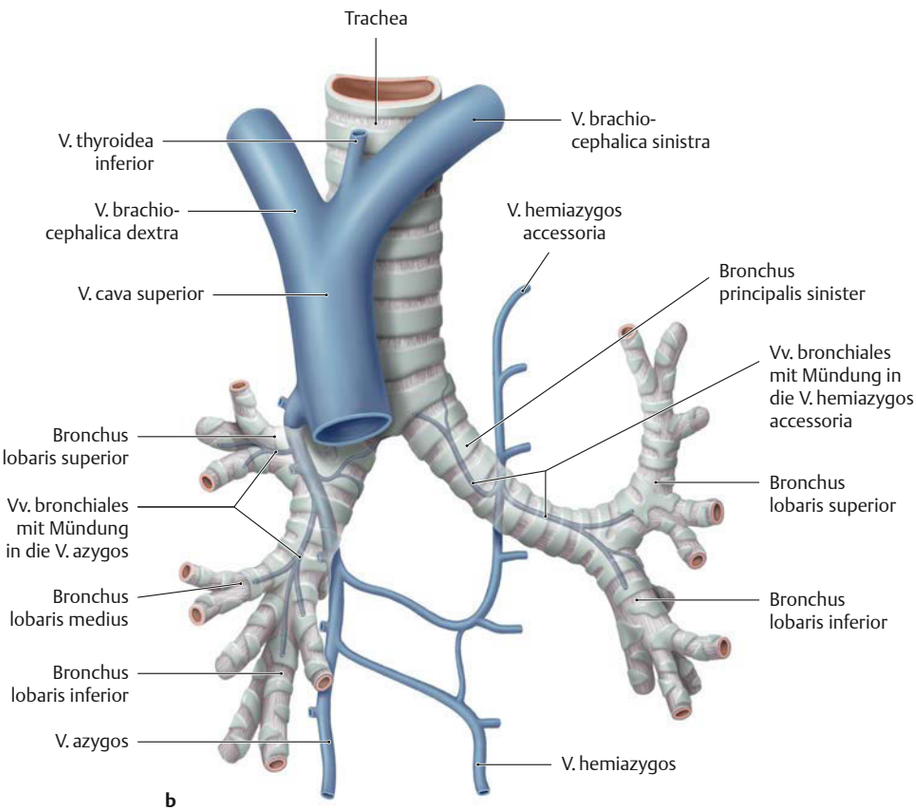
a Arterielle Versorgung der Bronchien: Sie erfolgt aus der Aorta thoracica über Rr. bronchiales, die den Aufzweigungen der Bronchi principales folgen. Nicht selten entspringt einer der Rr. bronchiales nicht direkt der Aorta, sondern einer A. intercostalis posterior (meist rechts). Aufgrund der Lage von Bronchien und Aorta thoracica zueinander treten die Rr. bronchiales meist von dorsal an die Bronchien heran. In diesen Arterien entspricht der Blutdruck dem des großen Kreislaufs und nicht – wie sonst in den arteriellen Gefäßen der Lunge – dem des Pulmonalarterienkreislaufs.

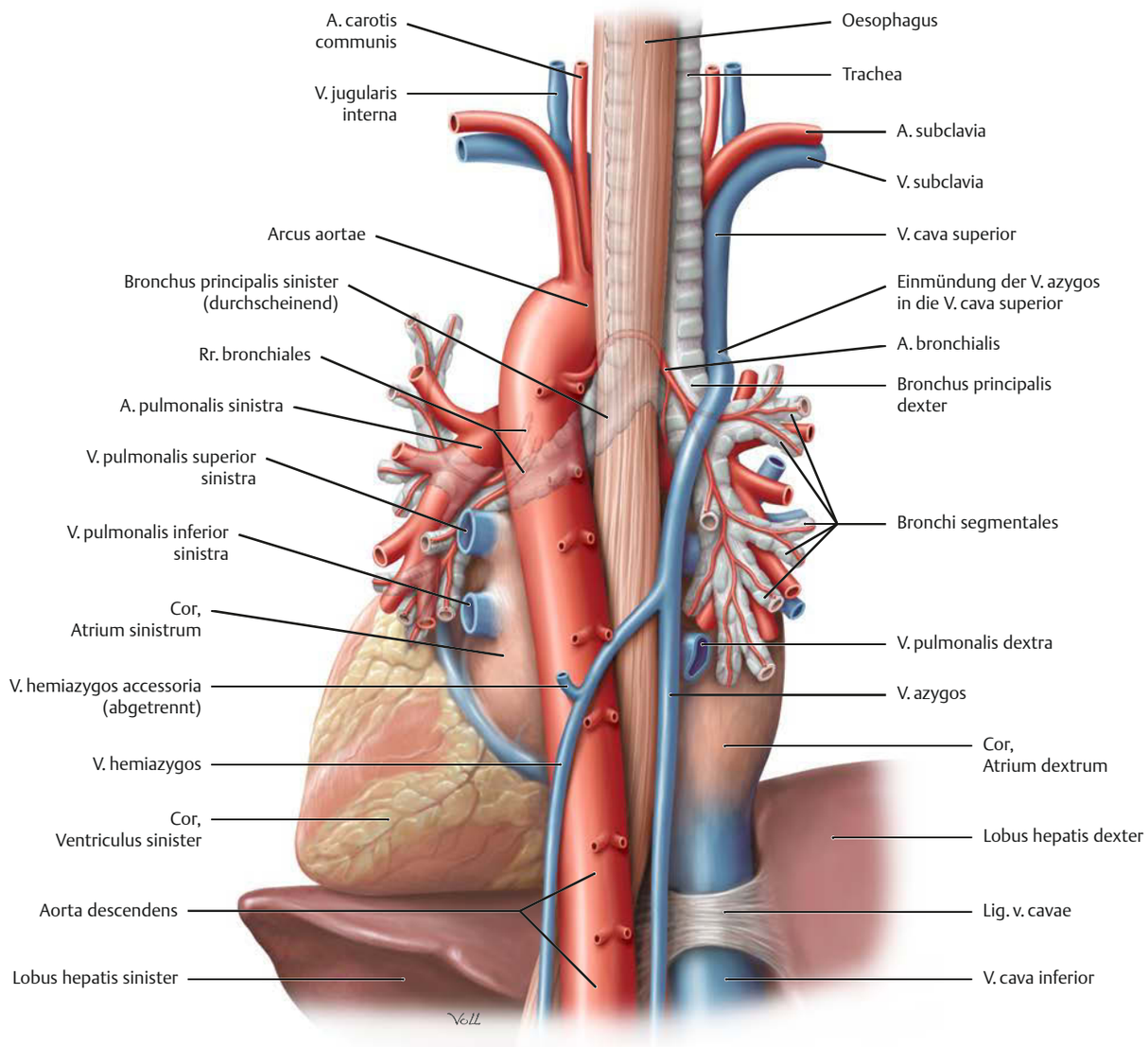
Beachte: Die Trachea wird über kleine Rr. tracheales (hier nicht dargestellt) versorgt, die je nach Abschnitt der Trachea entweder der Aorta thoracica, der A. thoracica interna oder dem Truncus thyrocervicalis entstammen können.

b Venöse Drainage der Bronchien: Sie erfolgt über Vv. bronchiales, die links meist in die V. hemiazygos accessoria münden, rechts in die V. azygos. Vv. bronchiales und Vv. pulmonales können über Kurzschlüsse verbunden sein, was zu einer geringfügigen Beimischung sauerstoffarmen Blutes zum sauerstoffreichen Blut der Pulmonalvenen führt. Kleine Vv. tracheales (hier nicht dargestellt) münden je nach Abschnitt der Trachea in die V. cava superior, die V. brachiocephalica sinistra oder die V. thyroidea inferior.

Beachte: Bei einer Lungenembolie wird ein Blutgerinnsel aus einer Körpervene (meist Bein- oder Beckenvene) über das rechte Herz in eine der Lungenarterien verschleppt. Das Blutgerinnsel blockiert je nach Größe einen unterschiedlich großen Ast einer A. pulmonalis, im Extremfall sogar die ganze A. pulmonalis selbst. Durch diese mechanische Blockade eines großen Teils der arteriellen Lungenstrombahn kommt es für das rechte Herz zu einer akuten starken Druckbelastung. Sie kann zum sofortigen Versagen des rechten Herzens führen: Große Lungenembolien verlaufen nicht selten tödlich! Wird dagegen durch einen kleinen Embolus nur ein kleinkalibriges Gefäß verschlossen, sind mechanische Blockade und Druckanstieg am Herzen erheblich geringer und werden vom Herzen ohne nennenswerte Probleme verkraftet. Zum Absterben von Lungengewebe aufgrund des Gefäßverschlusses kommt es i. Allg. nicht, da die Ernährung und Sauerstoffversorgung des Lungengewebes durch die Bronchialarterien gewährleistet ist.

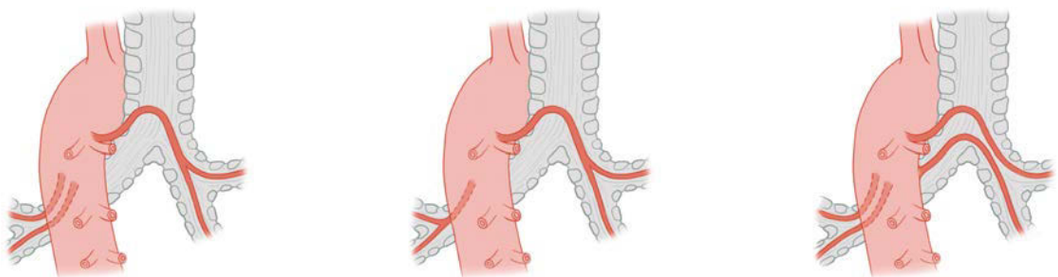






B Aa. bronchiales in ihrer topografischen Relation zu den Aa. pulmonales
Isoliertes Organpaket aus Herz, großen Gefäßen, Trachea, Oesophagus und Leber in der Ansicht von dorsal.

Beachte den Ursprung der Aa. (Rr.) bronchiales auf der linken Seite aus der Aorta descendens.



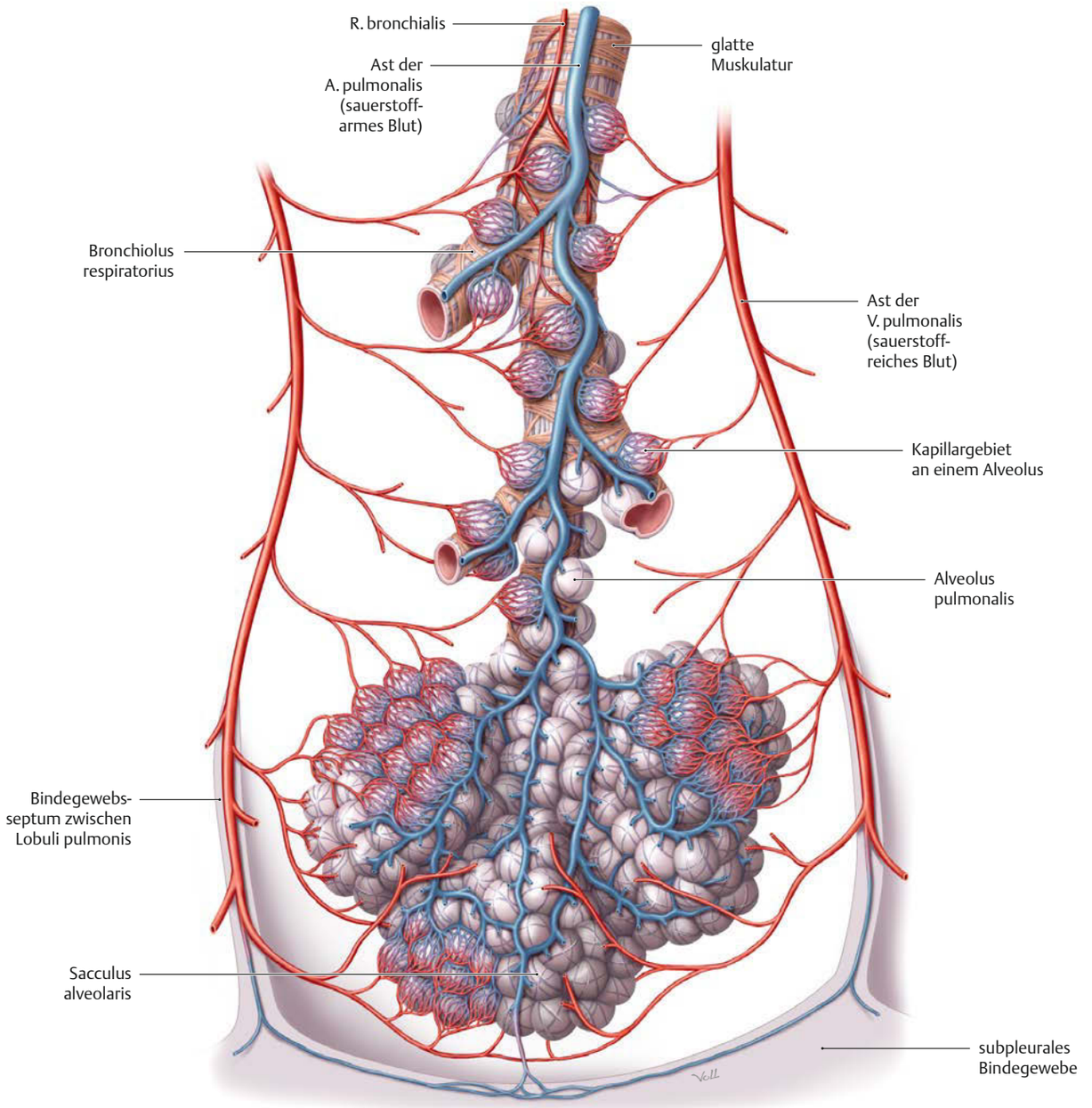
C Ursprung der Aa. bronchiales aus der Aorta: Regelfall und Varianten (nach Platzer)
Ansicht von dorsal.

a Regelfall (40 % der Fälle): Rechts entspringen je eine A. bronchialis und eine A. intercostalis posterior, links zwei Aa. bronchiales aus der Aorta;

b Variante 1 (15–30 % der Fälle): Rechts und links entspringt jeweils nur *eine* A. bronchialis;

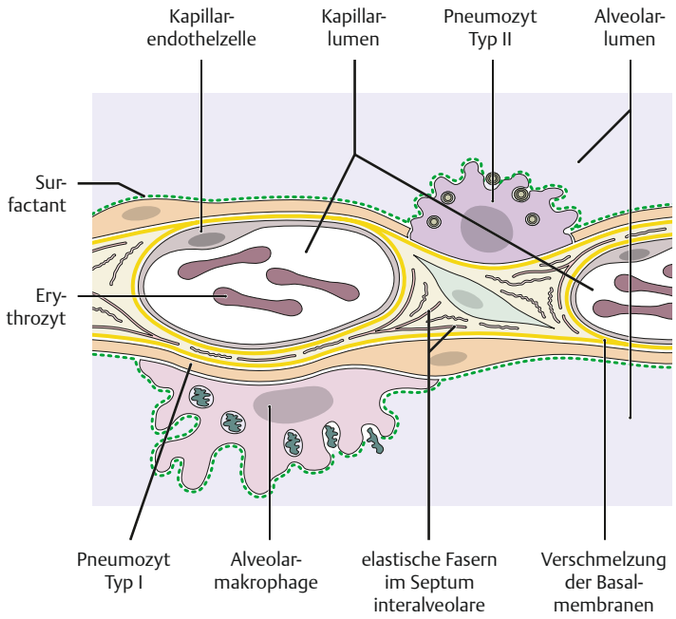
c Variante 2 (12–23 %): Rechts und links entspringen jeweils *zwei* Aa. bronchiales.

4.10 Funktioneller Aufbau des Gefäßbaums



A Aufbau des Gefäßbaums im Überblick
Beachte: Da es hier ganz speziell um den funktionellen Aufbau des Gefäßbaums geht, wurde von der bisherigen Darstellung „Arterien rot, Venen blau" ausnahmsweise abgewichen: Die Äste der A. pulmonalis (arterieller Schenkel der Gefäßstrecke) sind blau dargestellt, da sauerstoffarm, die Äste der V. pulmonalis (venöser Schenkel der Gefäßstrecke) rot, da sauerstoffreich.

Feinste Verzweigungen von A. u. V. pulmonalis sowie von R. bronchialis und V. bronchialis bilden den Gefäßbaum. Diese Verästelungen der Vasa publica und der Vasa privata verlaufen analog zu den Verästelungen des Bronchialbaums (s. S. 152). Nur so ist es möglich, dass zwischen der Luft in den Alveolen (den feinsten Verzweigungen des Bronchialbaums) und dem Blut (in den feinsten Verzweigungen der Lungengefäße) der Gasaustausch stattfinden kann.



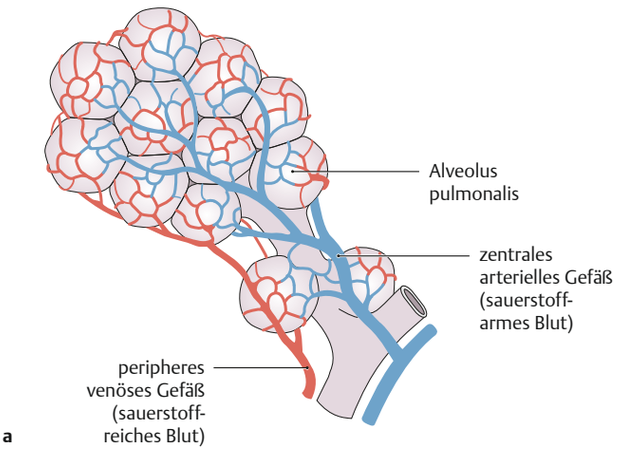
B Auskleidung der Alveolen

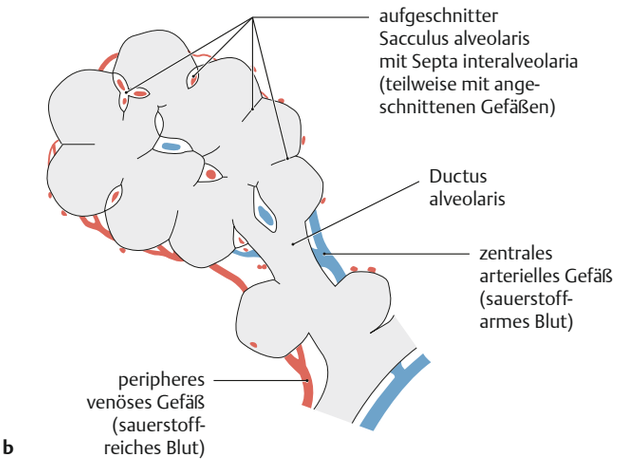
Alveolen werden von zwei Typen von Alveolarepithelzellen (= Pneumozyten) ausgekleidet:

- Alveolarepithelzellen Typ I: Sie bedecken etwa 90 % der inneren Oberfläche der Alveole, sind deshalb flach ausgebreitet und bilden eine kontinuierliche Schicht (= Deckzellen). Untereinander sind sie durch Zonulae occludentes eng miteinander verbunden.
- Alveolarepithelzellen Typ II: Im Verhältnis zu ihrer Anzahl kommen sie etwa so häufig vor wie Typ-I-Zellen. Da ihr Zellleib konzentrierter ist, sind sie dicker als Typ-I-Zellen, in der Fläche jedoch weniger ausgebreitet als diese. Sie bedecken nur etwa 10 % der Alveolaroberfläche. Da sie vereinzelt zwischen die Deckzellen in den Ecken der Septen eingebaut sind, werden sie auch Nischenzellen genannt. Sie produzieren einen Protein-Phospholipid-Film, den sog. Surfactant, der sich auf der ganzen Alveolenoberfläche verteilt und die Oberflächenspannung der Alveolen herabsetzt (leichtere Dehnung der Lungen!). Die unreife Lunge frühgeborener Kinder produziert oft noch nicht ausreichend Surfactant. Frühgeborene haben daher häufig Atemprobleme. Surfactant wird von Typ-II-Zellen kontinuierlich produziert und resorbiert, so dass ein großer Teil des Surfactans mehrfach verwendet wird. Nur ein Teil wird von den Alveolarmakrophagen abgebaut.

An der Kontaktstelle von Kapillarendothelzellen und Typ-I-Pneumozyten verschmelzen die jeweiligen Basalmembranen. Die anatomische Entfernung von Alveolarlichtung zu Kapillarlumen, also die Diffusionsstrecke für den Gasaustausch, beträgt dort nur 0,5 µm.
Beachte: Alle Erkrankungen, die

- die Diffusionsstrecke Alveolarlumen – Kapillarlumen verlängern (Einlagerung von Wasser = Ödem oder bei Entzündung),
- die Belüftung (Zerstörung von Alveolen, z. B. bei Lungenüberblähung [Lungenemphysem]) oder Durchblutung (Verödung von Kapillaren) der Lungen vermindern oder
- einen Flüssigkeitseintritt in die Alveolen bewirken (Lungenentzündung), vermindern die Kapazität zum alveolokapillären Gasaustausch und verschlechtern damit die Atmung.





C Feinbau eines Sacculus alveolaris

Gefäße mit sauerstoffreichem Blut (venöser Schenkel der Gefäßstrecke) rot, Gefäße mit sauerstoffarmem Blut (arterieller Schenkel der Gefäßstrecke) blau dargestellt. Die Erythrozyten in den kleinen Kapillaren binden Sauerstoff, die Kapillaren fließen zu größeren Gefäßen zusammen. Sie verlaufen in den intrapulmonalen Bindegewebssepten zunächst zwischen Lungenläppchen, später zwischen Lungensegmenten und münden in die Vv. pulmonales. Der aufgeschnittene Sacculus alveolaris (**b**) zeigt deutlich, dass die Gefäße die Alveolen nicht nur an der Außenfläche des Sacculus umgeben, sondern auch in die Septa interalveolaria eindringen, so dass die Kapillaren mit mehreren benachbarten Alveolen am Gasaustausch teilnehmen können.
Beachte: Der Ast der A. pulmonalis und der betreffende Abschnitt des Bronchialsystems (Bronchus, Bronchiolus) liegen immer gemeinsam im Zentrum der Lungenbaueinheit (Segment, Lobulus); der Ast der V. pulmonalis liegt dagegen immer in der Peripherie des Segmentes oder Läppchens, damit er das sauerstoffreiche Blut aus den Kapillaren aufnehmen kann.

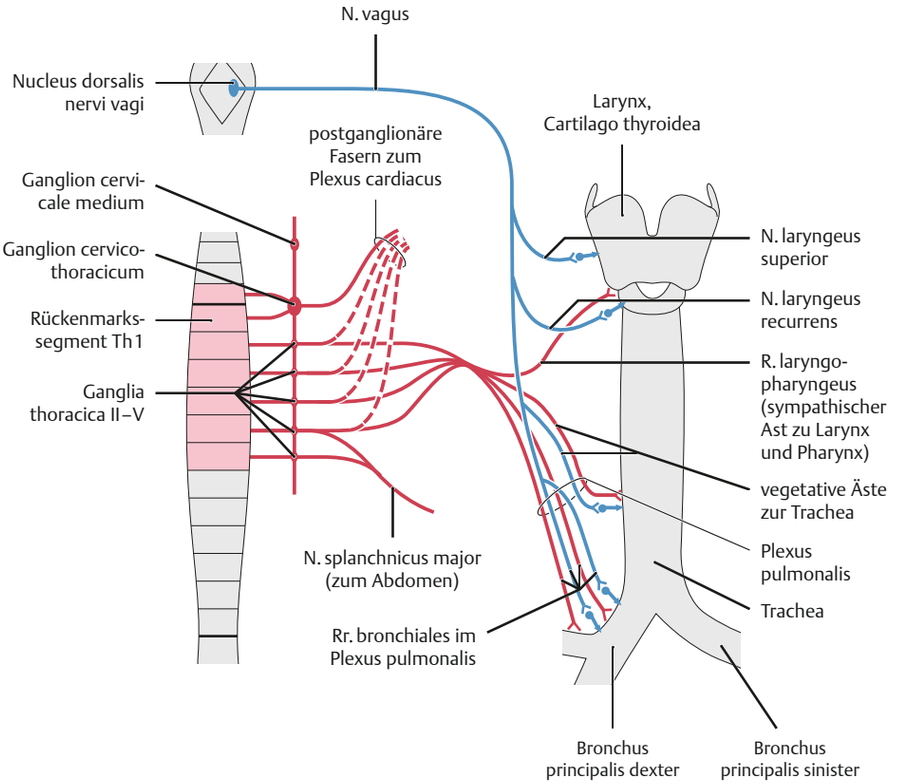
4.11 Innervation und Lymphabfluss von Trachea, Bronchialbaum und Lungen

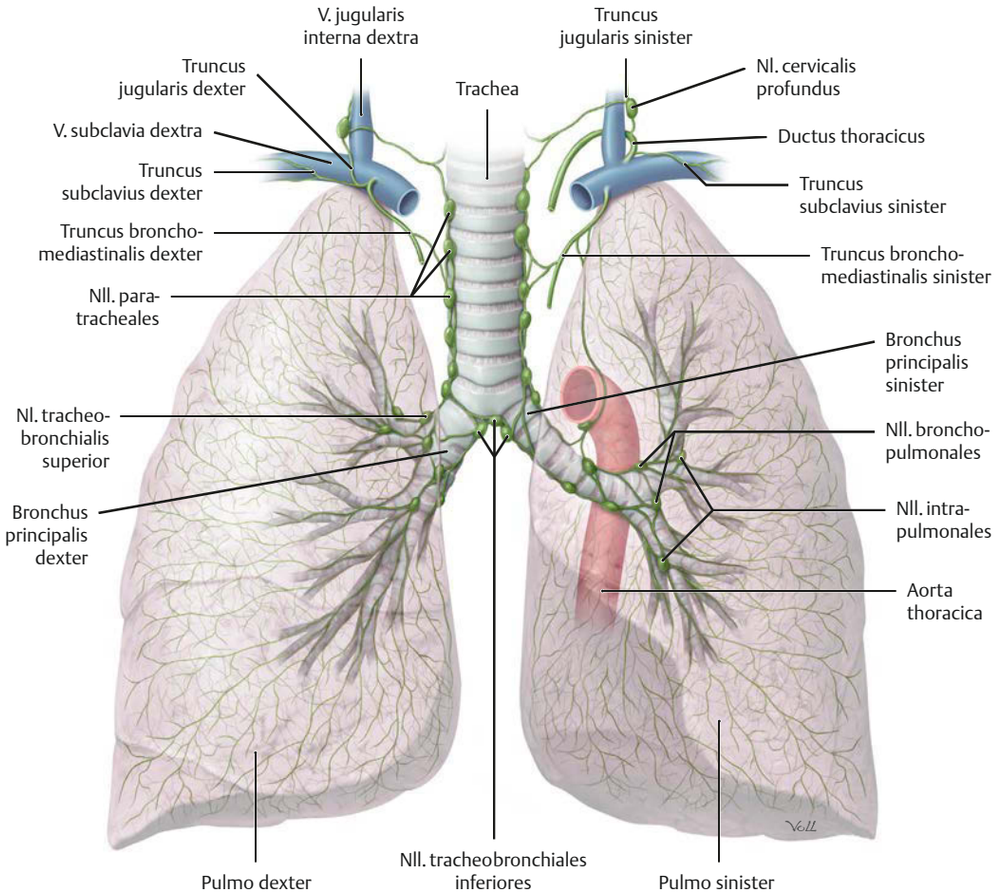
A Vegetative Innervation von Trachea und Bronchialbaum

Parasympathisch: Äste beider N. vagi ziehen im zervikalen Bereich meist über die Nn. laryngei recurrentes zur Trachea; im thorakalen Bereich strahlen sie als Rr. tracheales in den Plexus pulmonalis ein, der sich am Lungenhilum stark verzweigt.

Sympathisch: Wenige postganglionäre Fasern ziehen zur Trachea; zahlreiche Rr. pulmonales thoracici (postganglionäre Äste der Ganglia thoracica) strahlen in den Plexus pulmonalis ein.

Der Plexus pulmonalis reguliert Weite und Sekretionstätigkeit der Bronchien und beeinflusst die Weite der Pulmonalgefäße. Die Aktivierung des Parasympathikus führt zur Konstriktion (evtl. beim sog. Asthma bronchiale), die Aktivierung des Sympathikus zur Dilatation der Bronchien. Medikamente, die den Sympathikus aktivieren, weiten daher die Bronchien und können bei der Therapie des akuten Asthma bronchiale eingesetzt werden. Die vegetative Beeinflussung der Pulmonalgefäße führt dazu, dass Lungenabschnitte durch Steuerung der Gefäßweite unterschiedlich stark durchblutet werden. So kann die Durchblutung in (bei flacher Atmung) schlecht ventilierten Lungenabschnitten stark reduziert werden.

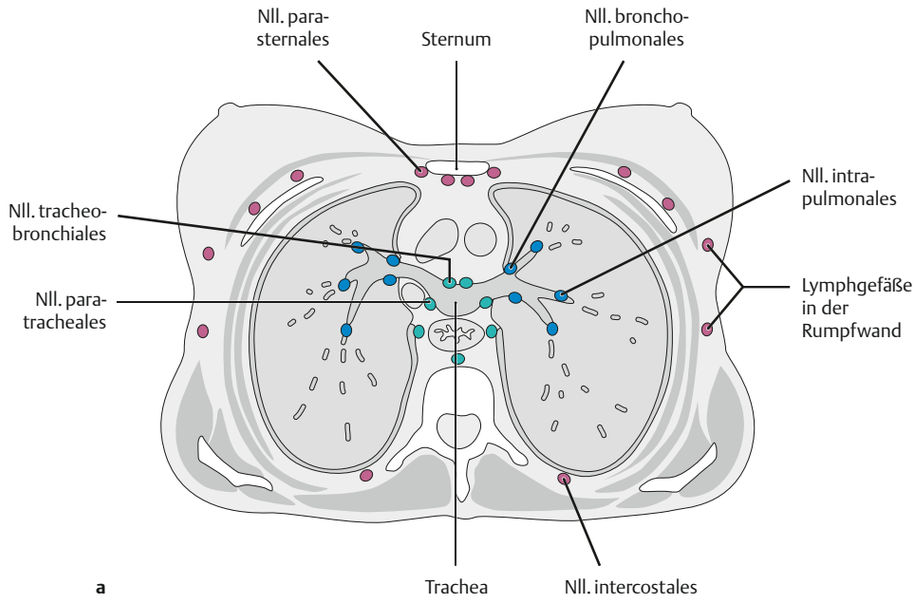


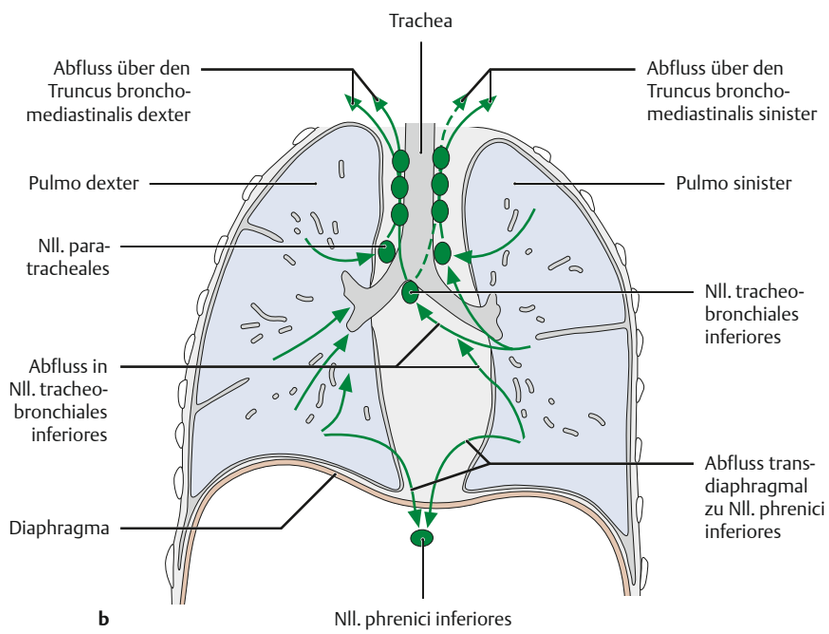


B Lymphknoten von Trachea, Bronchien und Lungen

Ansicht von ventral. In der Reihenfolge des Lymphabflusses von innen nach außen unterscheidet man:

- in der Lunge: Nll. intrapulmonales im Lungengewebe und an den Abgangsstellen der Segmentbronchien; Nll. bronchopulmonales an der Aufteilung der Lappenbronchien;
- außerhalb der Lunge: Nll. tracheobronchiales inferiores und superiores an der Bifurcatio tracheae und an beiden Hauptbronchien sowie Nll. paratracheales beidseits der Trachea.





C Lymphabfluss von Lungen, Bronchialbaum und Trachea

a u. **b** Ansicht von kranial bzw. ventral (Horizontal- bzw. Frontalschnitt). Der Lymphabfluss aus *Lungen und Bronchien* erfolgt über zwei getrennte Netze zarter Lymphgefäße (s. **b**):

- *peribronchiales Netz*, orientiert sich an der Aufzweigung des Bronchialbaums (s. S. 143), nimmt Lymphe von Bronchien und dem größten Teil der Lungen auf,
- *subpleurales Netz* (kleiner) am Lungenrand, nimmt Lymphe peripherer Lungenbezirke sowie der Pleura *visceralis* auf. Die Pleura *parietalis* (Teil der Thoraxwand!) leitet ihre Lymphe in Thoraxwandlymphknoten (Nll. intercostales, Nll. parasternales)!

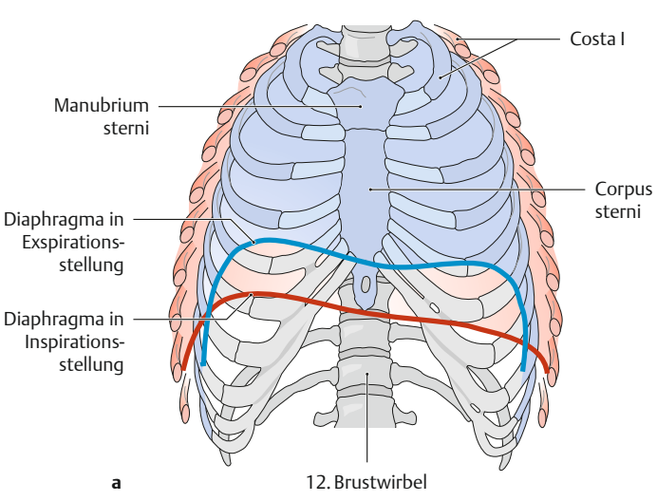
Beide Netze verbinden sich am Lungenhilum und führen die Lymphe nach *kranial* letztendlich in die Nll. tracheobronchiales (tiefe Gewebeabschnitte können die Lymphe erst in die Nll. intrapulmonales leiten oder in die Nll. bronchopulmonales; der Abfluss der Lunge insgesamt erfolgt aber über die Nll. tracheobronchiales). Von den Nll. tracheobronchiales fließt die Lymphe in die Nll. paratracheales und die Trunci bronchomediastinales, die selbstständig oder gemeinsam mit den Ductus thoracicus und lymphaticus dexter in die Venenwinkel münden.

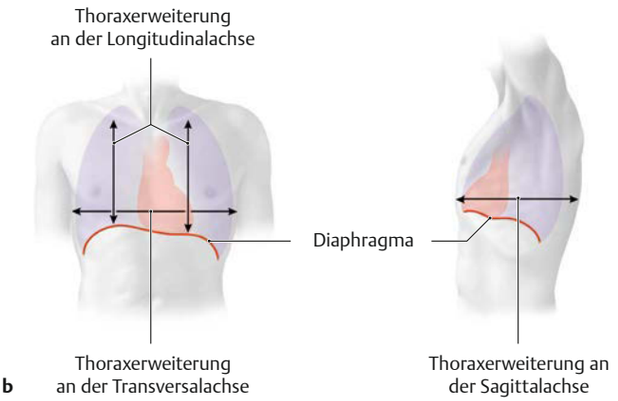
Beachte: Lymphe des *linken* Unterlappens kann über Nll. tracheobronchiales (inferiores) auch an den rechten Truncus bronchomediastinalis Anschluss gewinnen. *Beide* untere Lungenlappen können außer dem kranialen noch einen kaudalen Weg nutzen: in die Nll. phrenici superiores oder (durch das Diaphragma hindurch) inferiores.

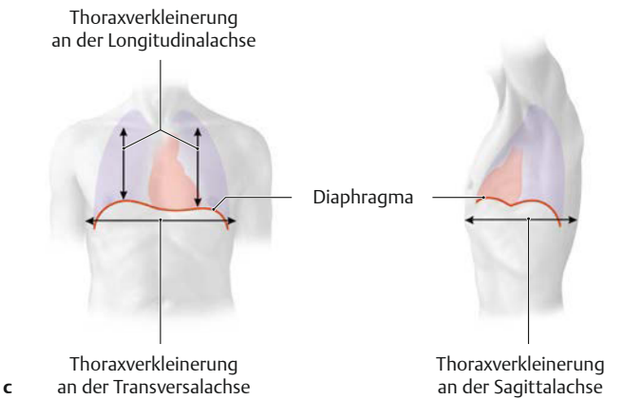
Die **Trachea** leitet ihre Lymphe in die Nll. paratracheales, von dort entweder direkt oder über die Nll. bronchomediastinales in den Truncus jugularis.

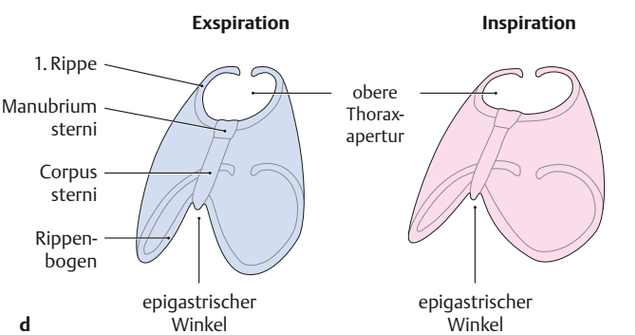
Beachte: Klinisch werden tracheobronchiale Lymphknoten, die sehr nahe am Lungenhilum liegen, als „Hilumlymphknoten" bezeichnet. Ihre Vergrößerung bei Krankheitsprozessen kann ggf. mit bildgebenden Verfahren erkannt werden.

4.12 Atemmechanik









A Grundlagen der Atemmechanik

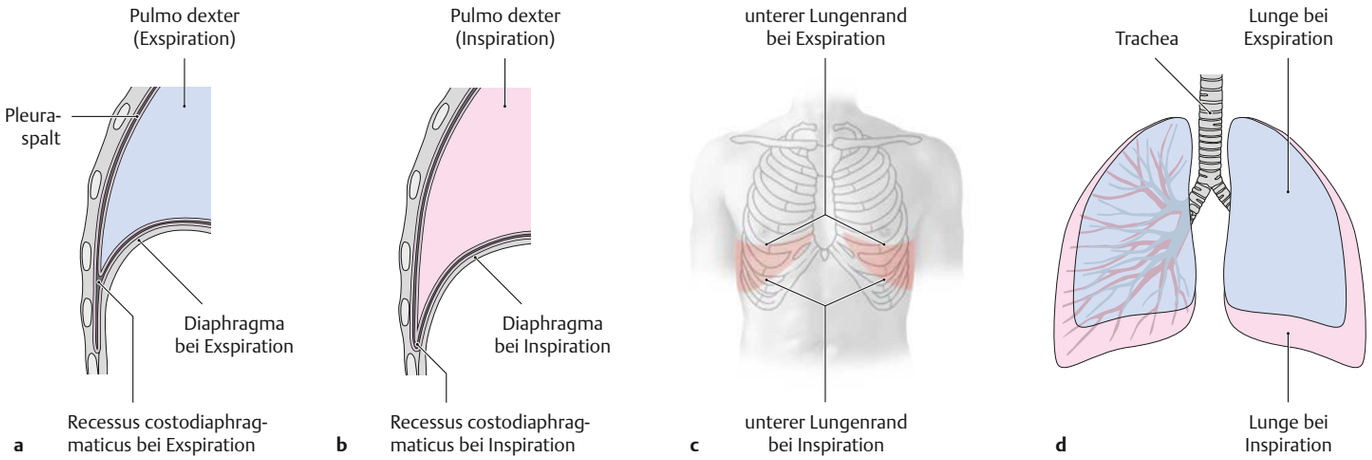
Mechanische Grundlage für die äußere Atmung (im Gegensatz zur inneren Atmung der Zellen und Gewebe) ist der rhythmische Wechsel von Vergrößerung und Verkleinerung des Thorax- und damit des Lungenvolumens. Die Vergrößerung des Lungenvolumens führt zur Senkung des Drucks in der Lunge: Luft wird eingesaugt (Inspiration). Die Verkleinerung des Lungenvolumens führt zur Erhöhung des Drucks in der Lunge: Luft wird hinausgepresst (Exspiration). Entgegen einem häufigen Missverständnis wird bei der Atmung also nicht Luft in die Lungen gepumpt, sondern durch Erzeugung intrapulmonalen Unterdrucks eingesaugt („Blasebalgwirkung"). Rippen, Thoraxmuskeln (v. a. die Interkostalmuskeln) und Zwerchfell sowie die elastischen Fasern in der Lunge wirken bei der Atmung folgendermaßen zusammen:

- Bei Bewegung in die **Inspirationsstellung** (rot) werden die Rippen durch die Interkostalmuskeln (v. a. Mm. intercostales externi) und die Mm. scaleni angehoben. Da die Rippen gekrümmt sind und schräg von oben nach unten verlaufen, verbreitert sich der Thorax durch dieses Anheben sowohl zur Seite hin („zu den Flanken") als auch nach vorne. Gleichzeitig werden die Zwerchfellkuppeln durch Kontraktion abgesenkt (rote Zwerchfellkontur in **a**), so dass sich der Thorax auch nach unten erweitert. Zudem vergrößert sich der epigastrische Winkel (s. **d**). Durch diese Vorgänge erweitert sich das Thoraxvolumen insgesamt.
- Bei Bewegung in die **Exspirationsstellung** (blau) wird der Thorax in alle Raumrichtungen wieder verkleinert, das Thoraxvolumen vermindert sich. Dieser Vorgang erfordert keine weitere Muskelenergie: Die inspiratorisch tätigen Muskeln erschlaffen, die Lunge zieht sich wieder zusammen, indem die zahlreichen bei der Inspiration gedehnten elastischen Fasern des Lungenbindegewebes die in ihnen gespeicherte Dehnungsenergie wieder abgeben. Nur bei forcierter Ausatmung senken exspiratorisch wirksame Muskeln (v. a. Mm. intercostales interni) den knöchernen Thoraxrahmen (schneller und in höherem Ausmaß als dies durch die elastischen Fasern alleine möglich wäre) aktiv ab.

B Atemmuskeln

Inspiratorisch wirksam	Exspiratorisch wirksam
Mm. scaleni	Mm. intercostales interni
Mm. intercostales externi	M. transversus thoracis
Mm. intercartilaginei	M. subcostalis
Mm. serrati posteriores superiores und inferiores	
Diaphragma	

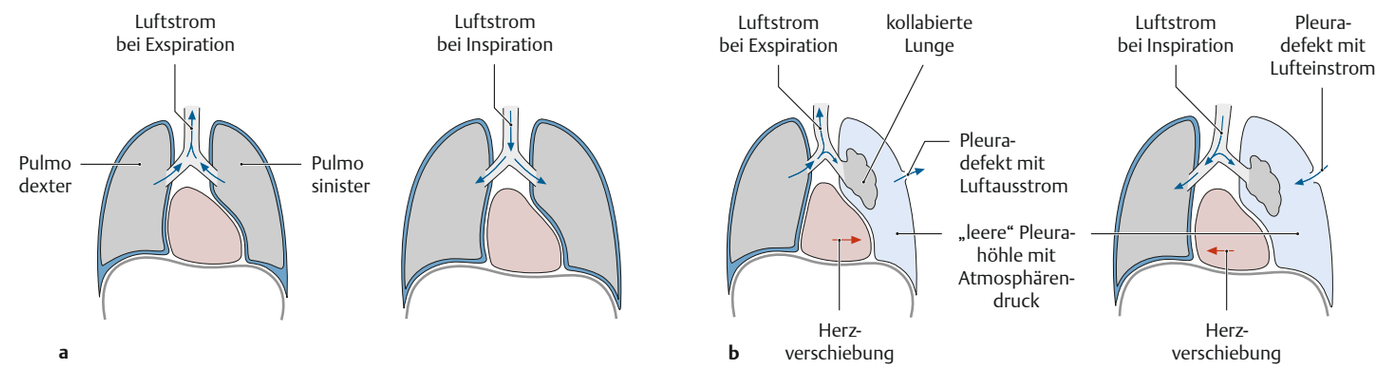
Die Schultergürtelmuskeln, deren primäre Aufgabe die Bewegung des Schultergürtels ist, können bei fixierter oberer Extremität (Aufstützen des Armes) den Thorax, an dem sie entspringen, heben und weiten und so als sog. Atemhilfsmuskeln bei forcierter Atmung (Atemnot!) tätig werden.



C Respiratorische Änderung des Lungenvolumens

a–c Respiratorische Verkleinerung und Vergrößerung der Lunge: Die Lunge wird über die Kapillarkraft im Pleuraspalt gleichsam an die Wand der Pleurahöhle „geklebt". Dadurch ist sie gezwungen, den Volumenänderungen des Thorax zu folgen. Besonders deutlich wird dies an den Recessus pleurae, also an den Stellen, an denen die Lunge in Atemmittellage nicht ganz in den Pleuraspalt hineinragt (s. S. 141). Durch die Abflachung der Zwerchfellwölbung bei Inspiration (s. **A**) wird der Recessus costodiaphragmaticus erweitert und die Lunge in den so frei werdenden Raum gleichsam hineingesaugt, ohne ihn allerdings je vollständig auszufüllen, bei Exspiration zieht sie sich aus dem Recessus wieder etwas zurück. Die respiratorische Volumenänderung am Recessus costodiaphragmaticus führt zu einer erheblichen Verschiebung der unteren Lungenränder (**c**).

d Respiratorische Verschiebung des Bronchialbaums: Im Rahmen der respiratorischen Volumenschwankungen verschiebt sich innerhalb der Lunge der ganze Bronchialbaum. Diese strukturellen Verschiebungen sind umso ausgeprägter, je weiter der Bronchialbaumanteil von Hilum pulmonis entfernt ist.

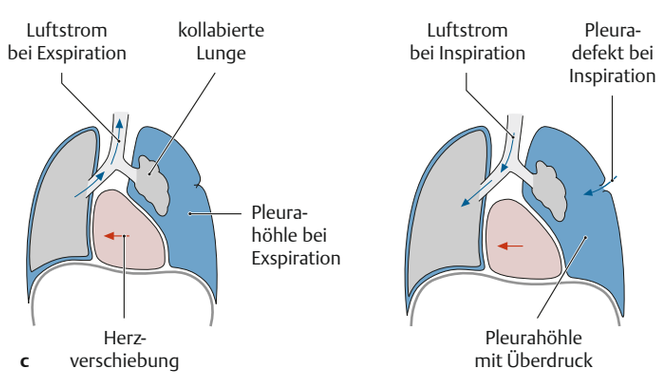


D Veränderung der Atemmechanik beim Pneumothorax

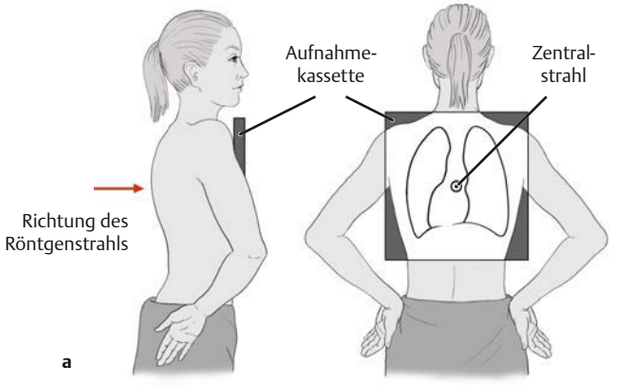
a Normale Atemmechanik: Der Pleuraspalt ist nach allen Seiten dicht verschlossen.

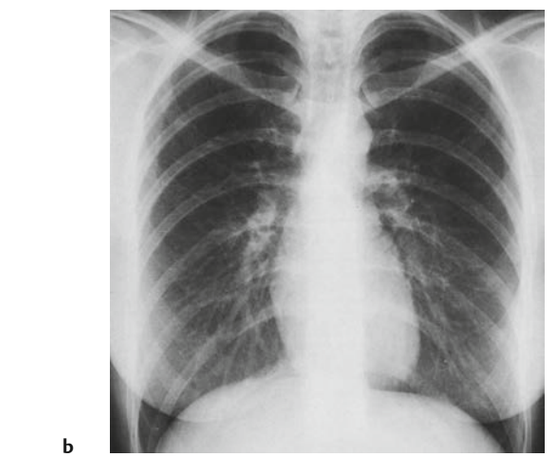
b Pneumothorax: Durch eine Verletzung der parietalen Pleura links ist von außen Luft in den Pleuraspalt eingedrungen. Die mechanische Wirkung des kapillären Pleuraspaltes (s. **C**) ist aufgehoben, die linke Lunge aufgrund der Eigenelastizität ihres Bindegewebes kollabiert. Sie nimmt nicht mehr an der Atmung teil. Nur noch die rechte – intakte – Pleurahöhle ist atemmechanisch aktiv. Bei Einatmung wird Luft in die eröffnete Pleurahöhle gesaugt, bei Ausatmung wieder hinausgedrückt. Da in der rechten Pleurahöhle noch normale respiratorische Druckschwankungen vorherrschen, links aufgrund des Defektes aber nicht mehr, kommt es zu atemsynchronen Rechts-Links-Bewegungen des Mediastinums (sog. Mediastinalflattern).

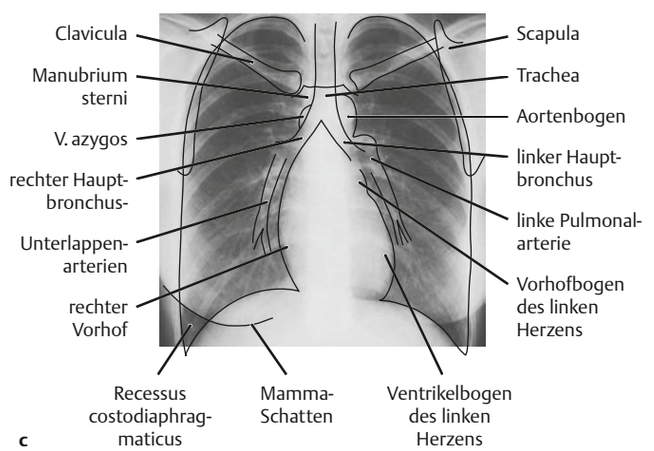
c Spannungspneumothorax (Ventilpneumothorax): Traumatisch losgelöstes und verschobenes Gewebe bedeckt den Defekt in der Pleurahöhle von der Innenseite wie eine „verschiebbare Wand" (Kulisse) und verhindert das Ausströmen von Luft. Luft passiert den Defekt nur noch in eine Richtung: nach innen. Dies führt dazu, dass die Pleurahöhle bei jedem Atemzug eine kleine Menge Luft an der Kulisse vorbei ansaugt, diese Luft aber nicht mehr entlässt. Nach und nach wird die Pleurahöhle aufgepumpt („Fahrradventilmechanismus"). Das Mediastinum wird allmählich zur gesunden Seite hin verschoben (sog. Mediastinalverschiebung), was zu einem Abknicken der herznahen Gefäße führen kann. Der Spannungspneumothorax verläuft ohne Therapie immer tödlich.



4.13 Röntgenanatomie der Lunge und des Gefäßsystems





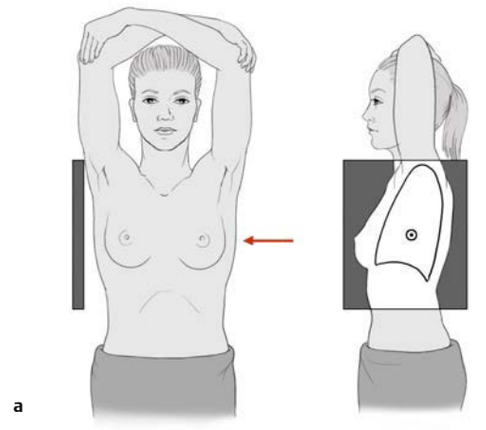


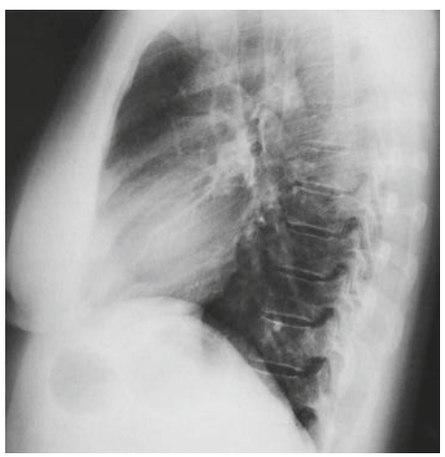
A Thoraxaufnahmen im sagittalen (posterior-anterioren, p. a.) Strahlengang (aus Lange, S.: Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2005)

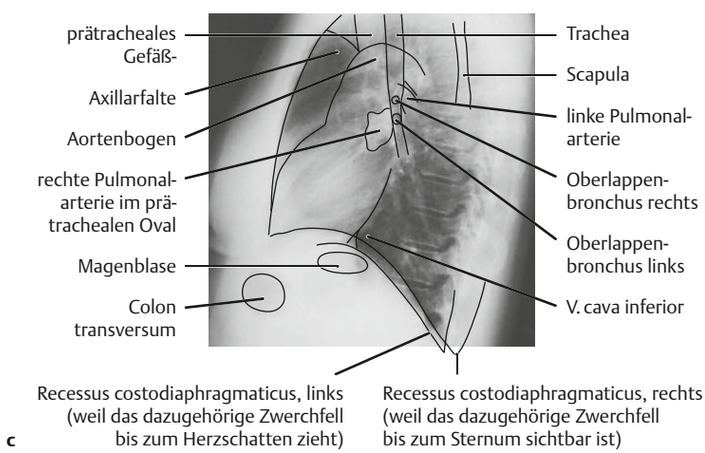
a Die vordere Brustwand des stehenden Patienten liegt der Aufnahmekassette an (der Röntgenstrahl „durchdringt" den Patienten von hinten nach vorne; Zentralstrahl auf Höhe des 6. Brustwirbels). Die Aufnahmen erfolgen bei geöffnetem Mund in inspiratorischem Atemstillstand. Die Handrücken sind in die Hüfte gestützt, die Ellenbogen nach vorne gedreht;

b posterior-anteriore Röntgenaufnahme (p. a.-Röntgenbild);

c Erklärung der darstellbaren Strukturen.





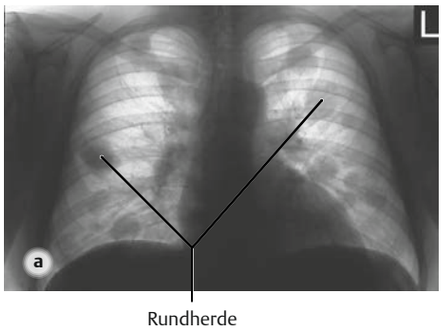


B Thoraxaufnahme im seitlichen Strahlengang (aus Lange, S.: Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2005)

a Der Brustkorb des stehenden Patienten liegt der Aufnahmekassette links- bzw. rechtsseitig an. Beide Arme werden über den Kopf angehoben. Der Zentralstrahl trifft den Körper handbreit unter der linken (rechten) Achselhöhle;

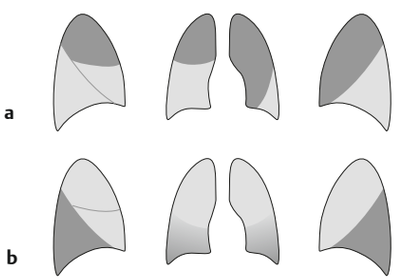
b seitliche Röntgenaufnahme;

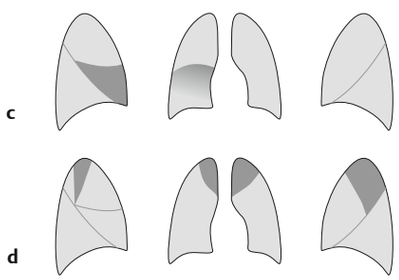
c Erklärung der darstellbaren Strukturen.



C Befundterminologie konventioneller Röntgenaufnahmen (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006)

Die Befundterminologie konventioneller Röntgenaufnahmen entstammt der Ära der *Schirmbilddurchleuchtung.* Auf den damals verwendeten fluoreszierenden Leuchtschirmen stellten sich Regionen mit starker Strahlenabsorption, z. B. das Herz oder Knochenstrukturen, aber auch Lungenmetastasen (sog. Rundherde), aufgrund der schwächeren Lichtemission als *Verschattung* dar (**a**). Auf heutigen Röntgenaufnahmen (**b**) entsteht ein im Vergleich zum Leuchtschirm umgekehrter Kontrast (Negativbild): Die *Aufhellung* (eine Region geringer Absorption) erscheint als dunkle Zone, die *Verschattung* (eine Region starker Absorption) als heller Bezirk.

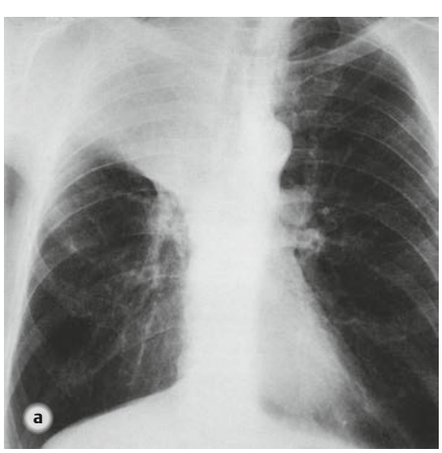


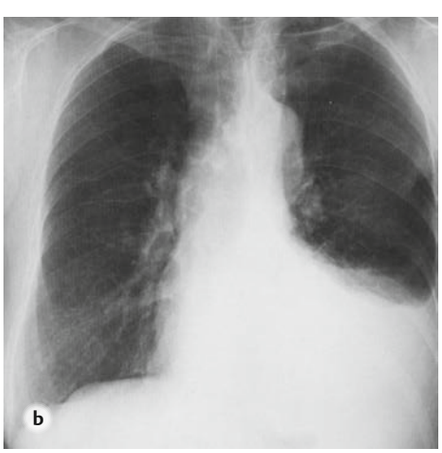


D Verschattungen bei Lungenerkrankungen Ansicht der rechten und linken Lunge jeweils von lateral und ventral.

a Verschattung beider Oberlappen; **b** Verschattung beider Unterlappen; **c** Verschattung des Mittellappens (rechts); **d** Verschattung von apikalen Segmenten beidseits.

Solche Verschattungen, die die Grenzen der Segmente berücksichtigen, sind fast immer auf eine Entzündung der Lunge zurückzuführen.

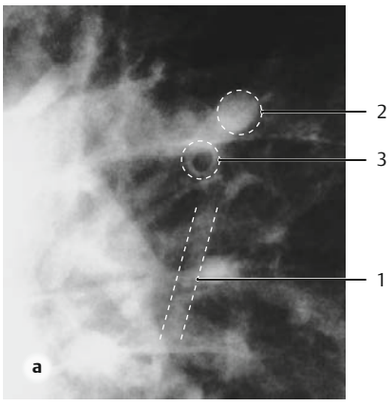


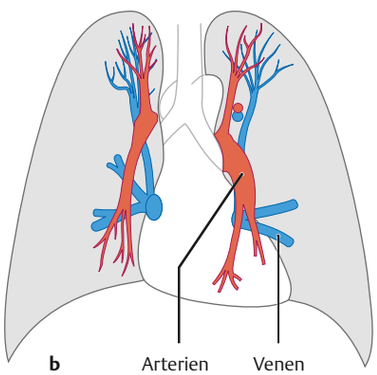


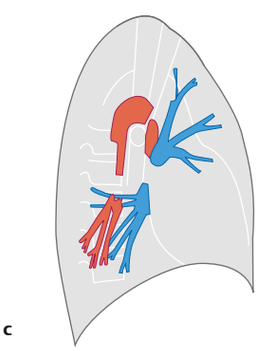
E Verschattungen der Lunge im a. p.-Strahlengang (aus Lange, S.: Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2005)

a Oberlappenatelektase rechts durch Verlegung des rechten oberen Lappenbronchus bei zentralem Bronchialkarzinom. Dadurch kommt es zu einer verminderten Belüftung im entsprechenden Oberlappen und nachfolgendem Kollaps des Lungengewebes;

b basaler Pleuraerguss links, durch den es zu einer Verschattung des gesamten lateralen Recessus costodiaphragmaticus kommt. Die Verschattung steigt nach lateral an, ist zur Lunge konkav ausgerichtet und hält sich nicht an Lappengrenzen.







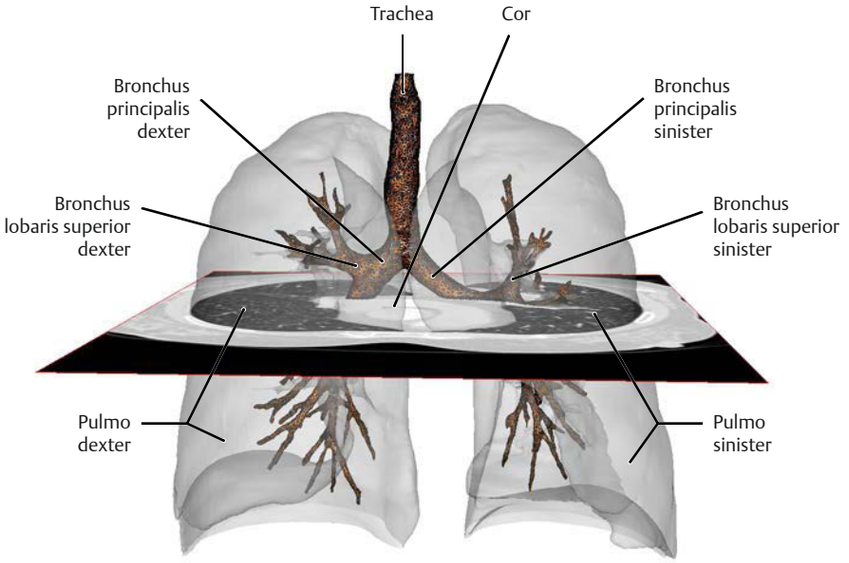
F Lungengefäße im Röntgenbild (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006)

a Hilumnaher Ausschnitt einer a. p.-Thoraxaufnahme: Man erkennt ein längs (1) und ein quer (2) getroffenes Gefäß sowie einen quer getroffenen Bronchus (3). Thoraxwandnah, also weit in der Peripherie, kann man normalerweise keine Gefäßschatten mehr erkennen.

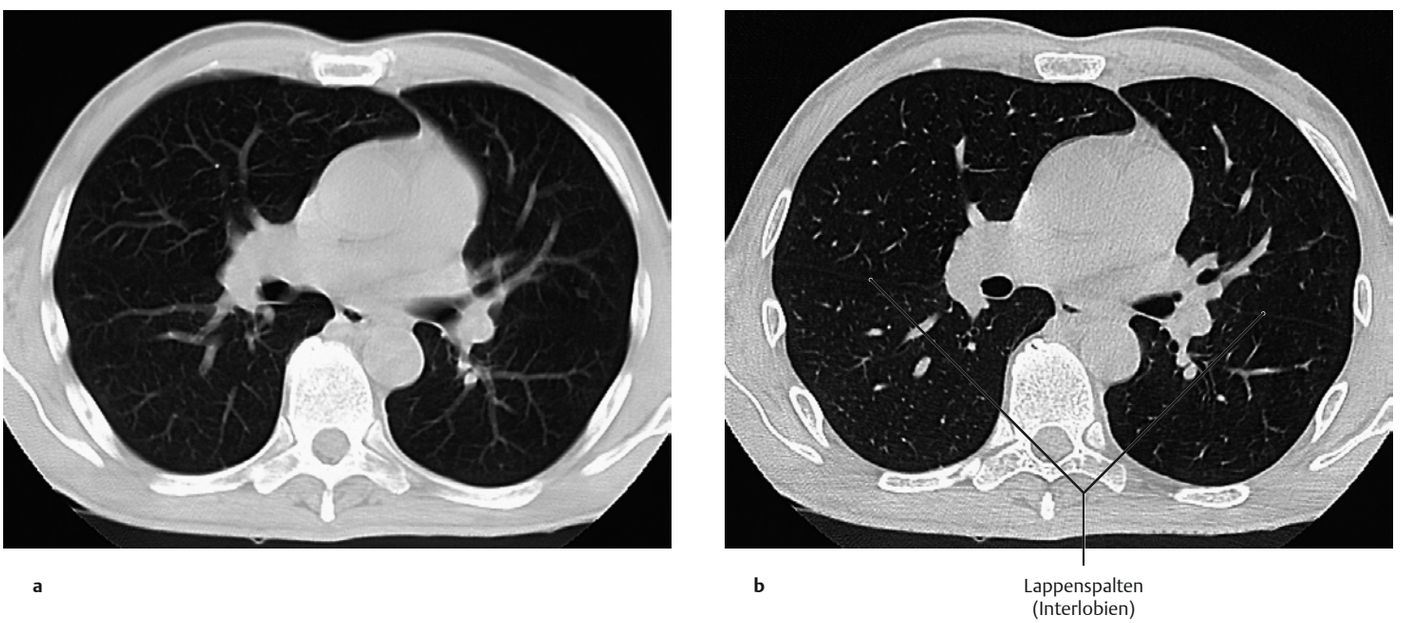
b Schema der Gefäßbündel im a. p.-Röntgenbild.
Beachte: Arterien verlaufen immer parabronchial; apikal verlaufen sie medial der Venen und basal kreuzen horizontal verlaufende Venen die Unterlappenarterien.

c Schema der Gefäßbündel im Seitenbild.
Beachte: Retrokardial verlaufen die Venen ventral der Arterien.

4.14 Computertomographie der Lunge

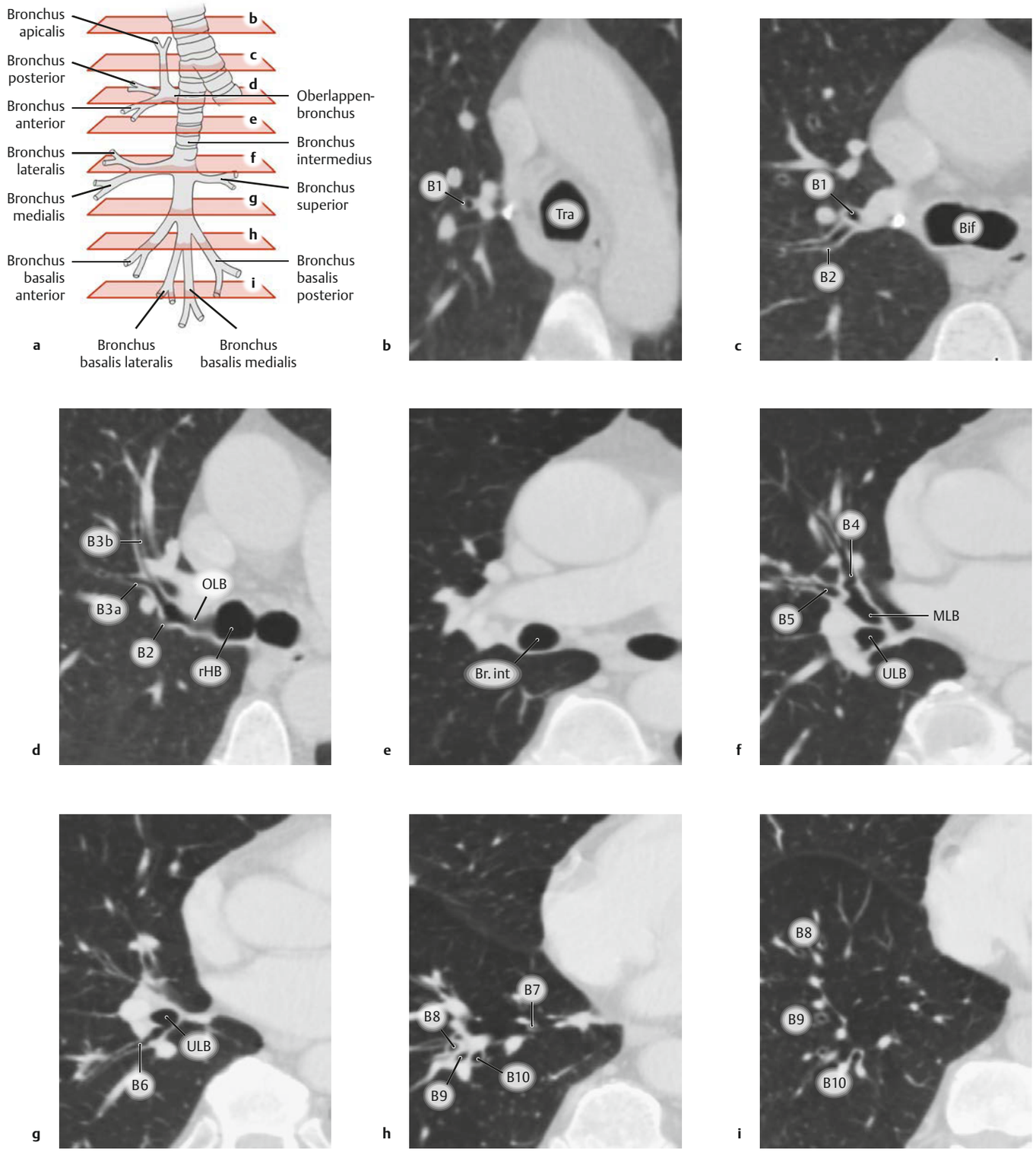


A Rekonstruktion des Bronchialbaums aus Schnittaufnahmen
Ansicht von ventral; Bronchialbaum tomografisch erfasst und aus den Einzelbildern dreidimensional rekonstruiert. Das Ergebnis ist eine räumliche Darstellung mit hoher optischer Auflösung. Zur Orientierung ist eine CT-Ebene des Thorax mit den „Anschnitten" von Herz und Lungen eingefügt. Im Gegensatz zu den früher oft durchgeführten Bronchografien (mit Kontrastmittelfüllung der Bronchien) ist diese Untersuchung nicht so belastend für den Patienten. Aufgrund der hohen Auflösung lassen sich auch kleinere Veränderungen im Bronchialbaum erkennen und räumlich genau zuordnen. Ein v. a. bei Rauchern häufiger bösartiger Tumor des Bronchialepithels, das Bronchialkarzinom, kann auf diese Weise genau lokalisiert werden.



a b

B CT-Darstellung der Lunge im Lungenfenster in Abhängigkeit von der Dicke der untersuchten Schicht (aus Lange, S.: Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2005)
Die Computertomographie ermöglicht eine überlagerungsfreie Darstellung der Lunge, des Mediastinum, der Pleura sowie der Thoraxwand in axialen Schichten. Hierbei dienen die Bronchien als Leitstruktur (s. auch **C**). Routinemäßig werden bei der konventionellen CT-Lungendiagnostik 8–10 mm breite Schichten untersucht (**a**), in denen die Gesamtheit des Gefäß- und Bronchialbaumes besser zu beurteilen ist. Bei der HR-CT (High-Resolution-CT) werden Schichtdicken von 1–3 mm untersucht (**b**). Die höhere Auflösung ermöglicht eine Darstellung der Interlobien sowie der sekundären pulmonalen Lobuli als kleinste Baueinheiten des Lungenparenchyms. Diese Technik wird v. a. dann eingesetzt, wenn nach Lungengerüsterkrankungen, Emphysemzonen und Bronchiektasen gefahndet wird.
Beachte: Horizontale (axiale) CT-Schnittbilder werden immer von kaudal aus betrachtet.

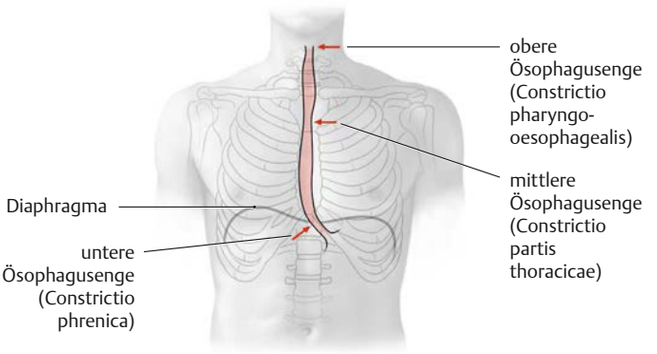


C Verzweigung des rechten Hauptbronchus

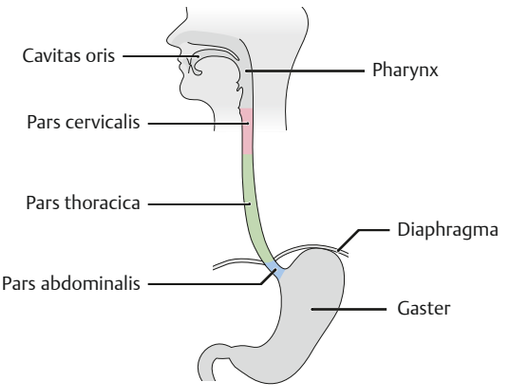
Tra	Trachea
Bif	Bifurkation
rHB	rechter Hauptbronchus
Br. int	Bronchus intermedius
OLB	Oberlappenbronchus
MLB	Mittellappenbronchus
ULB	Unterlappenbronchus
B1	Bronchus apicalis
B2	Bronchus posterior
B3	Bronchus anterior
B4	Bronchus lateralis
B5	Bronchus medialis
B6	Bronchus apicalis
B7	Bronchus basalis medialis
B8	Bronchus basalis anterior
B9	Bronchus basalis lateralis
B10	Bronchus basalis posterior

(aus: Lange, S.: Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2005)

5.1 Speiseröhre (Oesophagus): Lage und Gliederung

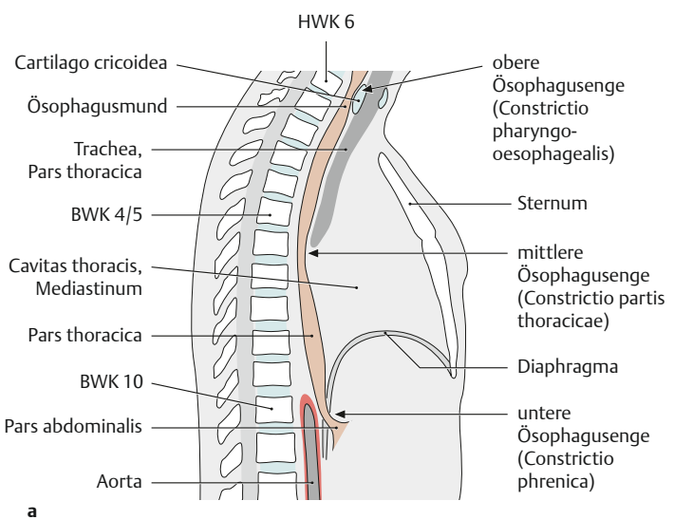


A Projektion auf den knöchernen Thorax
Ansicht von ventral. Der Oesophagus liegt v. a. im unteren Bereich etwas rechts der Medianlinie (verschoben durch die links von ihm liegende Aorta). Der Durchtritt durch das Zwerchfell erfolgt etwas unterhalb des Proc. xiphoideus sterni. Die Pfeile weisen auf die Lage der drei Ösophagusengen hin (s. **C**).

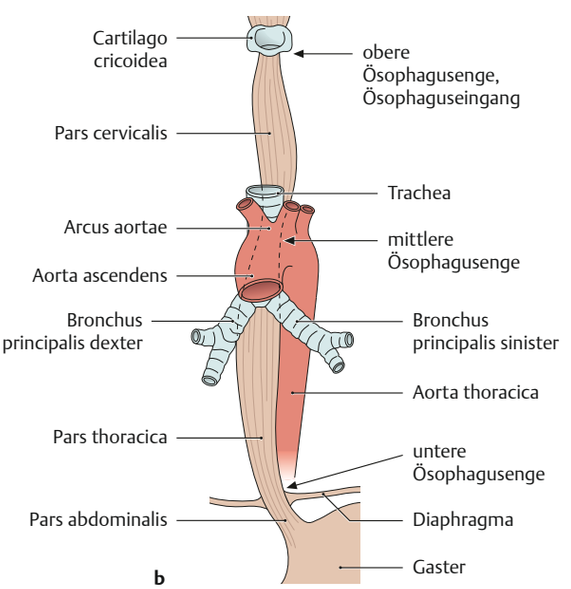


B Gliederung
Ansicht von ventral bei nach rechts gedrehtem Kopf (Bild nicht maßstabsgetreu). Der ca. 23–27 cm lange und 1–2 cm weite Oesophagus hat drei Abschnitte:

- Pars cervicalis: im Hals vor der Halswirbelsäule; von HWK 6 – BWK 1;
- Pars thoracica: im Mediastinum superius und im Mediastinum posterius; von BWK 1 bis zum Durchtritt durch das Zwerchfell (etwa BWK 11); längster Abschnitt;
- Pars abdominalis: in der Cavitas peritonealis; vom Durchtritt durch das Zwerchfell bis zum Mageneingang (Cardia); kürzester Abschnitt.



a

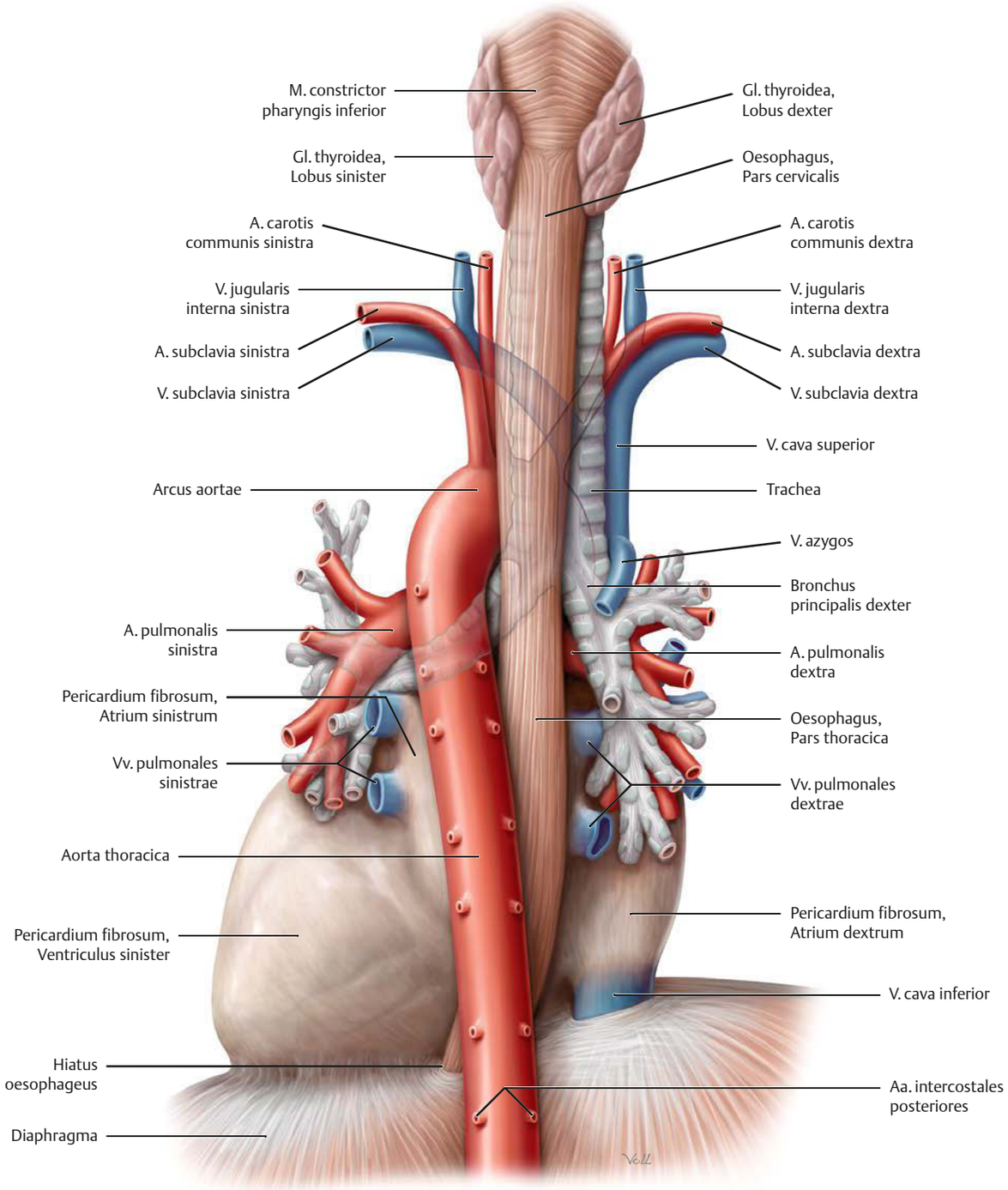


b

C Ösohagusengen und -krümmungen
Ansicht von rechts (**a**) und ventral (**b**).
Der Oesophagus hat drei **Engen**, die sich auf die Höhe bestimmter Rückenwirbel projizieren (**a**). Ursachen sind die enge Nachbarschaft zu Strukturen, die den Oesophagus von außen einengen (z. B. Aorta thoracica) sowie funktionelle Verschlussmechanismen (untere Enge, vgl. S. 167). Beim Einführen eines Gastroskopes sind diese Engen erkennbar und müssen vorsichtig überwunden werden (normale Weite des Oesophagus ca. 20 mm):

- obere Enge (Constrictio pharyngooesophagealis, 14–16 cm ab der Zahnreihe): entspricht dem Ösophagusmund in der Pars cervicalis (s. S. 166); Verlauf des Oesophagus hinter der Cartilago cricoidea (HWK 6); maximale Weite ca. 14 mm;
- mittlere Enge (Constrictio partis thoracicae, 25–27 cm ab der Zahnreihe): Verlauf des Oesophagus (Pars thoracica) rechts des Aortenbogens und der Aorta thoracica (Aortenenge; BWK 4/5); maximale Weite 14 mm;
- untere Enge (Constrictio phrenica, 36–38 cm ab der Zahnreihe): Durchtritt durch das Zwerchfell, Beginn der Pars abdominalis (Zwerchfellenge: BWK 10); funktioneller Verschluss des Oesophagus durch Muskulatur und Venen der Ösophaguswand. Die Pars abdominalis ist außerhalb des Schluckaktes permanent verschlossen (s. S. 167); maximale Weite auch bei 14 mm.

Neben den Engen weist der Oesophagus typische **Krümmungen** auf (**b**): eine obere und untere nach links (in der Pars cervicalis bzw. abdominalis) sowie eine mittlere nach rechts (in der Pars thoracica, bedingt durch die Nähe zur Aorta thoracica). Zudem ist der Oesophagus in der Sagittalebene leicht konkav nach ventral gebogen, da er dem Verlauf der Wirbelsäule (Brustkyphose) folgt (**a**).

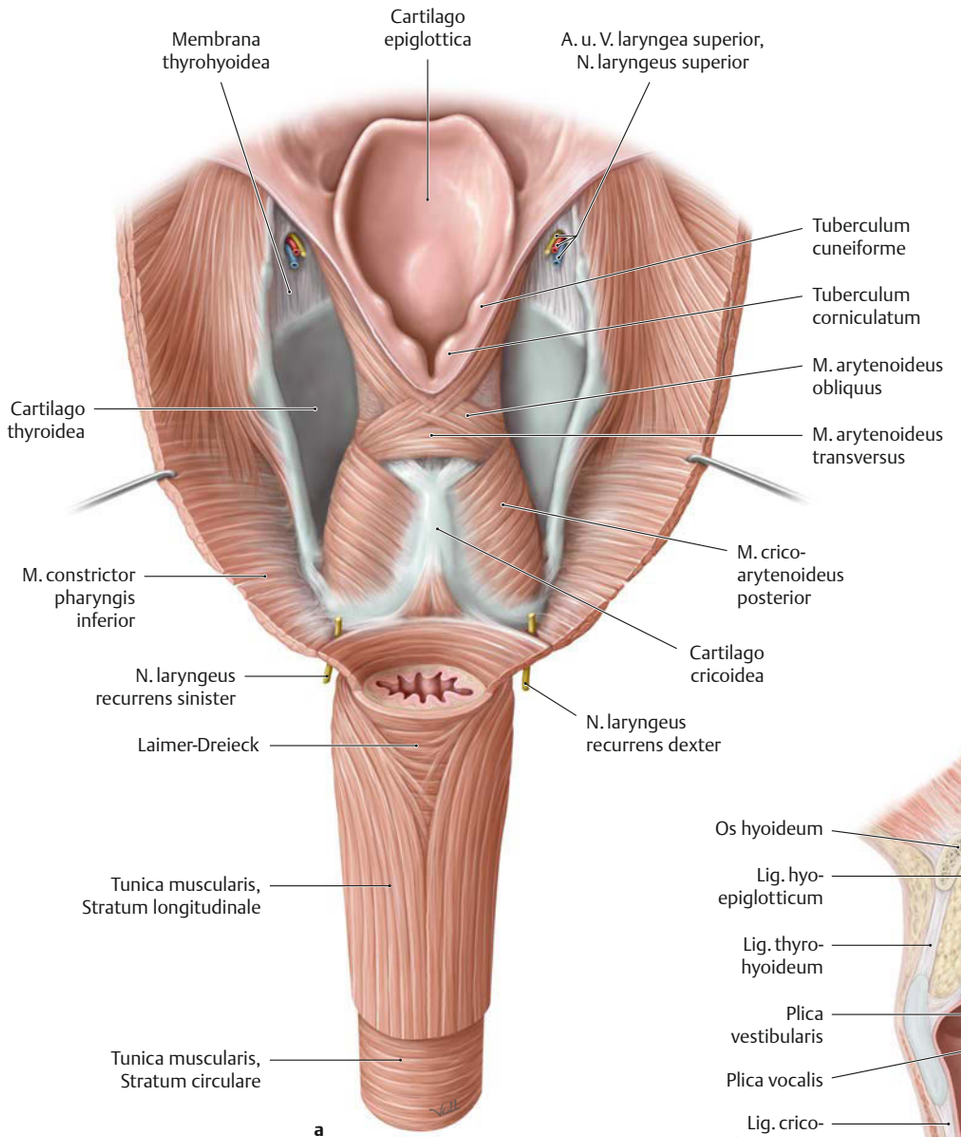


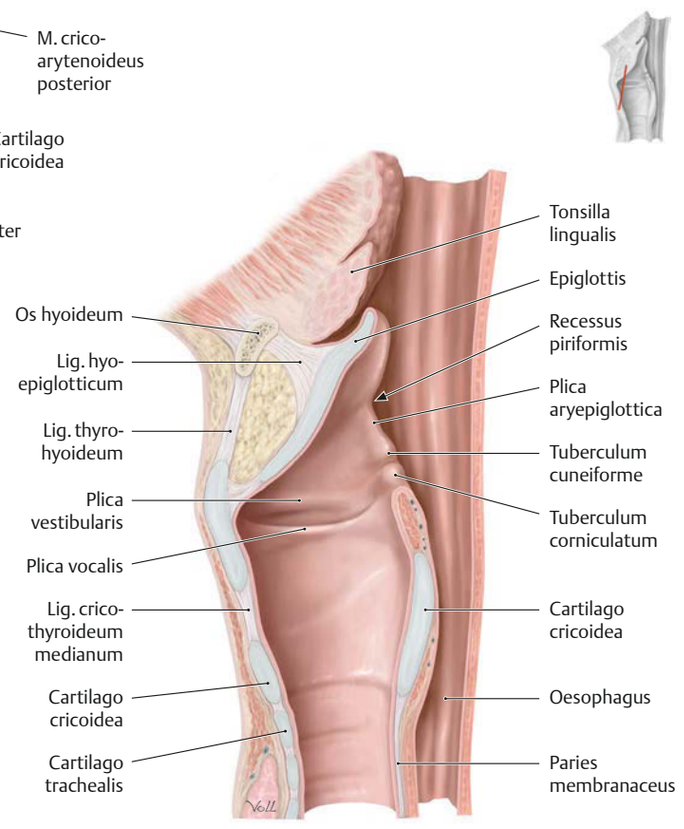
D Topografische Beziehungen in der Ansicht von dorsal

„Organpaket" aus Herzbeutel, großen Gefäßen, Trachea und Oesophagus: Die enge topografische Beziehung des Oesophagus zum linken Herzvorhof (Atrium sinistrum) und zur Aorta thoracica wird sichtbar. Da das Herz asymmetrisch im Thorax liegt, sind die rechten Pulmonalvenen näher am Oesophagus als die linken. Der Oesophagus zieht zunächst rechts der Aorta nach kaudal, kommt jedoch direkt oberhalb des Zwerchfells ventral der Aorta zu liegen, bevor er durch den Hiatus oesophageus des Zwerchfells in die Abdominalhöhle tritt (vgl. Engstellen, s. **C**). Über sein Bindegewebe ist der Oesophagus in das Bindegewebe des Mediastinum leicht verschiebbar eingebaut (wichtig für den Schluckakt). Eine gewisse Stabilität erhält er durch die Befestigung seiner Vorderwand an der Rückwand der Trachea, ebenfalls durch zahlreiche Bindegewebszügel.

Beachte: Die Trachea entsteht aus einer Knospe des Oesophagus. In einer sehr frühen Embryonalphase existiert somit eine offene Verbindung zwischen Trachea und Oesophagus. Bleibt ihr physiologischer Verschluss aus, resultiert eine sog. Ösophagotrachealfistel. Durch die offene Verbindung können Speisen in die Trachea und die Lunge gelangen, was schon bei Neugeborenen zu rezidivierenden Lungenentzündungen führen kann.

5.2 Oesophagus: Ein- und Ausgang, Öffnung und Verschluss

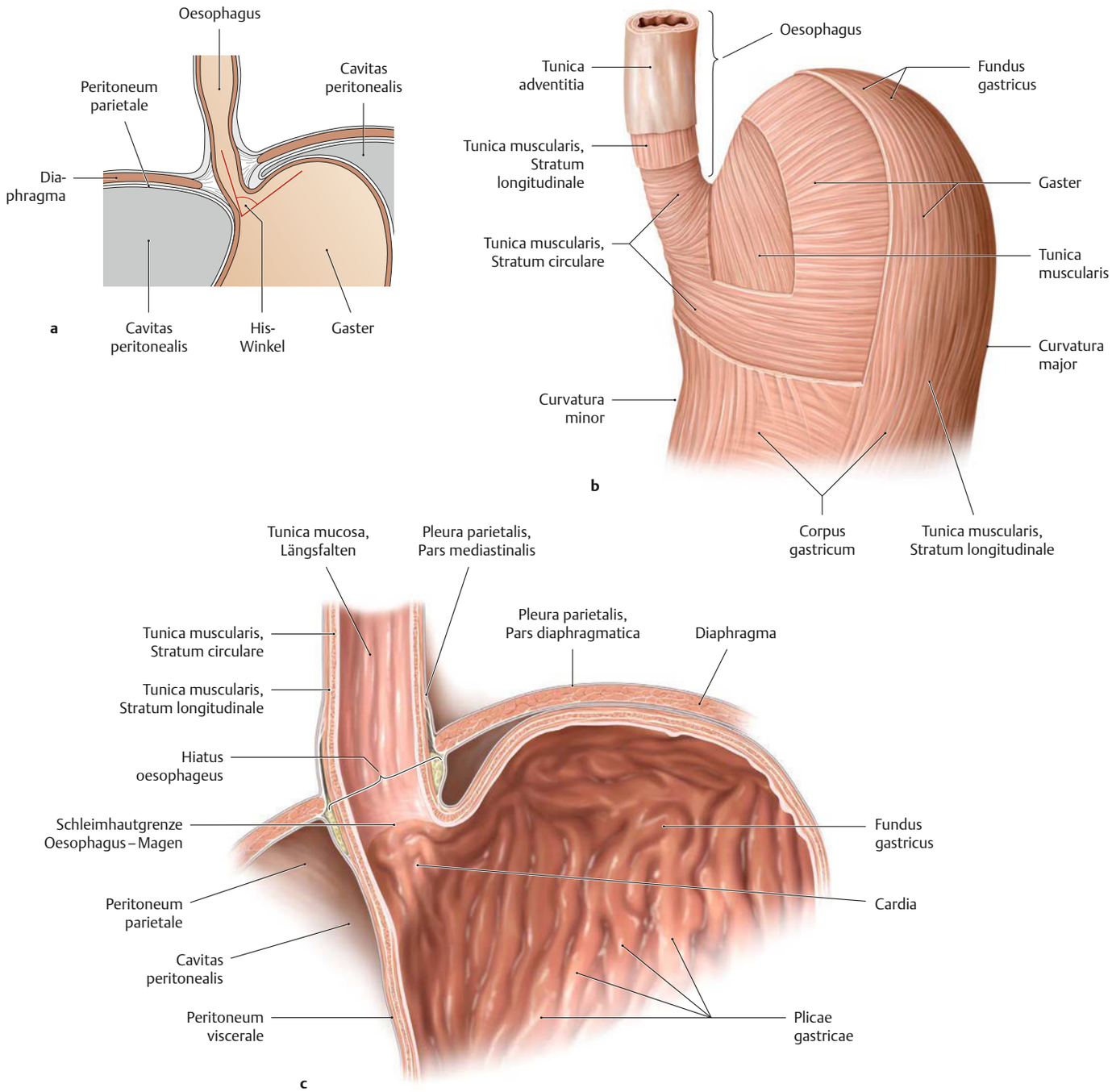




A Ösophaguseingang (Ösophagusmund)

a Ansicht von dorsal; muskuläre Hinterwand des Pharynx durchtrennt und seitlich aufgeklappt, oberster Ösophagusabschnitt dorsal ebenfalls aufgetrennt. Am Übergang der ösophagealen Längsmuskulatur in die Pharynxmuskulatur ist im dorsalen Bereich des Oesophagus die Längsmuskulatur dünn bzw. nicht am ganzen Ösophagusumfang ausgebildet (sog. Laimer-Dreieck). So entsteht eine Schwachstelle in der muskulären Wand, durch die sich Divertikel vorwölben können (s. S. 169). Der Oesophagus ist auf dieser Abbildung in der Nähe des Ösophagusmundes mit einem sternförmigen, erweiterten Lumen dargestellt, also während des Schluckaktes. Außerhalb des Schluckaktes ist die Öffnung des Ösophagusmundes meist ein quergestellter Spalt. Die Muskulatur des obersten Ösophagusabschnittes besteht in Fortsetzung der (quergestreiften) Pharynxmuskulatur aus quergestreiften Fasern, die nach kaudal durch glatte Muskulatur abgelöst werden (hier nicht sichtbar).

b Mediansagittalschnitt, Ansicht von links. In der Seitenansicht ist nicht nur der Muskel, sondern auch die Schleimhaut des Oesophagus zu erkennen. Zudem wird die Ausdehnung der Speiseröhre nach dorsal sichtbar und somit auch die Größenrelation von Oesophagus zu Kehlkopf. Auch die Ösophagusenge hinter der Cartilago cricoidea ist hier gut zu sehen.

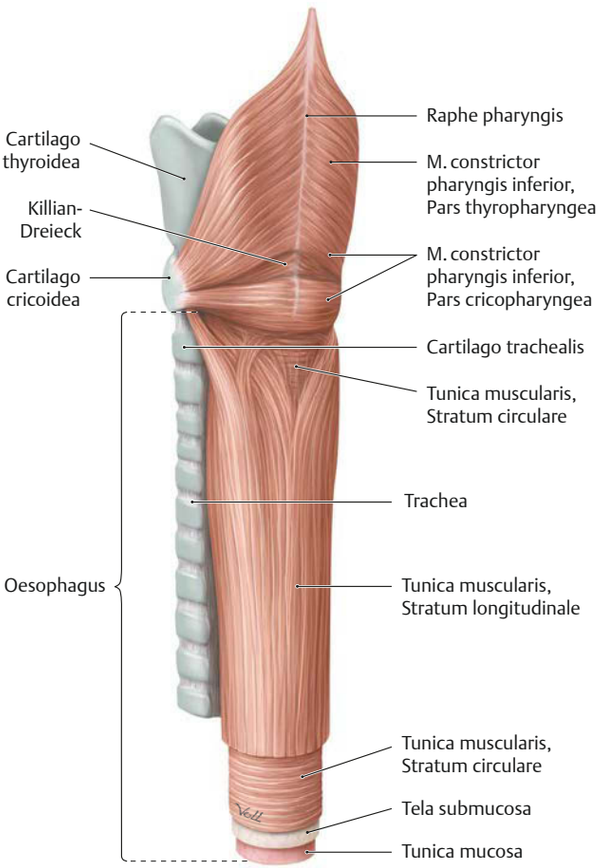


B Ösophagusausgang und -verschluss

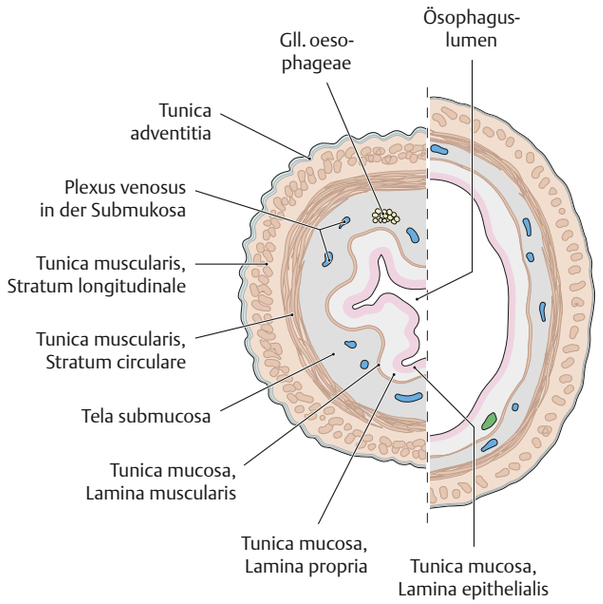
Der funktionelle Verschluss des Ösophagusausgangs ist ein wichtiger Mechanismus, um außerhalb des Schluckaktes den sog. gastroösophagealen Reflux von Mageninhalt, insbesondere Salzsäure, zu verhindern. Denn im Unterschied zur Magenschleimhaut ist die Ösophagusschleimhaut nicht gegen den Einfluss der Salzsäure geschützt: Ist sie wiederholt der Salzsäure ausgesetzt, kann dies zu einer Entzündung des Oesophagus führen (sog. *Reflux-Ösophagitis*). Frühe (und eher milde) Formen eines solchen Refluxes („Sodbrennen") zeigen sich oft in retrosternalen brennenden Schmerzen, die besonders im Liegen (nachts!) auftreten. Der Verschluss des Oesophagus beruht auf mehreren Faktoren:

- Einengung des Ösophagusausgangs durch:
  - ösophageale Ringmuskulatur (s. **b**) und
  - submuköse Venenpolster, die eine Längsfaltenbildung der ösophagealen Schleimhaut verursachen (s. **c**). Diese ausgeprägten Venen werden als Umgehungsstraßen bei portokavalen Anastomosen genutzt (s. S. 171). Beide Mechanismen zusammen bilden den sog. angiomuskulären Verschluss;
- Einbau des Oesophagus in den konstruktiv engen Durchtritt durch den muskulären Hiatus oesophageus (s. **c**);
- Ummauerung des ösophagogastralen Übergangs durch Binde- und Fettgewebe (**c**);
- kontinuierlicher Übergang von Ösophagus- in Magenmuskulatur (**b**) sowie Abknicken des Oesophagus nach links unterhalb des Zwerchfelldurchtritts (sog. His-Winkel; s. **a**).

5.3 Oesophagus: Wandaufbau und Schwachstellen

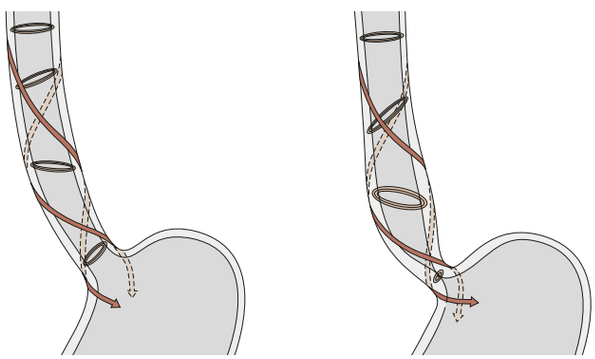


A Wandaufbau des Oesophagus
Ansicht von dorsal. Teile von Pharynx, Larynx und Trachea zur Übersicht mit dargestellt; äußerste Schicht (Tunica adventitia) entfernt (zu den Wandschichten s. **B**), Ösophaguswand teleskopartig freigelegt, so dass die beiden Schichten der Tunica muscularis (Stratum circulare und longitudinale) sichtbar werden. Sie sind am Ösophaguseingang (hier vom Pharynx verdeckt) mit der Pharynxmuskulatur verbunden. Die kräftige Muskulatur des Oesophagus ist zu ausgeprägten peristaltischen Bewegungen in Richtung Magen fähig (aktiver Nahrungstransport im Schluckakt in 5 – 8 Sekunden), die beim Erbrechen ihre Richtung ändern (Antiperistaltik).

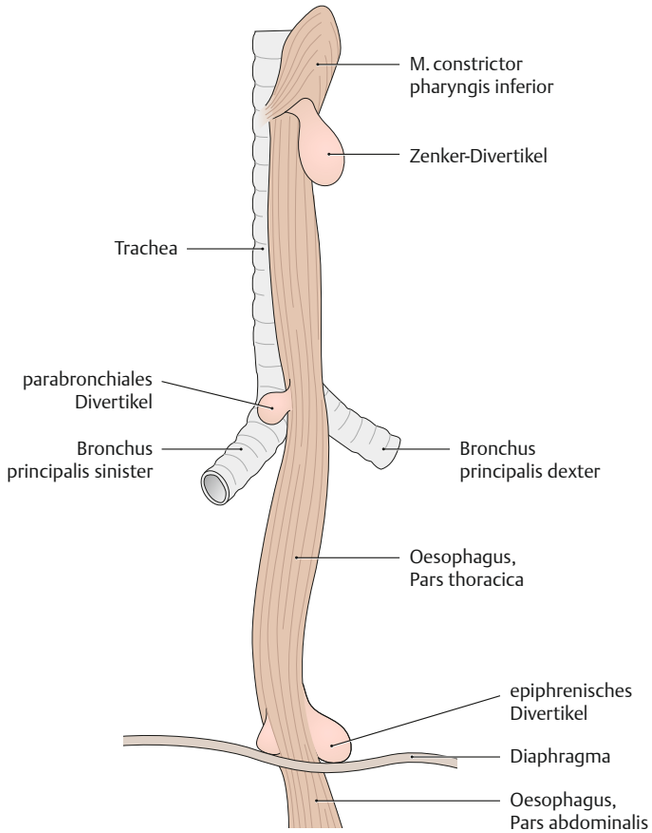


B Histologischer Bau der Ösophaguswand
Querschnitt durch einen Oesophagus im kontrahierten (links) bzw. erschlafften (rechts) Zustand. Die Wandschichten des Oesophagus sind typisch für ein Hohlorgan des Verdauungstraktes:

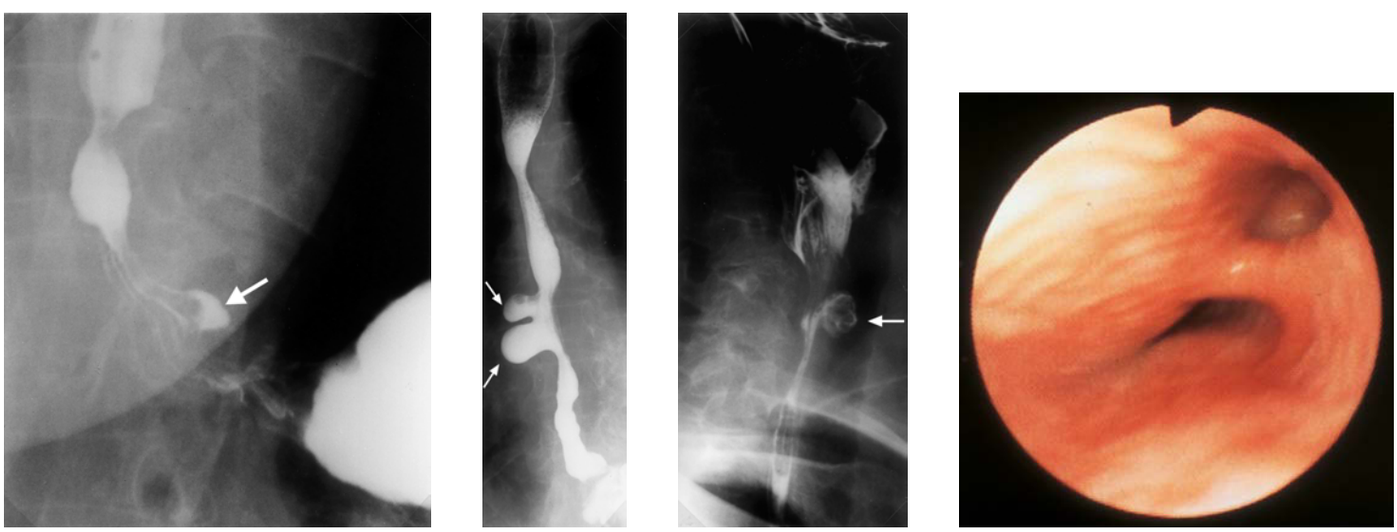
- Tunica mucosa (Schleimhaut) mit Lamina epithelialis, propria und muscularis. Das Epithel ist mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel (mechanische Belastbarkeit bei Passage von Speisebrocken).
- Tela submucosa (bindegewebige Verschiebeschicht): enthält zahlreiche Drüsen (Gll. oesophageae), deren Sekret die Schleimhaut zum Gleiten der Nahrung befeuchtet. Vor allem in kaudalen Ösophagusabschnitten enthält die Submukosa zahlreiche Venen, die dem Verschluss des Ösophagusausgangs dienen (s. S. 167).
- Tunica muscularis (Muskelschicht): gliedert sich in inneres Stratum circulare und äußeres Stratum longitudinale. Die glatte Muskulatur bewirkt den peristaltischen Transport der Nahrung zum Magen.
- Tunica adventitia (bindegewebige Verschiebeschicht): baut den Oesophagus in das mediastinale Bindegewebe verschieblich ein und ist besonders mit dem Bindegewebe der dorsalen Trachealwand eng verbunden.



C Funktionelle Anordnung der Ösophagusmuskulatur
Schluckakt: Ösophagusausgang in den Magen geöffnet (**a**) und wieder dicht verschlossen (**b**). Die grundsätzlich längs und zirkulär verlaufenden Muskelschichten des Oesophagus (Stratum circulare und longitudinale, vgl. **A**) enthalten zahlreiche Fasern, die in Touren (s. Kreise in der Abbildung) *schräg* um das Organ herum verlaufen. Durch die embryonale Magendrehung (s. S. 43) wird die Muskulatur zusätzlich „verdrillt". Die Kombination aus längs, zirkulär und schräg verlaufenden Fasern hat zur Folge, dass sich der Oesophagus bei Bedarf an Ein- und Ausgang verengen und damit verschließen (s. S. 167) kann (Wirkung der rein zirkulären Fasern), gleichzeitig aber auch kombiniert verengen und verkürzen kann (Wirkung der längs, zirkulär und schräg verlaufenden Fasern; führt zu peristaltischen Bewegungen beim Schluckakt in Richtung Magen).



D Entstehung von Ösophagusdivertikeln
Ösophagusdivertikel (Wandausstülpungen der Muskulatur) entstehen am häufigsten an einer konstruktionsbedingten Schwachstelle, also z. B. oberhalb der Zwerchfellpassage des Oesophagus (parahiatales oder epiphrenische Divertikel, 10 % der Fälle). Dies sind „unechte" *Pulsionsdivertikel*, d. h. Mukosa und Submukosa werden durch erhöhten Druck im Oesophagus (z. B. beim normalen Schluckakt) an den genannten Schwachstellen durch die Muskelschicht herausgedrückt. Das sog. Zenker-Divertikel, das oft als eines der häufigsten Ösophagusdivertikel (70 % der Fälle) bezeichnet wird, ist eigentlich ein *Hypopharynx*divertikel. Es entsteht am sog. Killian-Dreieck und hat daher den Namen *„Grenzdivertikel"*. Die übrigen 20 % der Ösophagusdivertikel entstehen unabhängig von den genannten Schwachstellen und führen zur Ausstülpung aller Wandschichten („echte" Divertikel, *Traktionsdivertikel*). Sie sind meist Folge von Entzündungen, wie z. B. einer Lymphangitis, und dann dort lokalisiert, wo der Oesophagus an den Bronchien und den bronchialen Lymphknoten vorbeizieht (thorakales oder parabronchiales Divertikel).

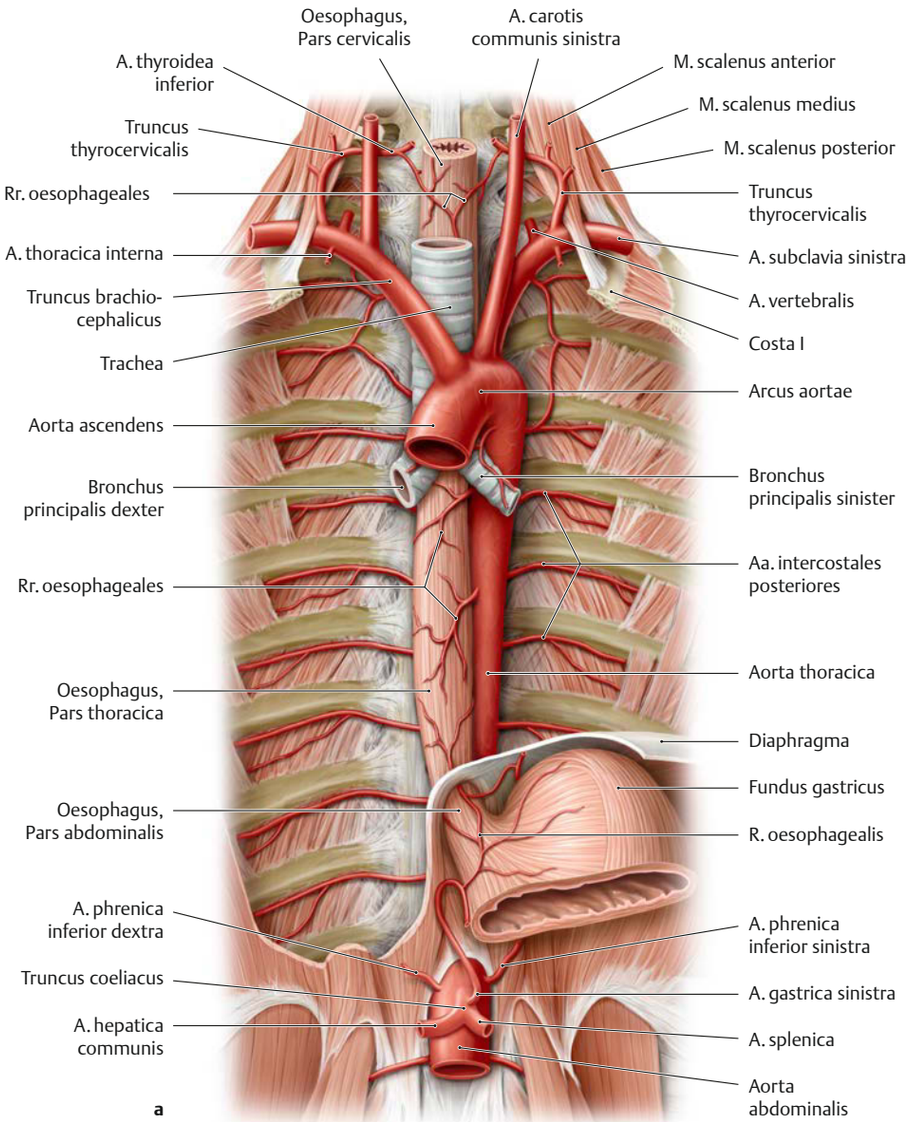


a b c d

E Divertikelnachweis durch Ösophagusbreischluck (a–c) und Endoskopie (d) (aus: Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006)
a Epiphrenisches Divertikel mit kleinem KM-Depot (Pfeil) unmittelbar über dem Zwerchfell;
b Traktionsdivertikel (gedoppelt, Pfeile) in Höhe der Trachealbifurkation;
c Zenkerdivertikel unmittelbar unter dem Krikoidknorpel als KM-Depot (Pfeil) nachweisbar;
d endoskopisch ist das Ösophagusdivertikel an seiner zusätzlichen Öffnung in der Ösophaguswand zu erkennen.

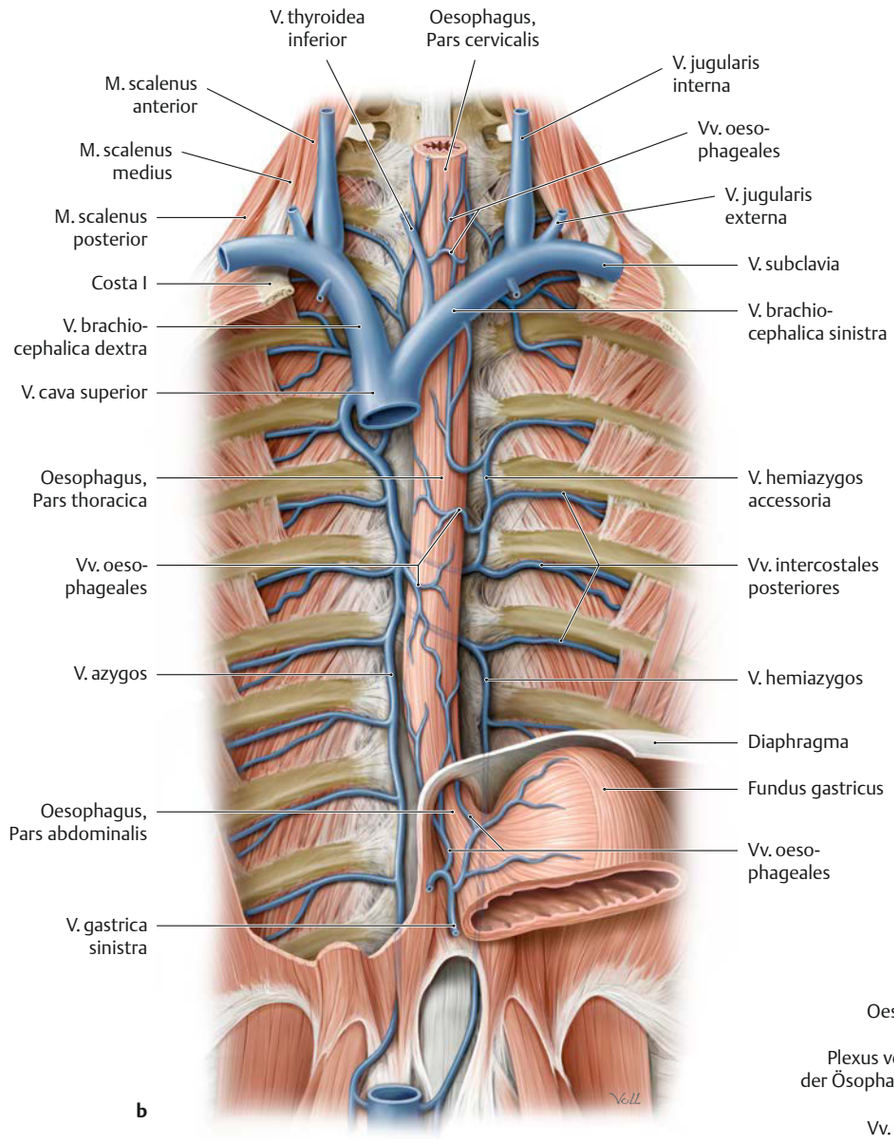
5.4 Arterien und Venen des Oesophagus

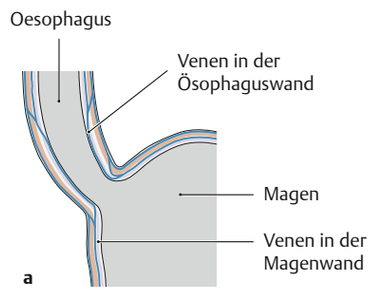
A Blutgefäße des Oesophagus
a Arterien; **b** Venen.
Ansicht von ventral auf die Hinterwand von Thorax und oberem Abdomen, alle Thoraxorgane entfernt, bis auf Oesophagus und einen Teil der Trachea; oraler Teil des Magens im Abdomen belassen.
Beachte: Der Oesophagus wird entsprechend seiner Einteilung in drei Abschnitte (s. S. 164) über drei arterielle Stromgebiete versorgt und über drei venöse Stromgebiete drainiert (s. **B**).

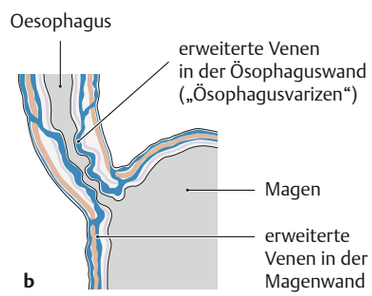


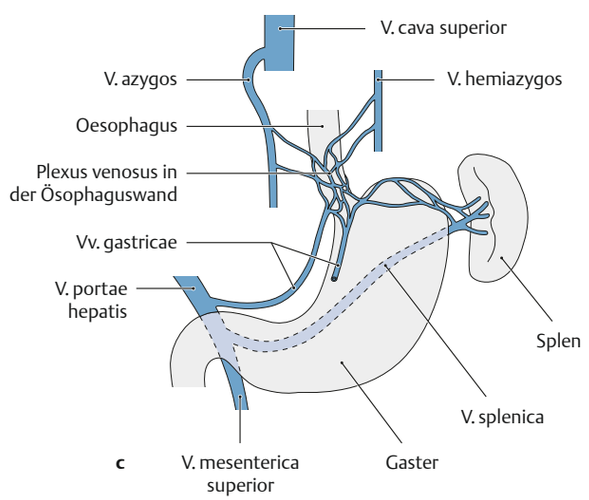
B Arterielle Versorgung und venöse Drainage des Oesophagus

Ösophagusabschnitt	Arterielle Versorgung	Venöse Drainage (s. **Ab**)
• Pars cervicalis	• Rr. oesophageales – meist aus der A. thyroidea inferior oder – direkte Äste (selten, hier nicht dargestellt) aus dem Truncus thyrocervicalis oder der A. carotis communis	• Vv. oesophageales – mit Abfluss in die V. thyroidea inferior oder – die V. brachiocephalica sinistra
• Pars thoracica (größtes arterielles und venöses Stromgebiet des Oesophagus)	• Rr. oesophageales aus der Aorta thoracica; Äste umfassen den Oesophagus an seiner Ventral- und Dorsalseite	• Vv. oesophageales mit Abfluss – links oben in die V. hemiazygos accessoria oder in die V. brachiocephalica sinistra – links unten in die V. hemiazygos – rechts in die V. azygos
• Pars abdominalis (kleinstes arterielles und venöses Stromgebiet des Oesophagus)	• Rr. oesophageales aus der A. gastrica sinistra	• Vv. oesophageales mit Abfluss in die V. gastrica sinistra









b Venen des Oesophagus; Legende s. linke Seite.

C Submuköse Venenplexus und venöse Anastomosen

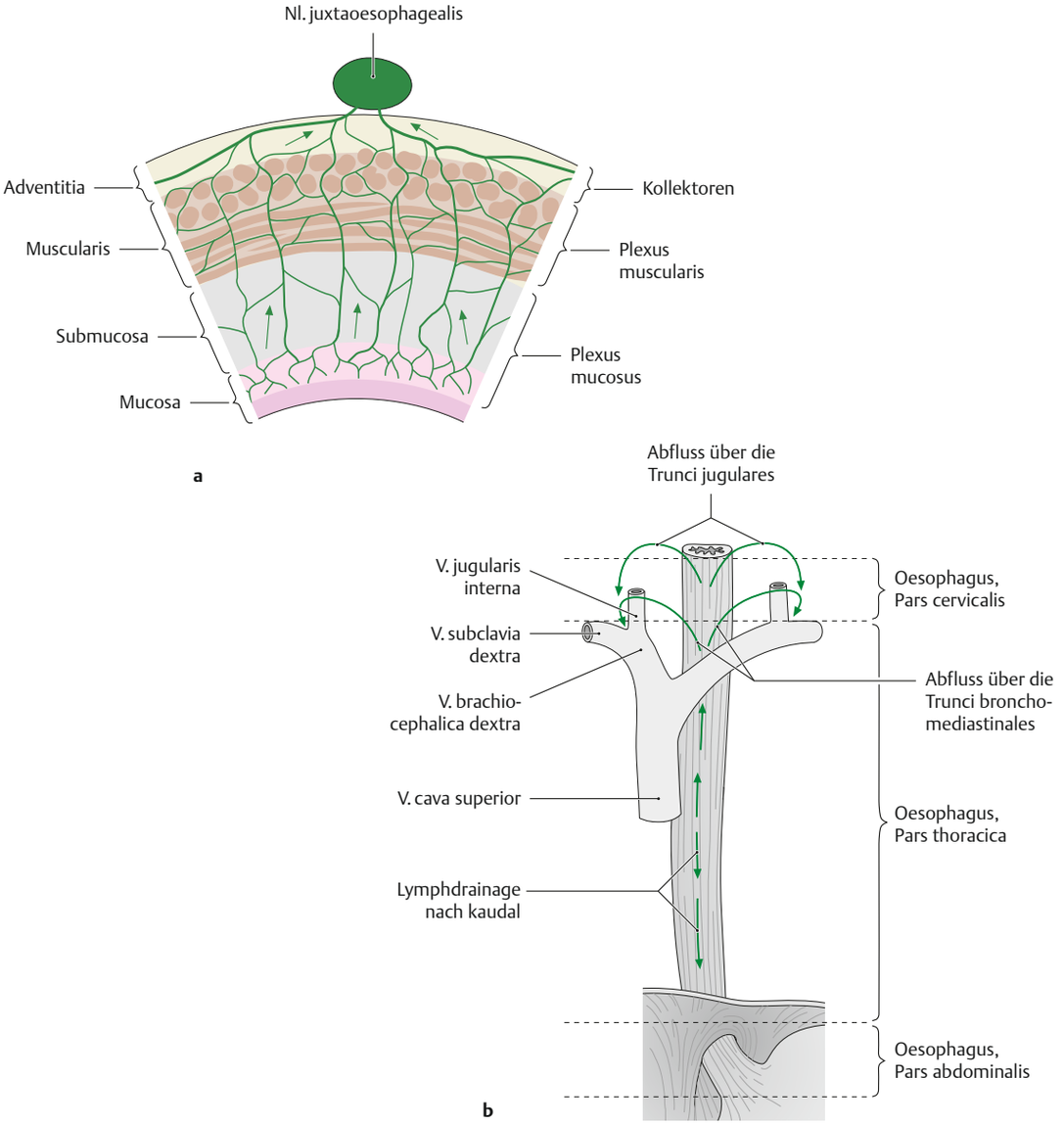
a u. **b Submuköse Venenplexus und Varizen im Oesophagus** (nach Stelzner): Kleinste Äste der Vv. oesophageales ziehen gemeinsam mit arteriellen Ästen unter Durchdringung aller Wandschichten bis in die Lamina propria mucosae. In der dickeren, weiter außen liegenden Submukosa bilden sie ein ausgedehntes Geflecht, das am Übergang von der Pars thoracica zur Pars abdominalis den funktionellen Verschluss des Oesophagus unterstützt (s. S. 167). Es setzt sich in ein analoges Geflecht am Mageneingang fort. Bei einem Blutstau vor der Leber kann so auch Portalvenenblut über die Anastomosen der Vv. oesophageales in den submukösen Venenplexus gestaut werden, die sich dann krampfaderartig erweitern (sog. Ösophagusvarizen, s. **b**, nicht selten mit krankhaften Erweiterungen der Magenvenen verbunden).

c Anastomosen der Vv. oesophageales (nach Strohmeyer u. Dölle): Am Übergang von Pars thoracica zu Pars abdominalis haben die Vv. oesophageales aufgrund der Anastomosen zwei Abflussgebiete:

1. wie die Pars thoracica über die V. azygos bzw. hemiazygos in die V. cava superior und
2. wie die Pars abdominalis über die V. gastrica sinistra in die V. portae hepatis.

Bei einem Blutstau in der V. portae hepatis kann daher Blut über die Vv. oesophageales in das Stromgebiet der V. cava superior gelangen (portokavale Anastomosen, s. S. 219). Gespeist werden die Vv. oesophageales durch die Venenplexus der Ösophaguswand.

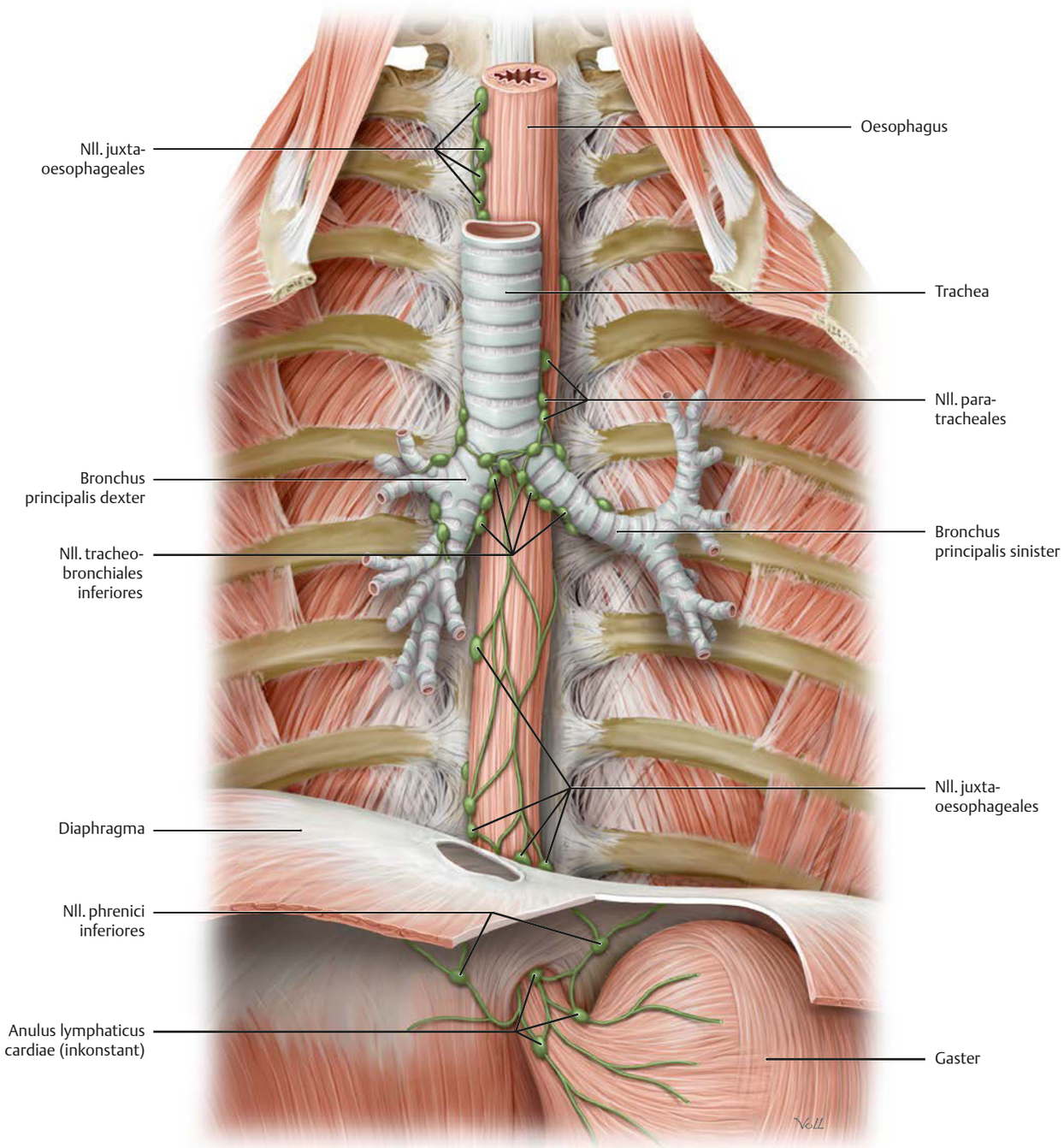
5.5 Lymphabfluss des Oesophagus



A Lymphabfluss des Oesophagus
a Lymphabfluss der Ösophaguswand; **b** Lymphabfluss des Oesophagus in Etagen.

Die Lymphe des Oesophagus fließt von innen nach außen über die einzelnen Wandschichten (**a**) zunächst in dicht an der Wand liegende Lymphknoten ab (Nll. juxtaoesophageales, s. **B**). Es gibt drei Hauptstromrichtungen, die in etwa den drei Abschnitten des Oesophagus entsprechen (**b**):

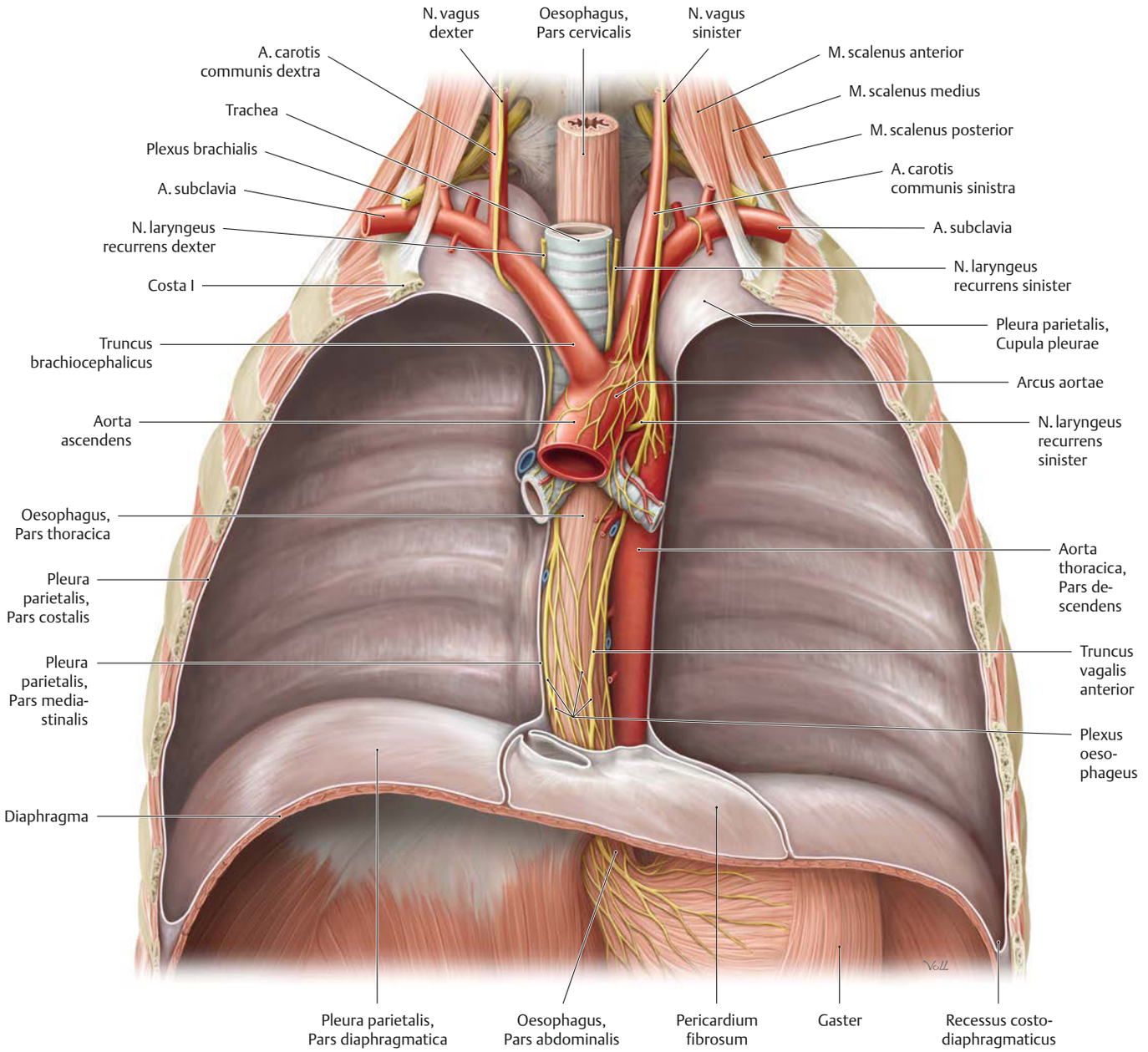
- Die *Pars cervicalis* leitet die Lymphe nach kranial v. a. in tiefe Halslymphknoten (Nll. cervicales profundi), von dort in den Truncus jugularis.
- Die *Pars thoracica* hat zwei Abflussrichtungen:
  - nach kranial in die Trunci bronchomediastinales (obere Hälfte),
  - nach kaudal (teilweise über Nll. phrenici *superiores*) ebenfalls in die Trunci bronchomediastinales (untere Hälfte). Ein kleinerer Teil kann über feine Lymphgefäße transdiaphragmal (durch den Hiatus oesophageus hindurch) in das obere Abdomen gelangen und Anschluss an die Pars abdominalis des Oesophagus bekommen (neben dem Abfluss in die Nll. coeliaci ist ein Lymphabfluss in die Nll. phrenici *inferiores* möglich). Die „Wasserscheide" für diese beiden Abflussrichtungen liegt ungefähr in der Mitte der Pars thoracica, deren oberer Teil zusätzlich Anschluss an tracheale Lymphknoten haben kann.
- Die *Pars abdominalis* hat wie der Magen Anschluss an die Nll. coeliaci (hier nicht dargestellt). Bei einer Strömungsumkehr in diesen untersten ösophagealen Lymphknoten (schon eine Änderung der Körperlage bzw. des Drucks in den Höhlen – Atmung, Bauchpresse – kann die Richtung des empfindlichen Lymphflusses stören) kann daher Magenlymphe (und mit ihr Metastasen eines Magenkarzinoms!) transdiaphragmal in thorakale Lymphknoten gelangen.



B Lymphknoten des Oesophagus
Ansicht des eröffneten Thorax von ventral; alle Thoraxorgane bis auf einen Teil der Trachea mit Hauptbronchien sowie Oesophagus entfernt, Abdomen angeschnitten, Magen leicht nach kaudal gezogen. Zur Sicht auf den Hiatus oesophageus ist ein Stück des Zwerchfells sektorenförmig ausgeschnitten. Der Oesophagus wird von einem Netz feiner Lymphgefäße überzogen, das die Lymphe in die Nll. juxtaoesophageales neben dem Oesophagus leitet. Von den Nll. juxtaoesophageales gelangt die Lymphe in Sammellymphknoten oder direkt in den Truncus jugularis oder die Trunci bronchomediastinales dexter und sinister (vgl. **A**).

Nahe der Bifurcatio tracheae gibt es auch Verbindungen ösophagealer Lymphgefäße mit den Nll. tracheobronchiales (inferiores). Gemeinsam mit dem Oesophagus ziehen Lymphgefäße durch den Hiatus oesophageus und können an der Pars abdominalis des Oesophagus Verbindung zum inkonstanten Anulus lymphaticus cardiae bekommen (weiterer Abfluss dann in die Nll. coeliaci). Hier können die kaudalen ösophagealen Lymphknoten aber auch Anschluss an die Lymphknoten der Zwerchfellunterseite (= Nll. phrenici *inferiores*) haben.
Beachte: Zur Nomenklatur: Nll. juxtaoesophageales sind eine Untergruppe der mediastinalen Lymphknoten (vgl. S. 91).

5.6 Innervation des Oesophagus

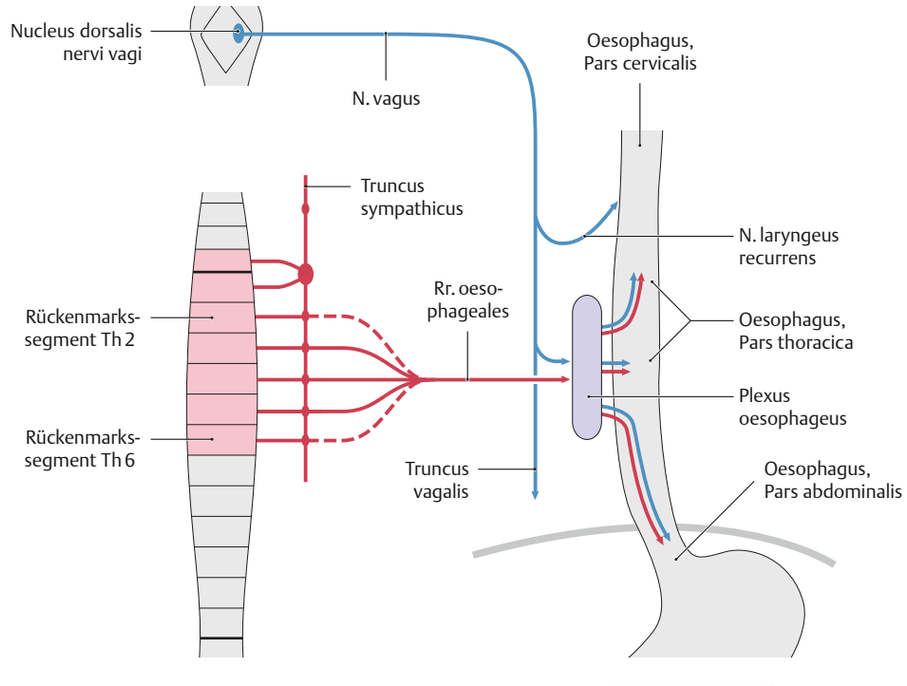


A Übersicht über die Innervation des Oesophagus
Sicht von ventral in den eröffneten Thorax. Alle Organe bis auf Trachea und Oesophagus entfernt. Der linke und der rechte N. vagus geben Äste zum Oesophagus ab, die den sog. Plexus oesophageus bilden. Dieser setzt sich mit an Ösophagusvorder- und -rückwand liegenden strangartigen Verdickungen als Truncus vagalis anterior und posterior bis in das Abdomen fort. Fasern des Truncus sympathicus strahlen für die sympathische Versorgung des Oesophagus ebenfalls in den Plexus oesophageus ein.

B Wirkung von Sympathikus und Parasympathikus am Oesophagus

Sympathikus	Parasympathikus
• Verminderung der Peristaltik	• Verstärkung der Peristaltik
• verminderte Sekretion ösophagealer Drüsen	• verstärkte Sekretion ösophagealer Drüsen

C Head-Zone des Oesophagus
Ansicht von ventral. Bei Erkrankungen des Oesophagus werden Schmerzen oft nicht genau am Organ lokalisiert, sondern in ein Hautareal im Bereich des unteren Sternum projiziert.

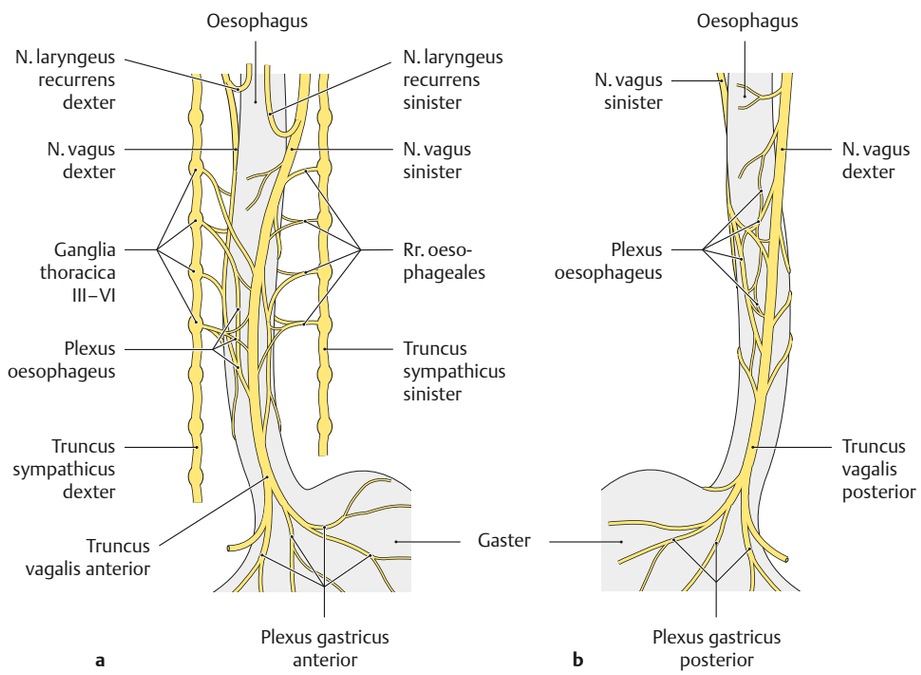


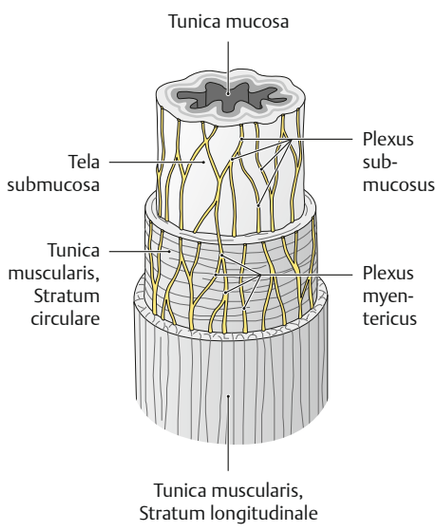
D Vegetative Innervation des Oesophagus

Der Oesophagus erhält parasympathische und sympathische Fasern.

Parasympathische Fasern kommen als N. vagus (dexter und sinister) aus dem Nucleus dorsalis nervi vagi und geben über die Nn. laryngei recurrentes Äste (Rr. oesophagei) an die Pars cervicalis ab. Auf dem Oesophagus bilden Vagusfasern ein ausgedehntes Geflecht (Plexus oesophageus), das bis zum abdominalen Ösophagusabschnitt zieht. Die Nn. vagi dexter und sinister ziehen (als topografische Fortsetzung des Plexus oesophageus) als Truncus vagalis posterior und anterior nach kaudal zum Abdomen.

Sympathische Fasern entstammen dem Truncus sympathicus hauptsächlich aus den Ganglia thoracica (2) 3 – 5 (6). Die postganglionären Fasern ziehen als Rr. oesophageales in den Plexus oesophageus. Die sympathische Versorgung der Pars cervicalis des Oesophagus erfolgt entweder über sympathische Fasern aus dem Plexus oesophageus oder über Fasern aus dem Ganglion cervicale medium (Fasern hier aus Gründen der Übersicht nicht eingezeichnet).





E Vegetative Plexusbildung auf dem Oesophagus

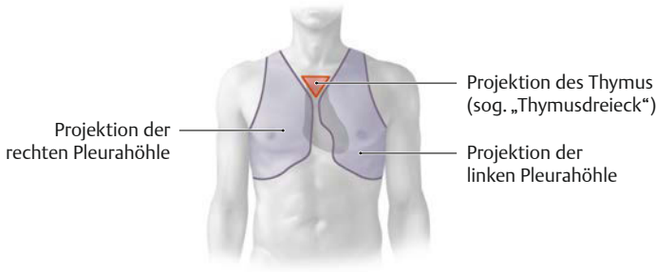
Ansicht von Oesophagus und Magenanschnitt von ventral (**a**) und dorsal (**b**).

Die Nn. vagi laufen zunächst ein kurzes Stück als N. vagus sinister und dexter links und rechts des Oesophagus, wenden sich jedoch dann nach ventral und dorsal – bedingt durch die Drehung des Oesophagus während der Embryonalentwicklung um 90° im Uhrzeigersinn (von oben gesehen): Aus dem N. vagus sinister und dexter werden der Truncus vagalis anterior und posterior. Beide Trunci tauschen allerdings in erheblichem Maße Fasern aus, so dass z. B. der Truncus vagalis anterior (eigentlich ein Abkömmling des N. vagus sinister) auch Fasern des N. vagus dexter enthält – und umgekehrt. Beide Nn. vagi und die Trunci vagales geben zahlreiche Fasern auf den Oesophagus ab und bilden so den Plexus oesophageus anterior und posterior. Der Plexus oesophageus setzt sich in den Plexus gastricus fort. Im zervikalen Abschnitt wird der Oesophagus über die Nn. laryngei recurrentes aus dem N. vagus versorgt. Die postganglionären Fasern des Sympathikus strahlen in den Plexus oesophageus ein, der somit parasympathische und sympathische Fasern enthält. Insgesamt ist die sympathische Innervation des Oesophagus geringer als die parasympathische.

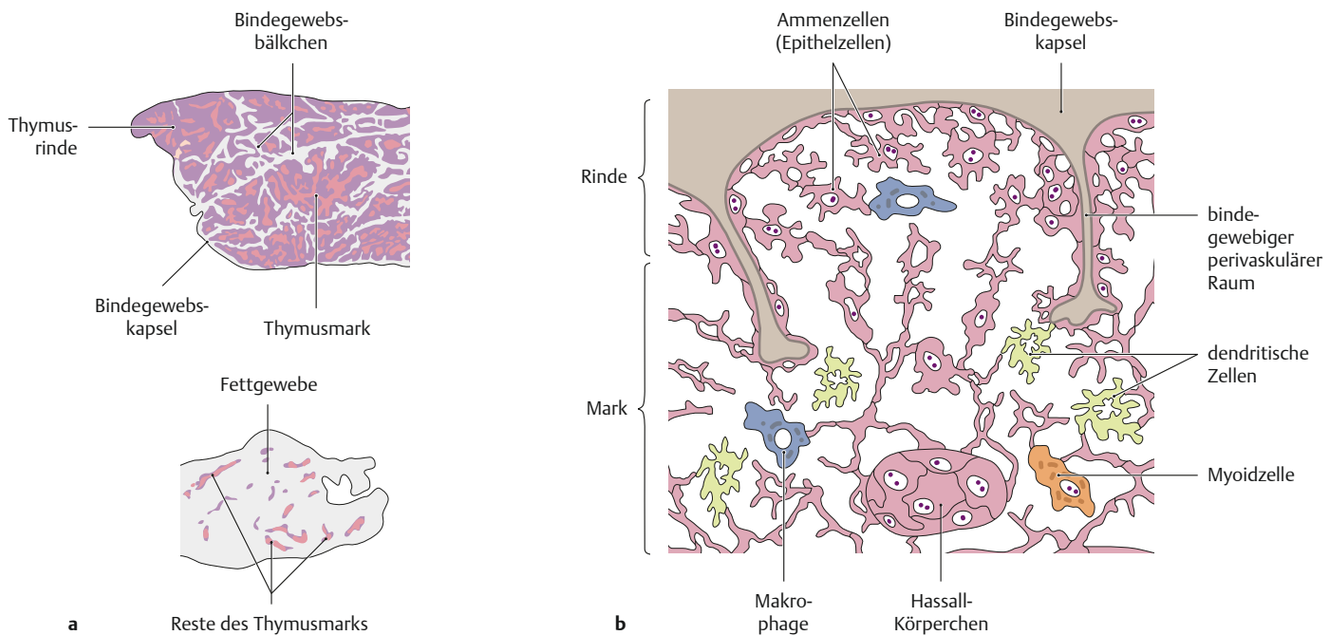
F Autonome Nervenplexus in der Ösophaguswand

Oesophagus in Schrägansicht; Wandschichten teleskopartig präpariert. Wie alle Hohlorgane des Magen-Darm-Traktes besitzt auch der Oesophagus ein autonomes intramurales Nervensystem. Dieses besteht hauptsächlich aus zwei Plexus, die in der Submukosa (Plexus submucosus) und in der Muskularis (Plexus myentericus) liegen. Diese Plexus bestehen aus intramural liegenden Ganglienzellen, die durch ein ausgedehntes Netzwerk von Axonen untereinander verbunden sind und die Muskelfunktionen des Oesophagus (z. B. die Peristaltik) autonom generieren. Dieses autonome Netzwerk wird durch Sympathikus und Parasympathikus modulierend beeinflusst (s. **B**).

5.7 Thymus



A Projektion des Thymus (Bries) auf die Rumpfwand
Pleurahöhlen zur Orientierung mit auf den Thorax projiziert. Der Thymus liegt im Mediastinum superius vor dem Herzen und den großen Gefäßen und hinter dem Sternum. Das Projektionsareal wird oft auch als „Thymusdreieck“ bezeichnet. Bei einem sehr kleinen Kind kann der große Thymus den Schatten der Herzbasis scheinbar verbreitern.



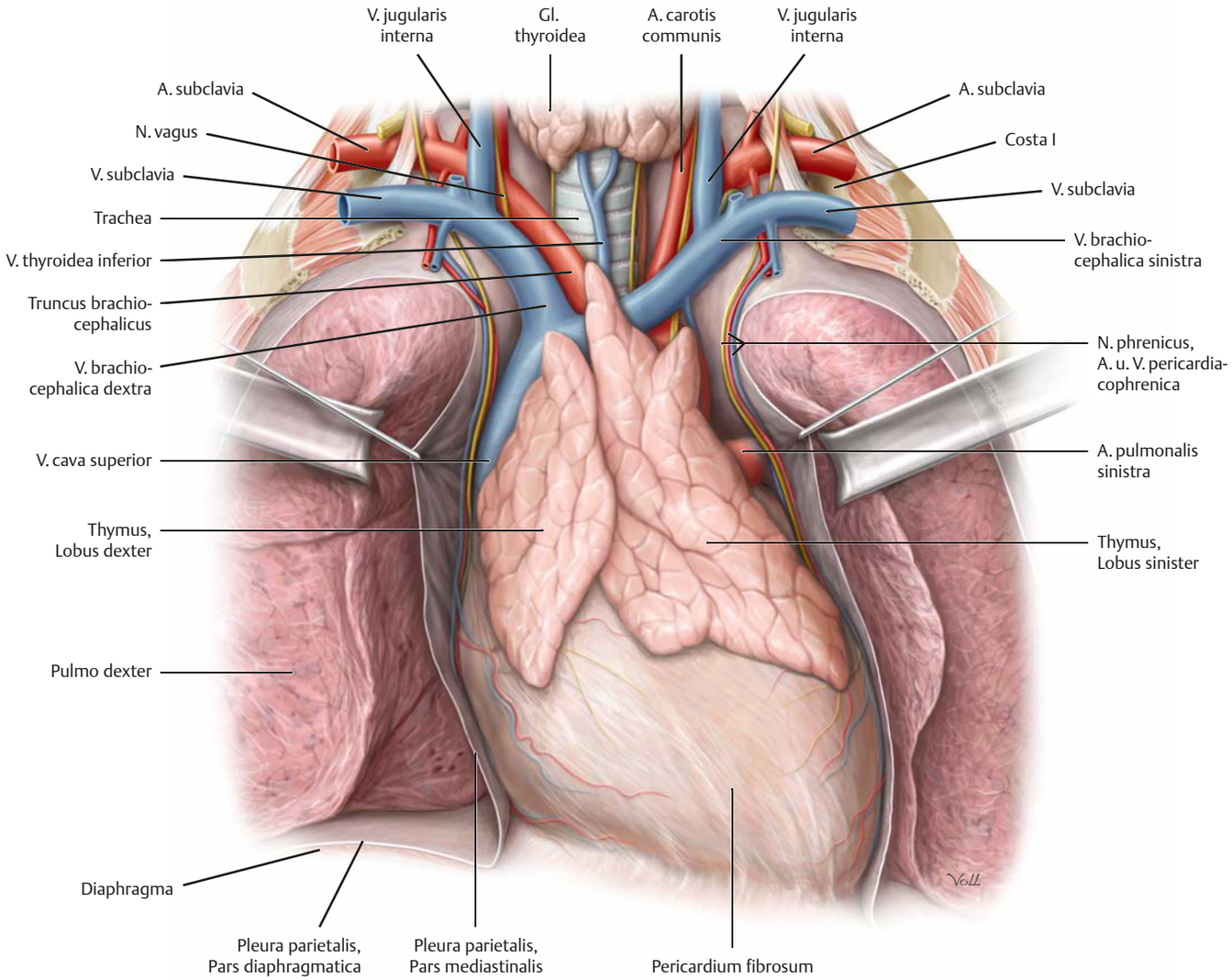
B Thymus: Histologischer Aufbau

a Thymus eines Jugendlichen (oben) bzw. alten Menschen (unten). Der Thymus ist ein primäres lymphatisches (lymphoepitheliales) Organ mit überwiegend entodermaler Herkunft (3. Schlundtasche), aber auch ektodermalen Anteilen. Er spielt eine zentrale Rolle bei der Reifung von T-*(= Thymus-)*Lymphozyten und der immunologischen Prägung. Zudem werden hier immunmodulierende Hormone (Thymosin, Thymopoetin, Thymulin) gebildet. Bei angeborenem Fehlen des Thymus liegt ein schwerer Immundefekt vor. Der Thymus gliedert sich in Rinde (Cortex) und Mark (Medulla). In der *Rinde* liegen die sog. Thymozyten (= die Vorstufen der T-Lymphozyten im kindlichen Thymus) bzw. die T-Lymphozyten, im *Mark* herrschen die weniger intensiv angefärbten Epithelzellen vor, es erscheint darum heller. Eine zarte bindegewebige Kapsel entsendet feine gefäßhaltige Bälkchen in das Parenchym und unterteilt das Organ in zahlreiche Läppchen (Lobuli thymici).

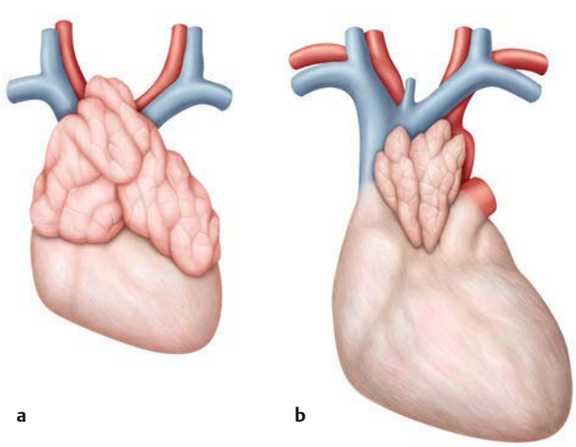
b Funktioneller Feinbau (nach Lüllmann-Rauch). Der Thymus besteht aus einem epithelialen Grundgerüst (= lymphoepitheliales Organ). Während der Embryonalentwicklung wandern Vorstufen der T-Lymphozyten in den Thymus und reifen – gesteuert durch die epithelialen Zellen – zu immunkompetenten T-Lymphozyten heran. Die Epithelzellen bilden subkapsulär eine dicht geschlossene Schicht zur Abgrenzung des Thymusinneren und der in den Bindegewebsbälkchen liegenden Rindenkapillaren (sog. Blut-Thymus-Schranke, hier nicht dargestellt). In Rinde und Mark verbinden sich die Epithelzellen mit langen Ausläufern zu einem dreidimensionalen Netzwerk, das die Thymozyten umlagert (sog. „Ammenzellen“); im Mark lagern sie sich zu den sog. Hassall-Körperchen zusammen. In größeren Hassall-Körperchen sind die innersten Zellen oft zu einer homogenen Masse degeneriert. Die Funktion der Hassall-Körperchen ist bisher ungeklärt. Weitere Zellen im Thymus sind:

- Makrophagen (Phagozytose von Thymozyten),
- dendritische Zellen (Antigenpräsentation),
- myoide Zellen (Funktion unklar).

Die Reifung der Thymozyten erfolgt während der Wanderung von der Rinde zum Mark. Der reife T-Lymphozyt gewährleistet die Erkennung fremder Antigene und deren Unterscheidung von körpereigenen Strukturen („Auto-Toleranz“). Bei der Rückbildung des Thymus nach der Pubertät (sog. Involution) wird das spezifische Thymusgewebe – besonders ausgeprägt in der Rinde – zunehmend durch Fettgewebe ersetzt, Reste echten Thymusgewebes bleiben aber immer erhalten.

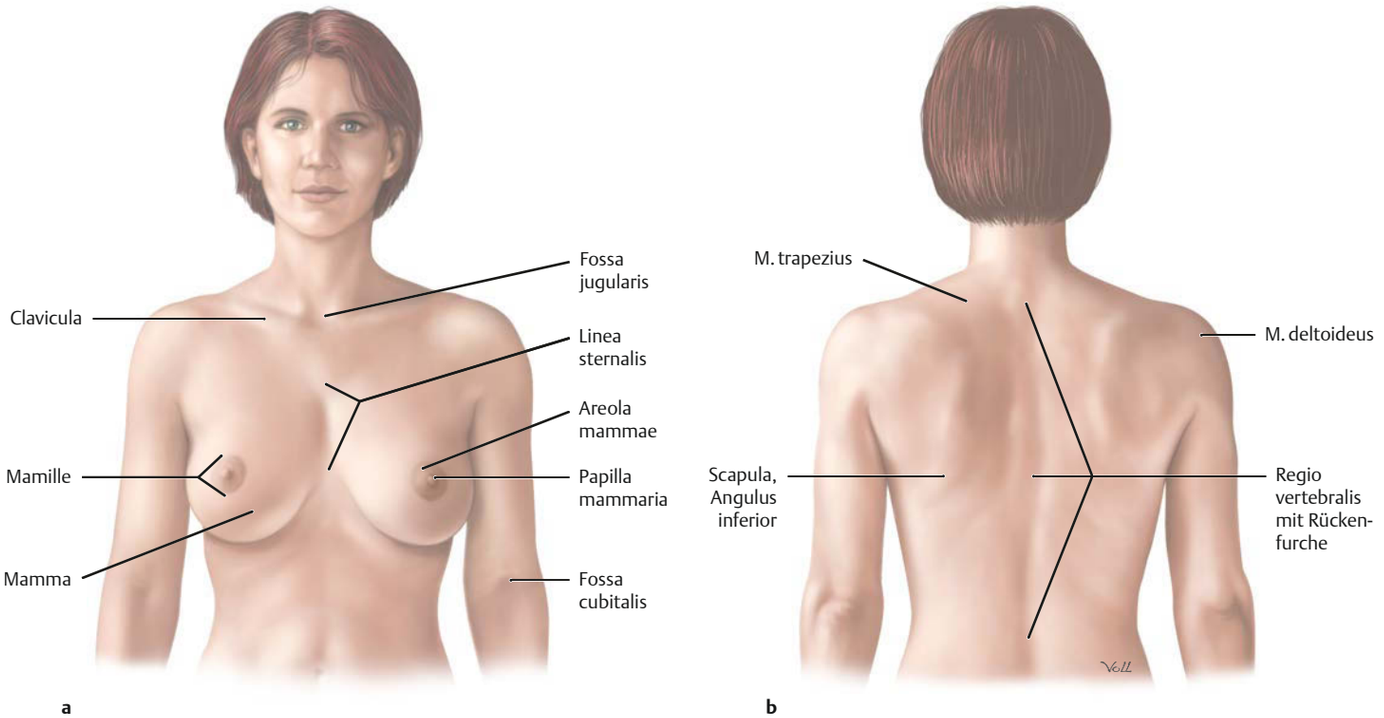


C Thymus: Größe und Form
Sicht von ventral in das Mediastinum superius eines 2-jährigen Kindes. Der noch kräftig entwickelte Thymus hat zwei Lappen (Lobus dexter und sinister), die durch bindegewebige Septen in zahlreiche Läppchen (Lobuli thymici) unterteilt sind. Er liegt dem Herzbeutel ventral meist direkt auf und liegt vor der V. cava superior, den Vv. brachiocephalicae und der Aorta. Bei einem kleinen Kind kann der Thymus nach kranial in den Halsbereich bis fast an die Schilddrüse reichen. Innerhalb des Halses liegt er dann hinter der Lamina pretrachealis der Fascia cervicalis. Während seiner größten Ausdehnung (allgemein in der Pubertät) erreicht der Thymus eine maximale Masse von ca. 30 g.

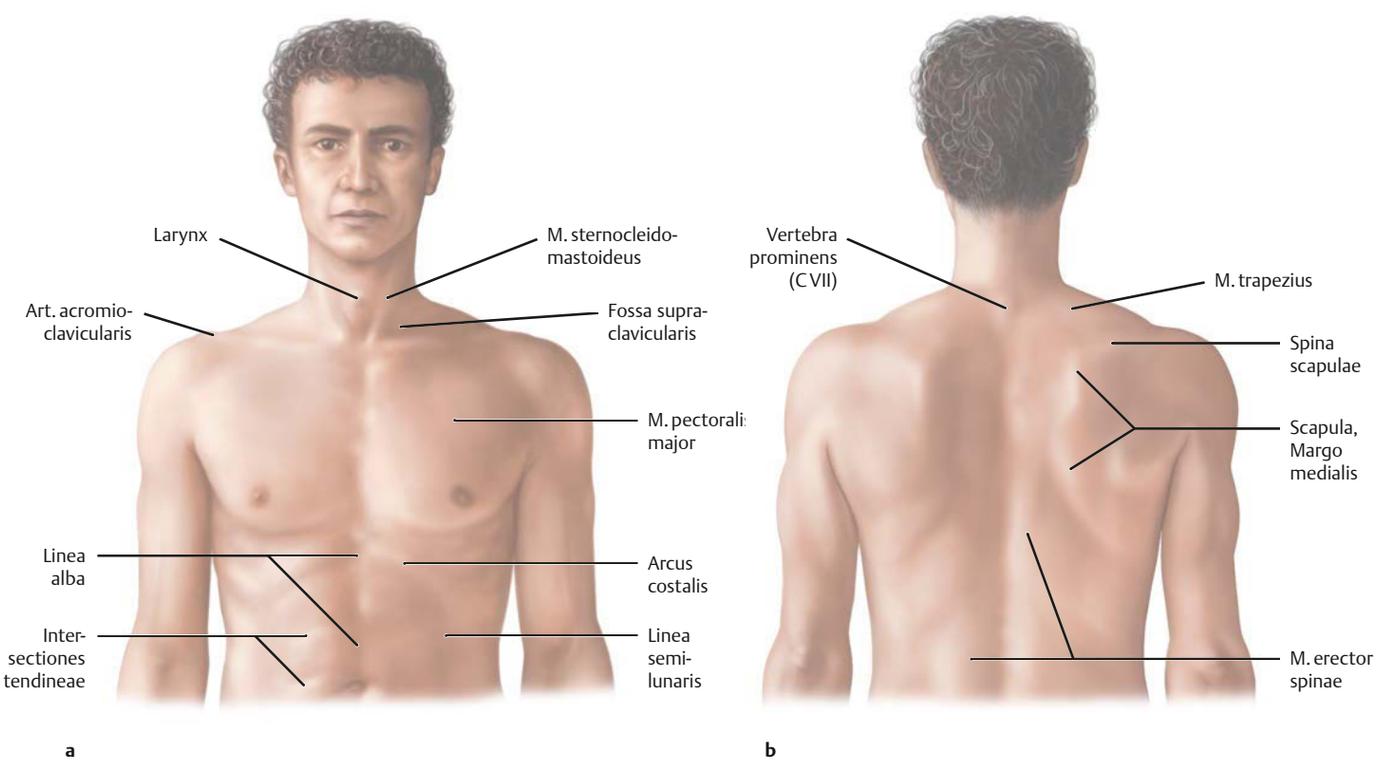


D Vergleich der Größe des Thymus beim Neugeborenen (a) und beim Erwachsenen (b)
Der kleinere Thymus des Erwachsenen liegt nur im Mediastinum superius, der größere Thymus des Kleinkindes ragt bis in das Mediastinum inferius hinunter.

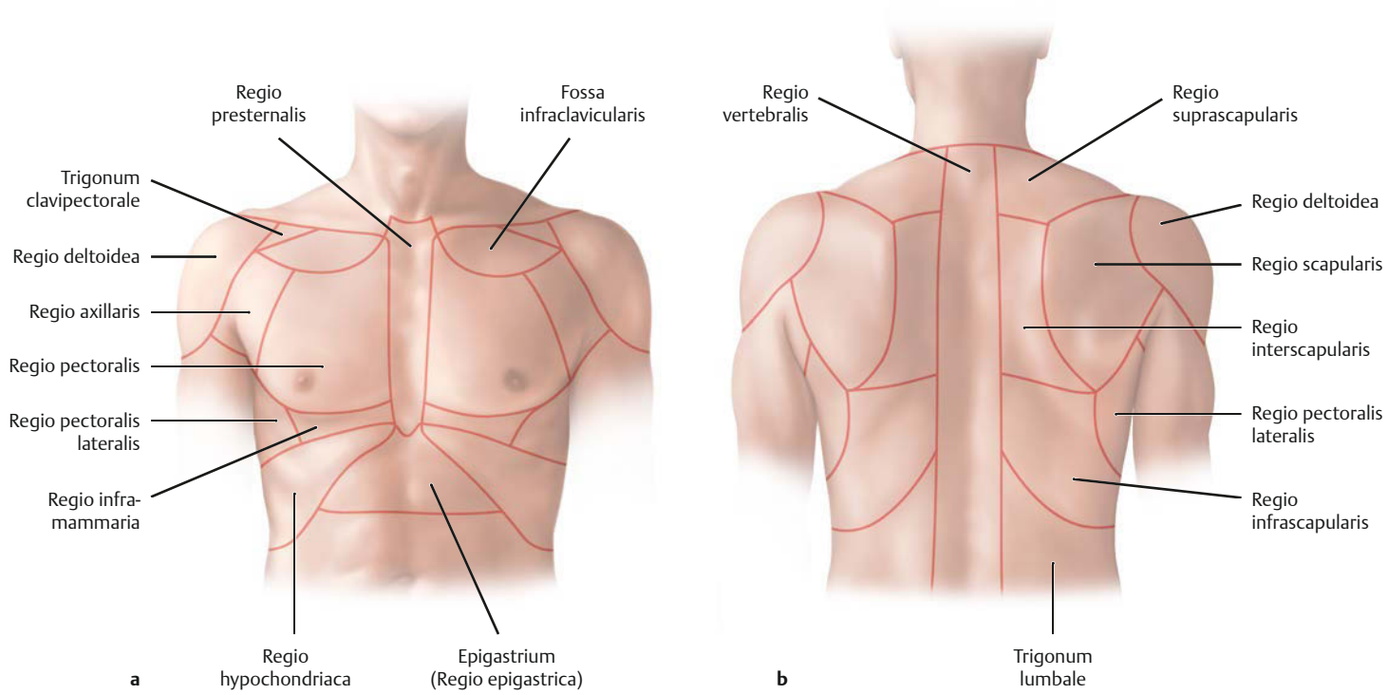
6.1 Oberflächenanatomie, topografische Regionen und tastbare Knochenpunkte



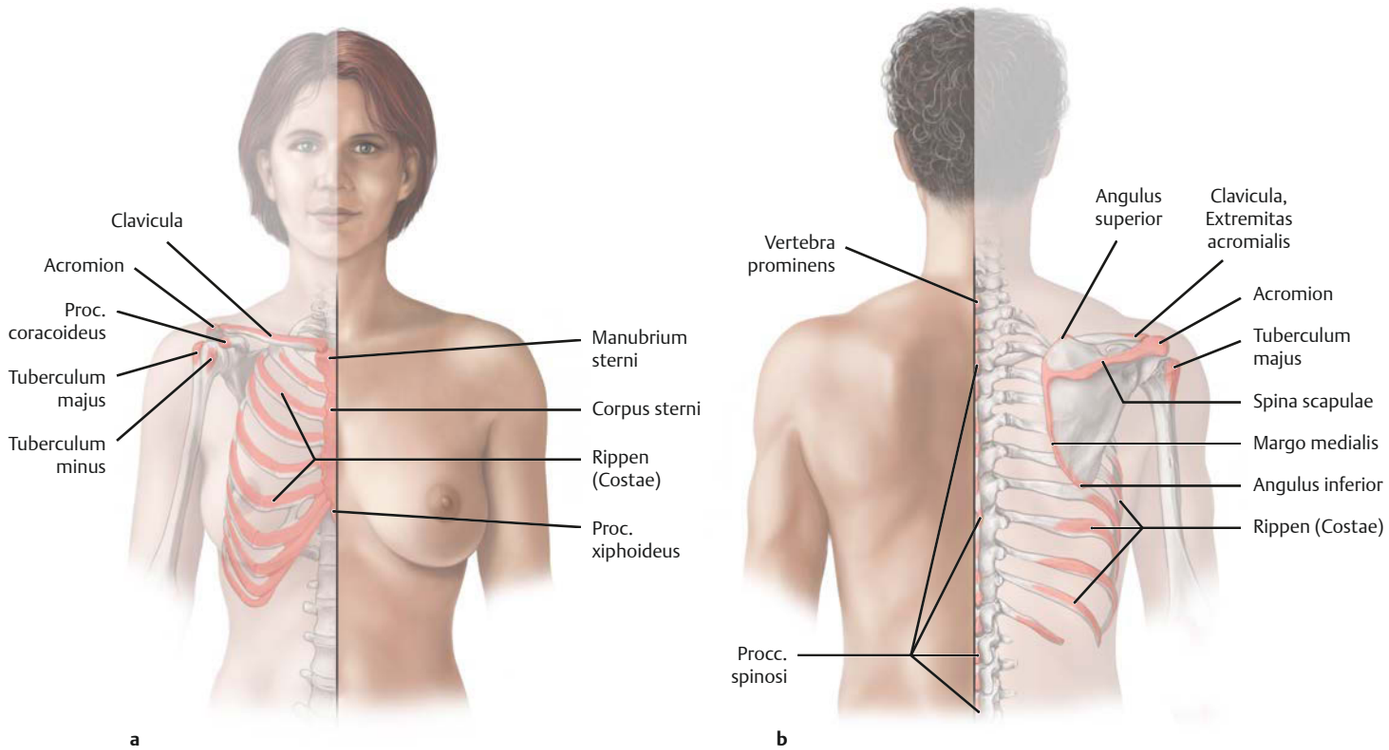
A Oberflächenrelief des weiblichen Thorax
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.



B Oberflächenrelief des männlichen Thorax
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.

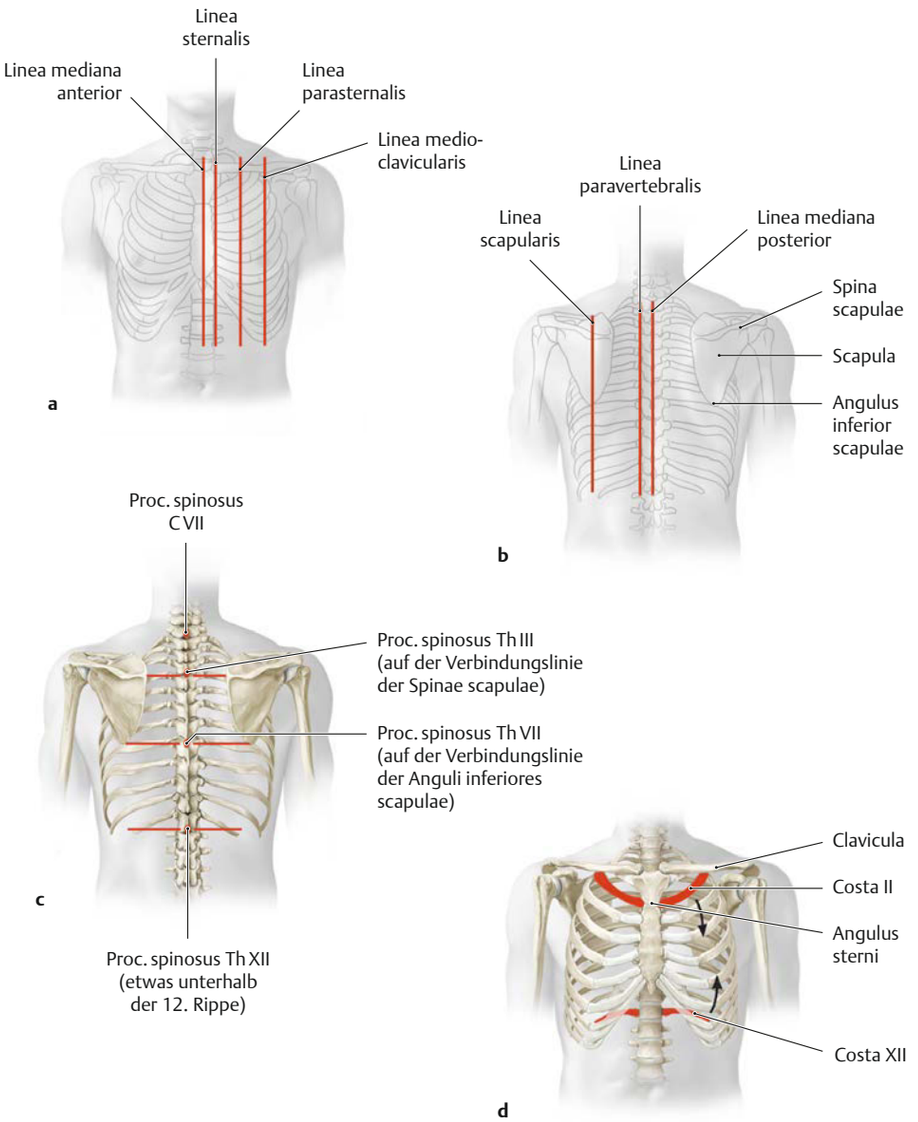


C Topografische Thoraxregionen beim Mann
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.



D Oberflächenrelief und tastbare Knochenpunkte im Bereich des Thorax
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.

6.2 Orientierung am knöchernen Thorax (Projektion der Organe)



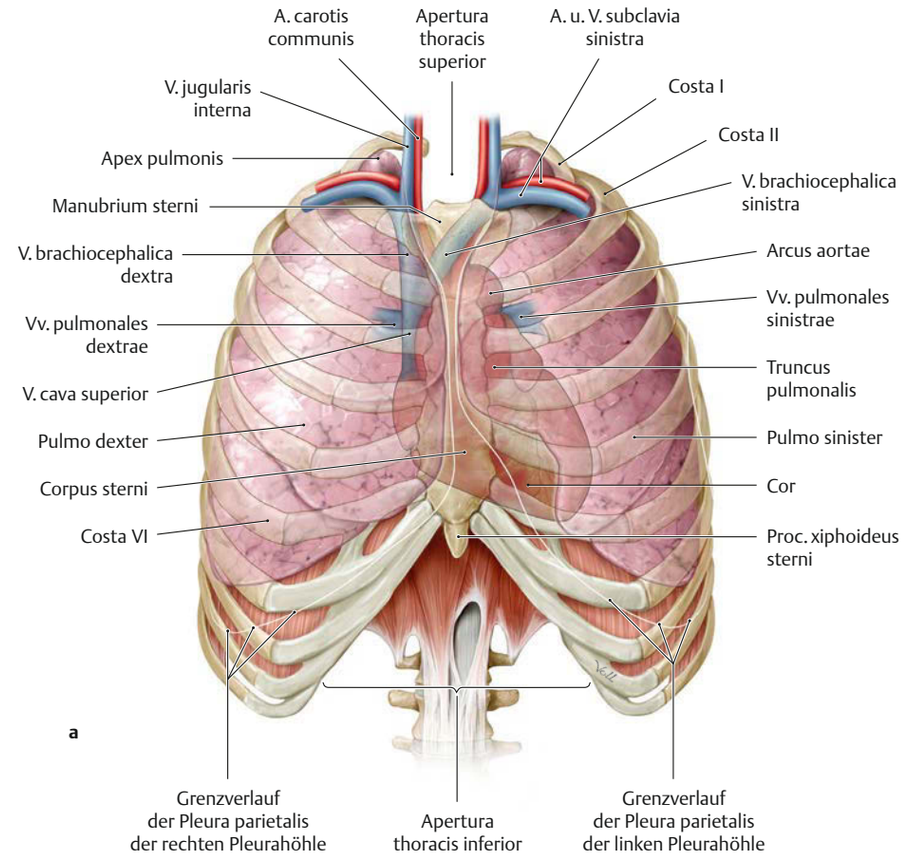
A Orientierung am knöchernen Thorax

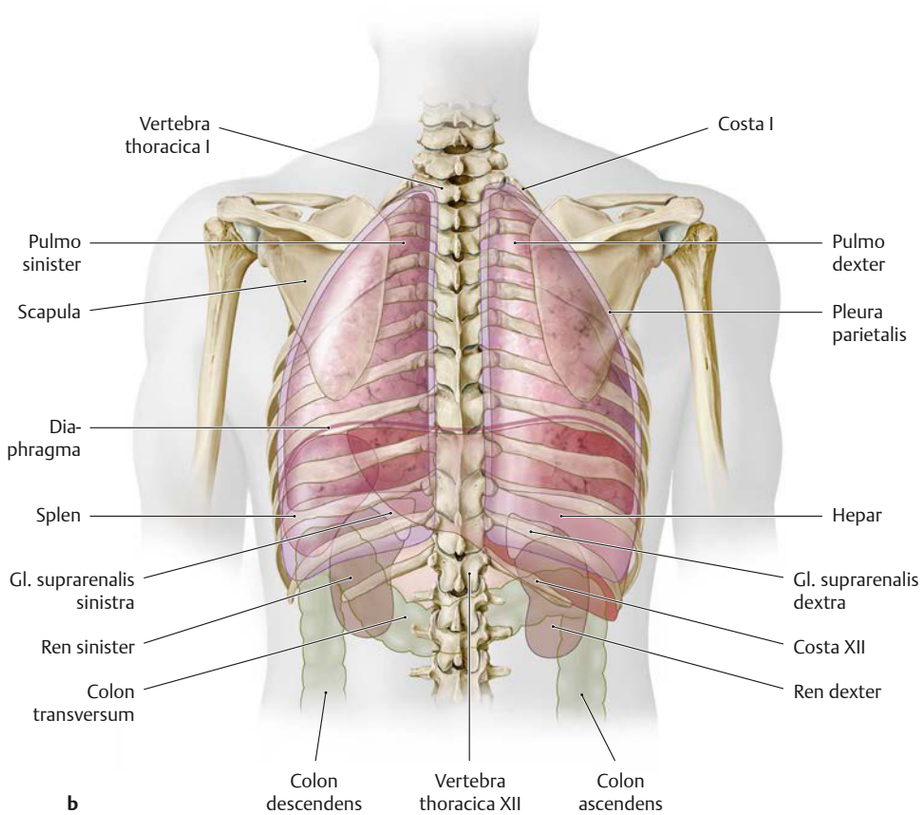
Am knöchernen Thorax gibt es (direkt oder indirekt im Röntgenbild) gut tast- und sichtbare Strukturen (s. **B**). Sie ermöglichen das Festlegen von Hilfslinien, so dass sich Lage und Ausdehnung von Organen anhand ihrer Lage zu diesen Linien beschreiben lassen:

- Longitudinal verlaufende Hilfslinien (**a, b**) ergeben sich aus ventral (**a**) und dorsal (**b**) tast- oder sichtbaren knöchernen Strukturen und gestatten Angaben über Lage und Ausdehnung bestimmter Thoraxorgane zur Seite (z. B. ist der Herzspitzenstoß in der Medioklavikularlinie links zu tasten).
- Horizontal verlaufende Hilfslinien (**c**) orientieren sich meist an der Lage einzelner Brustwirbel. Der 7. Halswirbel lässt sich aufgrund seines weit vorspringenden Dornfortsatzes (Vertebra prominens) eindeutig tasten; von da an kann man alle 12 Brustwirbel nach kaudal hin abzählen. Die Höhe von BWK III und VII entspricht dabei dem medialen Ende der Spina scapulae bzw. dem Angulus inferior scapulae.
- Lage zu den Rippen (**d**): v. a. ventral kann man die Höhenlage von Organen im Thorax auch in Bezug zu den Rippen bzw. zu den Zwischenrippenräumen(Interkostalräumen) setzen. Die 1. Rippe ist meist aufgrund ihrer Lage hinter der Clavicula nicht gut tastbar. Die 2. Rippe setzt jedoch an dem gut tastbaren Angulus sterni an (= Übergang von Corpus zu Manubrium sterni, der in einem Winkel erfolgt). Ab dieser 2. Rippe können dann die folgenden Rippen nach kaudal gezählt werden.

B Projektion anatomischer Strukturen auf die Brustwirbel

Th I	Margo superior scapulae
Th II/III	Incisura jugularis sterni
Th III	• mediale Begrenzung der Spina scapulae • dorsales Ende der Fissura obliqua pulmonis
Th III/IV	• Bifurcatio tracheae • Ursprung des Aortenbogens (Arcus aortae)
Th III–IV	Manubrium sterni
Th IV	Ende des Aortenbogens
Th IV/V	Angulus sterni (Ludovici)
Th V	Ductus thoracicus tritt über die Mittellinie
Th V–VIII	Brustbein (Sternum)
Th VII	• Angulus inferior scapulae • Die V. hemiazygos accessoria tritt über die Mittellinie nach rechts und mündet in die V. azygos
Th VIII	• Foramen venae cavae (Diaphragma) – V. cava inferior – N. phrenicus dexter • Der N. phrenicus sinister tritt links vom Centrum tendineum durch das Zwerchfell • Die V. hemiazygos tritt über die Mittellinie nach rechts und mündet in die V. azygos
Th VIII/IX	• Synchondrosis xiphosternalis • Die Vasa epigastrica superiora kreuzen das Zwerchfell (Diaphragma) • Proc. xiphoideus
Th VIII–X	oberer Leberrand (atemverschieblich)
Th X	• Hiatus oesophageus (Diaphragma): – Oesophagus – Truncus vagalis anterior – Truncus vagalis posterior
Th XII	• Hiatus aorticus (Diaphragma): – Aorta – Vv. azygos und hemiazygos – Ductus thoracicus • Ursprung des Truncus coeliacus (Unterrand von Th XII) • Nn. splanchnici treten durch die Zwerchfellschenkel • Grenzstrang zieht unter dem Lig. arcuatum mediale hindurch: Planum transpyloricum (= Linie im Abdomen, s. S. 158)





C Übersicht über den Thorax

a Ansicht von ventral, Zwischenrippenmuskeln, Faszien, Bauchorgane entfernt; **b** stark schematisierte Ansicht von dorsal; Schulterblätter (Scapulae) und einige Bauchorgane zur Orientierung eingezeichnet.

Die Thorax- oder Brusthöhle (Cavitas thoracis) ist neben Abdominal- und Beckenhöhle eine der drei großen Körperhöhlen und von einer Wand aus

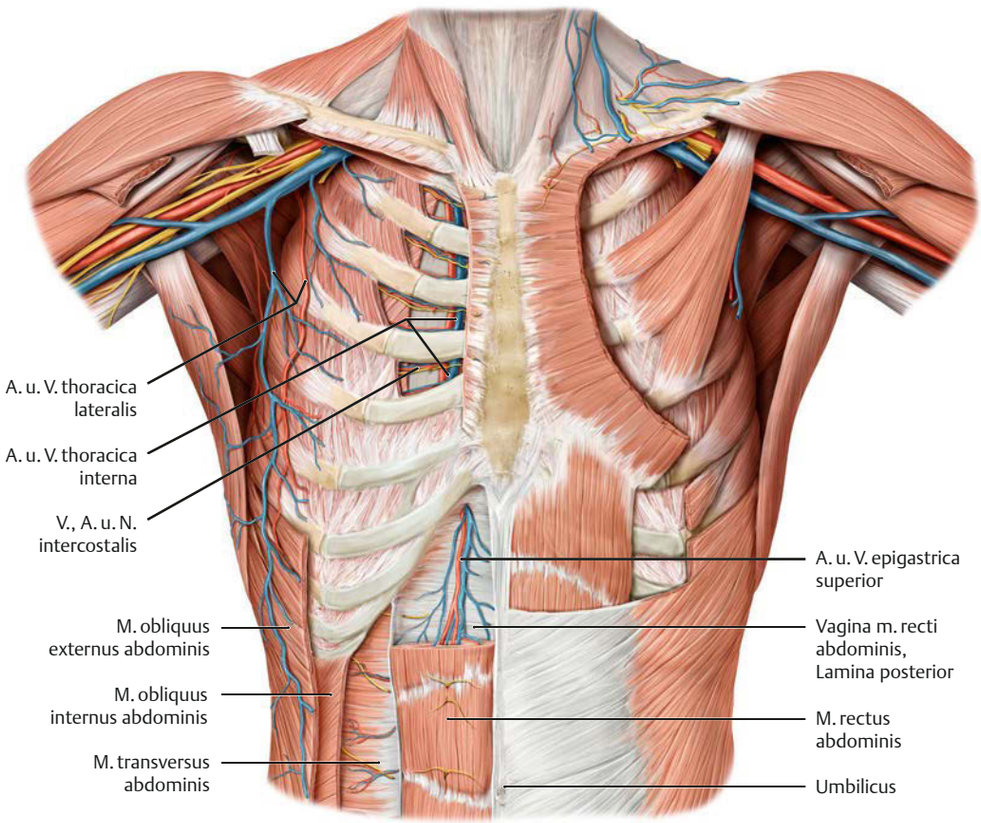
- Knochen: zwölf Brustwirbel (Vertebrae thoracicae) und Rippenpaare (Costae) sowie Brustbein (Sternum),
- Bindegewebe: Binnenfaszien des Thorax, Muskelfaszien und
- Muskeln: v. a. Zwischenrippenmuskeln, Binnenmuskeln und Zwerchfell

umgeben. Sie gliedert sich in den unpaaren Mittelfellraum (Mediastinum) und die paarigen Pleurahöhlen; mit den *Mediastinalorganen* und den beiden *Lungen* in den Pleurahöhlen. Der Thorax beinhaltet mit dem Herz den zentralen Motor des Kreislaufsystems, mit den beiden Lungen die Hauptorgane des Atmungssystems und mit der Speiseröhre den Brustteil des Verdauungssystems. Zudem ziehen hier zahlreiche Leitungsbahnen durch bzw. enden hier. Der knöcherne Brustkorb (Compages thoracis) ist zunächst nach oben und unten offen (Apertura thoracis superior und inferior), verschlossen wird er erst durch Muskeln und Bindegewebe

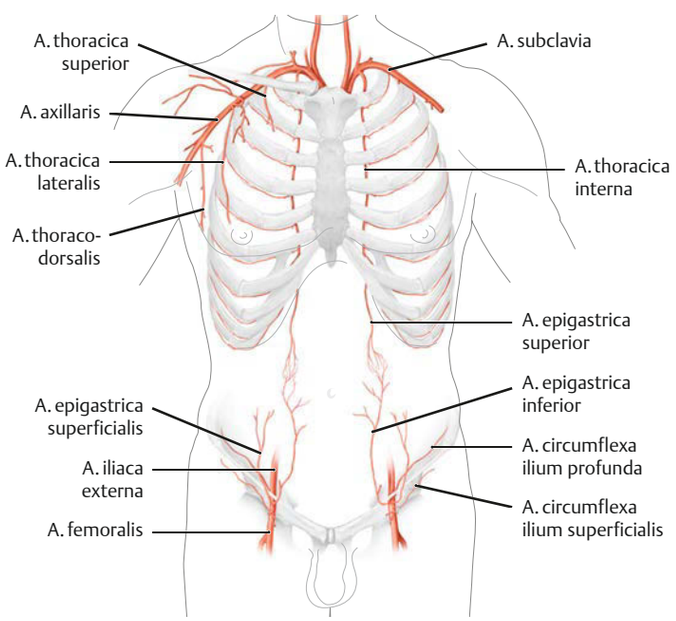
- nach kaudal: gegen die Bauchhöhle (Cavitas abdominis), durch das Zwerchfell (Diaphragma) und seine Faszien (v. a. in **a** gut zu sehen);
- nach kranial: gegen den Hals, durch den kontinuierlichen Übergang von Thoraxbindegewebe in Halsbindegewebe (kein wirklicher „Verschluss“ – im Unterschied zum Verschluss durch das Zwerchfell nach kaudal).

Beachte: Durch die starke Wölbung des Diaphragmas überlappen sich Thorax- und Bauchhöhle in der Horizontalebene (vgl. v. a. **b** mit den angedeuteten Bauchorganen). Perforierende Verletzungen der Rumpfwand (Stich, Schuss) können deshalb beide Körperhöhlen gleichzeitig eröffnen (sog. Mehrhöhlenverletzung).

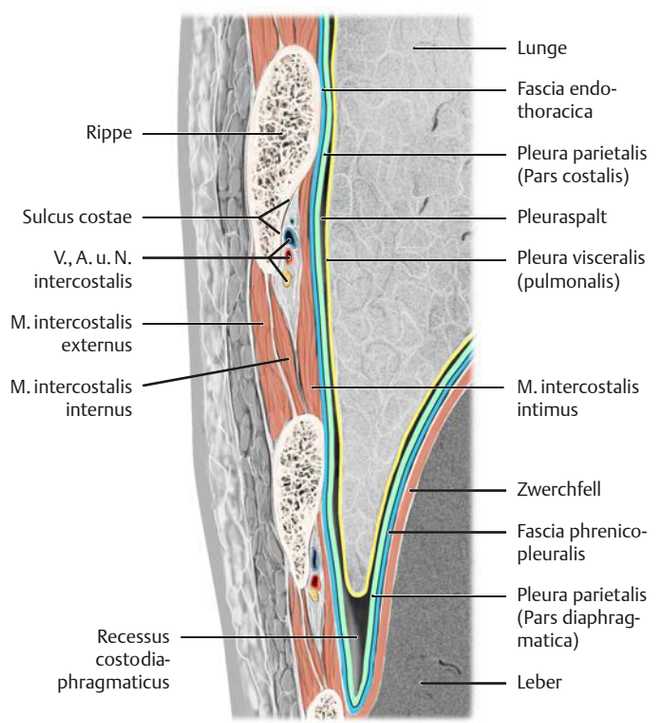
6.3 Aufbau der vorderen Thoraxwand und ihre Leitungsbahnen



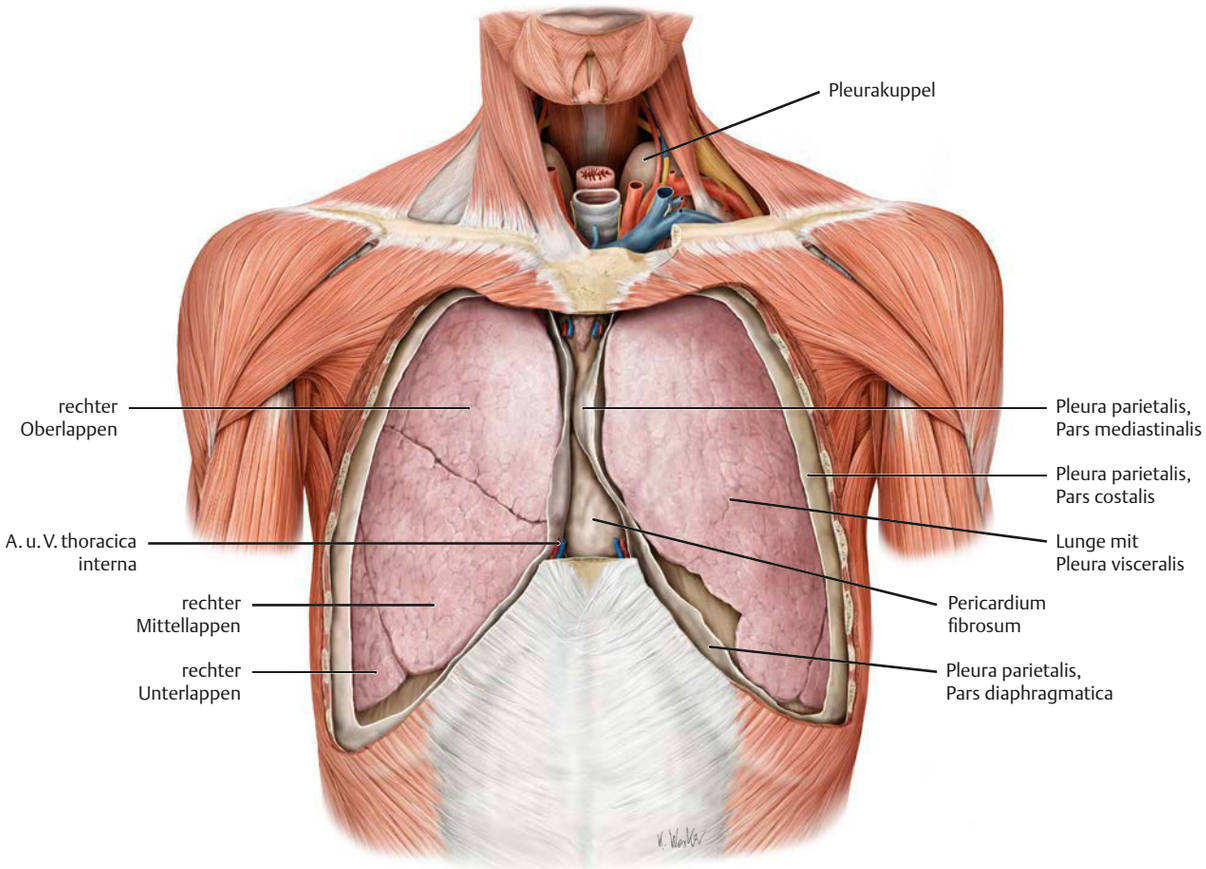
A Leitungsbahnen der Vorderseite der ventralen Rumpfwand
Ansicht von ventral. An der rechten Rumpfhälfte sind sowohl epifasziale (subkutane), als auch tiefe (subfasziale) Leitungsbahnen dargestellt. Hierzu wurden auf der rechten Seite die Mm. pectorales major und minor vollständig, die Mm. obliquii externus und internus abdominis teilweise entfernt. Zur Darstellung der Vasa epigastrica inferiora sind Teile des rechten M. rectus abdominis entfernt bzw. durchsichtig gezeichnet. Um den Verlauf der Vasa intercostalia und der Nn. intercostales zu verdeutlichen, wurden die Zwischenrippenräume gefenstert.



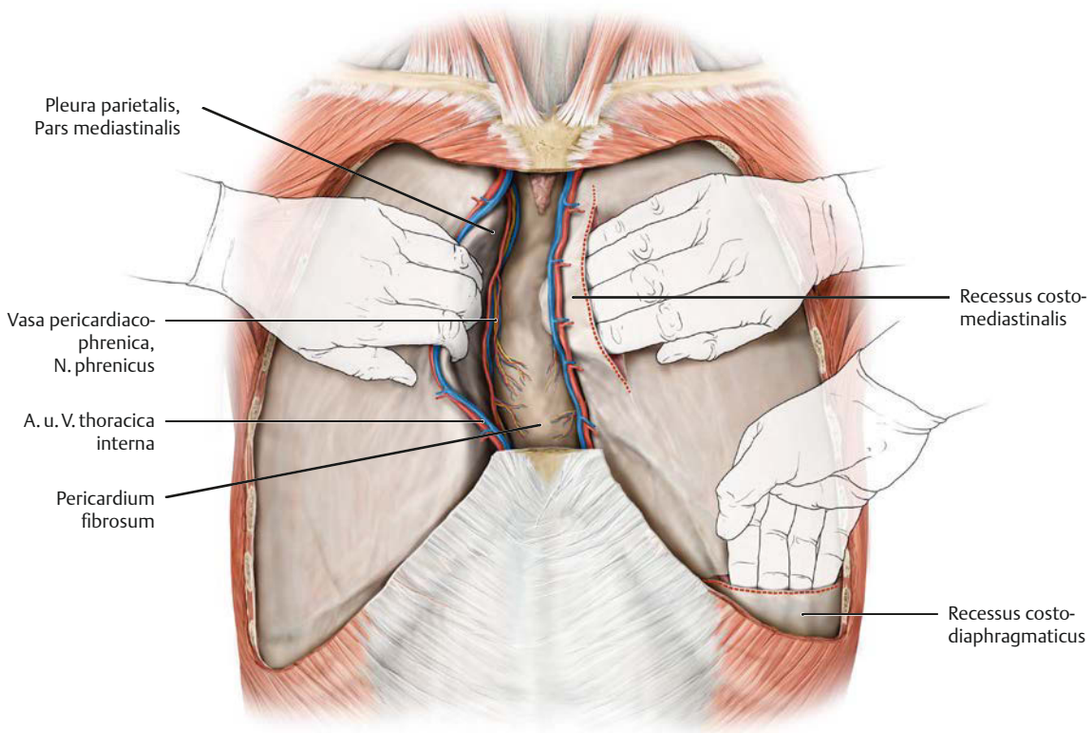
B Schema der arteriellen Versorgung der ventralen Rumpfwand
Ansicht von ventral. Die vordere Rumpfwand wird hauptsächlich aus zwei Quellen gespeist: aus der A. subclavia über die A. thoracica interna und über die A. epigastrica inferior aus der A. iliaca externa. Zusätzlich kommen kleinere Arterien aus der A. axillaris (A. thoracica superior, A. thoracodorsalis und A. thoracica lateralis) und aus der A. femoralis (A. epigastrica superficialis und A. circumflexa ilium superficialis).



C Aufbau der lateralen Brustwand
Frontalschnitt auf Höhe der lateralen Brustwand im Bereich des Recessus costodiaphragmaticus.

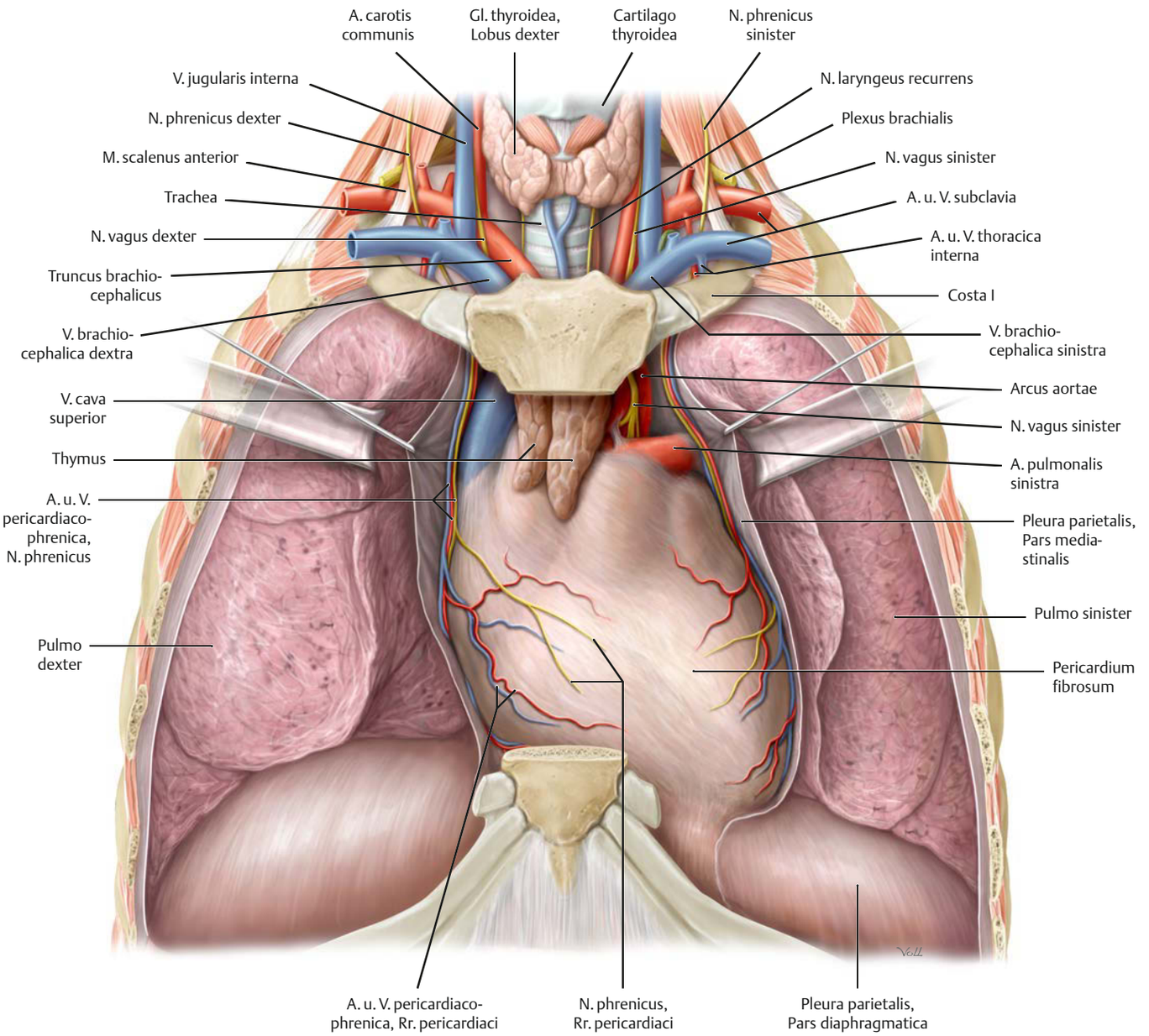


D Brustraum mit eröffneter Pleurahöhle
Ansicht von ventral.

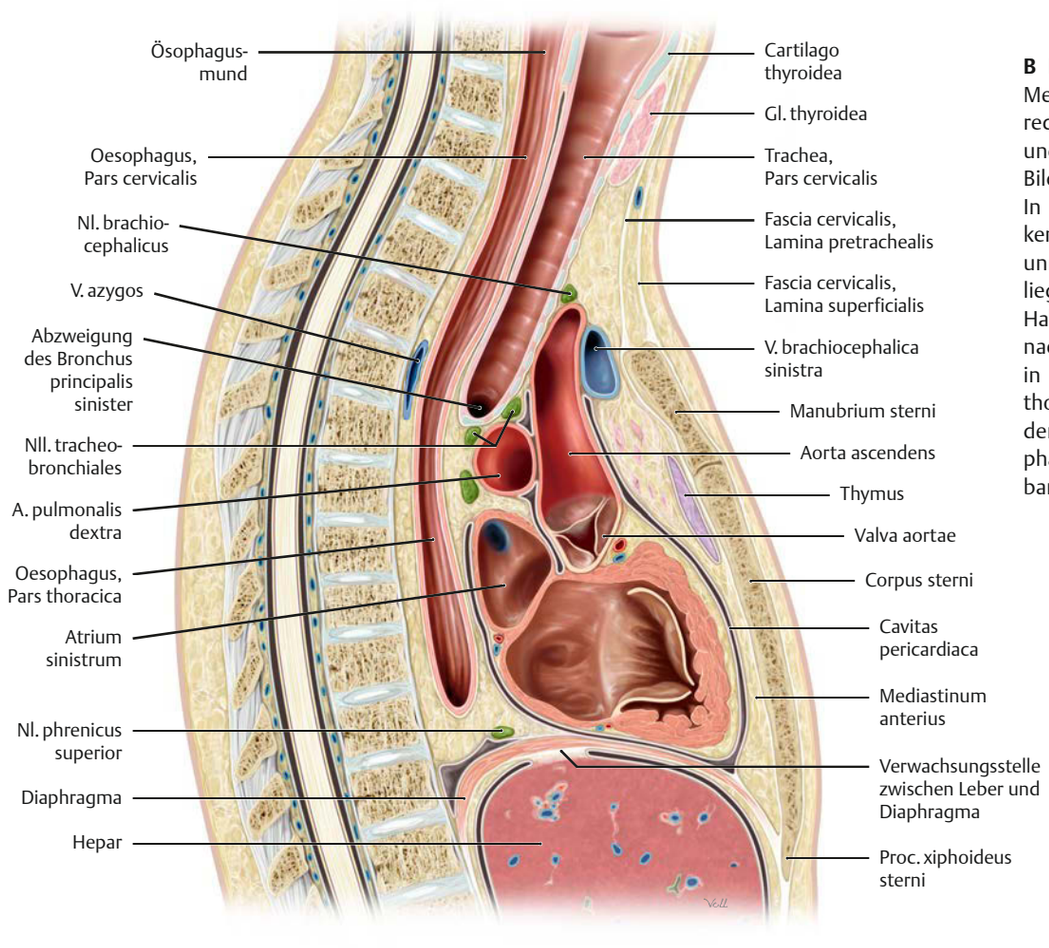


E Recessus costomediastinalis und costodiaphragmaticus
Auf der linken Seite ist die Pleura parietalis parasternal und oberhalb der 9. Rippe geschlitzt, um mit der flachen Hand den Recessus costomediastinalis und costodiaphragmaticus zu tasten. Rechts wurde die Lunge mit ihrer mediastinalen Pleura vorsichtig vom Herzbeutel abgehoben, um die Vasa pericardiacophrenica und den N. phrenicus zu zeigen

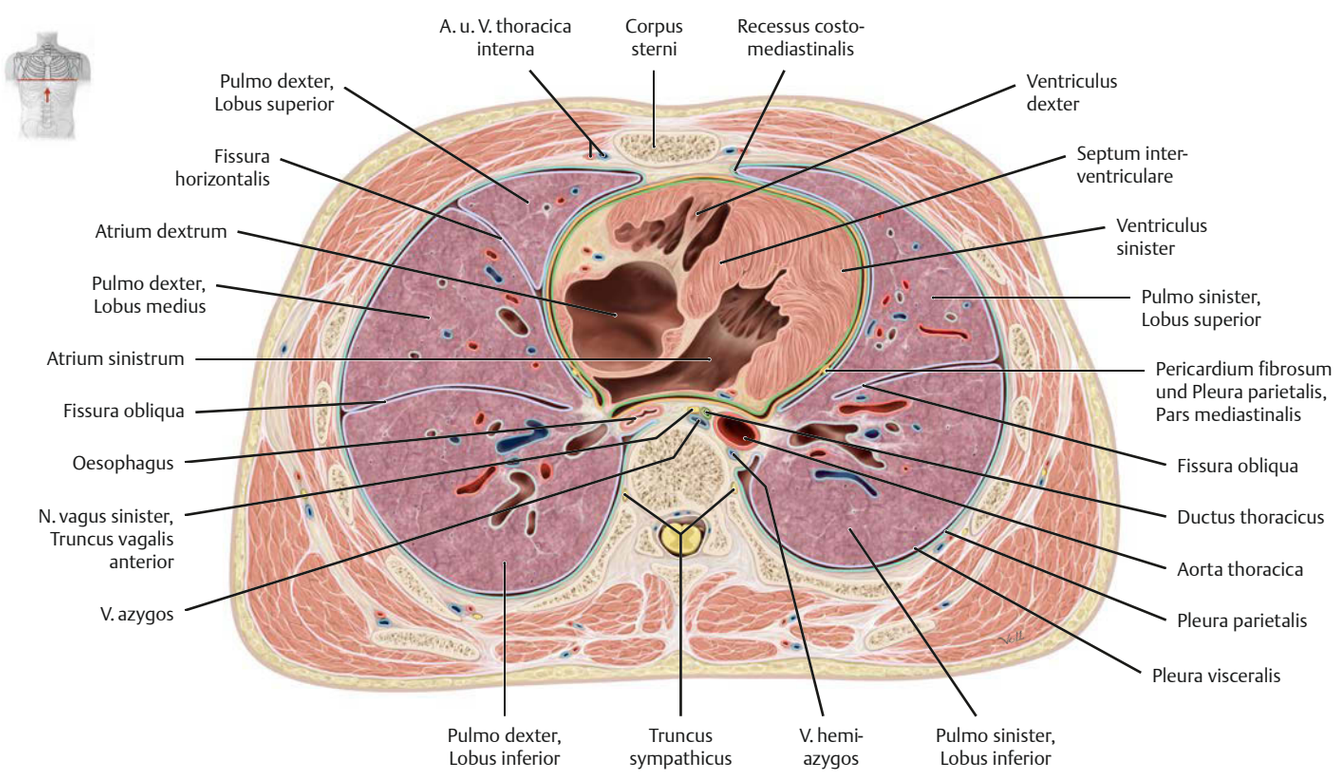
6.4 Thoraxorgane in situ: Ansicht von ventral, lateral und kranial



A Mediastinum von ventral, vordere Thoraxwand abgetragen
Frontalschnitt durch den Thorax; Bindegewebe im sehr schmalen *Mediastinum anterius* vollständig entfernt.
Sehr ausgeprägt dargestellt ist der Thymus, das einzige Organ, das beim Erwachsenen ausschließlich im *Mediastinum superius* liegt. Als Strukturen, die sich vom Mediastinum superius in den Hals bzw. auf die obere Extremität fortsetzen, sind Äste des Aortenbogens, V. cava superior und Trachea zu erkennen, die hier allerdings durch die herznahen Gefäße größtenteils verdeckt ist. Das *Mediastinum medium*, das in diesem Frontalschnitt sichtbar wird, wird beherrscht von Herz und Herzbeutel (= Perikard, mit dem Zwerchfell verwachsen) und den damit verbundenen Leitungsbahnen, N. phrenicus und Vasa pericardiacophrenica. Sie ziehen unter Abgabe von Ästen über den Herzbeutel in Richtung Zwerchfell.



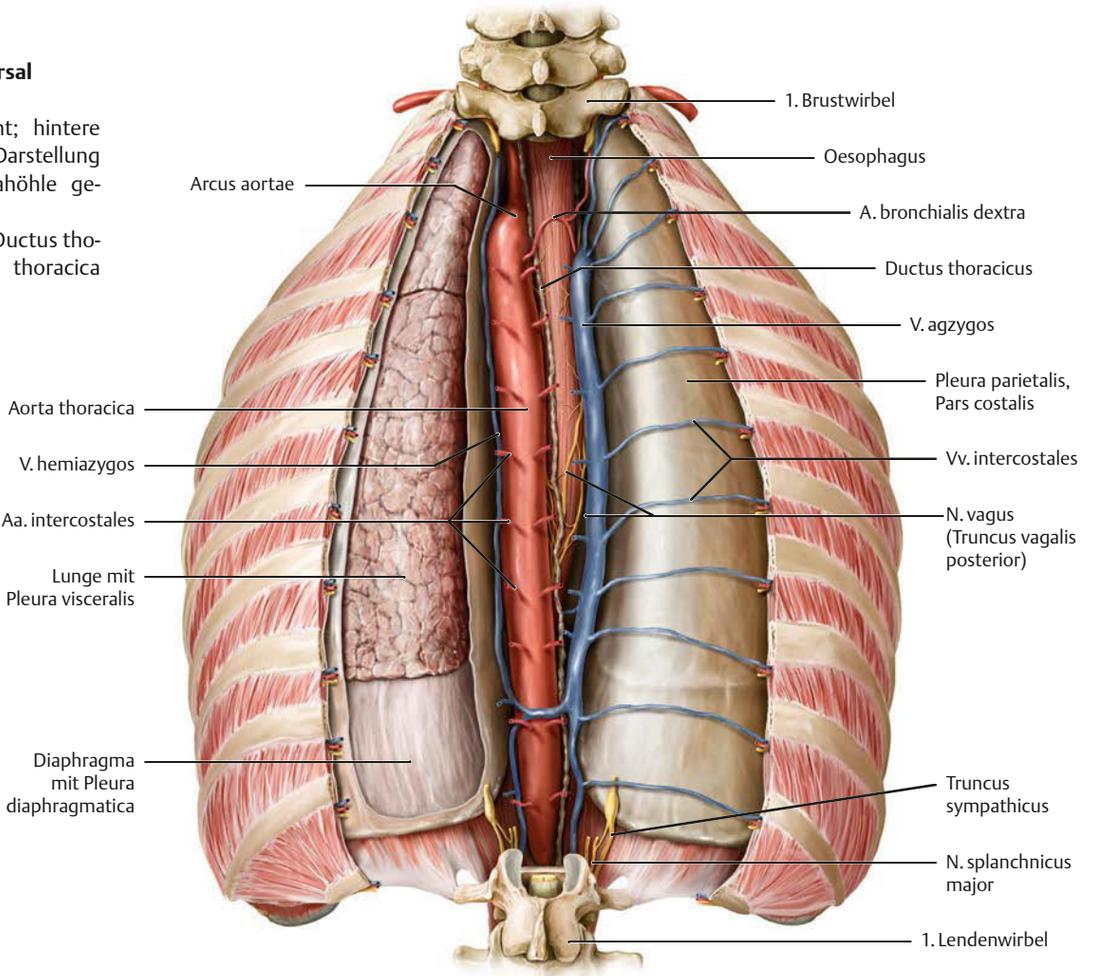
B Mediastinum von lateral
Mediansagittalschnitt; Ansicht von rechts. Herzbeutel, Herz, Trachea und Oesophagus aufgeschnitten, Bild stark vereinfacht.
In dieser Seitenansicht ist zu erkennen, dass sich die Trachea, die unmittelbar vor dem Oesophagus liegt, während ihres Verlaufs vom Hals durch den Thorax von ventral nach dorsal verlagert: Nach Eintritt in den Thorax durch die Apertura thoracis superior verläuft sie *hinter* den herznahen Gefäßen. Der Oesophagus liegt in unmittelbarer Nachbarschaft des linken Herzvorhofs.

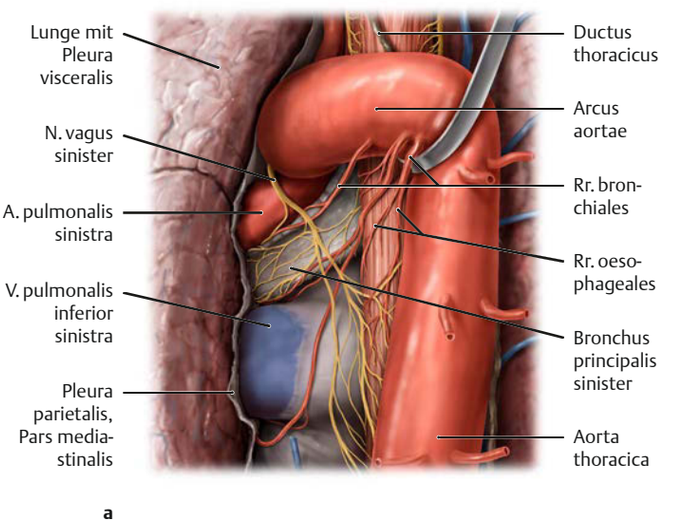


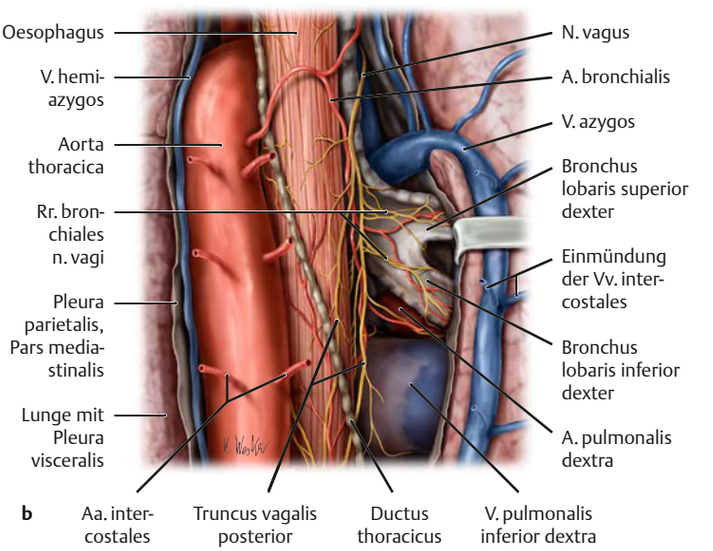
C Mediastinum von kaudal
Horizontalschnitt in Höhe des 8. Brustwirbels.
Gut zu sehen ist hier die asymmetrische Lage des Herzens im Thorax, vgl. S. 97. Zwischen Herz und Sternum schieben sich von links und rechts die Recessus costomediastinales (s. S. 183).

6.5 Thoraxorgane in situ: Ansicht von dorsal

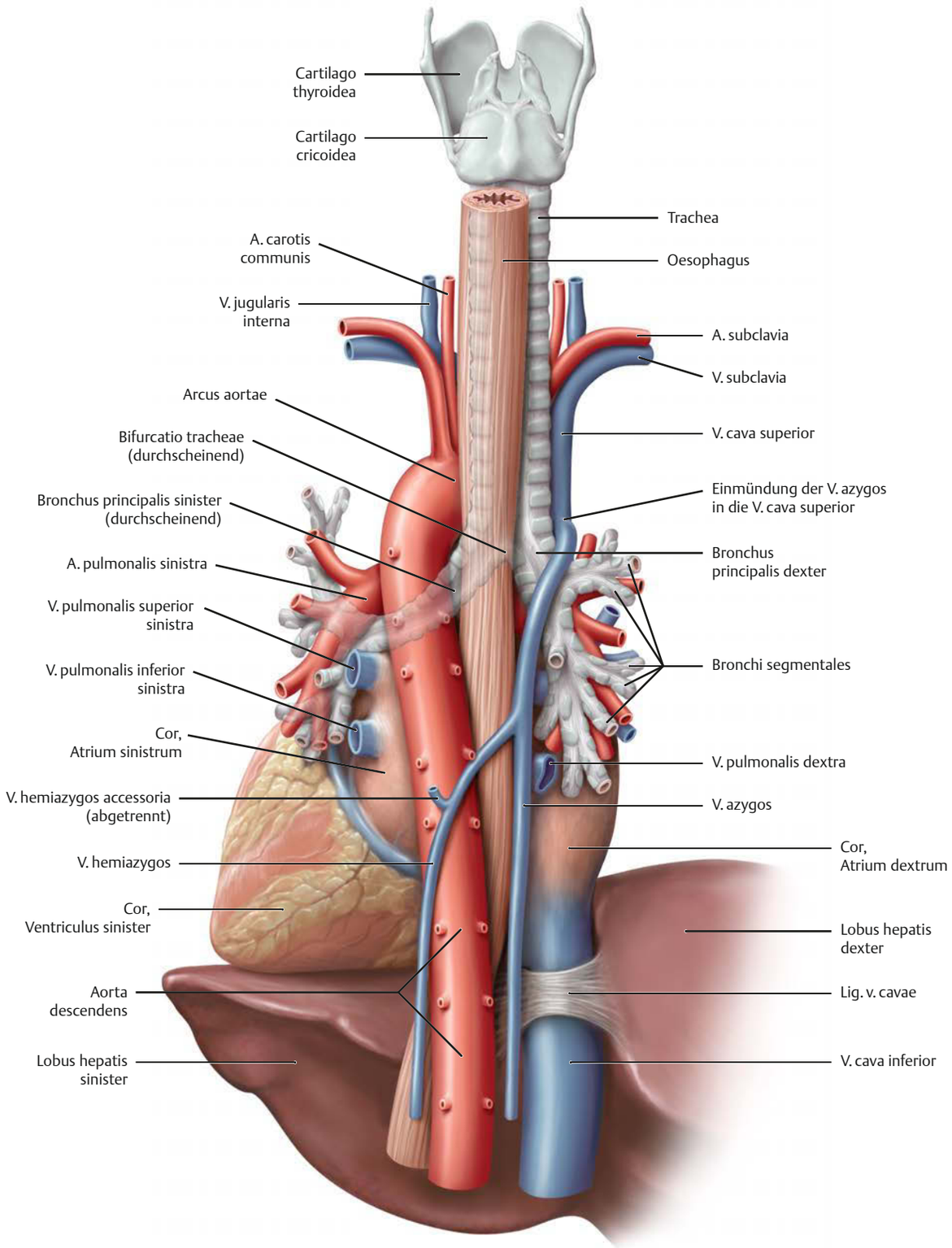
A Mediastinum von dorsal (nach Platzer)
Brustwirbelsäule entfernt; hintere Thoraxwand und, zur Darstellung der Lunge, linke Pleurahöhle gefenstert.
Beachte den Verlauf des Ductus thoracicus zwischen Aorta thoracica und Speiseröhre.





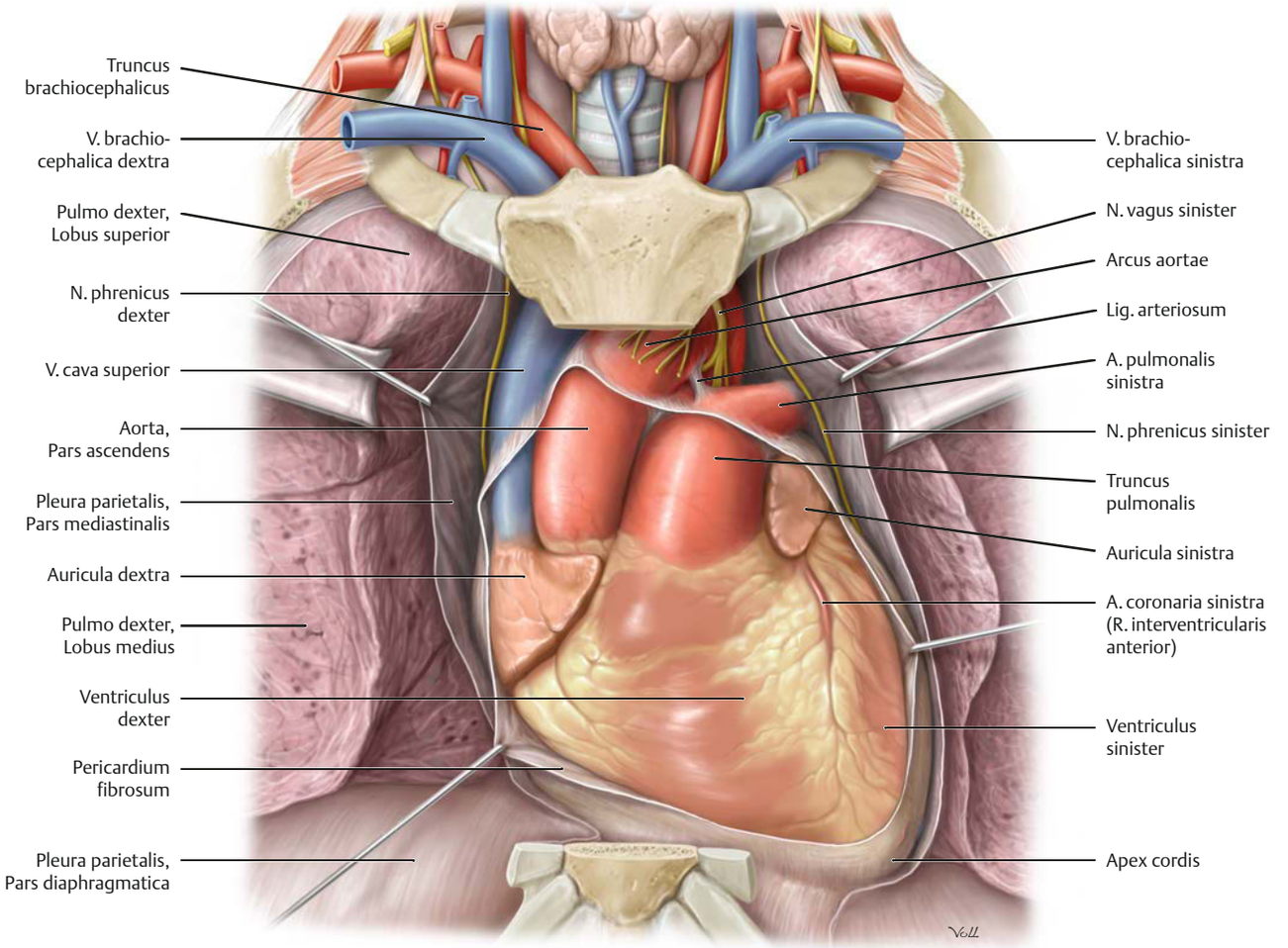


B Hilum der linken (a) und rechten (b) Lunge von dorsal (nach Platzer)
Um das linke Hilum darzustellen, ist in **a** die Aorta am Übergang von Arcus aortae zu Aorta thoracica zur Seite verlagert, zur besseren Sicht auf das rechte Hilum in **b** die V. azygos.

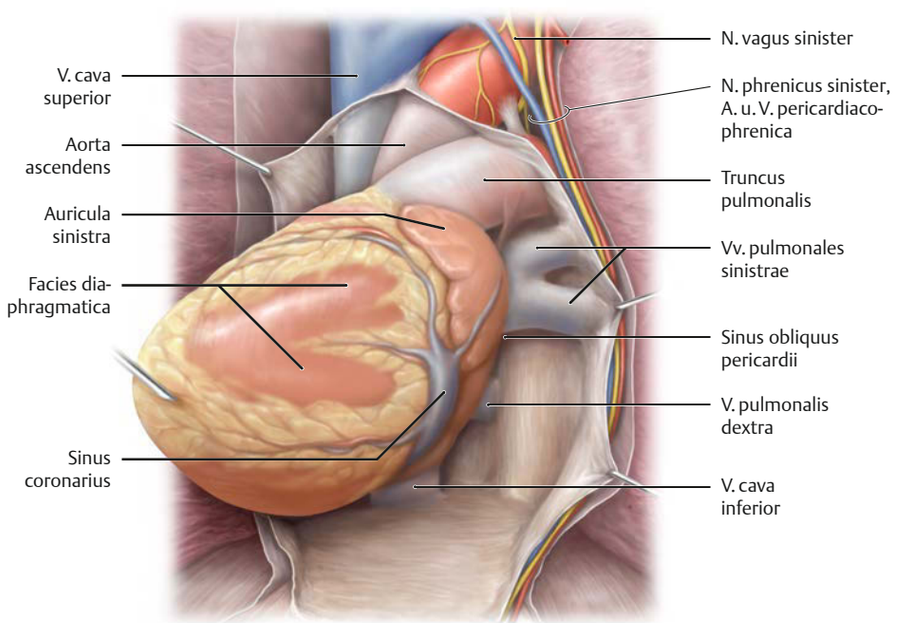


C Mediastinum von dorsal, isoliertes Organpräparat
Hier werden die Strukturen im *Mediastinum posterius* besonders gut sichtbar, insbesondere der Verlauf der Aorta descendens, der Vv. azygos und hemiazygos und des Oesophagus, der dorsal der Trachea liegt und sie teilweise verdeckt. (Das Mediastinum posterius von ventral ist auf S. 192 zu sehen.) Die Aorta wechselt in ihrem Verlauf mehrfach die topografischen Bezüge. Zunächst liegt sie – als Aorta ascendens – herznah im Mediastinum medium, also in einem Unterraum des Mediastinum inferius. Topografisch befindet sie sich damit ventral von Trachea und Oesophagus. Sie steigt dann in das Mediastinum superius auf und bildet dort in einer nach links und dorsal gerichteten Kurve den Arcus aortae (Aortenbogen). Durch die „Linkskurve" kommt sie links von Oesophagus und Trachea zu liegen und überquert den linken Hauptbronchus (die Aorta „reitet" auf dem linken Hauptbronchus). Im weiteren Verlauf wendet sie sich wieder leicht nach medial und dorsal und zieht nun hinter dem Oesophagus im Mediastinum posterius nach kaudal. Hier liegt sie in Nachbarschaft zu den Vv. azygos und hemiazygos. Auf dem Bild wird auch sichtbar, wie nahe die Leber dem rechten Herzen kommt.

6.6 Herz: Cavitas pericardiaca

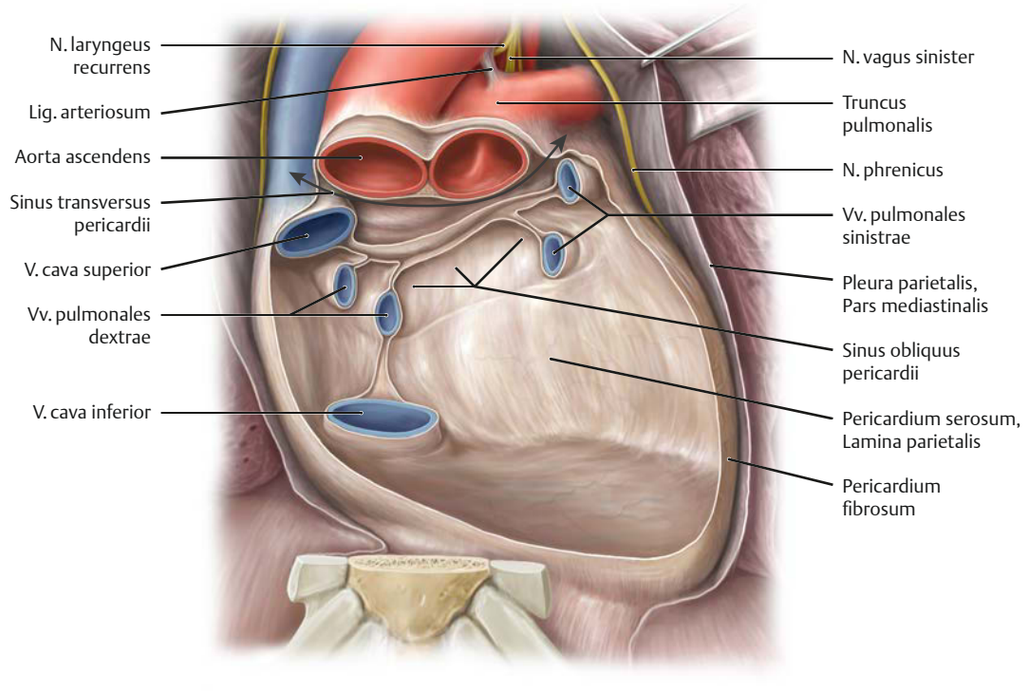


A Eröffnung der Cavitas pericardiaca und Darstellung der Facies sternocostalis des Herzens

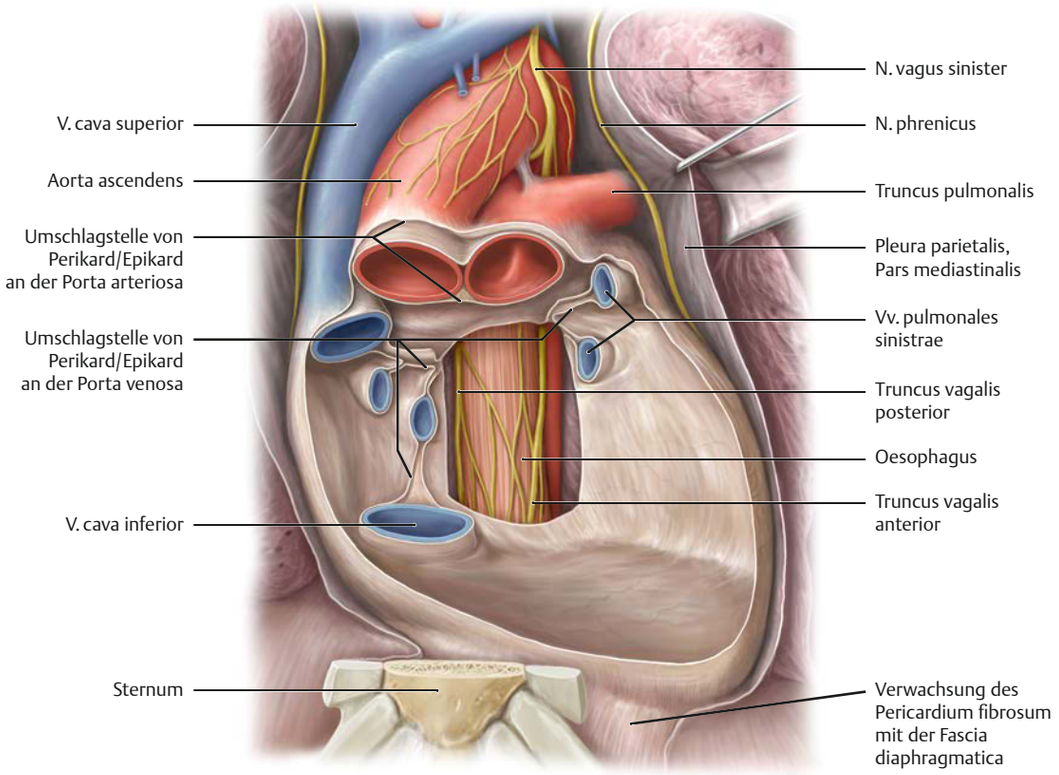


B Facies diaphragmatica cordis (sog. Herzhinterwand)

Nach Hochheben des Herzens werden dessen Facies diaphragmatica sowie der Sinus obliquus pericardii sichtbar.

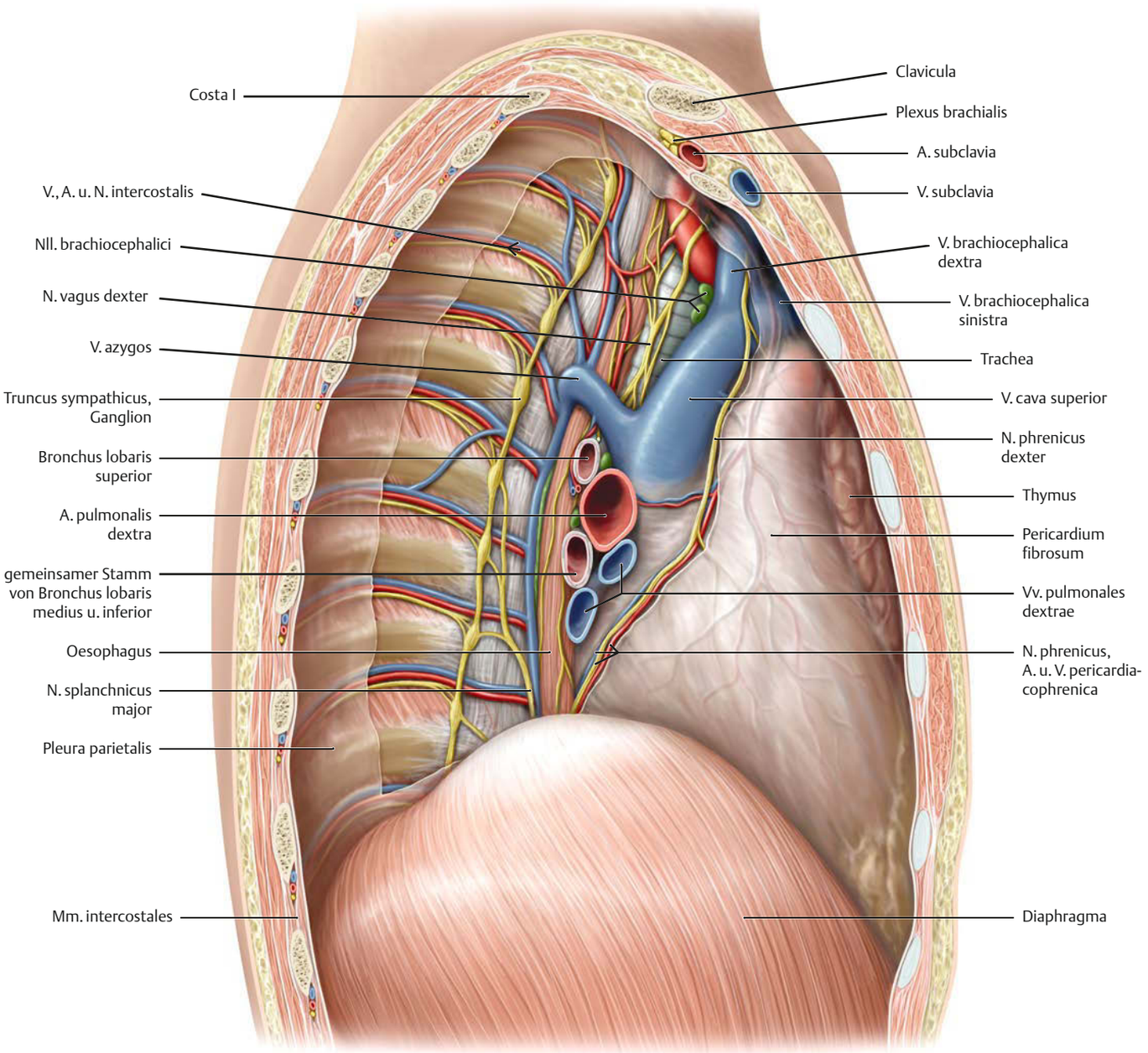


C Cavitas pericardiaca nach Entfernung des Herzens
Beachte die Umschlagsstellen des Perikards auf das Epikard und die Verwachsung des Herzbeutels mit dem Zwerchfell.

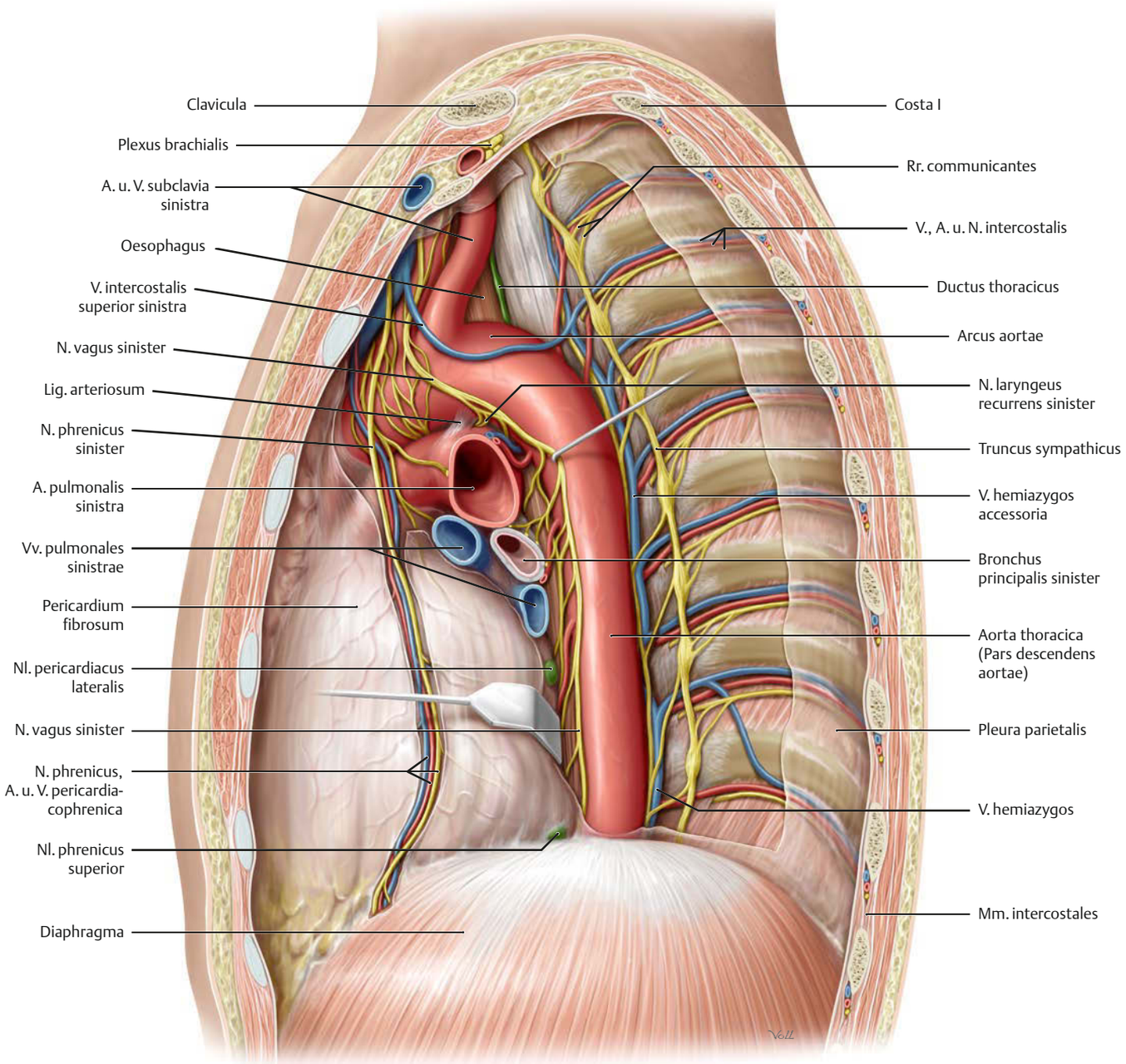


D Verlauf des Oesophagus dorsal des linken Vorhofs
Nach Fensterung des Herzbeutels im Bereich des Sinus obliquus pericardii erkennt man den in unmittelbarer Nachbarschaft verlaufenden Oesophagus mit dem Truncus vagalis anterior.

6.7 Mediastinum als Ganzes

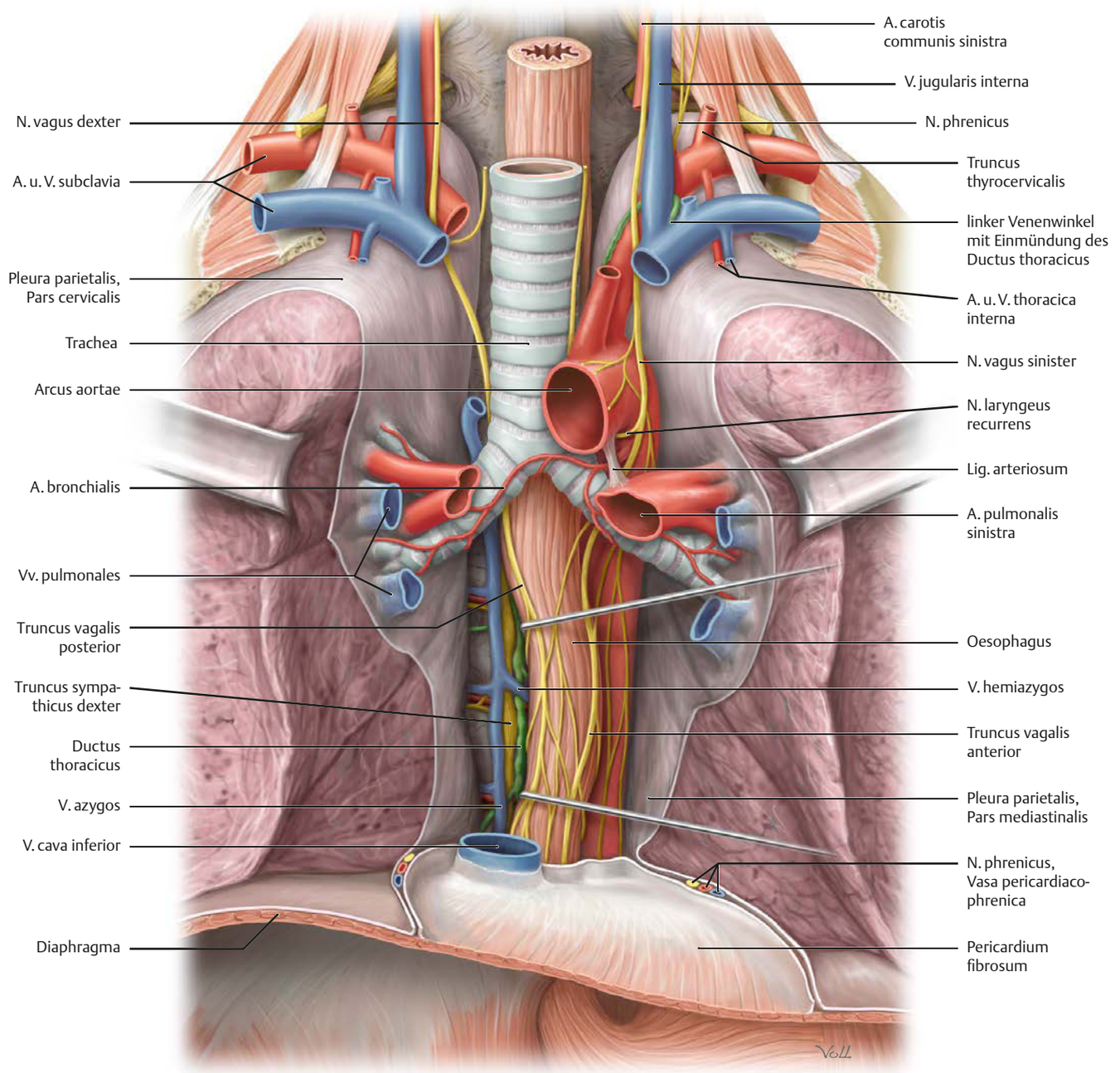


A Sicht auf das Mediastinum von rechts
Paramedianschnitt; rechte Lunge komplett, Wand der Pleurahöhle (Pleura parietalis, s. S. 192 f) zum größten Teil entfernt. Hier werden die Strukturen des *Mediastinum posterius* sichtbar, die neben den Wirbelkörpern liegen, v. a. Truncus sympathicus und V. azygos mit Mündung in die V. cava superior. Im *Mediastinum medium* sieht man auf dem Herzbeutel den N. phrenicus (dexter) und die A. und V. pericardiacophrenica (dextra), der N. vagus (dexter) ist hier direkt an der seitlichen Wand des Oesophagus sichtbar. Auf einem rechts paramedian liegenden Schnitt ist die medial liegende Trachea immer von anderen Strukturen überdeckt. In diesem Bild sind deshalb nur die Anschnitte der Bronchi lobares der rechten Lunge zu erkennen. Der Thymus ist deutlicher dargestellt, als man das bei einem alten Menschen (wie hier) erwarten würde, wo anstelle des Thymus meist ein wesentlich kleinerer, sog. retrosternaler Fettkörper (involuierter Thymus) vorhanden ist.

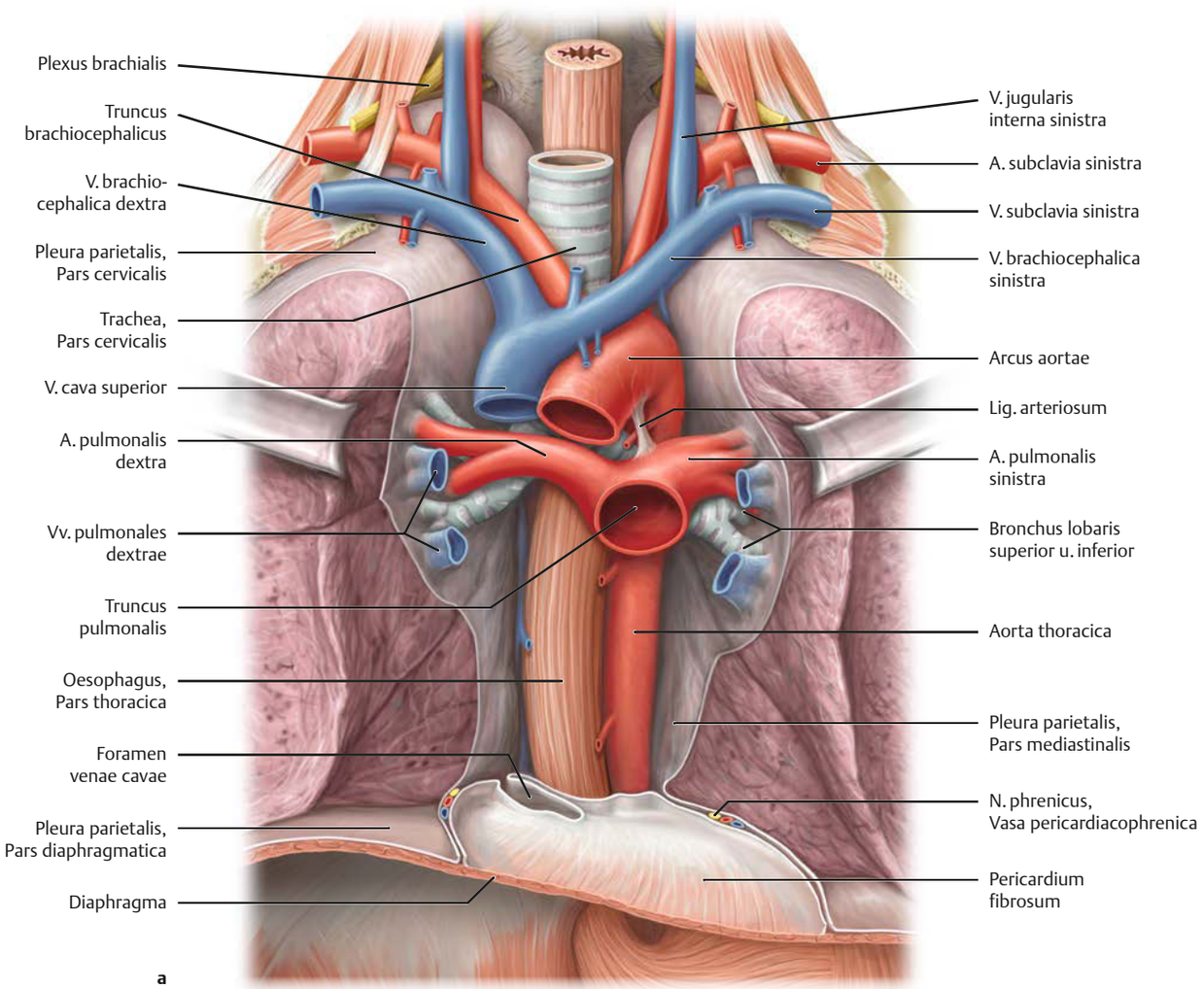


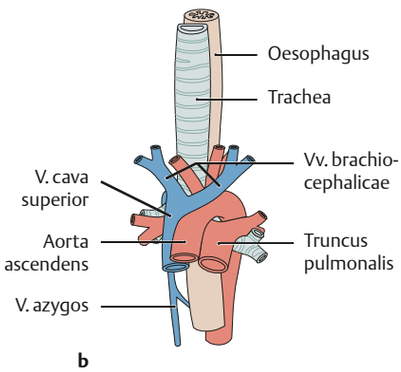
B Sicht auf das Mediastinum von links
Paramedianschnitt, Ansicht von links; linke Lunge vollständig entfernt, wandständige Pleura der linken Pleurahöhle weitgehend abgetragen. Wirbelsäule und Herzbeutel sind nicht angeschnitten. Die links liegenden Anteile paariger mediastinaler Strukturen (Truncus sympathicus, N. vagus, N. phrenicus, Vasa pericardiacophrenica) sind zu sehen. Als unpaare Struktur erkennt man die V. hemiazygos und die (inkonstante) V. hemiazygos accessoria. Das vorherrschende Gefäß ist die Aorta, von der hier der Bogen (Arcus aortae) und der absteigende Teil (Pars descendens aortae) ventral und lateral des Oesophagus zu sehen sind. Die beiden Vv. pulmonales sinistrae sind nahe ihrer Mündung in den linken Vorhof angeschnitten; so wird auch hier die enge topografische Beziehung zwischen linkem Herzvorhof und Oesophagus sichtbar. Auch auf einem links paramedian liegenden Schnitt ist die Trachea selbst verdeckt; der Anschnitt des Bronchus principalis sinister (umgeben von den Pulmonalgefäßen) ist aber deutlich erkennbar (vgl. mit **A**).

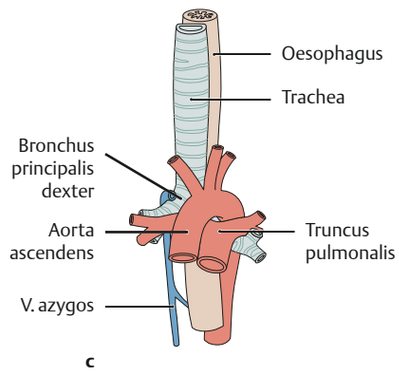
6.8 Hinteres Mediastinum (Mediastinum posterius)

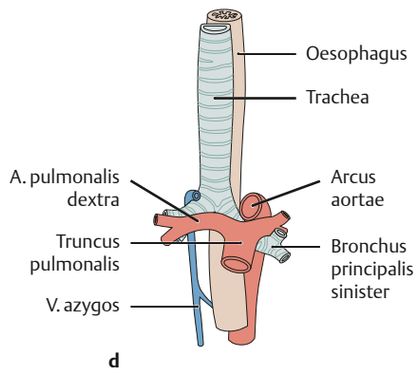


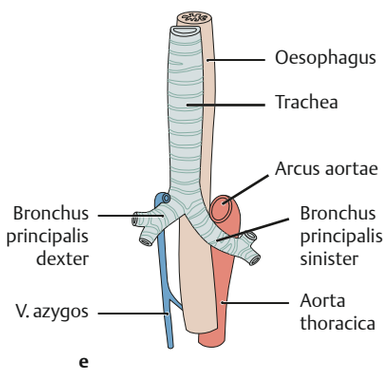
A Hinteres Mediastinum in der Ansicht von ventral
Herz entfernt, Oesophagus leicht nach links verlagert. Man erkennt die wesentlichen Strukturen des hinteren Mediastinum: Oesophagus, Nn. vagi, Aorta thoracica, Interkostalgefäße, Vv. azygos und hemiazygos sowie Truncus sympathicus.







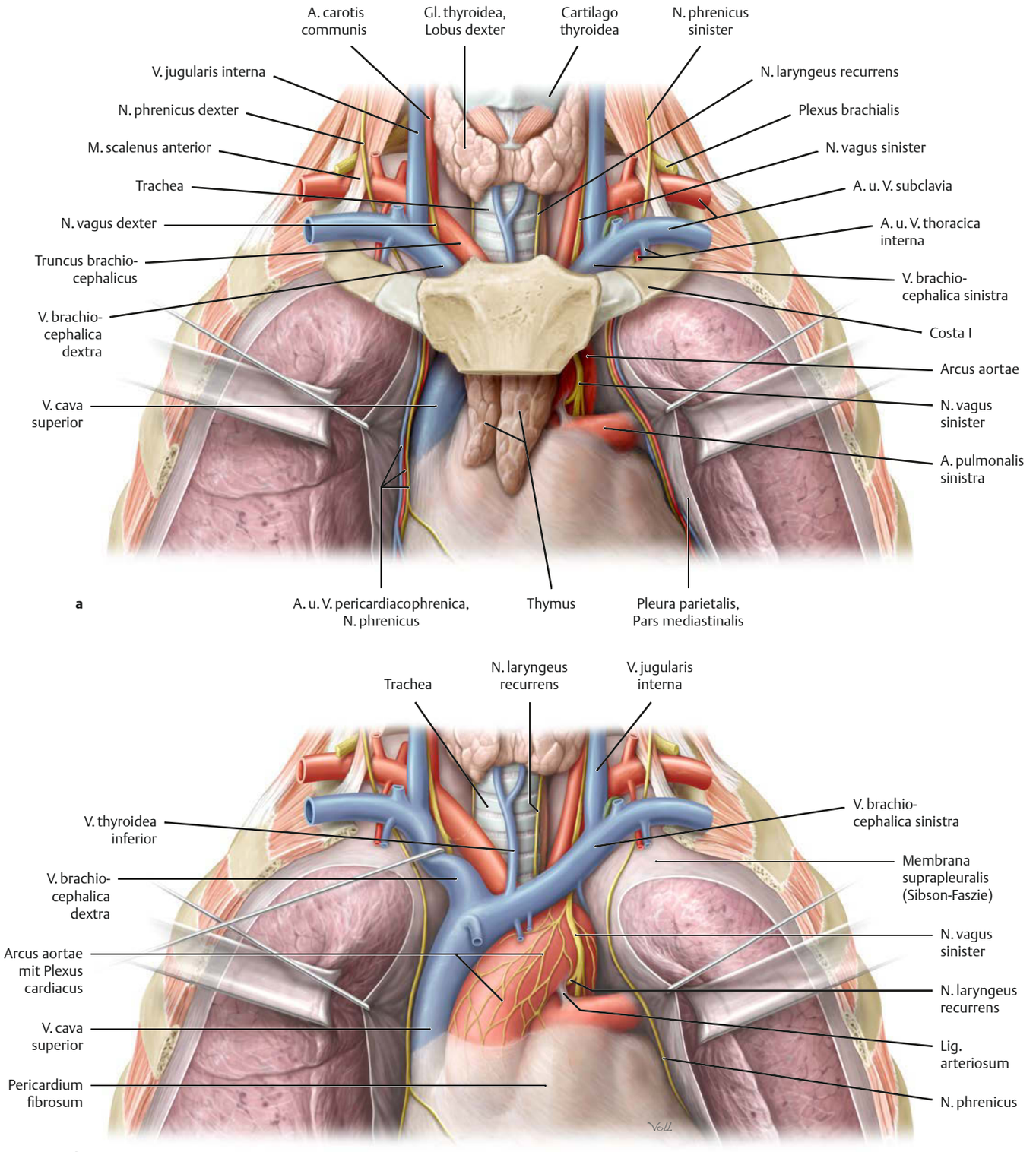




B Topografische Beziehungen (nach Agur)
a Ansicht von ventral; Herz entfernt; **b**–**e** hier sind nacheinander Strukturen entfernt, um die Sicht auf Trachea und Bronchien schrittweise frei zu geben:

b Situs ähnlich wie **a**. Trachea ventral des Oesophagus sichtbar, Bifurcatio tracheae durch Aortenbogen und A. pulmonalis verdeckt;
c V. cava superior und Vv. brachiocephalicae entfernt; Bronchus principalis dexter dadurch gerade eben sichtbar sowie das „Reiten" der V. azygos auf dem rechten Oberlappenbronchus;
d Aorta ascendens und größter Teil des Arcus aortae entfernt; Bifurcatio tracheae sichtbar sowie die Aa. pulmonales hauptsächlich ventral der Hauptbronchien;
e Truncus pulmonalis entfernt: „Reiten" der Aorta auf dem Bronchus principalis sinister wird sichtbar.

6.9 Oberes Mediastinum (Mediastinum superius)

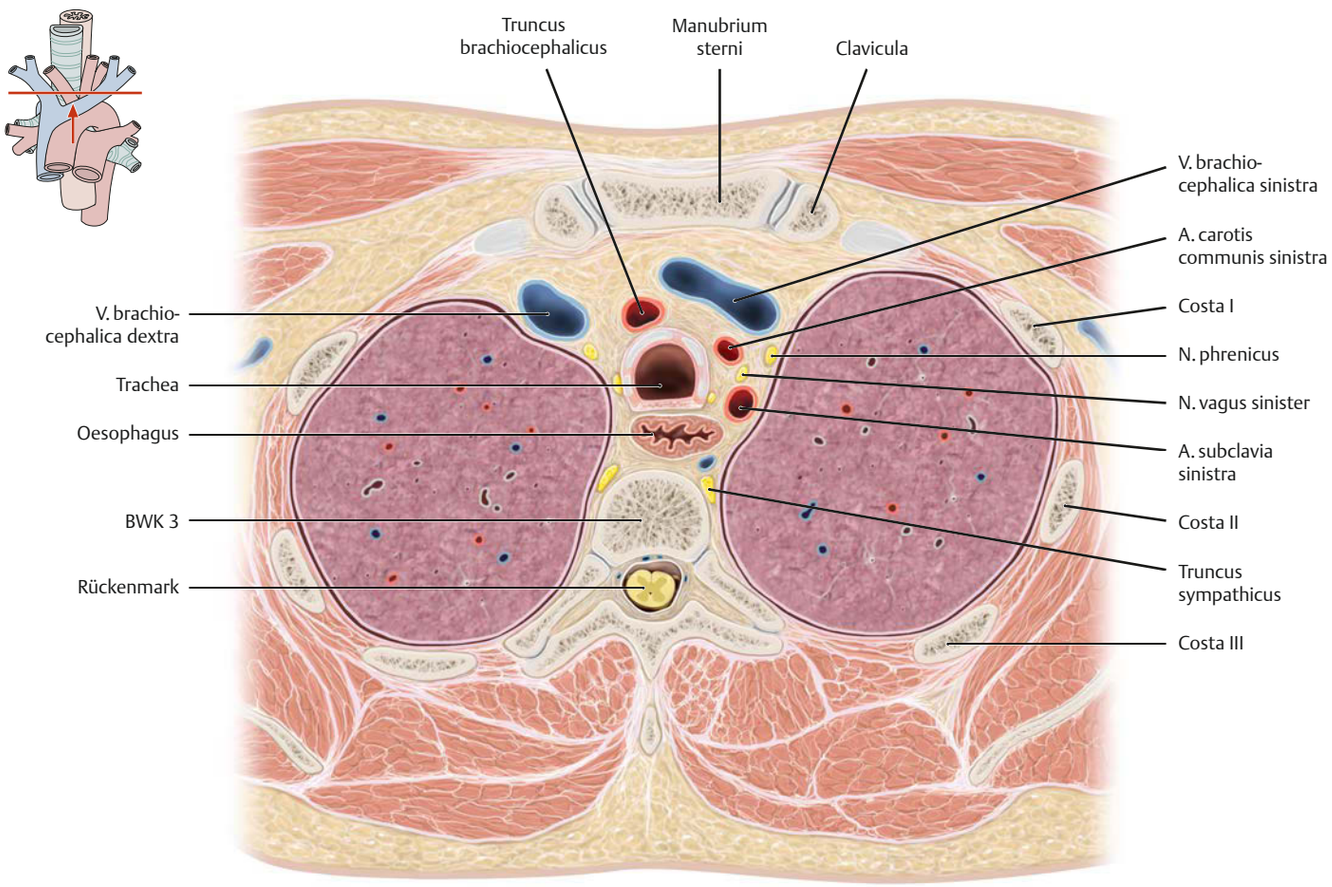


A Sicht auf die obere Thoraxapertur und das obere Mediastinum

a Corpus sterni mit angrenzenden Rippen entfernt; auf Höhe der oberen Thoraxapertur grenzt das obere Mediastinum an die Halsorgane; die eigentlichen Strukturen des oberen Mediastinum werden erst nach Wegnahme des Manubrium sterni sichtbar (s. **b**);

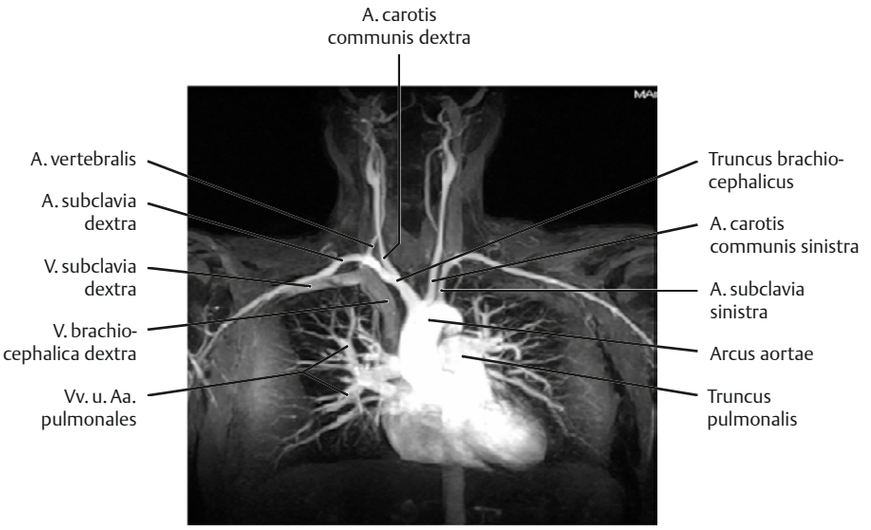
b oberes Mediastinum freigelegt: Manubrium sterni, Thymus bzw. die Reste davon (sog. retrosternaler Fettkörper) entfernt.

B Schnittbildanatomie der oberen Thoraxapertur
Horizontales (axiales) CT-Schnittbild (Weichteilfenster) auf Höhe der oberen Thoraxapertur (Manubrium sterni bzw. BWK 3) in der Ansicht von kaudal (Originalabbildung Prof. Dr. med. S. Müller-Hülsbeck, Diagnostische und interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, Ev.-Luth. Diakonissenanstalt, Flensburg).

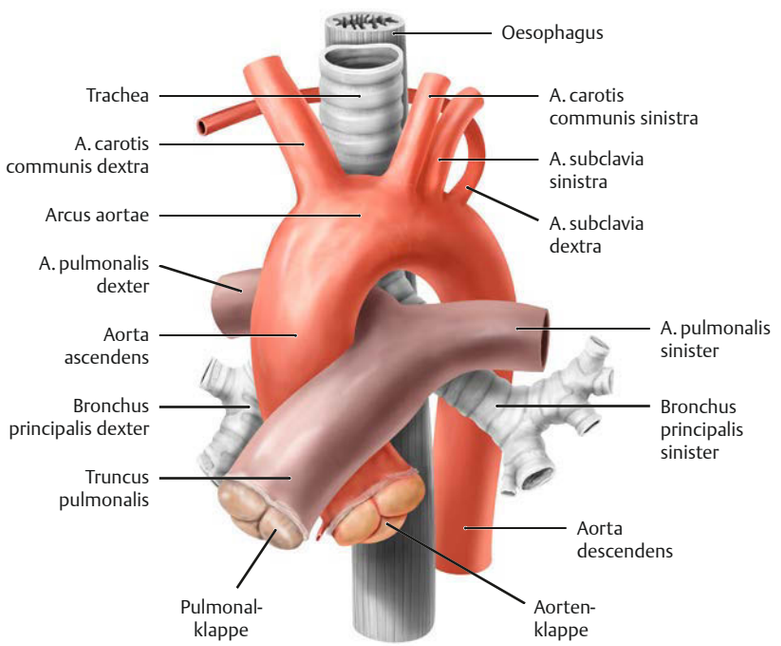


C Horizontalschnitt auf Höhe der oberen Thoraxapertur
Ansicht von kaudal.

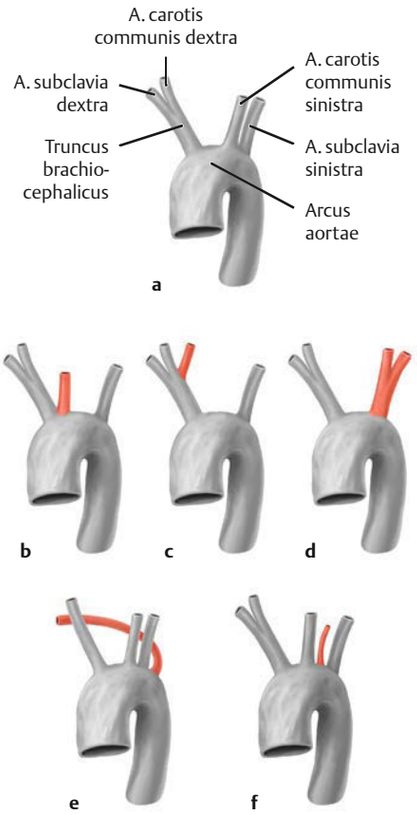
6.10 Aortenbogen und obere Thoraxapertur



A Kontrastmittelverstärkte MR-Angiographie der herznahen Gefäße
Darstellung der normalen Anatomie der herznahen Gefäße mittels MR-Angiographie (Kontrastmittelgabe intravenös über die Ellenbeuge) mit der sog. MIP-(Maximum-Intensity-Projektions)-Methode. Grundlage dieser Technik sind schnelle 3D-Gradienten-Echosequenzen, die vor und nach Kontrastmittelgabe an identischer Position durchgeführt werden. Durch die anschließende Bildsubtraktion wird ein 3D-Datensatz erzeugt, der nur noch die Gefäßinformation enthält. Dadurch sind dynamische Serien, z. B. der Lungendurchblutung, mit einer Zeitauflösung von wenigen Sekunden möglich (Originalabbildung Prof. Dr. med. S. Müller-Hülsbeck, Diagnostische u. interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, Ev.-Luth. Diakonissenanstalt, Flensburg).

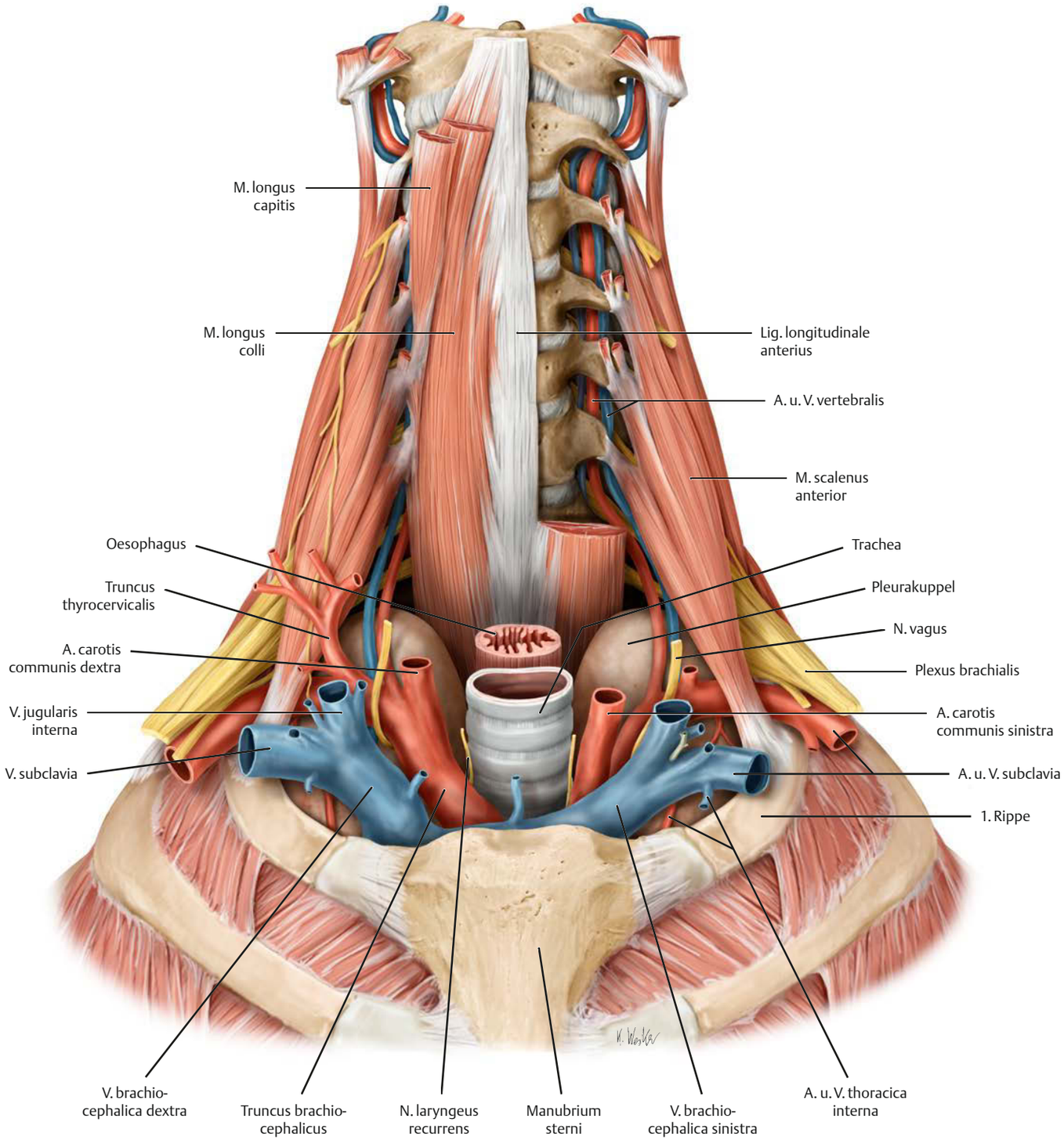


B Kongenitale Aortenbogenanomalie: A. lusoria
Entspringt die rechte A. subclavia als letztes Gefäß noch hinter der A. subclavia sinistra aus dem Aortenbogen und zieht dann hinter Trachea und Oesophagus auf die rechte Seite, spricht man von einer A. lusoria (s. auch **C**). Eine Operationsindikation besteht jedoch nur bei vorhandener klinischer Symptomatik (Dysphagie, Dyspnoe und Stridor).



C Ursprung der Aortenbogenäste: Regelfall und Varianten (nach Lippert u. Pabst)
Ansicht von ventral.

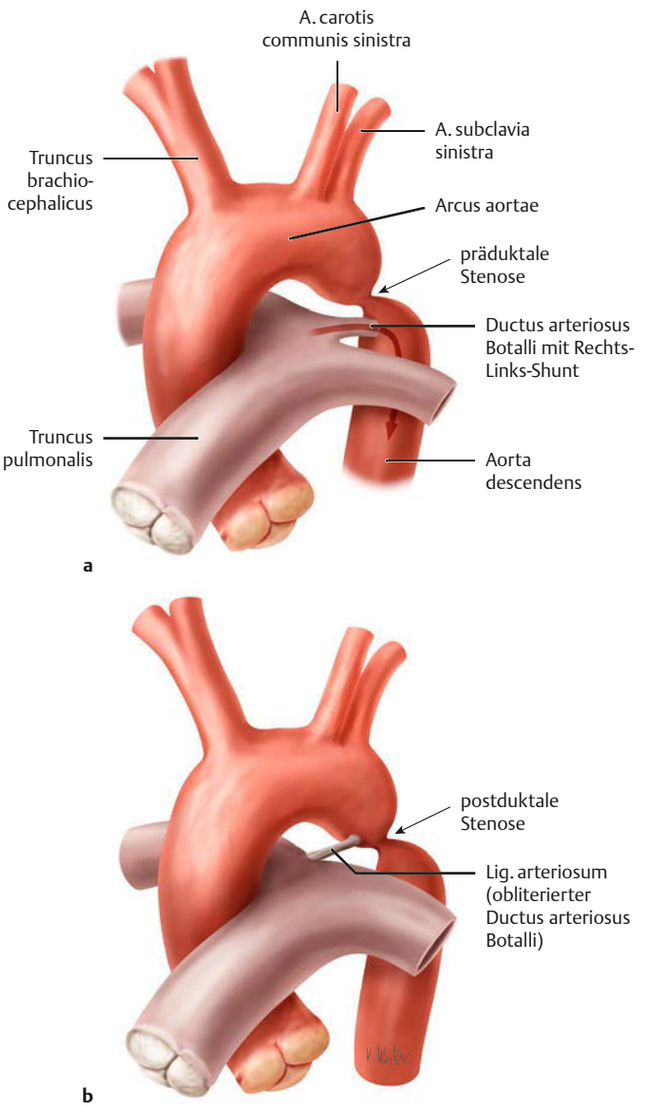
- **a** Regelfall (70 % der Fälle): A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra entspringen gemeinsam dem Truncus brachiocephalicus, der seinerseits aus dem Aortenbogen hervorgeht; A. carotis communis sinistra und A. subclavia sinistra entspringen dagegen direkt dem Aortenbogen.
- **b** Variante 1 (13 % der Fälle): Truncus brachiocephalicus (mit seinen beiden Verzweigungen A. carotis subclavia dextra und A. communis dextra) und A. carotis communis sinistra entspringen gemeinsam dem Aortenbogen.
- **c** Variante 2 (9 %): Zusätzlich zu A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra geht auch die A. carotis communis *sinistra* aus dem Truncus brachiocephalicus hervor.
- **d** Variante 3 (1 %): Es gibt zwei Trunci brachiocephalici, einen mit A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra und einen mit A. subclavia sinistra und A. carotis communis sinistra.
- **e** Variante 4 (1 %): Die A. subclavia dextra entspringt als letzter Ast aus dem Aortenbogen und heißt dann A. lusoria (von lat. lusorius = Spiel).
- **f** Variante 5 (1 %): Die A. vertebralis sinistra entspringt direkt dem Aortenbogen.

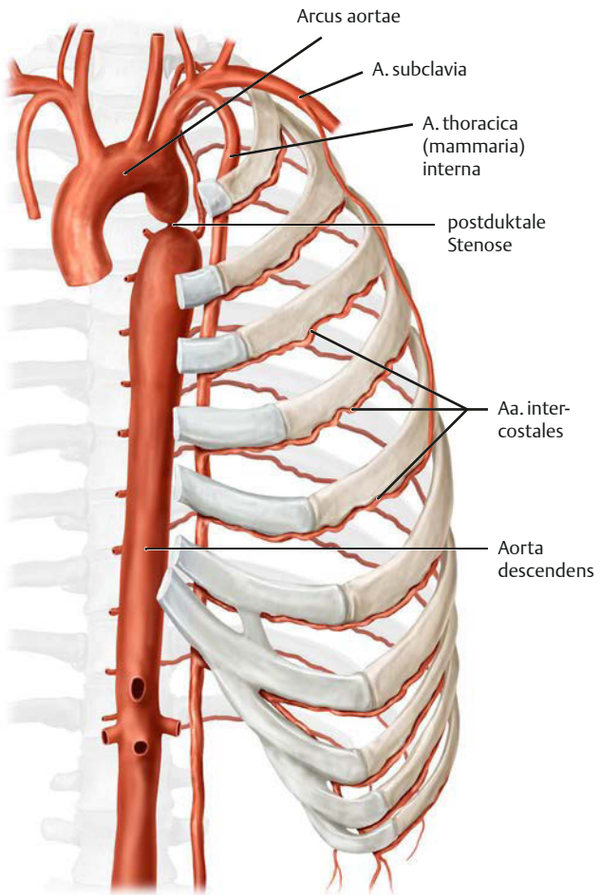


D Topografie der Abgänge des Aortenbogens in der oberen Thoraxapertur

Ansicht von ventral nach Entfernung der Halseingeweide. Um den Verlauf der linken A. vertebralis darzustellen, ist ein Teil der prävertebralen Muskulatur (Mm. longus capitis und longus colli) ebenfalls entfernt worden.

6.11 Klinische Aspekte: Aortenisthmusstenose





A Definition, Einteilung und Epidemiologie

a präduktale Aortenisthmusstenose; **b** postduktale Aortenisthmusstenose.

Bei der Aortenisthmusstenose (Coarctatio aortae) besteht eine umschriebene Engstelle zwischen Arcus aortae und Aorta descendens (Isthmus aortae), d. h. unterhalb des Abgangs der linken A. subclavia, etwa auf Höhe des Lig. arteriosum (= der obliterierte Ductus arteriosus Botalli). Entsprechend der topografischen Beziehung zum Lig. arteriosum unterscheidet man eine sog. prä- und postduktale Form:

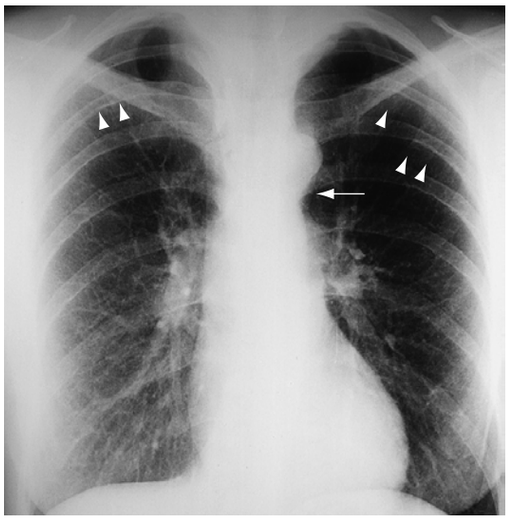
- präduktale Form: die Stenose liegt proximal eines in der Regel offen gebliebenen Ductus arteriosus Botalli und
- postduktale Form: die Stenose liegt distal eines in der Regel obliterierten Ductus arteriosus Botalli (= Lig. arteriosum).

Da die präduktale Form meist schon in den ersten Lebensjahren zu Symptomen führt, wird sie auch als „infantile Form" bezeichnet; die postduktale Form, die meistens erst im Erwachsenenalter Symptome verursacht, auch als adulte oder „Erwachsenen-Form". Eine Verengung des Aortenbogens im Isthmus aortae ist eine relativ häufige Anomalie (5–7 % aller kongenitalen Herz- und Gefäßfehlbildungen; Verhältnis Jungen: Mädchen = 3:1). Da sie jedoch nicht zwangsläufig klinische Symptome verursacht (s. **B**), ist sie als Krankheitsbild insgesamt selten.

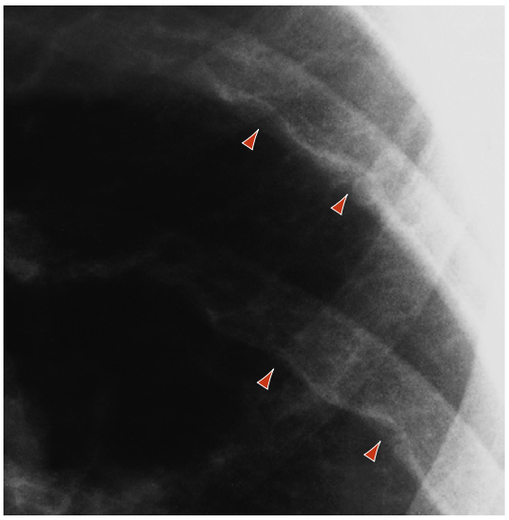
B Pathophysiologie und klinische Symptome

Die Verengung der Aorta führt zu einer charakteristischen Drucksteigerung (Hypertonie) im oberen Körperkreislauf bei gleichzeitiger Druckminderung (Hypotonie) in der unteren Körperhälfte. Leitsymptom ist die arterielle Druckdifferenz zwischen oberer und unterer Extremität (schwache bzw. fehlende Femoralispulse) sowie kalte Füße und Symptome einer Claudicatio intermittens aufgrund der Minderperfusion.

- Bei der **präduktalen Stenose** und offenem Ductus arteriosus Botalli entsteht infolge des niedrigen Drucks in der unteren Körperhälfte ein funktioneller *Rechts-Links-Shunt* mit Zyanose der unteren Körperhälfte und Rechtsherzbelastung (Dyspnoe, Tachypnoe). Hierdurch kommt es frühzeitig zu einer bedrohlichen Situation des Kleinkindes und der Notwendigkeit der operativen Korrektur (Resektion des stenosierten Segments und End-zu-End-Anastomose).
- Bei der der **postduktalen Stenose** mit obliteriertem Ductus arteriosus Botalli (hier dargestellt) bilden sich typische Kollateralkreisläufe zwischen Aorta thoracica und Aorta abdominalis aus (über die A. subclavia, A. mammaria interna und/oder Interkostalarterien). In Abhängigkeit davon, wie gut diese Kollateralkreisläufe funktionieren, können die Patienten beschwerdearm oder sogar beschwerdefrei sein. Wenn Beschwerden bestehen, ist das Leitsymptom oft ein therapieresistenter Bluthochdruck, in jungen Lebensjahren mit Begleitsymptomen wie Kopfschmerzen, Ohrensausen, Schwindel und Nasenbluten. Erst im höheren Lebensalter wird die Klinik durch Komplikationen der chronischen Hypertension der oberen Körperhälfte (linksventrikuläre Myokardhypertrophie, koronare Herzerkrankung, zerebrale Blutungen) dominiert.



a



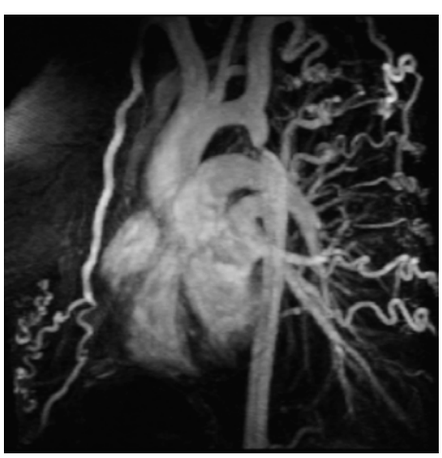
b

C Konventionelle Röntgendiagnostik

a u. **b** Postduktale Aortenisthmusstenose im anterior-posterioren Strahlengang (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).

Die thorakale Aorta zeigt geringgradige Konturveränderungen in Form einer dilatierten Aorta ascendens, eines schmalem Aortenbogens sowie einer deutlichen Kerbe am Außenrand der Aorta auf Höhe der Stenose (Pfeil). Typischerweise erkennt man am Unterrand der Rippen sog. Rippenusuren (s. Auschnittsvergößerung **b**, rote Pfeilspitzen), das sind knöcherne Veränderungen im Bereich des Sulcus costae, die durch Dilatation und Elongation der kollateral erweiterten Interkostalgefäße verursacht werden.

Ausmaß und Lokalisation der Stenose werden am besten angiographisch mit der MRT oder Spiral-CT einschließlich dreidimensionaler Rekonstruktion dargestellt (s. S. 162).



a

b

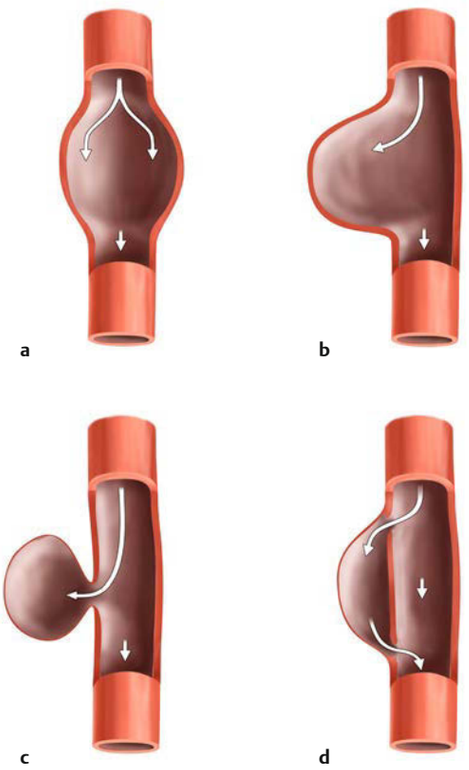
c

D Interventionelle Therapie einer Aortenisthmusstenose

Im Unterschied zur operativen Therapie der infantilen Aortenisthmusstenose werden die adulten Formen in den letzten Jahren zunehmend mit minimalinvasiven, interventionellen Techniken (Ballondilatation und/oder Stent-Implantation) therapiert.

a MR-Angiographie einer adulten Aortenisthmusstenose mit hochgradiger Stenose und ausgeprägten Kollateralen; **b** CT nach Ballondilatation und Implantation eines selbstexpandierenden Nitinol-Stent; **c** Kontroll-CT 22 Monaten nach Stent-Implantation (aus Schneider et al.: Kardiologie up2date 4/2008, DOI 10.1055/s-2007-995625, Thieme, Stuttgart).

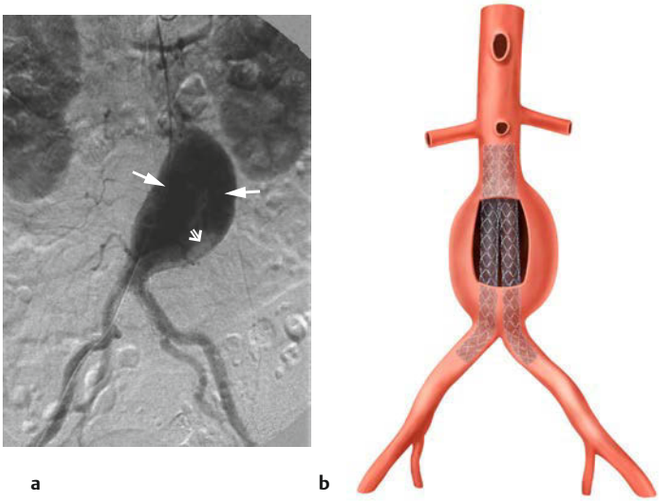
6.12 Klinische Aspekte: Aortenaneurysma



A Definition und Klassifikation

Ein Aneurysma ist eine krankhafte, meist arteriosklerotisch bedingte Erweiterung einer Arterie, die prinzipiell in jeder Arterie auftreten kann. Bevorzugte Lokalisation ist jedoch die infrarenale Aorta abdominalis (in 90 % der Fälle); periphere Aneurysmen betreffen überwiegend die A. poplitea. Unterschieden werden:

- **Echtes Aneurysma (Aneurysma verum) (a, b):** Erweiterung des Gefäßlumens unter Beteiligung aller Wandschichten, wobei die Kontinuität der Gefäßwand erhalten bleibt. Morphologisch werden spindelförmige *(= fusiforme)* Aneurysmen mit einer zirkulären Einbeziehung der gesamten Gefäßwand und sackförmige *(= sacciforme)* Aneurysmen unterschieden, die nur einen umschriebenen Bereich betreffen.
- **Falsches Aneurysma (Aneurysma spurium) (c):** perivaskuläres Hämatom, das gehäuft nach perforierenden Gefäßverletzungen (z. B. nach arteriellen Punktionen) sowie im Anastomosenbereich nach Gefäßoperationen entsteht. Durch den fehlenden Verschluss der Gefäßöffnung kommt es zu einer Blutzirkulation in das perivaskuläre Bindegewebe mit Bildung einer Aneurysmahöhle, die mit thrombotischem Material ausgekleidet ist.
- **Dissezierendes Aneurysma (Aneurysma dissecans) (d):** durch Einriss der Intima/Media und nachfolgender Dilatation der Media/Adventitia entsteht ein 2., „falsches" Lumen in der Gefäßwand. Auf diese Weise bildet sich ein Gefäß mit zwei Kanälen, einem durchströmten und einem nicht durchströmten. Je nach Lokalisation des initialen Intimaeinrisses (sog. „Entry") ist z. B. die gesamte Aorta oder nur die Aorta abdominalis betroffen. Im weiteren Verlauf kann eine Perforation nach außen (Ruptur mit nachfolgender Blutung) oder nach innen zurück durch die Dissektionsmembran in das durchströmte Lumen (sog. „Re-Entry") auftreten, s. **C**.



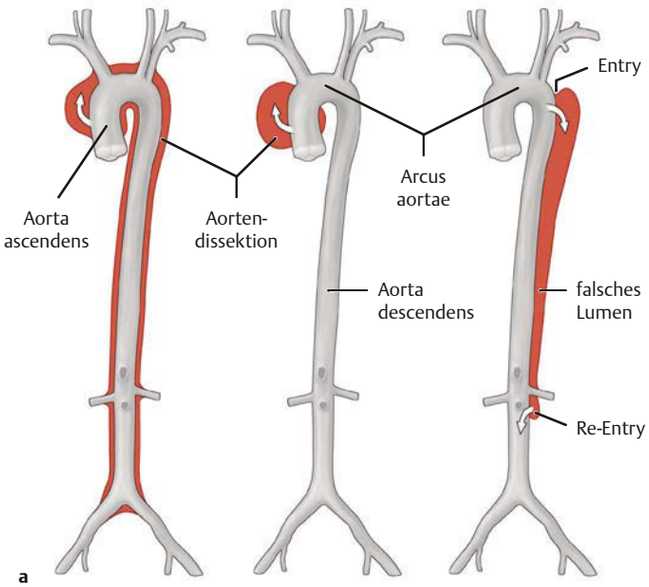
B Infrarenales Aortenaneurysma: Symptome, Diagnostik und Therapie

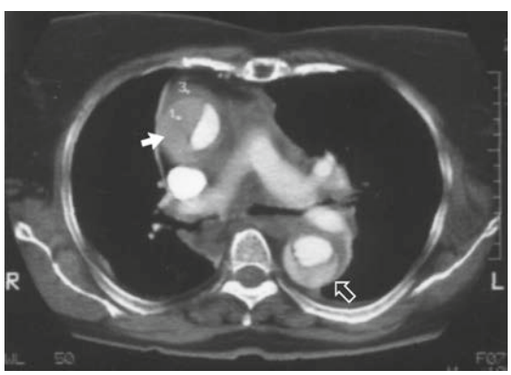
a Nachweis eines infrarenalen sackförmigen Aortenaneurysmas mit Hilfe der digitalen Subtraktionsangiografie (DSA) ohne Beteiligung der Nieren- und Beckenarterien. Im Bereich der Wand des Aneurysma sind thrombotische Ablagerungen sichtbar (Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006);
b Schema einer Gefäßprothese zur Überbrückung infrarenaler Aortenaneurysmen (sog. „aortoiliakale Bifurkationsinterpositionsprothese").

Symptome: Abdominelle Aortenaneurysmen verursachen Symptome, wenn das erweiterte Gefäß andere Strukturen (benachbarte Wirbelkörper) bzw. Organe (Ureter, Nerven etc.) komprimiert (typisch sind Thorax- und/oder Bauchschmerzen sowie gürtelförmige ausstrahlende Rückenschmerzen) oder wenn wandständige Thromben zur Embolie mit akuten ischämischen Beschwerden in der peripheren Strombahn führen. Eine Ruptur des Aneurysmas hingegen äußert sich in Form eines starken Dauerschmerzes (akutes Abdomen) und Schocksymptomatik.
Beachte: Die Ruptur eines Aortenaneurysmas ist ein schwerer und akuter lebensbedrohlicher Notfall. Nur ein sofortiger Eingriff kann das Leben des Patienten retten (Operationsletalität zwischen 30 und 50 %).

Diagnostik: Die meisten Aortenaneurysmen werden durch eine Ultraschalluntersuchung diagnostiziert. Mit dieser am wenigsten invasiven Methode ist eine sichere Beurteilung nach Lokalisation und Ausdehnung praktisch immer möglich. Bei thorakalen und abdominellen Aneurysmen ist die CT-Untersuchung mit Kontrastmittel zur genauen Größenbestimmung (z. B. Relation von durchströmtem Lumen und Wandthrombosierung) und zur Abklärung der anatomischen Lagebeziehungen das Verfahren der Wahl. Die transarterielle digitale Subtraktionsangiografie (i. Allg. DSA) gibt v. a. Auskunft über die Gefäßabgänge, insbesondere der Nierenarterien.

Therapie: Die Indikation zur Therapie wird bestimmt durch den Grad der Rupturgefährdung. Typische Beschwerdesymptomatik, ausgeprägte Asymmetrie (wie hier dargestellt) sowie ein Querdurchmesser von mehr als 5 cm und ein rasches Wachstum (= mehr als 1 cm pro Jahr) stellen eine absolute Operationsindikation dar. Das Operationsprinzip besteht in der Resektion des Aneurysmas und dem nachfolgenden Gefäßersatz. Vor allem das infrarenale Aortenaneurysma wird heute zunehmend interventionell behandelt, d. h. über einen femoralen Zugang wird mit Hilfe eines Kathetersystems eine gecoverte stentfixierte Kunststoffprothese endoluminal implantiert (sog. endoluminale Aortenstentimplantation).





C Aortendissektion: Klassifikation nach der anatomischen Lokalisation

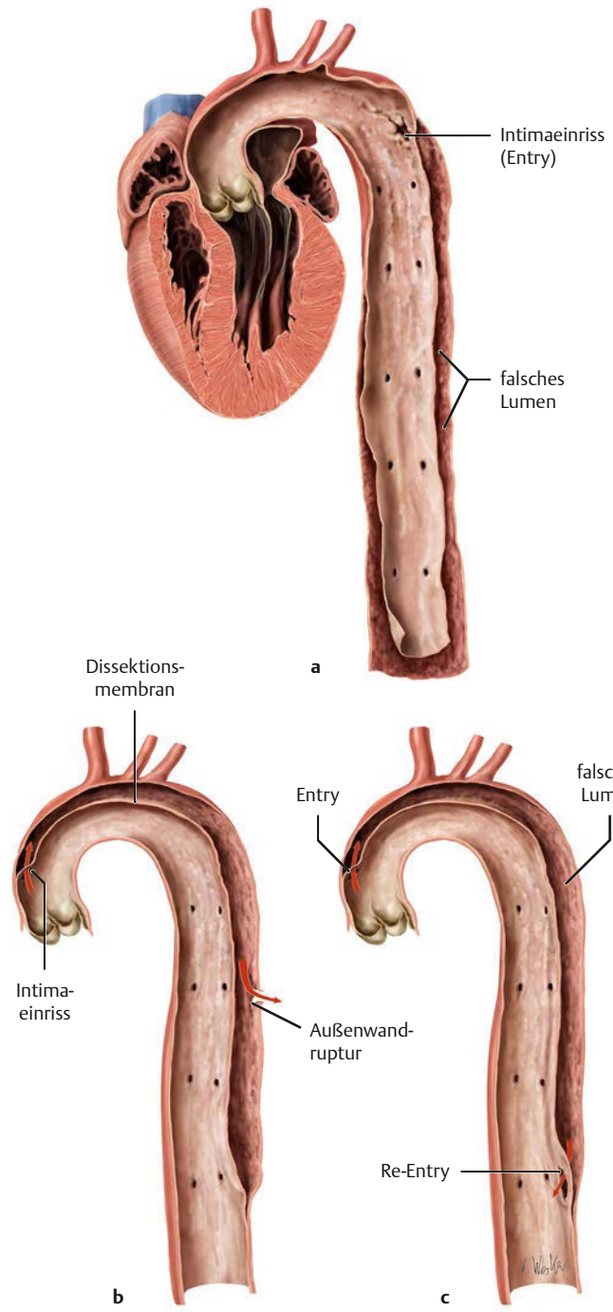
a Aortendissektionen lassen sich entsprechend ihrer anatomischen Lokalisation in die Stanford- und die DeBakey-Klassifikation einteilen. Am gebräuchlichsten ist die **Stanford-Klassifikation,** bei der die Aortendissektionen nach der Lage des Einrisses („Entry") unterschieden werden:

- Einriss im Bereich der Aorta ascendens (Stanford Typ A, etwa 80 % der Fälle) bzw.
- Einriss im Bereich der Aorta descendens (Stanford Typ B, etwa 20 % der Fälle).

Bei der **DeBakey-Klassifikation** wird der Stanford Typ A weiter unterteilt:

- DeBakey Typ I (kompletter Befall der Aorta) und
- Debakey Typ II (isolierter Befall der Aorta ascendens);
- Debakey Typ III entspricht dem Stanford Typ B (Aortendissektion beschränkt sich auf die Aorta descendens).

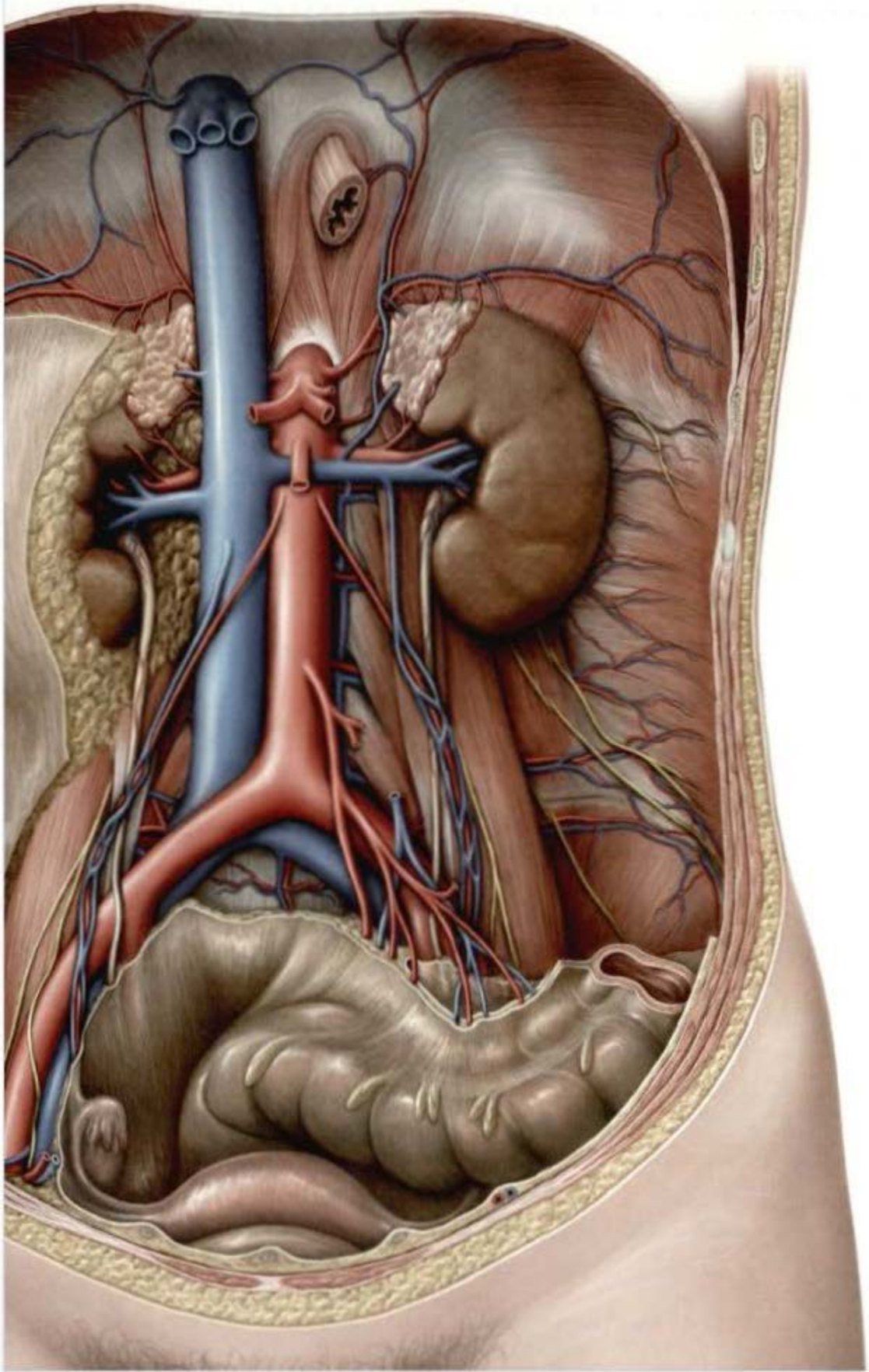
b Axiales Computertomogramm (Ansicht von kaudal) einer Aortendissektion Typ I nach DeBakey (Stanford Typ A) mit Beteiligung der Aorta ascendens (weißer Pfeil) und descendens (offener Pfeil): Das falsche Lumen wird verzögert gefüllt und stellt sich daher weniger dicht dar als das wahre Lumen (aus: Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).



D Pathophysiologie der Aortendissektion

a Aortendissektion mit Intimaeinriss und falschem Lumen; **b** Aortendissektion mit Intimaeinriss und Außenwandruptur; **c** Aortendissektion mit Intimaeinrss (Entry) und Re-Entry.

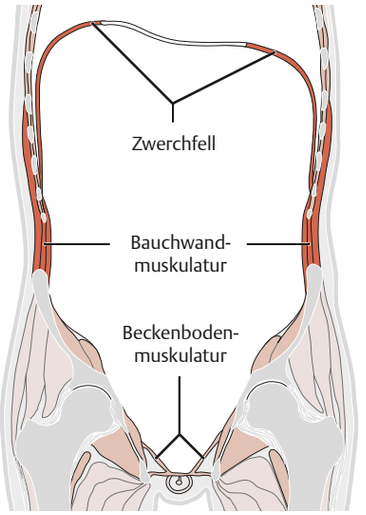
Bei der klassischen Aortendissektion (Inzidenz von 2,6–3,5/100000 Einwohner) führt eine arterielle Hypertonie zunächst zu degenerativen Veränderungen der einzelnen Aortenwandschichten. Durch den so entstandenen Substanzdefekt der Aortenwand reißt die Intima und zum Teil die Media (Entry) ein. Dabei spaltet sich die Aortenwand auf, und es bildet sich ein wahres und ein falsches Lumen; beide sind durch eine sog. Dissektionsmembran voneinander getrennt. Je nach Lokalisation des initalen Intimaeinrisses ist die gesamte Aorta (bei Intimaeinriss auf Höhe der thorakalen Aorta) oder nur die Aorta abdominalis betroffen. Durch Vorwölbung der Dissektionsmembran können v. a. viszerale Gefäßabgänge sekundär okkludiert werden und entsprechende Ischämiesyndrome verursachen. Im weiteren Verlauf kann eine Perforation nach außen (Ruptur und Blutung) oder zurück in das wahre Lumen (prognostisch günstiges Re-Entry) auftreten.



Abdomen und Becken

1 Architektur der Bauch- und Beckenhöhle im Überblick 204
2 Systematik der Leitungsbahnen im Überblick 210
3 Organe des Verdauungssystems und ihre Leitungsbahnen 228
4 Organe des Harnsystems und ihre Leitungsbahnen 290
5 Organe des Genitalsystems und ihre Leitungsbahnen. 318
6 Topografische Anatomie 358

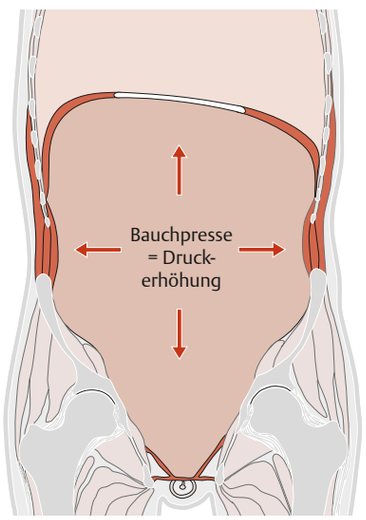
1.1 Bauprinzip, beteiligte Wandstrukturen und funktionelle Aspekte



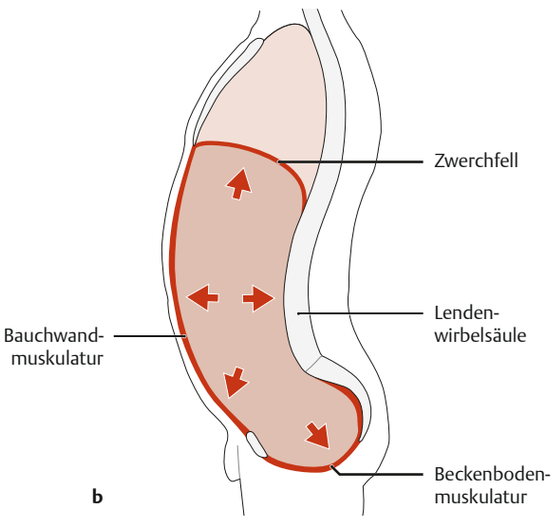
A Bauprinzip und Wandstrukturen von Bauch- und Beckenhöhle (Cavitas abdominalis und Cavitas pelvis)

Während Brust- und Bauchhöhle durch das Diaphragma gegeneinander abgegrenzt sind, gehen Bauch- und Beckenhöhle direkt ineinander über. Die Linea terminalis trennt beide Höhlen nur topografisch. Sie bilden daher einen gemeinsamen Hohlraum und so auch eine funktionelle Einheit (vgl. S. 2). Sowohl Knochen (Wirbelsäule, Brustkorb und Becken) als auch Muskeln (Zwerchfell, Bauch- und Beckenbodenmuskulatur) sowie ihre Faszien und Aponeurosen bilden die Wände dieses Raumes. Folgende Strukturen begrenzen ihn:

- nach kranial (s. **Ca**): Diaphragma mit Zwerchfellkuppeln und Centrum tendineum,
- nach kaudal (s. **Cb**): knöchernes Becken, parietale Beckenwandmuskeln (Mm. iliacus, obturatorius internus, piriformis u. coccygeus) und Beckenbodenmuskeln (v. a. M. levator ani als Diaphragma pelvis),
- nach dorsal (s. **Cc**): Lendenwirbelsäule, tiefe Bauchwandmuskeln (Mm. quadratus lumborum u. psoas major) und autochthone Rückenmuskulatur,
- nach ventral und lateral (s. **Cd**): vordere und seitliche Bauchwandmuskulatur mit ihren Aponeurosen (Mm. rectus abdominis u. transversus abdominis sowie Mm. obliquus internus u. externus abdominis).



a



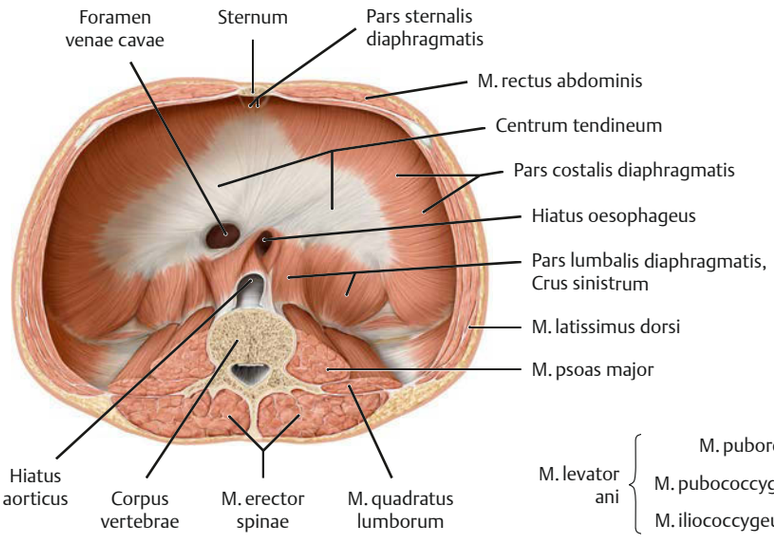
b

B Funktionelle Aspekte der Wandstrukturen: Bauchpresse (Prelum abdominale)

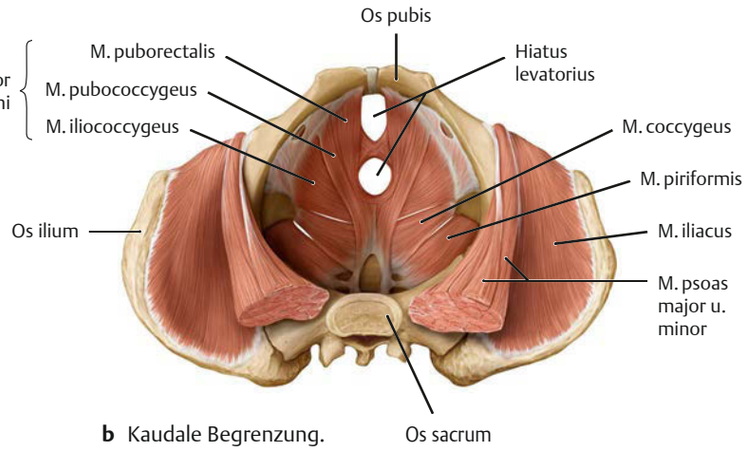
Die Wandstrukturen spielen eine erhebliche Rolle für die Belastbarkeit der Bauch- und Beckenwände im Rahmen der Bauchpresse. „Bauchpresse" bezeichnet die willkürliche Kontraktion von Zwerchfell, Bauch- und Beckenmuskulatur. Sie verkleinert den Bauch- und Beckenraum und erhöht so deutlich den Druck darin: Ruhedruck im Stehen ca. 1,7 kPa (= 2,75 mmHg), im Liegen ca. 0,2 kPa (= 1,5 mmHg), Druck unter Belastung, wie Husten oder Pressen: 10–20 kPa (= 75–150 mmHg). Die Bauchpresse unterstützt

- die Entleerung des Enddarms (Defäkation), der Blase (Miktion) und des Magens (Erbrechen),
- die Kontraktion der Gebärmutter während der Austreibungsphase der Geburt („Presswehen"),
- die Wirbelsäule (v. a. die Lendenwirbelsäule) und die Rumpfwand (Versteifen der Wand wie die Wand eines aufgeblasenen Balls), z. B. beim Heben schwerer Lasten, aber auch generell im Stehen (hydrostatische Wirkung der Bauchpresse).

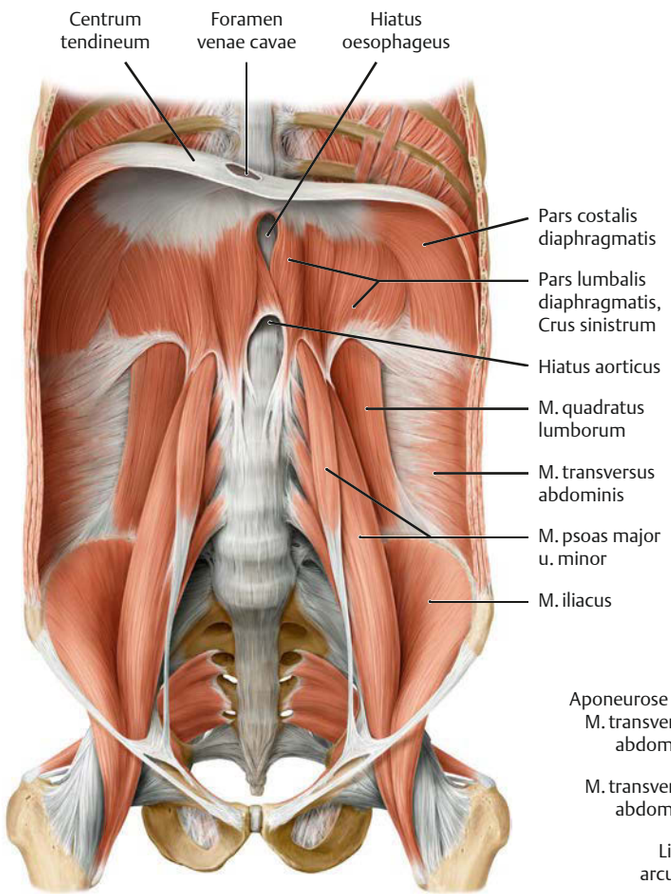
Wenn die Druckbelastung durch die Bauchpresse größer ist als die Festigkeit des komplexen Muskel-Faszien-Gerüstes, entstehen Hernien; entweder an der vorderen Bauchwand oder – vor allem – im Leistenbereich, da die Wandstrukturen durch das Gewicht der Bauch- und Beckeneingeweide von kranial nach kaudal zunehmend belastet werden. Zudem kann insbesondere die Beckenbodenmuskulatur der Drucksteigerung durch die Bauchpresse sehr viel weniger Widerstand entgegensetzen als die Bauchwandmuskulatur oder das Zwerchfell. Das Zwerchfell wird durch den Verschluss der Stimmritze im Kehlkopf und das dadurch bedingte Zurückhalten der Luft in den Lungen bei der Bauchpresse unterstützt; ein solcher Kompensationsmechanismus fehlt der Beckenbodenmuskulatur. Sie ist daher eine typische Schwachstelle, die v. a. nach massiver Dehnung (z. B. infolge vaginaler Entbindungen) die Beckenorgane nicht mehr in ihrer normalen Position halten (Beckenbodensenkung) und nicht mehr ausreichend an der Bauchpresse mitwirken kann. Die Folgen sind Harn- und Stuhlinkontinenz.



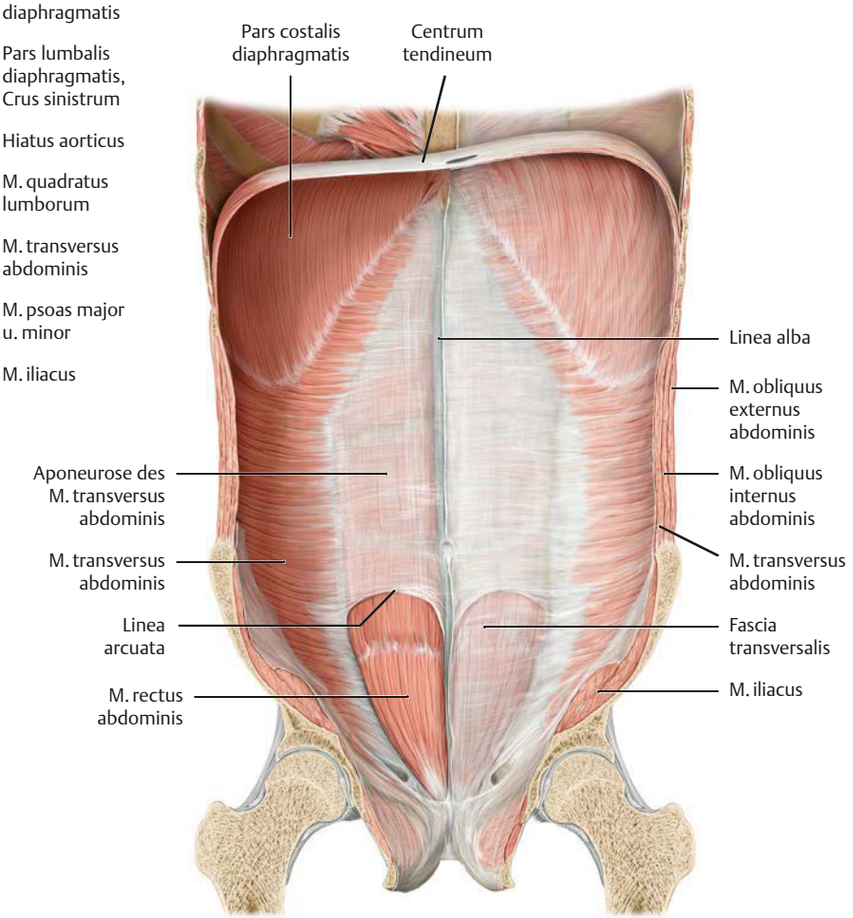
a Kraniale Begrenzung.



b Kaudale Begrenzung.



c Dorsale Begrenzung.

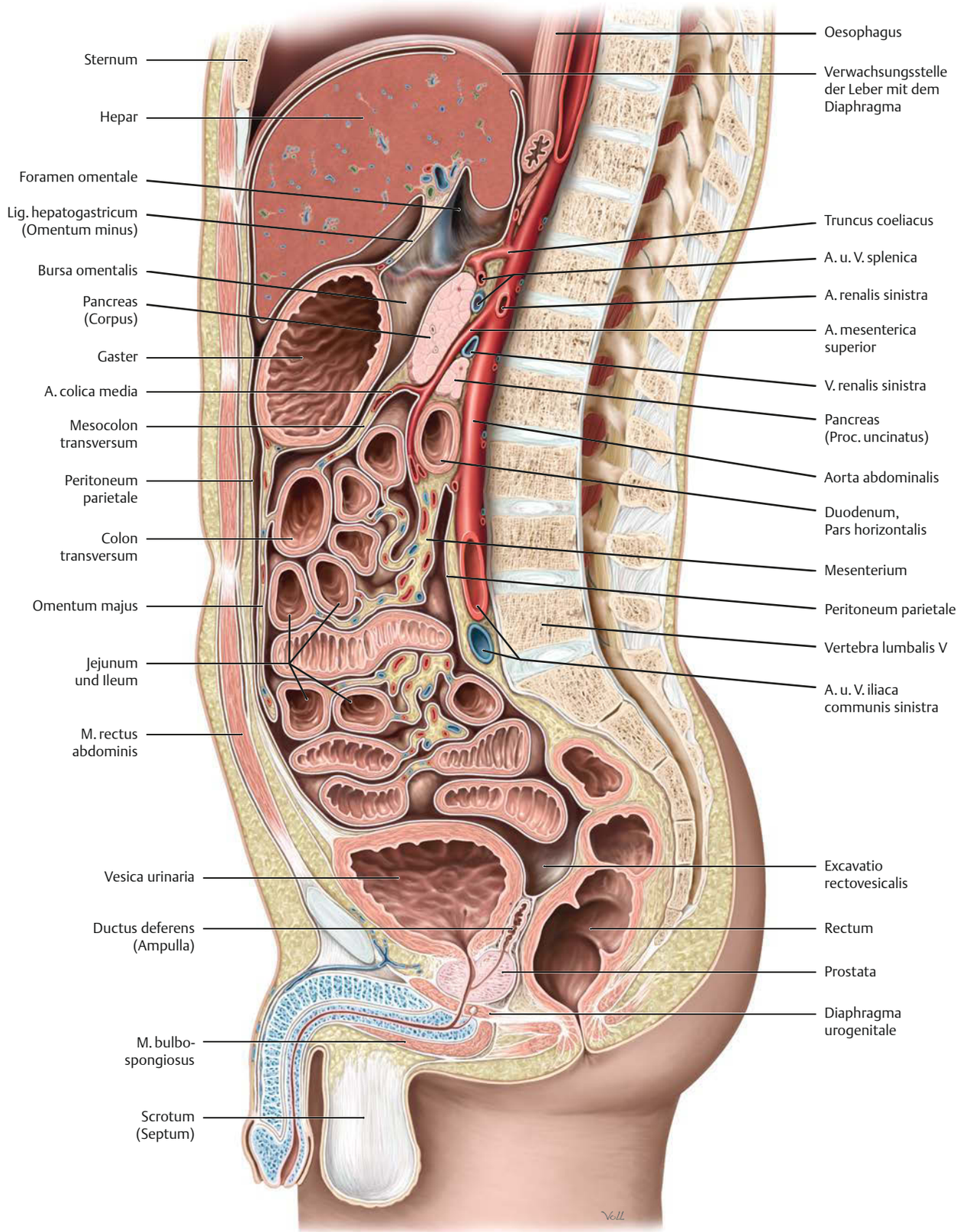


d Ventrale und laterale Begrenzung.

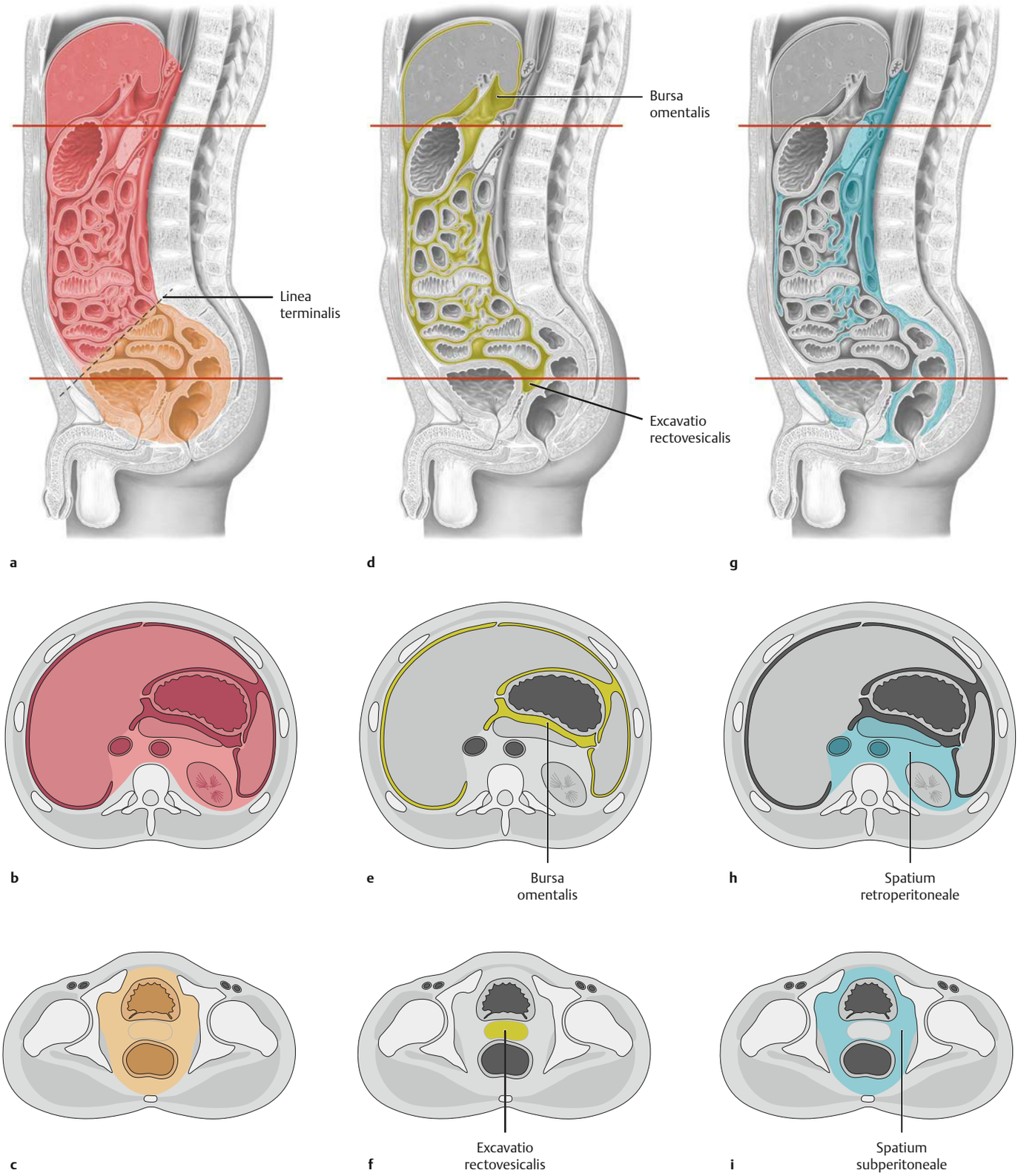
C Begrenzungen des Bauch- und Beckenraumes

a Sicht auf das Zwerchfell von unten; **b** Sicht auf den Beckenboden von oben; **c** (**d**) Sicht auf die hintere (vordere) Rumpfwand von ventral (dorsal).

1.2 Gliederung der Bauch- und Beckenhöhle



A Mediansagittalschnitt durch Abdomen und Becken in der Ansicht von links



B Gliederung des Bauch- und Beckenraumes
Dargestellt sind jeweils ein Mediansagittalschnitt in der Ansicht von links sowie zwei axiale Schnitte in Höhe von LWK I und unterem Os sacrum in der Ansicht von kaudal.

a–c Topografische Körperhöhlen: Cavitas abdominalis und Cavitas pelvis (gedachte Trennlinie ist die Linea terminalis);

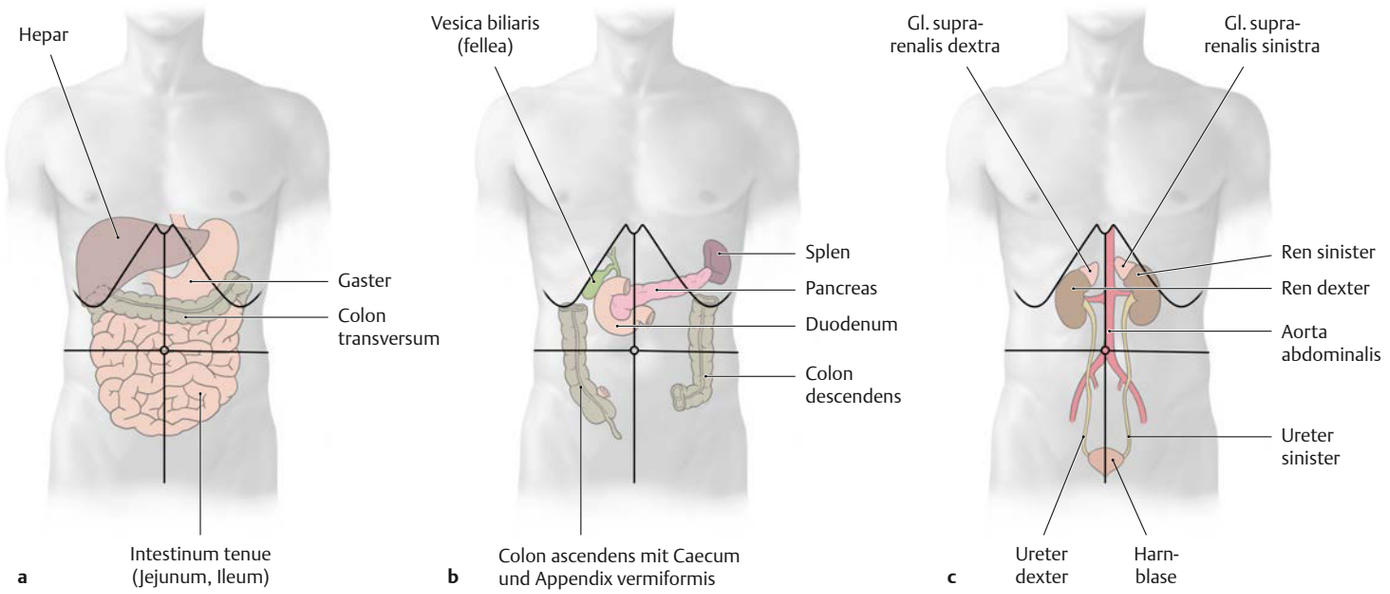
d–f seröse Höhlen (Peritonealräume): Cavitas peritonealis abdominis und Cavitas peritonealis pelvis;

g–i Bindegewebsräume (Extraperitonealräume): Spatium retroperitoneale und Spatium subperitoneale; seröse Höhlen und Extraperitonealräume sind durch Bauchfell (= Peritoneum) voneinander getrennt, s. S. 209).

1.3 Zuordnung der inneren Organe zu den Räumen der Bauch- und Beckenhöhle

Die Organe im Bauch- und Beckenraum lassen sich nach unterschiedlichen Kriterien einteilen:

- von ventral nach dorsal in Schichten (**A**),
- von kranial nach kaudal in Stockwerke (**B**) und
- anhand der Peritonealbedeckung in intra- und extraperitoneal liegende Organe (**C** u. **D**).



A Gliederung von Abdomen und Becken in Schichten
Von ventral nach dorsal lassen sich grob drei hintereinander liegende Schichten mit den darin liegenden Organen oder Organabschnitten unterscheiden. Diese Einteilung ist insbesondere für chirurgische Zwecke sinnvoll.
Beachte: Große Organe können in mehreren Schichten liegen (vgl. S. 206).

a Ventrale Schicht: Leber, Magen, Colon transversum, Jejunum, Ileum, Harnblase (diese ist aus Gründen der Übersicht nicht hier, sondern bei den anderen Harnorganen in **c** dargestellt);
b mittlere Schicht: Leber, Duodenum, Pancreas, Milz, Colon ascendens und descendens, Uterus (aus Übersichtsgründen hier nicht dargestellt, reicht bis in die ventrale Schicht);
c dorsale Schicht: große Gefäße, Nieren, Nebennieren (die Harnblase ist aus Übersichtsgründen im Zusammenhang mit den Harnorganen hier dargestellt, s. **a**).

B Zuordnung der Organe in Bauch- und Beckenhöhle zu Stockwerken
Diese Einteilung ordnet die Organe nach ihrer Lage zum Mesocolon transversum (Ober- und Unterbauchorgane) bzw. zum kleinen Becken (Beckenorgane) grob definierten Stockwerken zu. Die primär im Spatium retroperitoneale angelegten (und daher in der Tabelle nicht aufgeführten) Nieren und Nebennieren projizieren sich auf die Ebene des Oberbauchs, wobei der untere Nierenpol schon in den Unterbauch ragt.

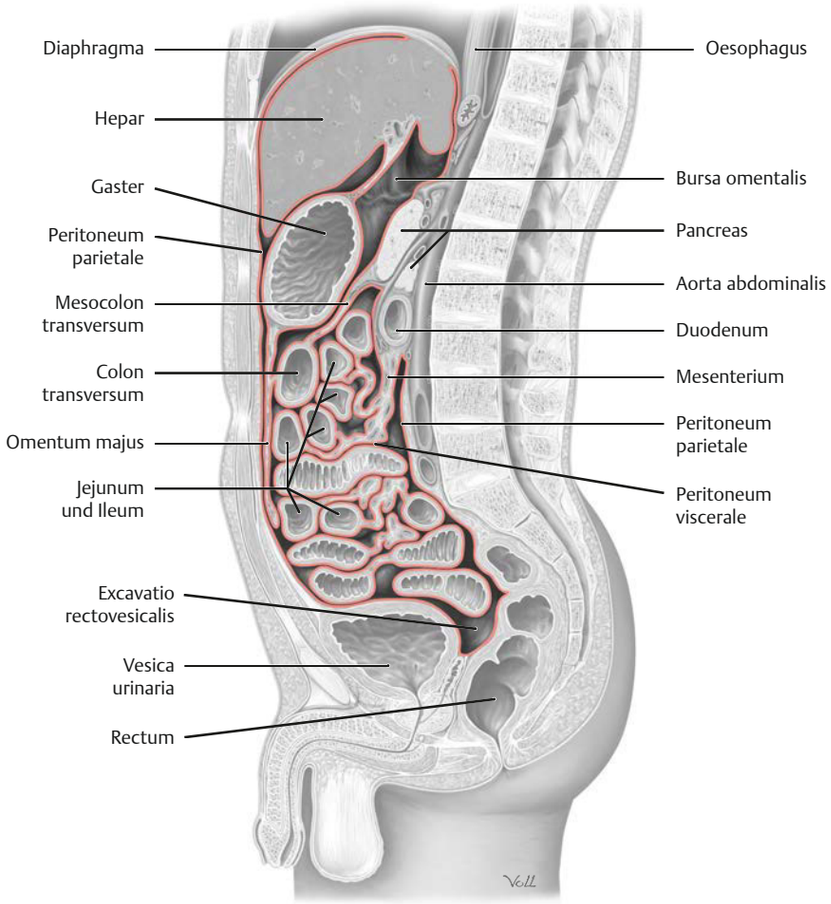
„Stockwerk“	Organe, die dort lokalisiert sind
• **Oberbauch** (oberhalb des Mesocolon transversum)	• Magen • Duodenum • Leber • Gallenblase und Gallenwege • Milz • Pancreas
• **Unterbauch** (zwischen Mesocolon transversum und Beckeneingangsebene)	• Jejunum und Ileum • Caecum und Teile des Colon *Beachte:* Das Colon transversum gehört trotz seiner Lokalisation im Oberbauch funktionell zum Unterbauch!
• **kleines Becken**	• Harnblase • Endabschnitte der Ureteren • Rectum • weibliches Genitale mit Uterus, Tube, Ovar, Vagina • männliches Genitale mit Abschnitten des Ductus deferens, Prostata und Gl. vesiculosa (Hoden und Nebenhoden liegen außerhalb des Beckenraumes)

C Intra- und extraperitoneale Lage der Organe in Abdomen und Becken

Mediansagittalschnitt (Nieren außerhalb der Schnittebene), Ansicht von links (Peritoneum rot).

Die Cavitas peritonealis ist eine komplett geschlossene Höhle, die von **Bauchfell (Peritoneum)** ausgekleidet und an allen Seiten von der Cavitas extraperitonealis umgeben ist. Seitlich, ventral und oben ist der Extraperitonealraum jedoch nur ein sehr schmaler Spalt (s. S. 207). Zu einem Raum im engeren Sinne, in dem sich Organe befinden, wird er nur dorsal (Spatium retroperitoneale) und kaudal (Spatium extraperitoneale des Beckens). Durch den Peritonealbezug von Organen *(Peritoneum viscerale)* und Wand *(Peritoneum parietale)* können die intraperitoneal liegenden Organe leicht aneinander gleiten. Die extraperitonealen Organe sind nicht oder nur z. T. von Peritoneum bedeckt, z. B. Blase und Rectum. Die nur einseitige Peritonealbedeckung der Harnblase (nur an ihrer Oberseite) erlaubt ihre Ausdehnung nach oben bei Füllung. Dieser Peritonealabschnitt, der bei der Frau auch große Teile des Uterus bedeckt, wird als *Peritoneum urogenitale* bezeichnet.

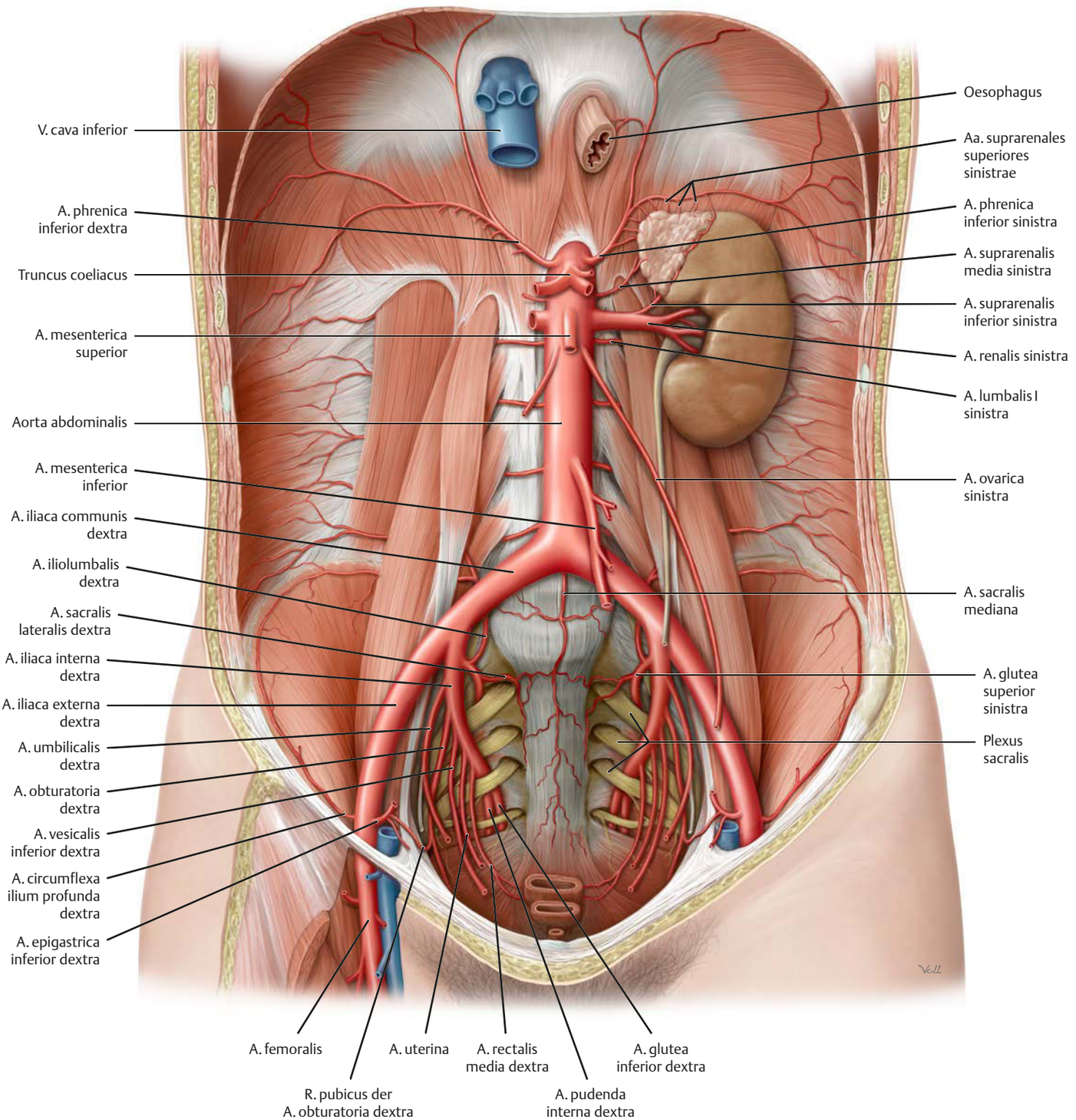
Das **Mesenterium** ist ein Bindegewebsstrang (Aufhängeband, auch als „Meso" bezeichnet), der ebenfalls mit Peritoneum bedeckt ist – in der Nähe der Rumpfwand von Peritoneum parietale, in der Nähe des Organs von Peritoneum viscerale. Es enthält die Leitungsbahnen der intraperitonealen Organe, die an ihm „aufgehängt" sind. Auch durch dieses Aufhängeband sind intraperitoneale Organe leichter beweglich als extraperitoneale, die direkt in das Bindegewebe der Peritonealhöhlenwand eingebunden sind, entweder primär, weil sie embryonal dort angelegt wurden oder sekundär, weil sie dort im Laufe der Embryonalentwicklung hin „gewandert" sind (s. **D** und S. 47).



D Intra- und extraperitoneale Organe in Abdomen und Becken

Lage in Bezug auf das Peritoneum	Organe, die dort lokalisiert sind
intraperitoneal (Organe sind komplett mit Peritoneum überzogen und besitzen ein Meso-)	
• in der Cavitas peritonealis abdominis	• Magen, Milz, Leber und Gallenblase, Dünndarm (Duodenum mit einem Teil der Pars superior und einem Teil der Pars ascendens sowie Jejunum und Ileum), Colon transversum und sigmoideum, Caecum variabel (unterschiedlich große Abschnitte können extraperitoneal liegen, s. u.)
• in der Cavitas peritonealis pelvis	• Fundus und Corpus uteri, Ovar, Tuba uterina; ggf. oberster Rektumabschnitt
extraperitoneal (Organe ohne Meso-; Versorgungsstraße liegt im extraperitonealen Bindegewebe)	
primär extraperitoneal (= embryonal extraperitoneal angelegt)	
• hinter der Cavitas peritonealis abdominis bzw. pelvis, also retroperitoneal	• Nieren, Nebennieren, Harnleiter
• unterhalb der Cavitas peritonealis pelvis, also infra- bzw. subperitoneal	• Harnblase, Prostata, Glandula vesiculosa, Cervix uteri, Vagina, Rectum *ab* Flexura sacralis (die Harnblase hat auf ihrer Oberseite eine Peritonealbedeckung = Peritoneum urogenitale)
sekundär extraperitoneal (= im Laufe der Embryonalentwicklung nach extraperitoneal verlagert; das Organ hat auf seiner Vorderseite noch einen Peritonealbezug)	
• hinter der Cavitas peritonealis abdominis bzw. pelvis, also retroperitoneal	• Dünndarm (Duodenum: Partes descendens, horizontalis und Teile der Pars ascendens), Pancreas, Colon ascendens und descendens, variabel: Abschnitte des Caecum (s. o.), Rectum *bis* Flexura sacralis

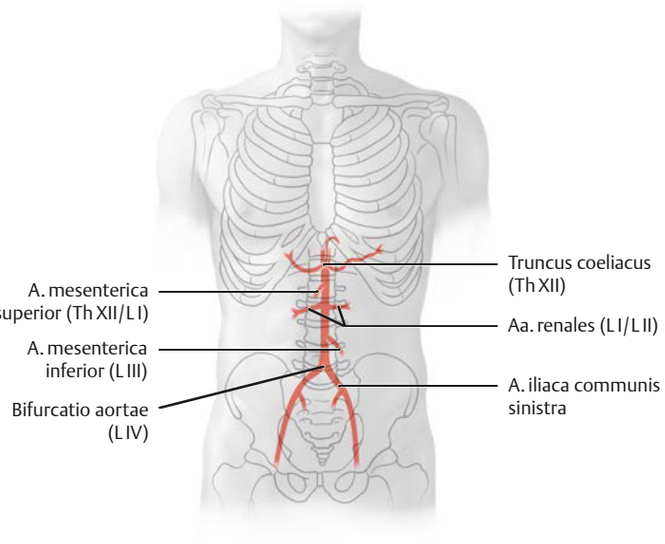
2.1 Äste der Aorta abdominalis: Überblick und paarige Äste



A Aorta abdominalis und Beckenarterien im Überblick (Bauchorgane entfernt)

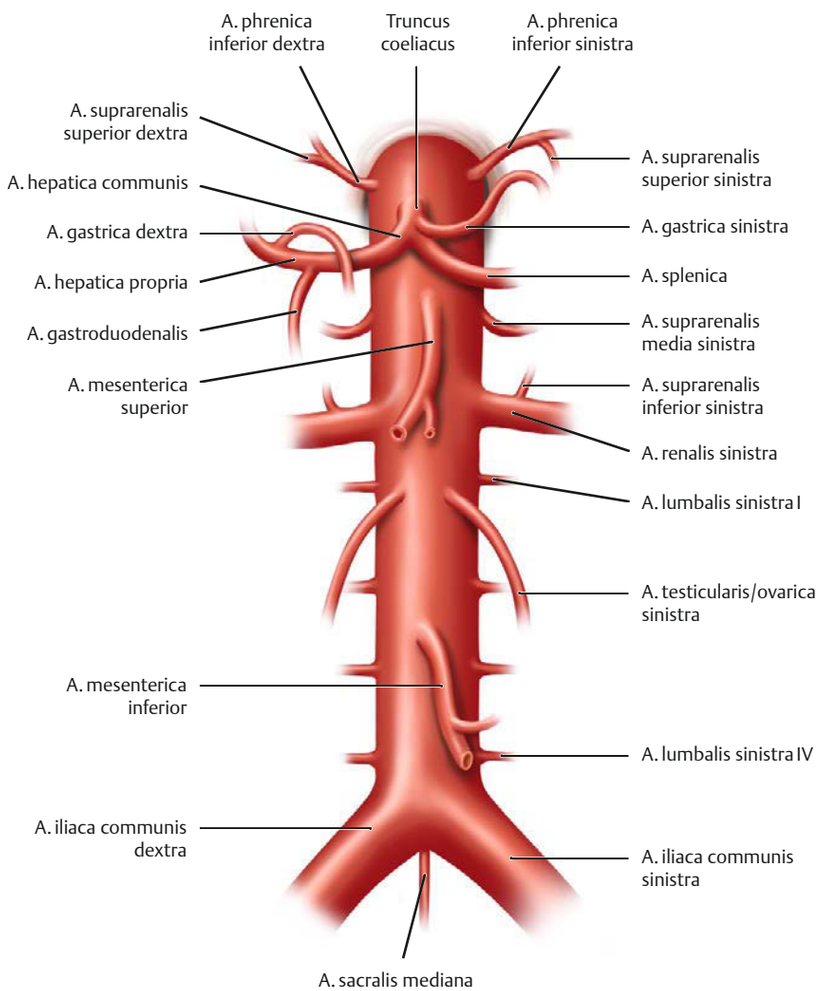
Ansicht von ventral (weibliches Becken), Oesophagus leicht nach unten gezogen, Peritoneum vollständig entfernt.

Die Bauchaorta (Aorta abdominalis) ist die Fortsetzung der Aorta thoracica. Sie verläuft leicht links von der Medianlinie ungefähr bis in die Höhe des 4. Lendenwirbels, s. **B** (bei älteren Menschen kann dies auch der 5. Lendenwirbel sein). Dort teilt sie sich in die paarigen Aa. iliacae communes (sog. Aortenbifurkation) auf. Diese verzweigen sich wiederum in die Aa. iliacae internae bzw. externae. Sowohl von der Aorta abdominalis (s. **C**) als auch ihren Hauptverzweigungen gehen verschiedene „Unter“äste zur Versorgung von Abdomen und Becken ab (s. **D**, S. 213).



B Projektion der Aorta abdominalis und ihrer Hauptäste auf Wirbelsäule und Becken

Darstellung der fünf großen Gefäßstämme. Ansicht von ventral. Anhand der Lage zu den Wirbeln kann man mit Hilfe von bildgebenden Verfahren auf die Lokalisation der jeweiligen Hauptäste der Aorta abdominalis schließen.



C Astfolge der Aorta abdominalis

D Hauptäste der Aorta abdominalis

Die Äste der Aorta abdominalis sowie der Beckenarterien lassen sich fünf großen Versorgungsgebieten zuordnen (→ = geht über in). Zum Versorgungsgebiet der unpaaren Äste s. S. 213.

Paarige Äste (und ein unpaarer Ast) zur Versorgung des Diaphragma, der Nieren und Nebennieren, der hinteren Abdominalwand, des Rückenmarks und der Keimdrüsen (s. **C**)

- A. phrenica inferior dextra/sinistra
  → A. suprarenalis superior dextra/sinistra
- A. suprarenalis media dextra/sinistra
- A. renalis dextra/sinistra
  → A. suprarenalis inferior dextra/sinistra
- A. testicularis (ovarica) dextra/sinistra
- Aa. lumbales dextrae/sinistrae (I–IV)
- A. sacralis mediana (mit Aa. lumbales imae)

Ein unpaarer Stamm zur Versorgung des Drüsenbauches mit Magen und Duodenum (s. **C**, S. 213 u. S. 265)

- Truncus coeliacus mit
  – A. gastrica sinistra
  – A. splenica
  – A. hepatica communis

Ein unpaarer Stamm zur Versorgung des Darmbauches bis zur linken Kolonflexur (s. **C**, S. 213 u. S. 269)

- A. mesenterica superior

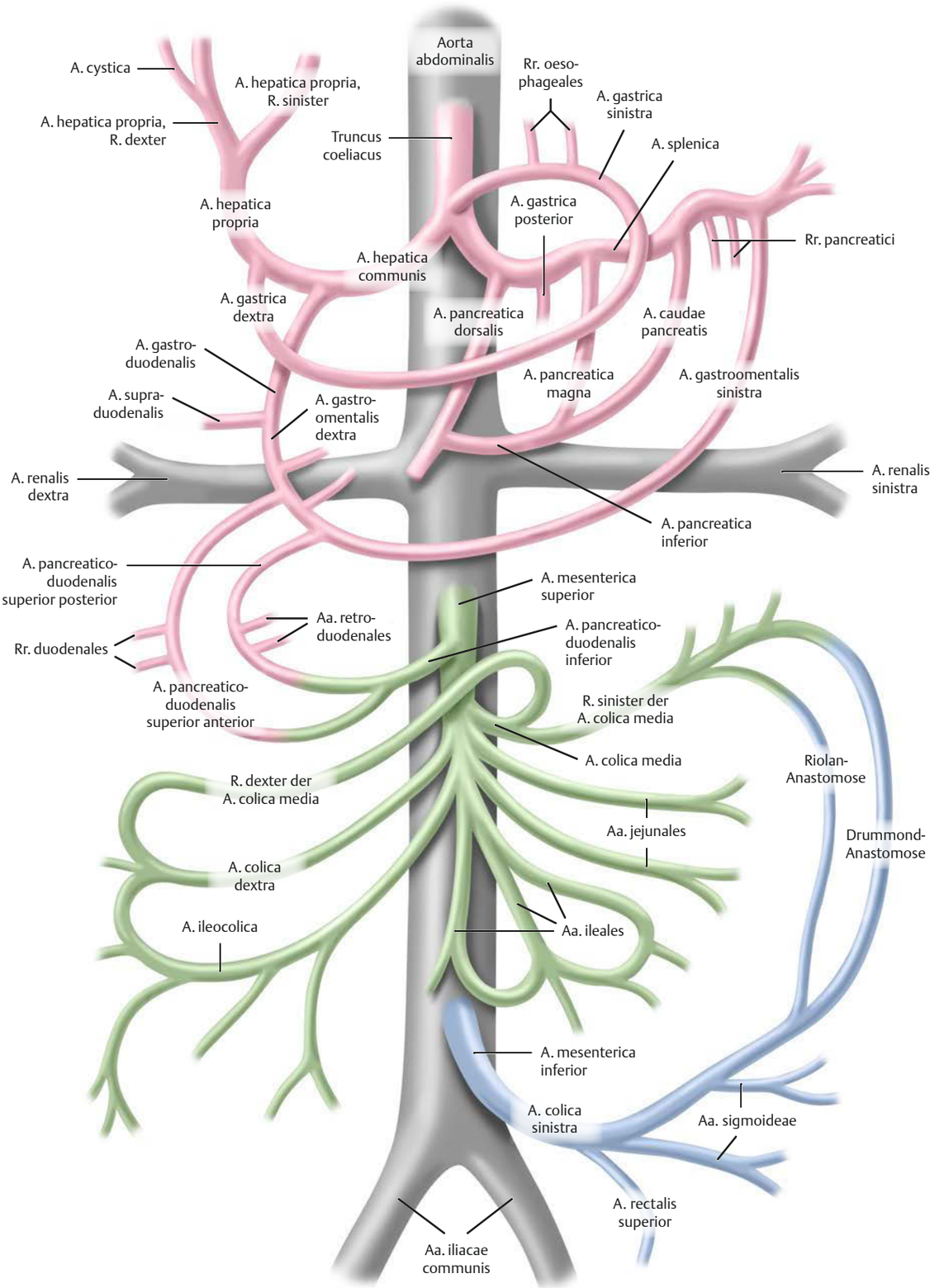
Ein unpaarer Stamm zur Versorgung des Darmbauches ab der linken Kolonflexur (s. **C** u. S. 213)

- A. mesenterica inferior

Ein indirekter (s. u.) paariger Stamm zur Versorgung des Beckens (s. **A** u. S. 213)

- A. iliaca interna (aus der A. iliaca communis, also nicht direkt aus der Aorta, daher „indirekter paariger Stamm“)

2.2 Äste der Aorta abdominalis: unpaare und indirekt paarige Äste

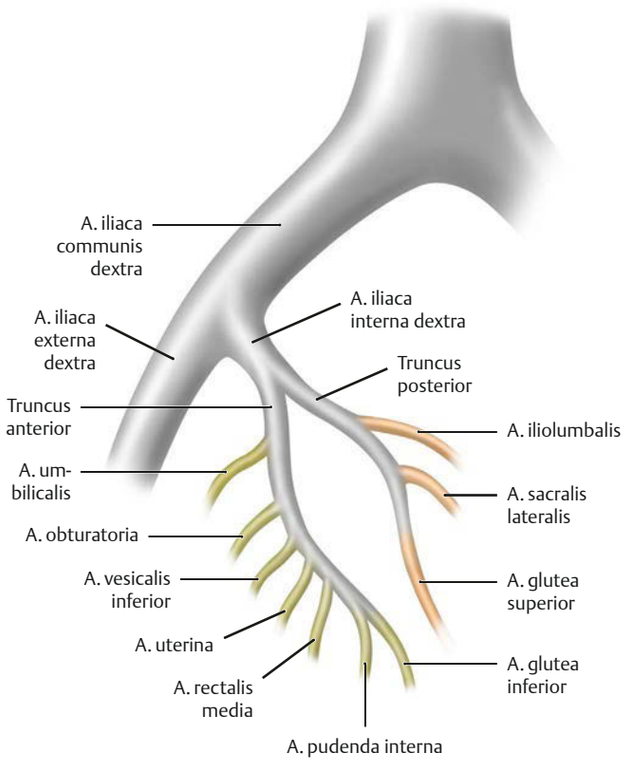


A Systematik der Arterien zur Versorgung von Abdomen und Becken (nach einem Entwurf von Daniel Paech)

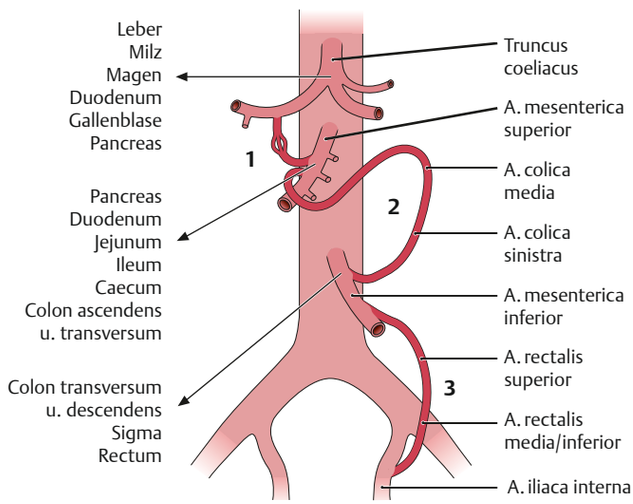
Rot: Äste des Truncus coeliacus. Versorgung der Vorderdarmabschnitte vom abdominalen Ösophagus bis zu Pancreas und Duodenum.

Grün: Äste der A. mesenterica superior. Versorgung der Mitteldarmabschnitte von Pancreas und Duodenum bis zur linken Kolonflexur.

Blau: Äste der A. mesenterica inferior. Versorgung der Hinterdarmabschnitte von der linken Kolonflexur bis zum Rectum.



B Rechte A. iliaca communis mit Unterästen
In der Bifurcatio aortae teilt sich die Aorta abdominalis in die beiden Aa. iliacae auf. Die A. iliaca *interna* versorgt wiederum mit zahlreichen Unterästen Eingeweide und Beckenwände.



C Abdominelle arterielle Kurzschlüsse (Anastomosen)
1 Zwischen Truncus coeliacus und A. mesenterica superior über Aa. pancreaticoduodenales;
2 zwischen A. mesenterica superior und inferior (A. colica media und sinistra; Riolan-Bogen, Drummond-Anastomose, s. **A**);
3 zwischen A. mesenterica inferior und A. iliaca interna (A. rectalis superior und A. rectalis media bzw. inferior).

Bei lokalen Durchblutungsstörungen am Magen-Darm-Trakt können die betroffenen Eingeweideabschnitte durch solche arteriellen Kurzschlüsse aus einem anderen Stromabschnitt versorgt werden.

D Systematik der Arterien zur Versorgung von Abdomen und Becken
Die Äste der Aorta abdominalis sowie der Beckenarterien lassen sich fünf großen Versorgungsgebieten zuordnen (→ = geht über in). Zum Versorgungsgebiet der paarigen Äste s. S. 211.
Beachte die Anastomosen v. a. zwischen den unpaaren Stämmen (s. Abb. **A** u. **C**).

Ein unpaarer Stamm zur Versorgung des Drüsenbauches mit Magen und Duodenum (s. **A**)

- Truncus coeliacus mit
  - A. gastrica sinistra → Rr. oesophageales
  - A. splenica → A. gastroomentalis sinistra
    → Rr. pancreatici
    → A. caudae pancreatis
    → A. pancreatica magna
    → A. pancreatica dorsalis
    → A. pancreatica inferior
    → A. pancreatica transversa
  - A. hepatica communis → A. hepatica propria
    → A. cystica
    → A. gastrica dextra
    → A. gastroduodenalis
    → A. supraduodenalis (inkonstanter Ast der A. gastroduodenalis)
    → A. gastroomentalis dextra
    → Rr. duodenales
    → Aa. retroduodenales
    → A. pancreaticoduodenalis superior/posterior

Ein unpaarer Stamm zur Versorgung des Darmbauches bis zur linken Kolonflexur (s. **A**)

- A. mesenterica superior → A. pancreaticoduodenalis inferior
  → Aa. jejunales
  → Aa. ileales
  → A. ileocolica
  → A. colica dextra
  → A. colica media

Ein unpaarer Stamm zur Versorgung des Darmbauches ab der linken Kolonflexur (s. **A**)

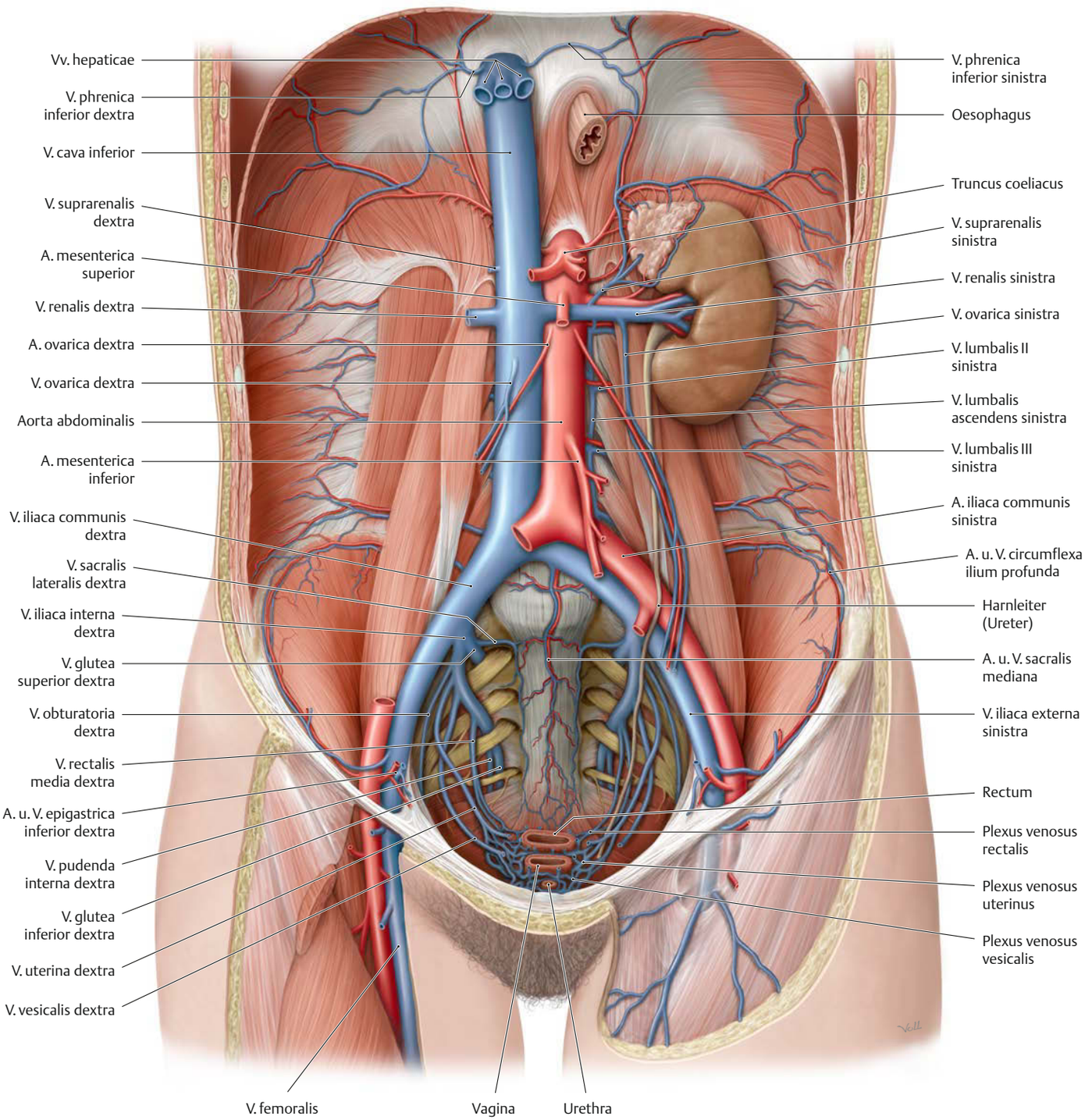
- A. mesenterica inferior → A. colica sinistra
  → Aa. sigmoideae
  → A. rectalis superior

Ein indirekter (s. u.) paariger Stamm zur Versorgung des Beckens (s. **B**)

- A. iliaca interna (aus der A. iliaca communis, also nicht direkt aus der Aorta, daher „indirekter paariger Stamm“) mit zwei Hauptstämmen (Truncus anterior, Truncus posterior) zur Versorgung der Eingeweide (viszerale Äste):
  → A. umbilicalis
  → A. vesicalis superior ♀
  → A. ductus deferentis ♂
  → A. vesicalis inferior
  → A. uterina
  → A. rectalis media
  → A. pudenda interna

  und der Beckenwände (parietale Äste):
  → A. iliolumbalis
  → A. sacralis lateralis
  → A. obturatoria
  → A. glutea superior/inferior

2.3 Unteres Hohlvenensystem (V. cava inferior)



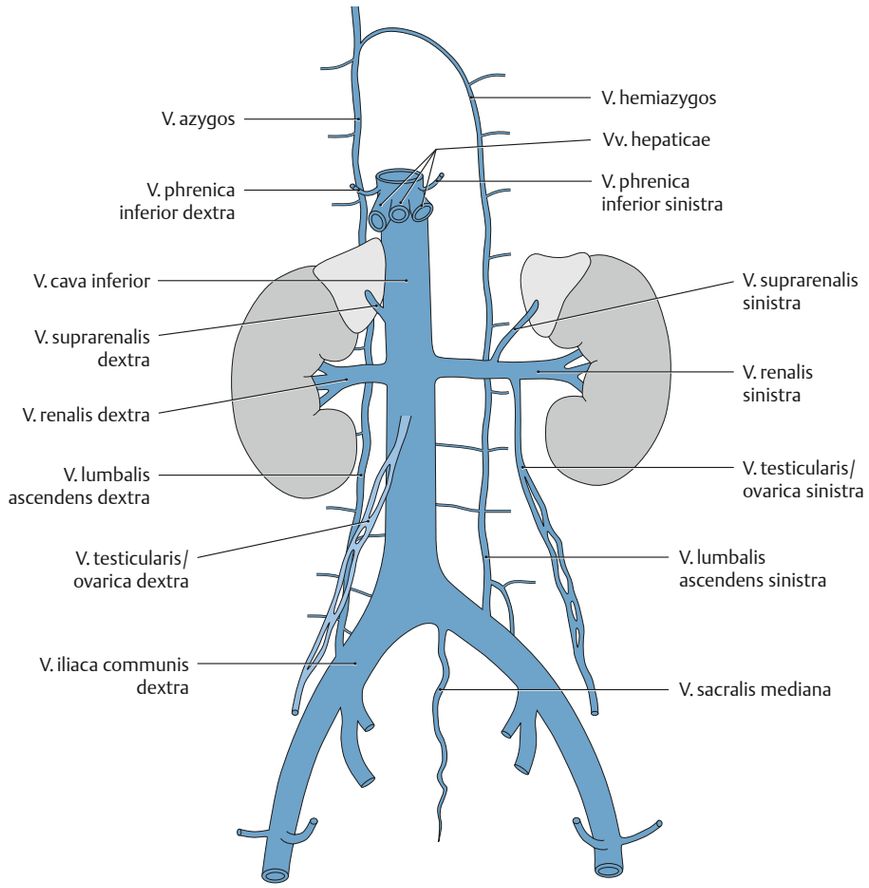
A Zuflüsse zur V. cava inferior an der hinteren Bauch- und Beckenwand

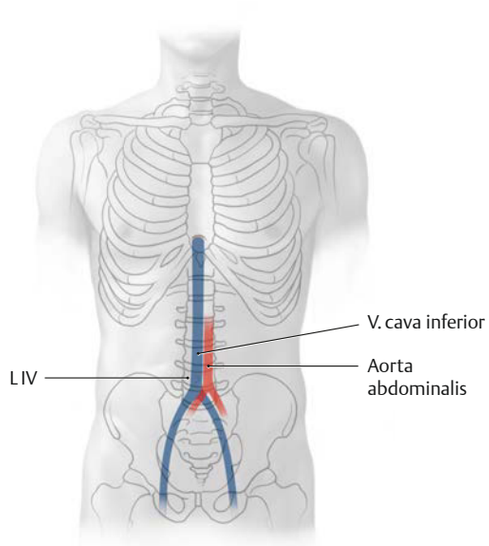
Ansicht eines weiblichen Situs von ventral; alle Organe bis auf linke Niere und Nebenniere entfernt, Oesophagus leicht nach unten gezogen.

Die V. cava inferior mit ihren zahlreichen Zuflüssen führt das venöse Blut aus Abdomen und Becken (letztendlich natürlich auch aus der unteren Extremität) ab – analog zur Aorta abdominalis, deren Äste diesen Bereich versorgen. Sie entsteht aus dem Zusammenfluss der beiden Vv. iliacae communes, der ungefähr in der Höhe des 5. Lendenwirbels (s. **C**), hinter und etwas kaudal der Aortenbifurkation lokalisiert ist.

Beachte die besondere Lage der V. renalis sinistra, die man sich durch den Vergleich mit der Lage einer Nuss zwischen den zwei Zangen eines Nussknackers besonders gut einprägen kann (s. S. 269): Die V. renalis sinistra überkreuzt die Aorta abdominalis, liegt aber hinter der A. mesenterica superior. Zu den Venen im männlichen Becken s. S. 347.

Die Venen im Becken haben zahlreiche Varianten, z. B. sind die venösen Zuflüsse der V. iliaca interna oft mehrfach angelegt (im Gegensatz zur obigen Darstellung), münden dann aber in einen Stamm (s. auch S. 349).





B Zuflüsse zur V. cava inferior

Im Unterschied und als Ergänzung zu **A** ist hier der Unterschied im Abfluss der beiden Nierenvenen deutlich zu sehen sowie zusätzlich die rechte V. lumbalis ascendens und deren Mündung in die V. azygos.

Direkte Zuflüsse (d. h. vor dem Einstrom in die V. cava inferior wird *kein kapilläres Stromgebiet* passiert) erfolgen aus:

- Diaphragma, Bauchwand, Nieren und Nebennieren, Hoden/Ovar und Leber;
- für das *Becken* (über die V. iliaca communis) aus: Beckenwand und Beckenboden, Uterus und Tubae uterinae, Harnblase und Ureteren, den akzessorischen Genitaldrüsen, der unteren Rektumetage und der unteren Extremität.

Indirekte Zuflüsse (d. h. vor dem Einstrom in die V. cava inferior wird das *kapilläre Stromgebiet der Leber* über das System der V. portae hepatis, s. S. 217, passiert) erfolgen aus:

- Milz und
- Organen des Verdauungstraktes: Magen, Pancreas, Duodenum, Jejunum, Ileum, Caecum mit Appendix vermiformis, Colon und oberer Rektumetage.

Beachte: Venöses Blut der V. cava inferior kann über die Vv. lumbales ascendentes in die V. azygos bzw. hemiazygos und somit in die V. cava *superior* abfließen. Hier existiert also an der dorsalen Wand von Abdomen und Thorax ein Kurzschluss zwischen den beiden Vv. cavae, eine sog. kavokavale oder interkavale Anastomose. Zu Lage und Bedeutung der kavokavalen Anastomosen s. S. 218. Häufig existiert auf der linken Körperseite eine Anastomose zwischen der V. suprarenalis und der V. phrenica inferior (hier nicht eingezeichnet, s. dazu **A**).

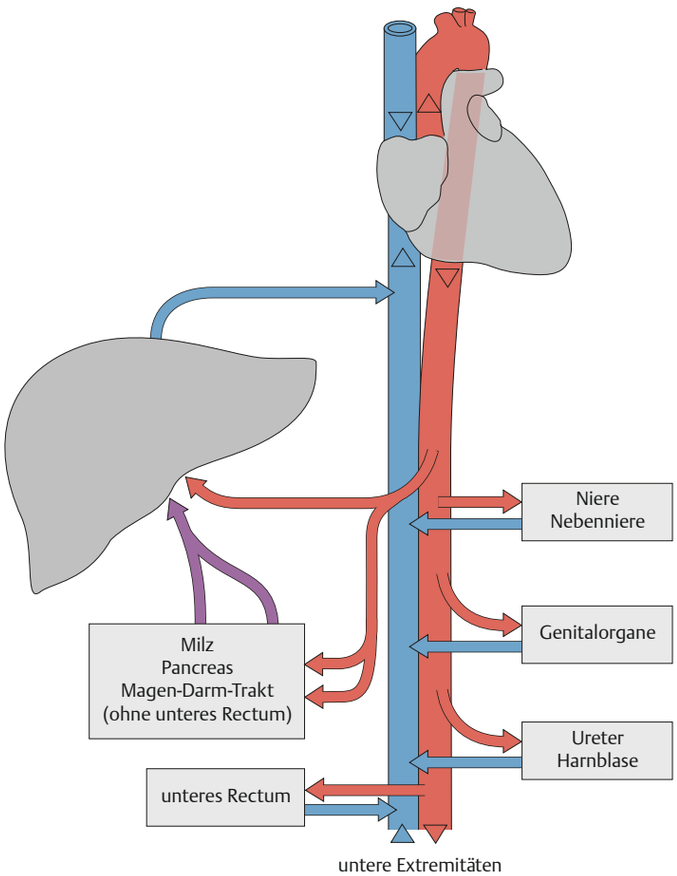
C Projektion der V. cava inferior auf die Wirbelsäule

Die V. cava inferior liegt rechts der Aorta abdominalis und durchtritt das Zwerchfell am Foramen venae cavae in Höhe Th VIII. Der Zusammenfluss der beiden Vv. iliacae communes zur V. cava inferior erfolgt in Höhe von L V (s. auch **A**).

D Direkte Zuflüsse zur V. cava inferior

- V. phrenica inferior dextra/sinistra
- Vv. hepaticae
- V. suprarenalis dextra
- V. renalis dextra/sinistra in Höhe L I/II (mit Einmündung der V. testicularis/ovarica sinistra und der V. suprarenalis sinistra in die V. renalis sinistra)
- Vv. lumbales
- V. testicularis/ovarica dextra
- Vv. iliacae communes (Höhe L V)
- V. sacralis mediana (diese mündet auch häufig in die V. iliaca communis sinistra)

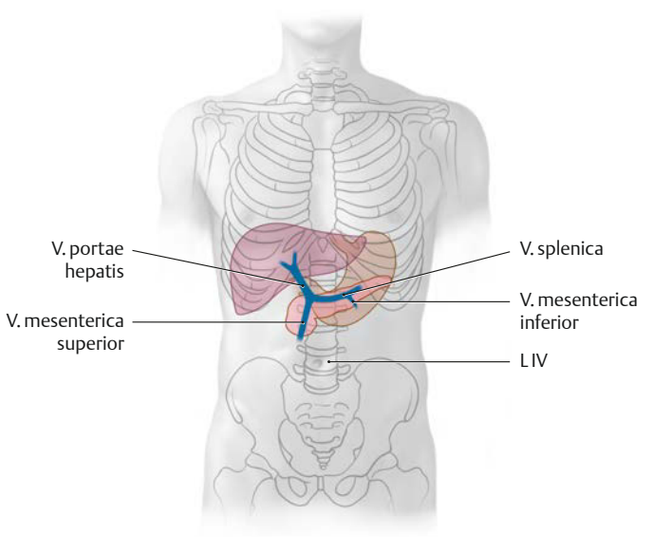
2.4 Pfortadersystem (V. portae hepatis)



A Das Portalvenensystem im Abdomen
Die Systematik von arterieller Blutversorgung und venöser Drainage der Organe in Abdomen und Becken unterscheidet sich in folgendem Aspekt: Während die arterielle Versorgung ausschließlich aus dem Stromgebiet der Aorta abdominalis oder einem ihrer großen Äste stammt, erfolgt die *venöse Drainage in zwei unterschiedliche Venensysteme:*

1. über die Organvene direkt oder indirekt (über die Vv. iliacae) in das Stromgebiet der V. cava inferior und von dort in die rechte Herzhälfte (zur V. cava inferior s. auch S. 214);
2. über die Organvene direkt oder indirekt (über die Vv. mesentericae oder die V. splenica) *zunächst in die V. portae hepatis* (Pfortader) – und damit zur Leber – und erst dann in die V. cava inferior und von dort in die rechte Herzhälfte.

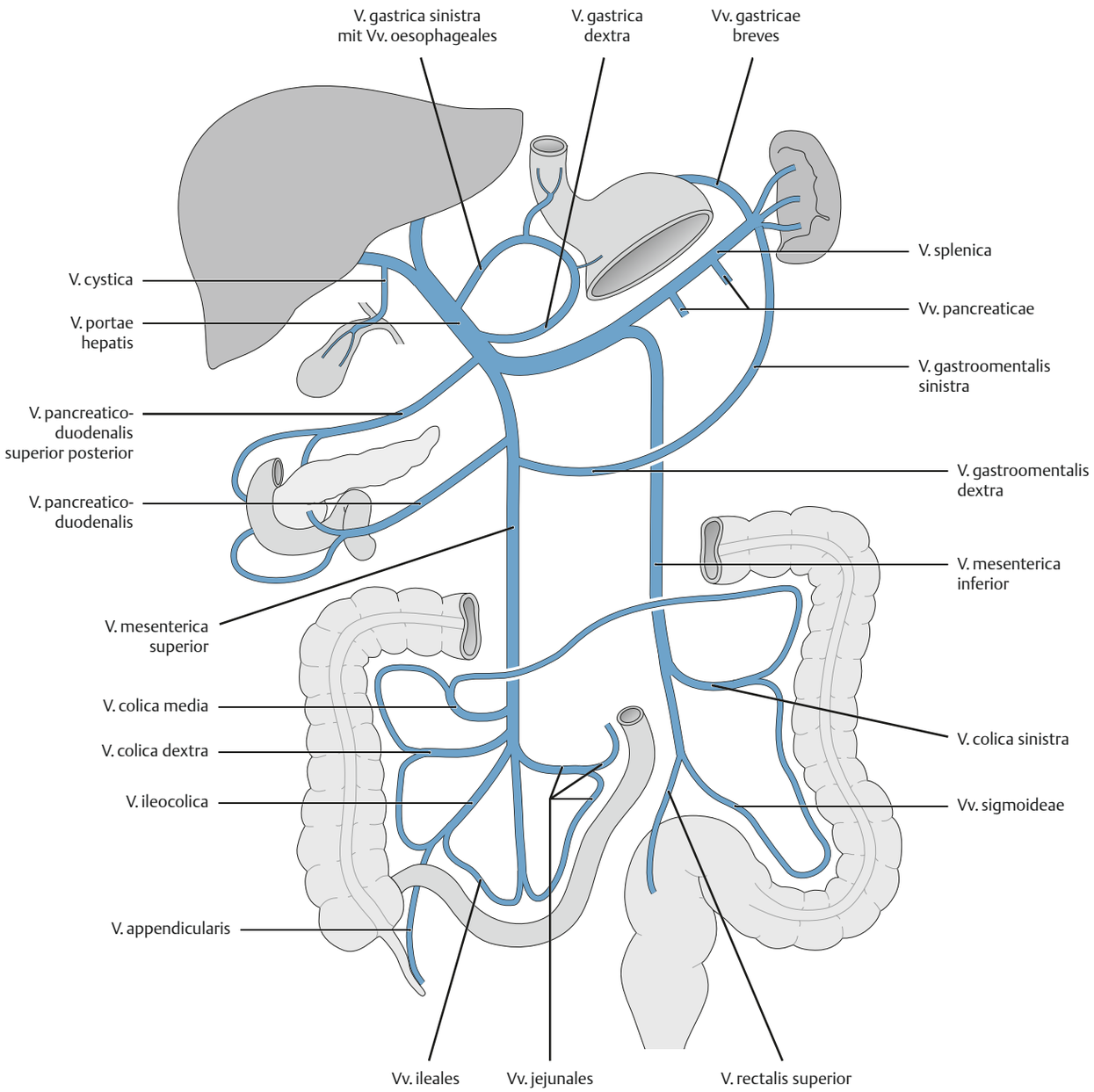
Den *1. Weg* nutzen Harnorgane, Nebennieren und Geschlechtsorgane sowie die Wände von Abdomen und Becken, den *2. Weg* die Organe des Verdauungssystems (Hohlorgane des Magen-Darm-Traktes, Pancreas, Gallenblase) und die Milz (s. **D**). Nur die unteren Rektumabschnitte nehmen an diesem Weg nicht teil und leiten ihr Blut über die Vv. iliacae in die V. cava inferior. Dieser (Um)weg über die Leber gewährleistet, dass die Organe des Verdauungstraktes ihr nährstoffreiches Blut den zahlreichen Stoffwechselprozessen in der Leber zuführen. Die Milz leitet auf diesem Weg Bestandteile von abgebauten Erythrozyten in die Leber. Die V. portae hepatis ist somit für die Leber ein *Vas publicum:* Es führt der Leber Blut im Sinne des systemischen Stoffwechsels zu. Das *Vas privatum* der Leber, das nur ihrer eigenen Versorgung (u. a. mit Sauerstoff) dient, ist die A. hepatica propria. Zwischen dem System der V. portae hepatis und dem der V. cava können Verbindungen entstehen (sog. *portokavale Anastomosen*), die bei bestimmten Erkrankungen einen Umgehungskreislauf ermöglichen, s. S. 218.



B Projektion der V. portae hepatis und ihrer beiden Stammgefäße auf die Wirbelsäule
Die V. portae hepatis entsteht aus dem Zusammenfluss von V. mesenterica *superior* und V. splenica rechts der Körpermitte in Höhe von LWK I. Die V. mesenterica *inferior* mündet in die V. splenica und leitet ihr Blut auf diesem Weg ebenfalls in die V. portae hepatis.
Beachte die Lagebeziehung der V. portae hepatis zu Leber, Magen und Pancreas.

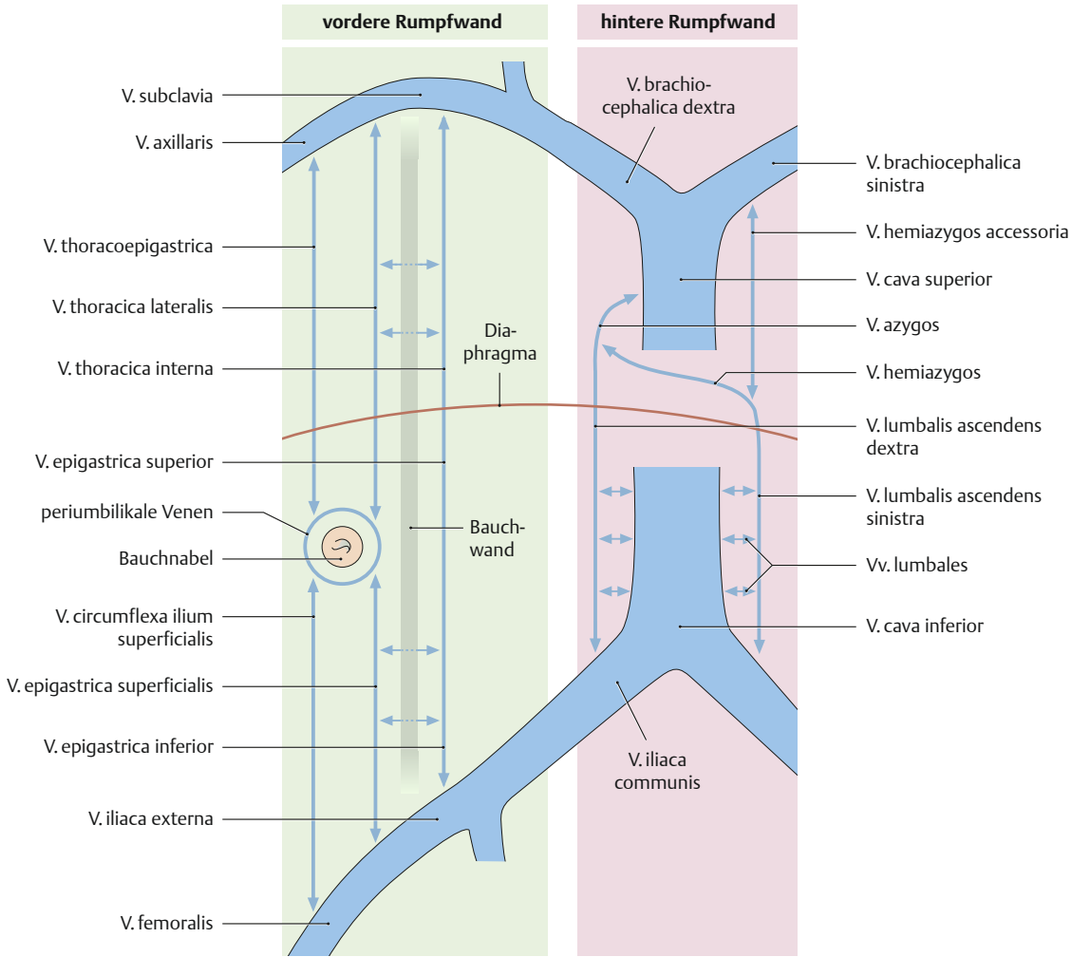
C Zuflüsse zur V. portae hepatis

- **V. mesenterica superior** (s. S. 276) mit
  - Vv. pancreaticoduodenales
  - Vv. pancreaticae
  - V. gastroomentalis dextra
  - Vv. jejunales
  - Vv. ileales
  - V. ileocolica
  - V. colica dextra
  - V. colica media
- **V. mesenterica inferior** (s. S. 277) mit
  - V. colica sinistra
  - Vv. sigmoideae
  - V. rectalis superior
- **V. splenica** (s. S. 275) mit
  - V. gastroomentalis sinistra
  - Vv. pancreaticae
  - Vv. gastricae breves
- **Direkte Zuflüsse** (s. S. 275)
  - V. cystica
  - V. gastrica sinistra mit Vv. oesophageales
  - V. gastrica dextra
  - V. pancreaticoduodenalis superior posterior
  - V. prepylorica
  - Vv. paraumbilicales



D Zuflussgebiet der V. portae hepatis (s. auch **C**)
Die V. portae hepatis ist zwar ein kurzes (Gesamtlänge zwischen 6 und 12 cm), aber großkalibriges Gefäß, das sich beim Eintritt in die Leber zunächst in zwei große Äste für die beiden Leberlappen aufteilt. Ihr Zuflussgebiet entspricht dem arteriellen Versorgungsgebiet des Truncus coeliacus und der Aa. mesentericae superior und inferior. Die V. portae hepatis erhält das venöse Blut aus den Hohlorganen des Magen-Darm-Traktes (den unteren Rektumabschnitt ausgenommen) sowie aus Pancreas, Gallenblase und Milz. Dieses Blut fließt ihr teilweise direkt aus den entsprechenden Organvenen, teilweise indirekt über die Vv. mesentericae oder die V. splenica zu.

2.5 Venöse Anastomosen in Abdomen und Becken



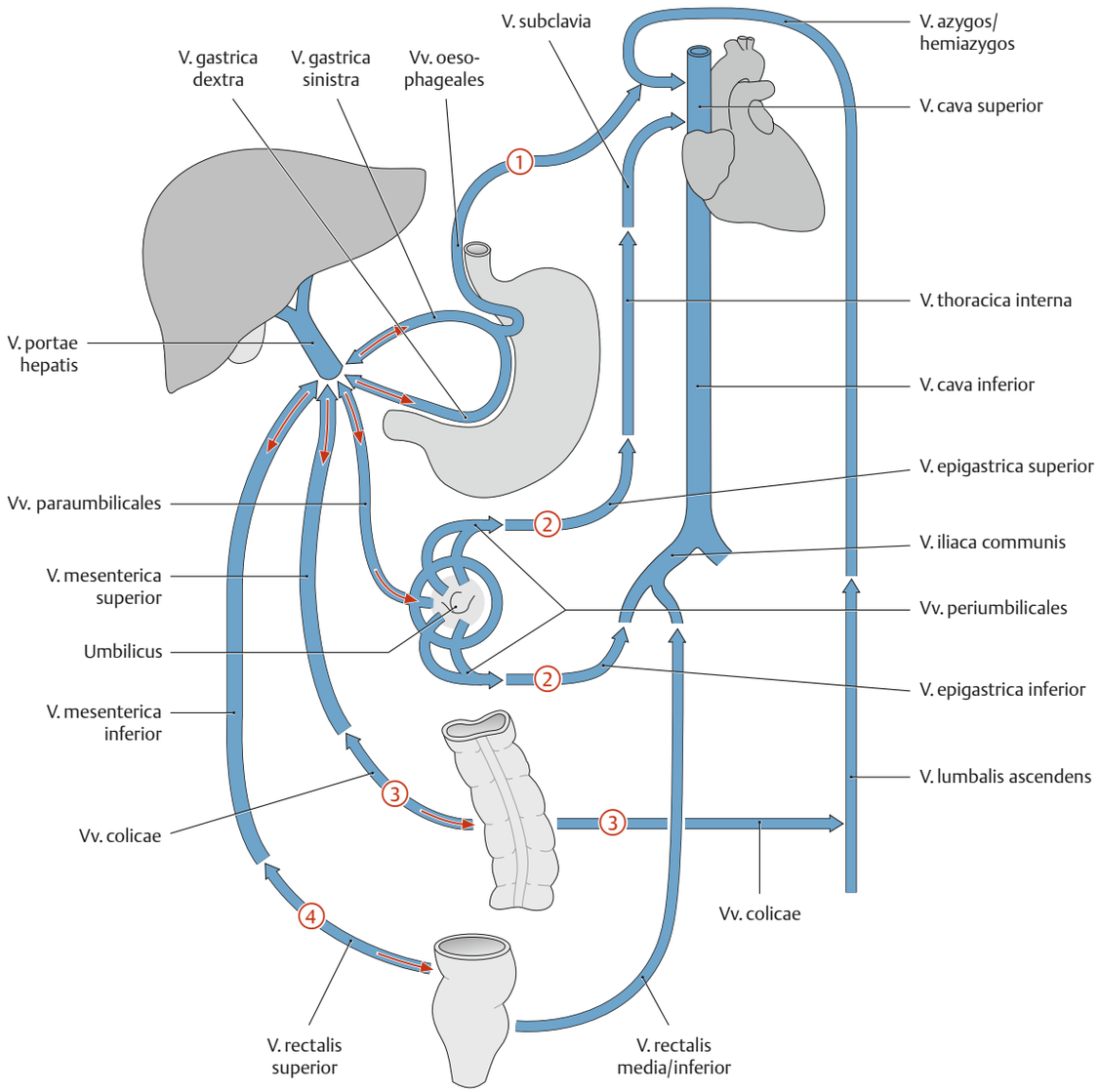
A Kavokavale (interkavale) Anastomosen
Zwischen V. cava inferior und superior bestehen an der ventralen und dorsalen Wand des gesamten Rumpfes ausgeprägte venöse Kurzschlüsse (sog. kavokavale oder interkavale Anastomosen). Bei Abflussstörungen, die im Abdomen die V. cava *inferior* oder im Becken die Vv. iliacae communes betreffen, kann das Blut über diese Anastomosen in die V. cava *superior* und von dort zum Herzen geleitet werden. Venen der Thoraxwand übernehmen dabei den kranialen Anteil der Umleitungsstrecke. Die Venen der *ventralen* Rumpfwand lassen am Abdomen eine *oberflächliche* (vor dem M. rectus abdominis gelegene) und eine *tiefe* (hinter dem M. rectus abdominis gelegene) Abflussstraße erkennen. (Am Thorax liegen diese beiden Straßen außerhalb oder innerhalb des knöchernen Thorax.)
Beachte: An der *ventralen* Rumpfwand besteht über die Vv. paraumbilicales (s. **B**) eine Verbindung zwischen der *V. portae hepatis* und dem Zuflussgebiet der Vv. cavae (sog. portokavale Anastomose), die bei Abflussstörungen aus der V. portae hepatis eine Rolle spielt. Diese Verbindung kann die oberflächliche und die tiefe ventrale Abflussstraße betreffen.

- Anastomosen an der *dorsalen Wand* des Abdomens. Sie nutzen die Verbindung zwischen V. lumbalis ascendens und V. azygos/hemiazygos. Es bestehen zwei Abflussmöglichkeiten:

  1. Eine *direkte* Verbindung zwischen V. lumbalis ascendens und V. azygos/hemiazygos:
     V. cava inferior → (evtl. über V. iliaca communis) V. lumbalis ascendens → V. azygos/hemiazygos → **V. cava superior**.
  2. Eine *indirekte* Verbindung zwischen V. lumbalis ascendens und V. azygos/hemiazygos über horizontale Rumpfwandvenen (Vv. intercostales und lumbales, vermittelt über venöse Geflechte an der Wirbelsäule; hier aus Übersichtsgründen nicht dargestellt):
     V. cava inferior → (evtl. über V. iliaca communis) V. lumbalis ascendens → Vv. lumbales → Plexus venosi vertebrales → Vv. intercostales posteriores → V. azygos/hemiazygos → **V. cava superior**.

- Anastomosen an der *ventralen Wand* des Abdomens. Diese nutzen oberflächliche und tiefe Hautvenen, zwischen denen ein Austausch von Blut möglich ist. Somit bestehen auch hier zwei Abflussmöglichkeiten:

  1. Tiefe Abflussstraße (hinter dem M. rectus abdominis):
     V. cava inferior → V. iliaca communis → V. iliaca externa → V. epigastrica inferior → V. epigastrica superior → V. thoracica interna → V. subclavia → V. brachiocephalica → **V. cava superior**.
  2. Oberflächliche Abflussstraße (vor dem M. rectus abdominis):
     V. cava inferior → V. iliaca communis → V. iliaca externa → V. femoralis → V. epigastrica superficialis/V. circumflexa ilium superficialis → V. thoracoepigastrica/V. thoracica lateralis → V. axillaris → V. subclavia → V. brachiocephalica → V. cava superior.



B Schema der venösen Umgehungskreisläufe der V. portae hepatis (portokavale Anastomosen)

Auch zwischen V. portae hepatis und V. cava inferior/superior bestehen venöse Kurzschlüsse (sog. *portokavale* Anastomosen). Diese Anastomosen entstehen physiologisch. Es gibt zwei Entstehungsursachen: Überlappung von venösen Stromgebieten im Organ (Venenplexus in Oesophagus, Colon, Rectum) oder Offenbleiben von Blutgefäßen, die normalerweise nach der Geburt veröden (V. umbilicalis/Vv. paraumbilicales). In diesen Venenplexus bzw. in diesen nicht verödeten Blutgefäßen kann das Blut somit in zwei Richtungen abfließen. Im Krankheitsfall spielen diese präexistenten Kurzschlüsse eine entscheidende Rolle. Wenn der Blutdurchfluss durch die Leber gestört ist (wie z. B. bei Leberzirrhose), leitet die V. portae hepatis das Blut von der Leber (durch die es nicht abfließen kann) wieder in die jeweils zuführenden Gefäße zurück. Das Blut fließt also in diesen, eigentlich der Leber *zuführenden* Gefäßen wieder von der Leber weg. Es kommt zur *Strömungsumkehr* in diesen Gefäßen (s. rote Pfeile), gleichzeitig steigt der intravasale Druck. Über die unten genannten Anastomosen gelangt das Blut, sozusagen auf Umwegen, wieder in die V. cava inferior bzw. superior und damit letztendlich wieder zum Herzen. Die folgenden **vier Anastomosen** sind wichtig:

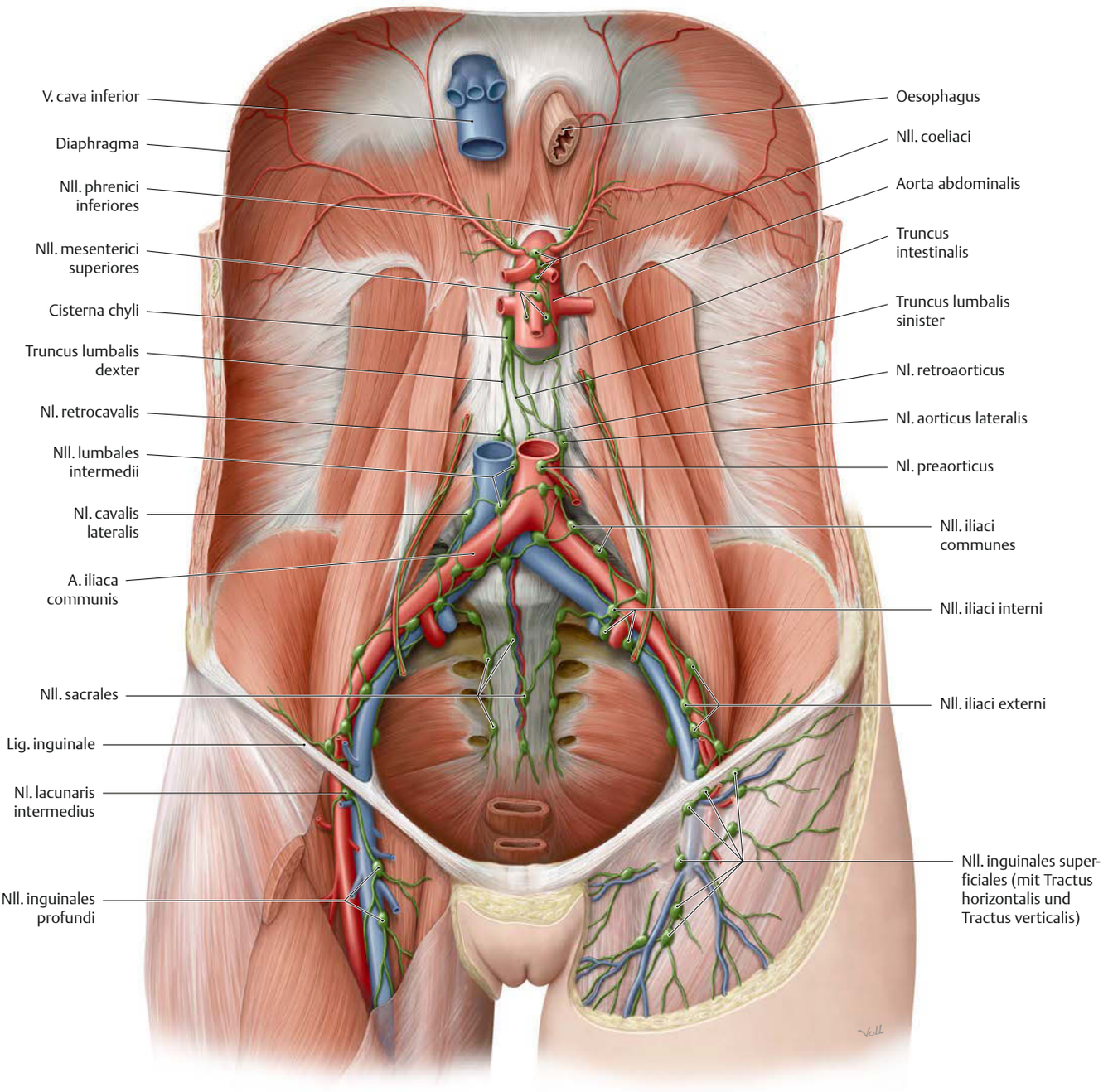
① Über Venen von Magen und unterem Ösophagusende (bei Erweiterung dieser Venen können „Krampfadern", sog. Ösophagusvarizen, in der Speiseröhre entstehen; Gefahr der lebensbedrohlichen Blutung):
V. portae hepatis ← Vv. gastricae ← *Vv. oesophageales* → V. azygos/hemiazygos → **V. cava superior**.

② Über Venen der ventralen Wand des Abdomens:
V. portae hepatis ← V. umbilicalis (offener Anteil) ← *Vv. paraumbilicales* → V. epigastrica superior → V. thoracica interna → V. subclavia → **V. cava superior** *oder*
V. portae hepatis ← V. umbilicalis (offener Anteil) ← *Vv. paraumbilicales* → V. epigastrica inferior → V. iliaca externa → **V. cava inferior**.
Ein Abfluss paraumbilikaler Venen in die oberflächlichen Venen (selten!) der vorderen Bauchwand (V. thoracoepigastrica, V. thoracica lateralis, V. epigastrica superficialis, s. **A**) führt zur Erweiterung dieser geschlängelten Venen (Medusenhaupt = Caput medusae).

③ Über Venen der dorsalen Wand des Abdomens:
V. portae hepatis ← V. mesenterica superior und inferior ← *Vv. colicae* → Vv. lumbales ascendentes → V. azygos/hemiazygos → **V. cava superior**. Die Vv. lumbales ascendentes können auch Kurzschlüsse mit der V. cava inferior bilden.

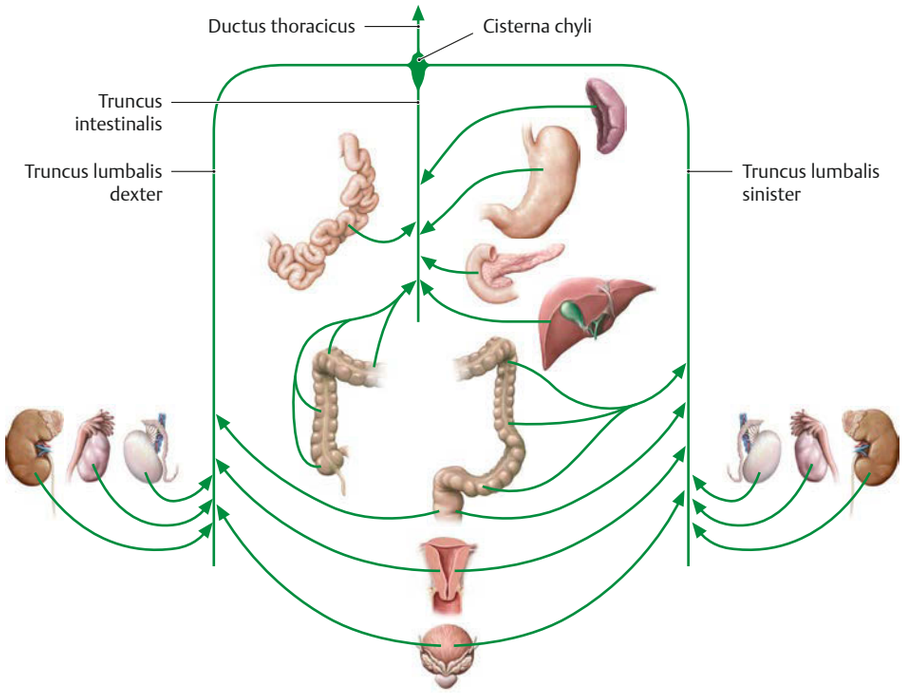
④ Über Venenplexus des Rectum (bei Erweiterung venöser Rückstau):
V. portae hepatis ← V. mesenterica inferior ← V. rectalis superior ← *Vv. rectales media/inferior* → V. iliaca interna → **V. cava inferior**.

2.6 Lymphstämme und Lymphknoten



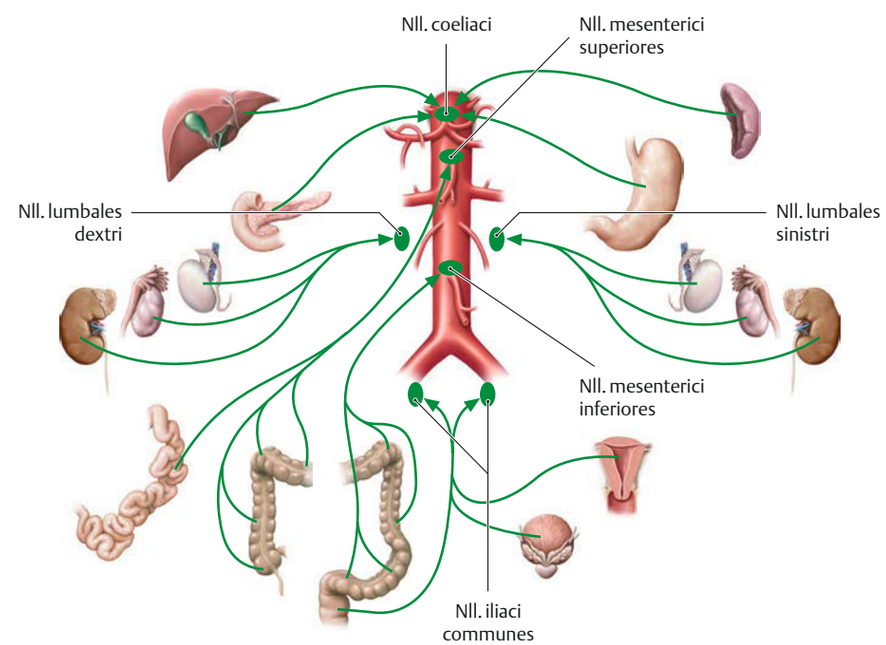
A Parietale Lymphknoten in Abdomen und Becken: Übersicht
Ansicht von ventral, weiblicher Situs. Alle Eingeweidestrukturen bis auf große Gefäße entnommen, Lymphgefäße zur Verdeutlichung verdickt dargestellt; Größenunterschiede zwischen den Lymphknoten (knapp 1 mm bis zu über 1 cm) sowie tatsächliche Anzahl (einige hundert) nicht berücksichtigt.

Regionäre Lymphknoten (s. **C**) können so dicht liegen, dass einzelne Gruppen kaum zu unterscheiden sind. In Abdomen und Becken werden *wandständige (parietale)* und *organständige (viszerale)* Lymphknoten unterschieden. Wandständige Lymphknoten befinden sich *nahe der Rumpfwand* (oft entlang von Gefäßen), viszerale *organnah* im Bindegewebe des Extraperitonealraums oder in der Peritonealduplikatur („Meso") eines Organs. Ein großer Teil der parietalen Lymphknoten ist in Abdomen und Becken an der Hinterwand lokalisiert, da dort die großen Gefäße verlaufen, um die herum sie gruppiert sind, so um die Aorta abdominalis und die V. cava inferior im Abdomen und um die Aa. und Vv. iliacae und ihre Äste im Beckenbereich. Im Bereich der Vorderwand sind daher nur wenige Lymphknoten lokalisiert, (z. B. in der Leistenregion am Übergang zu den Beinen (inguinale Lymphknoten) sowie um die A. iliaca externa (iliakale Lymphknoten). Wie generell im Körper bilden Lymphknoten und -gefäße in Abdomen und Becken ein engmaschig verschaltetes Netzwerk. Der Lymphabfluss hält sich daher nicht strikt an einen bestimmten Weg, hat aber bevorzugte Flussrichtungen (s. S. 222). Im Becken gibt es besonders viele Abflussmöglichkeiten für das einzelne Organ, da sich mehrere Organe Lymphwege teilen können. So werden z. B. bestimmte Lymphknoten – wenn auch mit unterschiedlicher Präferenz – von Harnblase, Genitale und Rectum genutzt.



B Lymphstämme (Trunci lymphatici) in Abdomen und Becken

Die Organe in Abdomen und Becken leiten ihre Lymphe nach Durchfluss mindestens einer, oft mehrerer Lymphknotenstationen, s. **C**, in die Trunci lumbales und intestinales (s. S. 222). An der Vereinigungsstelle dieser Trunci findet sich häufig eine Erweiterung, die Cisterna chyli. Ab hier leitet der Ductus thoracicus die Lymphe durch den Thorax zum linken Venenwinkel. Der Ductus thoracicus ist neben dem Ductus lymphaticus dexter der Hauptlymphstamm, der die Lymphe letzlich wieder dem venösen System zuleitet.



C Lymphknotenstationen (Nodi lymphoidei) in Abdomen und Becken

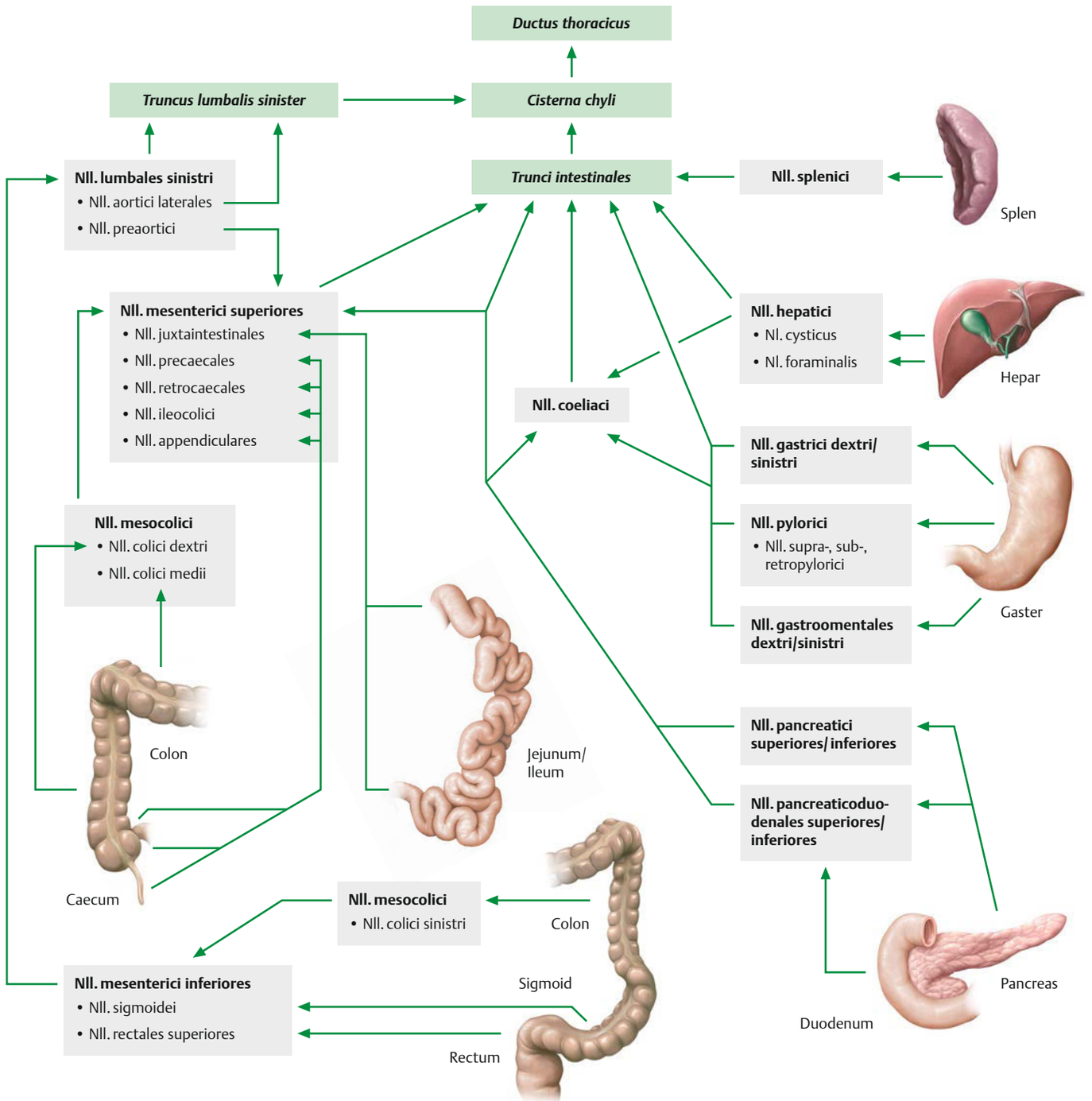
Bevor die Lymphe aus den Organen von Abdomen und Becken in die oben genannten Lymphstämme abfließt, passiert sie sog. **regionäre Lymphknoten**. Das sind die Lymphknoten, die als *1. Station* Lymphe aus einem bestimmten Organ (oder einer bestimmten Region) zugeführt bekommen. Von den regionären Lymphknoten fließt die Lymphe in sog. **Sammellymphknoten** ab. Das sind die Lymphknoten, die die Lymphe aus mehreren regionären Lymphknoten „sammeln" und letztlich den Lymphstämmen zuführen – im Falle der Organe in Abdomen und Becken also dem Truncus lumbalis oder intestinalis.

Beachte: Ein Lymphknoten kann *aus verschiedenen* Organen als 1. Station Lymphe zugeleitet bekommen, also für verschiedene Organe *regionärer Lymphknoten* sein, und gleichzeitig die Lymphe aus verschiedenen regionären Lymphknoten sammeln, also *Sammellymphknoten* sein. Im Bereich von Abdomen und Becken sind die Nll. lumbales ein Beispiel: Sie sind für Nieren, Nebennieren, Keimdrüsen und Adnexe (s. S. 314) regionäre Lymphknoten und gleichzeitig Sammellymphknoten für die Nll. iliaci.

D Lymphknotenstationen und Tributargebiete

Lymphknotenstation/ Sammellymphknoten	Lokalisation (s. **C**)	Organe bzw. Abschnitte von Organen, die in diese Lymphknotenstation drainieren (Tributargebiete)
Nll. coeliaci	um den Truncus coeliacus herum	distales Ösophagusdrittel; Magen; Omentum majus; Duodenum (Pars superior und descendens); Pancreas; Milz; Leber mit Gallenblase
Nll. mesenterici superiores	am Ursprung der A. mesenterica superior	Duodenum ab Pars descendens; Jejunum und Ileum; Caecum mit Appendix vermiformis; Colon ascendens; Colon transversum (die oralen zwei Drittel)
Nll. mesenterici inferiores	am Ursprung der A. mesenterica inferior	Colon transversum (das aborale Drittel); Colon descendens; Colon sigmoideum; Rectum (oraler Teil)
Nll. lumbales (dextri, intermedii, sinistri)	um Aorta abdominalis und V. cava inferior	Diaphragma (abdominale Seite); Nieren; Nebennieren; Hoden/Nebenhoden; Ovar, Tuba uterina; Fundus uteri; Ureteren; Retroperitonealraum
Nll. iliaci	um die Vasa iliaca	Rectum (aboraler Teil); Harnblase und Urethra; Uterus (Corpus und Cervix); Ductus deferens; Gl. vesiculosa; Prostata; äußeres Genitale (über inguinale Lymphknoten)

2.7 Lymphabfluss der Organe

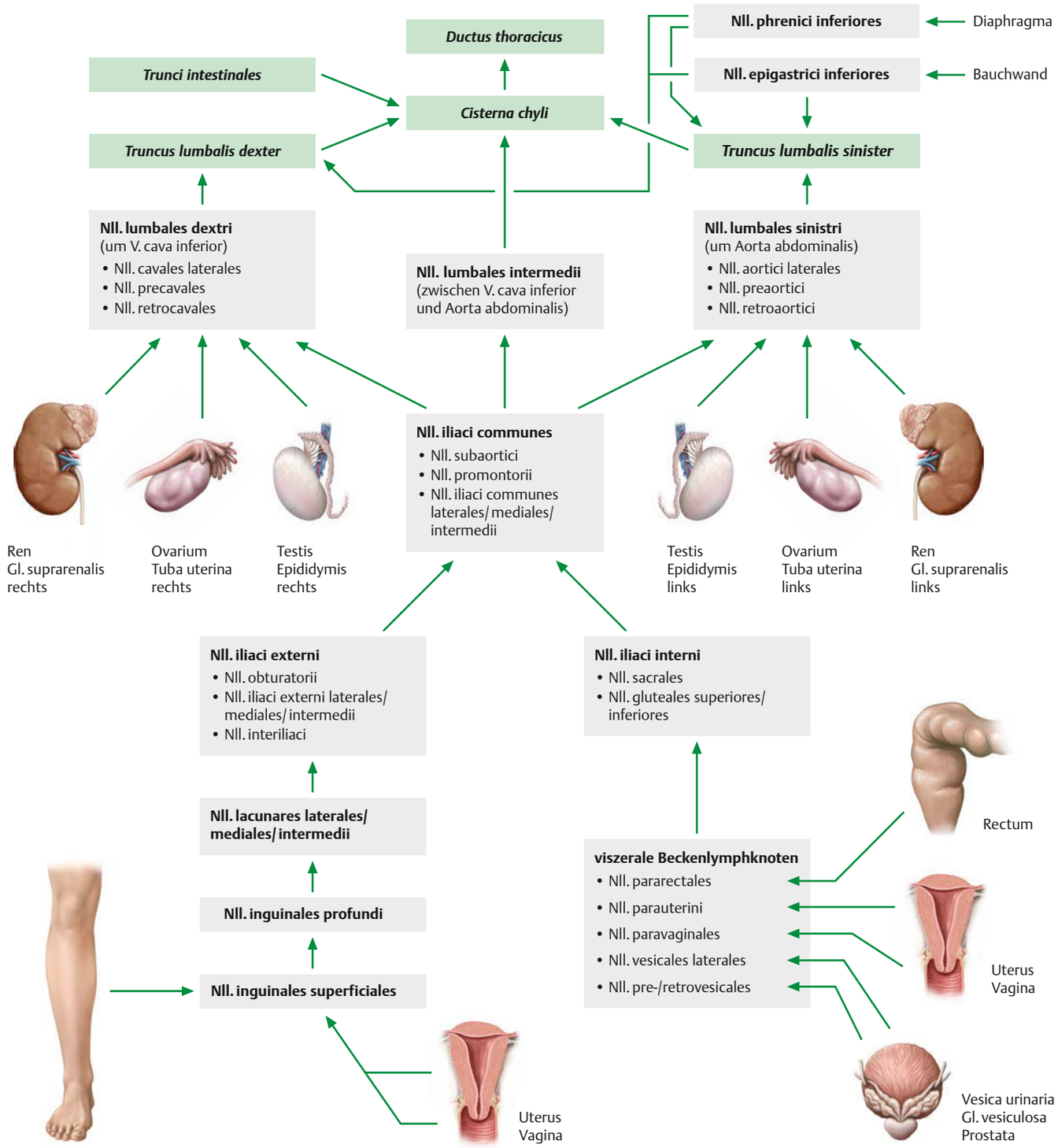


A Hauptabflusswege der Organe des Verdauungstraktes und der Milz

Ein Großteil der Organe des Verdauungstraktes sowie die Milz leiten die Lymphe direkt von den regionären Lymphknoten oder zusätzlich über dazwischen geschaltete Sammellymphknoten in die *Trunci intestinales*. Ausnahmen sind: Colon descendens, Sigmoid und oraler Rektumabschnitt, deren Lymphe in den *Truncus lumbalis sinister* fließt. Für die in der Abbildung dargestellen Organe und Organlymphknoten gibt es grundsätzlich *drei große Sammelstationen* (zu einzelnen Lymphknoten s. S. 280 ff):

- Nll. coeliaci: Sie sammeln die Lymphe aus Magen, Duodenum, Pancreas, Milz und Leber. Topografisch und damit präparatorisch sind sie oft nicht von den regionären Lymphknoten der in der Nähe lokalisierten Oberbauchorgane zu unterscheiden.
- Nll. mesenterici superiores: Sie sammeln die Lymphe aus Jejunum und Ileum sowie aus Colon ascendens und Colon transversum.
- Nll. mesenterici inferiores: Sie sammeln die Lymphe aus Colon descendens, Colon sigmoideum und Rectum.

Der *Hauptabfluss* dieser Sammellymphknoten erfolgt über die Trunci intestinales in die Cisterna chyli, ein *Nebenabfluss* über die Nll. lumbales sinistri direkt in die Cisterna chyli.
Zur Lymphdrainage des Rectum s. S. 283.



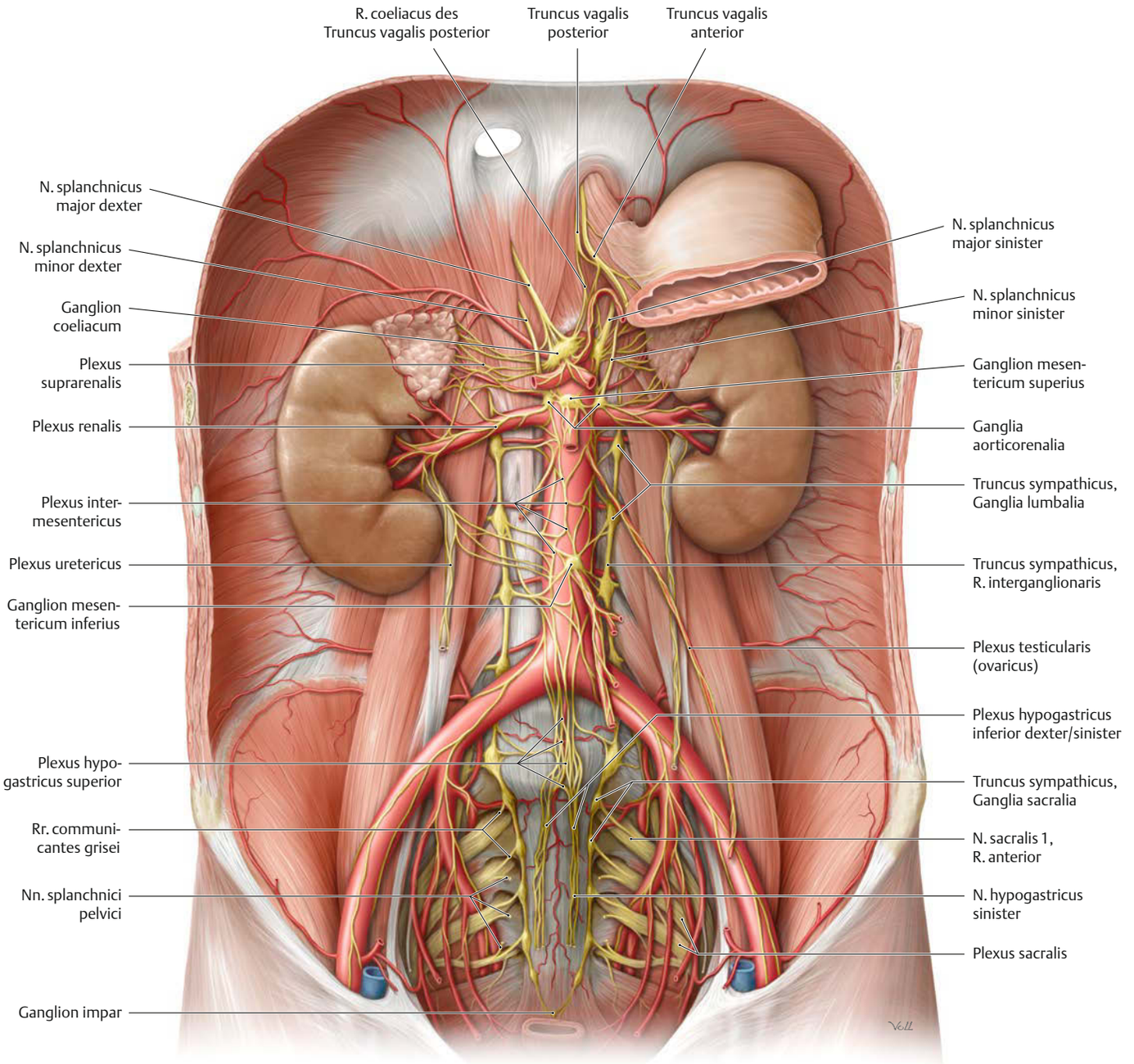
B Hauptabflusswege der Organe von Retroperitonealraum, Becken (und unterer Extremität)

Die Organe dieses Bereichs führen die Lymphe hauptsächlich in die Trunci lumbales dexter und sinister ab. Wichtige Lymphknotenstationen für die Organe von Retroperitonealraum, Becken (und untere Extremität) sind:

- Nll. iliaci communes: sammeln die Lymphe aus den Beckenorganen und der unteren Extremität;
- Nll. lumbales dextri und sinistri: Sammellymphknoten für die Nll. iliaci communes sowie regionäre Lymphknoten für die Organe des Retroperitonealraums *und* die Keimdrüsen, obwohl letztere im Becken bzw. im Scrotum lokalisiert sind. Beim Deszensus der Keimdrüsen bleibt – analog zur Blutversorgung, s. S. 350 – der lymphatische Anschluss an die lumbalen Lymphknoten erhalten. Tumoren, z. B. des Hodens (ebenso wie des Ovars), metastasieren daher lymphatisch nicht in erster Linie in das Becken, sondern direkt hinauf in das Abdomen.

Sowohl die Nll. iliaci als auch die Nll. lumbales sind sog. *wandständige (parietale)* Lymphknoten, zu denen auch die Nll. phrenici und epigastrici zählen. Lymphknoten wie die Nll. pararectales oder parauterini sind *organständige* oder *viszerale* Lymphknoten.

2.8 Vegetative Ganglien und Plexus

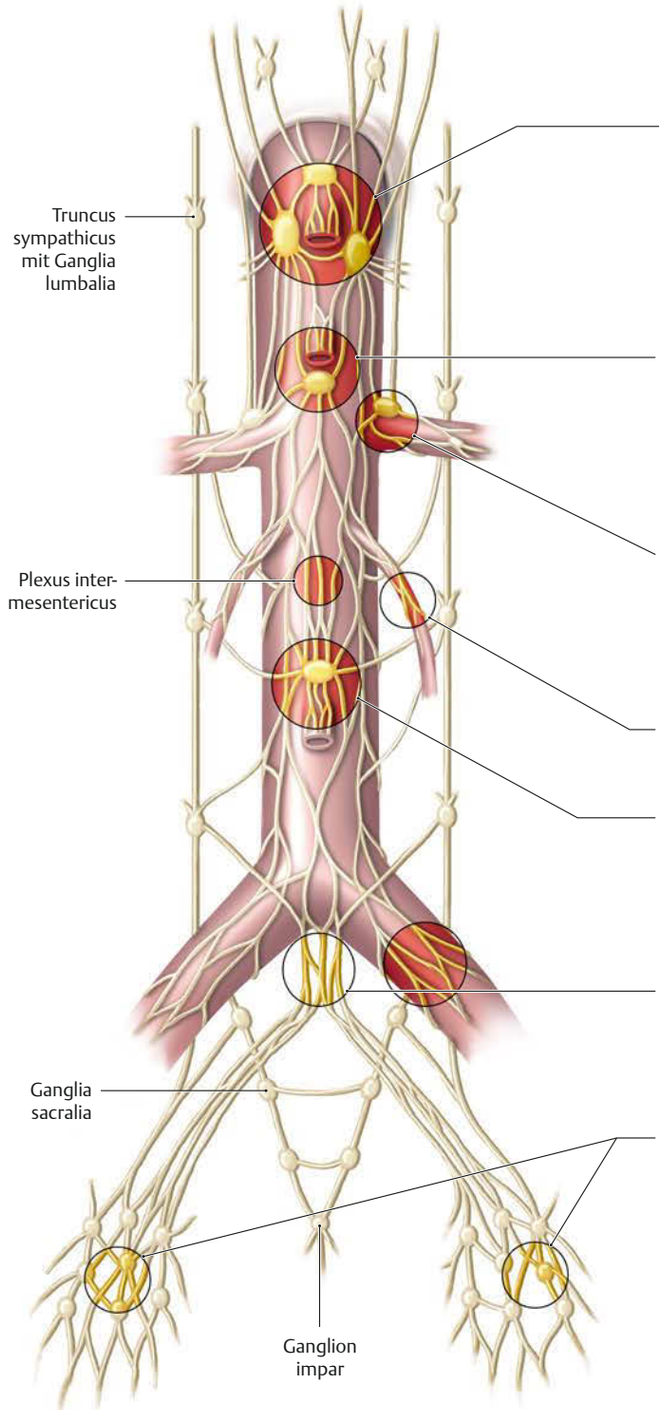


A Vegetative Ganglien und Plexus in Abdomen und Becken, Überblick

Sicht von ventral in einen männlichen Situs; Peritoneum komplett, Magen bis auf einen Stumpf entfernt und zusammen mit dem Oesophagus etwas nach unten gezogen; Beckenorgane bis auf einen Rektumstumpf entfernt.

Das vegetative Nervensystem bildet um die Aorta abddominalis und im Becken ausgedehnte Nervengeflechte *(Plexus)* und teilweise große Nervenknoten *(Ganglien),* in denen die Umschaltung vom präganglionären 1., auf das postganglionäre 2. Neuron erfolgt. Die Gesamtheit der vegetativen Geflechte vor und beidseits der Aorta abdominalis wird als *Plexus aorticus abdominalis* bezeichnet. Zu ihm gehören auch die einzelnen Plexus an den Ursprüngen der unpaaren und paarigen Äste der Aorta abdominalis (s. **B**). In den Plexus verbinden sich in der Regel sympathische und parasympathische Nervenfasern auf dem Weg zum Erfolgsorgan.

Beachte: Der linke und der rechte N. vagus organisieren sich um den Oesophagus als Truncus vagalis anterior und posterior. Beide Trunci enthalten Fasern aus beiden Nn. vagi: der Truncus vagalis *anterior* mehr Fasern des linken N. vagus, der Truncus vagalis *posterior* mehr Fasern des rechten N. vagus. Während der Truncus vagalis anterior i. Allg. am Magen endet, versorgt der Truncus vagalis posterior noch den gesamten Dünndarm und den Dickdarm bis etwa zum Übergang von mittlerem zu aboralem Drittel am Colon transversum mit.



Plexus coeliacus
mit Ganglia coeliaca

- Plexus hepaticus → Leber, Gallenblase
- Plexus gastrici → Magen
- Plexus splenicus → Milz
- Plexus pancreaticus → Pancreas, Duodenum

Plexus mesentericus superior
mit Ganglion mesentericum superius

- keine Unterplexus → Pancreas (nur Caput), Duodenum, Jejunum, Ileum, Caecum, Colon, oral der Flexura coli sinistra, Ovar

Plexus suprarenalis und renalis
mit Ganglion aorticorenale

- Plexus uretericus → Nebenniere, Niere, Ureter, nierennaher Abschnitt

Plexus ovaricus/testicularis → Ovar, Testis

Plexus mesentericus inferior
mit Ganglion mesentericum inferius

- Plexus rectalis superior → Colon, aboral der Flexura coli sinistra, Rectum, obere Etage

Plexus hypogastricus superior

- Äste zu Ureter und Genitalorganen → Ureter, Epididymis, Testis, Ovar

Plexus hypogastrici inferiores
mit Ganglia pelvica

- Plexus rectales medius und inferior → Rectum, mittlere und untere Etage
- Plexus prostaticus → Prostata, Gll. vesiculosa und bulbo-urethralis, Ductus ejaculatorius, Penis, Urethra
- Plexus deferentialis → Ductus deferens, Epididymis
- Plexus uterovaginalis → Uterus, Tuba, Uterina, Vagina, Ovar
- Plexus vesicalis → Vesica urinaria
- Plexus uretericus → Ureter, aufsteigend vom Becken

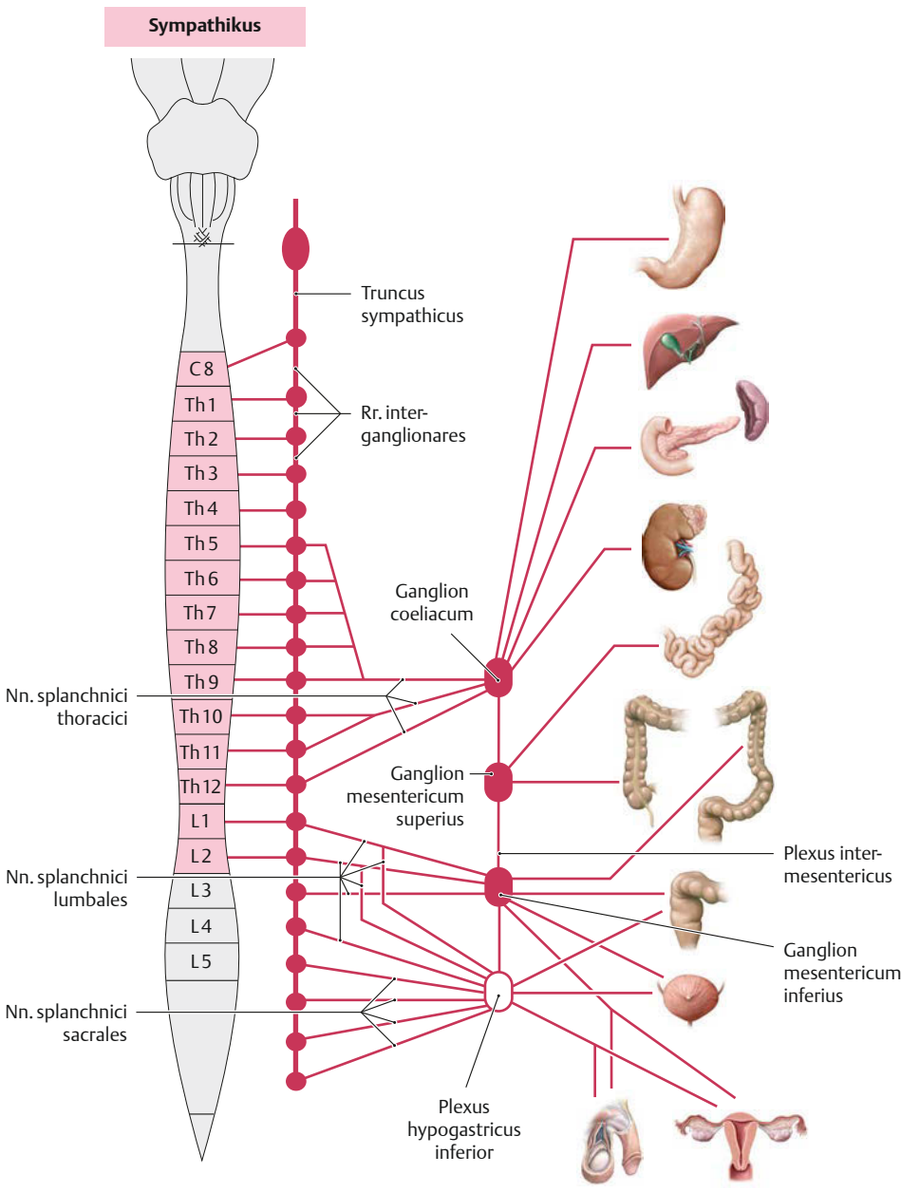
B Organisation der vegetativen Ganglien und Plexus in Abdomen und Becken

Die Ganglien und Plexus des vegetativen Nervensystems sind nach der Arterie benannt, um die herum sie lokalisiert sind bzw. mit der sie verlaufen (z. B. Ganglion coeliacum, Plexus mesentericus). Die Umschaltung vom 1. auf das 2. Neuron erfolgt für die *sympathischen* Nervenfasern in „organ*fernen*" Ganglien (bzw. Ganglienzellen in einem „organfernen" Plexus), für die *parasympathischen* Nervenfasern in „organ*nahen*" Ganglien (bzw. Ganglienzellen in einem organnahen Plexus). Die parasympathischen Ganglien liegen also meist direkt am Erfolgsorgan oder in dessen Wand, wo sie von den Verzweigungen der Trunci vagales oder den Nn. splanchnici pelvici erreicht werden.

Beachte: Auch Plexus können – manchmal sehr kleine – Ansammlungen von Ganglienzellen enthalten, wie z. B. der Plexus renalis, der die Ganglia renalia enthält (hier nicht eingezeichnet, da zu klein).

Die vegetativen Plexus enthalten neben den efferenten (viszeromotorischen) Fasern auch zahlreiche afferente (viszerosensible) Fasern sowohl für den sympathischen als auch für den parasympathischen Anteil.

2.9 Organisation von Sympathikus und Parasympathikus



A Organisation des Sympathikus in Abdomen und Becken

Die **Ursprünge** (das 1. efferente Neuron) der sympathischen Nervenfasern, die die **Organe des Abdomens** versorgen, liegen in den Seitenhörnern der Rückenmarkssegmente Th5–12. Ihre Axone ziehen *ohne Umschaltung* durch die Ganglien des Truncus sympathicus und bilden die Nn. splanchnici thoracici (= Nn. splanchnici [thoracici] minor und major – gelegentlich wird ein N. splanchnicus [thoracicus] imus aus Th12 unterschieden). Die *Umschaltung auf das 2. efferente Neuron* erfolgt im Ganglion coeliacum, mesentericum superius (teilweise inferius) oder aorticorenale (s. S. 287).

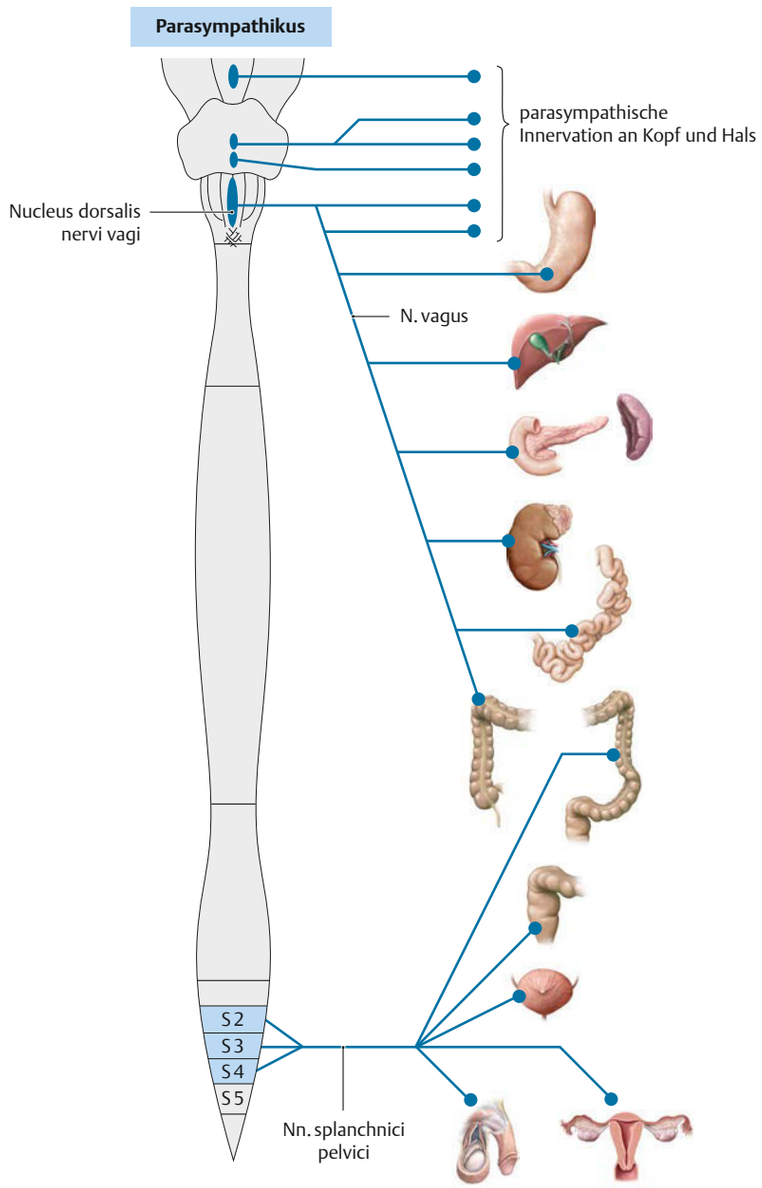
Die **Ursprünge** (1. efferentes Neuron) der sympathischen Nervenfasern, die die **Organe des Beckens** versorgen, liegen in den Seitenhörnern der Rückenmarkssegmente L1 und L2. Ihre Axone ziehen durch die lumbalen Ganglien des Truncus sympathicus und bilden die Nn. splanchnici lumbales. Die *Umschaltung auf das 2. efferente Neuron* erfolgt entweder in den lumbalen Ganglien, im Ganglion mesentericum inferius oder im Plexus hypogastricus inferior. Die *post*ganglionären Fasern des 2. *efferenten* Neurons ziehen dann in der Regel mit einer Arterie – meist gemeinsam mit den parasympathischen Anteilen des vegetativen Nervensystems – zum Erfolgsorgan.

Beachte: Die peripheren Ganglien des Sympathikus liegen im gesamten Wirbelsäulenbereich neben der Wirbelsäule (paravertebral), in Abdomen und Becken aber zusätzlich vor der Wirbelsäule (prävertebral) und vor dem Os sacrum.

Die paravertebralen Ganglien, die untereinander über Rr. interganglionares verbunden sind, bilden den Truncus sympathicus, der beidseits an die Wirbelsäule angrenzt („Grenzstrang"). Sie sind nach den entsprechenden Wirbelsäulenabschnitten benannt (Ganglia thoracica, lumbalia usw.); ihre Anzahl ist variabel. Die prävertebralen Ganglien liegen an den Abgängen der großen Arterien aus der Aorta abdominalis und sind dementsprechend benannt (Ganglion coeliacum, mesentericum superius/inferius usw.).

B Wirkung des Sympathikus auf Organe in Abdomen und Becken

Organ/ Organsystem	Sympathikus-wirkung
• Gastrointestinaltrakt	
– *longitudinale und zirkuläre Muskulatur*	Abnahme der Motilität
– *Sphinktermuskeln*	Kontraktion
– *Drüsen*	Verminderung der Sekretion
• Milzkapsel	Kontraktion
• Leber	Glykogenolyse/ Glukoneogenese verstärkt
• Pancreas	
– *endokrines Pancreas*	Verminderung der Insulinsekretion
– *exokrines Pancreas*	Verminderung der Sekretion
• Harnblase	
– *M. detrusor vesicae*	Erschlaffung
– *funktioneller Blasensphinkter*	Kontraktion
• Glandula vesiculosa	Kontraktion (Ejakulation)
• Ductus deferens	Kontraktion (Ejakulation)
• Uterus	Kontraktion oder Erschlaffung je nach hormoneller Situation
• Arterien	Vasokonstriktion



D Wirkung des Parasympathikus auf Organe in Abdomen und Becken

Organ/ Organsystem	Parasympathikus-wirkung
• Gastrointestinaltrakt	
– *longitudinale und zirkuläre Muskulatur*	Zunahme der Motilität
– *Sphinktermuskeln*	Erschlaffung
– *Drüsen*	Anregung der Sekretion
• Milzkapsel	–
• Leber	–
• Pancreas	
– *endokrines Pancreas*	–
– *exokrines Pancreas*	Anregung der Sekretion
• Harnblase	
– *M. detrusor vesicae*	Kontraktion
– *funktioneller Blasensphinkter*	–
• Glandula vesiculosa	–
• Ductus deferens	–
• Uterus	–
• Arterien	Vasodilatation der Arterien im Penis/ Clitoris (Erektion)

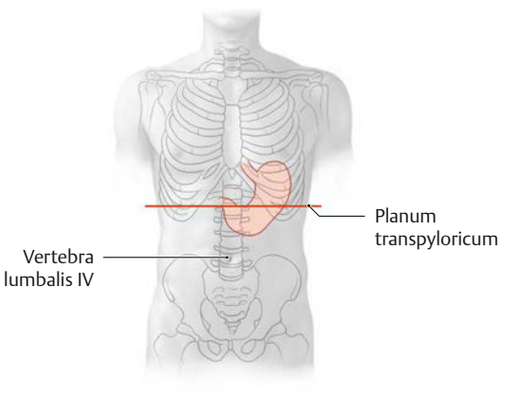
Beachte die Sonderrolle von Nebennierenmark und Niere: Das *Nebennierenmark* ist entwicklungsgeschichtlich und funktionell selbst ein „sympathisches Ganglion", also ein Teil des Sympathikus und deshalb nicht in der Tabelle erwähnt. Auf die *Nierengefäße* haben weder Sympathikus noch Parasympathikus Einfluss, da die Nierengefäße der sog. „Autoregulation" unterliegen (gibt es nur in der Niere!). Die Niere regelt ihren Blutdruck aus funktionellen Gründen selbst.

C Organisation des Parasympathikus in Abdomen und Becken

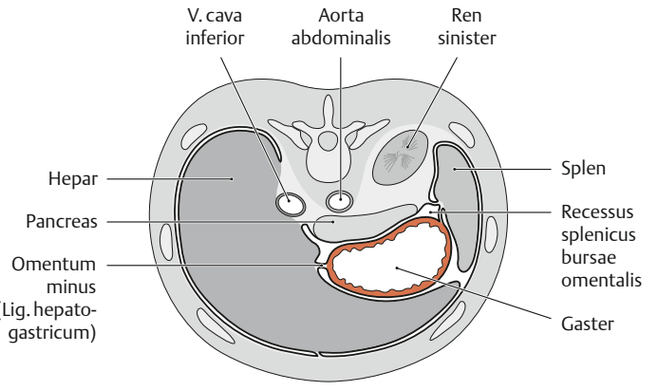
Der Parasympathikus besteht – im Unterschied zum thorakolumbal organisierten Sympathikus – in Abdomen und Becken aus *zwei topografisch unterscheidbaren Systemen*, dem kranialen und dem sakralen Teil. Die Umschaltung vom 1. auf das 2. efferente Neuron erfolgt – ebenfalls im Unterschied zum Sympathikus – erst in wandständigen (intramuralen) Ganglien, also organnah.

- **Kranialer Teil des Parasympathikus in Abdomen und Becken:** Er hat seinen Ursprung (1. efferentes Neuron) im Nucleus dorsalis nervi vagi (also dem Kern des X. Hirnnervs in der Medulla oblongata). Die Axone (präganglionäre Nervenfasern) verlaufen mit dem N. vagus zu organnahen oder wandständigen (intramuralen) Ganglien, wo sie auf das 2. efferente Neuron umgeschaltet werden. Das *Versorgungsgebiet* des kranialen Teils umfasst Magen, Leber und Gallenblase, Pancreas, Duodenum, Niere und Nebennierenrinde, Dünndarm sowie Colon ascendens bis zum aboralen Drittel des Colon transversum.
- **Sakraler Teil des Parasympathikus in Abdomen und Becken:** Sein Ursprung liegt in den Seitenhörnern der Rückenmarkssegmente S2–4 (sakraler Nucleus intermediolateralis). Die Axone (präganglionäre Nervenfasern) verlaufen ein sehr kurzes Stück mit den Spinalnerven S2–4, verlassen diese dann und ziehen als Nn. splanchnici pelvici zu Ganglienzellen im Plexus hypogastricus inferior oder in der Organwand, wo sie auf das 2. Neuron umgeschaltet werden. Das *Versorgungsgebiet* des sakralen Teils in Abdomen und Becken umfasst Colon transversum (aborales Drittel), Colon descendens und sigmoideum, Rectum, Anus, Harnblase, Harnröhre sowie das innere und äußere Genitale.

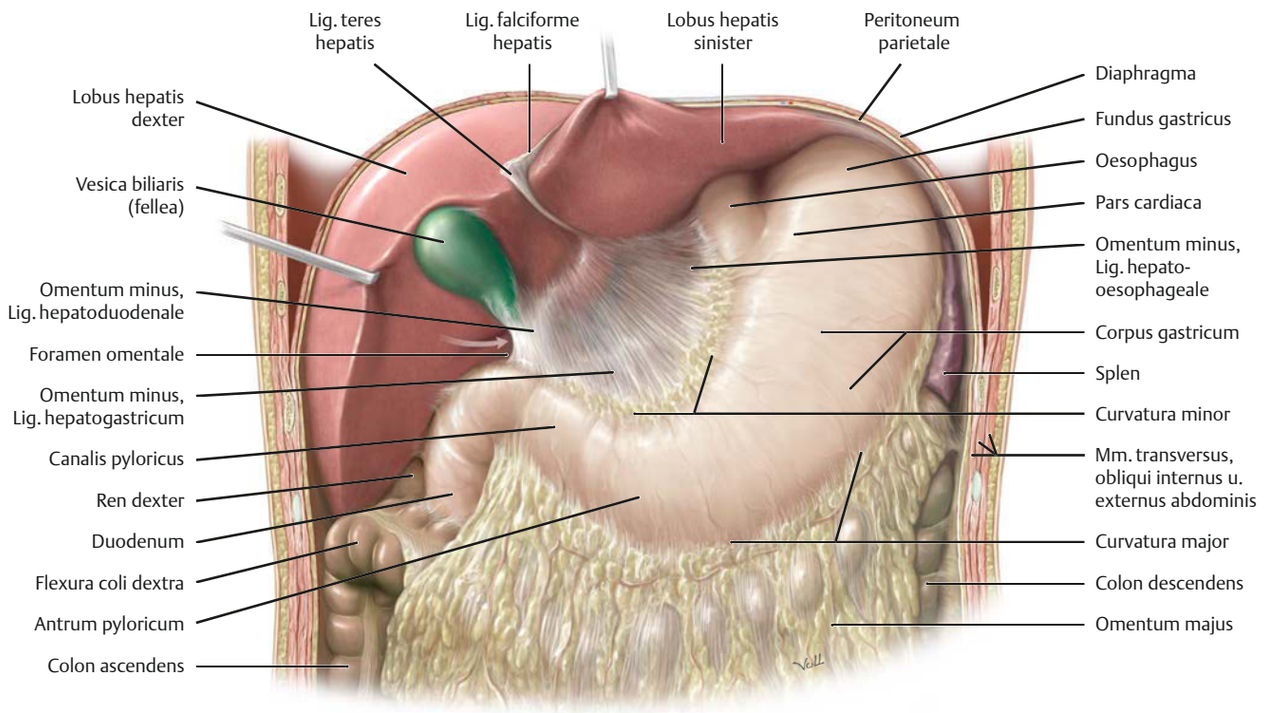
3.1 Magen (Gaster): Lage, Form, Gliederung und Innenansicht



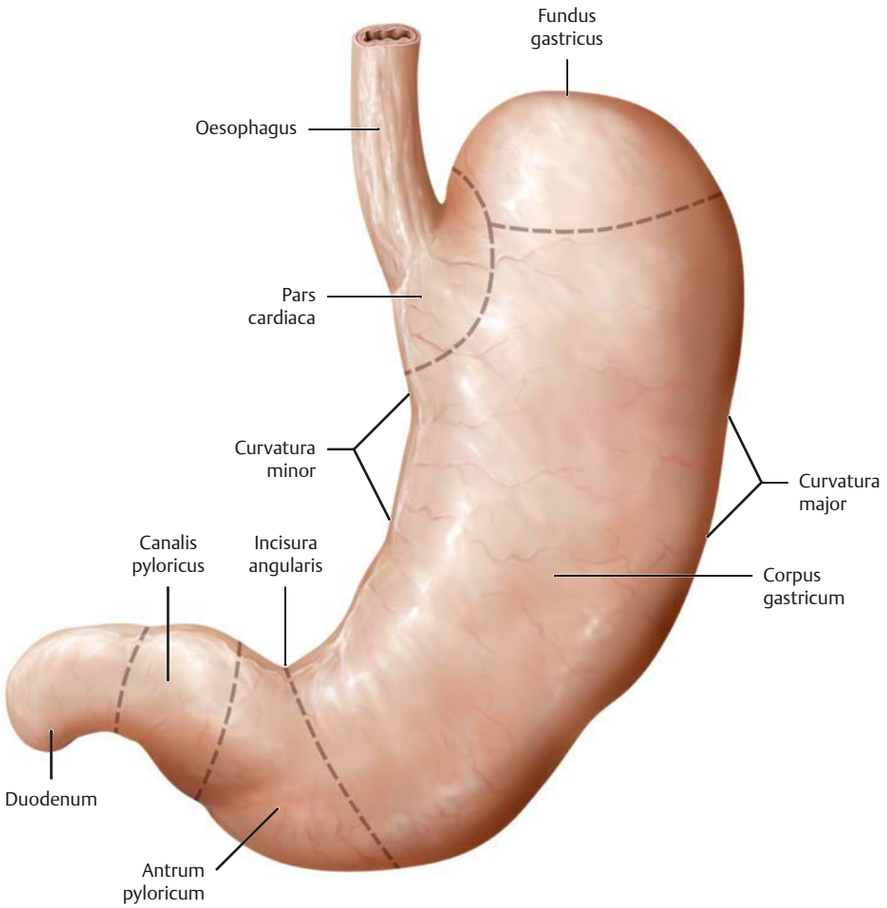
A Projektion auf den Rumpf
Ansicht von ventral.
Der Magen liegt intraperitoneal im linken Oberbauch (= Epigastrium). *Beachte* die Lage der transpylorischen Ebene (Halbierungspunkt der Strecke zwischen Symphysenoberkante und Oberrand des Manubrium sterni, s. S. 360). Sie ist, z. B. bei der klinischen Untersuchung, ein wichtiger Orientierungspunkt: In Höhe dieser Ebene oder knapp darunter liegt der Magenpförtner (Pylorus). Seine Position verändert sich im Unterschied zu den übrigen Magenabschnitten kaum, da er mit dem retroperitoneal liegenden (und damit weitgehend fixierten) Duodenum verbunden und so ebenfalls recht unbeweglich ist.



B Topografische Beziehungen
Horizontalschnitt etwa in Höhe des Wirbels Th XII/L I. Ansicht von kranial. *Beachte* die Lage des Magens in Beziehung zu Milz, Pancreas, Leber und Bursa omentalis: Die große Magenkurvatur reicht bis zur Milz; der linke Leberlappen überragt den Magen ventral bis in den linken Oberbauch, beim eröffneten Situs sieht man also nur sehr wenig vom Magen, die große Leber liegt davor. Hinter dem Magen liegt als schmaler Peritonealspalt die Bursa omentalis, deren Rückwand u. a. vom Pancreas gebildet wird. Durch seinen Peritonealüberzug bleibt der Magen gegen die Nachbarorgane gut verschiebbar, was für die peristaltischen Eigenbewegungen des Magens von entscheidender Bedeutung ist. Zu Milz und Leber hat der Magen aufgrund deren embryonaler Lage im dorsalen bzw. ventralen Mesogastrium (s. S. 42) noch eine direkte Peritonealverbindung.



C Magen in situ
Sicht von ventral in den Oberbauchsitus. Die Leber ist angehoben, der Oesophagus zur besseren Übersicht etwas nach kaudal gezogen. Der Pfeil zeigt auf das Foramen omentale als physiologische Öffnung der Bursa omentalis hinter dem Omentum minus. Zwischen Duodenum (Pars descendens duodeni) und Leber sieht man peritoneale Verklebungen. Deutlich erkennt man die Unterteilung des Omentum minus in ein dichteres Lig. hepatoduodenale (mit den Leitungsbahnen zur Leberpforte) und ein lichteres Lig. hepatogastricum zur kleinen Magenkurvatur. Ein Lig. hepatooesophageale ist ebenfalls erkennbar. Die große Magenkurvatur tritt im linken Oberbauch in engen Kontakt zur Milz (Splen). Das Omentum majus hängt als Peritonealduplikatur über das Colon transversum und von da weiter über das (nicht sichtbare) Dünndarmkonvolut hinab.

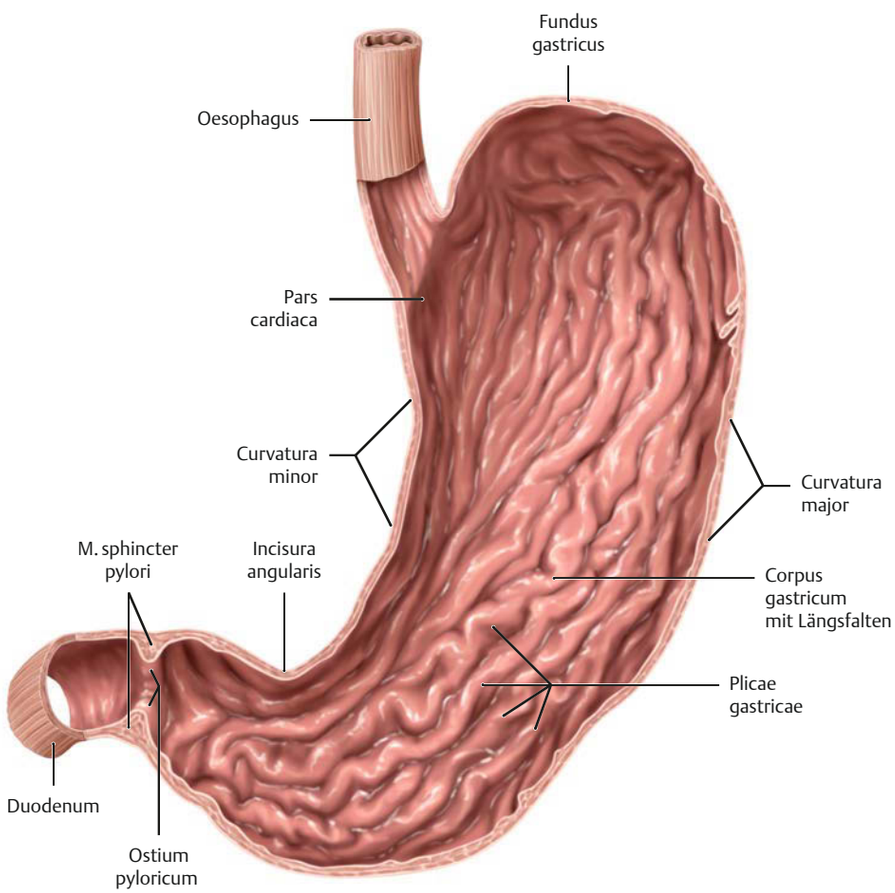


D Form und Gliederung

Sicht von ventral auf die Vorderwand (Paries anterior). Das Corpus gastricum (Magenkörper) ist der größte Teil des Magens. Es endet oben blind mit dem Fundus gastricus, der beim stehenden Patienten am höchsten liegt und sich mit Luft füllt (im Röntgenbild als Magenblase sichtbar).

Beachte: An der Pars cardiaca (Mageneingang rechts des Fundus) geht der Oesophagus in den Magen über. Während der Oesophagus von adventitiellem Bindegewebe umgeben ist, trägt der Magen außen serösen Peritonealüberzug. Der Übergang von Adventitia zu Serosa ist scharf. Gelegentlich zieht die Serosa ein kleines Stück auf den untersten Ösophagusabschnitt.

Der Magenausgang in das Duodenum, die Pars pylorica, gliedert sich in ein weites Antrum pyloricum, einen engen Canalis pyloricus und den Pylorus (Pförtner). Am Ende des Canalis pyloricus ist die Ringmuskulatur des Magens besonders stark, sie bildet funktionell den M. sphincter pylori (s. **E**), der die sichtbare Enge des Canalis pyloricus bedingt.

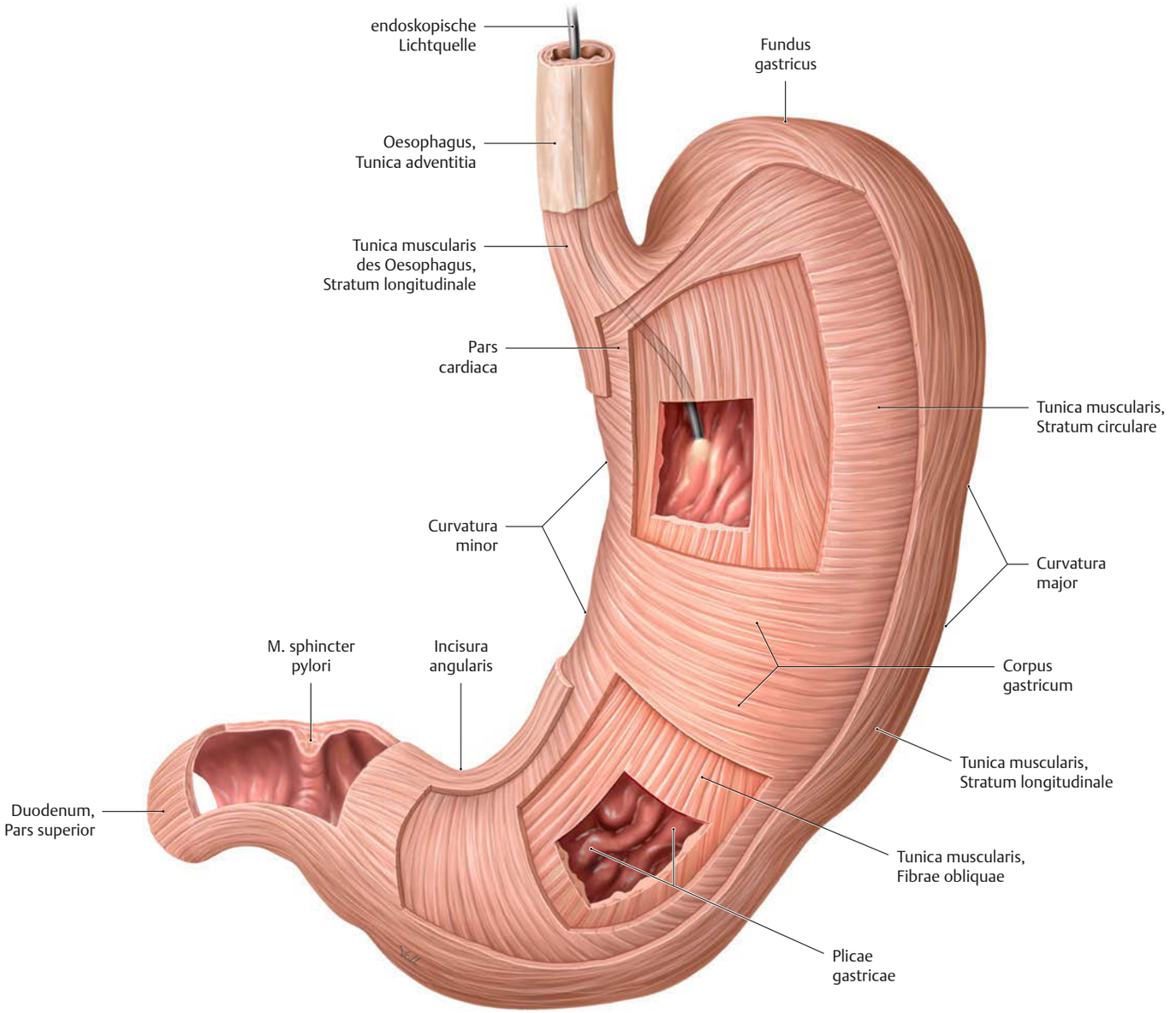


E Innenansicht des Magens

Ansicht des aufgeschnittenen Magens von ventral. Zur Übersicht ist von Oesophagus und Duodenum jeweils ein kleiner Abschnitt dargestellt. Die Magenschleimhaut bildet ausgeprägte Falten zur Vergrößerung ihrer Oberfläche. Diese Falten (Plicae gastricae) sind in Längsrichtung auf den Pylorus zu orientiert und bilden „Magenstraßen". Am höchsten sind die Falten im Corpus gastricum und an der Curvatura major, pylorusnah werden die Falten flacher. Die Mucosa verleiht der Mageninnenwand einen spiegelnden Glanz.

Beachte: Das Ostium pyloricum zeigt hier ein recht großes Kaliber. Physiologisch öffnet sich das Ostium pyloricum meist nur zu einer Weite von 2–3 mm.

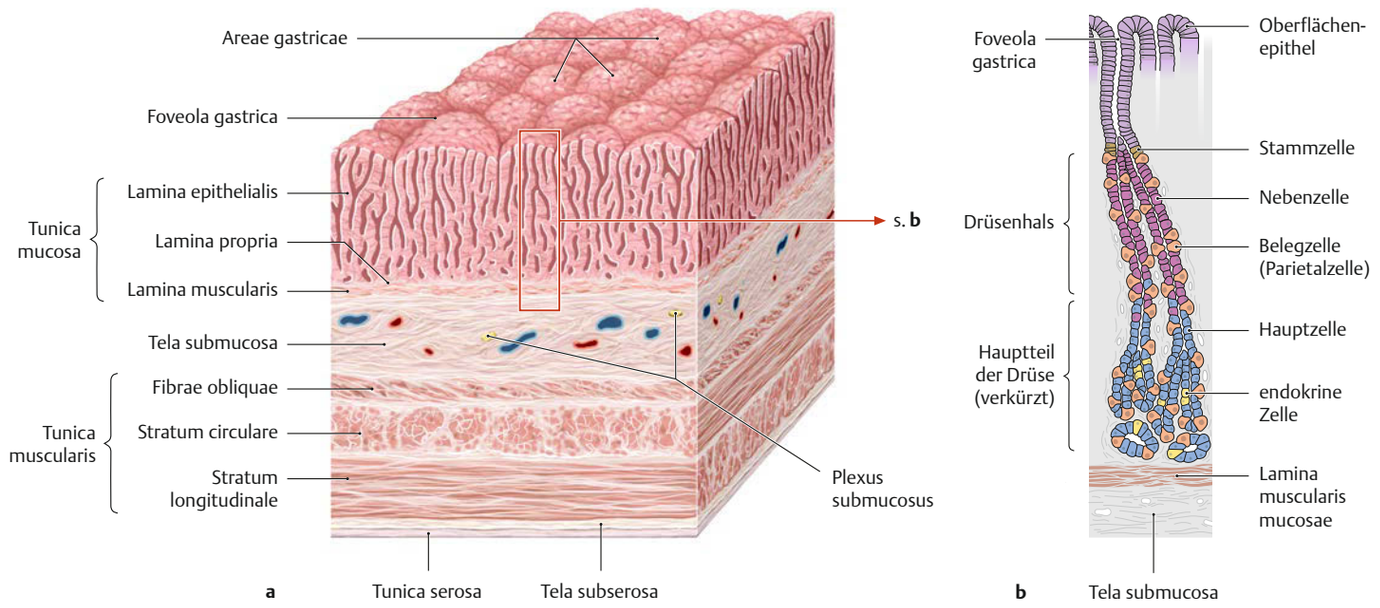
3.2 Magen: Wandaufbau und Histologie



A Muskelschichten
Sicht von ventral auf die Vorderwand des Magens, Tunica serosa und Tela subserosa entfernt, Muskulatur an mehreren Stellen gefenstert. Die *gesamte Magenwand* ist zwischen 3 und ca. 10 mm dick (einzelne Schichten s. **B**). Ihre Tunica muscularis besteht fast im ganzen Magen nicht aus zwei (wie bei anderen Hohlorganen des Magen-Darm-Traktes), sondern aus *drei* Muskelschichten:

- Längsmuskelschicht (Stratum longitudinale): besonders ausgeprägt an der großen Kurvatur (stärkste Längenausdehnung);
- innere Ringmuskelschicht (Stratum circulare), deutlich ausgeprägt im Corpus gastricum, am stärksten im Canalis pyloricus (ringmuskulärer Sphinkter, s. S. 229);
- innerste schräge Muskelschicht (Fibrae obliquae), die aus dem Stratum circulare hervorgeht und am Corpus gastricum gut sichtbar ist.

Die dreischichtige Muskulatur ermöglicht dem Magen ausgeprägte Schaukelbewegungen. Dabei werden feste Nahrungsbestandteile im säurehaltigen Magensaft mit Wucht gegen die Magenwand geschleudert und bis auf ca. 1 mm verkleinert. So können sie den Pylorus ungehindert passieren. Die längs angeordneten Magenfalten oder Plicae gastricae (Reservefalten, die je nach Füllung des Magens mehr oder weniger verstreichen) bilden Straßen („Magenstraßen" = Canalis gastricus) und führen Flüssigkeiten sehr schnell vom Mageneingang zum Pylorus.



B Aufbau von Magenwand und -drüsen

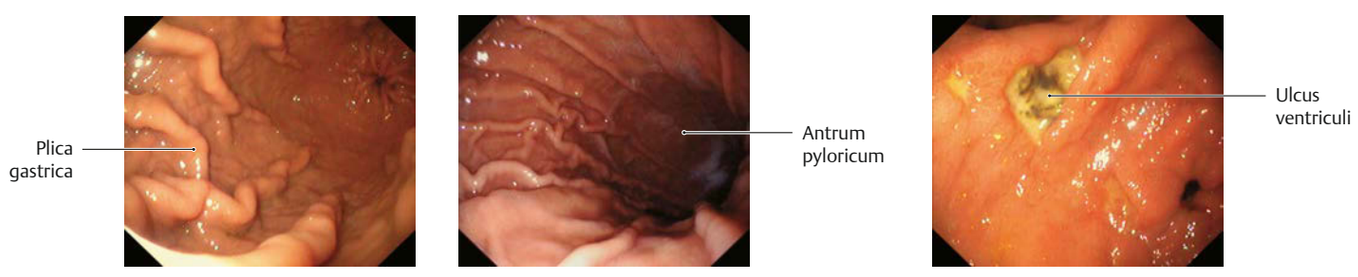
a Der **Aufbau der Magenwand** ist charakteristisch für den Schichtaufbau der Hohlorgane des gesamten Magen-Darm-Traktes und wird daher hier exemplarisch dargestellt. Ausnahme beim Magen: Die Tunica muscularis ist nicht zwei-, sondern dreischichtig (vgl. **A**).

Beachte: Tunica serosa (viszerales Blatt des Peritoneum) und Tela subserosa (Bindegewebsschicht zur Befestigung der Serosa mit Leitungsbahnen für die Muskularis) gibt es nur dort, wo das jeweilige Organ von Peritoneum viscerale überzogen ist. Wandanteile ohne Peritonealbezug (z. B. große Wandabschnitte von Duodenum und Colon) haben anstelle von Serosa und Subserosa eine bindegewebig aufgebaute Tunica adventitia, die die Organwand mit dem Bindegewebe der umgebenden Strukturen verbindet.

In der Schleimhaut *(Tunica mucosa)* gibt es spezialisierte Zellen, die sich zu *Drüsen* anordnen (bei Lupenvergrößerung in den Areae gastricae erkennbar; die Drüsen*öffnungen* sind die Foveolae gastricae = Magengrübchen, s. **b**). Diese Drüsen reichen in Corpus gastricum und Pylorus bis zur Muskularis hinunter (tiefe Drüsen = viele Zellen = hohe Drüsenleistung). In der *Tela submucosa* (Bindegewebsschicht mit Leitungsbahnen zur Versorgung der Mukosa) liegt der *Plexus submucosus* für die viszeromotorische und -sensible Kontrolle der Hohlorgane im Magen-Darm-Trakt. Er ist wie der *Plexus myentericus* (in der Tunica muscularis zur viszeromotorischen Steuerung der Eingeweidemuskulatur, hier nicht dargestellt) Teil des *enterischen* Nervensystems, das insgesamt etwa so viele Nervenzellen enthält wie das Rückenmark.

b **Aufbau der Magendrüsen** (nach Lüllmann-Rauch) (stark vergrößerte Drüse aus dem Korpusbereich): In Magenfundus und -korpus werden mehrere Zelltypen unterschieden:

- Oberflächenepithelzellen: Bedeckung der Oberfläche und Produktion eines Schleimfilms,
- Nebenzellen: Muzinproduktion für zusätzlichen (stärker anionischen) Schleimfilm,
- Hauptzellen: Produktion von Pepsinogen (Umwandlung zu Pepsin [Proteinabbau] im Magen),
- Belegzellen (Parietalzellen): Produktion von HCl und Intrinsic factor, der zur Vitamin-B_{12}-Resorption im Ileum benötigt wird,
- endokrine Zellen (Gastrinproduktion),
- Stammzellen: Teilungsreservoir zum Ersatz der Oberflächenepithelzellen sowie der Drüsenzellen.



C Endoskopische Ansicht der Magenschleimhaut

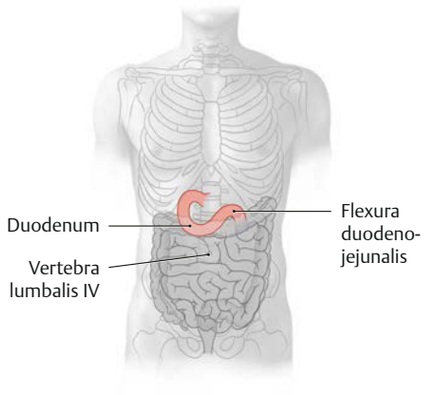
a u. **b** gesunde Magenschleimhaut mit glänzender Oberfläche; **c** Magenschleimhaut mit Ulcus ventriculi am oberen Bildrand.

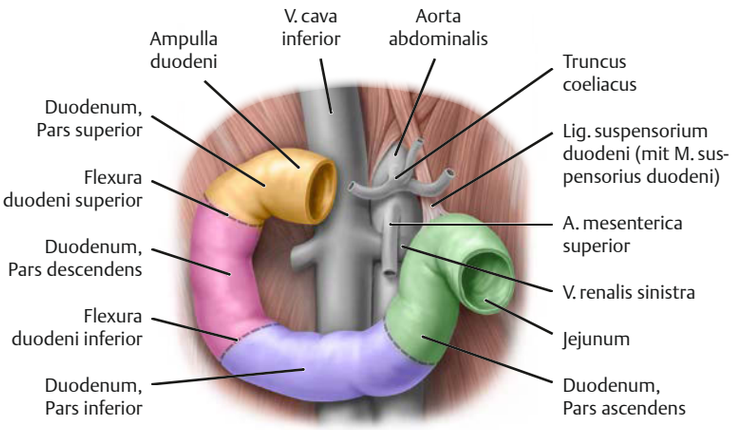
a Sicht in das Corpus gastricum, Magen durch mäßige Luftinsufflation geringfügig aufgedehnt: deutliche Faltenbildung („Magenstraßen") durch die geschlängelten Plicae gastricae der Tela submucosa;

b Sicht in das Antrum pyloricum: deutlich geringere Faltenbildung als im Corpus;

c fibrinbedecktes Ulcus ventriculi mit Hämatinspuren. Ein Ulcus ventriculi ist definiert als Gewebsdefekt, der mindestens bis in die Lamina muscularis mucosae reicht, viele Magengeschwüre dehnen sich jedoch bis in tiefere Wandschichten aus. Ursache ist meistens die Infektion mit einem gegenüber Magensäure resistenten Bakterium, dem Helicobacter pylori (aus: Block, Schachschal u. Schmidt: Der Gastroskopie-Trainer. Thieme, Stuttgart 2002).

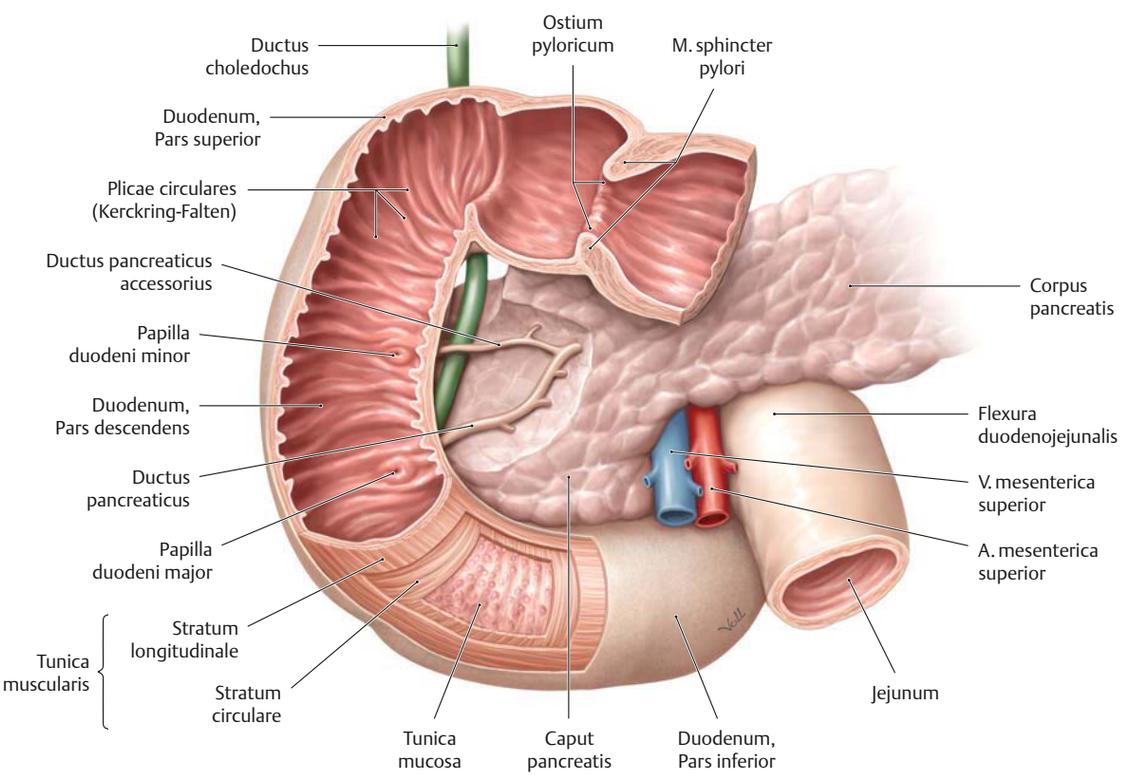
3.3 Dünndarm (Intestinum tenue): Zwölffingerdarm (Duodenum)



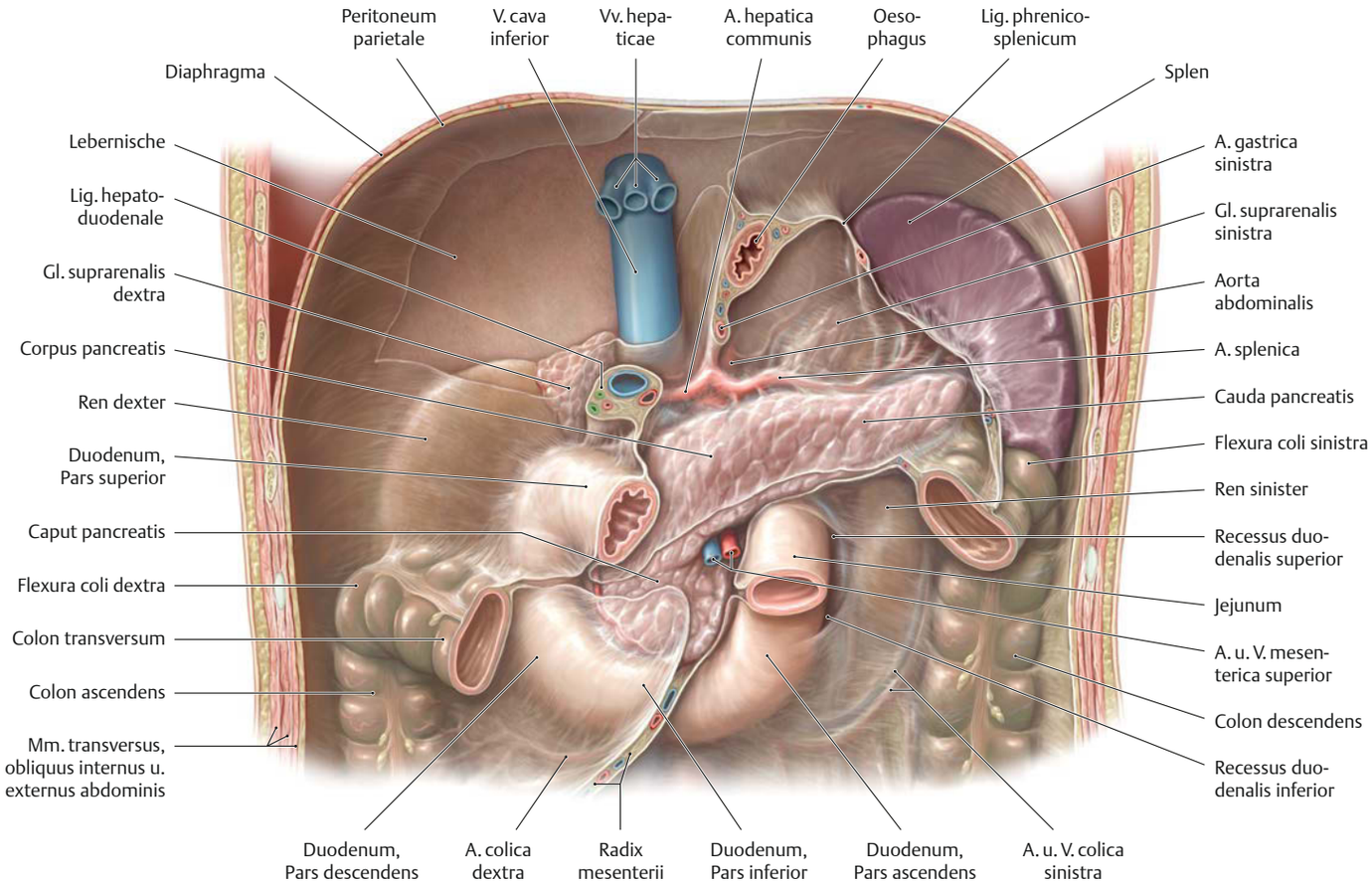


A Projektion auf die Wirbelsäule
Das Duodenum liegt in Form einer nach links offenen C-Schleife überwiegend rechts der Wirbelsäule im Oberbauch und umfasst den Bereich der Wirbel L I – III, gelegentlich auch noch L IV. Das Caput pancreatis liegt normalerweise in Höhe LWK II in der Konkavität des Duodenum (s. **D**).

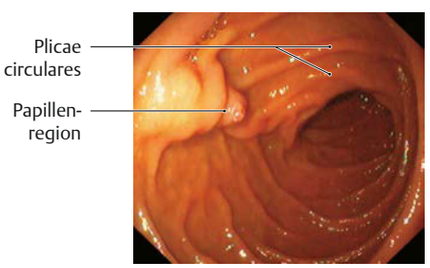
B Bauabschnitte des Duodenum
Ansicht von ventral. Die Bauabschnitte des Duodenum (Partes superior, descendens, inferior bzw. horizontalis u. ascendens mit den dazwischen liegenden Flexuren) sind zusammen ca. 12 Fingerbreiten (Zwölffingerdarm) lang.
Beachte das Lig. suspensorium duodeni (sog. Treitz-Band), das oft glatte Muskelfasern enthält. Um dieses Band können sich bewegliche Dünndarmschlingen wickeln und zwischen Band und dorsal davon liegenden Gefäßen (v. a. Aorta abdominalis) eingeklemmt werden (Treitz-Hernie). Dies führt zu einem Passagehindernis im Darm und zu einer Minderdurchblutung der betroffenen Dünndarmschlingen durch Gefäßabklemmung (Ileus).



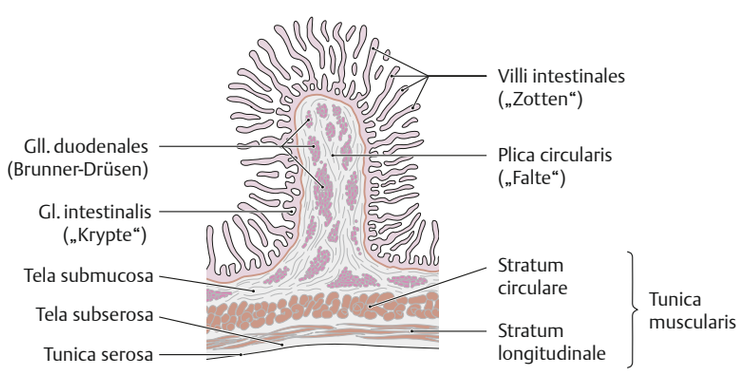
C Wandbau und einmündende Gangsysteme
Ansicht von ventral; Duodenum größtenteils eröffnet. Das Ostium pyloricum (hier stärker erweitert) öffnet sich zur Passage des Speisebreis nur auf einen Durchmesser von ca. 2 – 3 mm. Der Wandaufbau ist grundsätzlich wie in den anderen Hohlorganen des Magen-Darm-Traktes (s. **B**, S. 231); zum Aufbau der Schleimhaut s. **F**. Die Pars descendens hat an der Innenkurve zwei Erhebungen: Papilla duodeni minor (mit der Mündung des Ductus pancreaticus accessorius) und Papilla duodeni major (oder *Papilla Vateri*) mit der gemeinsamen Mündung von Ductus choledochus und Ductus pancreaticus. Die Abgabe von Galle und Bauchspeichel zur Unterstützung der Verdauungsfunktion erfolgt somit gleich im obersten Dünndarmabschnitt.



D Duodenum in situ
Ansicht von ventral. Magen, Leber und Dünndarm sowie große Anteile des Colon transversum entfernt, retroperitoneales Fett- und Bindegewebe einschließlich Capsula adiposa renis nur zart dargestellt. Der Pankreaskopf liegt in der Konkavität der duodenalen C-Schleife. Die oralen 2 cm der Pars superior duodeni liegen noch intraperitoneal (über das Lig. hepatoduodenale mit der Leber verbunden), der größte Teil liegt retroperitoneal. Durch die Nähe v. a. von Duodenum und Pancreas (Pankreaskopf) können Pankreaserkrankungen (Tumoren) oder Fehlbildungen (Pancreas anulare) auch im Duodenum zu Passagestörungen führen. Am duodenojejunalen Übergang bildet das Peritoneum die Recessus duodenalis superior und inferior. In diese Bauchfellbuchten können gut bewegliche Dünndarmschlingen gelangen und eingeklemmt werden (sog. *innere Hernie* = innerer Eingeweidebruch). Dies kann zu einer lebensbedrohlichen Passagestörung des Darms (Ileus) führen.

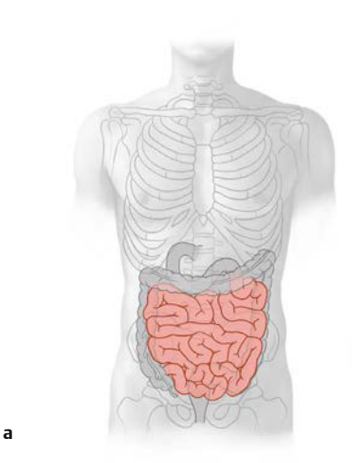


E Endoskopische Ansicht
Sicht in die Pars descendens duodeni, Blickrichtung nach kaudal. Am linken Bildrand, etwa „bei 10 Uhr", ist die Papillenregion zu erkennen, wo Gallen- und Pankreasgang münden. Deutlich sieht man die dünndarmtypischen Plicae circulares (Kerckring-Falten), die von oral nach aboral immer flacher werden (aus: Block, Schachschal u. Schmidt: Der Gastroskopie-Trainer. Thieme, Stuttgart 2002).



F Histologischer Aufbau
Längsschnitt durch die Duodenumwand. Das Duodenum ist – wie der gesamte Dünndarm – histologisch im Wesentlichen so aufgebaut wie die übrigen Hohlorgane des Magen-Darm-Traktes (vgl. **B**, S. 231) mit einigen Besonderheiten, wie z. B. Brunner-Drüsen (Sekretion von Muzinen, einem Trypsinaktivator und von Bikarbonat zur Neutralisierung des sauren Magensaftes) oder Kerckring-Falten (spezialisierte Plicae circulares). Darüber hinaus gibt es abschnittsspezifische Besonderheiten von Duodenum über Jejunum bis zum Ileum. So ist beispielsweise das Schleimhautrelief im Duodenum am ausgeprägtesten und wird zum Ende des Dünndarms hin immer flacher.
Beachte: Die Tunica muscularis ist im Unterschied zum Magen im *gesamten* Darm nur zweischichtig mit innerem Stratum circulare und äußerem Stratum longitudinale.

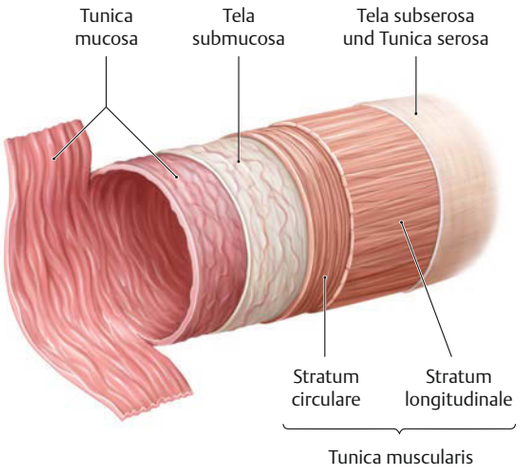
3.4 Dünndarm: Jejunum und Ileum (sog. Dünndarmkonvolut)



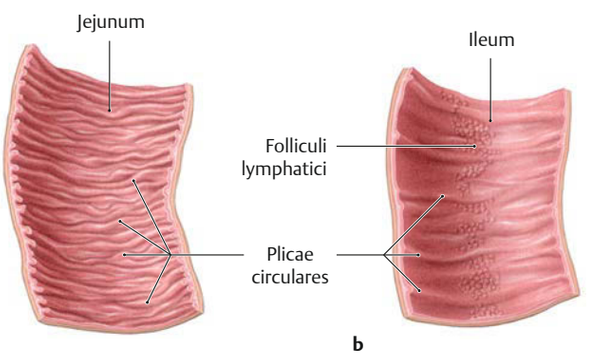
A Darmabschnitte: Übersicht (a) und Engstellen (b)
Ansicht von ventral. Der Dickdarm umgibt die langen Dünndarmschlingen wie ein Rahmen. Da die Dünndarmschlingen intraperitoneal liegen und damit sehr beweglich sind, ist eine Lageangabe in Bezug auf bestimmte Skelettpunkte nicht sinnvoll oder möglich. Bei physiologischer Drehung der Nabelschleife (s. S. 46) liegt das Duodenum *hinter* dem Colon transversum, bei unphysiologischer – inverser – Drehung *ventral* des Colon transversum.
Beachte folgende Engstellen:

- Übergang des Pylorus in das Duodenum (lichte Weite des Ostium pyloricum nur ca. 2–3 mm),
- Flexura duodenojejunalis,
- Ostium ileale.

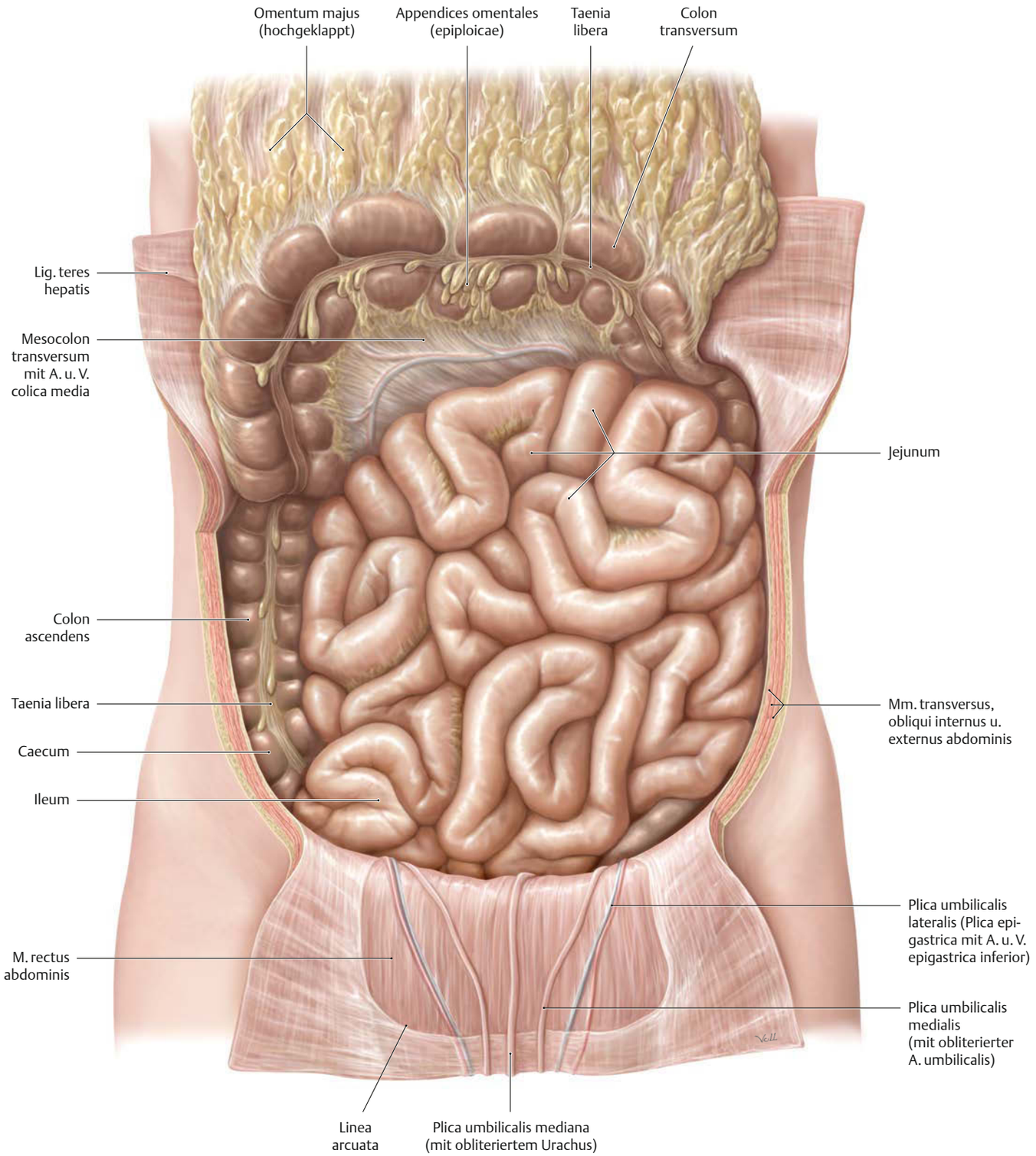
Verschluckte Fremdkörper können an diesen Stellen stecken bleiben, zu einem Passagehindernis werden und eine mechanische Darmlähmung hervorrufen (sog. *mechanischer Ileus*, lebensgefährlich; absolute Operationsindikation).



B Wandaufbau von Jejunum und Ileum
Teleskopartige Darstellung der Wandschichtung an einem Querschnitt. Die innerste Schicht ist durch einen zusätzlichen Längsschnitt aufgeklappt. Grundsätzlich weisen Jejunum und Ileum den gleichen Wandbau auf wie die übrigen Hohlorgane des Magen-Darm-Traktes (s. **B**, S. 231). Es bestehen jedoch abschnittspezifische Unterschiede im Faltenrelief (s. **C**) und in der Gefäßversorgung (s. S. 268).

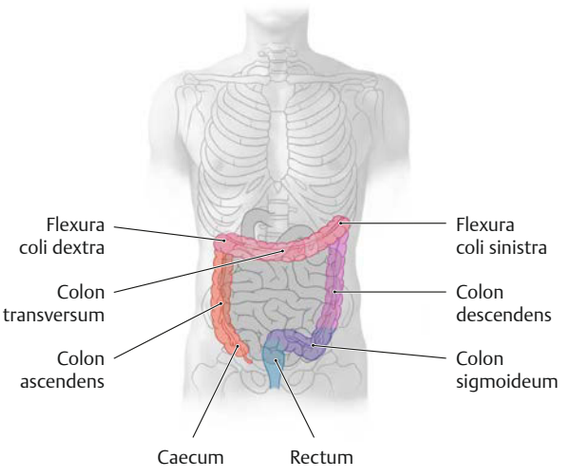


C Unterschiede im Wandaufbau von Jejunum und Ileum
Makroskopische Ansicht der Schleimhaut von Jejunum (**a**) und Ileum (**b**), längs eröffnet zur Sicht auf das Schleimhautrelief.
Beachte: Im Jejunum stehen die quer verlaufenden Plicae circulares viel dichter als im Ileum. Im Ileum enthält die Wand (von der Lamina propria mucosae bis zur Submukosa) besonders zahlreiche Lymphfollikel zur immunologischen Reaktion gegenüber Antigenen im Darminhalt (sog. Peyer-Plaques = Nll. aggregati).

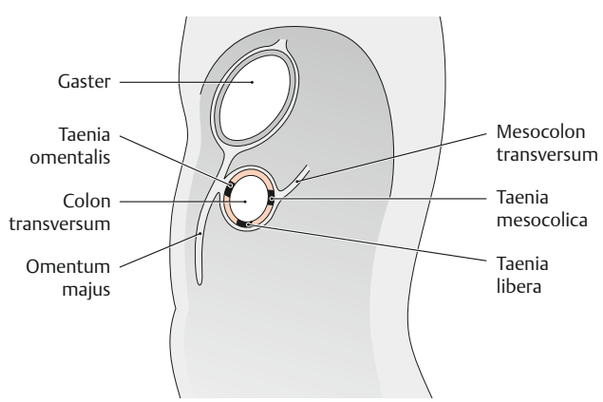


D Jejunum und Ileum in situ
Sicht von ventral auf den Situs abdominis. Bauchdecke eröffnet und weggeklappt, Colon transversum angehoben. Die Schlingen von Jejunum und Ileum füllen den ganzen zentralen Bereich der Peritonealhöhle unterhalb des Mesocolon transversum aus, wobei sie wie in einem Rahmen – gebildet von den Kolonabschnitten – liegen. Im vorliegenden Bild sind die Dünndarmschlingen leicht nach links verlagert und haben sich vor das Colon descendens gelegt, das deshalb nicht zu sehen ist. An der rechten Bauchflanke erkennt man das Colon ascendens und das Caecum.

3.5 Dickdarm (Intestinum crassum): Kolonabschnitte



A Projektion des Dickdarms auf das Skelett
Aufgrund der embryonalen Darmdrehung bildet der Dickdarm typischerweise einen Rahmen um den Dünndarm. Abhängig vom Verlauf der Nabelschleifendrehung, können Lage und Länge der Dickdarmabschnitte jedoch variieren: Bei normaler Drehung hat z. B. das Colon ascendens eine „normale" Länge (wie hier), bei unvollständiger Drehung ist es verkürzt. Vor allem das Colon transversum ist aufgrund seines Mesocolon beweglich, Colon ascendens und descendens weniger, da sie an der dorsalen Wand der Peritonealhöhle befestigt sind. Da der große rechte Leberlappen sehr viel Platz beansprucht, liegt die linke Kolonflexur meist etwas höher als die rechte; zudem befindet sich das Colon descendens meist weiter dorsal als das Colon ascendens.



C Die drei Tänien des Colon
Sagittalschnitt, Ansicht von links. Die drei Tänien sind nach ihrer Position am Colon benannt:

- Taenia libera (die „freie" Tänie);
- Taenia omentalis (die Tänie am Ansatz des Omentum majus);
- Taenia mesocolica (die Tänie am Ansatz des Mesocolon).

B Morphologische Besonderheiten des Dickdarms
Das Dickdarmrohr weist im Gegensatz zum Dünndarmrohr insgesamt drei von außen sowie eine von innen sichtbare morphologische Besonderheit/en auf, die allerdings nicht in jedem Dickdarmabschnitt gleichermaßen zu finden sind, Caecum mit Appendix vermiformis und Rectum bilden Ausnahmen.

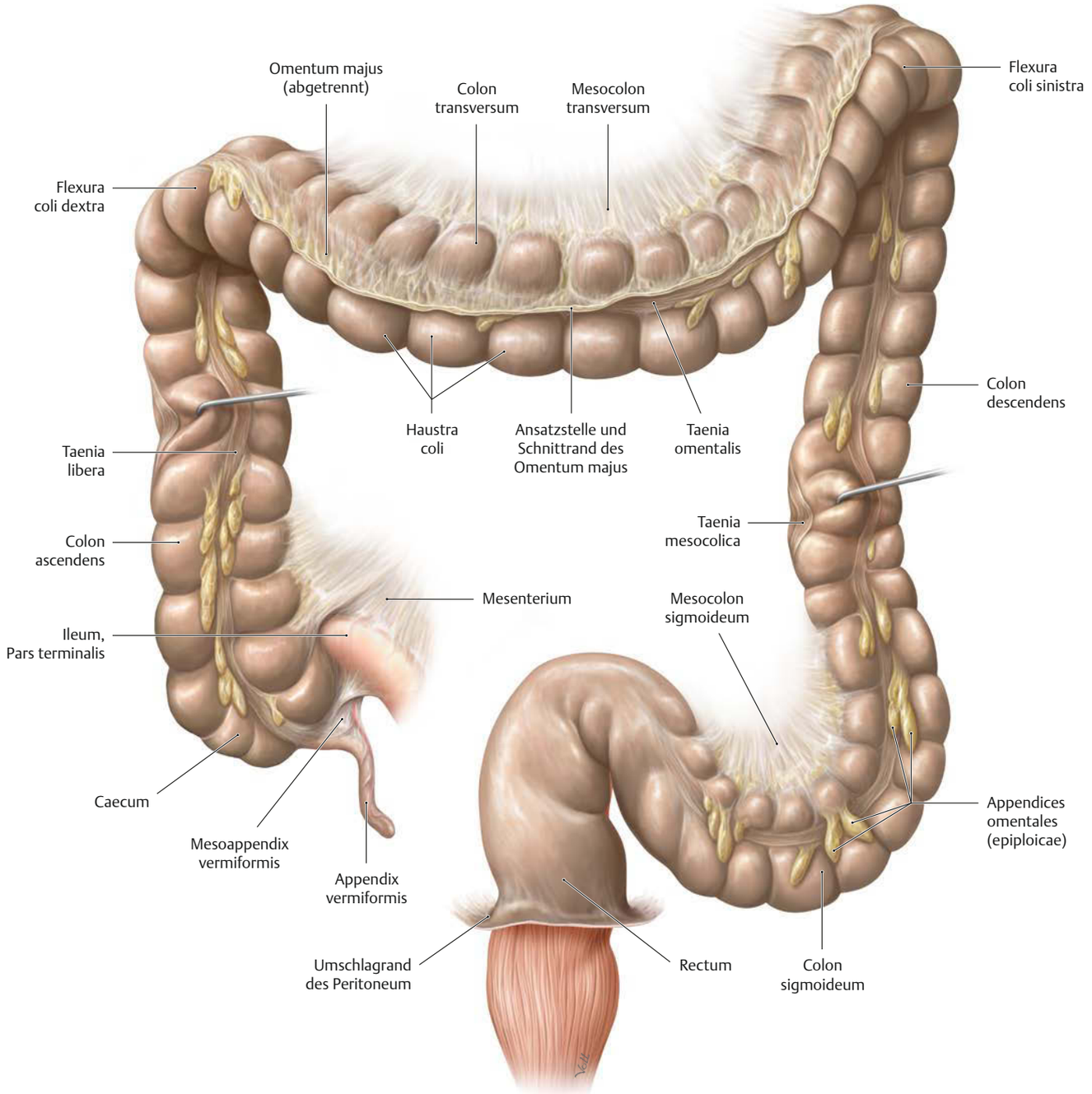
Tänien (Taeniae coli)	Das Stratum longitudinale der Tunica muscularis ist in den meisten Abschnitten nicht kontinuierlich um den ganzen Wandumfang vorhanden, sondern in drei einzelnen Längsmuskelstreifen, den Tänien, konzentriert (s. **C**); Ausnahme: Rectum und Appendix vermiformis, bei der kleinen Appendix ist das Fehlen der Tänien allerdings kaum sichtbar;
Appendices omentales	mit Fett unterbaute Ausstülpungen der Tunica serosa; Ausnahmen: Caecum (meist keine oder – sehr selten – nur sehr wenige Appendices omentales) und Rectum (keine Appendices omentales);
Haustren (Haustra coli)	schöpfgefäßartige Wandausbuchtungen zwischen den Querfalten des Dickdarmrohres (vgl. S. 238); Ausnahme: Rectum;
Plicae semilunares coli	im Gegensatz zu den drei oben beschriebenen, äußeren Charakteristika nur *innen* sichtbar; entstehen durch Kontraktion der Tunica muscularis, sind also funktionell bedingt. Den inneren Falten entsprechen äußere Einschnürungen, die die Haustren abgrenzen.

D Gliederung des Dickdarms (Intestinum crassum)

Der Dickdarm wird von oral nach aboral in folgende Abschnitte unterteilt:

- Blinddarm (Caecum) mit Wurmfortsatz (Appendix vermiformis)
- Grimmdarm (Colon) mit seinen Unterabschnitten
  - Colon ascendens
  - Colon transversum
  - Colon descendens
  - Colon sigmoideum
- Mastdarm (Rectum)

Beachte: Das Rectum wird von manchen Autoren aus unterschiedlichen Gründen nicht als Bestandteil des Dickdarms angesehen, sondern als völlig eigenständiger Darmabschnitt. Nach der Terminologia Anatomica, die der international gültige Standard für die anatomische Nomenklatur ist, ist das Rectum aber ein Dickdarmabschnitt.



E Dickdarm: Abschnitte, Form und Besonderheiten

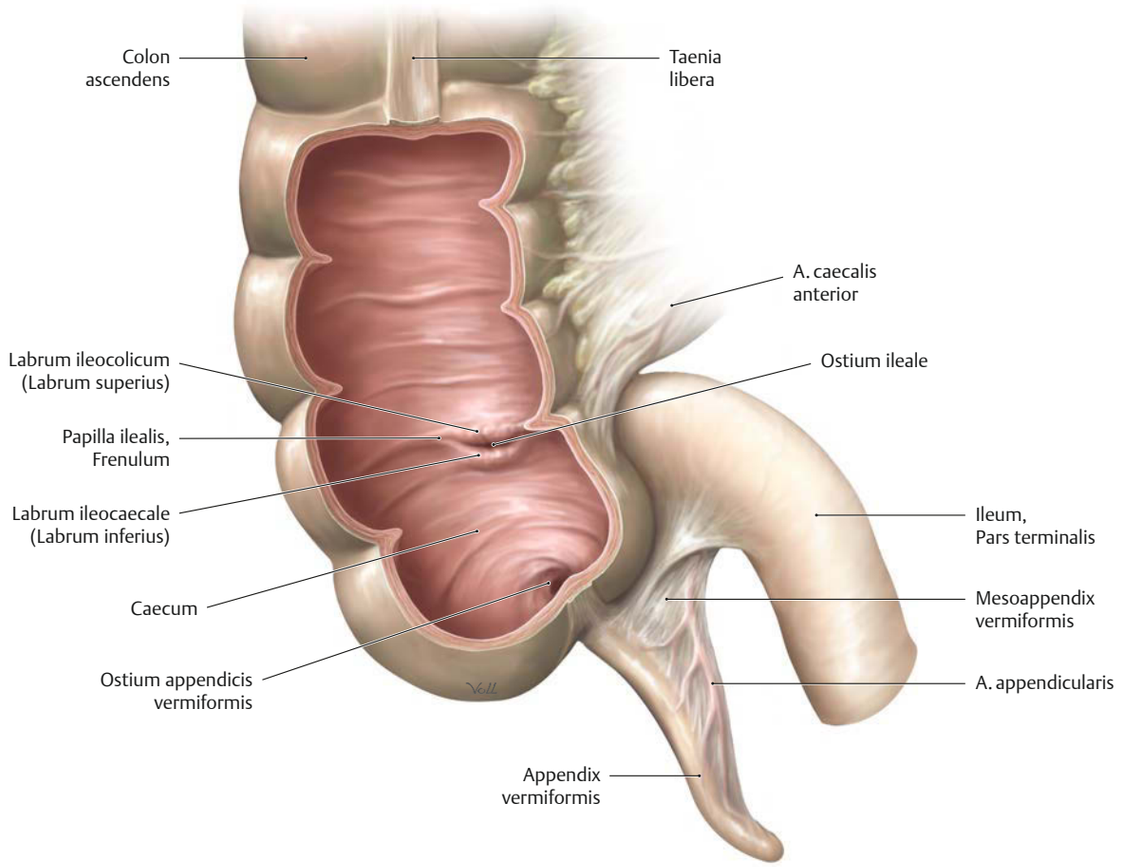
Sicht von ventral auf einen Dickdarm. Ein kleines Stück des Ileum ist noch sichtbar, Mesocolon transversum und sigmoideum sind nur ansatzweise dargestellt; Colon ascendens und descendens durch Haken gedreht, um die Tänien sichtbar zu machen.

Beachte: Das kolorektale Karzinom, das mittlerweile einer der häufigsten bösartigen Tumoren in den Industrieländern ist, ist überdurchschnittlich oft am rektosigmoidalen Übergang oder im Rectum selbst lokalisiert, also aboral der linken Kolonflexur (s. S. 248).

An den einzelnen Abschnitten des Colon sind alle morphologischen Charakteristika des Dickdarms (Haustren, Tänien, Appendices omentales, s. **B**) zu sehen, am sigmoideorektalen Übergang verschwinden sie typischerweise. Die Tänien verstreichen und gehen in der nun wieder kontinuierlichen Längsmuskulatur des Rectum auf. Das Rectum weist anstelle der Haustren drei konstante Einschnürungen auf, die durch die innen liegenden, ebenfalls konstanten Plicae transversae recti hervorgerufen werden (s. S. 241). An der Rektumvorderwand ist die Umschlagstelle des Peritoneum zu sehen: Hier schlägt das Peritoneum auf die Uterusrückwand (weiblicher Organismus) bzw. auf die Oberseite der Harnblase (männlicher Organismus) um.

Beachte: Colon ascendens und Colon descendens liegen (sekundär) retroperitoneal und haben daher (im Unterschied zu Colon sigmoideum und Colon transversum) *kein* Mesocolon mehr, tragen also nur an ihrer Vorderseite eine Peritonealbedeckung. Das Rectum liegt extraperitoneal im kleinen Becken und hat daher ebenfalls kein „Aufhängeband“ (Ausnahmen und Besonderheiten s. bei Rectum).

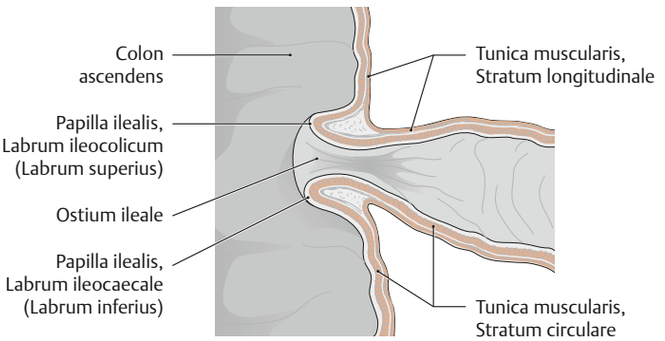
3.6 Dickdarm: Wandaufbau, Caecum und Appendix vermiformis

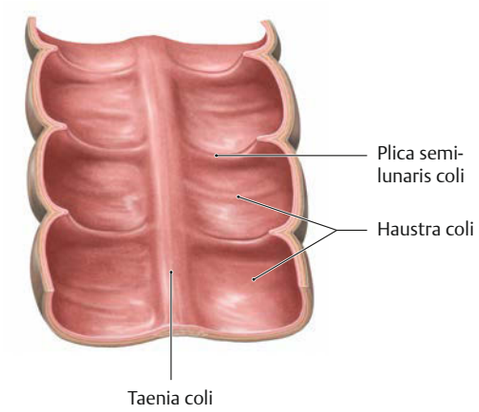


A Caecum und terminales Ileum
Ansicht von ventral. Das Caecum (Blinddarm) hat eine Sonderstellung, weil hier End-zu-Seit der letzte Dünndarmabschnitt (Ileum) mündet und weil es einen wurmförmigen Fortsatz (Appendix vermiformis) hat. In der Wand des Caecum befinden sich somit zwei Öffnungen: *Kranial* liegt das *Ostium ileale* auf einer kleinen Papille (Papilla ilealis); *kaudal* führt das *Ostium appendicis vermiformis* in das Lumen der Appendix vermiformis. Das Ostium ileale ist am Lebenden eher rund, am postmortalen Dickdarm oft schlitzförmig, und hat eine obere und untere Lippe (Labrum ileocolicum = Labrum superius und Labrum ileocaecale = Labrum inferius). Beide laufen in ein zartes Schleimhautbändchen aus (Frenulum ostii ilealis).

Beachte: Die Entzündung der Appendix vermiformis (Appendizitis = Wurmfortsatzentzündung; fälschlich oft Blinddarmentzündung genannt) ist eine der häufigsten chirurgisch behandelten Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes. Wird eine akute Appendizitis nicht behandelt, kann es zu einem Durchbruch der Entzündung durch die Wand in die freie Peritonealhöhle kommen (laienhaft oft als „Blinddarmdurchbruch“ bezeichnet). Im Darmlumen vorhandene Bakterien gelangen so in die Peritonealhöhle und können auf der großen Peritonealfläche schnell zu einer lebensbedrohlichen Bauchfellentzündung (Peritonitis) führen.

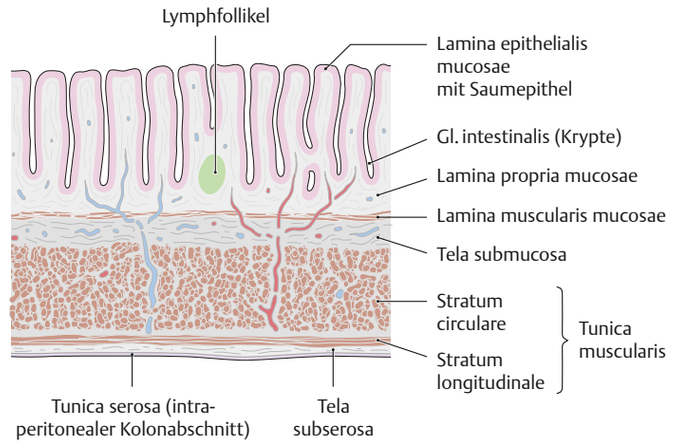
B Ostium ileale
Ansicht von ventral, Caecum und Ileum frontal in Längsrichtung aufgeschnitten. Das Ostium ileale führt zu einem dichten Abschluss des terminalen Ileum gegen das Caecum und verhindert den Rückstrom von Dickdarminhalt (strukturelle Engstelle, s. **A**, S. 234). Am Ostium ileale stülpt das Ileumende die Ringmuskelschicht des Dickdarms in das Dickdarminnere vor. Mit Ausnahme von Längsmuskelschicht und Peritoneum sind alle Wandbestandteile des Ileum am Aufbau des Ostium beteiligt. Die Ringmuskelschicht von Ileum und Caecum wirkt dabei als Sphinkter. Das Ostium wird nur periodisch geöffnet, so dass Dünndarminhalt in den Dickdarm übertreten kann, ein Reflux aber sicher verhindert wird. Es ähnelt in seiner Funktion somit dem Pylorus.





C Innenrelief des Colon

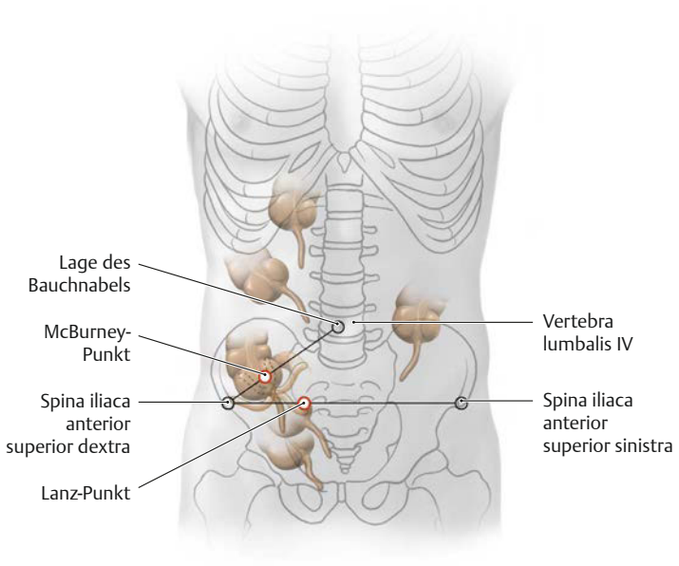
Das Innenrelief zeigt quergestellte Falten, Plicae semilunares coli. Sie werden von der ganzen Dickdarmwand durch Kontraktion der Muskularis gebildet und sind von außen als Schnürfurchen sichtbar. Zwischen ihnen verbleiben Ausbuchtungen, die Haustren. Die halbmondförmigen Falten sind inkonstant (verstreichen je nach Anspannung der Wandmuskelschicht). Im Rahmen der Peristaltik wandern die Plicae semilunares und die Haustren von oral nach aboral über das Colon weg.



D Wandaufbau von Colon und Caecum

Längsschnitt durch das Darmrohr. Alle typischen Wandbestandteile des Magen-Darm-Kanals sind vorhanden: Tunica mucosa, Tela submucosa, Tunica muscularis und Tunica serosa (bzw. Tunica adventitia in den retroperitonealen Anteilen des Colon, vgl. **B**, S. 231). Folgende Unterschiede bestehen jedoch im Unterschied zum Wandaufbau von Magen und Dünndarm:

- die Tunica mucosa hat *keine Zotten* (dadurch wesentlich geringere Oberflächenvergrößerung als im Dünndarm); statt der Zotten gibt es sehr zahlreiche und tiefe *Krypten* (sog. Lieberkühn-Krypten);
- die Lamina epithelialis der Tunica mucosa enthält sehr zahlreiche Becherzellen (hier aus Gründen der Übersicht nicht dargestellt);
- das Grobrelief bilden die Plicae semilunares coli (halbmondförmige Falten, die auf der gesamten Kolonwand auftreten, s. **C**);
- die Tunica muscularis hat zwar auch eine innere zirkuläre und eine äußere longitudinale Schicht – die longitudinale Schicht ist jedoch hauptsächlich in drei Längsbändern, den Tänien (s. S. 236) angeordnet.

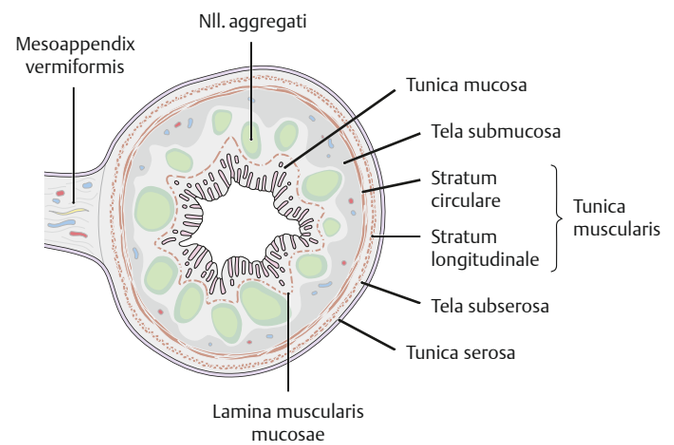


E Lagevarianten der Appendix vermiformis

Durch Störungen bei der embryonalen Darmdrehung um die Nabelschleife können zahlreiche Lagevarianten von Caecum und Appendix auftreten. Sogar eine Lage links im Abdomen ist möglich. Bei Entzündung des Wurmfortsatzes *in typischer Lage* sollen Druckschmerzen an zwei Punkten auftreten:

- McBurney-Punkt: Übergang mittleres/laterales Drittel einer Linie zwischen Bauchnabel und Spina iliaca anterior superior dextra;
- Lanz-Punkt: Endpunkt des 1. Drittels einer Linie zwischen den Spinae iliacae superiores anteriores.

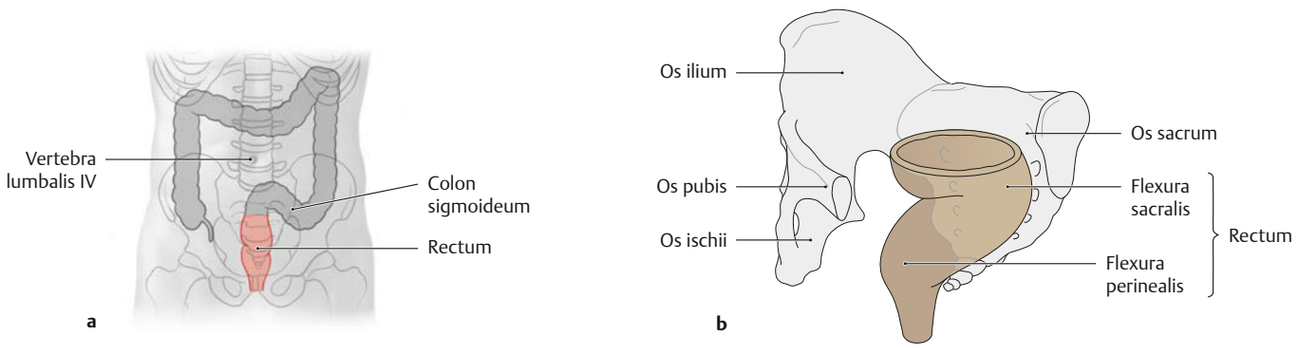
Dies ist allerdings ein unsicheres klinisches Zeichen. Vor allem bei Lagevarianten der Appendix kann ein Druckschmerz auch an ganz anderen Stellen am Abdomen empfunden werden.



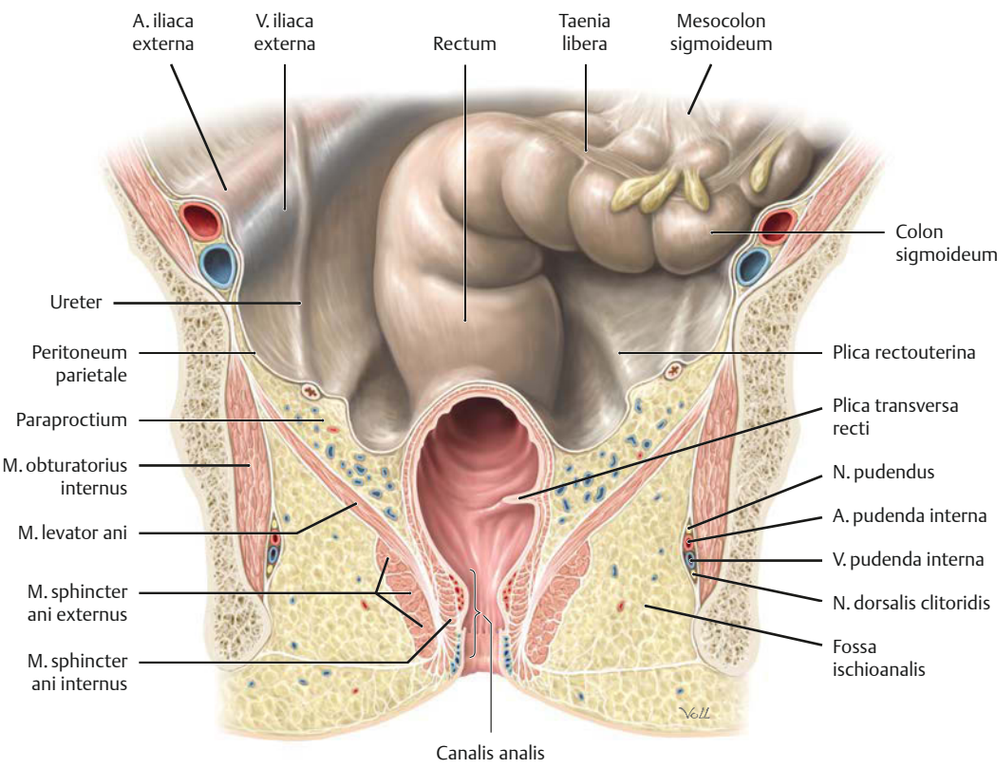
F Wandaufbau der Appendix vermiformis

Die Appendix vermiformis hat den typischen Wandbau eines intraperitonealen Darmrohres. Auffällig ist die starke Ausprägung von Folliculi lymphatici in der Submukosa (entstehen primär in der Lamina propria der Tunica mucosa). Aufgrund dieser großen immunologischen Aktivität wird die Appendix auch als *„Darmtonsille"* bezeichnet. Die Schleimhaut hat zahlreiche tiefe Krypten, die in engen Kontakt zu den Lymphfollikeln in der Lamina propria mucosae und der Tela submucosa treten (Krypten und Lymphfollikel hier nicht sichtbar). Aufgrund der intraperitonealen Lage hat die Appendix vermiformis ein kleines Mesenterium, die Mesoappendix vermiformis, in der die Leitungsbahnen verlaufen.

3.7 Dickdarm: Lage, Form und Innenansicht des Rectum



A Lage und Krümmungen des Rectum
Ansicht von ventral (**a**) bzw. links und ventral (**b**). Das Rectum ist 15–16 cm lang und verläuft etwa vom Oberrand des Sakralwirbels III bis zum Damm (Perineum). Es ist nur aus der sagittalen Projektion (so wie in **a** dargestellt) gerade, in der Seitenansicht (**b**) werden zwei Krümmungen sichtbar: die Flexura sacralis (retroperitoneal) und die Flexura perinealis, die schon zum Canalis analis zählt und bereits extraperitoneal liegt. Die Flexura sacralis ist – der Form des Os sacrum entsprechend – nach vorne konkav. Sie ist ein wichtiger Funktionsbestandteil der Rektuminkontinenz (s. S. 242 f).

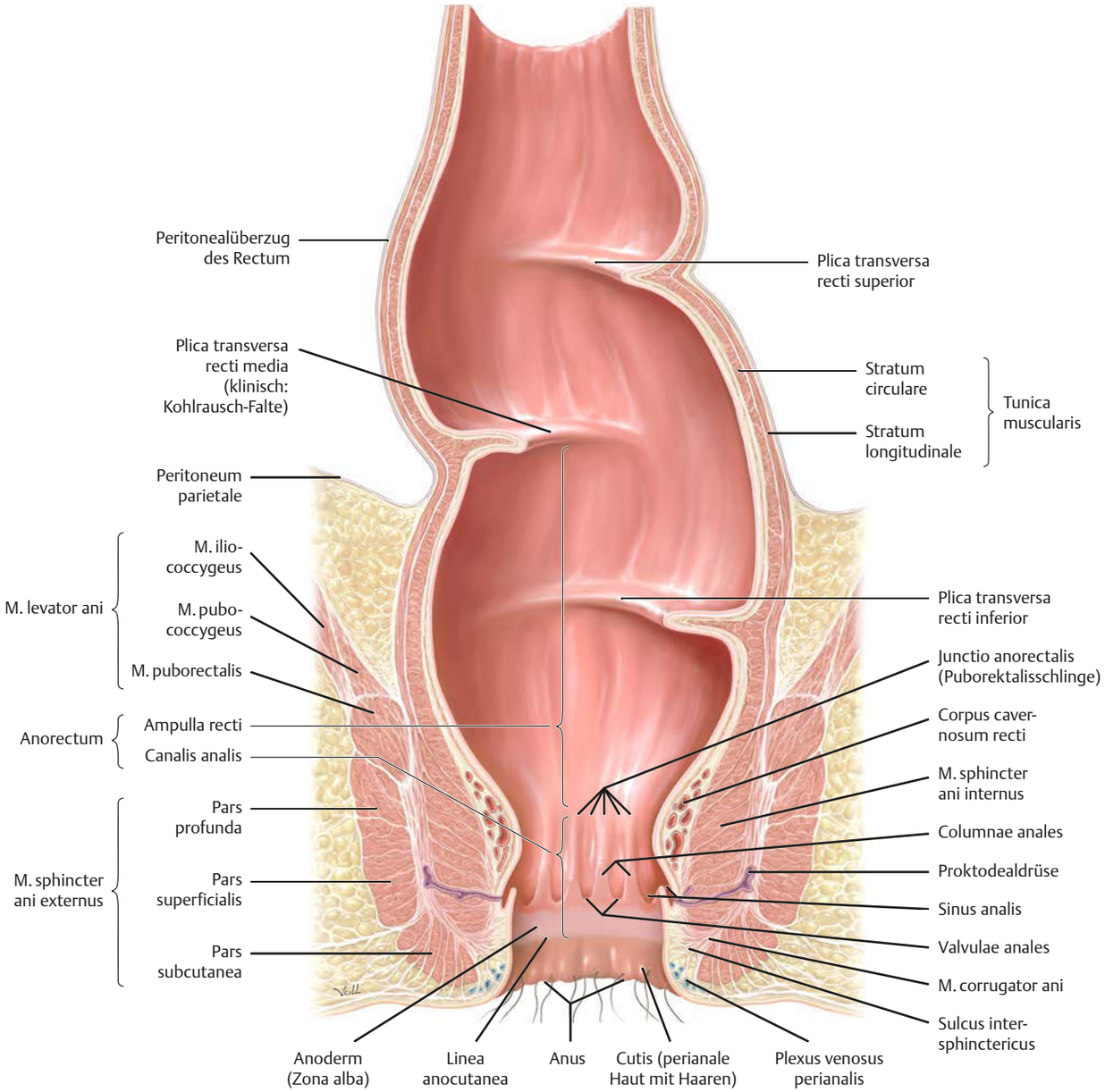


B Rectum in situ
Frontalschnitt, weibliches Becken, Ansicht von ventral, Rectum etwa ab der mittleren Plica transversa recti eröffnet.
Die Tänien des Sigmoids verstreichen beim Übergang auf das Rectum. An der Außenwand sieht man die Einschnürungen, die den Plicae transversae recti an der Innenwand entsprechen. Das Rectum (das man in dieser Form nur bei voller Ampulle sehen würde) ist insgesamt etwas angehoben. Unterhalb des M. levator ani ist der kräftige M. sphincter ani externus als muskulärer Bestandteil des rektalen Kontinenzorgans sichtbar. Das pararektale Bindegewebe (Paraproctium) unterhalb der Peritonealhöhle enthält zahlreiche Gefäße zur Versorgung des Rectum.
Das vorliegende Bild ist nach dem anatomischen Präparat eines weiblichen Leichnams angefertigt. Das Peritoneum würde also von der Rektumvorderwand auf die Rückwand des Uterus umschlagen. Der Uterus (wie auch die Rektumvorderwand unterhalb der Umschlagstelle) liegt aber vor der Schnittebene; die Plica rectouterina ist jedoch deutlich zu erkennen.

C Morphologische Besonderheiten des Rectum

Bezüglich Schleimhaut und Wandaufbau unterscheidet sich das Rectum nicht vom restlichen Dickdarm, also von Colon und Caecum. Trotzdem fehlen ihm einige dickdarmtypische Merkmale:

- keine Tänien, sondern kontinuierliche Längsmuskulatur;
- keine Appendices omentales;
- keine Haustren;
- keine Plicae semilunares, dafür Plicae transversae recti;
- ganglienzellfreier Wandabschnitt;
- Embryonalentwicklung: nur der Rektumabschnitt oberhalb der Linea anorectalis entsteht wie das Colon aus dem Endoderm; der Canalis analis entsteht aus dem Ektoderm (aus diesem Grund rechnen ihn auch manche Autoren nicht mehr zum Rectum).



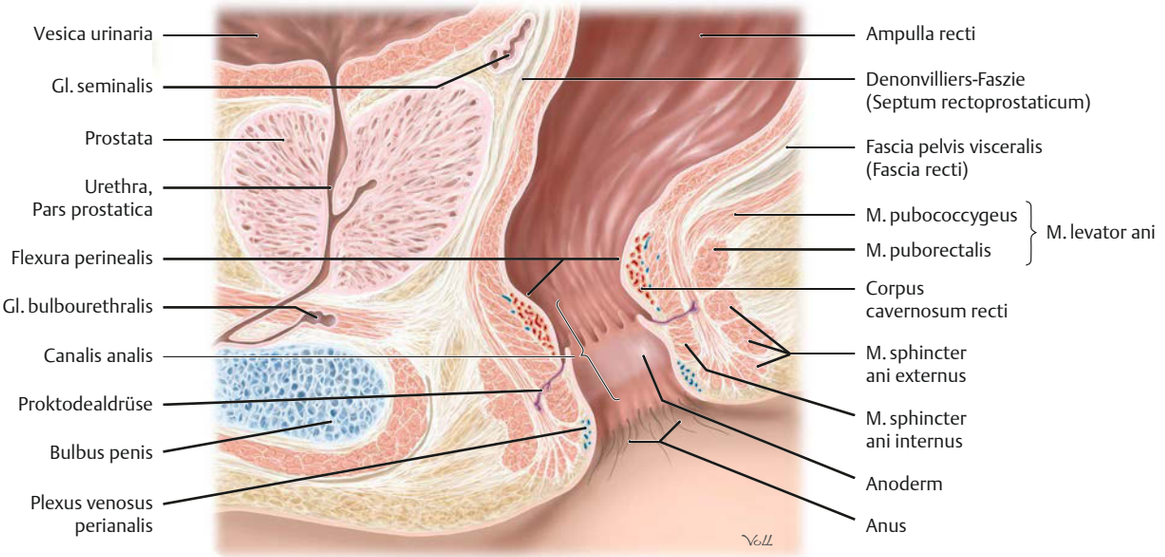
D Rectum und Analkanal (Canalis analis): Gliederung, Innenrelief und Wandaufbau

Ansicht von ventral, gesamte Rektumvorderwand durch Frontalschnitt entfernt. Statt der Plicae semilunares coli enthält das Rectum drei konstante Plicae transversae recti. Der untere Teil des Rectum, das sog. *Anorectum,* wird anhand einer im Schleimhautrelief erkennbaren und tastbaren Vorwölbung (Puborektalisschlinge bzw. Junctio anorectalis) in zwei Abschnitte unterteilt, die *Ampulla recti* und den *Canalis analis*.

- **Ampulla recti:** kaudalster Teil des Mastdarms zwischen Plica transversa recti media (Kohlrausch-Falte) und Junctio anorectalis. Die Ampulla recti ist der dehnbarste Teil des Rectum und dient entgegen der landläufigen Auffassung nicht als Stuhlreservoir, sondern ist normalerweise ungefüllt (s. Defäktionsmechanismus, S. 245). Die Kohlrausch-Falte, die von rechts und dorsal in das Rectum ragt, ist ca. 6–7 cm vom Anus entfernt und mit dem tastenden Finger gerade noch zu erreichen. Rektumkarzinome, die unterhalb der Kohlrausch-Falte liegen, können daher evtl. getastet werden (s. S. 248).
- **Canalis analis:** liegt unterhalb der Junctio anorectalis am distalen Ende der Flexura perinealis (s. **A**), hat eine Länge von etwa 4 cm und ist durch den Tonus der Schließmuskeln meist eng gestellt. Der klinisch wichtige „*chirurgische Analkanal*“ beginnt auf Höhe der tastbaren Junctio anorectalis und endet auf Höhe der ebenfalls tastbaren Linea anocutanea, einer Furche zwischen den Rändern der Mm. sphincter ani internus und externus (Sulcus intersphincticus), dort wo das außerordentlich dicht sensorisch innervierte Anoderm (Zona alba) in die pigmentierte Perianalhaut übergeht (s. S. 242, **B**). Oberhalb des Anoderms verlaufen 8–10 längs aufgerichtete Schleimhautfalten (Columnae anales), die durch einen submukös liegenden und arteriell gespeisten Schwellkörper (Corpus cavernosum recti) hervorgerufen werden (s. S. 242). Die Schleimhautfalten werden an ihrem unteren Ende durch segelartige Querfalten (Valvulae anales) miteinander verbunden, die in ihrer Gesamtheit die *Linea dentata,* bilden, eine wichtige, am Lebenden sichtbare Orientierungsmarke. Hinter den Valvulae anales liegen taschenartige Vertiefungen (Sinus anales bzw. Morgagni-Taschen), in die etwa 6–8 Ausführungsgänge von rudimentären mukösen Analdrüsen (Proktodealdrüsen) münden. Am häufigsten liegen die Drüsenkörper im Bereich der hinteren Kommissur (etwa bei 6 Uhr in der Steinschnittlage), entweder submukös oder intersphinkter (zwischen den Mm. sphincter ani internus und externus), so dass ihre Ausführungsgänge teilweise durch den M. sphincter ani internus verlaufen.

Beachte: Bakterielle Entzündungen der Drüsen können zu perianalen Abzessen und schwer therapierbaren Analfisteln führen (s. S. 247).

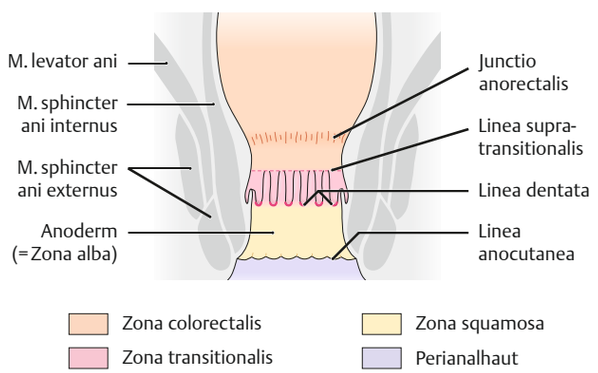
3.8 Kontinenzorgan: Aufbau und Bestandteile



A Bestandteile des Kontinenzapparates
Mediansagittalschnitt auf Höhe des Analkanals bei einem Mann; Ansicht von links.
Der auch als Kontinen*zorgan* bezeichnete Apparat dient dem Verschluss (Kontinenz) und der Öffnung (Defäkation) des Rectum und sichert die Dichtigkeit vor und nach einer Stuhlentleerung für festen, flüssigen und gasförmigen Darminhalt. Er besteht aus einem dehnbaren Hohlorgan sowie vaskulären und muskulären Verschlussmechanismen einschließlich deren nervaler Steuerung. Diese angiomuskulären Verschlussmechanismen sind in ein sog. *konstruktiv enges Segment* eingebaut, das auf Höhe der Flexura perinealis beginnt und sich entlang des Canalis analis fortsetzt:

- dehnbares Hohlorgan:
  - Rectum mit Dehnungsrezeptoren v. a. in der Ampulla recti (viszerosensible Innervation),
  - Anus (After) mit dehnbarer Haut im Canalis analis (somatosensible Innervation);
- muskulärer Verschluss:
  - M. sphincter ani internus (viszeromotorische Innervation),
  - M. sphincter ani externus (somatomotorische Innervation),
  - M. levator ani, insbesondere M. puborectalis (somatomotorische Innervation);
- vaskulärer Verschluss:
  - Corpus cavernosum recti (ein permanent gefüllter Schwellkörper, der nur zur Entleerung des Darmes abschwillt);
- nervale Steuerung:
  - viszerales und somatisches Nervensystem (v. a. aus S2–4) mit Nn. splanchnici, N. pudendus und den Plexus rectales.

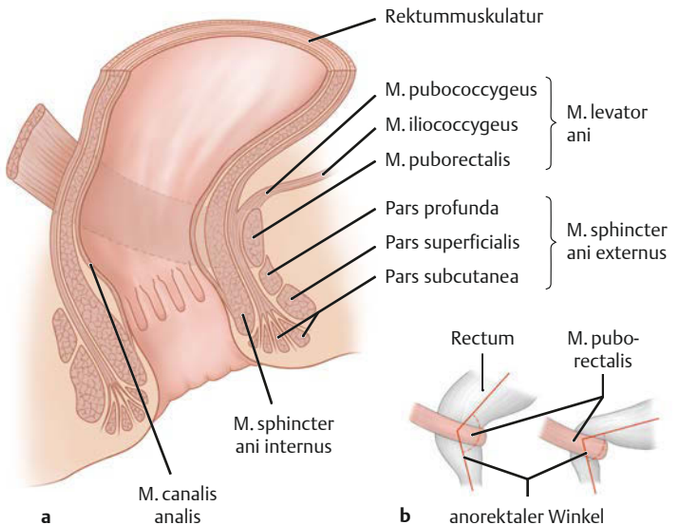
Unter funktionellen Gesichtspunkten ist sowohl die Kontinenz als auch die Defäkation das Ergebnis eines fein abgestimmten Regelkreises zwischen Rezeptoren und Effektoren des Kontinenzapparates unter Mitwirkung des Zentralnervensystems (s. S. 244 f).



B Epithelverhältnisse des Analkanals (nach Lüllmann-Rauch)
Im Bereich des Analkanals geht das einschichtige Zylinderepithel der kolorektalen Schleimhaut auf Höhe der Übergangszone (= Zona transitionalis) in das mehrschichtige Plattenepithel des Anoderms und der Perianalhaut über. Der Epithelübergang erfolgt im Bereich charakteristischer Landmarken. Folgende Epithelregionen werden histologisch unterschieden:

- **Zona colorectalis** zwischen Junctio anorectalis und Linea supratransitionalis: einheitliche kolorektale Schleimhaut mit Krypten;
- **Zona transitionalis** auf Höhe der Columnae anales (zwischen Linea supratransitionalis und Linea dentata): individuell variierendes Mosaik aus kolorektaler Schleimhaut, einschichtigem Zylinderepithel und mehrschichtigem Plattenepithel;
- **Zona squamosa** zwischen Linea dentata und Linea anocutanea: einheitlich bedeckt mit mehrschichtigem, unverhorntem Plattenepithel, das fest mit dem darunter liegenden M. sphincter ani internus verbunden ist und daher am Lebenden weißlich erscheint (= Zona alba). Dichte sensorische Innervation mit Berührungs-, Druck-, Temperatur- und v. a. Schmerzrezeptoren (klinisch: Anoderm);
- **Perianalhaut** unterhalb der Linea anocutanea: Beginn des mehrschichtig verhornten Plattenepithels der äußeren Haut (starke Pigmentierung, ekkrine und apokrine Schweißdrüsen und weiter außen auch Haarfollikel).

Beachte: Kenntnisse über die Epithelverhältnisse im Bereich des Analkanals sind u. a. wichtig für die Differenzierung von Rektum- (in der Regel Adenokarzinome) und Analkarzinomen (verhornende bzw. nicht verhornende Plattenepithelkarzinome).



C Aufbau des muskulären Verschlusses

a Mediansagittalschnitt, Ansicht von links; **b** Puborektalisschlinge und anorektaler Winkel: Muskel entspannt (links) und kontrahiert (rechts).

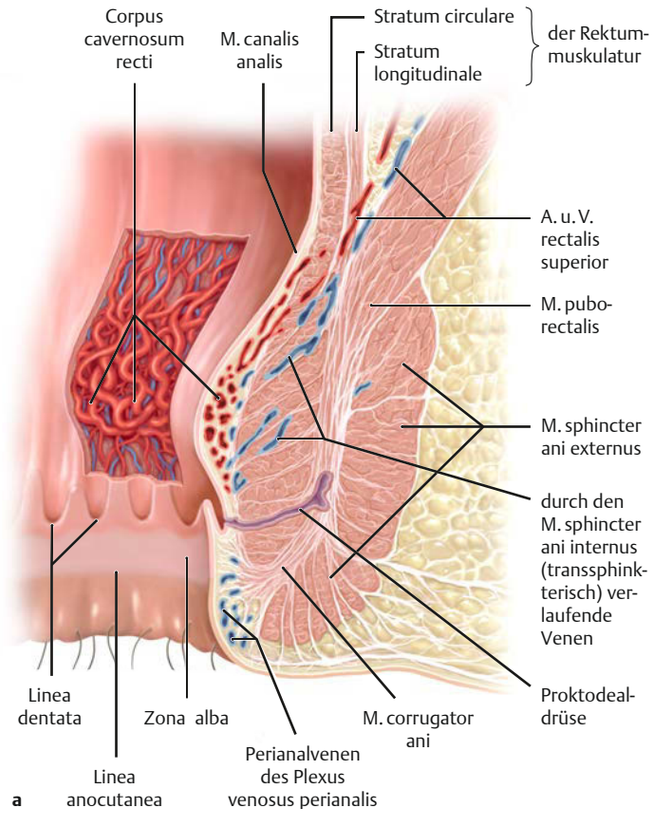
Am Aufbau des kompliziert gebauten Sphinktersystems des Analkanals sind sowohl glatte als auch quergestreifte Muskelfasern beteiligt. Während die glatte Muskulatur die unmittelbare Fortsetzung der Rektumwandmuskulatur darstellt, werden die quergestreiften Muskeln von spezialisierten Abschnitten der Beckenbodenmuskulatur gebildet. Damit unterliegen diese muskulären Verschlusssysteme sowohl einer somatisch-willkürlichen als auch einer viszeral-unwillkürlichen Kontrolle.

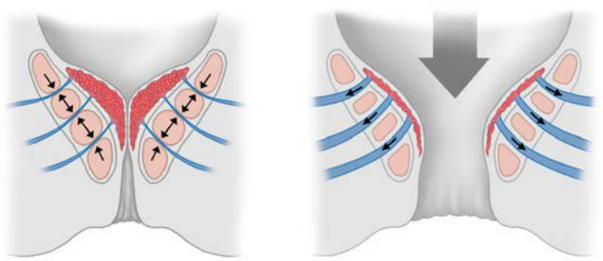
Unwillkürlich innervierte glatte Muskulatur:

- *M. sphincter ani internus:* wichtigster glatter Muskel; bildet als Fortsetzung der rektalen Ringmuskulatur einen kräftigen Ringverschluss, der aufgrund fehlender enterischer Ganglienzellen (Aganglionose) unter einem physiologischen Dauertonus steht und durch Einfluss sympathischer Nervenfasern eine Engstellung des Analkanals gewährleistet (er soll etwa 70 % der Kontinenzleistung vermitteln);
- *M. canalis analis:* als Fortsetzung der Muscularis mucosae des Rectum zieht er über das Corpus cavernosum recti hinweg und endet an der Linea dentata; stabilisiert und fixiert das Corpus cavernosum recti;
- *M. corrugator ani:* Als Fortsetzung der rektalen Längsmuskulatur ziehen diese Muskelfasern über den Analkanal hinweg, durchbohren die Pars subcutanea des M. sphincter ani externus und strahlen wie ein mimischer Muskel in die perianale Haut ein. Seinen Namen verdankt der M. corrugator ani der Tatsache, dass eine Muskelkontraktion die Perianalhaut runzelt und in radiäre Falten legt.

Willkürlich innervierte quergestreifte Muskulatur:

- *M. sphincter ani externus:* umgibt den gesamten Analkanal von außen in Form eines Muskelzylinders und lässt drei Anteile erkennen: Pars profunda, superficialis und subcutanea. Während tiefer und subkutaner Abschnitt ringförmig angeordnet sind, spannt sich die Pars superficialis zwischen dem ventral liegenden Centrum tendineum perinei und dem dorsal verlaufenden Lig. anococcygeum aus und umgibt den Analkanal wie eine Klemme. Man spricht daher auch insgesamt von einem Schnür- und Tamponierverschluss. Er besteht überwiegend aus Typ-I-Muskelfasern, die eine langsame, jedoch dauerhafte und wenig ermüdbare Kontraktion vermitteln.
- *M. puborectalis:* Als innerster Teil des M. levator ani bildet der M. puborectalis eine kräftige Muskelschlinge, die den Enddarm auf Höhe der Junctio anorectalis schleifenförmig von hinten umgibt und mit der Pars profunda des M. sphincter ani externus eine innige Verbindung eingeht. Punctum fixum ist der Ursprung am Schambein, so dass durch Kontraktion der Puborektalis-Schlinge ein an der Kontinenzleistung beteiligter „Knick" zwischen Analkanal und Rectum entsteht, der sog. anorektale Winkel. Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem Knickverschluss.





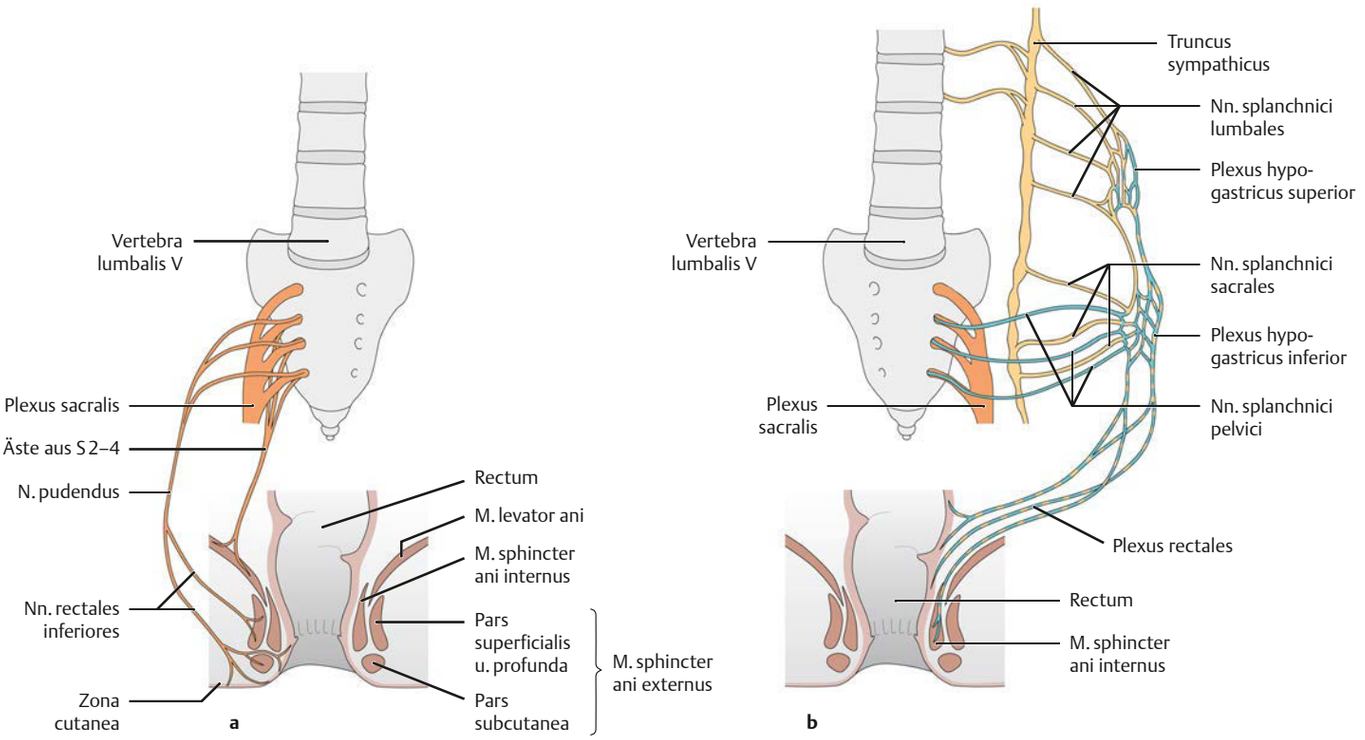
D Aufbau des vaskulären Verschlusses

a Längsschnitt durch den Analkanal mit „gefenstertem" Corpus cavernosum recti; **b** u. **c** Corpus cavernosum recti in Ruhe und bei Defäkation.

Oberhalb der Linea dentata auf Höhe der Columnae anales liegt ein submuköser Schwellkörper, das Corpus cavernosum recti. Durch seine prallelastische Konsistenz gewährleistet es v. a. die Feinkontinenz für wässrigen und gasförmigen Darminhalt. Der Aufbau dieser ringförmig angeordneten hämorrhoidalen Schwellkörpers erinnert an das Corpus cavernosum penis, ist jedoch im Unterschied zu ihm dauerhaft gefüllt. Der kavernös aufgebaute und mit arteriellem Blut gefüllte Schwellkörper (Plexus haemorrhoidalis) wird fast ausschließlich aus der A. rectalis superior über drei Hauptäste gespeist, die an typischer Stelle („3, 7 und 11 Uhr" in Steinschnittlage) an das Corpus cavernosum recti herantreten und sich im Bereich der Columnae anales weiter aufteilen (s. S. 273). Der Abfluss der Schwellkörper erfolgt über arteriovenöse Anastomosen entlang transsphinkterisch verlaufender Venen – v. a. durch den M. sphincter ani internus – in das Stromgebiet der V. mesenterica inferior (und weiter zur Pfortader), aber auch z. T. über die Vv. rectales mediae und inferior in die Perianalvenen des Plexus venosus externus. Die Erschlaffung des Sphinkterapparates bei der Defäkation führt zur Freigabe des venösen Abstroms aus dem Corpus cavernosum recti.

Beachte: Eine krankhafte Erweiterung (Hyperplasie) der Schwellkörper über die physiologische Füllung hinaus führt zu einem der häufigsten proktologischen Erkrankungen, dem Hämorrhoidalleiden (s. S. 246 f).

3.9 Kontinenzorgan: Funktion



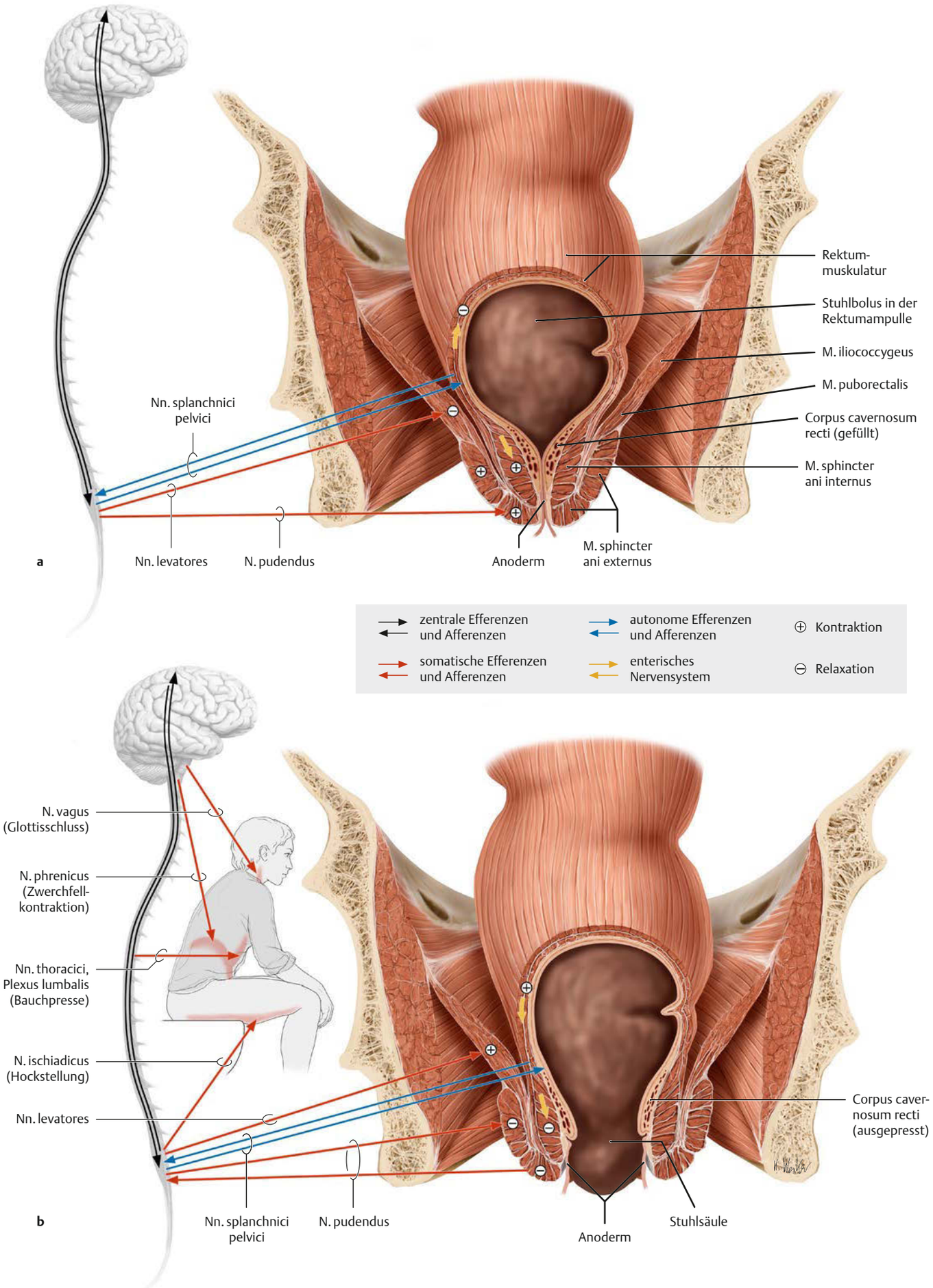
A Innervation (nach Stelzner)
a Somatomotorische und somatosensible Innervation; **b** viszeromotorische und viszerosensible Innervation:

- somatomotorisch: N. pudendus für M. sphincter ani externus; Nn. levatores für den M. levator ani (insbesondere M. puborectalis). Aktive und teilweise willkürlich steuerbare Innervation des äußeren Sphinkters und des Levators.
- somatosensibel: Nn. rectales inferiores für den Anus und die perianale Haut. Sie entstammen dem N. pudendus und leiten Berührung und v. a. Schmerzempfindungen weiter. Die Haut des Anus ist äußerst schmerzempfindlich. Selbst kleine, meist entzündlich veränderte Einrisse im Bereich dieser Haut verursachen heftigste Schmerzen.
- Viszeromotorisch: Nn. splanchnici pelvici (S2–4) für M. sphincter ani internus. Der Dauertonus des inneren Sphinkters führt zu einem Verschluss des Canalis analis und zu einem verminderten venösen Abstrom aus dem Corpus cavernosum recti: Der Schwellkörper bleibt gefüllt und trägt so zum gasdichten Verschluss des Rectum bei. Topografisch schließen sich die Nn. splanchnici pelvici den Plexus rectales an.
- Viszerosensibel: Nn. splanchnici pelvici (S2–4) innervieren die Wand des Rectum, v. a. Dehnungsrezeptoren in der Ampulla recti. Hier wird die Dehnung der Ampulle durch die Kotsäule erfasst; subjektiv entsteht das Gefühl des Stuhldrangs.

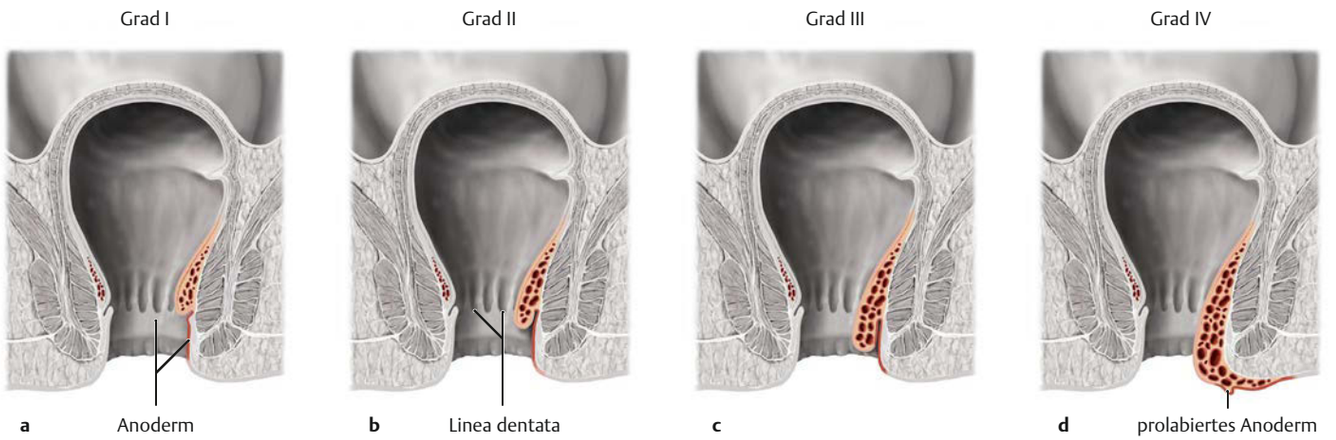
B Ablauf der Defäkation (nach Wedel; s. rechte Seite)
a Füllung der Rektumampulle; **b** Relaxation der willkürlich gesteuerten Schließmuskeln und Austreibung der Stuhlsäule.
Der Vorgang der Stuhlentleerung (Defäkation) wird ebenso wie der sichere Verschluss (Kontinenz) durch ein vom Zentralnervensystem gesteuertes Zusammenwirken unterschiedlichster anatomischen Strukturen bewerkstelligt. Sie reichen von der Großhirnrinde bis zur Perianalhaut und beschränken sich nicht nur auf das Anorektum als eigentlichem Erfolgsorgan. Unmittelbar miteinbezogen sind der Beckenboden, die Muskulatur zur Einleitung der Hockstellung und der Bauchpresse sowie vegetative und somatische Nerven mit ihren zentralnervösen Zentren.

Füllung der Rektumampulle und Erregung lokaler Dehnungsrezeptoren in der Ampullenwand: Tritt ein Stuhlbolus aufgrund einer anterograden Massenbewegung in die Rektumampulle ein, registrieren Mechanorezeptoren den Füllungszustand der Ampulle und leiten die Information über viszerale Afferenzen entlang der Hinterstrangbahnen zum sensorischen Cortex. Dort wird der Stuhldrang wahrgenommen. Hierbei können olfaktorische, visuelle und akustische Reize die Wahrnehmung und die anschließende Willküraktion zur Einleitung der Stuhlentleerung entweder beschleunigen oder verzögern.

Rektoanaler inhibitorischer Reflex und Relaxtion der willkürlich innervierten Schließmuskeln: Der durch die Ampullenfüllung steigende intrarektale Druck lässt zunächst den inneren Analsphinkter erschlaffen. Im weiteren Verlauf führt die willkürlich eingeleitete Entspannung der Puborektalschlinge und des M. sphincter ani externus zur Aufhebung des anorektalen Winkels und zur Weitstellung des Analkanals.
Austreibung der Stuhlsäule: Die Austreibung erfolgt sowohl über eine direkte reflektorische Druckerhöhung im Rectum als auch über indirekte simultane Druckerhöhung willkürlich innervierter Muskeln: Anspannung der abdominalen (Bauchpresse), perinealen (Beckenbodenhebung), diaphragmatischen (Zwerchfellkontraktion) und glottischen (Stimmritzenschluss) Muskulatur. Hierbei wird zur Unterstützung der Bauchpresse häufig eine Hockstellung eingenommen (Beugemuskelreflex). Die Austreibung der Stuhlsäule führt zu einem Auspressen der Hämorrhoidalpolster des Corpus cavernosum recti.
Ende der Defäkation: Nach Freigabe durch den Sphinkterapparat tritt die Stuhlsäule mit dem hochsensiblen Anoderm in Kontakt und wird hinsichtlich Volumen, Konsistenz und Position bewusst wahrgenommen. Diese Registrierung signalisiert das willkürliche Beenden der Stuhlentleerung mit nachfolgender Kontraktion des gesamten Sphinkterapparates und Auffüllung des Corpus cavernosum recti.


Rektum-
muskulatur
Stuhlbolus in der
Rektumampulle
M. iliococcygeus
M. puborectalis
Corpus cavernosum
recti (gefüllt)
M. sphincter
ani internus
Nn. splanchnici
pelvici
Nn. levatores
N. pudendus
Anoderm
M. sphincter
ani externus
a
zentrale Efferenzen
und Afferenzen
autonome Efferenzen
und Afferenzen
Kontraktion
somatische Efferenzen
und Afferenzen
enterisches
Nervensystem
Relaxation
N. vagus
(Glottisschluss)
N. phrenicus
(Zwerchfell-
kontraktion)
Nn. thoracici,
Plexus lumbalis
(Bauchpresse)
N. ischiadicus
(Hockstellung)
Nn. levatores
Corpus caver-
nosum recti
(ausgepresst)
b
Nn. splanchnici
pelvici
N. pudendus
Anoderm
Stuhlsäule

3.10 Erkrankungen des Analkanals: Hämorrhoidalleiden, Analabszesse und Analfisteln

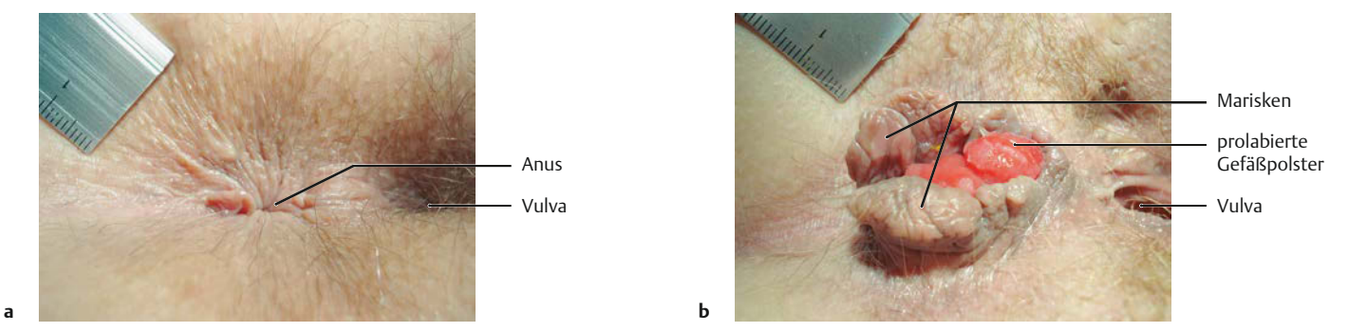


A Das Hämorrhoidalleiden

Das Hämorrhoidalleiden ist eine der häufigsten proktologischen Erkrankungen. Ausgangspunkt ist der zirkulär angeordnete hämorrhoidale Plexus des Corpus cavernosum recti oberhalb der Linea dentata, der im wesentlichen der Feinkontinenz des Analkanals dient. Unter dem Begriff *Hämorrhoiden* versteht man zunächst nur eine Hyperplasie (Vergrößerung) des arteriell gespeisten Schwellkörpers, die noch keine Symptome verursacht. Krankheitswert erlangen Hämorrhoiden erst, wenn sie symptomatisch werden (hellrote arterielle Blutungen, Schleimhautvorfall, Juckreiz, Brennen, Nässen, Stuhlschmieren etc.) und wenn eine Therapiebedürftigkeit besteht (= Hämorrhoidal-Leiden bzw. -Erkrankung). Häufigste Ursache eines Hämorrhoidalleidens ist ein verstärktes Pressen bei der Stuhlentleerung, meist ausgelöst durch eine chronische Obstipation im Rahmen einer ballaststoff- und flüssigkeitsarmen Ernährung. Auch eine Behinderung des transsphinkteren venösen Blutabflusses durch einen erhöhten Sphinktertonus kann zu einer knotigen Umwandlung des Plexus haemorrhoidalis führen. Diagnostik und Stadieneinteilung erfolgen durch anale Inspektion, Palpation und Proktoskopie des Analkanals. In Abhängigkeit von der Ausprägung der Hyperplasie und der jeweiligen Symptome wird das Hämorrhoidalleiden in 4 Grade eingeteilt:

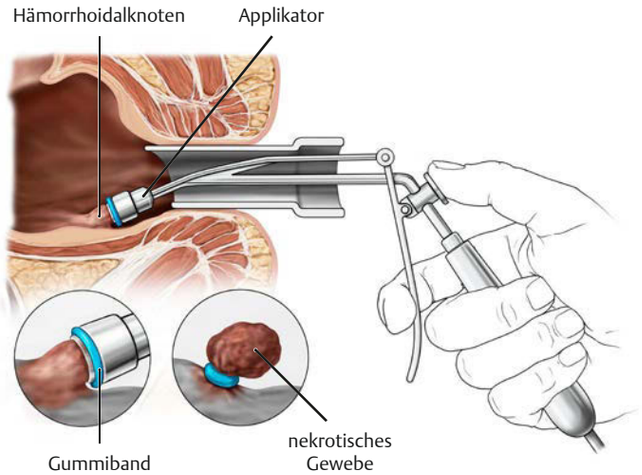
- **Grad I (a):** ausschließlich proktoskopisch sichtbare (oberhalb der Linea dentata liegende), prall elastische Gefäßkissen, die Ursache schmerzloser, hellroter Blutungen sein können (schmerzlos deswegen, weil sie oberhalb des Anoderms lokalisiert sind);
- **Grad II (b):** deutlich hyperplastische Gefäßpolster, die bei der Defäkation bzw. beim Pressen in den Analkanal bzw. nach außen prolabieren können, sich jedoch nach der Stuhlentleerung spontan retrahieren. Teilweise tropfende bzw. spritzenden Blutabgänge und Schleimabsonderungen, die Nässen und Jucken verursachen (sog. perianales Ekzem);
- **Grad III (c):** bei Stuhlentleerung oder intraabdomineller Druckerhöhung spontaner Prolaps der vergrößerten hämorrhoidalen Plexus, der jedoch manuell reponiert werden muss. Eine mögliche Thrombosierung oder Inkarzeration des prolabierten Knotens kann zu erheblichen Schmerzen führen;
- **Grad IV (d):** Im Endstadium des Hämorrhoidalleidens sind die knotigen Gefäßkissen und große Teile des Analkanals – inklusive des sehr schmerzempfindlichen Anoderms – permanent prolabiert (irreponibel) und zusätzlich am Analrand fixiert (man spricht auch von einem Analprolaps).

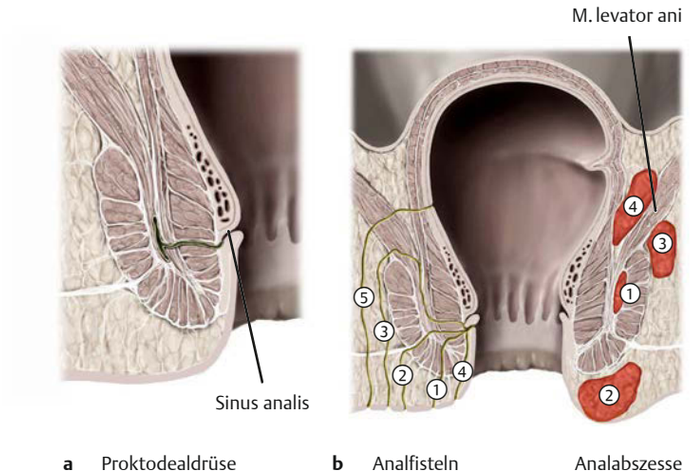
Beachte: Im Gegensatz zur deutschen werden in der angloamerikanischen und schweizerischen Terminologie *innere* und *äußere Hämorrhoiden* (= internal and external haemorrhoids) unterschieden. Ursächlich sind hierbei v. a. Venen beteiligt: Innere Hämorrhoiden nehmen ihren Ausgangspunkt in einem „venös" gespeisten Corpus cavernosum recti, äußere Hämorrhoiden sind Erkrankungen des perianalen subkutanen Venenplexus (z. B. Perianalthrombose). Nach unserem Verständnis sind äußere Hämorrhoiden jedoch nichts anderes als prolabierte, nach außen verlagerte hyperplastische Gefäßpolster des „arteriell" gespeisten Corpus cavernosum recti (!).



B Perianale Hautverhältnisse mit und ohne Hämorrhoidalleiden

a unauffällige perianale Hautverhältnisse bei einer 38-jährigen Patientin; **b** Hämorrhoidalleiden 4. Grades bei einer 54-jährigen Patientin: prolabierter Schleimhautvorfall an der anterioren Kommissur kombiniert mit zwei links- und rechtslateral liegenden Marisken (= harmlose, in der Regel symptomlose perianale Hautfalten) (aus Rohde, H.: Lehratlas der Proktologie. Thieme, Stuttgart 2006).





a Proktodealdrüse **b** Analfisteln Analabszesse

C Therapeutische Möglichkeiten beim Hämorrhoidalleiden

Die Therapie des Hämorrhoidalleidens verfolgt v. a. drei Ziele: Prophylaxe, Beseitigung der Symptome und Wiederherstellung der Anatomie und Physiologie. Innerhalb der therapeutischen Möglichkeiten unterscheidet man daher prophylaktische bzw. begleitende und symptomatische Maßnahmen (konservative, semioperative und operative):

- **prophylaktische/begleitende Maßnahmen:** Im Vordergrund stehen hier Aufklärung der Patienten über empfehlungswerte Ernährungsgewohnheiten (Umstellung auf ballaststoffreiche, fettarme Kost mit ausreichender Flüssigkeitszufuhr, Vermeidung von Alkohol, Nikotin und scharfen Gewürzen) und Verbesserung des Stuhlverhaltens (Stuhlgang nur bei Stuhldrang, Vermeiden von Pressen, keine Laxantien, ausreichende, nicht übertriebene Analhygiene);
- **konservative Maßnahmen:** lokale Behandlung mit Salben, Suppositorien, Analtampons, Sitzbäder mit dem Ziel, Symptome zu lindern;
- **semioperative Maßnahmen:** Wirksame therapeutische Effekte haben, insbesondere bei Hämorrhoidalleiden Grad I und II, die Sklerosierungsbehandlung (z. B. nach Blond), die Gummibandligatur (nach Barron) und die ultraschallgesteuerte Hämorrhoidalarterienligatur (HAL). Bei der Sklerosierungsbehandlung werden z. B. 0,5–1,0 ml Polidocanol submukös oberhalb der Linea dentata zirkulär injiziert. Polidocanol schädigt das Endothel der Blutgefäße und führt zu dessen Umwandlung in fibröses, narbiges Gewebe und damit zur Sklerosierung. Ziel dieser Therapie ist die bessere Fixierung der Hämorrhoidalknoten. Die Gummibandligatur ist beim Hämorrhoidalleiden Grad II das Verfahren der Wahl (s. Abb.). Mit Hilfe eines speziellen Applikators wird überschüssiges Hämorrhoidalgewebe mit einem Gummiband abgebunden, wobei das nekrotische Gewebe nach ein bis zwei Wochen abfällt. Durch die Arterienligatur (HAL) wird die Blutzufuhr reduziert, so dass die vergrößerten Gefäßpolster schrumpfen.
- **Operative Maßnahmen:** Ab dem Hämorrhoidalleiden Grad III besteht die Indikation zur Operation. Gängige Operationsverfahren sind z. B. die Hämorrhoidektomie nach Milligan-Morgan und die sog. Stapler-Hämorrhoidopexie nach Longo. Bei der Hämorrhoidektomie werden die vergrößerten Knoten segmentär radiär exzidiert und an der Basis ligiert. Bei der Stapler-Methode werden mit Hilfe eines speziellen Einführungssets zunächst die prolabierten Hämorrhoidalknoten reponiert und das proximal liegende Mukosagewebe mit Teilen des Hämorrhoidalgewebes zirkulär reseziert. Anschließend wird das Hämorrhoidalgewebe mit dem Klammernahtgerät supraanodermal in seiner physiologischen Position fixiert. Ein entscheidender Vorteil bei diesem Verfahren sind die deutlich geringeren postoperativen Schmerzen, da die Klammernaht im nicht sensibel innervierten Bereich der Rektummukosa erfolgt.

D Analfisteln und Analabszesse

Beide Krankheitsbilder sind eng miteinander verbunden und lassen sich fast immer auf dasselbe Grundleiden zurückführen: eine Entzündung der rudimentären Proktodealdrüsen (s. S. 241). Dabei ist fast immer der Analabszess das akute Ereignis und die Analfistel das chronische Stadium dieser sog. kryptoglandulären Infektion. Entsprechend der Anatomie der Proktodealdrüsen – Lage des Drüsenkörpers am häufigsten intersphinkter im Bereich der hinteren Kommissur und Mündung des Ausführungsganges in die Sinus anales (**a**) – werden die Analfistel und die Analabszesse (**b**) nach ihrem Verlauf bzw. ihrer Lokalisation in Beziehung zum Sphinkterapparat eingeteilt in:

- **Analfisteln** (typische Fisteln sind komplett, d. h. sie haben eine Verbindung zwischen äußerer Haut und Analkanal und somit zwei Öffnungen, ein Ostium im Sinus anales und eines im Bereich der perianalen Haut):

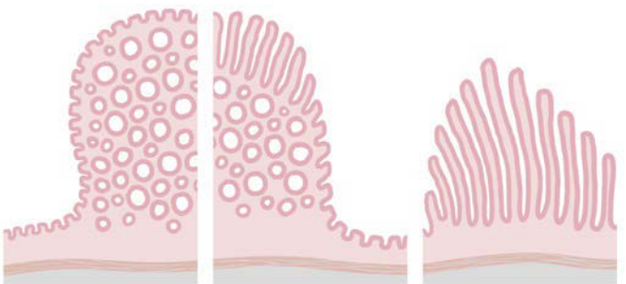
  ① intersphinkter: 50–70 % aller Analfisteln, durchbohren den M. sphincter ani internus;
  ② transsphinkter: 30–40 % aller Analfisteln, durchbohrt sowohl den inneren als auch den äußeren Schließmuskel;
  ③ suprasphinkter: etwa 5 % aller Analfisteln, verlaufen zwischen den beiden Schließmuskeln nach oben und durchbohren die Puborektalisschlinge;
  ④ subkutan bzw. subanodermal: 5–10 % aller Analfisteln, durchbohren keinen Sphinkter, sondern ziehen direkt unter der Analkanalhaut nach außen (Synonym: marginale Analfistel);
  ⑤ atypische Analfisteln: etwa 5 % aller Analfisteln, gehen nicht von den Proktodealdrüsen aus, sondern ziehen von der Ampulla recti durch den M. levator ani zur äußeren Haut (sog. extrasphinktere Analfisteln), häufig beim Krankheitsbild des Morbus Crohn.

- **Analabszesse** (entstehen durch Fisteln, die keinen Durchbruch nach außen erreicht haben und somit blind enden):

  ① intersphinkter: im Bereich der Proktodealdrüsen;
  ② subkutan bzw. subanodermal: perianal bzw. im Analkanal;
  ③ ischiorektal bzw. infralevatorisch: unterhalb des M. levator ani in der Fossa ischiorectalis (-analis);
  ④ pelvirektal bzw. supralevatorisch: zwischen Rectum und Levatortrichter im Paraproctium.

Beachte: Analfisteln und Analabszesse müssen immer adäquat chirurgisch therapiert werden. Vor allem Analabszesse gehen mit erheblichen Schmerzen, Fieber und Leukozytose einher und sind in der Regel eine Notfallindikation. Hauptziel der Fisteloperation ist neben der Spaltung des Fistelganges die Sanierung des Proktodealdrüseninfektes, da es sonst zu Rezidiven kommt. Entscheidend für den Therapieerfolg bei der Behandlung einer Analfistel ist die exakte Kenntnis der anatomischen Verhältnisse!

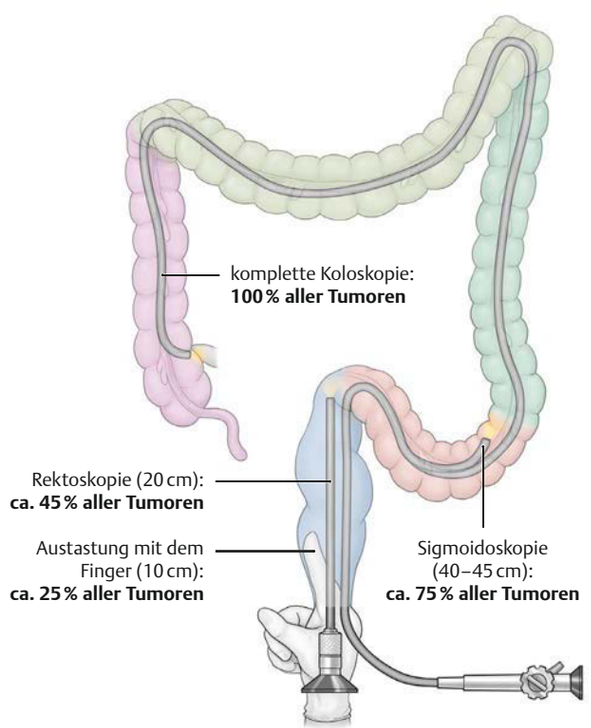
3.11 Rektumkarzinom

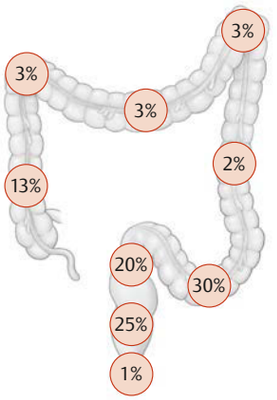


A Adenomatöse Dickdarmpolypen
a tubuläre; **b** tubulovillöse; **c** villöse Polypen.
Adenome sind gutartige epitheliale Neubildungen (Neoplasien), die vom Drüsengewebe ausgehen. Entstehen sie z. B. an der Schleimhaut des Dickdarms, wölben sie sich häufig über das Niveau der Schleimhaut hinaus und wachsen polypös (daher die Bezeichnung „Dickdarmpolypen"). Nach ihrem morphologischen Aussehen unterscheidet man:

- tubuläre Adenome (75 % aller Dickdarmpolypen): meist gestielt und kleiner als 2 cm;
- tubulovillöse Adenome (15 % aller Dickdarmpolypen): Mischform; deutlich höheres Entartungsrisiko als die tubuläre Form;
- villöse Adenome (10 % aller Dickdarmpolypen; hohes – etwa 30 % – Entartungsrisiko): zottenartige Oberfläche und insgesamt flacher als tubuläre Adenome; aufgrund des breitbasigen Wachstums endoskopisch nur schwer zu entfernen, daher hohe Rezidivrate.

Beachte: Alle Adenome können maligne entarten, das Entartungsrisiko korreliert mit der Größe des Polypen, dem histologischen Typ und dem Grad der Dysplasie (z. B. Differenzierungsgrad).





B Häufigkeit und Risikofaktoren kolorektaler Karzinome
Kolorektale Karzinome sind die häufigsten Malignome des Gastrointestinaltraktes in der westlichen Welt. In Europa und den USA beträgt der Anteil kolorektaler Karzinome bei steigender Inzidenz etwa 15 % aller Krebserkrankungen, allein in Deutschland zählen kolorektale Adenokarzinome mit über 60 000 Neuerkrankungen pro Jahr geschlechtsunabhängig zur zweithäufigsten Krebserkrankungen (mehr als die Hälfte der Patienten verstirbt an dieser Erkrankung). Knapp 45 % dieser Tumoren entfallen dabei auf das Rectum (s. Abb.). Die Ursachen des kolorektalen Karzinoms sind nicht eindeutig geklärt, jedoch scheinen folgende exogene und endogene Risikofaktoren verantwortlich zu sein:

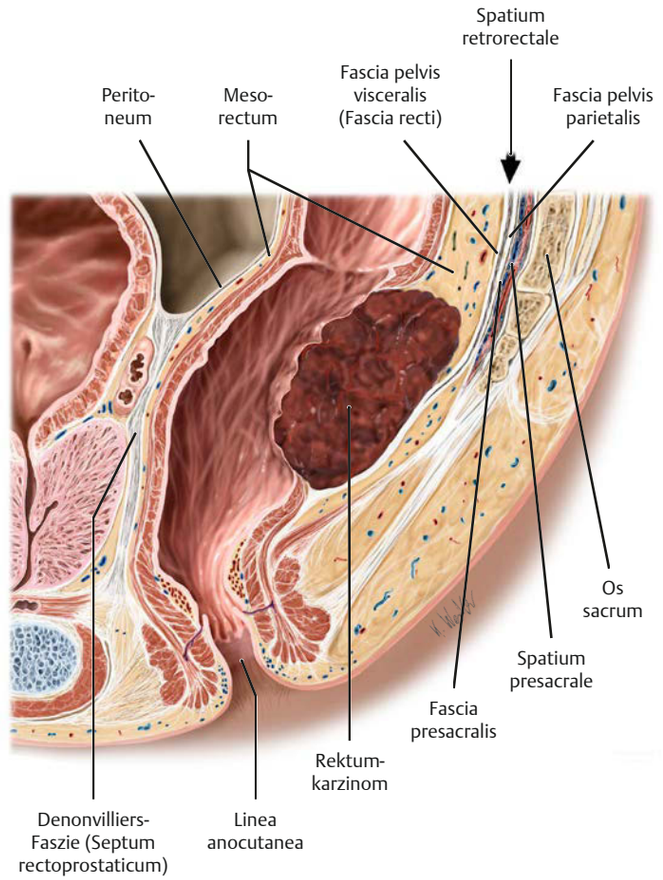
- **exogene Risikofaktoren**:
  - hoher Fleisch- und Fettkonsum bei insgesamt ballaststoffarmer Ernährung,
  - unzureichende Aufnahme von Vitaminen (Folsäure, Vitamine A, C, E) und Spurenelementen (Selen),
  - Alkoholkonsum,
  - Asbestexposition,
  - hoher sozioökonomischer Status (verbunden mit Fehlernährung, s. o.)
  - körperliche Inaktivität;
- **endogene Risikofaktoren:**
  - adenomatöse Polypen des Dickdarms,
  - gehäuftes Vorkommen von Kolonkarzinomen in der Familie,
  - entzündliche Darmerkrankungen (z. B. Colitis ulcerosa, Morbus Crohn).

Beachte: Tumoren des Analkanals (1 %) gehören nicht zu den kolorektalen Karzinomen!

C Vorsorgeuntersuchungen
Die Chancen auf Früherkennung durch gezielte Screening-Untersuchungen sind bei kaum einem anderen bösartigen Tumor so günstig wie beim kolorektalen Karzinom. Ursache hierfür ist die relativ lange Latenzzeit von mehreren Jahren, bis sich aus einem primär benignen Adenom ein Karzinom entwickelt. Bei den gutartigen kolorektalen Tumoren handelt es sich vorwiegend um polypöse Veränderungen, die von der Schleimhaut ausgehen (tubuläre, villöse und tubulovillöse Adenome, die gestielt, breitbasig, solitär oder multipel auftreten), wobei die villösen Adenome die höchste Entartungstendenz mit über 30 % haben (s. **A**). Die Empfehlungen zur Krebsvorsorge beinhalten einen jährlichen Test auf okkultes Blut im Stuhl (Hämoccult-Test ab dem 40. Lebensjahr), eine rektale digitale Untersuchung sowie eine Koloskopie (ab dem 55. Lebensjahr) mit der Möglichkeit der direkten Primärintervention durch Abtragen neoplastischer Vorstufen. Mit der CT-Kolonographie (virtuelle Koloskopie) wird seit einiger Zeit eine weitere, weniger invasive Alternative zur konventionellen endoskopischen Koloskopie angeboten. Hintergrund ist die gesicherte Erkenntnis, dass Inzidenz und Mortalität insbesondere durch die endoskopische Diagnostik um beeindruckende 60–80 % gesenkt werden können.

a

b



D Rektale und anale Endosonographie

Die rektale und anale Endosonographie bilden die Wandschichten des Anorektums und die das Organ umgebenden Strukturen, insbesondere die Nachbarorgane mit großer Genauigkeit und Ortsauflösung ab. Während der endorektale Ultraschall v. a. die Rektumwandschichten darstellt, kann man mit dem endoanalen Ultraschall die Sphinktermuskulatur und den Beckenboden beurteilen. Um endosonographische Abbildungen korrekt interpretieren zu können, sind genaue anatomische Kenntnisse nötig. Die transversale Orientierung mit einer 360°-Sonde ist die häufigste endosonographische Darstellungsebene; sie erleichtert die korrekte anatomische Zuordnung der abgebildeten Strukturen.

a Anale Endosonographie: Darstellung des Sphinkterapparates im Analkanal; Leitstruktur ist der M. sphincter ani internus (IAS), der sich als echoarmer Ring unmittelbar an die echoreiche Submukosa (Sm) anschließt (Anteile des Hämorrhoidalplexus Häm). Nach außen folgt der M. sphincter ani externus (EAS) mit einem ungleichen Echomuster. Im intersphinkteren Raum sind Fasern des M. corrugator ani als Fortsetzung der Längsmuskulatur (LM) als dünne echoarme Schicht zu erkennen.

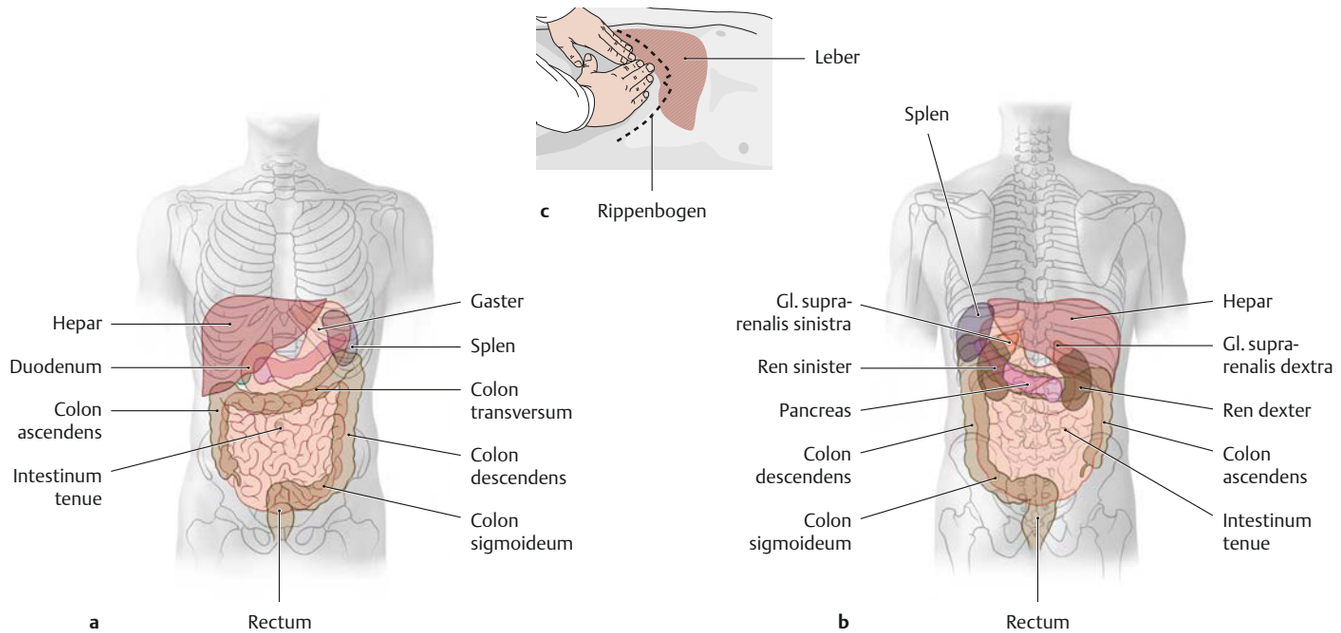
b Rektale Endosonographie: großes, zirkulär wachsendes Rektumkarzinom mit Infiltration des perirektalen Fettgewebes. Die rektale Endosonographie wird für das sog. präoperative Staging des Rektumkarzinoms eingesetzt, d. h. mit dieser Methode wird v. a. geprüft, wie tief der Tumor bereits in die Rektumwand eingedrungen ist und wie viele regionäre Lymphknoten befallen sind. Diese Informationen sind wesentlich im Hinblick auf die Wahl des operativen Vorgehens: Muss das Rectum vollständig entfernt werden (abdominoperineale Exzision) oder kann kontinenzerhaltend operiert werden (totale mesorektale Exzision, s. **E**) oder ist sogar eine nur lokale Behandlung des Tumors möglich (aus: Dietrich, Ch. [Hrsg]: Endosonographie, Lehrbuch und Atlas des endoskopischen Ultraschalls. Thieme, Stuttgart 2007).

E Totale mesorektale Exzision (TME)

80 % der Rektumkarzinome können kontinenzerhaltend operiert werden. Voraussetzung ist, dass der distale Tumorrand mindestens 6 cm oberhalb der Linea anocutanea liegt. Die Einführung der totalen mesorektalen Exzision (TME) hat die onkologischen Ergebnisse (Reduktion der Lokalrezidivrate), insbesondere für tief sitzende Karzinome des mittleren und unteren Rektumdrittels, entscheidend verbessert. Die TME berücksichtigt hierbei das regionale Metastasierungsmuster des Rektumkarzinoms, indem nicht nur der Tumor mit seiner potenziell Wand überschreitenden Infiltration in das perirektale Fettgewebe (Mesorectum), sondern auch das gesamte regionäre Lymphabflussgebiet radikal entfernt wird. Darüber hinaus orientiert sich das operative Vorgehen an den autonomen pelvinen Nervengeflechten (Plexus hypogastricus inferior), um v. a. Blasenentleerungs- und Potenzstörungen zu vermeiden, man spricht daher von einer „nervenorientierten" bzw. „nervengeführten" mesorektalen Exzision (s. S. 381).

Operatives Vorgehen: Nach Präparation des lymphovaskulären Gefäßstiels der Vasa rectales superiores werden zunächst A. und V. mesenterica inferior zentral durchtrennt (Gefäßligatur). Dabei wird darauf geachtet, dass die A. mesenterica inferior zur Schonung der vegetativen Nervenplexus an der Aorta 2 cm distal ihres Abgangs ligiert wird. Die eigentliche TME umfasst nach dorsal den gesamten retrorektalen Fettkörper, d. h. Mobilisation des Mesorectum im Spaltraum (Spatium retrorectale, schwarzer Pfeil; s. auch S. 381) zwischen der Fascia pelvis visceralis (Fascia recti) und der Fascia pelvis parietalis, nach ventral die Mitnahme des Spatium prerectale entlang der Denonvilliers-Faszie und nach lateral den gesamten Bereich bis zur Beckenwand (Paraproctium) unter Schonung der Nn. hypogastrici und splanchnici pelvici. Nach Mobilisation des Rectum bis auf den M. levator ani und Darstellung der Puborektalisschlinge wird das Rectum mit einem Sicherheitsabstand von 2 cm in situ abgesetzt und der Rektumstumpf mit Hilfe eines Klammernahtinstrumentes mit dem verbliebenen Colon anastomosiert.

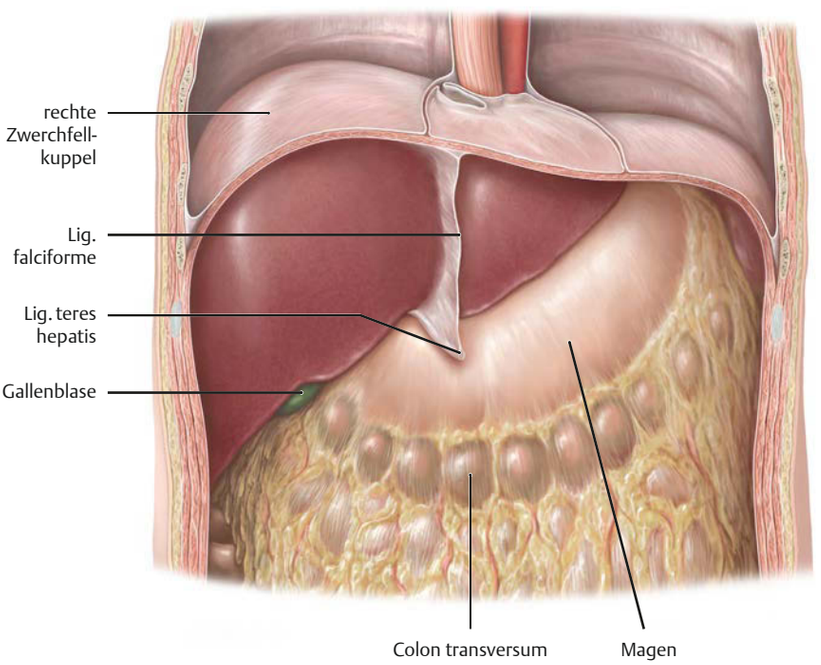
3.12 Leber (Hepar): Lage und Bezug zu Nachbarorganen



A Projektion der Leber auf Rumpf und Nachbarorgane; Palpation der Leber

a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal; **c** Palpation der Leber.

Die Leber liegt zum größten Teil im rechten Oberbauch, ragt aber über das Epigastrium hinaus bis in den linken Oberbauch. Dabei schiebt sie sich weit vor den Magen. Der rechte Leberlappen tritt in engen Kontakt zur rechten Niere und zur rechten Kolonflexur. Durch die Wölbung des Zwerchfells überlappt die Cavitas pleuralis die Vorder- und Rückseite der Leber. Da die Leber mit der Unterfläche des Zwerchfells verwachsen ist, wird ihre Position stark von der Atmung beeinflusst, darüber hinaus von Körperhaltung und Alter: Im Stehen sowie im Zuge der allgemeinen Alterssenkung der Organe sinkt die Leber ab. Tastbar (s. **c**) wird die Leber am besten, wenn der Patient liegt und bei entspannter Bauchdecke (Beine anwinkeln!) maximal ausatmet (die Leber steigt mit dem Zwerchfell nach oben) und anschließend stark einatmet (die Leber sinkt ab, ihr unterer, scharfkantiger Rand – vgl. **B** – wird am Rippenbogen tastbar). Bei krankhafter starker Vergrößerung kann die Leber in Ausnahmefällen bis zum Beckenrand reichen.

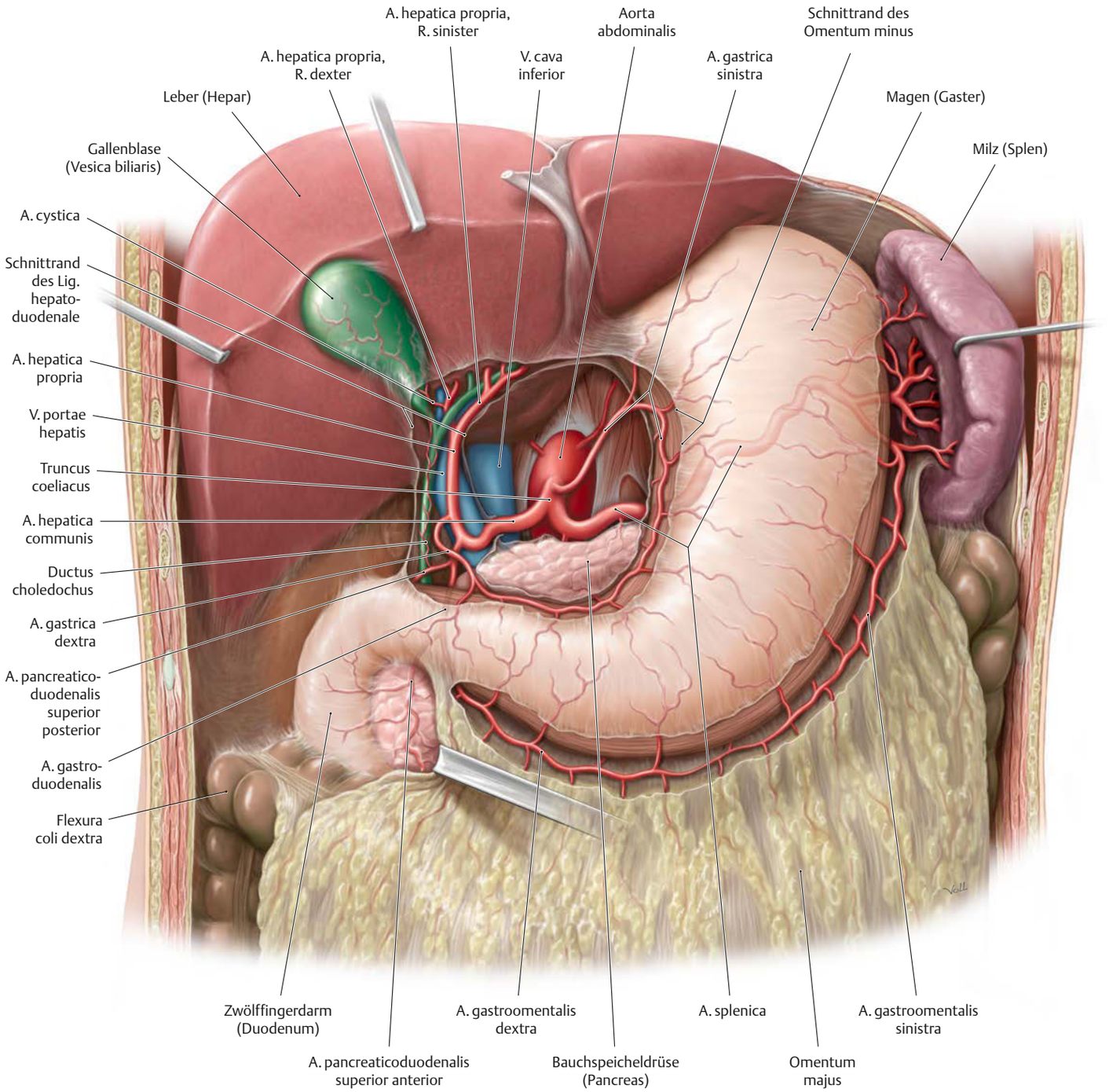


B Leber in situ: Lage der Leber in der Bauchhöhle

Sicht auf einen eröffneten Bauchsitus von ventral, Thorax ebenfalls eröffnet, Herz und Lungen entnommen; Ligg. falciforme und teres hepatis nach ventral abgetrennt.

Gut sichtbar ist hier die Ausdehnung der Leber von der rechten Regio hypochondriaca über die Regio epigastrica bis in den linken Oberbauch. Am linken Unterrand der Leber ist der Magen sichtbar, am rechten der Gallenblasenfundus.

Beachte: Durch die Kuppelform des Zwerchfells liegen Leber und Thoraxhöhle teilweise überlappend in einer Horizontalebene. Perforierende Verletzungen können daher die Thoraxhöhle mit den Lungen und die Abdominalhöhle mit der Leber gleichzeitig erfassen (sog. Mehrhöhlenverletzung).



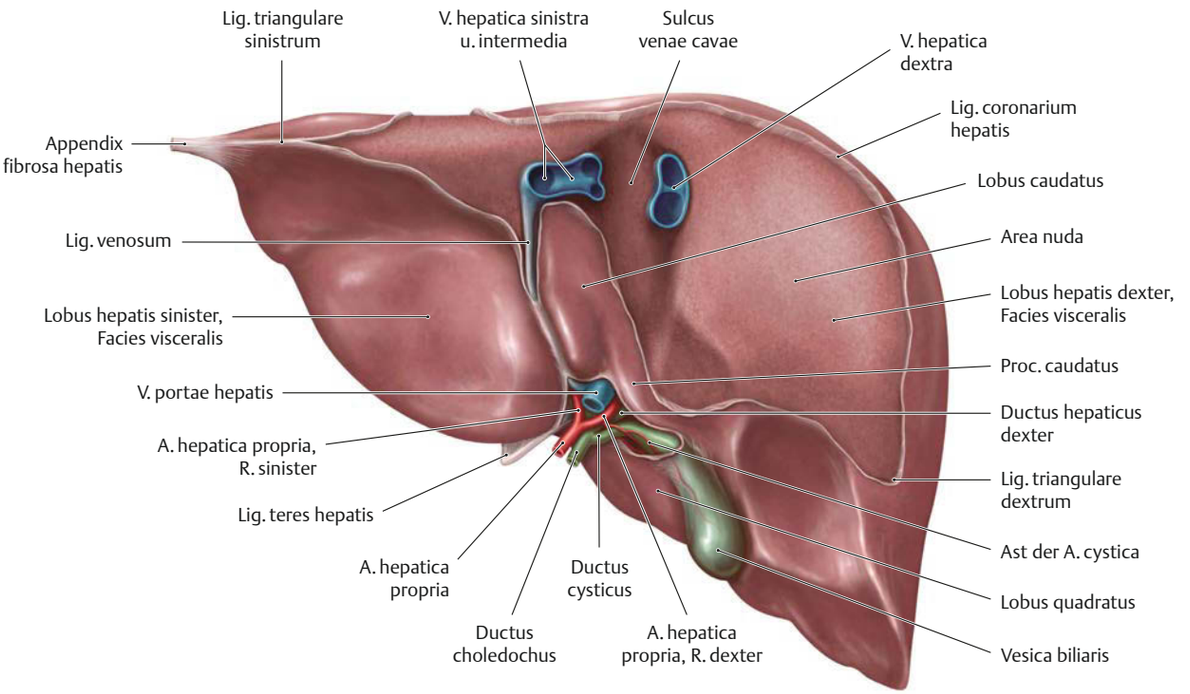
C Leber in situ nach Eröffnen des Omentum minus

Sicht auf einen eröffneten Oberbauchsitus von ventral, Leber und Milz angehoben.

Durch das eröffnete Omentum minus fällt der Blick direkt in die Bursa omentalis. Unmittelbar rechts und etwas oberhalb des rechten Leberlappens (s. S. 253) ist die Pleurahöhle angeschnitten. Der vordere, in situ nach unten weisende Leberrand ist scharfkantig und bei vergrößerter Leber gut zu tasten. An der Leberunterseite liegt die Gallenblase (s. S. 256), die mit ihrem Fundus nach ventral zur Bauchwand hin weist und den unteren Leberrand eben überragt. Im rechten Teil des Omentum minus, dem Lig. hepatoduodenale, liegen die Blutgefäße der Leber (A. hepatica propria und V. portae hepatis) und der Gallengang (Ductus choledochus). An der Unterseite des rechten Leberlappens erkennt man die Kontur der rechten Niere.

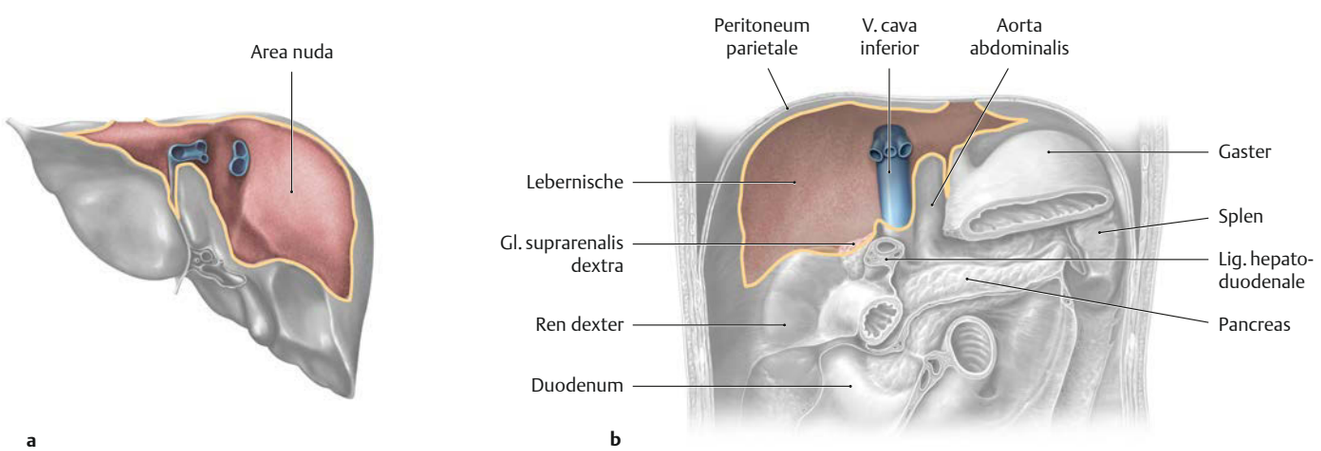
Beachte: Die Mündung der Lebervenen in die V. cava inferior liegt direkt unterhalb des Zwerchfells (s. S. 257) und damit nur wenige Zentimeter vom rechten Vorhof des Herzens entfernt. Eine verminderte Pumpleistung des rechten Herzens (sog. Rechtsherzinsuffizienz) kann sich daher in einem Blutrückstau u. a. in die Leber äußern (tastbare Leberschwellung). Beim Tasten der Leber ist die variable Position des Organs zu berücksichtigen (s. **Ac**).

3.13 Leber: Peritonealverhältnisse und Form



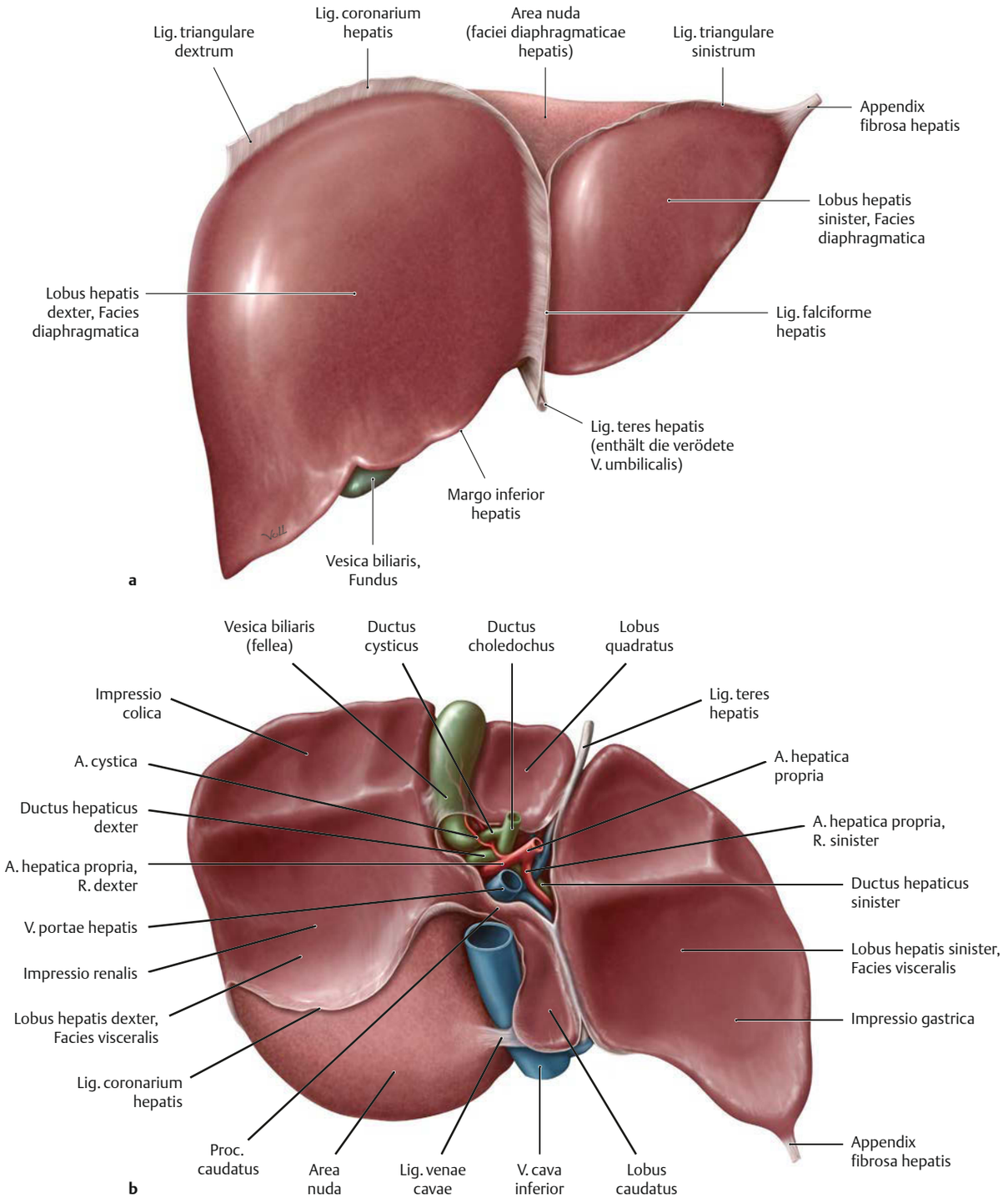
A Peritonealbezug der Leber

Sicht von dorsal auf die Pars superior der Facies diaphragmatica. Die Leber ist von einer bindegewebigen Kapsel umgeben, deren Ausläufer in die Leber eindringen; sie führen die Leitungsbahnen mit sich. Der größte Teil der Leber*oberfläche* ist – außen auf der Bindegewebskapsel – von viszeralem Peritoneum bedeckt und zeigt spiegelnden Glanz. Nur die Area nuda, deren Ausdehnung sehr variiert, erscheint als *peritonealfreie* Zone rau, da hier die bindegewebige Kapsel die Oberfläche bildet. In der Area nuda, also *außerhalb* der Peritonealbedeckung, verlassen auch die Vv. hepaticae (meist drei) die Leber. Dies ist eine Besonderheit im Vergleich mit allen anderen intraperitonealen Organen, bei denen Venen und Arterien immer in derselben „Meso"-Struktur verlaufen. Bei der Leber verlaufen nur *zuführende* Arterie und *zuführende* V. portae hepatis sowie Ductus choledochus im Mesohepaticum (= Lig. hepatoduodenale, s. **Cb**), die abführenden Venen dagegen nicht. An den Umschlagstellen des viszeralen in das parietale Peritoneum an der Zwerchfellunterseite ist das zarte Peritonealepithel häufig bindegewebig unterlegt und erscheint als „Band" (Lig. coronarium, s. **Ca**). Diese bindegewebige Unterlegung ist am linken Rand des linken Leberlappens zipfelig ausgezogen (Appendix fibrosa hepatis).



B Area nuda und Lebernische am Zwerchfell

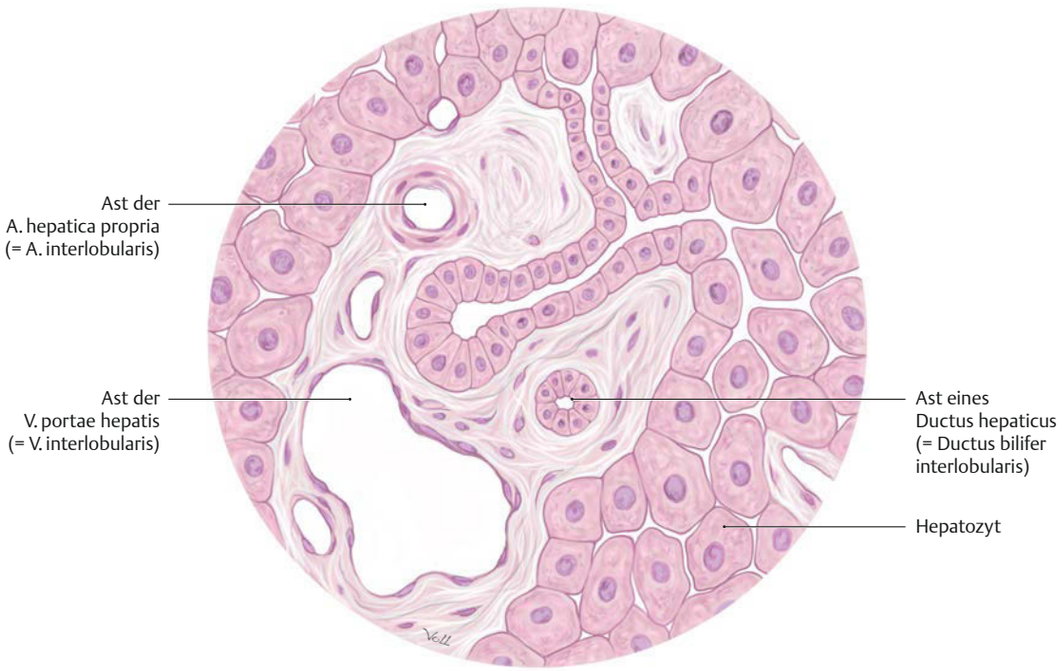
Sicht von dorsal auf die Facies diaphragmatica der Leber (**a**) bzw. von ventral auf die Zwerchfellunterseite (**b**). Die Markierung der peritonealen Umschlagstellen an Leber und Zwerchfell verdeutlicht die spiegelbildliche Entsprechung von Area nuda und Lebernische am Zwerchfell. Hier sind Leberoberfläche und Zwerchfellunterfläche bindegewebig fest miteinander verwachsen, so dass die Leber – trotz ihrer intraperitonealen Lage – nicht beweglich ist.



C Leber: Facies diaphragmatica und visceralis

a Sicht von ventral auf die Facies diaphragmatica. Man erkennt zwei Leberlappen, den größeren Lobus hepatis dexter und den kleineren Lobus hepatis sinister. Zwischen beiden Lappen tritt das Lig. falciforme hepatis vor, das der Leber zusammen mit dem Lig. teres hepatis als *„Mesohepaticum" ventrale* dient und zur vorderen Bauchwand zieht.

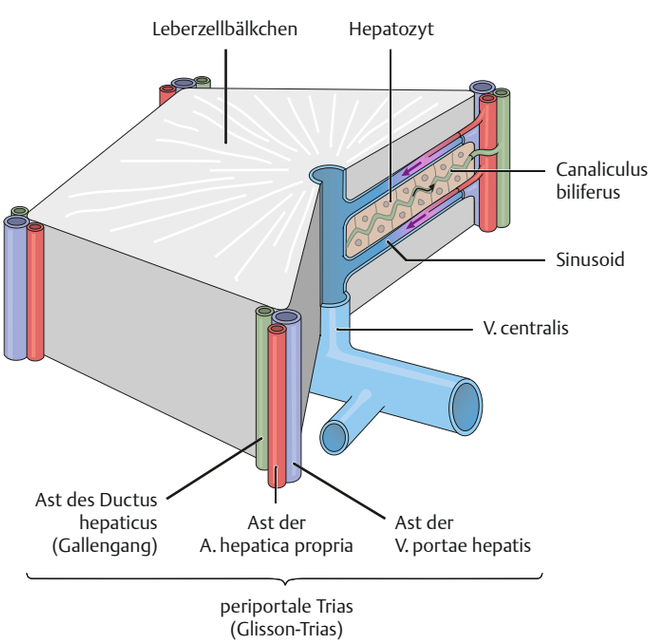
b Sicht von kaudal auf die Facies visceralis. Man erkennt zwei weitere der insgesamt vier Leberlappen, den Lobus caudatus und den Lobus quadratus hepatis. Die Facies visceralis enthält auch die Leberpforte (Porta hepatis) für den Ein- und Austritt der Leitungsbahnen (Ductus hepaticus communis, A. hepatica propria, V. portae hepatis). Den Umfang des Lig. hepatoduodenale kann man aus dem entsprechenden Schnittrand des Peritoneum viscerale um die Gefäßtrias herum ersehen. Es dient der Leber zusammen mit dem Lig. hepatogastricum als *„Mesohepaticum" dorsale* und ist topografisch ein Bestandteil des Omentum minus. Die zahlreichen Abdrücke benachbarter Organe erkennt man in dieser Deutlichkeit nur an einem chemisch fixierten Organ. Die Gallenblase liegt der Facies visceralis eng an, überragt den unteren Leberrand mit dem Fundus und richtet ihren Hals auf die Leberpforte aus, wo sie in Kontakt mit den extrahepatischen Gallenwegen tritt.



D Histologisches Bild eines Periportalfeldes
Hämytoxylin-Eosin-Färbung; mikroskopische Vergrößerung ca. 540×. Die makroskopisch zunächst noch sichtbare portale Trias verästelt sich bis in mikroskopische Dimensionen, d. h. bis hin zum bindegewebigen Periportalfeld. Hier wird die portale Trias dann als *periportale* oder *Glisson-Trias* bezeichnet, die A. hepatica propria heißt A. interlobularis (zwischen mehreren Lobuli liegend), die V. portae hepatis V. interlobularis und der Ductus hepaticus communis Ductus bilifer interlobularis. Diese Leitungsbahnen sind aufgrund ihres Kalibers, ihrer Wandstärke und ihres Wandaufbaus leicht auseinander zu halten:

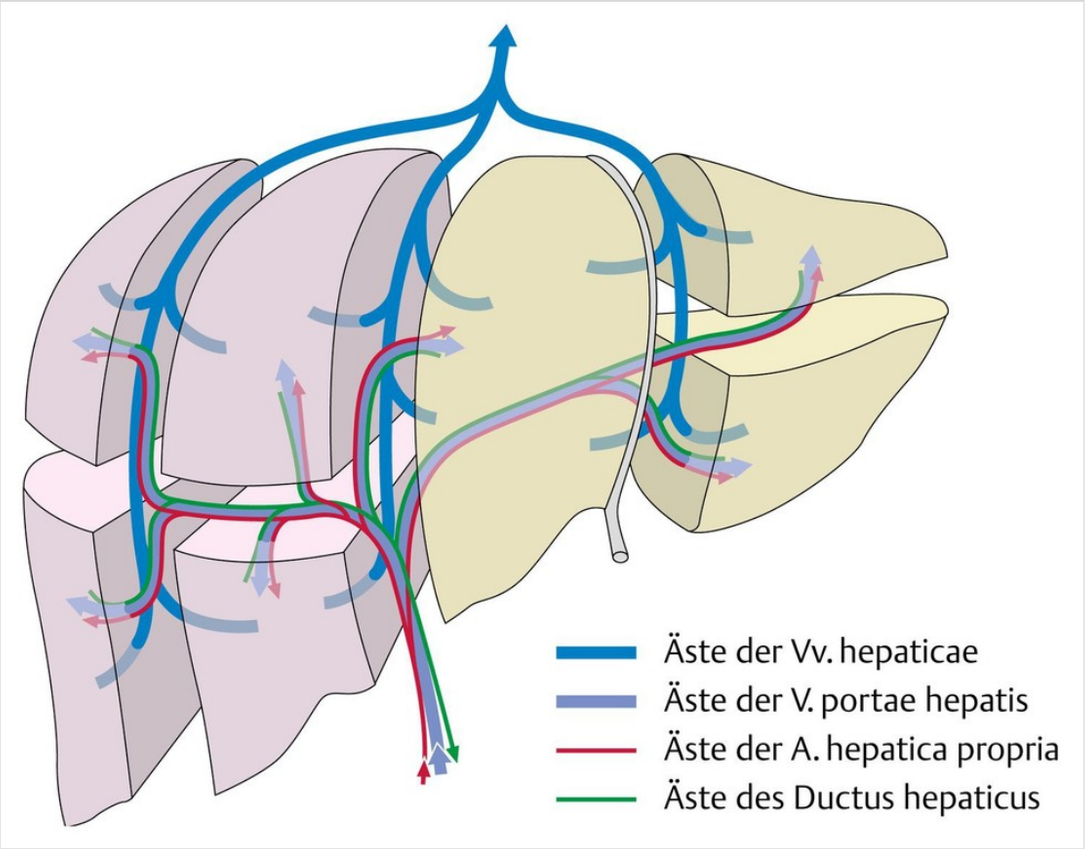
- A. interlobularis: starke Wandung, flaches Epithel, kleines Lumen,
- V. interlobularis: dünne Wandung, flaches Epithel, weites Lumen,
- Ductus bilifer interlobularis: prismatisches Epithel und enges Lumen.

Bei einer **Leberzirrhose** vermehrt sich das Bindegewebe der Leber, v. a. im periportalen Feld und im Bereich der Vv. centrales. Abgestorbene Hepatozyten werden durch Bindgewebe ersetzt (sog. Defektheilung). Im Bereich dieser „Narbe" veröden die Sinus, die kapillären Blutstrombahnen der Leber, so dass immer weniger Blut durch die Leber transportiert werden kann. Da die zuführenden Blutgefäße jedoch stets die gleiche Menge an Blut an die Leber heranführen, kommt es in den vorgeschalteten Gefäßen, insbesondere der V. portae hepatis, zu Blutstau und unphysiologischem Druckanstieg (portale Hypertension). Gegebenenfalls wird das Blut über Umgehungen (portokavale Anastomosen, s. S. 218) zum rechten Herz umgeleitet.



E Aufbau des Zentralvenenläppchens (Lobulus hepatis)
Aus der Kenntnis zahlreicher histologischer Schnitte (s. **D**) wurde dieses Strukturmodell entwickelt, das eine *räumliche* Vorstellung von einem Leberläppchen vermittelt. Es verdeutlicht, dass das polyedrische Leberläppchen aus Hepatozyten mit einer V. centralis im Zentrum besteht (daher die Bezeichnung „Zentralvenenläppchen"), die ihr Blut letztlich in die Vv. hepaticae leitet. Die periportale Trias (s. **D**) liegt in diesem Modell *zwischen* benachbarten Läppchen, dort, wo diese miteinander verbunden sind (daher die Bezeichnung A. u. V. sowie Ductus bilifer interlobularis).
Während A. u. V. interlobularis ihr Blut in Sinus weiterleiten, die mit einer stabilen Wand versehen sind (s. **D**), haben die Canaliculi biliferi, die die Galle zum Ductus interlobularis bilifer befördern, keine eigene Wand, verlaufen jedoch ebenfalls zwischen den Hepatozyten, wenn auch auf der anderen Seite. Bei einem Stau des Galleflusses zwischen benachbarten Hepatozyten (z. B. infolge einer Leberentzündung) können sich die Kontakte zwischen den Leberzellen lösen, es entsteht ein unphysiologisch aufgedehnter Zwischenraum, so dass die Galle aus dem Canaliculus bilifer zwischen zwei Leberzellen hindurch auf die andere Seite und damit in die Sinus, also ins Blut, gelangen kann. Die Folge ist eine Gelbsucht (Ikterus).

3.14 Leber: Segmente und Histologie



A Unterteilung der Leber in Segmente

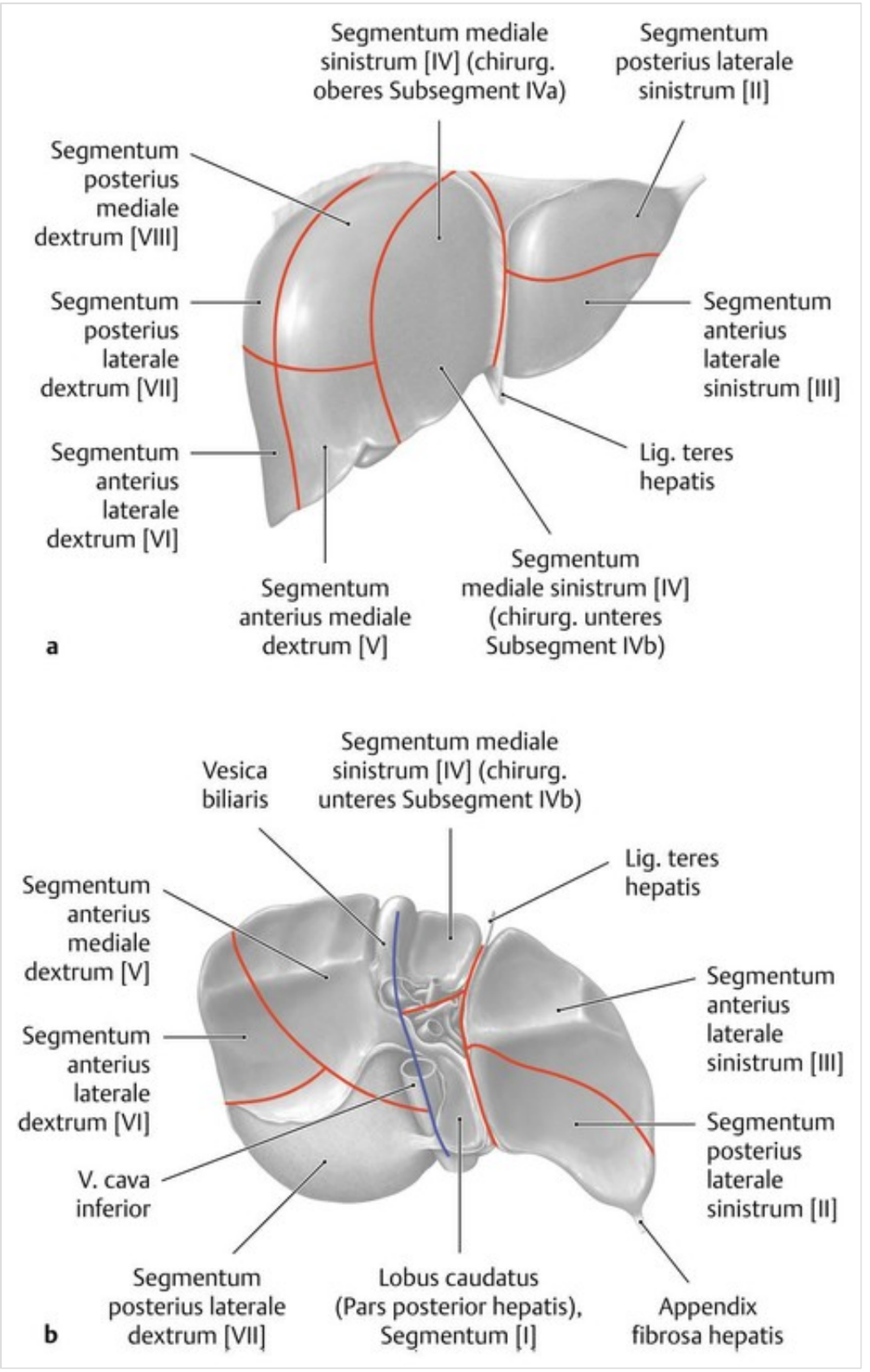
Ansicht von ventral. An der Porta hepatis ziehen A. hepatica propria, V. portae hepatis und Ductus hepaticus communis als *„portale Trias"* in die Leber hinein. Der zentrale Ast verzweigt sich zunächst in zwei größere Äste und unterteilt die Leber funktionell in eine Pars hepatis sinistra (gelblich) und eine Pars hepatis dextra (violett). Die Grenze zwischen beiden liegt auf einer gedachten Linie, die in etwa das Bett der Gallenblase mit dem der V. cava inferior verbindet (Kava-Gallenblasen-Linie, s. **Cb**), also nicht identisch mit der äußerlich sichtbaren Grenze ist, die das Lig. falciforme bildet (s. **C**). Die portale Trias teilt sich in den beiden großen Teilen so weiter auf, dass insgesamt acht Segmente entstehen, die funktionell mehr oder weniger unabhängig voneinander sind. So ist es möglich, operativ einzelne oder auch mehrere Segmente zu entfernen, ohne dass die Leber insgesamt Schaden nimmt. Darüber hinaus haben die verbleibenden Leberanteile ein hohes Regenerationspotenzial. Die Leber ist in dieser Darstellung an ihren virtuellen Segmentgrenzen „gesprengt", um Lage und Form der Segmente hervorzuheben (zur Bezeichnung der Segmente s. **B** u. **C**).

B Zuordnung der Lebersegmente zu Partes und Divisiones

Pars hepatis sinistra	• Pars posterior hepatis, Lobus caudatus	• Segmentum I
	• Divisio lateralis sinistra	

		▸ *Segmentum posterius laterale sinistrum* (= Segmentum II) ▸ *Segmentum anterius laterale sinistrum* (= Segmentum III)
	• Divisio medialis sinistra	▸ *Segmentum mediale sinistrum* (= Segmentum IV), unterteilt in Subsegment IVa (oben) und IVb (unten)
Pars hepatis dextra	• Divisio medialis dextra	▸ *Segmentum anterius* mediale dextrum (= Segmentum V) ▸ *Segmentum posterius* mediale dextrum (= Segmentum VIII)
	▸ Divisio lateralis dextra	▸ *Segmentum anterius laterale dextrum* (= Segmentum VI) ▸ *Segmentum posterius laterale dextrum* (= Segmentum VII)

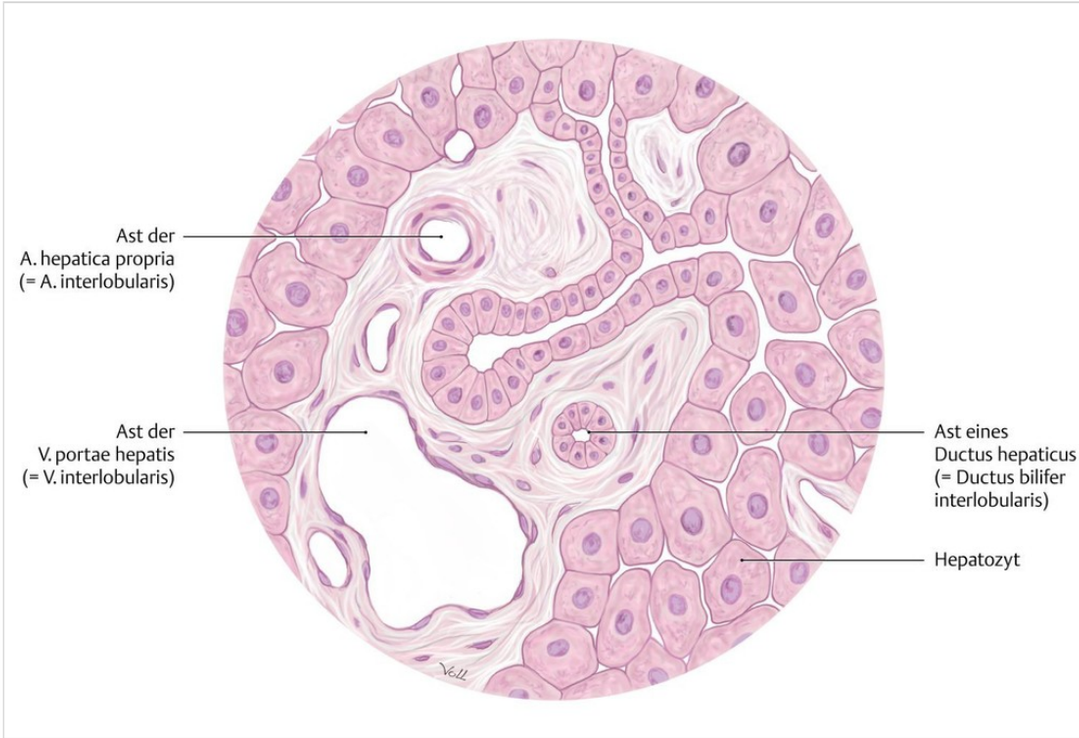
⤢ Tabelle vergrößern



C Projektion der Segmentgrenzen auf die Leberoberfläche

Sicht auf die Facies diaphragmatica (**a**) bzw. visceralis (**b**)*. Die durch die Aufteilung der portalen Gefäßtrias definierten Segmente (s. **A**) sind mit ihren virtuellen Grenzen auf die Oberfläche der Leber projiziert. So ist ein direkter Vergleich der am Gefäßbaum orientierten Segmenteinteilung mit der traditionellen Unterteilung der Leber in vier Lappen anhand äußerer morphologischer Kriterien möglich. Für klinische Belange werden die Segmente zu Partes und Divisiones zusammengefasst (s.**B**), da der operativ zu entfernende Leberteil nicht nur ein einzelnes Segment, sondern auch zwei benachbarte Segmente oder die gesamte Pars hepatis dextra oder sinistra umfassen kann. Um die Segmente sicher zu identifizieren, unterbindet der Chirurg die jeweils zuführenden Gefäße, bis sich das oder die Segmente aufgrund des Blutmangels entfärben.

* blaue Linie in **b**: Kava-Gallenblasen-Linie



D Histologisches Bild eines Periportalfeldes

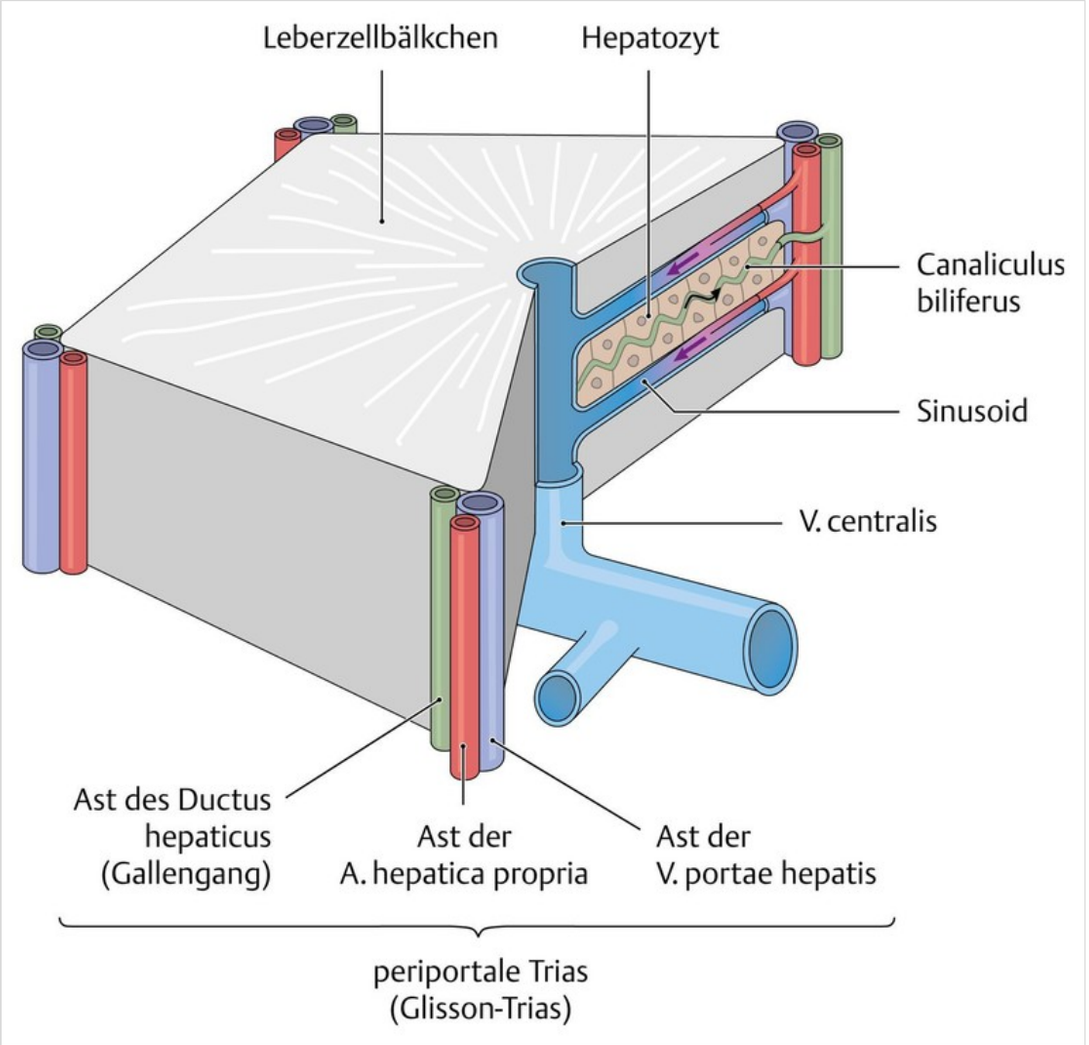
Hämytoxylin-Eosin-Färbung; mikroskopische Vergrößerung ca. 540 ×. Die makroskopisch zunächst noch sichtbare portale Trias verästelt sich bis in mikroskopische Dimensionen, d. h. bis hin zum bindegewebigen Periportalfeld. Hier wird die portale Trias dann als *periportale* oder *Glisson-Trias* bezeichnet, die A. hepatica propria heißt A. interlobularis (zwischen mehreren Lobuli liegend), die V. portae hepatis V. interlobularis und der Ductus hepaticus communis Ductus bilifer interlobularis. Diese Leitungsbahnen sind aufgrund ihres Kalibers, ihrer Wandstärke und ihres Wandaufbaus leicht auseinander zu halten:

• A. interlobularis: starke Wandung, flaches Epithel, kleines Lumen,

• V. interlobularis: dünne Wandung, flaches Epithel, weites Lumen,

• Ductus bilifer interlobularis: prismatisches Epithel und enges Lumen.

Bei einer **Leberzirrhose** vermehrt sich das Bindegewebe der Leber, v. a. im periportalen Feld und im Bereich der Vv. centrales. Abgestorbene Hepatozyten werden durch Bindgewebe ersetzt (sog. Defektheilung). Im Bereich dieser „Narbe" veröden die Sinus, die kapillären Blutstrombahnen der Leber, so dass immer weniger Blut durch die Leber transportiert werden kann. Da die zuführenden Blutgefäße jedoch stets die gleiche Menge an Blut an die Leber heranführen, kommt es in den vorgeschalteten Gefäßen, insbesondere der V. portae hepatis, zu Blutstau und unphysiologischem Druckanstieg (portale Hypertension). Gegebenenfalls wird das Blut über Umgehungen (portokavale Anastomosen, s. Venöse Anastomosen in Abdomen und Becken) zum rechten Herz umgeleitet.

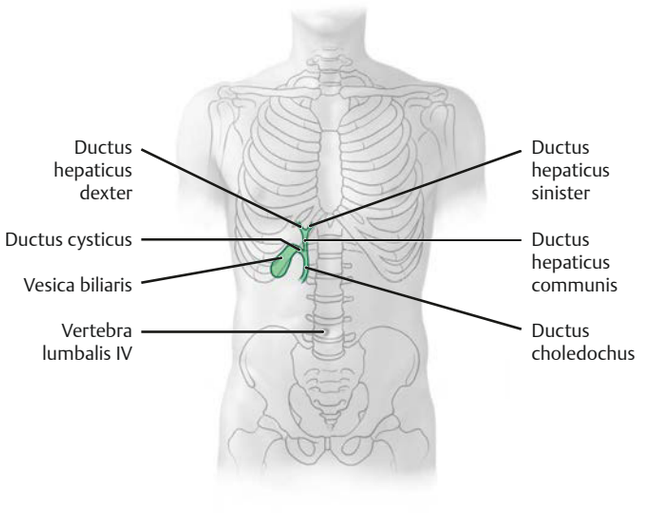


E Aufbau des Zentralvenenläppchens (Lobulus hepatis)

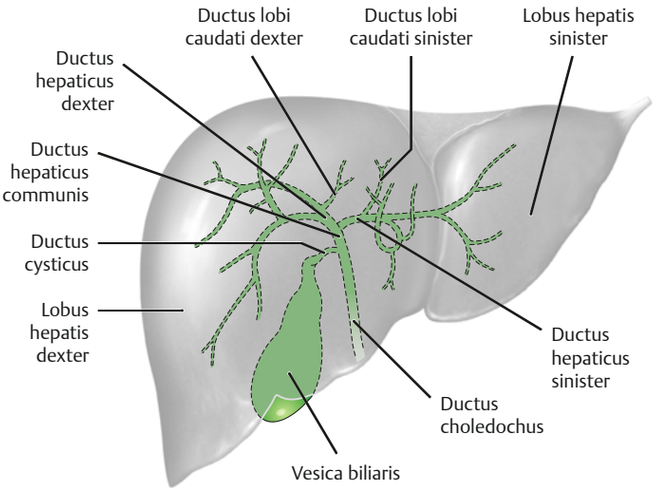
Aus der Kenntnis zahlreicher histologischer Schnitte (s. **D**) wurde dieses Strukturmodell entwickelt, das eine *räumliche* Vorstellung von einem Leberläppchen vermittelt. Es verdeutlicht, dass das polyedrische Leberläppchen aus Hepatozyten mit einer V. centralis im Zentrum besteht (daher die Bezeichnung „Zentralvenenläppchen"), die ihr Blut letztlich in die Vv. hepaticae leitet. Die periportale Trias (s. **D**) liegt in diesem Modell *zwischen* benachbarten Läppchen, dort, wo diese miteinander verbunden sind (daher die Bezeichnung A. u. V. sowie Ductus bilifer interlobularis).

Während A. u. V. interlobularis ihr Blut in Sinus weiterleiten, die mit einer stabilen Wand versehen sind (s. **D**), haben die Canaliculi biliferi, die die Galle zum Ductus interlobularis bilifer befördern, keine eigene Wand, verlaufen jedoch ebenfalls zwischen den Hepatozyten, wenn auch auf der anderen Seite. Bei einem Stau des Galleflusses zwischen benachbarten Hepatozyten (z. B. infolge einer Leberentzündung) können sich die Kontakte zwischen den Leberzellen lösen, es entsteht ein unphysiologisch aufgedehnter Zwischenraum, so dass die Galle aus dem Canaliculus bilifer zwischen zwei Leberzellen hindurch auf die andere Seite und damit in die Sinus, also ins Blut, gelangen kann. Die Folge ist eine Gelbsucht (Ikterus).

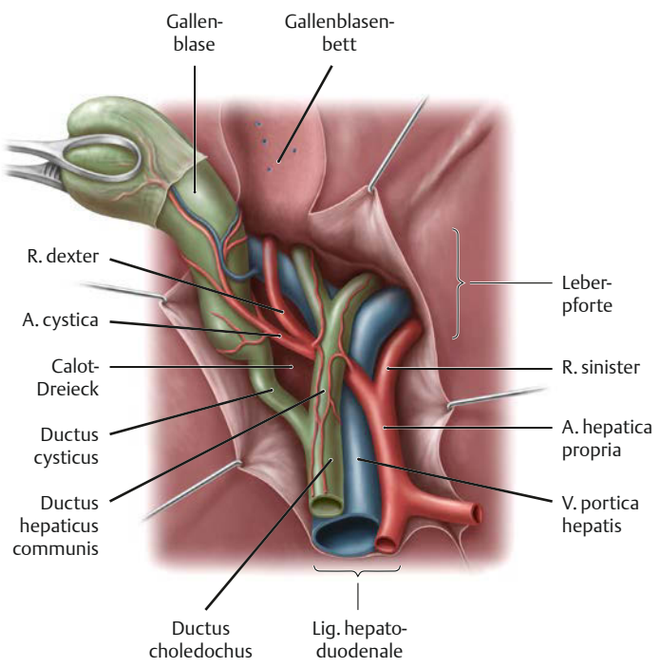
3.15 Gallenblase (Vesica biliaris)



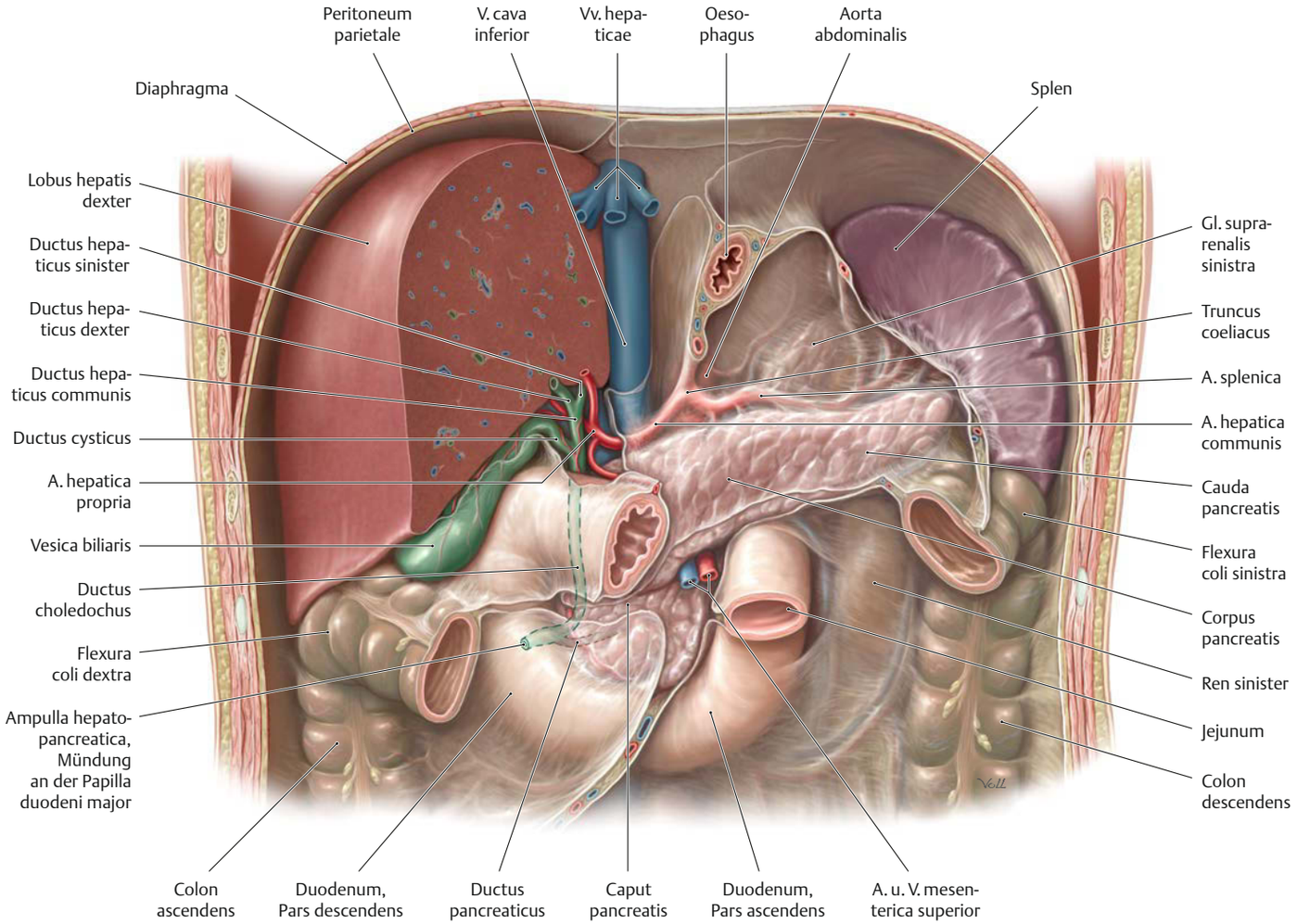
A Projektion der extrahepatischen Gallenwege auf das Skelett
Die Gallenblase erscheint in der rechten Medioklavikularlinie am Unterrand der 9. Rippe. Die Mündung des Ductus choledochus (i. Allg. gemeinsam mit dem Ductus pancreaticus auf der Papilla duodeni major) liegt etwa in Höhe des LWK II. Etwa in Höhe von LWK I/II tritt die Gallenblase unter dem rechten Rippenbogen hervor. Hier besteht bei bestimmten Erkrankungen der Gallenblase (z. B. bei einer Entzündung) Druckschmerz.



B Projektion der intra- und extrahepatischen Gallenwege auf die Leberoberfläche
Ansicht von ventral. Die Galle fließt über die Canaliculi biliferi (nicht zu sehen, da mikroskopisch klein) in die kleinen Gallekanälchen (Ductus biliferi interlobulares) in der Glisson-Trias (s. S. 255). Diese fließen zu immer größeren Einheiten zusammen, die schließlich ein Lebersegment drainieren. Alle Segmente geben ihre Galle letztlich in zwei große Sammelgefäße ab, den Ductus hepaticus sinister und dexter, die noch innerhalb der Leber jeweils die kleinen Ductus lobi caudati dexter und sinister aufnehmen. Ductus hepaticus dexter (aus der Pars hepatis dextra) und sinister (aus der Pars hepatis sinistra) vereinigen sich zum Ductus hepaticus communis. In den Ductus hepaticus communis mündet nach kurzem Verlauf End-zu-Seit der Ausführungsgang der Gallenblase, Ductus cysticus. Der gemeinsame weitere Abschnitt dieser beiden Gänge wird als Ductus choledochus bezeichnet.



C Topografie des Calot-Dreiecks (Trigonum cystohepaticum) an der Leberpforte
Ansicht von ventral-kaudal. Der vordere rechte Leberrand ist nach oben gedrängt und die Gallenblase aus ihrem Bett herausgelöst und nach rechts gezogen. Das Peritoneum im Bereich der Leberpforte und des Lig. hepatoduodenale ist eröffnet. Zur besseren Übersicht sind Nerven, Lymphknoten und -bahnen entfernt (nach von Lanz u. Wachsmuth). Verletzungen der extrahepatischen Gallenwege entstehen zu 95 % intraoperativ, am häufigsten nach Cholezystektomie. Insbesondere bei minimal invasiver Gallenblasenentfernung (laparoskopische Cholezystektomie) steht die exakte Identifizierung der anatomischen Strukturen im Mittelpunkt der Operationstechnik. Daher sollte vor Durchtrennung der A. cystica und des Ductus cysticus das sog. Calot-Dreieck zwischen A. cystica, Ductus cysticus und Ductus hepaticus communis dargestellt werden. Hierzu wird der Gallenblasenfundus gefasst und die Gallenblase nach rechts oben gezogen. Dadurch spannt sich das Calot-Dreieck auf, und man kann die zu durchtrennenden Strukturen freipräparieren, ligieren und mit Clips versorgen.



D Lagebeziehung der Gallenwege zu den Nachbarorganen
Sicht von ventral in den Oberbauchsitus. Magen, Dünndarm, Colon transversum und große Teile der Leber entfernt, Peritoneum im Bereich des Lig. hepatoduodenale ist aufgetrennt. Die Gallenblase liegt direkt auf der Facies visceralis der Leber in der Fossa vesicae biliaris. Der Ductus choledochus zieht hinter dem Duodenum in Richtung Pankreaskopf und durch diesen hindurch. Nach dem Durchtritt vereinigt er sich oft, wie hier dargestellt, mit dem Ductus pancreaticus: Beide Gänge münden dann gemeinsam auf der Papilla duodeni major in der Pars descendens duodeni (s. S. 258).

E Gallenflüssigkeit: Sekretion, Zusammensetzung und Funktion

Sekretion:
Die Galle wird als dünnflüssiges Sekret (bis zu 1200 ml/Tag) von der Leber gebildet *(Lebergalle)* und nach Entzug von Wasser und Salzen in der Gallenblase gespeichert *(Blasengalle)* bzw. über die ableitenden Gallenwege ins Duodenum geleitet. Treibende Kraft für die Gallensekretion sind ATP-verbrauchende Pumpen, die v. a. Gallensäuren und andere Stoffe in die Gallekanälchen transportieren und Wasser osmotisch nachziehen.

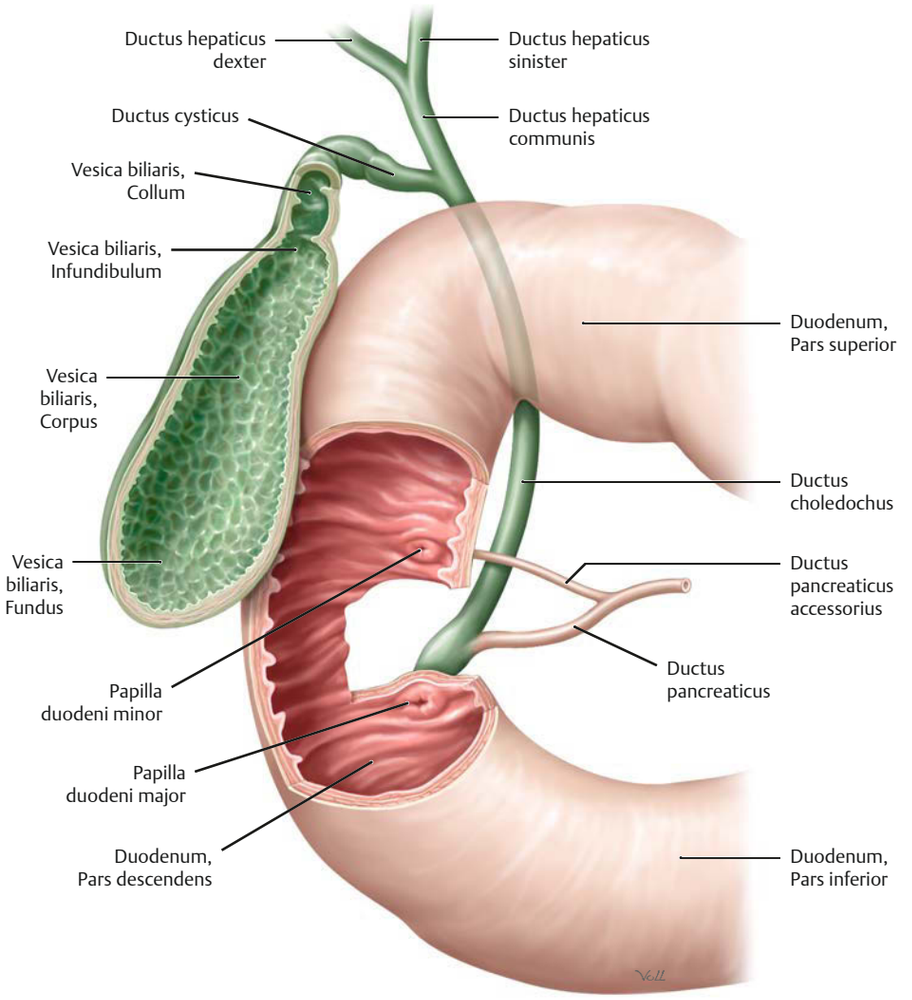
Zusammensetzung:
Wasser, Gallensäuren bzw. ihre Salze (z. B. Cholat, Desoxycholat), Phospholipide (v. a. Lecithin), Gallenfarbstoffe (z. B. Bilirubin), Cholesterin, anorganische Salze etc.

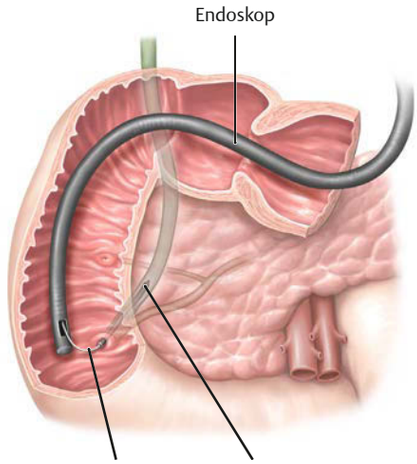
Enterohepatischer Kreislauf:
98 % der in die Galle sezernierten Gallensalze werden im terminalen Ileum wieder resorbiert, über das Pfortaderblut zur Leber zurücktransportiert und von den Hepatozyten erneut sezerniert; auf diese Weise werden die Gallensalze bis zu 10 mal täglich wiederverwendet, bevor sie mit dem Stuhl verloren gehen.

Funktion:
Die Gallenflüssigkeit hat im Wesentlichen zwei wichtige Funktionen:
- Fettresorption im Dünndarm: Die Gallensalze emulgieren zusammen mit Phospholipiden die wasserunlöslichen Nahrungslipide (durch Bildung von Lipidmizellen);
- Vehikel zur Ausscheidung von Cholesterin und anderen Abfallprodukten (z. B. von Bilirubin, das aus dem Hämoglobinabbau stammt).

Gallensteine:
Sie entstehen durch die Veränderung der Gallenzusammensetzung (Cholesterin- und Pigmentsteine bzw. deren Mischformen). Die Steine selbst verursachen häufig keine Symptome. Erst die Obstruktion oder Entzündung der Gallenwege infolge der Steine führt zu Beschwerden (Cholelithiasis, Cholezystitis).

3.16 Extrahepatische Gallenwege und Ductus pancreaticus





a

b

A Gliederung der extrahepatischen Gallenwege

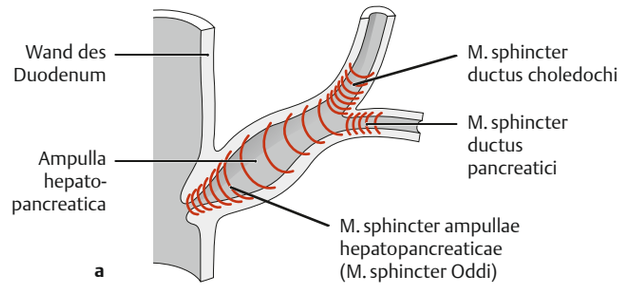
Ansicht von ventral. Gallenblase eröffnet, Duodenum eröffnet und gefenstert; die Schleimhautoberfläche der Gallenblase mit netzartig angeordneten Falten wird sichtbar. Zwischen den Falten kann sich die Schleimhaut zu tiefen Krypten einsenken, in denen sich Bakterien ansiedeln können (Gefahr der Gallenblasenentzündung). Der Hauptteil der Gallenblase ist das *Corpus vesicae biliaris*, das über den Gallenblasentrichter (Infundibulum vesicae biliaris) in den Hals (Collum vesicae biliaris) übergeht. Der Hals mündet in den Gallenblasengang (Ductus cysticus), dieser End-zu-Seit in den Ductus hepaticus communis, der aus der Vereinigung von *Ductus hepaticus dexter* und *sinister* hervorgeht. Der große Gallengang (Zusammenfluss von Ductus cysticus und Ductus hepaticus communis) wird dann als *Ductus choledochus* bezeichnet. In ihn mündet oft der Ductus pancreaticus, so dass beide Gänge ihre Verdauungssekrete über die Papilla duodeni major (Papilla Vateri) in das Duodenum leiten. Hier ist neben der Papilla duodeni major noch eine kranial gelegene Papilla duodeni minor dargestellt. Der zugehörige weitere Pankreasgang (Ductus pancreaticus accessorius) kreuzt vor dem Gallengang. Die Abbildung zeigt die Verhältnisse bei normaler Entwicklung des Pancreas aus zwei Anlagen (zu Varianten s. **D**).

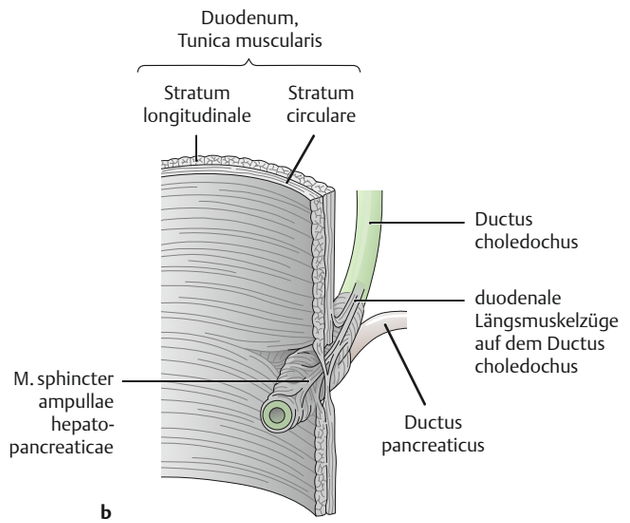
Beachte: Die gemeinsame Mündung von Ductus choledochus und Ductus pancreaticus hat zwei wichtige Konsequenzen: Ein Tumor im Pankreaskopf kann den Ductus choledochus verlegen (Gallerückstau in die Leber mit „Gelbsucht"); ein Gallenstein, der von der Gallenblase in den Ductus choledochus verlagert wurde, kann im gemeinsamen Endstück seinerseits den Ductus pancreaticus verlegen! Der Stau des Pankreassekretes führt oft zu einer lebensbedrohlichen Pankreasentzündung (Pankreatitis).

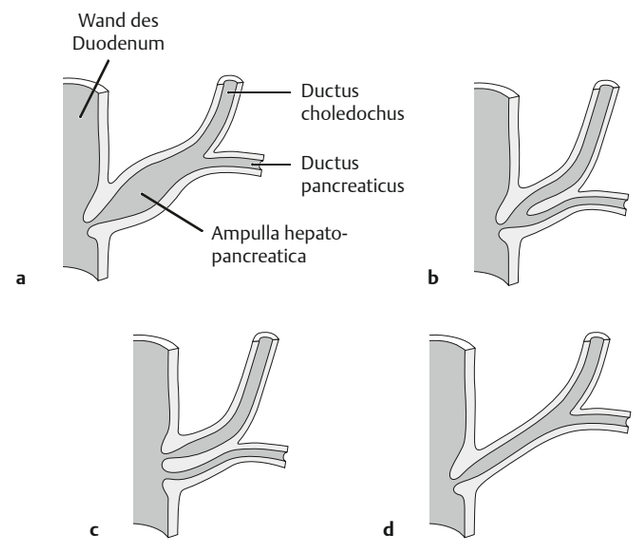
B Endoskopische retrograde Cholangiopankreatikographie (ERCP)

a Ansicht von ventral, Duodenum vorne eröffnet.; **b** Darstellung der entsprechenden Region mit der ERCP (**b** aus: Möller, T. B., E. Reif: Taschenatlas der Röntgenanatomie, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).

Die ERCP ist ein Verfahren, mit dem man Gallenwege, Gallenblase und Pankreasgang unter Einsatz von Röntgenkontrastmittel (s. **b**) darstellen kann: Über ein Endoskop wird unter Sicht die Papilla duodeni (major oder minor) aufgesucht und ein Kontrastmittel in die Papillenöffnung injiziert. Das mit Kontrastmittel gefüllte Gangsystem lässt sich dann im Röntgenbild beurteilen. Gleichzeitig bietet die ERCP z. B. auch die Möglichkeit, mittels einer an der Endoskopspitze angebrachten Schneidmechanik Gallensteine zu entfernen, die an der Papille im Gang festhängen (endoskopische Papillotomie). So verbindet die ERCP Diagnose und Therapie.





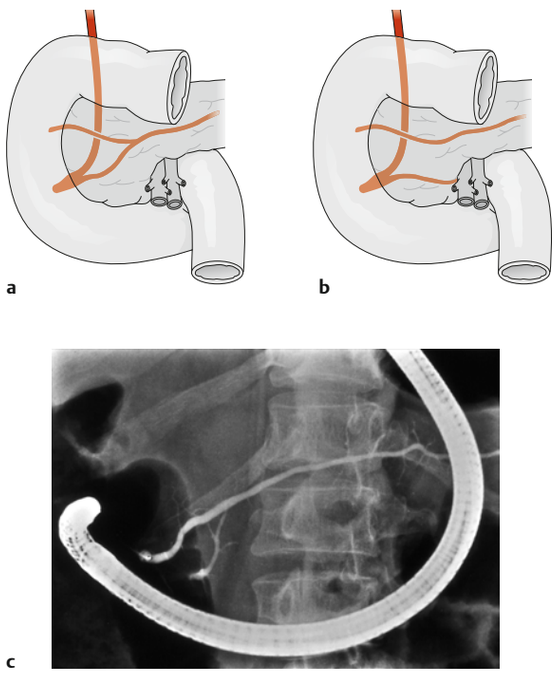


C Funktion und Aufbau des Sphinktersystems

a Sphinkteren von Ductus choledochus und pancreaticus. Beide Gänge haben ihr eigenes Sphinktersystem (M. sphincter ductus choledochi und M. sphincter ductus pancreatici). Bei gemeinsamer Mündung beider Gänge und ausgeprägter Ampulle trägt die Ampulla hepatopancreatica einen zusätzlichen eigenen Sphinkter (M. sphincter ampullae hepatopancreaticae).

b Einbau des Sphinktersystems in die Duodenumwand. Die Muskulatur beider Gänge geht in die Sphinktermuskulatur der Ampulla hepatopancreatica über, die die Duodenumwand durchzieht.

Beachte: Das ampulläre Sphinktersystem arbeitet unabhängig von der zirkulären Muskelschicht der Duodenumwand, so dass die Sphinkterwirkung am Gangsystem auch bei entspannter Wandmuskulatur erhalten bleibt: Die Sphinkteren sind in Verdauungsruhe (Duodenum entspannt) kontrahiert, Galle wird angestaut. Nach der Aufnahme von Nahrung öffnet sich das Sphinktersystem, und Galle wird in das Duodenum geleitet. Das Sphinktersystem ist eine physiologische Engstelle. Hier kann ein Stein der Gallenblase hängen bleiben mit Rückstau von Galle und Pankreassekret (Pankreatitis s. **A**). Funktion der Sphinkteren, Abgabe von Blasengalle durch die Gallenblase und hepatische Galleproduktion werden einerseits durch das vegetative Nervensystem (v. a. Parasympathikus), andererseits durch gastrointestinale Hormone (z. B. Cholezystokinin und Sekretin) gesteuert.



D Extrahepatische Gallenwege: Regelfall und Varianten

Varianten der Mündungen von Ductus choledochus und Ductus pancreaticus.

a Regelfall: Beide Gänge münden in der Papilla duodeni major über eine gemeinsame Ampulle (häufigste Form).

b–d Varianten:

b Die gemeinsame Ampulle ist mehr oder weniger vollständig septiert bis hin zur Doppelmündung (s. **c**);

c Doppelmündung beider Gänge in der Papille;

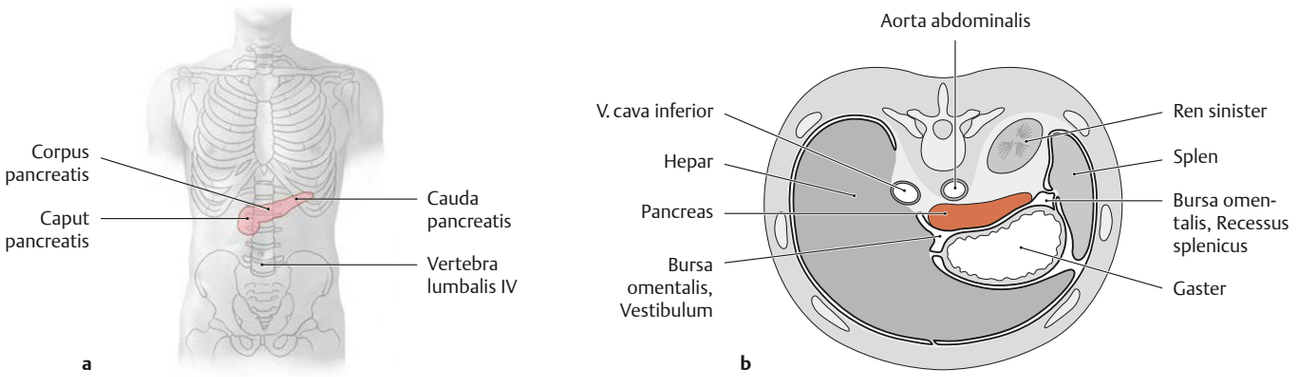
d Mündung ohne echte Ampulle.

E Pancreas: Regelfall und Varianten

a Pankreasanlagen regelrecht verschmolzen; **b** Pancreas divisum (bis zu 10 % der untersuchten Patienten!); **c** Pancreas divisum in der ERCP (**c** aus: Brambs, H.-J.: Pareto-Reihe Radiologie. Gastrointestinales System. Thieme, Stuttgart 2007).

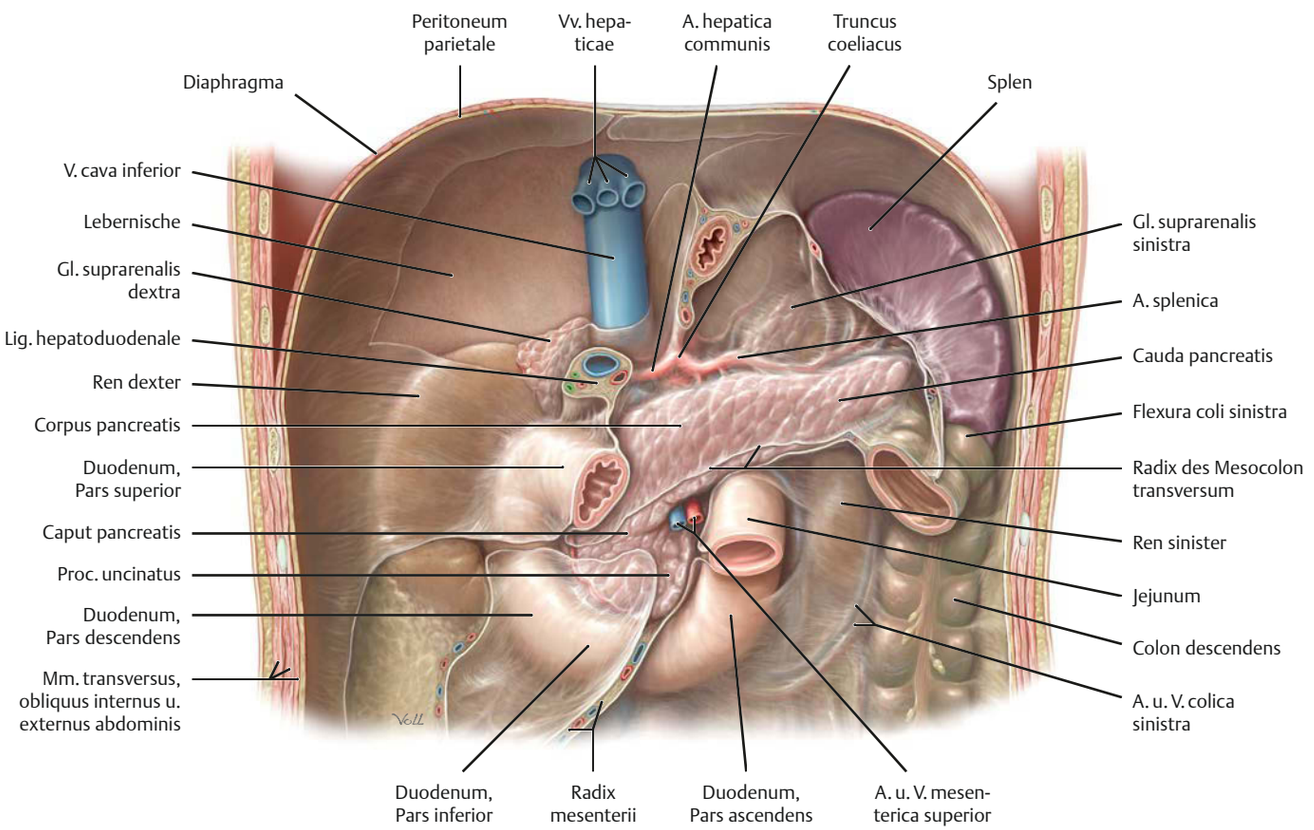
Wenn dorsaler und ventraler Anteil der embryonalen Pankreasanlage nicht miteinander verschmelzen (s. S. 43), entsteht ein geteiltes Pancreas (Pancreas divisum; ohne Krankheitswert, meist Zufallsbefund). Die Gänge beider Anlagen bleiben komplett getrennt. Der Gang der ventralen Anlage mündet meist auf der Papilla duodeni major, der Gang der dorsalen Anlage auf der Papilla duodeni minor. In der ERCP (s. **c**) wurden beide Gänge getrennt über die beiden Papillen gefüllt.

3.17 Bauchspeicheldrüse (Pancreas)

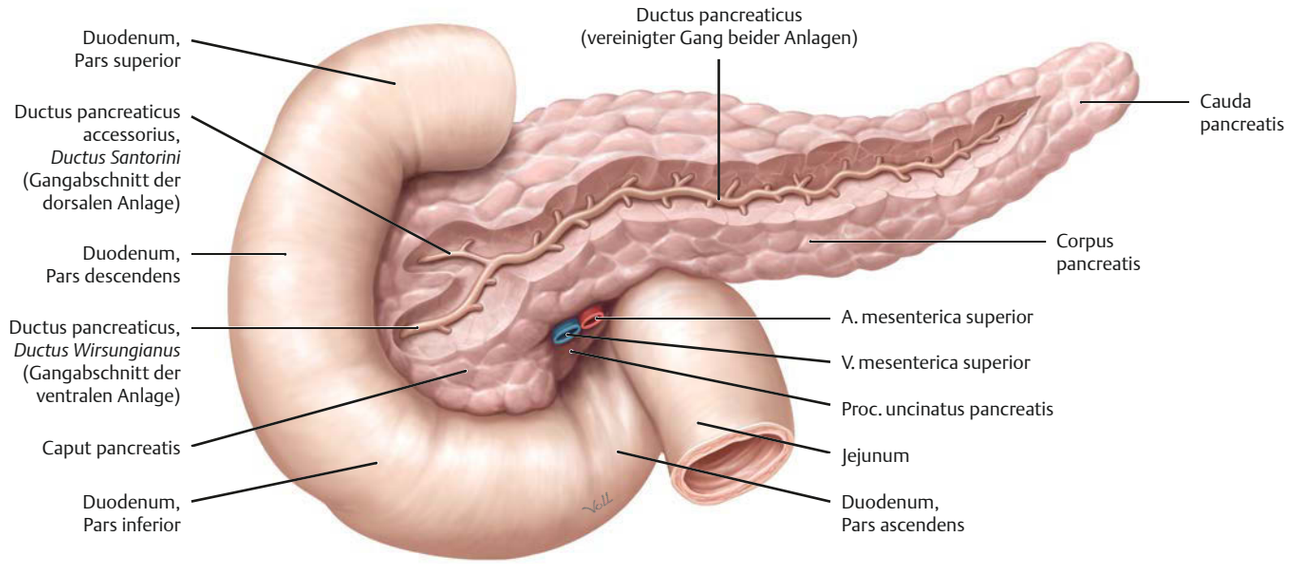


A Lage des Pancreas
a Projektion auf die Wirbelsäule; **b** Horizontalschnitt durch das Abdomen etwa in Höhe BWK XII/LWK I, Ansicht von kranial.
Beachte: Das Caput pancreatis liegt unterhalb der Schnittebene, so dass das Pancreas hier verkürzt erscheint.

Das Pancreas liegt als langgestrecktes Organ quer im Oberbauch, zum größten Teil im Bereich der Regio epigastrica. Während das Corpus pancreatis größtenteils auf Höhe des 1. Lendenwirbelkörpers (LWK I) liegt, reicht das nach rechts weisende Caput pancreatis bis zu LWK II. Die Cauda pancreatis kann sich im linken Oberbauch bis nahe an die Milz erstrecken. Schmerzen bei Pankreaserkrankungen werden oft gürtelförmig im oberen Abdomen und sogar im unteren Thoraxbereich empfunden (s. S. 284).



B Pancreas in situ
Ansicht von ventral. Leber, Magen, Dünndarm und Dickdarm oral der Flexura coli sinistra sind entfernt. Zur besseren Übersicht über die Strukturen im Spatium retroperitoneale (in der Nachbarschaft des Pancreas) ist das retroperitoneale Binde- und Fettgewebe ebenso wie die Capsula adiposa renis nur sehr zart dargestellt. Das Pancreas liegt sekundär retroperitoneal an der Rückwand der Bursa omentalis. Sein Kopfteil (Caput pancreatis) legt sich eng in die nach links konkave C-Kurve des Duodenum. Über seine Vorderfläche läuft die Anheftungsstelle des Mesocolon transversum. Aufgrund dieser Lage hinter bzw. in der Nähe von anderen Organen und großen Gefäßen ist der chirurgische Zugang zum Pancreas schwer. Gleichzeitig ist diese Nähe Ursache dafür, dass Pankreastumoren v. a. auf die A. u. V. mesenterica superior übergreifen, diese umwachsen und einmauern können (Durchblutungsstörungen der abhängigen Organe, wie z. B. Jejunum, Ileum, Colon ascendens). Ebenso können Entzündungen und Tumoren des Pankreaskopfes den großen Gallengang verlegen (Stauungsikterus!).

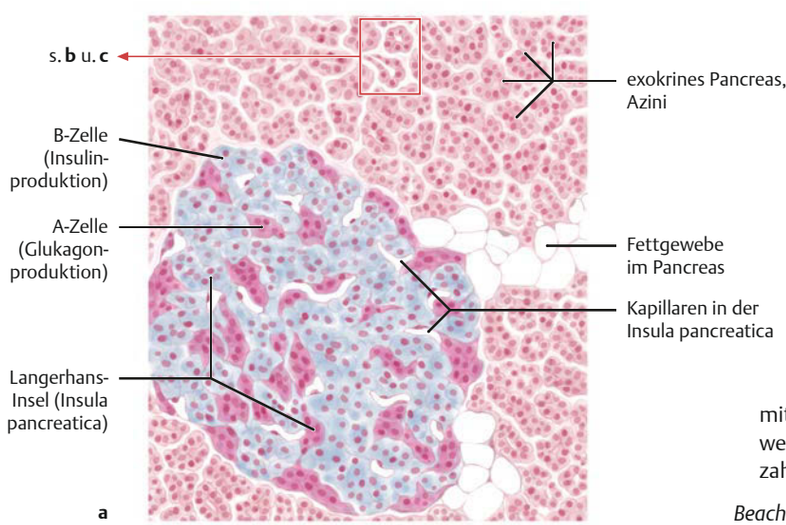


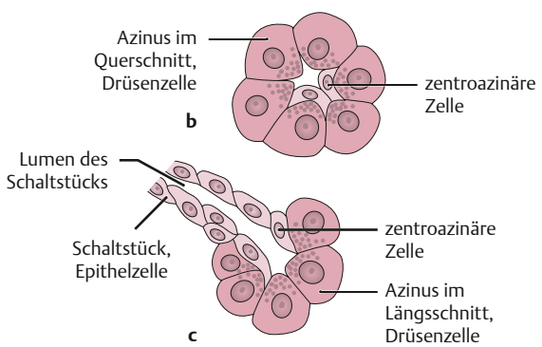
C Lage und Verlauf des Pankreasgangs

Ansicht von ventral, Pancreas vorne z. T. aufgeschnitten.

Die Gänge der ehemals getrennten ventralen und dorsalen Pankreasanlagen haben sich fast auf ganzer Länge zu einem Gang vereinigt, der (zusammen mit dem verbleibenden kleinen Gangabschnitt der ventralen Anlage im Caput pancreatis) als Pankreashauptgang *(Ductus pancreaticus)* bezeichnet wird (= häufigster Fall). Er durchzieht das Pancreas auf ganzer Länge und mündet auf der Papilla duodeni major von links in die Pars descendens duodeni, meist gemeinsam mit dem Ductus choledochus. Der kleine *Ductus pancreaticus accessorius* (Rest des ehemals dorsalen Pankreasgangs im Caput pancreatis) mündet auf der Papilla duodeni minor (s. S. 259). Mehrere Gangvarianten kommen vor:

- beide Gänge bleiben im gesamten Pancreas getrennt und münden auf zwei Papillen (= Pancreas divisum, s. S. 259),
- beide Gänge vereinigen sich zu einem, der auf einer Papille mündet,
- in beiden Fällen ist es möglich, dass zusätzlich der Ductus choledochus separat in das Duodenum mündet (selten).





D Histologischer Aufbau des Pancreas

a Pankreasgewebe; **b** u. **c** Ausschnitt aus **a**: Azinus im stärker vergrößerten Quer- und Längsschnitt.

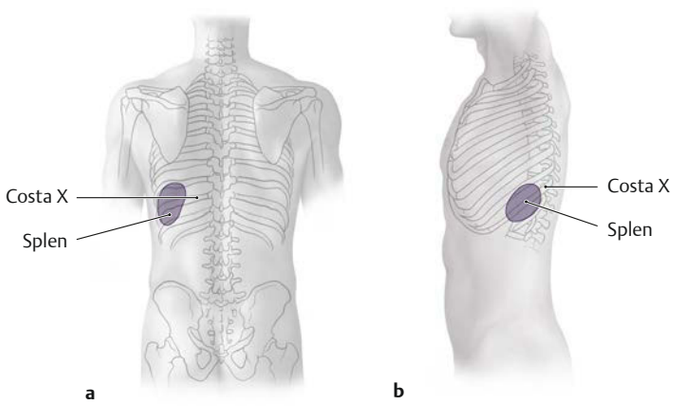
a Histologisch besteht das Pancreas aus zwei funktionell getrennten Abschnitten:

- **exokrines Pancreas** (98 % der Organmasse, hellrosa): Vielzahl beerenförmiger Drüsen (Azini, s. **b** u. **c**);
- **endokrines Pancreas** (2 %) sog. Inselapparat: ca. 1 Million inselartig im exokrinen Pankreasgewebe verteilte Epithelzellen (Langerhans-Inseln, Insulae pancreaticae), bei denen sich grob A- und B-Zellen (20 bzw. 80 % der Inselzellen) unterscheiden lassen. Sie produzieren Insulin (Blutzuckersenkung) bzw. das Hormon Glukagon. Sog. D- und F-Zellen produzieren u. a. noch Somatostatin oder pankreatisches Polypeptid. Beide Zellarten können histologisch aber erst mit Spezialfärbungen sichtbar gemacht werden. Alle Hormone werden direkt von den Inselzellen in das Blut abgegeben (deshalb zahlreiche Kapillaren an den Inseln).

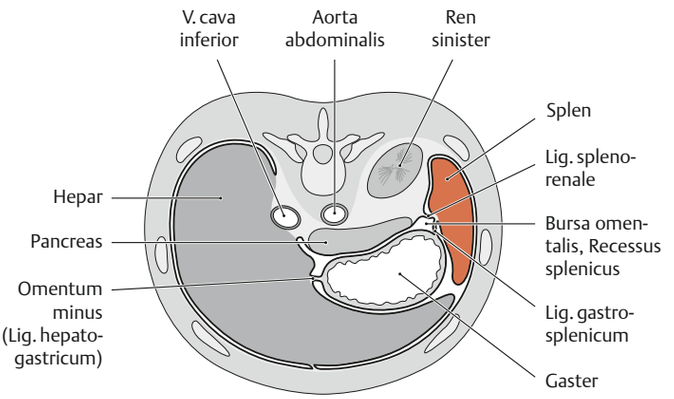
Beachte: Ein Untergang der B-Zellen sowie Mangel- oder Fehlproduktion von Insulin führen zum Krankheitsbild des Diabetes mellitus.

b Die **Azinuszellen** im exokrinen Pancreas produzieren pro Tag ca. 2 l „Bauchspeichel", ein enzymreiches Sekret (Proteine), das sie über den Pankreasgang in das Duodenum abgeben. Es unterstützt die Verdauungsvorgänge im Darm. Eine Unterfunktion des exokrinen Pancreas führt daher zu verminderter Verdauungsleistung (= Maldigestion).
Beachte: Azinuszellen färben sich bei den üblichen histologischen Techniken generell kräftig an. Trotzdem erscheinen sie im histologischen Bild nicht einheitlich dunkel. Die sekretableitenden Abschnitte (Schaltstücke) sind deutlich schwächer gefärbt als die sekretproduzierenden. Da sich der 1. Abschnitt dieser Schaltstücke jeweils in das stärker gefärbte Zentrum des Azinus einstülpt, heben sich Anfangsteil des Schaltstücks und Zentrum des Azinus im histologischen Bild gut gegeneinander ab. Diese ersten Abschnitte der Schaltstücke, die im Azinuszentrum liegen, aber zum sekretableitenden Teil des Azinus gehören, werden als zentroazinäre Zellen bezeichnet. Es gibt sie nur im Pancreas.

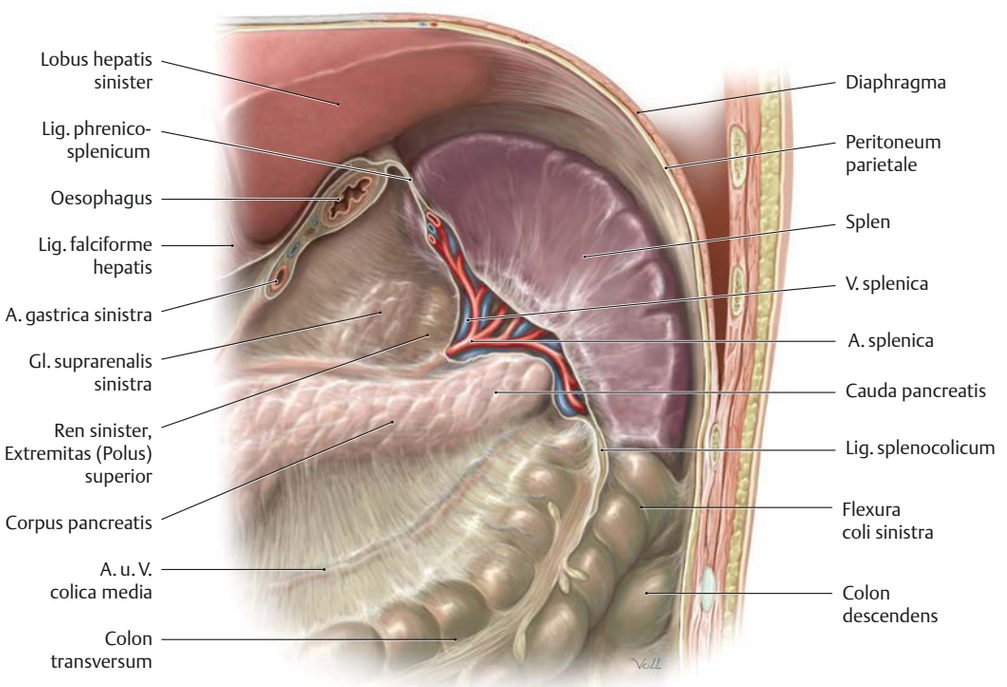
3.18 Milz (Splen, Lien)



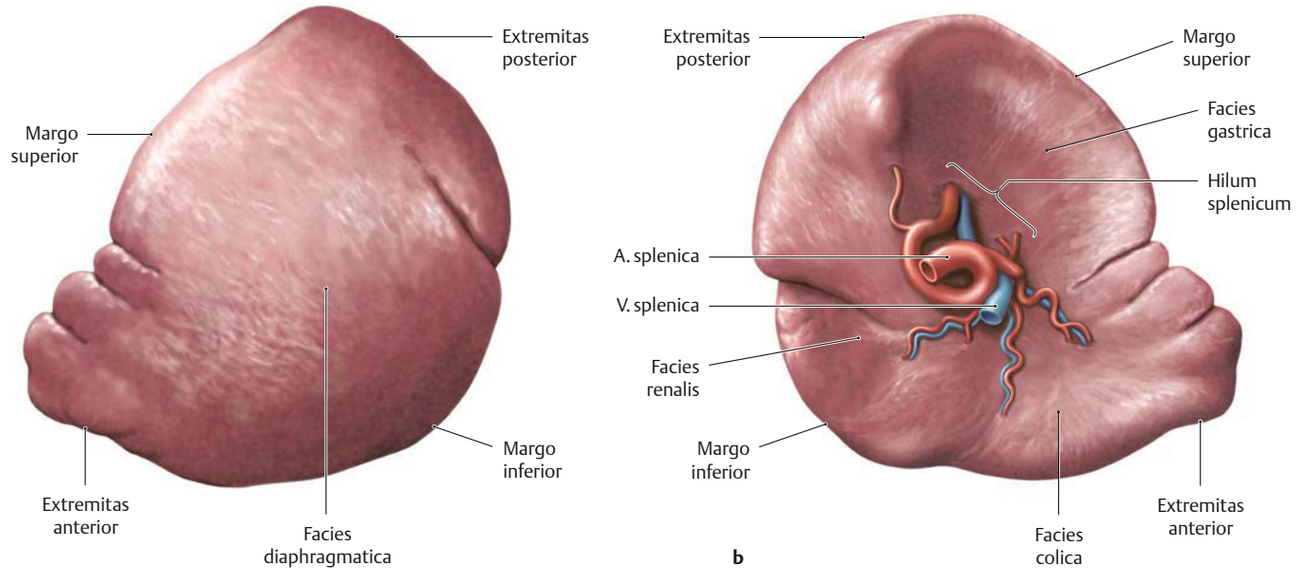
A Projektion der Milz auf das Skelett
Ansicht von dorsal (**a**) bzw. von links (**b**). Die Milz liegt im linken Oberbauch. Ihre Lage ist stark atemabhängig, da sie in ihrer Position unmittelbar unterhalb des Zwerchfells direkt von den Bewegungen des Diaphragmas betroffen ist, an dem sie allerdings im Gegensatz zur Leber nicht festgewachsen ist. Bei mittlerer Atemlage kreuzt ihr Hilum die 10. Rippe links. Eine gesunde, nicht vergrößerte Milz ist i. Allg. nicht tastbar.



B Lage der Milz
Horizonalschnitt durch das Abdomen, Ansicht von kranial, Schnitt aus mehreren Ebenen zusammengesetzt, um die räumliche Lagebeziehung der Milz zu den Nachbarorganen zu demonstrieren. Die intraperitoneale Milz liegt in einer Nische und ist über Bauchfellduplikaturen mit der hinteren Leibeswand (Lig. splenorenale) und mit dem Magen (Lig. gastrosplenicum) verbunden. Die Bursa omentalis erstreckt sich mit einer Ausbuchtung (Recessus splenicus) bis zur Milz.

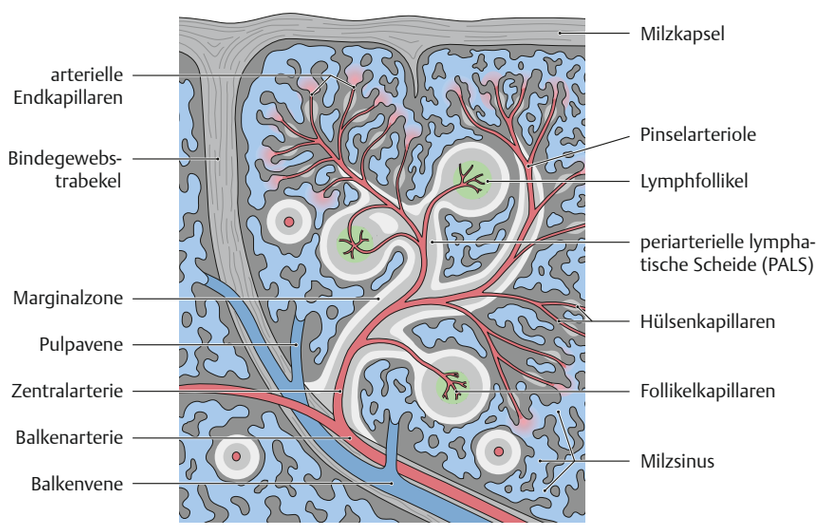


C Milz (Splen, Lien) in situ: Peritonealverhältnisse
Sicht von ventral in den linken Oberbauch, Magen entfernt. Bei einer krankhaften Vergrößerung der Milz kann das Organ erheblich auf Magen und Colon drücken und Schmerzen verursachen. In der Abbildung erkennt man die enge Nachbarschaft der Milz zur Cauda pancreatis und zur Flexura coli sinistra, die deshalb auch Flexura splenica heißt.
Beachte die Peritonealbrücke zwischen Milz und Colon transversum (Lig. splenocolicum, Teil des Omentum majus): Das Omentum majus ist entwicklungsgeschichtlich ein dorsales Mesenterium, in dem sich die Milz entwickelt. Erst im Rahmen der Magendrehung wird die ursprünglich hinter dem Darmrohr liegende Milz in den linken Oberbauch verlagert. Über das Lig. splenocolicum behält sie jedoch ihren Bezug zum dorsalen Mesenterium. Eine Dehnung des Peritonealbezuges und des Lig. splenocolicum soll bei einer Anschwellung der Milz infolge körperlicher Anstrengung zum sog. „Seitenstechen" führen.



D Milz (Splen, Lien): Form und Oberfläche

Sicht auf die Facies costalis (**a**) und visceralis (**b**). Die Milzform ist außerordentlich variabel. Da das sehr weiche Organ jedoch von einer recht festen, bindegewebigen Kapsel überzogen ist, ist die äußere Form relativ konstant („Kaffeebohnenform"). Eine chirurgische Naht des weichen Milzgewebes ist sehr schwierig. Therapeutische Milzentfernungen nach Milzverletzungen sind daher nicht selten, da sonst die Gefahr einer inneren Blutung in die Cavitas peritonealis besteht. Die Milzgefäße, die am Hilum splenicum in die Milz eintreten oder aus der Milz austreten, verlaufen i. Allg. geschlängelt und sind meist mehrfach gewunden.



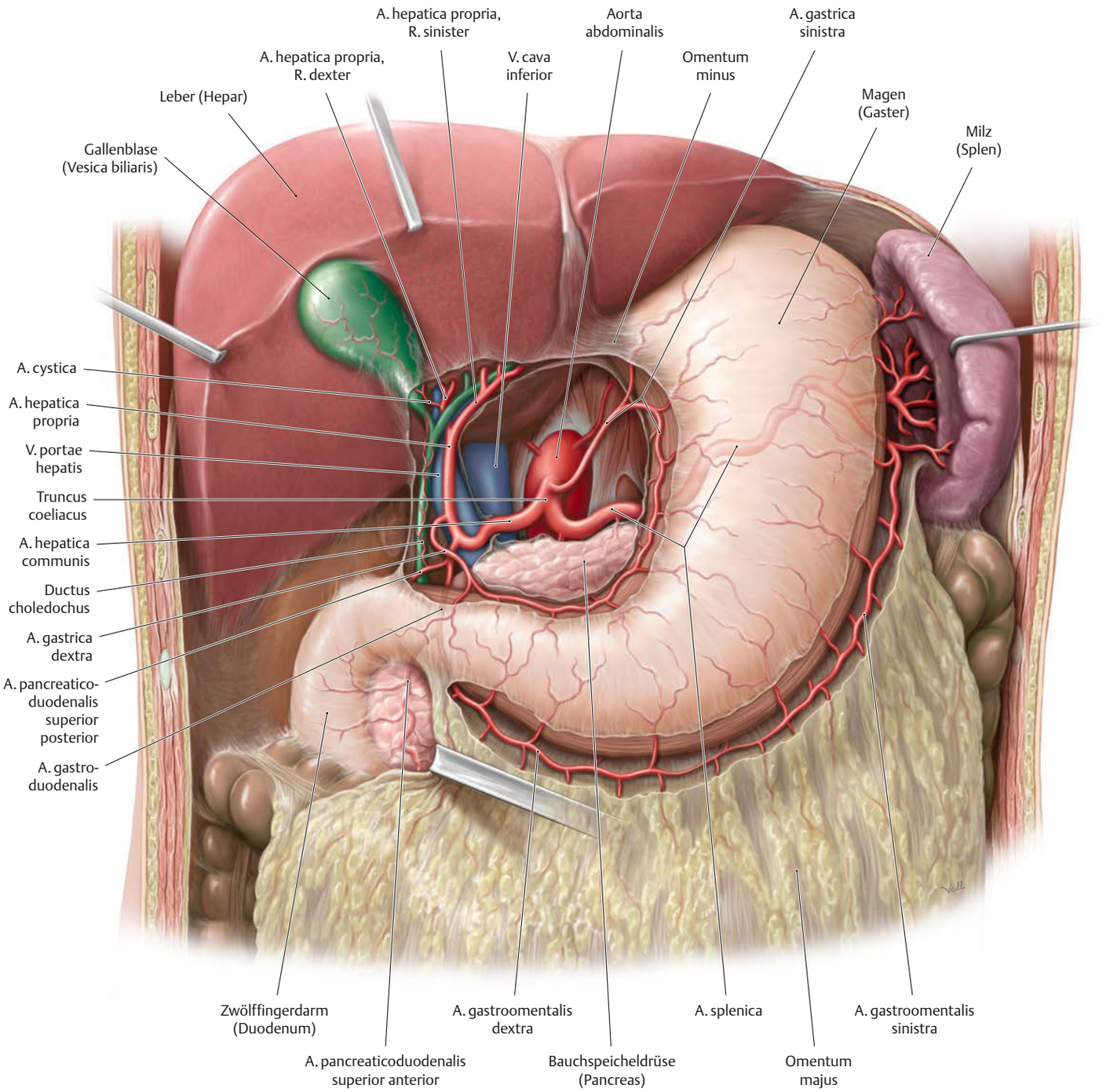
E Histologischer Aufbau der Milz

Die Milz ist das größte lymphatische Einzelorgan, das als einziges sekundäres, lymphatisches Organ funktionell in den Blutstrom eingeschaltet ist („Mauserung", s. u.). Von ihrer festen fibrösen Kapsel ziehen bindegewebige Züge (Bindegewebstrabekel) in Richtung Milzhilum und untergliedern das Milzgewebe in kleine Kammern. Die Verzweigungen der Bindegewebstrabekel und der darin verlaufenden Gefäße (sog. *Balkenarterien* bzw. *-venen*) bestimmen die Architektur der Milz. Zwischen den Bindegewebstrabekeln liegt ein Maschenwerk aus feinem retikulärem Bindegewebe, die Milzpulpa. Mit dem Eintritt in die Milzpulpa werden die Blutgefäße als *Pulpaarterien* (Zentralarterien) bzw. *-venen* bezeichnet. Die Milzpulpa wird in rote und weiße Pulpa unterteilt:

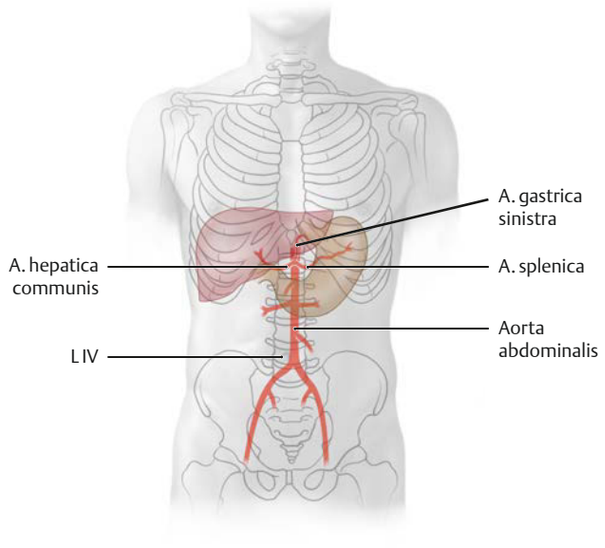
- rote Pulpa: Hohlräume (sog. Milzsinus), die am lebenden Organ stark durchblutet sind (Ansammlung großer Erythrozytenmassen), woraus Farbe und Bezeichnung resultieren (im histologischen Präparat hier erscheint die Pulpa natürlich blutleer und farblos); dient der „Mauserung" gealterter und funktionell eingeschränkter Erythrozyten; die zahlreichen Sinus innerhalb des retikulären Maschenwerks machen die Milz schwammartig weich;
- weiße Pulpa: Milzknötchen (Malpighi-Körperchen) = unterschiedlich große Ansammlungen von Lymphozyten (periarterielle Lymphozytenscheiden, Lymphfollikel); stehen ganz im Dienst der immunologischen Abwehrreaktion.

Die Lymphozytenansammlungen der weißen Pulpa umhüllen die Zentralarterien in unterschiedlicher Weise, so dass ein enger Kontakt zwischen Blut und Lymphozyten gewährleistet ist. Die Zentralarterien leiten ihr Blut nach zahlreichen Verzweigungen in die Sinus der roten Pulpa. Von dort wird das Blut über Pulpavenen den Balkenvenen zugeführt, die es wiederum in die V. splenica leiten.

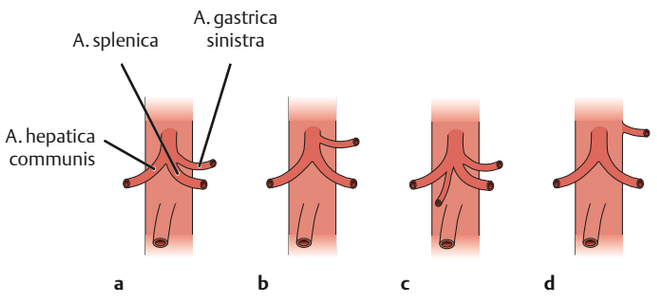
3.19 Äste des Truncus coeliacus: Arterien zu Magen, Leber und Gallenblase



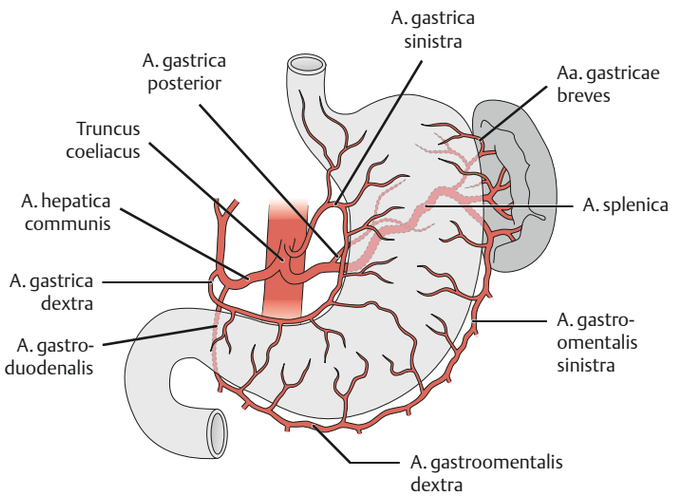
A Truncus coeliacus und Arterien zu Magen, Leber und Gallenblase
Ansicht von ventral. Omentum minus eröffnet zur Sicht auf den Truncus. Omentum majus eingeschnitten zur Darstellung der Aa. gastroomentales.
Der Truncus coeliacus ist der 1. ventrale Eingeweideast der Aorta abdominalis (s. S. 211) und nur etwa 1 cm lang. Da in 25 % der Fälle *drei* Arterienäste von ihm abzweigen, wie hier dargestellt, wird er auch als *Tripus Halleri = Dreifuß* bezeichnet. Zu den Varianten des Truncus coeliacus, s. **C**.
Beachte, dass die A. hepatica propria gemeinsam mit der V. portae hepatis und dem Ductus choledochus durch das Lig. hepatoduodenale – einen Teil des Omentum minus – zur Leber zieht. Diese Gefäße müssen bei operativen Eingriffen an Gallenblase und Gallengang beachtet werden.



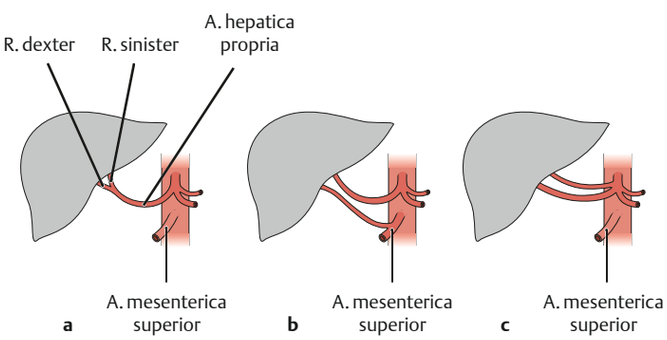
B Projektion des Truncus coeliacus auf die Wirbelsäule (Th XII) sowie Lage zu Leber und Magen
Der Truncus coeliacus wird auch als Tripus Halleri = Dreifuß bezeichnet.



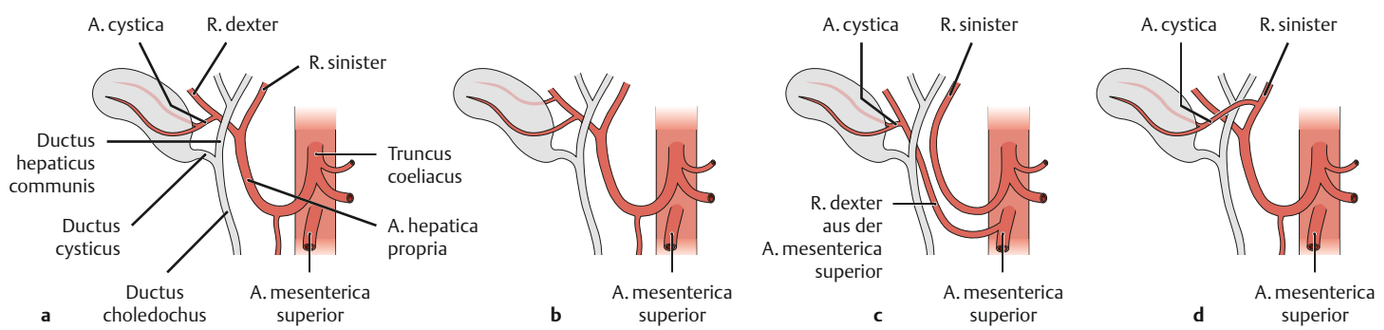
C Varianten des Truncus coeliacus (nach Lippert u. Pabst)
a A. hepatica communis, A. gastrica sinistra und A. splenica haben einen gemeinsamen Ursprung (Tripus Halleri), Häufigkeit ca. 25 %.
b Aufteilung des Truncus coeliacus in eine A. gastrica sinistra und eine A. hepatosplenica, ca. 50 %.
c Der Truncus coeliacus hat einen 4. Ast zum Pancreas, ca. 10 %.
d Direkter Ursprung der A. gastrica sinistra aus der Aorta abdominalis, ca. 5 %. Alle anderen Varianten sind seltener als 5 %.



D Arterien des Magens
Beachte, dass die Magen*hinterwand* von der A. gastrica posterior versorgt wird, die in 60 % der Fälle aus der A. splenica hervorgeht. Auch bei den Magenarterien gibt es Varianten, auf die aber hier im Interesse der Übersichtlichkeit nicht eingegangen wird.

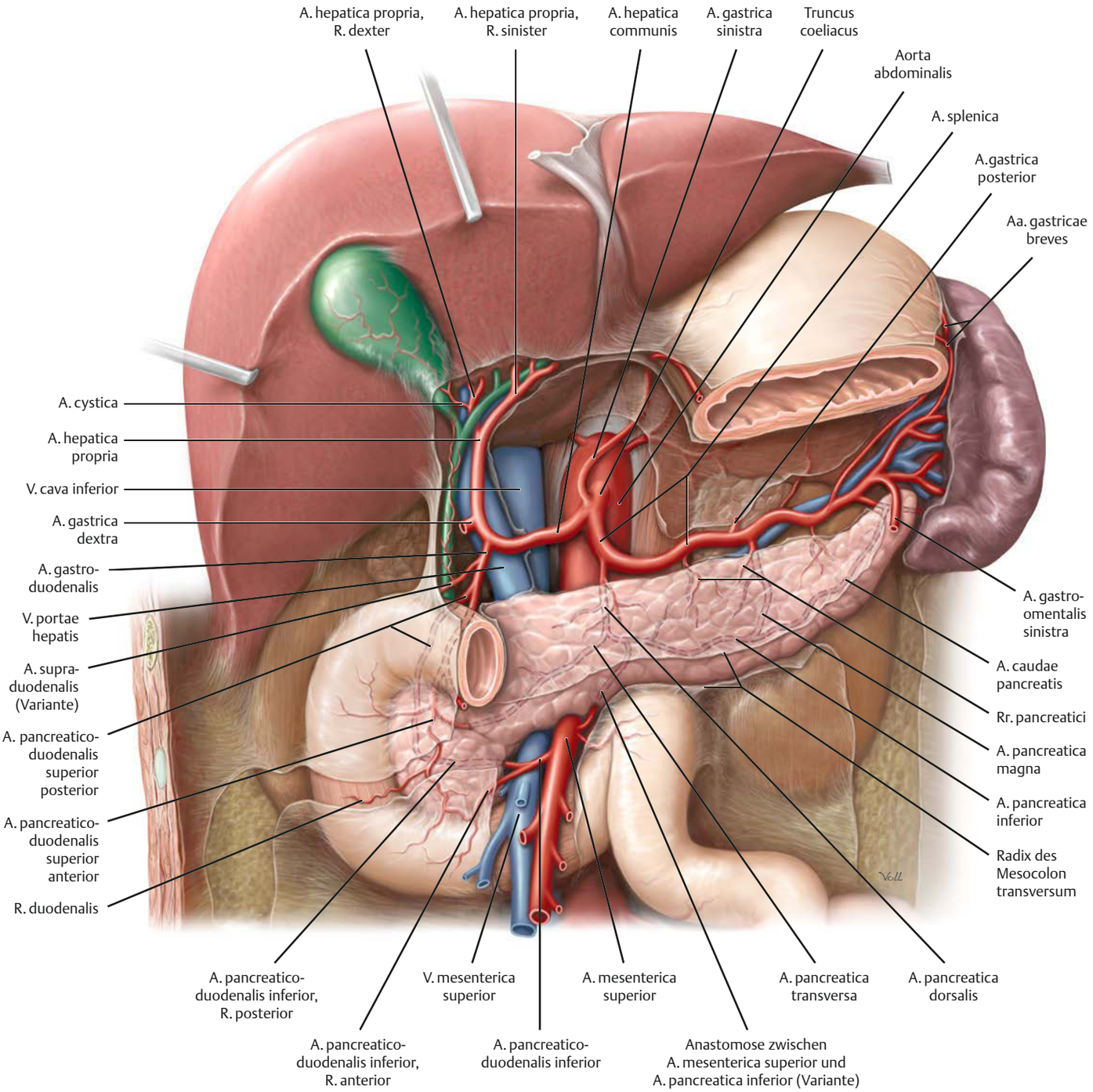


E Varianten der arteriellen Leberversorgung (nach Lippert u. Pabst)
a Typische Aufteilung der A. hepatica propria in R. dexter/sinister, Häufigkeit ca. 75 %.
b Ursprung des R. dexter aus der A. mesenterica superior in ca. 10 % der Fälle.
c Getrennter Ursprung beider Äste aus dem Truncus coeliacus (weniger als 5 %).

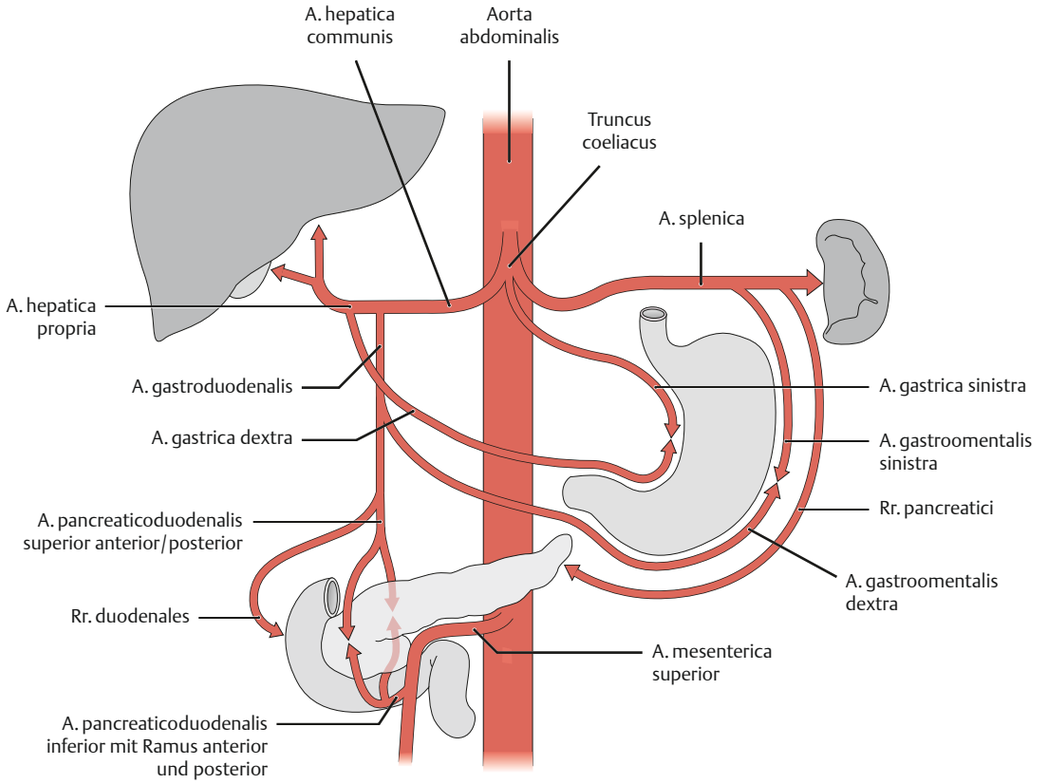


F Häufigste Varianten der A. cystica (nach Lippert u. Pabst)
a A. cystica spaltet sich auf und zieht zur Vorder- und Rückfläche der Gallenblase (46 % der Fälle).
b Zwei Aa. cysticae versorgen die Gallenblase (13 % der Fälle).
c A. cystica als Ast des R. dexter aus der A. mesenterica superior (12 % der Fälle).
d A. cystica als Ast des R. sinister der A. hepatica propia (5 % der Fälle).

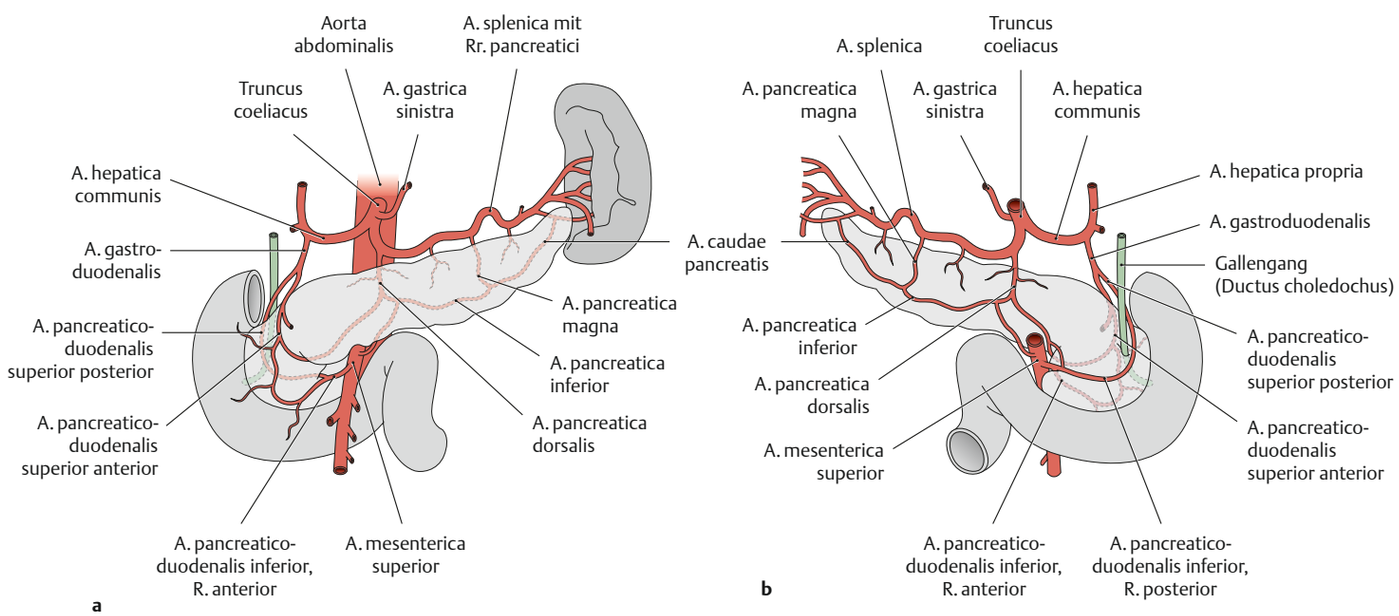
3.20 Äste des Truncus coeliacus: Arterien zu Pancreas, Duodenum und Milz



A Truncus coeliacus und Arterien zu Pancreas, Duodenum und Milz
Oberbauchsitus, Ansicht von ventral; Corpus gastricum, Pylorus, Omentum minus und Kolon entfernt; Peritoneum parietale zur besseren Sicht auf die Gefäße teilweise abgetragen.
Die A. gastrica sinistra zieht nach links oben zur kleinen Magenkurvatur, die A. hepatica propria nach rechts im Lig. hepatoduodenale (hier aufgeschnitten) zur Leber. Die A. splenica gibt auf ihrem Weg nach links zur Milz auch Äste von oben an das Pancreas ab und (milznah) zum Magen die A. gastroomentalis sinistra. Die A. (und V.) mesenterica superior gelangen auf ihrem Weg nach kaudal in unmittelbarer Nähe des Pankreaskopfes (unter Astabgabe an das Pankreas, s. **C**). Tumoren des Pancreas können hier die Arterie oder die Vene komprimieren und die Ver- und Entsorgung der abhängigen Organe stören. Der Truncus coeliacus ist die oberste der drei Gefäßetagen zur arteriellen Versorgung der Organe des Verdauungssystems (und der Milz).

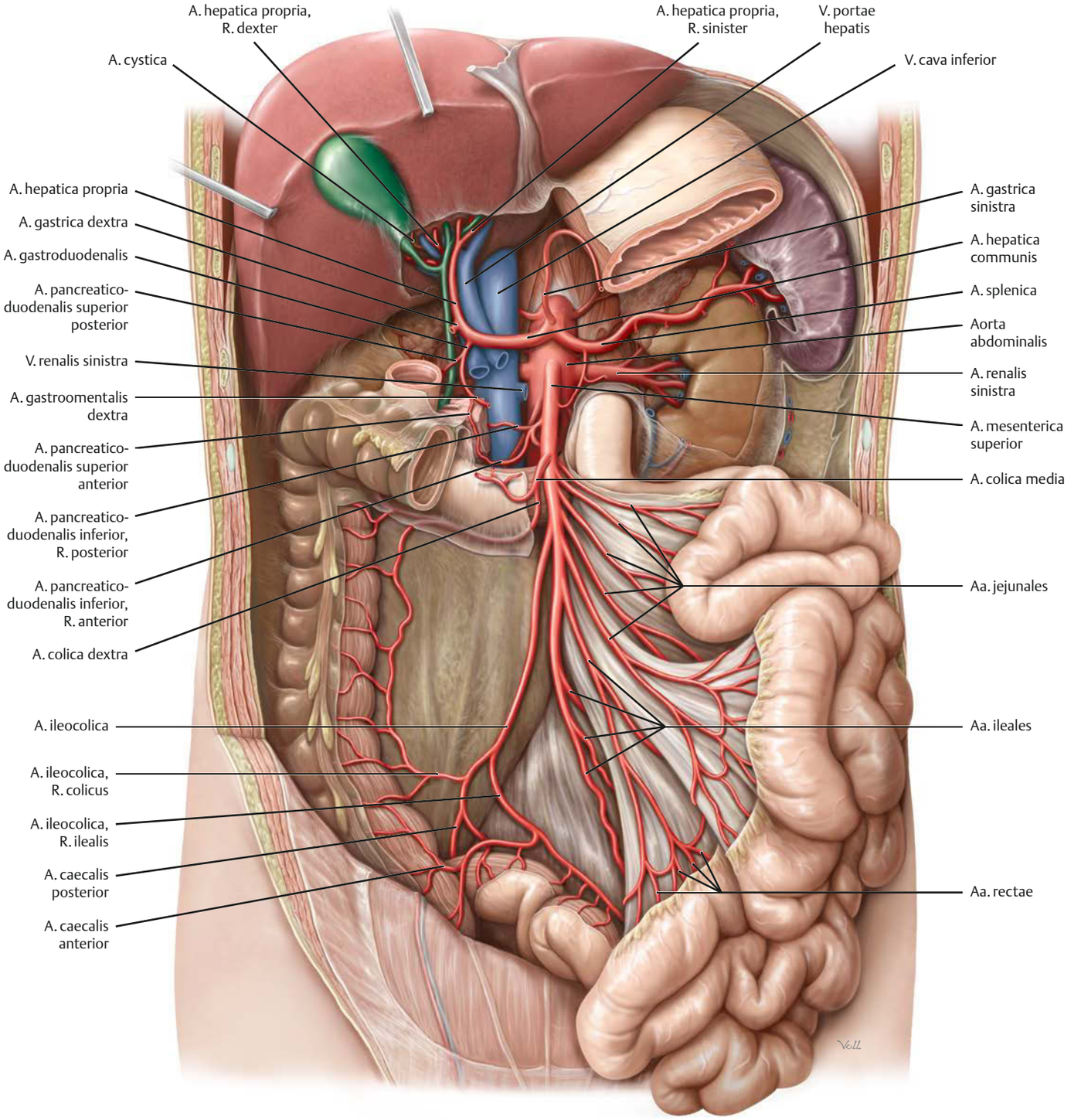


B Überblick über das arterielle Versorgungsgebiet des Truncus coeliacus insgesamt
Beachte: Das Pancreas wird zusätzlich von Ästen der A. mesenterica superior versorgt.

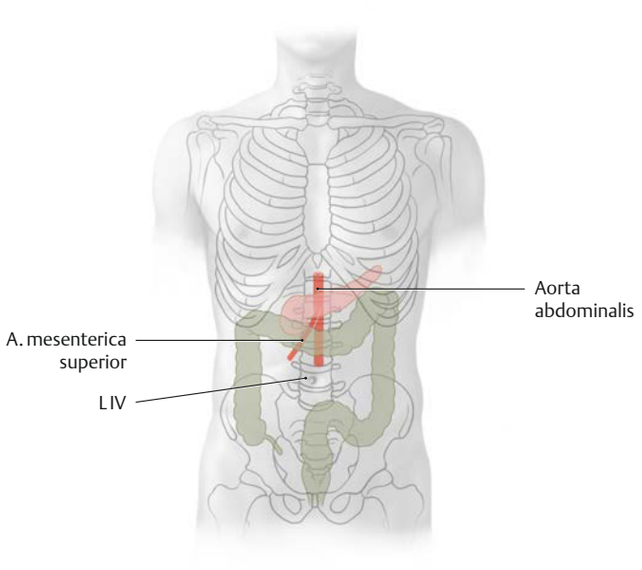


C Arterielle Versorgung des Pancreas
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal. Der Truncus coeliacus und die A. mesenterica superior wurden hier unmittelbar nach ihrem Abgang aus der Aorta abdominalis durchtrennt.
Beachte, dass die arterielle Versorgung des Pancreas nicht ausschließlich über den Truncus coeliacus erfolgt, sondern zusätzlich über Äste der A. mesenterica superior. Dieser einerseits kraniale und andererseits kaudale Zufluss erinnert an eine Arkade und wird daher auch als „Pankreasarkade“ bezeichnet. Zwischen der A. splenica und der A. pancreatica inferior gibt es zahlreiche Anastomosen; die größte heißt A. pancreatica magna.

3.21 Äste der A. mesenterica superior: Arterien zu Pancreas, Dünn- und Dickdarm

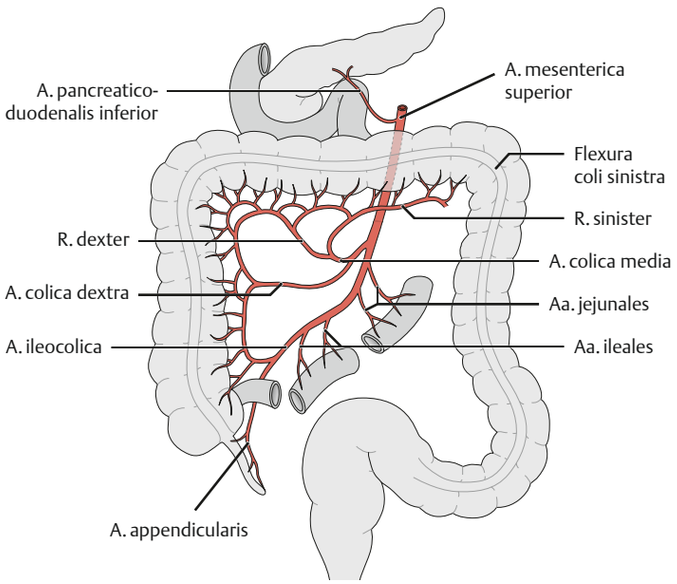


A Versorgungsgebiet und Äste der A. mesenterica superior
Ansicht von ventral. Zur besseren Übersicht sind Magen und Peritoneum teilweise entfernt bzw. gefenstert, das retroperitoneale Bindegewebe ist unterhalb des Colon transversum größtenteils belassen.
Die A. mesenterica superior geht in Höhe des 1. Lendenwirbels (L I) aus der Aorta abdominalis ab und zieht mit ihren zahlreichen Ästen vorwiegend nach rechts. Sie ist daher nur gut sicht- und präparierbar, wenn das Dünndarmkonvolut nach links „umgeschlagen" wird, wie hier dargestellt. Auf diese Weise werden auch die zahlreichen Gefäßbögen (Arkaden) erkennbar, die die Äste der A. mesenterica superior bilden (am Jejunum, dem oberen Dünndarmabschnitt, einfache, am Ileum, dem weiter unten liegenden Dünndarmabschnitt, mehrfache). Von den Arkaden ziehen dann gerade Äste (sog. „Arteriae rectae") zu den einzelnen Darmabschnitten. Die A. mesenterica superior und ihre zahlreichen Äste versorgen den Dünndarm, aber auch Teile des Pancreas (s. S. 267) und große Abschnitte des Dickdarms (s. **C**), Letzteren bis nahe der Flexura coli sinistra (hier nicht sichtbar). Sie überkreuzt das Duodenum und die V. renalis sinistra. Zur Lage der A. mesenterica superior vgl. **D**.



B Projektion der A. mesenterica superior auf die Wirbelsäule sowie Lage zu Dickdarm und Pancreas

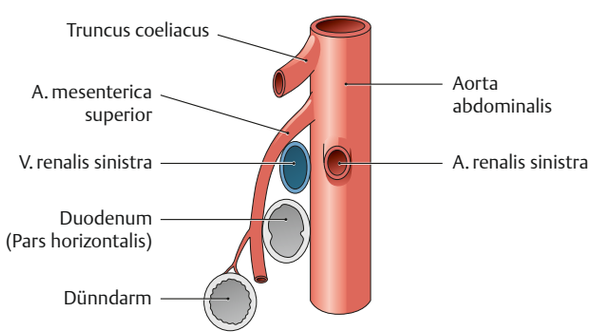
Die A. mesenterica superior hat ihren Ursprung in Höhe des 1. Lendenwirbels.



C Astfolge der A. mesenterica superior (vgl. **E**)

Topografie und Lage der Arterie in Bezug auf einzelne Organe. Das Versorgungsgebiet der A. mesenterica *superior* endet nahe der Flexura coli sinistra. Ab hier wird das Colon durch die A. mesenterica *inferior* versorgt (s. S. 271). Häufig gibt es mehrere arterielle Kurzschlüsse zwischen beiden Aa. mesentericae (vgl. S. 213).

Beachte: Die Abbildung ist stark schematisiert und berücksichtigt nicht die topografischen Beziehungen der einzelnen Strukturen zueinander.



D Lage der A. mesenterica superior zu Duodenum und V. renalis sinistra

Ansicht von links.

Beachte: Die A. mesenterica superior liegt vor dem Duodenum und vor der V. renalis sinistra. Zusammen mit der Aorta abdominalis bildet die A. mesenterica superior sozusagen die beiden Zangen eines „Nussknackers", zwischen denen die V. renalis sinistra wie eine zu knackende „Nuss" sitzt.

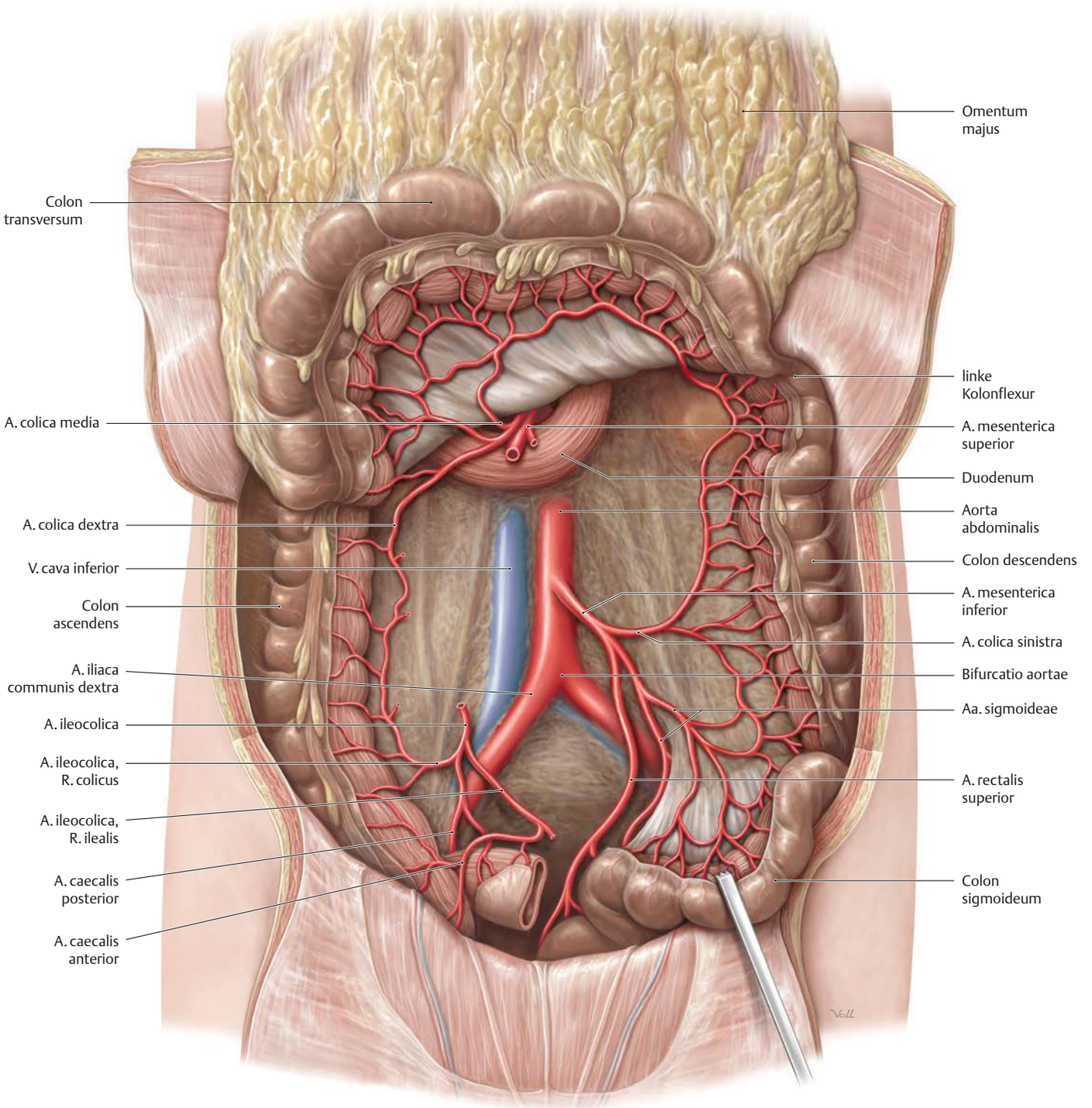
E Äste der A. mesenterica superior in der Reihenfolge der von ihr versorgten Organe

- A. pancreaticoduodenalis inferior
- Aa. jejunales und ileales (ca. 14 – 20)
- A. ileocolica mit A. caecalis anterior und posterior und A. appendicularis
- A. colica dextra*
- A. colica media

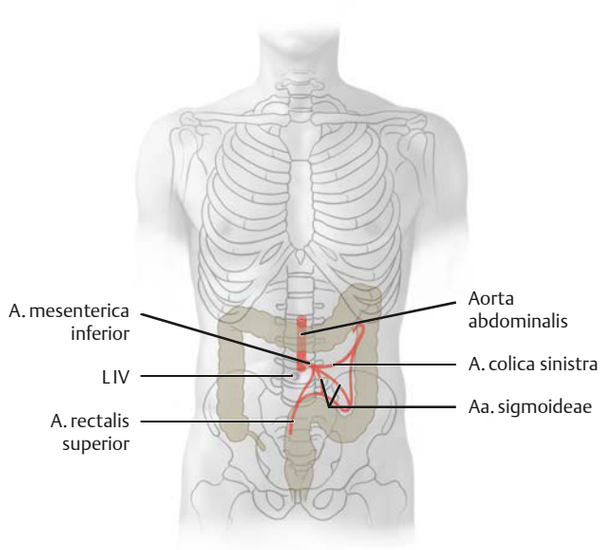
Die Arterien zu Dünndarm und Dickdarm bilden vielfach Arkaden, von welchen sog. „Arteriae rectae" (= gerade Äste) im Mesenterium zu den einzelnen Darmabschnitten ziehen.

* *Beachte:* Der Ursprung der A. colica dextra ist variabel. Nach Lippert u. Pabst (1985) entspringt sie in 38 % der Fälle direkt aus der A. mesenterica superior und in 52 % der Fälle als Zweig eines anfänglich gemeinsamen Truncus von Aa. colica dextra und media. Selten (8 % der Fälle) entspringt sie aus der A. iliocolica.

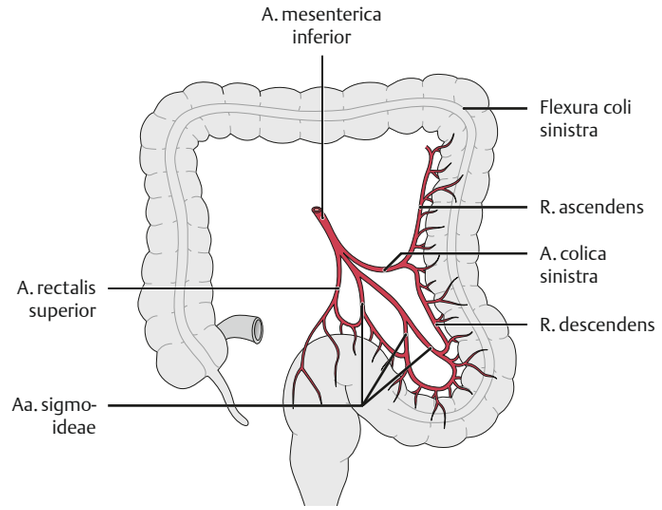
3.22 Äste der A. mesenterica inferior: Dickdarmversorgung



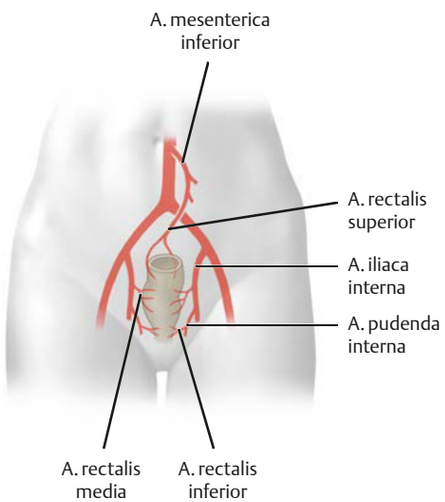
A Arterielle Versorgung des Dickdarms durch die A. mesenterica superior und inferior
Ansicht von ventral, Jejunum und größter Teil des Ileum entfernt; Colon transversum hochgeklappt, Peritoneum an mehreren Stellen entfernt oder gefenstert, retroperitoneales Bindegewebe teilweise belassen.
Die A. mesenterica inferior geht in Höhe der Lendenwirbel III/IV (s. **B**) nach links aus der Aorta abdominalis ab. Sie ist daher nur gut sicht- und präparierbar, wenn das Dünndarmkonvolut nach rechts „umgeschlagen" wird (Konvolut hier entfernt). Auf diese Weise werden auch die zahlreichen mehrfachen Arkaden sichtbar, die die einzelnen Äste der A. mesenterica inferior bilden. Die A. mesenterica inferior versorgt den Dickdarm, ungefähr ab der linken Kolonflexur.
Beachte die Versorgung des Rectum aus drei Arterien (s. **D**), von denen hier nur die A. rectalis superior noch zu sehen ist.



B Projektion der A. mesenterica inferior auf die Wirbelsäule und Lagebeziehung zum Dickdarm
Der Ursprung der A. mesenterica inferior liegt in Höhe der Lendenwirbelkörper III/IV.



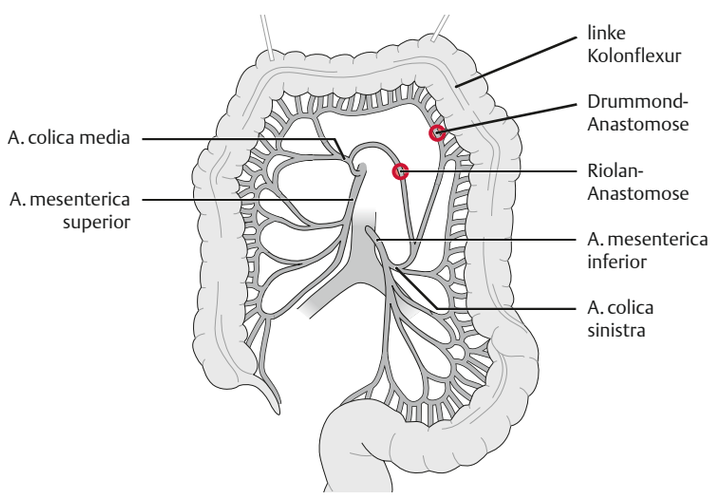
C Astfolge der A. mesenterica inferior (s. auch S. 213)
A. colica sinistra, Aa. sigmoideae (2–3), A. rectalis superior.
Beachte die Aufteilung der Versorgungsgebiete von A. mesenterica superior und inferior nahe der Flexura coli sinistra.



D Anteil der A. mesenterica inferior an der arteriellen Versorgung des Rectum
Das Rectum wird aus drei unterschiedlichen Arterien bzw. deren Ästen versorgt (s. S. 273):

- aus der A. mesenterica inferior (bzw. ihrem Ast, der A. rectalis superior),
- aus der A. rectalis media (direkt) und
- aus der A. pudenda interna (bzw. ihrem Ast, der A. rectalis inferior).

Dabei versorgt die A. mesenterica inferior, von kranial kommend, den größten Teil, die beiden anderen Arterien die kleineren, unteren Bereiche des Rectum.

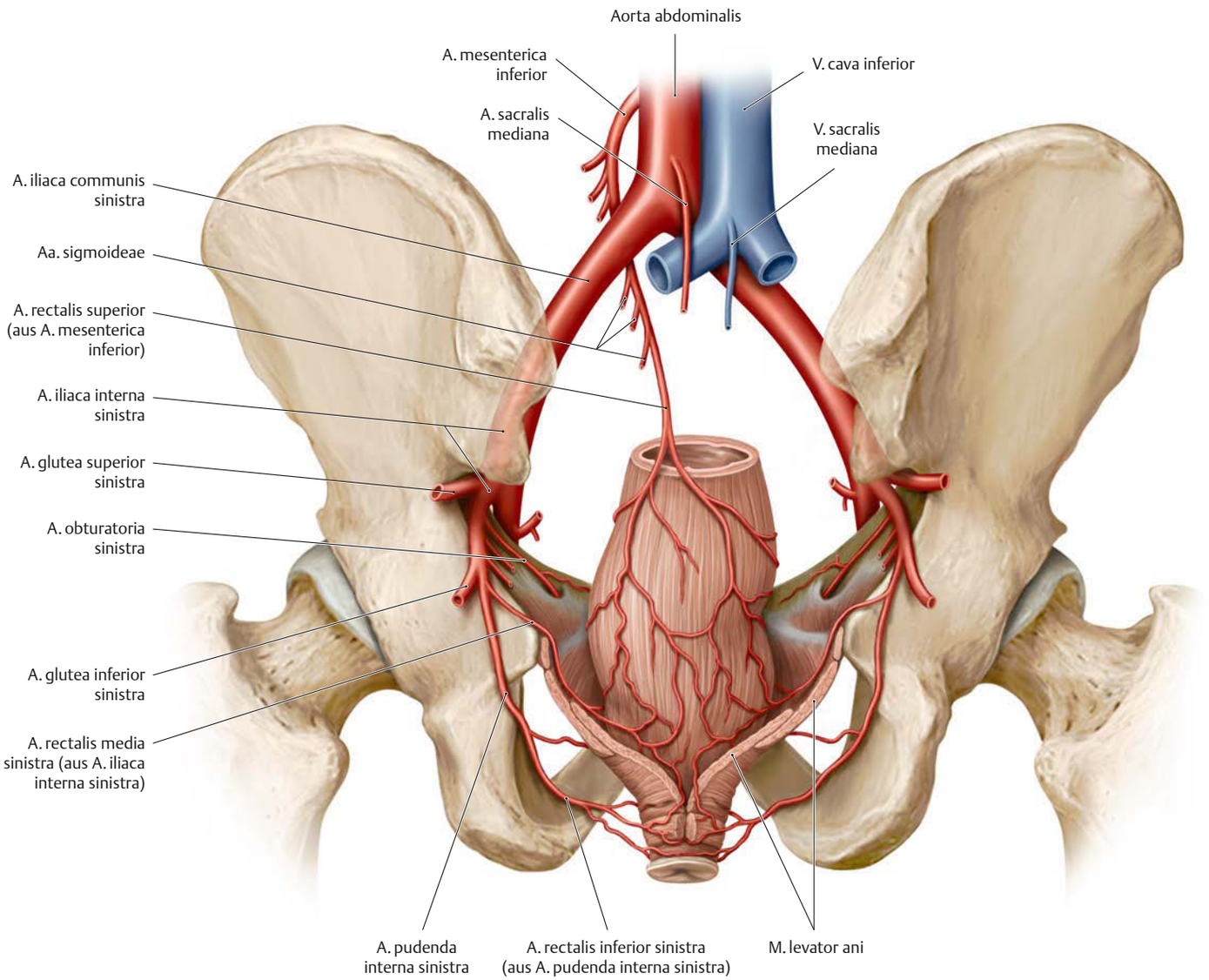


E Kurzschlüsse zwischen Dickarmarterien
Kurzschlüsse zwischen Dickdarmarterien haben grundsätzlich zwei Konsequenzen: Wenn eine Arterie (krankhaft) schlecht durchblutet wird, kann über den Kurzschluss Blut aus der benachbarten Arterie zufließen, das abhängige Darmstück wird weiterhin ausreichend versorgt. Bei Resektion eines Darmabschnitts muss aber sowohl das direkt zuführende Gefäß als auch die Kurzschlussverbindung unterbunden werden, um Blutverlust über ein Nachbargefäß zu vermeiden. Zwei Kurzschlüsse werden wegen ihrer Größe hier erwähnt:

- Riolan-Bogen: direkter Kurzschluss zwischen der A. colica media und sinistra (in der Regel stammnah an den Abgängen der A. colica media und sinistra aus der A. mesenterica superior bzw. inferior);
- Drummond-Marginalarterie: nahe dem Rand (= Margo) des Darmrohrs, verbindet die (darmnahen) Arterien des gesamten Kolonrahmens.

Solche Kurzschlüsse werden – auch wenn das nicht immer präzise ist – als Anastomosen bezeichnet.
Aufgrund der hier dargestellten ausgedehnten Anastomosen sind arterielle Verschlusskrankeiten im Bereich des Darmes relativ selten. Erst, wenn zwei der drei großen Gefäße Truncus coeliacus, A. mesenteria superior und A. mesenterica inferior stark verengt sind, wird der Gefäßverschluss überhaupt symptomatisch. Die Patienten klagen dann ca. eine viertel Stunde nach einer größeren Mahlzeit über Oberbauchbeschwerden. Ursache hierfür ist die Ischämie, die aufgrund der verengten Gefäße bei gleichzeitig erhöhtem Sauerstoff- und damit Durchblutungsbedarf des Darmes nach einer größeren Mahlzeit auftritt. Der Patient isst daher nur noch kleine Portionen *(Small-meal-Syndrom)*, dafür aber häufiger. Auf diese Weise vermeidet er, dass der Darm akut deutlich stärker durchblutet werden muss.

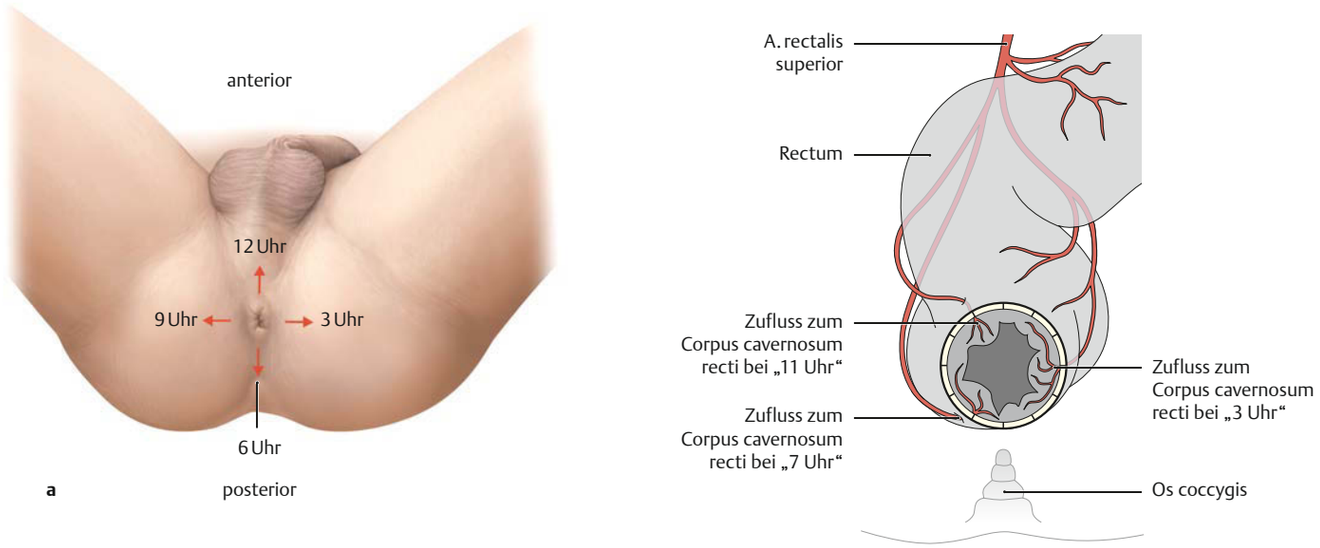
3.23 Äste der A. mesenterica inferior: Versorgung des Rectum



A Arterielle Versorgung des Rectum
Ansicht von dorsal. Teile des Os ilium sind zur besseren Übersicht transparent gezeichnet.

Beachte: Die unpaar angelegte A. rectalis *superior* (aus der unpaaren A. mesenterica inferior) teilt sich erst am Rectum in zwei Hauptäste auf. Der rechte, kräftigere Ast verzweigt sich im weiteren Verlauf wiederum in zwei gleich starke Arterienäste. Von diesen zwei bzw. drei Hauptästen gehen zahlreiche Kollateralen ab, die miteinander stark verzweigte Anastomosen bilden. Die Aa. rectales *mediae* (aus A. iliaca interna) und inferiores (aus A. pudenda interna) sind wegen ihres Ursprungs aus den paarigen Stammgefäßen dagegen von vornherein paarig angelegt. Bei der Frau entspringt die A. rectalis media nicht selten aus der A. uterina!

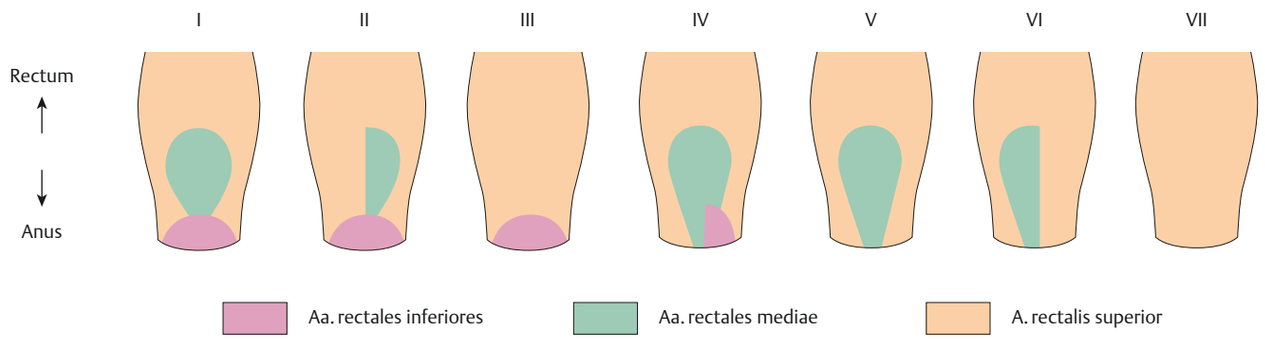
Die A. rectalis *inferior* verlässt die A. pudenda interna im Canalis pudendalis (auch als *Alcock-Kanal* bezeichnet – nach dem Londoner Chirurgen Thomas Alcock, 1784–1833). Die A. rectalis superior tritt von dorsal und kranial an das Rectum heran, wobei sie zusätzlich mit der Peritonealbedeckung des Rectum in Kontakt kommt (hier aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt). Den Verlauf dieser Arterie bezeichnet man deshalb als den sog. *„peritonealen" Weg.* Im weiteren Verlauf zieht diese Arterie in das Mesorectum, wo sie sich weiter aufteilt, bevor sie intramural bis zum Corpus cavernosum recti absteigt. Die Aa. rectales mediae und inferiores ziehen jeweils von lateral an das Rectum, wobei der M. levator ani eine topografisch gut definierte „Trennwand" bildet: Die Aa. rectales mediae ziehen kranial, die Aa. rectales inferiores kaudal von ihm zum Rectum. Da der M. levator ani ein sehr wesentlicher Bestandteil des sog. „Diaphragma pelvis" (s. S. 395) ist, wird der Verlauf der Aa. rectales mediae und inferiores auch als *supradiaphragmaler bzw. infradiaphragmaler Weg* bezeichnet. Die Aa. rectales begleiten die Vv. rectales häufig über ein längeres Stück.



B Arterielle Versorgung des Corpus cavernosum recti

a Ansicht von kaudal bei sog. „Steinschnittlage“, d. h., der Patient liegt auf dem Rücken, der Untersucher blickt auf den Damm; die Orientierung erfolgt entsprechend des Zifferblattes einer Uhr. Das Corpus cavernosum recti ist ein permanent gefüllter Schwellkörper (Plexus haemorrhoidalis, s. S. 243), der ausschließlich aus der A. rectalis superior über drei Hauptäste gespeist wird (**b**). Sie treten an typischer Stelle (3, 7 und 11 Uhr) an das Corpus cavernosum recti heran und bilden im Bereich der Columnae anales drei sog. „Hauptknoten“ (**c**). Die drei Hauptgefäße teilen sich in vier Nebenäste auf und bilden bei 1, 5, 6 und 9 Uhr kleinere, sog. „Nebenknoten“ (**d**). Zusammen bilden diese ringförmig angelegten blutgefüllten Schwellkörper ein sehr effektives Verschlusssystem, das v. a. die Feinkontinenz für wässrigen und gasförmigen Darminhalt gewährleistet. Die Dauerkontraktion des muskulären Sphinkterapparates behindert den venösen Abfluss, so dass erst die Erschlaffung der Schließmuskeln bei der Defäkation zur Freigabe des venösen Abstroms aus dem Corpus cavernosum recti führt.

Beachte: Eine krankhafte Erweiterung (Hyperplasie) der Schwellkörper über die physiologische Füllung hinaus führt zu einem der häufigsten proktologischen Erkrankungen, dem Hämorrhoidalleiden (s. S. 246 f).



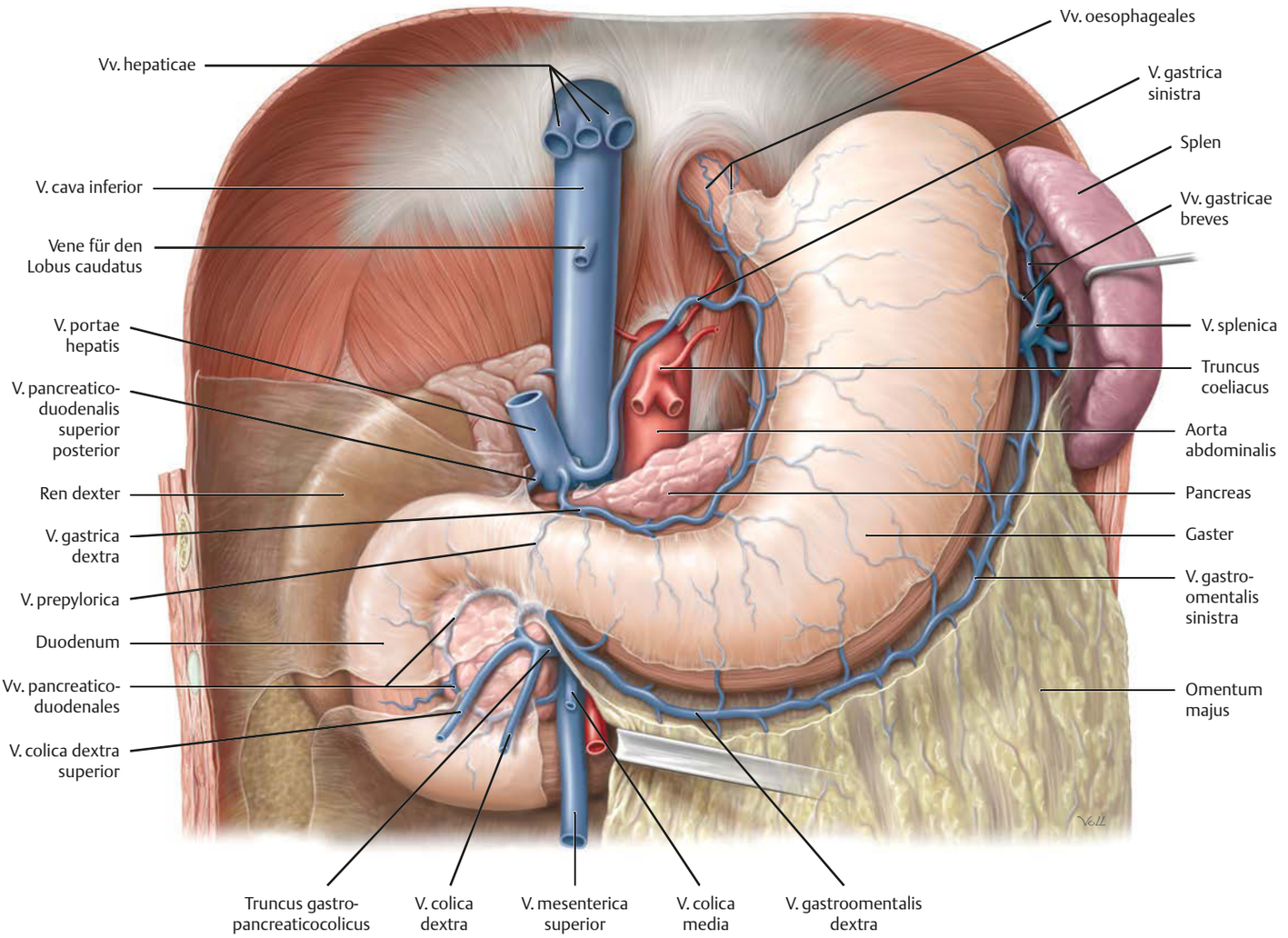
C Versorgungsgebiete der Rektalarterien (Aa. rectales)

Schematische Darstellung der unterschiedlichen arteriellen Versorgungstypen an einem sagittal aufgeschnittenen Rectum nach Injektion eines Kontrastmittels in die versorgenden Arterien mit anschließender Röntgendarstellung; Sicht auf die Vorderwand des ausgebreiteten Darmes (nach Stelzner).

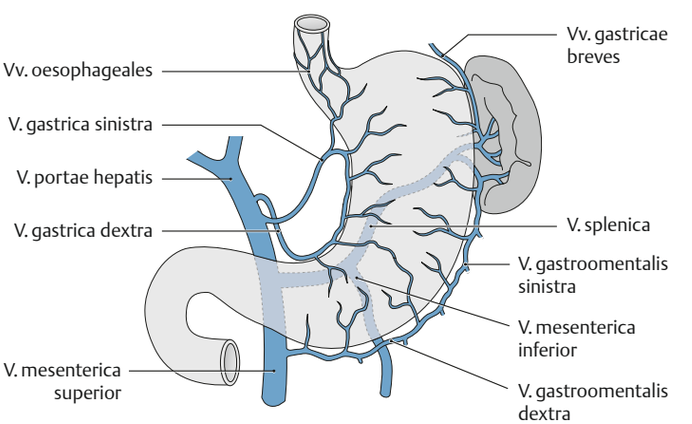
Die arterielle Versorgung des Rectum kann nach sieben unterschiedlichen Mustern erfolgen (I–VII). Am häufigsten (36 % der Fälle) ist Muster I: Die oberen drei Viertel werden nahezu ausschließlich über die unpaare A. rectalis superior versorgt, das untere Viertel variabel von den deutlich kaliberschwächeren Aa. rectales mediae (aus der A. iliaca interna) und inferiores (aus der A. pudenda interna). Alle drei Arterien bilden untereinander ausgedehnte Anastomosen.

Beachte: Die vielfach geäußerte Auffassung, dass das Rectum im oberen Drittel von der A. rectalis superior, im mittleren Drittel von den Aa. rectales mediae und im unteren Drittel von den Aa. rectales inferiores versorgt wird, ist also unzutreffend.

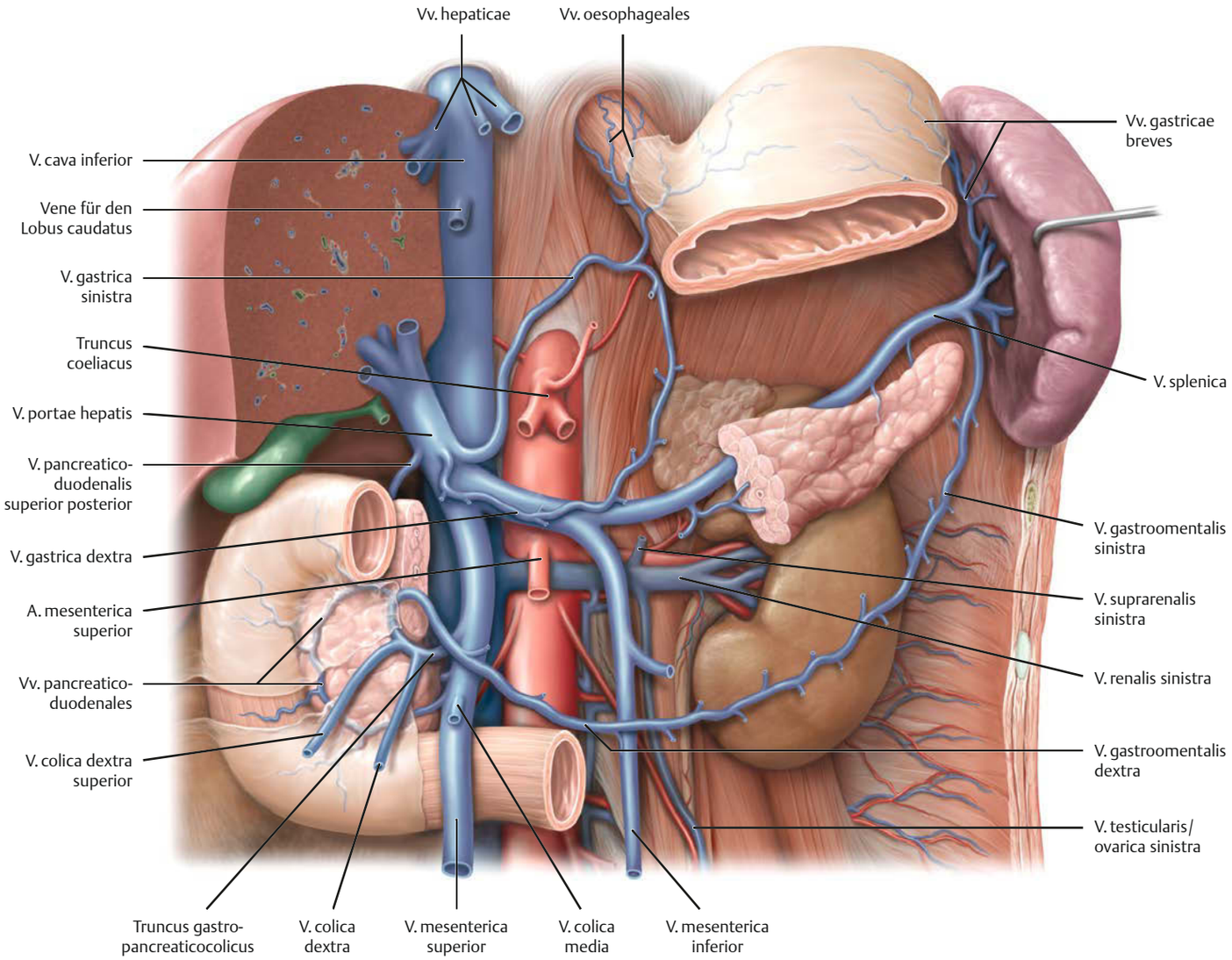
3.24 V. portae hepatis: venöse Drainage von Magen, Duodenum, Pancreas und Milz



A Venöse Drainage von Magen und Duodenum
Ansicht von ventral. Leber und Omentum minus entfernt, Omentum majus eröffnet und nach links, der Magen zur besseren Übersicht etwas nach kaudal gezogen; Peritoneum zur besseren Übersicht an mehreren Stellen entfernt oder gefenstert. Auf diese Weise werden die Mündung der Vv. hepaticae in die V. cava inferior und die Mündung der Magenvenen in den Portalvenenbereich gut sichtbar.
Das Blut der *kleinen Magenkurvatur* fließt i. Allg. direkt in die V. portae hepatis, das der *großen Kurvatur* nimmt den Umweg über die V. splenica bzw. die V. mesenterica superior. Das Duodenum leitet sein Blut in den unteren Abschnitten vorwiegend in die V. mesenterica superior; obere Abschnitte fließen i. Allg. direkt in die V. portae hepatis ab. Varianten sind jedoch häufig.
Beachte den Abfluss der Vv. oesophageales über die Vv. gastricae sinistrae in die V. portae hepatis: Dies ist von Bedeutung bei portokavalen Umgehungskreisläufen (s. **B** und S. 218). Aufgrund der topografischen Nähe der Magenvenen zur V. portae hepatis spielen die Magenvenen bei diesen Anastomosen eine große Rolle.

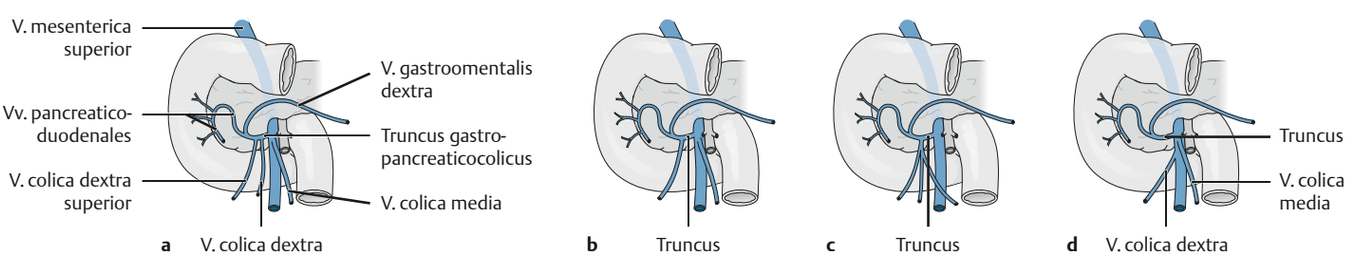


B Mündung der V. mesenterica inferior in die V. splenica
Ansicht von ventral. Gut sichtbar ist hier der Zusammenfluss der beiden Venen dorsal des Magens.



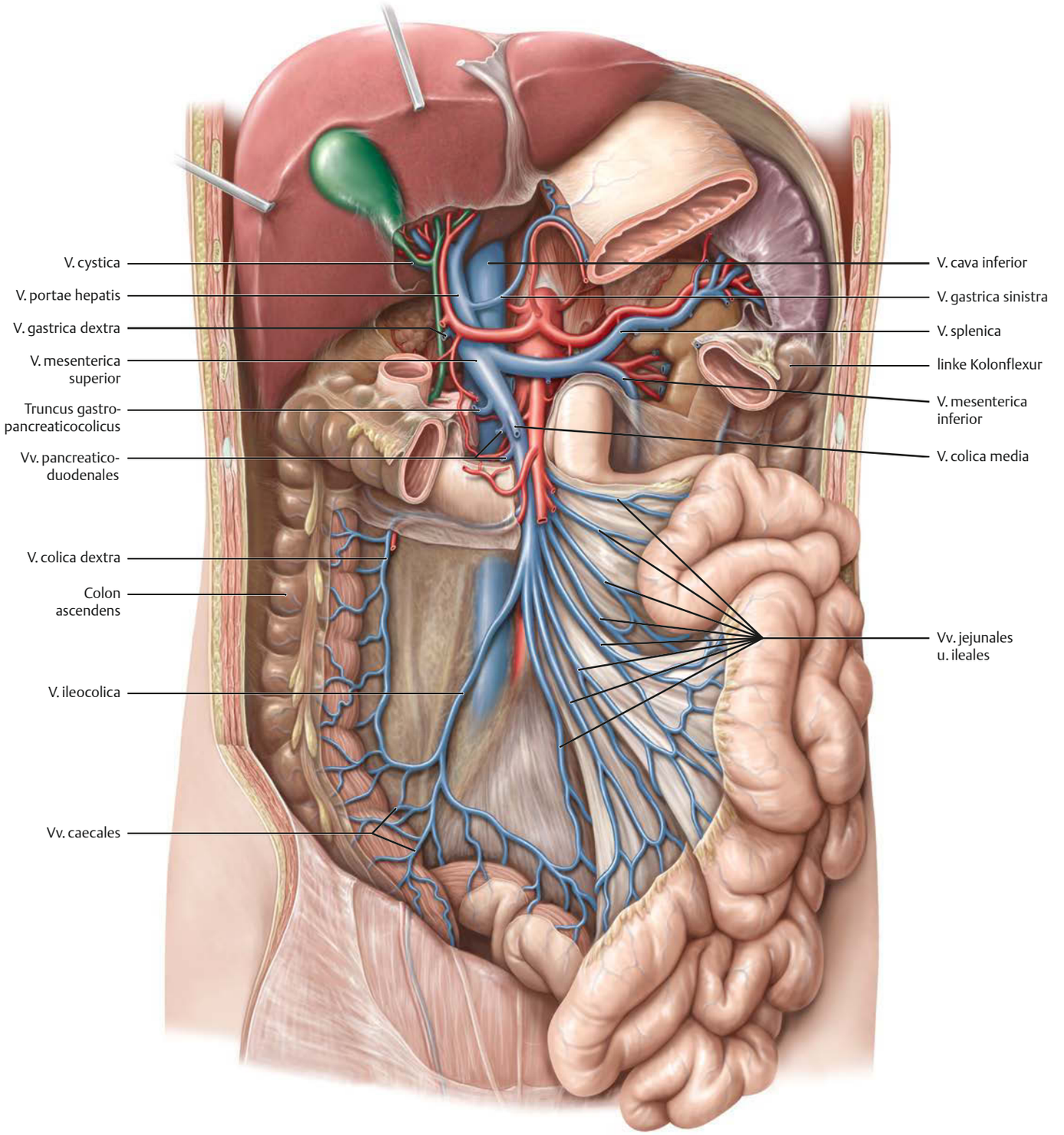
C Venöse Drainage von Pancreas und Milz
Ansicht von ventral. Magen teilweise entfernt und zur besseren Übersicht etwas nach kaudal gezogen, Peritoneum größtenteils entfernt.
Auf dieser Abbildung sieht man deutlich, dass die V. portae hepatis aus dem Zusammenfluss von V. mesenterica superior und V. splenica nahe der Leber entsteht. In 70 % der Fälle hat die V. splenica zuvor die V. mesenterica inferior aufgenommen, wie hier dargestellt (s. auch **B**).

Das *venöse Blut der Milz* fließt über die V. splenica *direkt* in die V. portae hepatis ab, das *des Pancreas* nimmt unterschiedliche Wege: Der größte Teil der Pankreasvenen (v. a. aus Cauda und Corpus) gewinnt Anschluss an die V. splenica; ein kleiner Teil fließt mit den Venen von Magen und Colon ascendens über den kräftigen Truncus gastropancreaticocolicus (s. **D**) in die V. mesenterica superior.



D Varianten des Truncus gastropancreaticocolicus („trunk of Henle") (nach Jin u. a. sowie Ignjatovic u. a.)
a 45 %; **b** 33 %; **c** 11 % und **d** 11 % der Fälle.
Über den venösen Truncus gastropancreaticocolicus drainieren in etwa 90 % der Fälle – zusätzlich zu Magen (V. gastroomentalis dextra) und Pankreaskopf/Duodenum (Vv. pancreaticoduodenales) – auch das Colon ascendens (V. colica dextra) bzw. die rechte Kolonflexur (V. colica dextra superior). In 11 % der Fälle nimmt der Truncus gastropancreaticocolicus auch die V. colica media auf (**c**). Die Einmündung des Truncus in die V. mesenterica superior liegt auf Höhe des Proc. uncinatus.
Beachte: Der Truncus gastropancreaticocolicus ist für den Chirurgen eine wichtige Landmarke, insbesondere bei der Chirurgie des Pankreaskopfes und der rechten Kolonflexur.

3.25 V. mesenterica superior und inferior: venöse Drainage von Dünndarm und Dickdarm

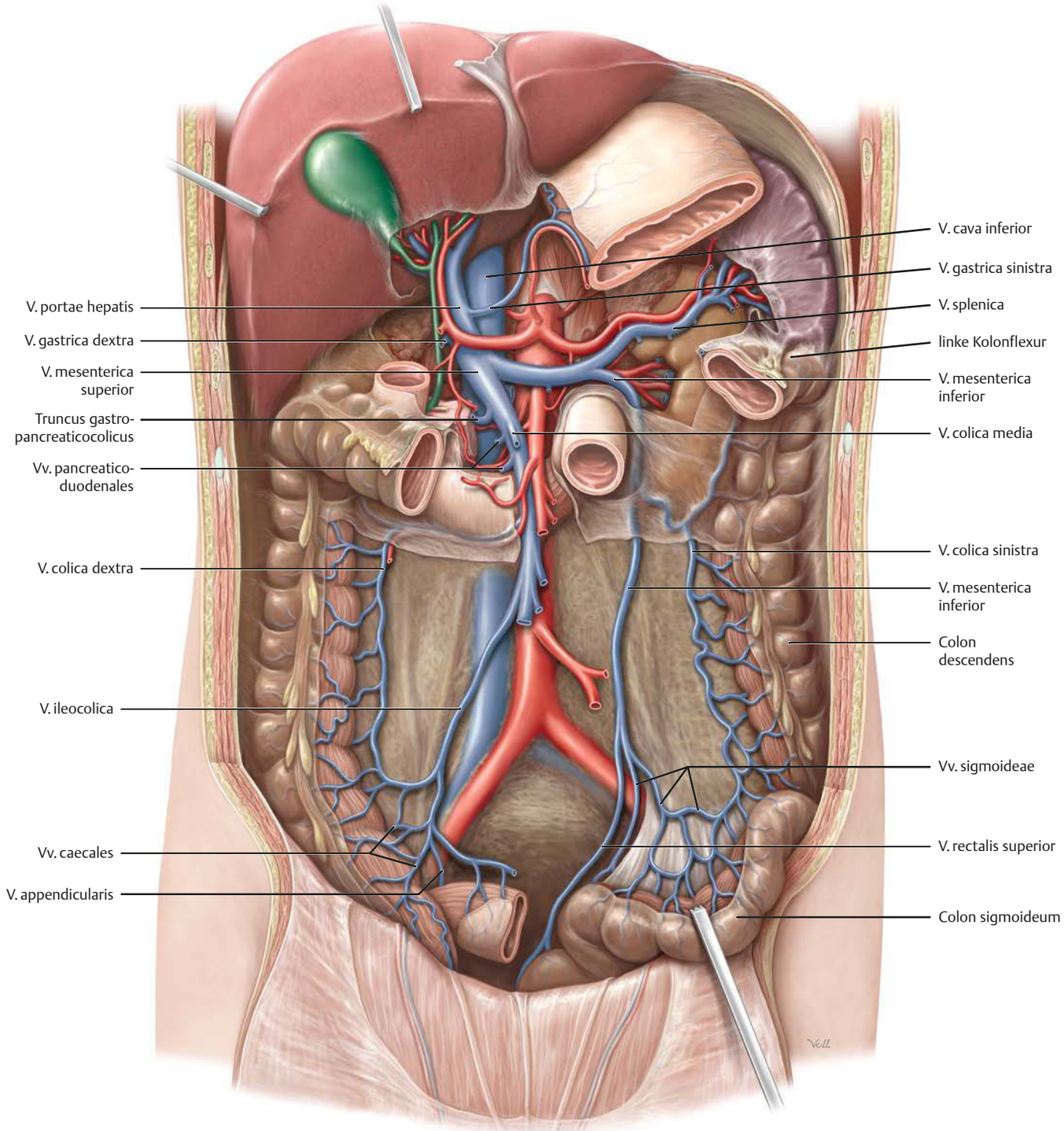


A Zuflüsse zur V. mesenterica superior
Ansicht von ventral. Magen größtenteils entfernt, Peritoneum an mehreren Stellen abgetragen oder gefenstert, retroperitoneales Bindegewebe teilweise belassen. Mesenterium und Colon transversum teilweise entfernt, Dünndarmkonvolut nach links verlagert.

Die V. mesenterica superior bildet in Höhe des 1. Lendenwirbels zusammen mit der V. splenica die V. portae hepatis (s. **B**, S. 274).

Der *Dünndarm* leitet sein Blut *ausschließlich* in das Stromgebiet der V. mesenterica *superior.* Die V. mesenterica superior nimmt aber zusätzlich noch Blut aus dem Dickdarm auf, und zwar bis zu einem Abschnitt in der Nähe der linken Kolonflexur. Ab da beginnt das Zuflussgebiet der V. mesenterica *inferior.* Zwischen diesen beiden großen Venen existieren – wie auch bei den Arterien – mehrfache Anastomosen. Das Zustromgebiet der V. mesenterica superior ist dabei weit größer. Arterielle Versorgung und venöse Entsorgung ist für die Darmabschnitte also analog.

Beachte: Das sekundär retroperitonealisierte Colon ascendens kann auch Anschluss an Venen des Spatium retroperitoneale erhalten, die zur V. cava inferior abfließen. Hier ist somit eine portokavale Anastomose gegeben (s. S. 218).



B Zuflüsse zur V. mesenterica inferior

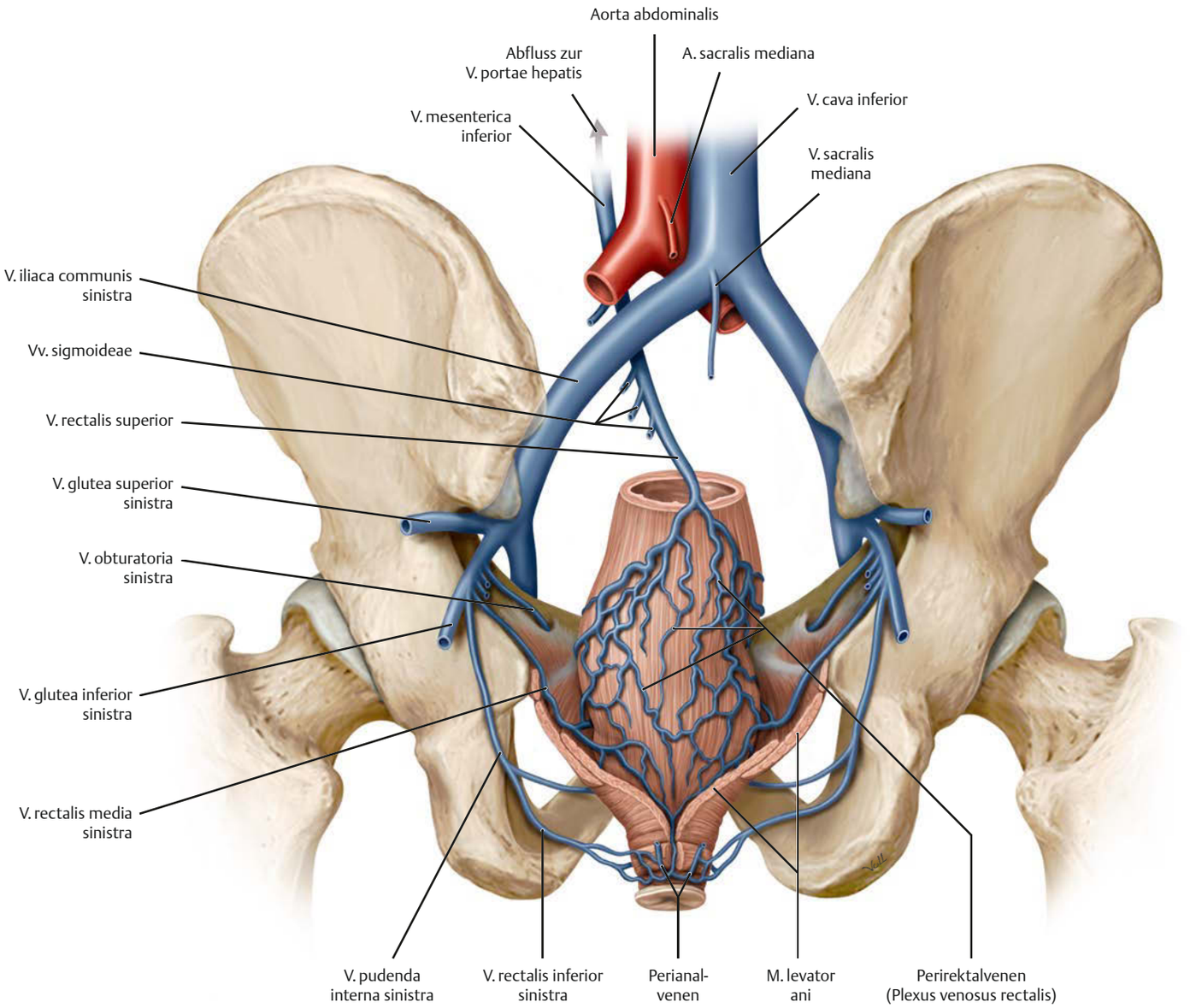
Ansicht von ventral. Magen, Pancreas und Dünndarmkonvolut größtenteils entfernt, Peritoneum an mehreren Stellen entfernt oder gefenstert, retroperitoneales Bindegewebe z. T. belassen.

Die V. mesenterica inferior geht aus dem Zusammenschluss der V. colica sinistra, der Vv. sigmoideae und der V. rectalis superior hervor, also den Venen aus dem Versorgungsgebiet der A. mesenterica inferior. Sie verläuft – im Unterschied zur V. mesenterica *superior* – unabhängig von der Arterie und mündet hinter Magen und Pancreas in der Regel in die V. splenica (s. S. 275). Die V. mesenterica *inferior* nimmt also *nur Blut aus dem Dickdarm* auf. Die Grenze zum Stromgebiet der V. mesenterica superior liegt meist im Colon transversum in der Nähe der linken Kolonflexur. Allerdings gibt es zwischen den beiden Vv. mesentericae mehrfache Anastomosen.

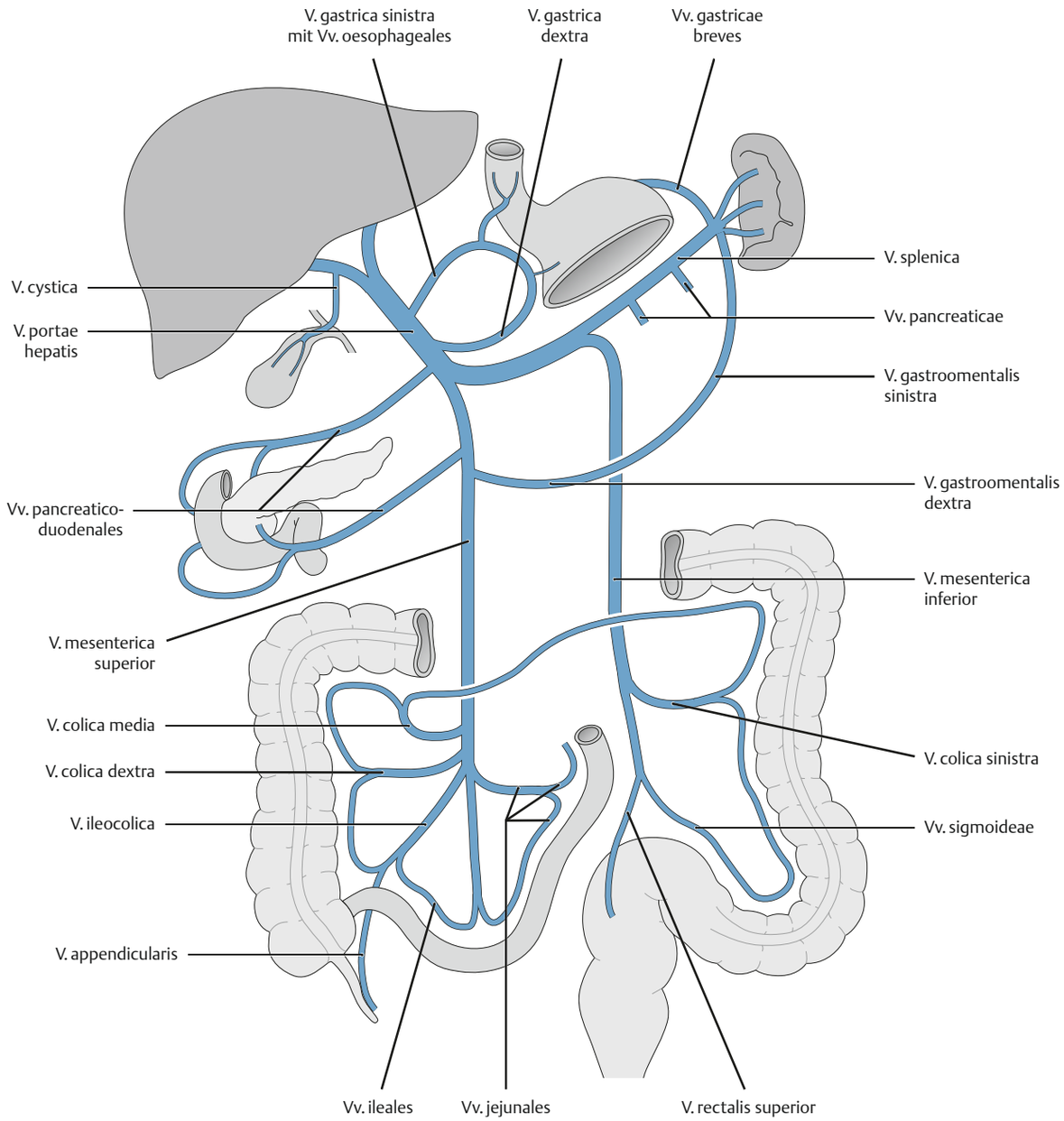
Auch das sekundär retroperitonealisierte Colon descendens kann Anschluss an Venen des Spatium retroperitoneale gewinnen, so dass auch hier portokavale Anastomosen existieren.

Beachte: Die venöse Drainage der *oberen Rektumetage* erfolgt über die V. rectalis *superior* zur V. mesenterica inferior und von dort in das Stromgebiet der *V. portae hepatis*. Die Drainage der *unteren Etage* (im Bild nicht sichtbar) erfolgt über die Vv. rectales mediae und inferiores zunächst in die Vv. iliacae und dann in das Stromgebiet der *V. cava inferior* (s. S. 278).

3.26 Äste der V. mesenterica inferior: venöse Drainage des Rectum



A Venöse Drainage des Rectum
Ansicht von dorsal. Teile des Os ilium sind zur besseren Übersicht transparent gezeichnet.
Beachte: Die unpaar angelegte V. rectalis *superior* (zur unpaaren V. mesenterica inferior) teilt sich erst am Rectum in zwei Äste. Die Vv. rectales *mediae* (zur V. iliaca interna) und Vv. rectales *inferiores* (zur V. pudenda interna) sind bereits paarig angelegt, da sie in paarig angelegte Stammvenen münden.
Da die Vv. rectales die entsprechenden Arterien über ein Stück begleiten, gilt für die Venen ein analoger Verlauf, wie er bereits für die Arterien beschrieben ist. Man unterscheidet den peritonealen Weg (V. rectalis superior) und den supra- und infradiaphragmalen Weg für die Vv. rectales mediae und inferiores. Die V. rectalis superior erhält über die V. mesenterica inferior Anschluss an das Portalvenensystem der Leber (s. **B**).
Beachte: Tumoren im Drainagegebiet der V. rectalis *superior* erreichen bei hämatogener Metastasierung über das Stromgebiet der V. portae hepatis zuerst das Kapillargebiet der Leber (Lebermetastasen), Tumoren im Drainagegebiet der Vv. rectales *mediae* und *inferiores* erreichen über das Stromgebiet der V. cava inferior zuerst das Kapillargebiet der Lunge (Lungenmetastasen). Beachte auch die Bedeutung dieser Venen für die portokavalen Anastomosen (s. **B**).

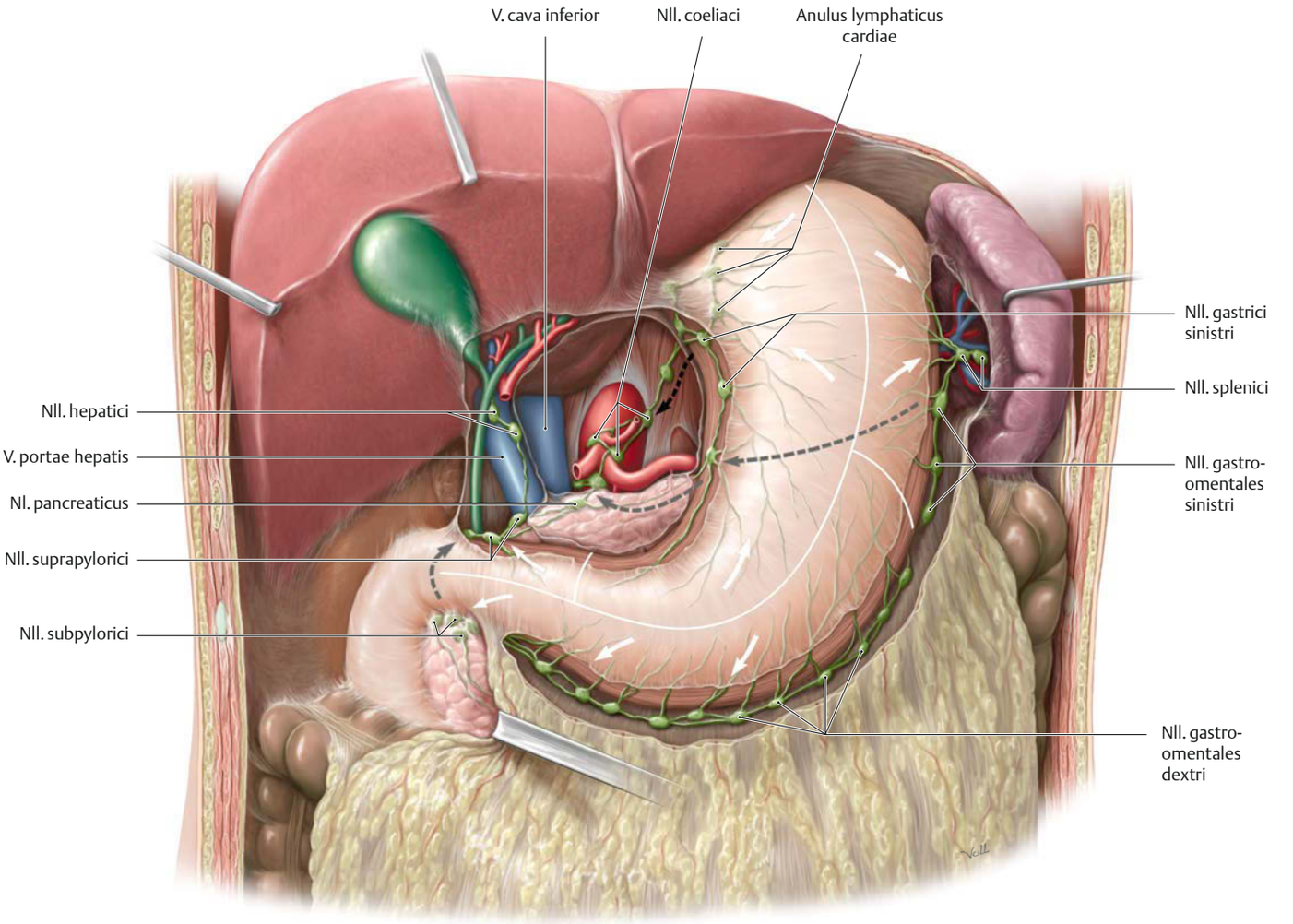


B Abfluss der V. rectalis superior in die Pfortader (V. portae hepatis)

Ein Großteil des venösen Abflusses aus dem Rectum gelangt über die V. rectalis superior in das Stromgebiet der V. portae hepatis. Insbesondere die oberen zwei Drittel des Rectum werden auf diese Weise venös drainiert. Das venöse Blut des unteren Rektumdrittels fließt dagegen über die Vv. rectales mediae und inferiores zunächst in die Vv. iliacae internae und dann weiter in das Stromgebiet der V. cava inferior. Beide Abflussgebiete (zur Pfortader und zur unteren Hohlvene) stehen über ausgedehnte Anastomosen entlang der Perirektalvenen (Plexus venosus rectalis) untereinander in Verbindung und können unter bestimmten Bedingung (z. B. Pfortaderhochdruck infolge intrahepatischer Abflussschwierigkeiten) eine sog. portokavale Anastomose ausbilden.

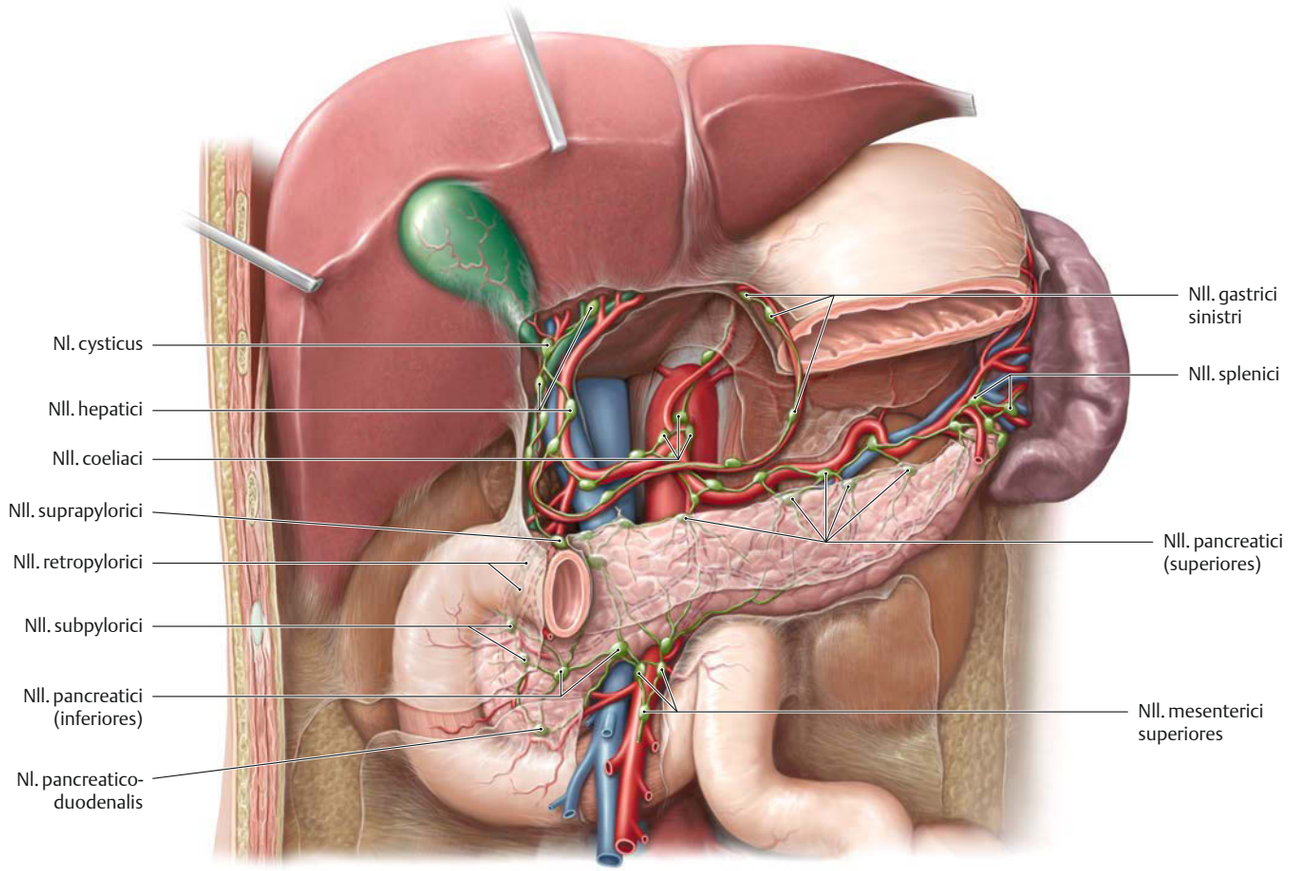
Beachte: Die Abflussgebiete der Vv. rectales sind besonders im unteren Drittel des Rectum sehr variabel, ähnlich wie die arteriellen Zuflüsse. Das Blut aus den Vv. rectales kann also nicht nur in die untere Hohlvene, sondern auch in die Pfortader und somit zur Leber gelangen. Dies spielt bei der rektalen Gabe von Medikamenten (z. B. in Form von Zäpfchen/Suppositorien) eine wichtige Rolle. Eigentlich möchte man durch die rektale Gabe die Leber umgehen, also den sog. „first-pass-effect" (präsystemische Elimination des Pharmakons in der Leber nach Aufnahme aus dem Darm) ausschalten und so eine gleichmäßige, systemische Verteilung des Medikaments im Körperkreislauf sicherstellen. Dies gelingt jedoch aufgrund des variablen Abflusses der Rektalvenen nicht zwangsläufig. Das Ausmaß der Resorption und somit die systemische Verteilung des Medikaments im Körperkreislauf ist daher bei rektaler Verabreichung großen Schwankungen unterworfen. Bei Kindern hat die rektale Medikamentengabe trotzdem entscheidende Vorteile, weil dadurch die häufig schwierige Venenpunktion entfällt.

3.27 Lymphabfluss von Magen, Milz, Pancreas, Duodenum und Leber



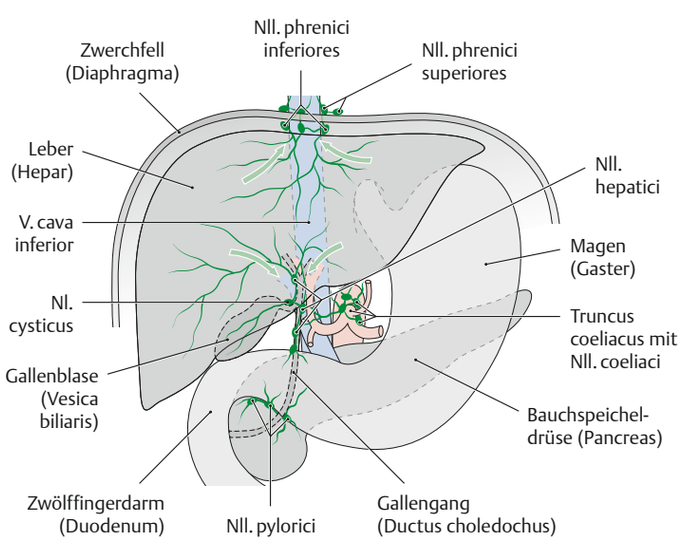
A Lymphabfluss des Magens
Ansicht von ventral, Omentum minus entfernt, Omentum majus an der großen Kurvatur teilweise eröffnet, Leber leicht angehoben. Folgende Lymphabflusswege spielen hier eine Rolle:

- Lymphabfluss in Richtung der **großen und kleinen Kurvatur des Magens,** d. h. zunächst Abfluss in die regionären Lymphknoten, also Nll. gastrici dextri/sinistri (in Richtung kleine Kurvatur) oder Nll. gastroomentales dextri/sinistri (in Richtung große Kurvatur), s. weiße Linien und Pfeile. Diese regionären Lymphknoten leiten die Lymphe entweder direkt oder indirekt in die Nll. coeliaci (indirekt über die Nll. pylorici und die Nll. splenici). Von dort fließt die Lymphe in den Truncus intestinalis.
- Lymphabfluss von **Fundus und Kardia:** Abfluss in den inkonstanten (d. h., nicht bei jedem Menschen vorhandenen) Anulus lymphaticus cardiae und von dort in den Truncus intestinalis.



B Lymphabfluss von Milz, Pancreas und Duodenum
Ansicht von ventral. Der Magen ist größtenteils entfernt, das Colon abgetrennt, die Leber angehoben. Folgende Lymphknoten bzw. Lymphknotengruppen spielen hier eine Rolle:

- **Milz:** Lymphabfluss zunächst in die *Nll. splenici;* von dort direkt oder indirekt in den *Truncus intestinalis* (indirekt entweder *nur* über die Nll. pancreatici superiores oder über die Nll. pancreatici superiores *und* die Nll. coeliaci).
- **Pancreas:** Lymphabfluss zunächst in die *Nll. pancreatici superiores/inferiores*, von dort direkt oder indirekt (über die Nll. coeliaci) in den Truncus intestinalis – *oder:* zunächst in die *Nll. pancreaticoduodenales superiores/inferiores* (vorwiegend an der Rückseite des Pancreas) und dann direkt oder indirekt über die Nll. mesenterici superiores in den Truncus intestinalis.
- **Duodenum:** *oberer Abschnitt:* Lymphabfluss zunächst zu den *Nll. pylorici* (s. **C**), dann zu den Nll. pancreaticoduodenales superiores und von dort zu den Nll. hepatici, z. T. auch direkt zu den Nll. preaortici, von dort in den Truncus intestinalis;
  unterer Abschnitt: zunächst in die *Nll. pancreaticoduodenales superiores/inferiores*, von dort direkt in den Truncus intestinalis.

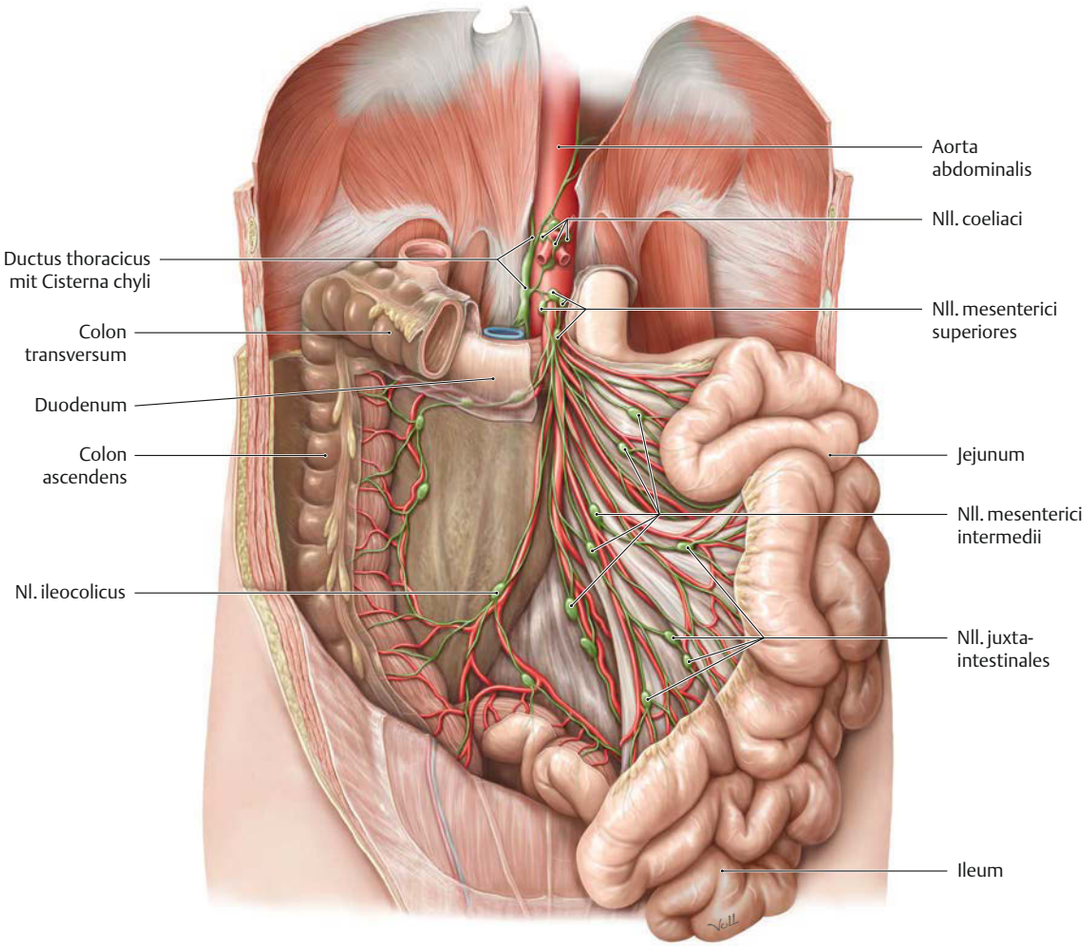


C Lymphabflusswege von Leber und Gallenwegen
Ansicht von ventral. Folgende Lymphabflusswege spielen hier eine Rolle:
Leber und intrahepatische Gallenwege (drei Lymphabflusswege):

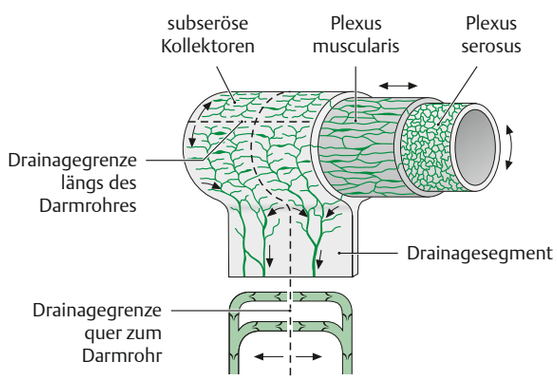
- hauptsächlich kaudal über die Nll. hepatici in die Nll. coeliaci und von dort in den Truncus intestinalis und die Cisterna chyli oder direkt von den Nll. hepatici in den Truncus intestinalis und die Cisterna chyli,
- zu einem geringen Teil kranial über Nll. phrenici inferiores in den Truncus lumbalis,
- individuell unterschiedlich und nicht regelmäßig transdiaphragmal (teilweise durch das Foramen venae cavae, teilweise durch die Muskellücken des Diaphragma) zu den Nll. phrenici superiores mit Anschluss an den Truncus bronchomediastinalis.

Gallenblase: zunächst über den Nl. cysticus, dann weiter über den oben beschriebenen kaudalen Weg.
Ductus choledochus (Gallengang): Lymphabfluss über die Nll. pylorici (Nll. supra-, sub- und retropylorici) und den Nl. foraminalis in die Nll. coeliaci und dann in den Truncus intestinalis.

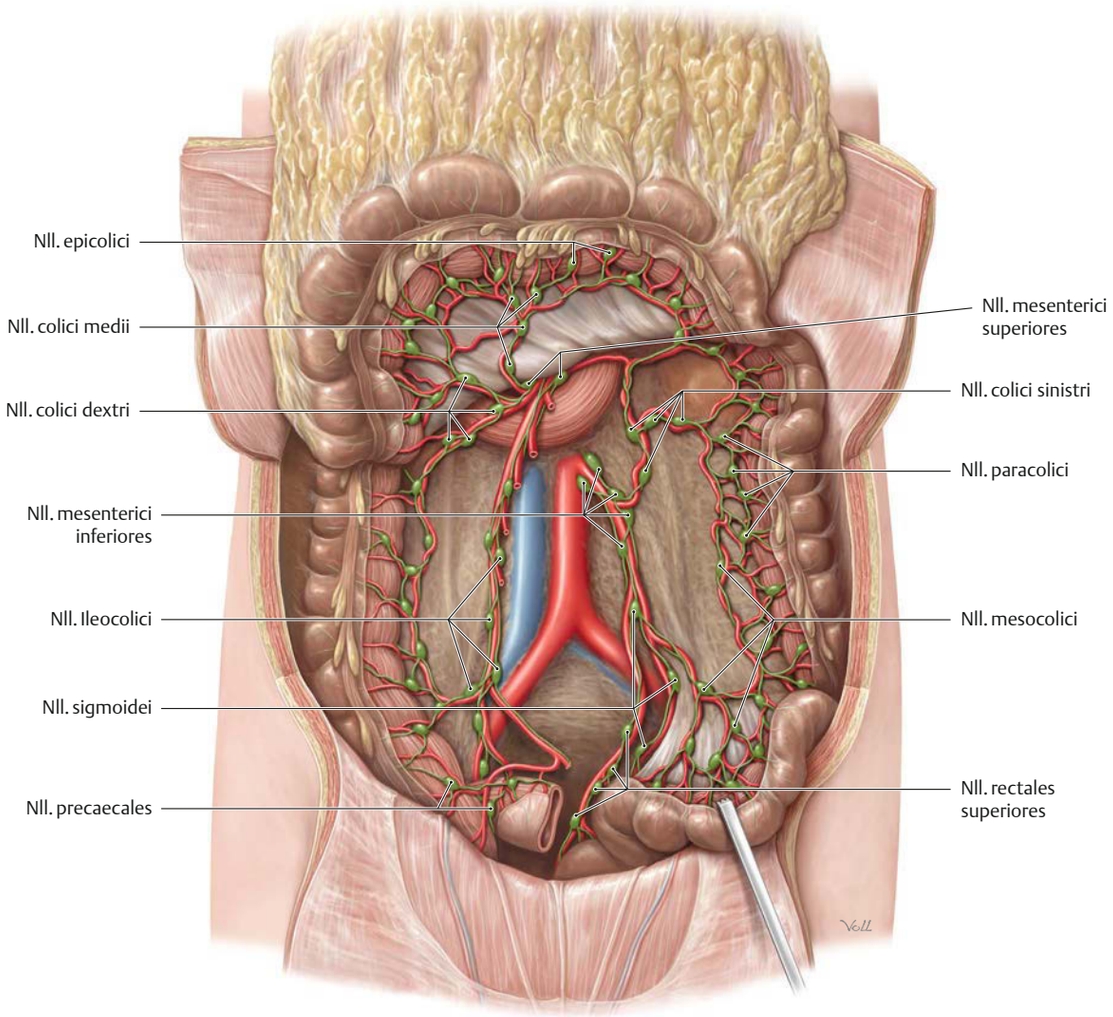
3.28 Lymphabfluss von Dünndarm und Dickdarm



A Lymphknoten und -abfluss von Jejunum und Ileum
Ansicht von ventral. Magen, Leber, Pancreas, Milz und Großteil des Colon entfernt. Die Lymphknoten des Dünndarms sind mit ca. 100–150 Lymphknoten unterschiedlichster Größe die größte Lymphknotengruppe des menschlichen Körpers. Hier sind im Interesse der Übersichtlichkeit nur wenige Lymphknoten dargestellt, die im Einzelfall auch für Lymphknotengruppen stehen können. Sowohl Jejunum als auch Ileum führen ihre Lymphe zunächst in regionäre Lymphknoten ab (Nll. juxtaintestinales), von dort in die Nll. mesenterici superiores und von dort in den Truncus intestinalis.
Im *Mesenterium* verlaufen die Lymphgefäße und -knoten grundsätzlich mit den Arterien und Venen. Als „intermediär" werden sie bezeichnet, da sie *zwischen* Organ- und Sammellymphknoten (den Nll. mesenterici superiores/inferiores) lokalisiert sind. Bei einem bösartigen Tumor versucht man, entlang einer Lymphabflussstrecke so viele Lymphknoten wie möglich zu entfernen, um in den Lymphknoten evtl. vorhandene Mikrometastasen (die zunächst unsichtbar sind) auf alle Fälle mitzuentfernen. Im Falle des Dünndarms heißt das, dass man nicht nur das befallene Stück Darmrohr entfernt, sondern auch den daran hängenden Teil des Mesenterium mit den darin befindlichen (intermediären) Lymphknoten. Gelegentlich werden sogar die Nll. mesenterici superiores und inferiores mit entfernt.



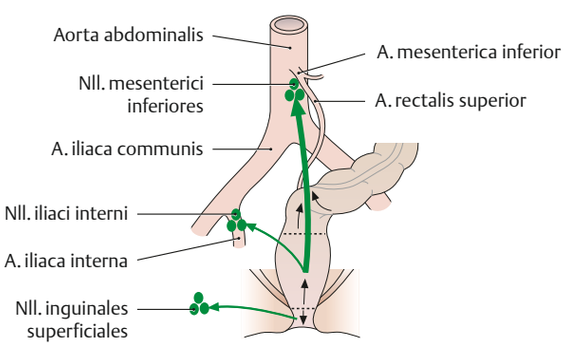
B Lymphatische Drainage des Darmrohres in Segmenten
(nach Földi u. Kubik)
Die Lymphe wird in mehreren Plexus (Geflechte von Lymphgefäßen und Lymphkollektoren) in der Darmwand gesammelt. Im Mesenterium verlaufen die Lymphgefäße mit den Mesenterialarterien und -venen und nehmen im Prinzip die Lymphe des Darmabschnittes auf, der von diesen Blutgefäßen versorgt wird. Klappen in den subserös gelegenen Kollektoren bestimmen die Flussrichtung und die Trennung in einzelne Drainagesegmente innerhalb der Darmwand. Eine weiträumige lymphogene Ausbreitung eines Tumors in der Längsrichtung des Darmes über die Segmentgrenzen hinaus ist darum ausgesprochen selten.
Pfeile: Hauptstromrichtung des Lymphflusses.



C Lymphabfluss des Dickdarms (modifiziert nach Földi u. Kubik)
Ansicht von ventral, Colon transversum und Omentum majus hochgeklappt. Folgende Lymphabflusswege spielen eine Rolle:

- **Colon ascendens, Caecum und Colon transversum:** zunächst in die *Nll. colici dextri* bzw. *medii,* dann in die *Nll. mesenterici superiores* und von dort in den *Truncus intestinalis*.
- **Colon descendens:** zunächst in die regionären Lymphknoten, die *Nll. colici sinistri,* anschließend in die *Nll. mesenterici inferiores* und von dort über die *Nll. lumbales sinistri* (in der Abb. nicht zu sehen) in den *Truncus lumbalis sinister* (in der Abb. nicht zu sehen).
- **Colon sigmoideum:** zunächst in die *Nll. sigmoidei,* anschließend wie Colon descendens, s. o.
- **Rectum, oberste Etage** (s. auch **D**): zunächst in die *Nll. rectales superiores,* anschließend wie Sigmoid, s. o.

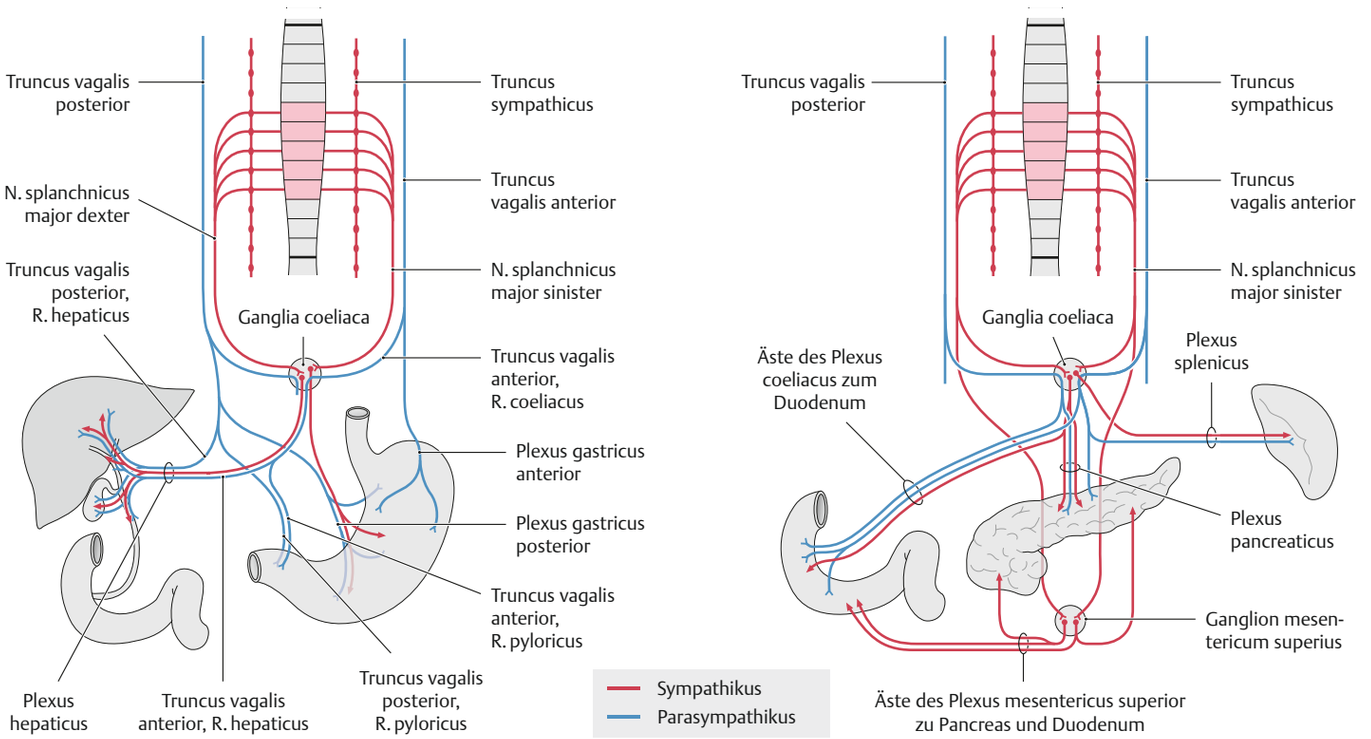
Ein bösartiger Tumor muss bei Ausbreitung auf dem Lymphweg somit mehrere Lymphknotenstationen passieren (die bei einer Tumoroperation alle entfernt werden), bevor die Lymphe über den Truncus intestinalis und den Ductus thoracicus in das Blutgefäßsystem gelangen kann. Dieser lange lymphatische Ausbreitungsweg verbessert die Heilungsaussichten.
Systematisch und *klinisch* kann man die Lymphknoten stärker unterteilen als rein anatomisch und zwar in Lymphknoten an der Darmwand (epikolische Gruppe); in der Nähe des Darms (parakolische Gruppe); an den Ursprüngen der drei großen Darmarterien (zentrale Gruppe) und an den Ursprüngen der Aa. mesentericae (Sammellymphknoten). Die Terminologia Anatomica nennt die epikolischen Lymphknoten nicht eigens und fasst die parakolischen und die zentrale Gruppe als Nll. mesocolici zusammen.



D Lymphabfluss des Rectum
Ansicht von ventral. Der Abfluss erfolgt in drei Etagen und über drei Hauptabflussrichtungen (direkt oder indirekt über die Nll. pararectales an der Rektumwand):

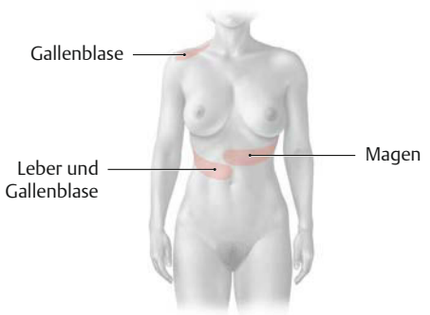
- obere Etage: über Nll. rectales superiores (hier nicht dargestellt) zu Nll. mesenterici inferiores (→ Truncus intestinalis und Truncus lumbalis sinister);
- mittlere Etage: Nll. iliaci interni (→ Trunci lumbales dexter u. sinister);
- untere Etage:
  - Zona columnaris: zu Nll. iliaci interni,
  - Zona cutanea: über Nll. inguinales superficiales zu Nll. iliaci externi (→ Trunci lumbales).

3.29 Vegetative Innervation von Leber, Gallenblase, Magen, Duodenum, Pancreas und Milz



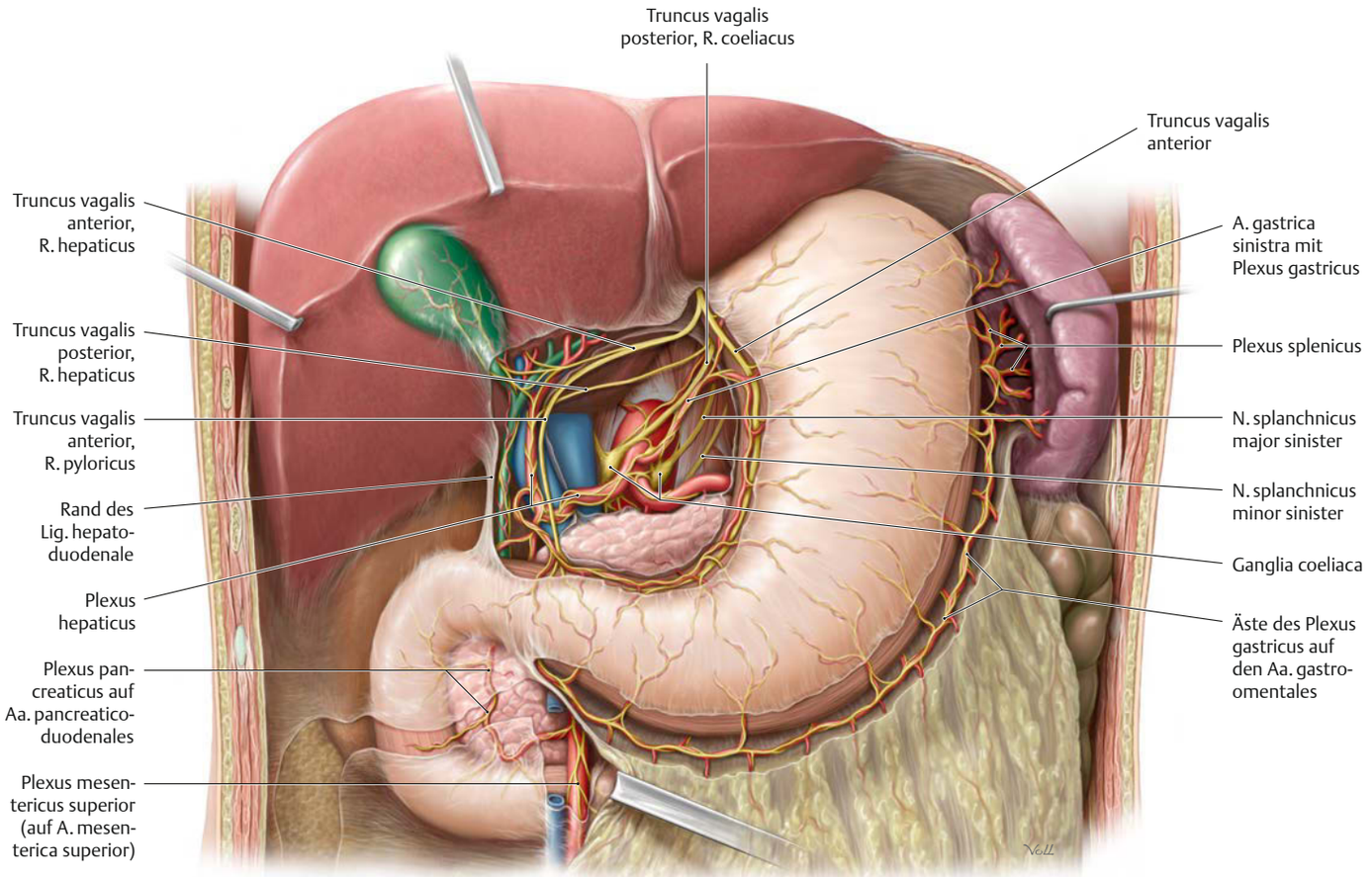
A Vegetative Innervation von Leber, Gallenblase und Magen
Die **sympathische Versorgung** erfolgt aus den Ganglia coeliaca. Die *postganglionären* Fasern verlaufen mit den Ästen des Truncus coeliacus, die *präganglionären* (1. Neuron) kommen aus den Nn. splanchnici (hauptsächlich major) und schalten im Ganglion auf das 2. Neuron um.
Die **parasympathische Versorgung** erfolgt über die Trunci vagales (präganglionäre Fasern). Der Truncus vagalis *anterior* (Übergewicht des linken N. vagus) endet am Magen; der Truncus vagalis *posterior* übernimmt zusätzlich die Versorgung großer Teile des Darmes. Die Plexus gastrici anterior und posterior ziehen zur Vorder- und Hinterwand des Magens. Die Umschaltung auf das 2., parasympathische Neuron erfolgt in kleinen Ganglien direkt an der Magenwand.
Sympathische und parasympathische Fasern ziehen als Plexus hepaticus mit der A. hepatica propria zur Leberpforte. Der Plexus hepaticus übernimmt – nach Aufteilung an der Leber – auch die Innervation der Gallenblase und der intra- und extrahepatischen Gallenwege.

B Vegetative Innervation von Pancreas, Duodenum und Milz
Die **sympathische Versorgung** erfolgt aus den Ganglia coeliaca und dem Ganglion mesentericum superius. Die *postganglionären* Fasern verlaufen mit den Ästen des Truncus coeliacus und der A. mesenterica superior. Die *präganglionären* Fasern kommen aus den Nn. splanchnici major und minor. **Parasympathisch** werden die drei Organe aus dem *Truncus vagalis* (v. a. posterior) versorgt.
Sympathische und parasympathische Fasern ziehen mit der A. splenica als *Plexus splenicus* zur Milz und mit Ästen der A. splenica und der A. mesenterica superior als *Plexus pancreaticus* zum Pancreas. Die Fasern zum Duodenum erreichen das Organ über die A. gastroduodenalis, pancreaticoduodenalis und die Rr. duodenales als Teil des *Plexus mesentericus superior.* Die Umschaltung auf das 2., parasympathische Neuron erfolgt in organnah gelegenen kleinen Ganglien.



C Head-Zonen von Leber, Gallenblase und Magen
Die Head-Zonen von Leber, Gallenblase und Magen ziehen von der rechten bzw. linken Regio hypochondriaca in die Regio epigastrica. Schmerzen der Gallenblase können auch in die rechte Schulter ausstrahlen (C4, N. phrenicus).

D Head-Zonen des Pancreas
Die Head-Zone des Pancreas umzieht gürtelförmig das Abdomen. Schmerzen bei Pankreaserkrankungen können nicht nur im Oberbauch, sondern zusätzlich im Rücken empfunden werden. Die ventrale Head-Zone überlappt sich mit den Zonen von Leber und Magen.

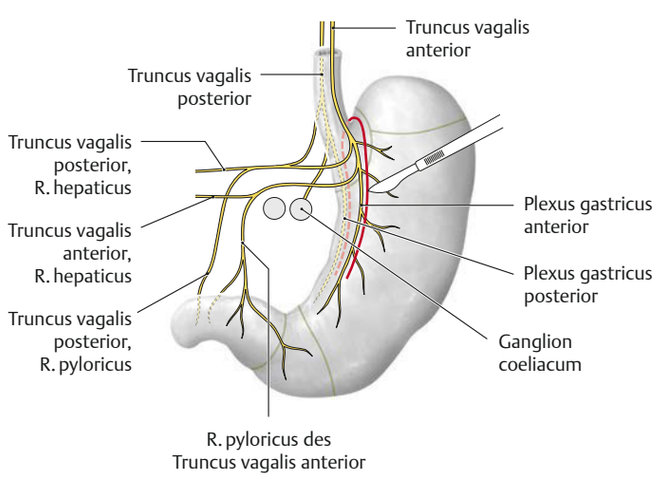


E Innervation von Leber, Gallenblase, Magen, Duodenum, Pancreas und Milz

Ansicht von ventral, Omentum minus weit abgetragen, Omentum majus eröffnet. Colon ascendens und Teil des Colon transversum entfernt. Zur besseren Übersicht ist das retroperitoneale Fett- und Bindegewebe teilweise abgetragen. Die vom Ganglion coeliacum ausgehenden Organplexus verlaufen größtenteils mit den Arterien zu den Erfolgsorganen.

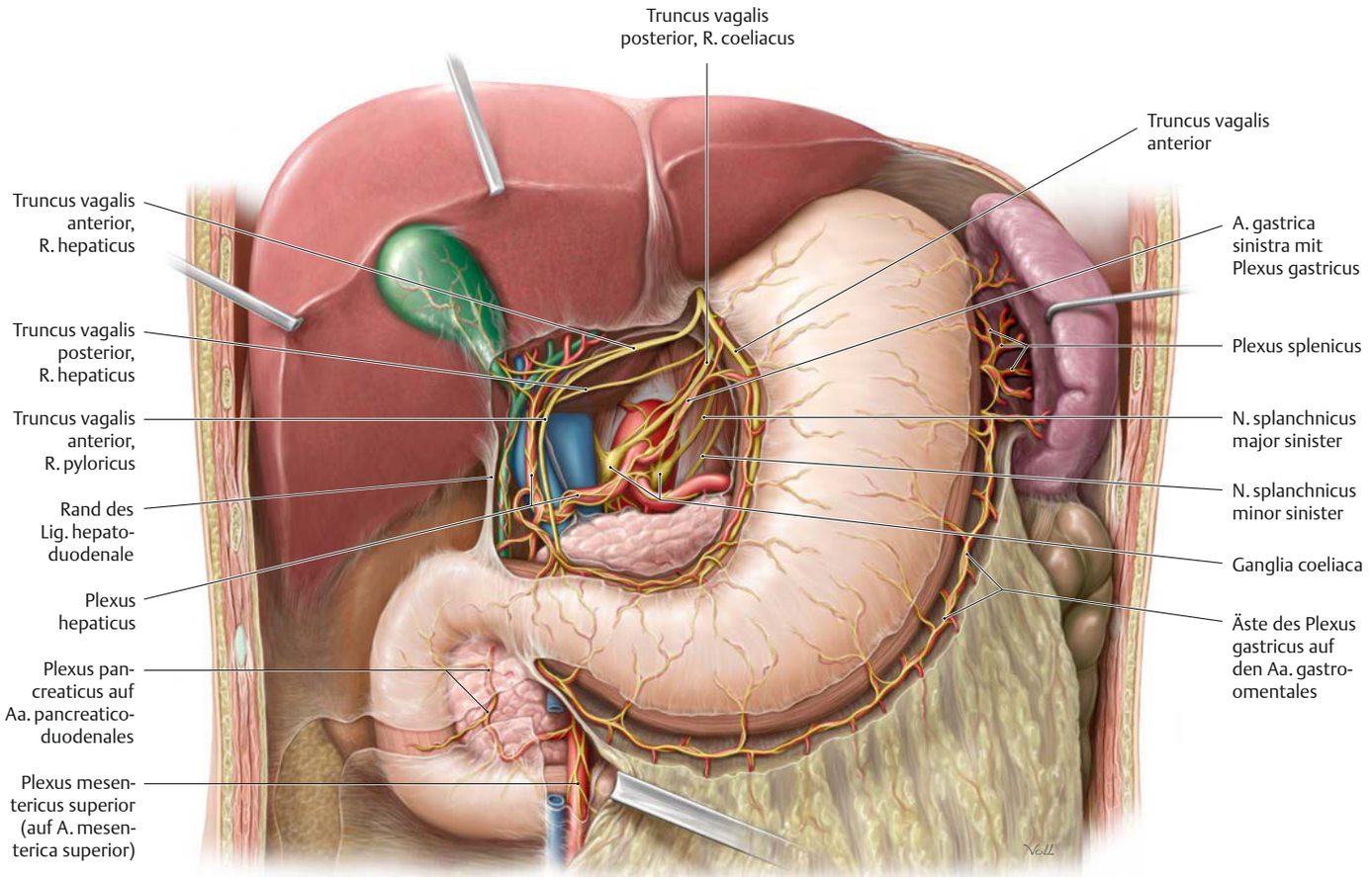
Beachte: Der **Pylorus** wird i. Allg. durch eigene Rr. pylorici versorgt, die den Trunci vagales (parasympathische Versorgung) entspringen und häufig zunächst mit den Rr. hepatici ziehen. Die Funktion des Pylorus bleibt daher unbeeinträchtigt, wenn die Trunci vagales distal des Abgangs der Rr. pylorici durchtrennt werden, wie dies bei einer *selektiven proximalen Vagotomie* der Fall ist (s. **F**). Auf diese Weise ist es möglich, die Säureproduktion der Parietalzellen in Corpus und Fundus des Magens zu reduzieren, ohne die notwendige Gastrinproduktion im Bereich von Antrum und Pylorus zu beeinflussen und die Motorik des Pylorus zu stören.

Leber und Gallenwege erhalten ihre vegetative Versorgung über *parasympathische* Rr. hepatici, die sich den *sympathischen* Fasern im Plexus hepaticus anschließen. Der *Plexus hepaticus* erreicht über die A. hepatica propria die Leber und gibt Äste zur Versorgung der Gallenblase und der Gallenwege ab. **Milz** und **Pancreas** erhalten die vegetativen Fasern über den Plexus splenicus bzw. pancreaticus. Das **Duodenum** wird teilweise über das Ganglion mesentericum superius sowie über den Plexus mesentericus superior versorgt.



F Selektive proximale Vagotomie am Magen

Die Aktivierung des N. vagus stimuliert die Produktion von HCl. Zur Behandlung einer *therapieresistenten* Übersäuerung des Magens eignet sich daher grundsätzlich die sog. selektive proximale Vagotomie, bei der die Vagusfasern, die die säureproduzierenden Parietalzellen aktivieren (hauptsächlich in Corpus und Fundus), magennah (also nach dem Abgang der Rr. pylorici aus den Trunci vagales) durchtrennt werden. Die weiterhin intakten Rr. pylorici garantieren eine unbeeinträchtigte Funktion des Pylorus.

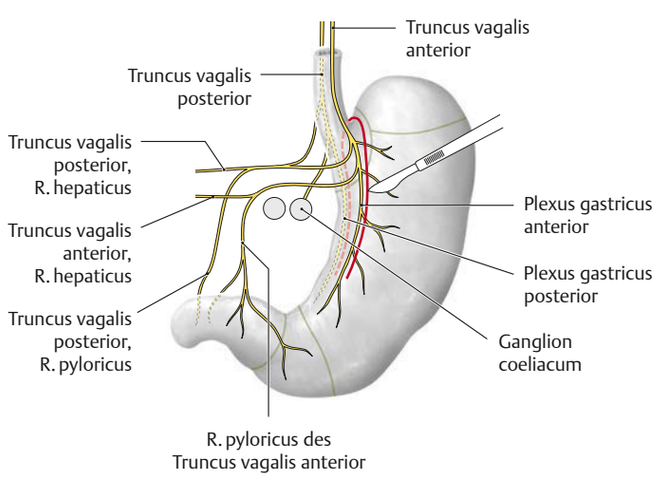


E Innervation von Leber, Gallenblase, Magen, Duodenum, Pancreas und Milz

Ansicht von ventral, Omentum minus weit abgetragen, Omentum majus eröffnet. Colon ascendens und Teil des Colon transversum entfernt. Zur besseren Übersicht ist das retroperitoneale Fett- und Bindegewebe teilweise abgetragen. Die vom Ganglion coeliacum ausgehenden Organplexus verlaufen größtenteils mit den Arterien zu den Erfolgsorganen.

Beachte: Der **Pylorus** wird i. Allg. durch eigene Rr. pylorici versorgt, die den Trunci vagales (parasympathische Versorgung) entspringen und häufig zunächst mit den Rr. hepatici ziehen. Die Funktion des Pylorus bleibt daher unbeeinträchtigt, wenn die Trunci vagales distal des Abgangs der Rr. pylorici durchtrennt werden, wie dies bei einer *selektiven proximalen Vagotomie* der Fall ist (s. **F**). Auf diese Weise ist es möglich, die Säureproduktion der Parietalzellen in Corpus und Fundus des Magens zu reduzieren, ohne die notwendige Gastrinproduktion im Bereich von Antrum und Pylorus zu beeinflussen und die Motorik des Pylorus zu stören.

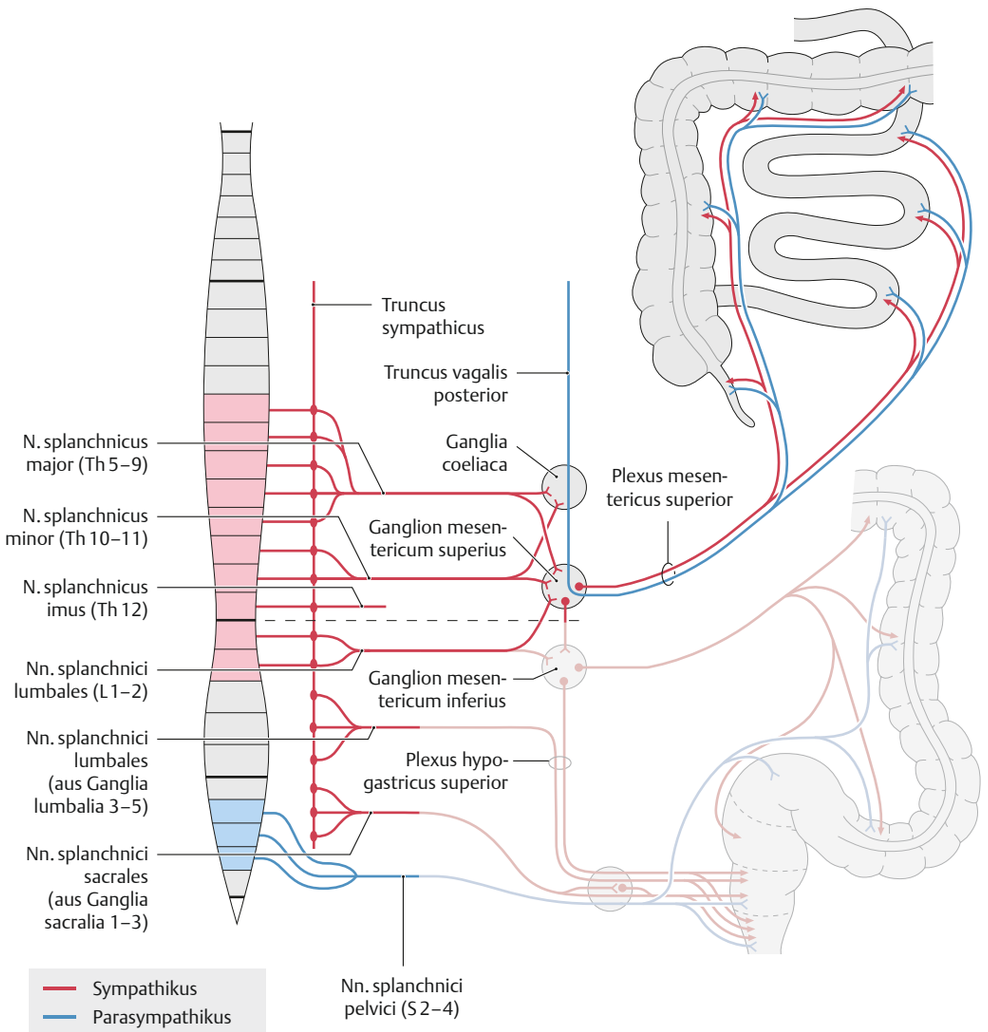
Leber und Gallenwege erhalten ihre vegetative Versorgung über *parasympathische* Rr. hepatici, die sich den *sympathischen* Fasern im Plexus hepaticus anschließen. Der *Plexus hepaticus* erreicht über die A. hepatica propria die Leber und gibt Äste zur Versorgung der Gallenblase und der Gallenwege ab. **Milz** und **Pancreas** erhalten die vegetativen Fasern über den Plexus splenicus bzw. pancreaticus. Das **Duodenum** wird teilweise über das Ganglion mesentericum superius sowie über den Plexus mesentericus superior versorgt.



F Selektive proximale Vagotomie am Magen

Die Aktivierung des N. vagus stimuliert die Produktion von HCl. Zur Behandlung einer *therapieresistenten* Übersäuerung des Magens eignet sich daher grundsätzlich die sog. selektive proximale Vagotomie, bei der die Vagusfasern, die die säureproduzierenden Parietalzellen aktivieren (hauptsächlich in Corpus und Fundus), magennah (also nach dem Abgang der Rr. pylorici aus den Trunci vagales) durchtrennt werden. Die weiterhin intakten Rr. pylorici garantieren eine unbeeinträchtigte Funktion des Pylorus.

3.30 Vegetative Innervation des Darmes: Innervationsbereich des Plexus mesentericus superior



A Vegetativer Innervationsbereich des Plexus mesentericus superior

Während man topografisch und histologisch klar zwischen Dünn- und Dickdarm unterscheidet, legt man bei der vegetativen Innervation die Versorgung eines bestimmten Darmabschnittes durch einen bestimmten Plexus zugrunde – unabhängig davon, ob dieser Abschnitt zum Dünn- oder Dickdarm gehört. Die Trennung erfolgt danach, ob der entsprechende Darmabschnitt durch den Plexus mesentericus *superior* oder *inferior* versorgt wird. Dies ist auf obigem Schema verdeutlicht:

Sympathische Innervation:

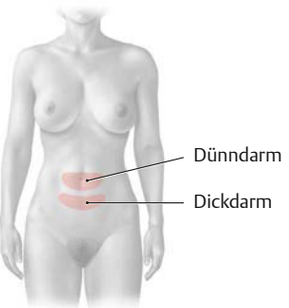
- *Jejunum* und *Ileum* sowie *Caecum*, *Colon ascendens* und die zwei *oralen Drittel des Colon transversum* werden durch postganglionäre Äste des Ganglion mesentericum *superius* über den Plexus mesentericus superior innerviert, der mit den Ästen der A. mesenterica superior zu den einzelnen Darmabschnitten zieht.
- Analog hierzu werden das *aborale Drittel des Colon transversum* sowie *Colon descendens*, *sigmoideum* und die *obere Rektumetage* über postganglionäre Äste des Ganglion mesentericum *inferius* und den zugeordneten Plexus innerviert, der sich den Ästen der A. mesenterica inferior anschließt.
- Die *mittlere und untere Rektumetage* werden durch die Nn. splanchnici lumbales und sacrales über den Plexus hypogastricus inferior versorgt (zur Versorgung des Rectum in drei Etagen s. S. 288).

Das Ganglion mesentericum superius innerviert somit **sympathisch** den gesamten Dünndarm sowie einen Teil des Dickdarms, also den weitaus größten Abschnitt des gesamten Darmrohres.

Parasympathische Innervation: Sie teilt sich analog zur sympathischen Innervation.

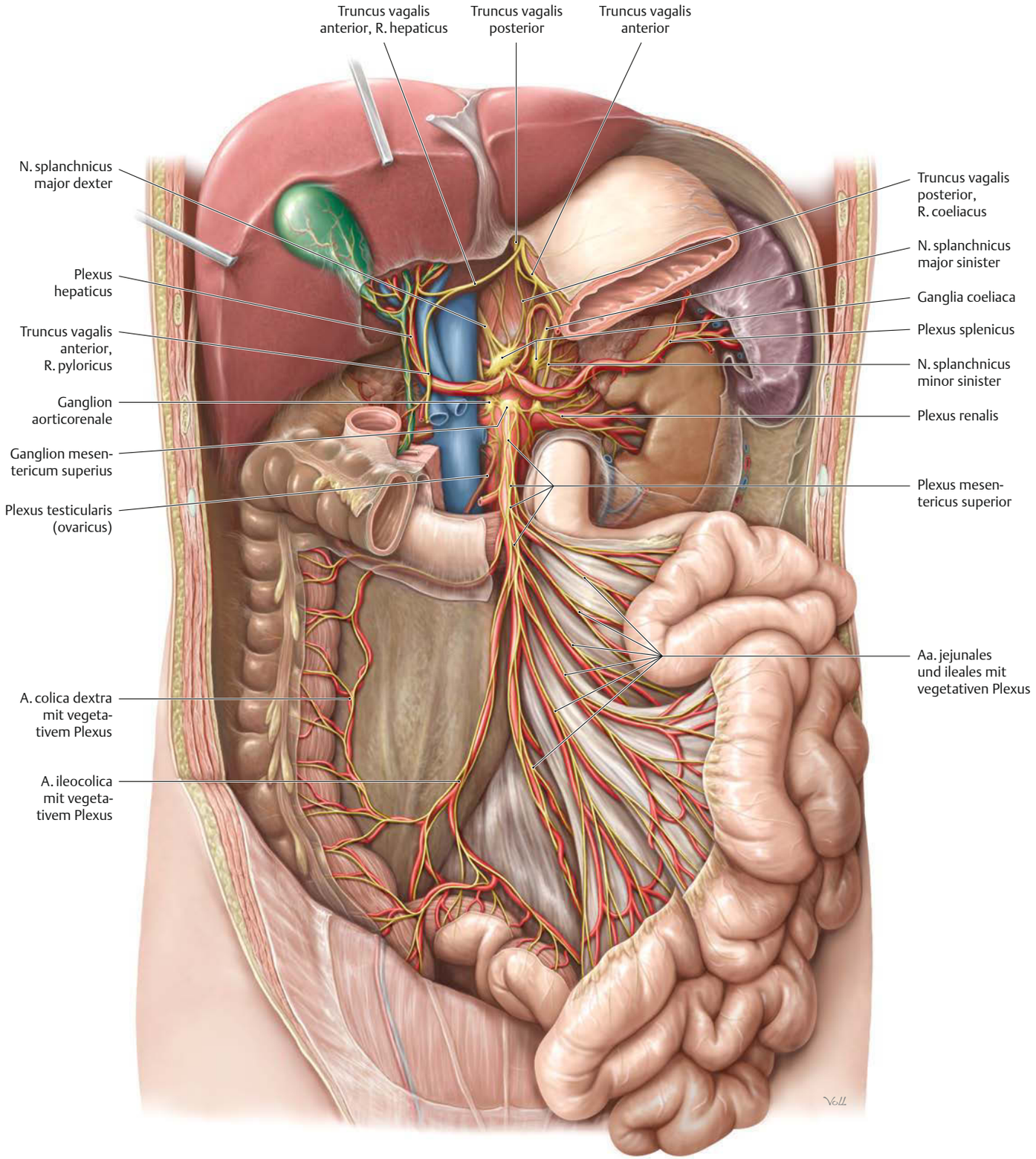
- *Dünndarm*, *Caecum* sowie *Colon* bis zum aboralen Drittel des Colon transversum werden über den *Truncus vagalis* und seine Äste versorgt.
- Das restliche, *aborale Colon* und das *Rectum* werden über die *Nn. splanchnici pelvici* der Segmente S2–4 innerviert (s. S. 288). Sie schalten teils in Ganglienzellen innerhalb des Plexus hypogastricus inferior, teils in Ganglienzellen an der Organwand um.

Der Truncus vagalis (also Anteile des kranialen Parasympathikus) versorgt somit **parasympathisch** den gesamten Dünndarm sowie einen Teil des Dickdarms, also den weitaus größten Abschnitt des gesamten Darmrohres. Die Stelle am Colon transversum, die den oralen vom aboralen Innervationsbereich des vegetativen Nervensystems trennt, wird als *Cannon-Böhm-Punkt* bzw. *Cannon-Böhm-Feld* bezeichnet.



B Head-Zonen von Dünndarm und Dickdarm

Bei Erkrankungen im Darmbereich können Schmerzen oft nicht präzise am Darm lokalisiert werden. Häufig projiziert der Patient den Schmerz in die dargestellten Zonen der Bauchwand.

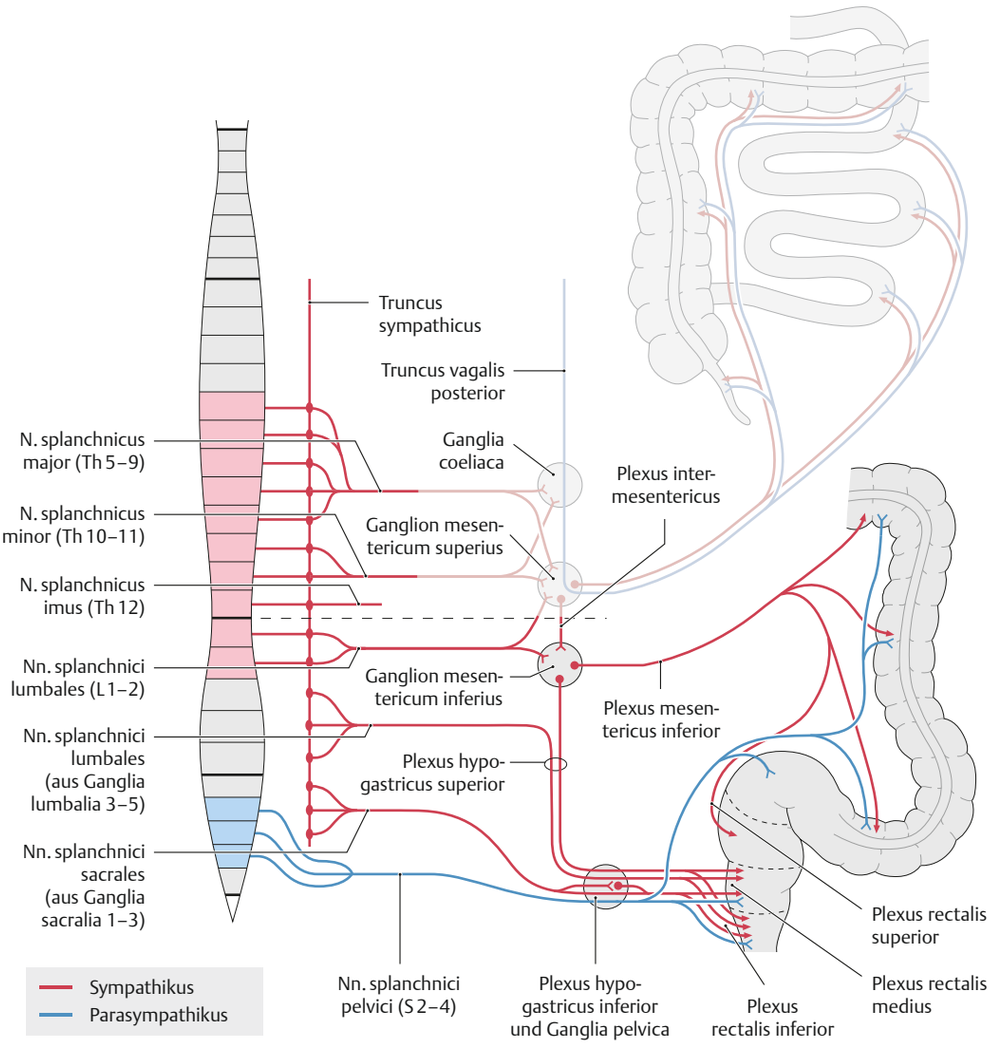


C Vegetativer Innervationsbereich des Plexus mesentericus superior am Darm

Ansicht von ventral. Die Leber ist angehoben, Magen und Pancreas sind teilweise entfernt. Das Colon transversum ist am oralen Drittel abgetrennt, das gesamte Dünndarmkonvolut nach links geschlagen.

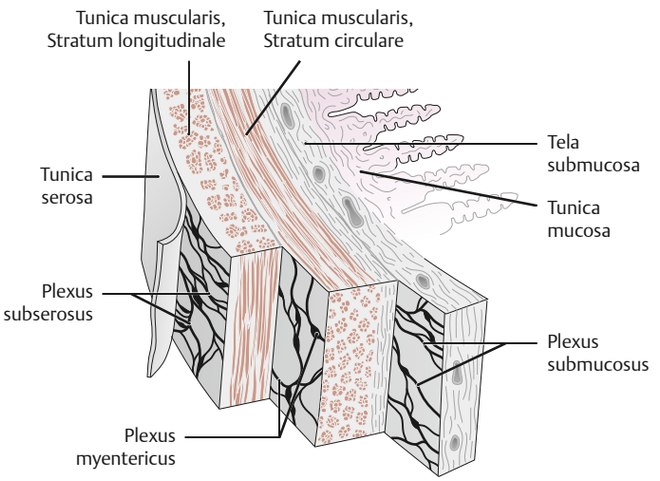
Die postganglionären Äste aus dem Ganglion mesentericum superius **(sympathische Versorgung)** folgen als Plexus mesentericus superior den Ästen der A. mesenterica superior im Mesenterium und erreichen somit Jejunum, Ileum und Caecum mit Appendix vermiformis sowie das Colon bis zum Übergang vom mittleren zum aboralen Drittel des Colon transversum. Ab hier erfolgt die sympathische Versorgung durch das Ganglion mesentericum inferius (hier nicht sichtbar). Die **parasympathische Innervation** vom Jejunum bis zum aboralen Drittel des Colon transversum erfolgt über den Truncus vagalis und seine Äste. Zur Innervation der restlichen Kolonabschnitte und des Rectum s. S. 288.

3.31 Vegetative Innervation des Darmes: Innervationsbereich von Plexus mesentericus und hypogastricus inferior



A Vegetativer Innervationsbereich des Plexus mesentericus inferior und des Plexus hypogastricus inferior

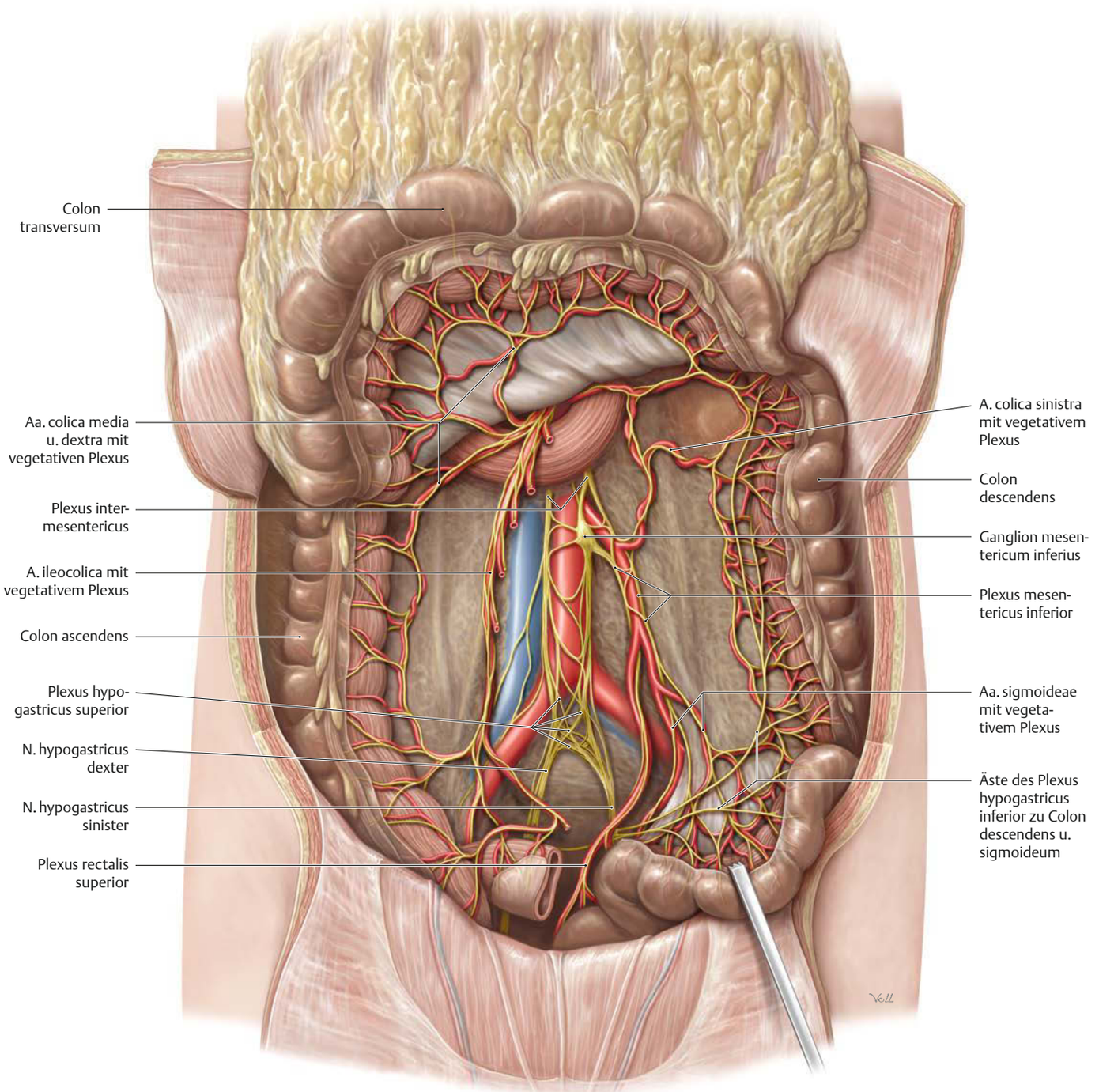
Beachte: Bei der vegetativen Innervation des Darmes ist entscheidend, durch welchen Plexus der jeweilige Abschnitt innerviert wird (Plexus mesentericus superior oder inferior bzw. hypogastricus inferior), nicht, ob es sich um Dünn- oder Dickdarm handelt. Da es in dieser Lerneinheit vorrangig um den Innervationsbereich von Plexus mesentericus inferior und hypogastricus inferior geht (s. dazu auch **C**), ist dieser Bereich in obigem Schema besonders hervorgehoben. Zu den Details der Innervation vgl. auch S. 225.



B Organisation des Plexus entericus

Der Plexus entericus ist das *allen Organen des Magen-Darm-Traktes eigene* autonome Nervensystem (Darmwandnervensystem), das sowohl Einflüssen von Sympathikus als auch Parasympathikus unterliegt (intramurales Nervensystem). Ein angeborenes Fehlen des Plexus entericus führt zu schweren Störungen der Magen-Darm-Passage (z. B. Hirschsprung-Krankheit). Der Plexus entericus ist im gesamten Magen-Darm-Kanal grundsätzlich gleich organisiert, wobei es im unteren Rectum in der Wand eine ganglienzellfreie Zone gibt (s. S. 243). Es werden drei Subsysteme unterschieden:

- Plexus submucosus (Meissner-Plexus),
- Plexus myentericus (Auerbach-Plexus),
- Plexus subserosus.



C Vegetativer Innervationsbereich von Plexus mesentericus und hypogastricus inferior am Darm

Ansicht von ventral. Jejunum und Ileum sind bis auf einen Stumpf am Caecum entfernt. Das Colon transversum ist nach oben geklappt, das Sigmoid nach kaudal gezogen.

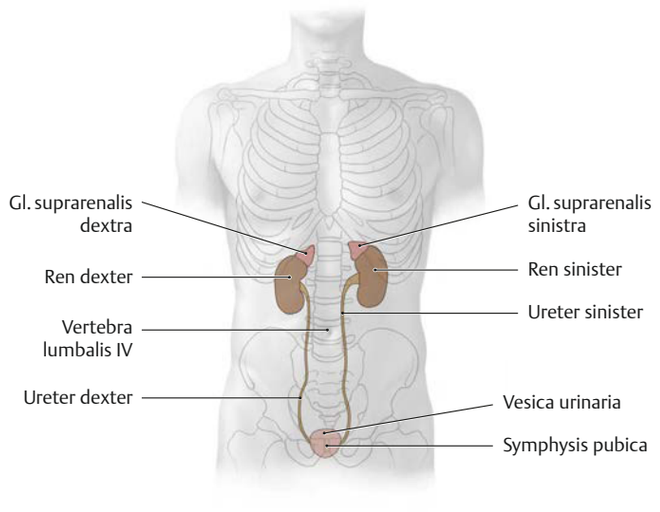
Die **sympathische Innervation** erfolgt

- für *Caecum* mit *Appendix vermiformis* und *Colon bis einschließlich der oralen zwei Drittel des Colon transversum* (wie auch für den gesamten, hier nicht sichtbaren Dünndarm) über postganglionäre Äste des Ganglion mesentericum superius;
- für das *aborale Drittel des Colon transversum*, *Colon descendens* und *sigmoideum* sowie die *obere Rektumetage* über postganglionäre Äste des Ganglion mesentericum inferius, die als Plexus mesentericus inferior den Ästen der A. mesenterica inferior folgen;
- für die beiden *unteren Rektumetagen* (s. S. 316) durch die Nn. splanchnici lumbales und sacrales über den Plexus hypogastricus inferior (den viszeralen Ästen der A. iliaca interna folgend).

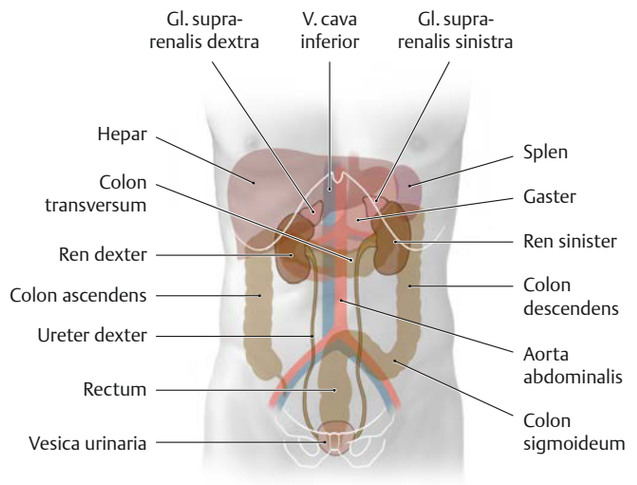
Die **parasympathische Innervation** teilt sich ebenfalls am Übergang vom mittleren zum aboralen Drittel des Colon transversum:

- Die Innervation des *oral* gelegenen Anteils verläuft über den Truncus vagalis und seine Äste (also den *kranialen* Parasympathikus);
- der *aboral* gelegene Anteil über die Nn. splanchnici pelvici der Segmente S2–4 und Anteile des Plexus hypogastricus inferior (also den *sakralen* Parasympathikus) (vgl. S. 227).

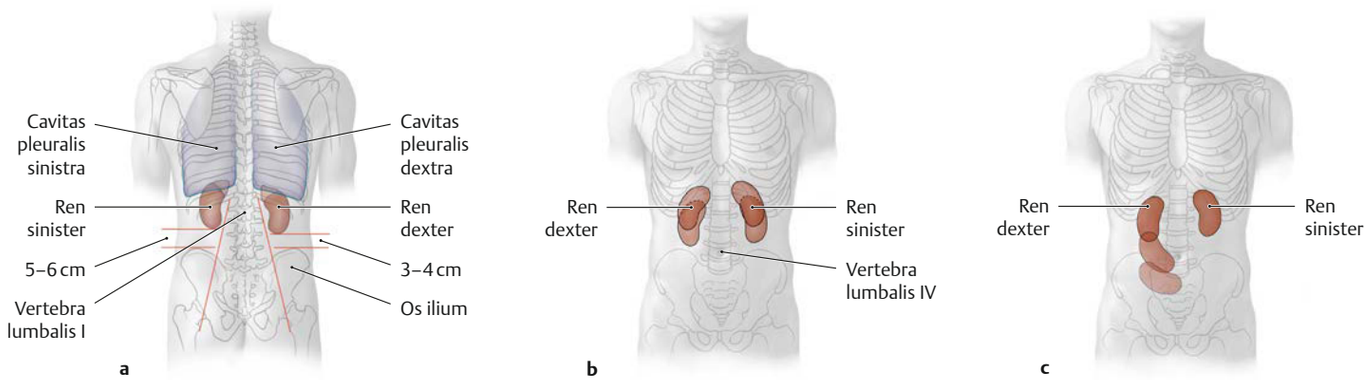
4.1 Harnorgane im Überblick; Nieren in situ



A Projektion von Nieren und übrigen Harnorganen auf das Skelett
Ansicht von ventral, Nebennieren zur Orientierung dargestellt. Beide Nieren stehen nahe an der Wirbelsäule und so weit kranial, dass die Rippen XI und XII sie z. T. überkreuzen. Das Hilum renale liegt in Höhe LWK I/II. Häufig steht die rechte Niere durch den Platzbedarf der großen Leber etwas tiefer (vgl. S. 382). Die Harnblase ist im stark gefüllten Zustand gezeigt; leer ist sie erheblich kleiner und verschwindet hinter der Symphyse. Die Ureteren verlaufen im Spatium retroperitoneale von dorsal an die Harnblase.



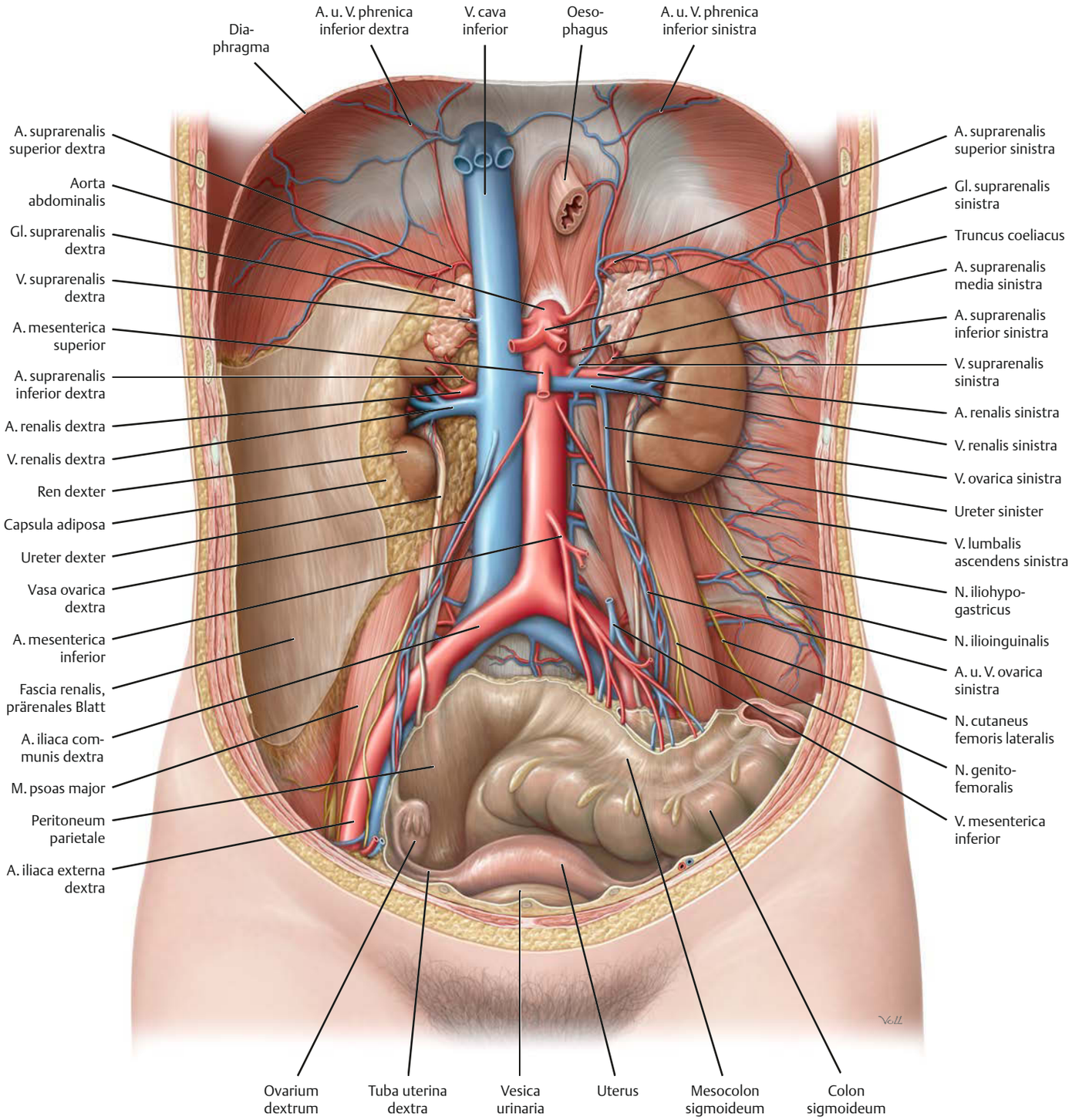
B Projektion der Harnorgane auf die Organe von Abdomen und Becken
Ansicht von ventral. Die große Leber verdrängt die rechte Niere etwas nach kaudal. Die Harnblase ist in stark gefülltem Zustand gezeigt. Sie liegt beim Mann vor dem Rectum, bei der Frau vor dem Uterus (hier nicht dargestellt). Eine starke Füllung der Rektumampulle bzw. die Vergrößerung des Uterus durch eine Schwangerschaft übt daher vermehrt Druck auf die Harnblase aus, so dass schon bei relativ geringer Blasenfüllung das Gefühl von Harndrang entsteht. Bei länger andauernden, krankhaften Prozessen, wie z. B. Muskeltumoren des Uterus (Myome), oder bei Schwächung des Blasenverschlussmechanismus infolge zahlreicher Geburten (Senkung des muskulären Beckenbodens), kann sich eine Harninkontinenz entwickeln.



C Lage der Nieren, physiologische und pathologische Beweglichkeit

a Ansicht von dorsal. Die Nieren werden aufgrund der Kuppelform des Zwerchfells dorsal von den Pleurahöhlen überlappt.
Beachte den geringeren Abstand der tiefer liegenden, rechten Niere vom leicht tastbaren Beckenkamm.

b u. **c Ansicht von ventral.** Die Nieren liegen im Retroperitoneum dicht unter dem Zwerchfell. Im Zuge der Atmung bewegen sie sich daher passiv mit diesem mit, aufgrund ihrer Schräglage (beide oberen Pole weisen zur Wirbelsäule, s. rote Schräglinien in **a**) beim Einatmen sowohl nach kaudal als auch etwas nach lateral. Diese passiven Bewegungen können bei Nierenerkrankungen zu atemabhängigen Schmerzen führen. Eine *pathologische,* vermehrte Beweglichkeit der Nieren („Wanderniere", s. **c**) resultiert aus dem Schwund der Fettkapsel (Capsula adiposa), in die die Nieren normalerweise fest eingebaut sind und in ihrer Position gehalten werden. Bei schweren, konsumierenden Erkrankungen (z. B. metastasierende Tumoren unterschiedlicher Herkunft) kann das Baufett so weit schwinden, dass die Nieren, die durch ihren Gefäßstiel nur ungenügend fixiert sind, sich absenken. Dies kann durch Abknicken der Gefäße oder des Ureters zu Störungen der Nierendurchblutung oder des Harnabflusses führen.



D Lage der Harnorgane in situ

Sicht von ventral in einen weiblichen Situs; Milz und Organe des Magen-Darm-Traktes bis zum Colon sigmoideum entfernt; Oesophagus etwas nach kaudal gezogen; Capsula adiposa und Fascia renalis rechts teilweise belassen, links vollständig entfernt. Durch das Baufett dieser Kapsel sind Nieren und Nebennieren in das Spatium retroperitoneale eingebaut. Die Harnblase ist mäßig gefüllt und gerade noch oberhalb der Symphyse vor dem Uterus sichtbar; das Peritoneum parietale ist entfernt, um eine vollständige Sicht in den Situs retroperitonealis zu ermöglichen.

Beachte: Die Ureteren im Retroperitoneum unterkreuzen die Vasa ovarica und überkreuzen die Vasa iliaca. Hier liegen klinisch bedeutsame Engstellen des Ureters, an denen ein aus dem Nierenbecken abgehender Stein stecken bleiben kann (s. **B**, S. 301).

Die Nieren sind meist nicht exakt parallel zur Frontalebene eingestellt: Das Nierenhilum, an dem Harnleiter und Gefäße ein- und austreten, weist daher nach medial und ventral (s. **Ab**, S. 292). Zudem liegen die oberen Nierenpole näher beieinander als die unteren, so dass die Nieren scheinbar leicht nach medial „gekippt" sind: Das Nierenhilum weist daher auch leicht nach kaudal.

4.2 Nieren (Renes): Lage, Form und Aufbau

A Lage der Nieren im Nierenlager
Rechtes Nierenlager; **a** Sagittalschnitt etwa auf Höhe des Hilum renale, Ansicht von rechts; **b** Horizontalschnitt durch das Abdomen etwa in Höhe von LWK I/II, Ansicht von kranial.

Das Nierenlager befindet sich beidseits der Wirbelsäule im Spatium retroperitoneale. Es enthält die Nieren, die von einer dünnen **Organkapsel** umgeben sind **(Capsula fibrosa renis)**, und die Nebennieren, die mit den Nieren zusammen in der **Nierenfettkapsel (Capsula adiposa)** liegen. Sie ist dorsal der Nieren stärker ausgeprägt als ventral.

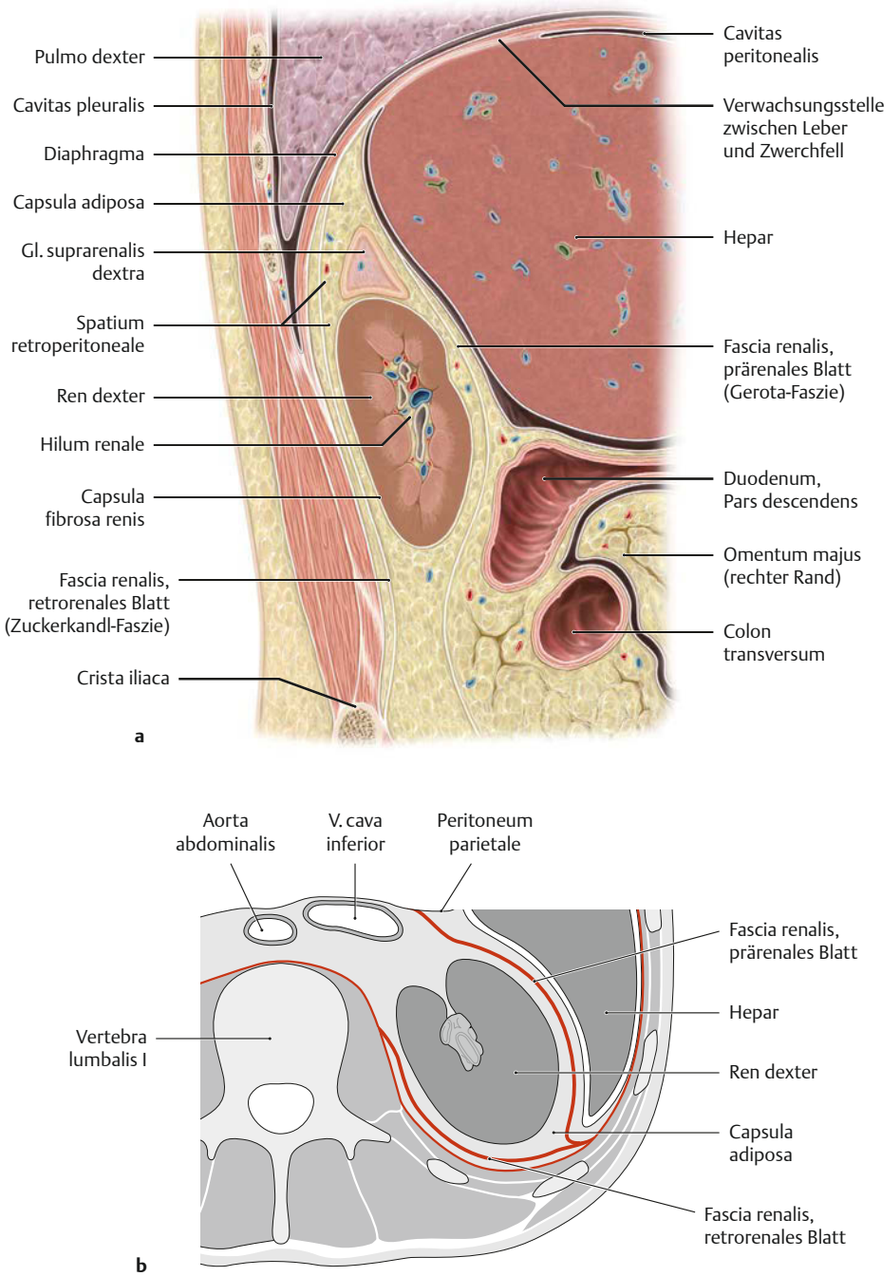
Beachte: Eine Schwellung der Niere (meist entzündungsbedingt) kann aufgrund der Dehnung der Capsula fibrosa renis zu erheblichen Schmerzen führen.

Die Capsula adiposa ist von der **Nierenfaszie (Fascia renalis)** umgeben, die sie durch zwei Blätter von der Umgebung abgrenzt:

- durch das prärenale Blatt hinter dem Peritoneum parietale (stellenweise mit diesem verwachsen) und
- das retrorenale Blatt, das an der dorsalen Rumpfwand mit der Fascia transversalis bzw. den Muskelfaszien teilweise fest verwachsen ist.

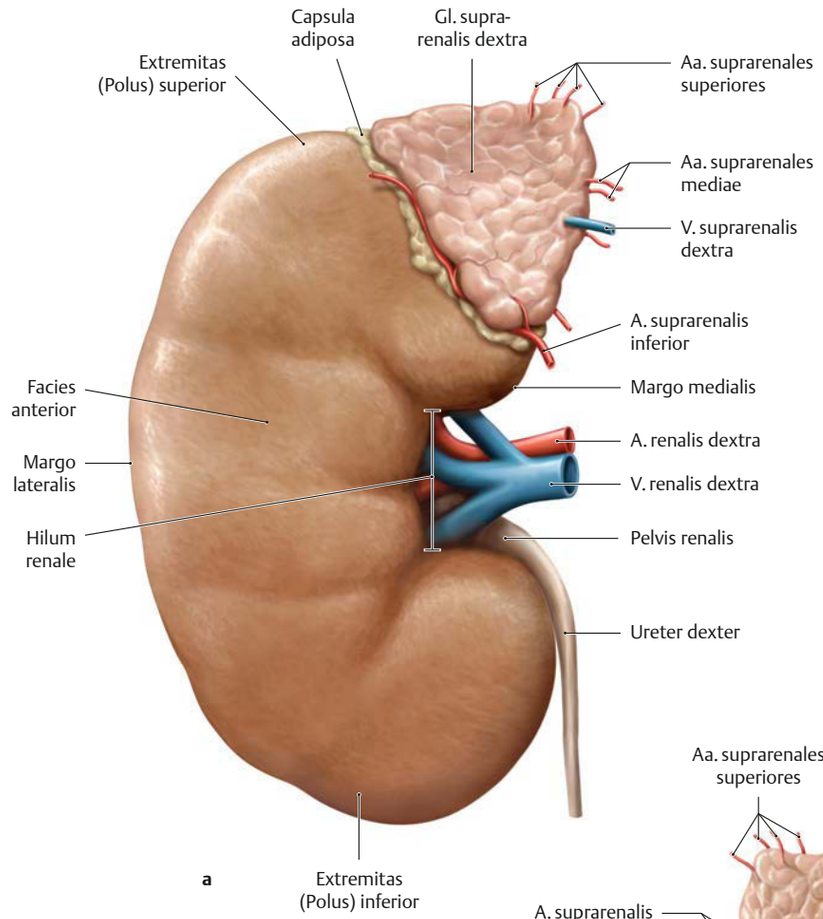
Kaudal und medial ist die Fascia renalis und damit das Nierenlager für den Durchtritt von Ureter und Nierengefäßen offen, lateral und kranial durch das Verwachsen der Faszienblätter verschlossen. Entzündungen, die neben der Niere, aber innerhalb der Fascia renalis liegen, breiten sich daher vorwiegend zur gegenüberliegenden Seite oder nach unten, evtl. bis ins Becken aus.

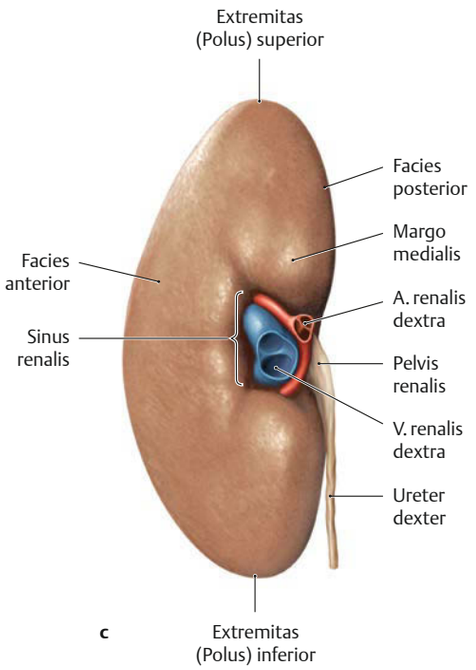
Beachte: Bei einer inspiratorischen Senkung des Zwerchfells senkt sich das gesamte Nierenlager und damit *indirekt* auch die darin liegende Niere mit Nebenniere. Im Gegensatz dazu wird die Leber, die am Zwerchfell festgewachsen ist (Area nuda), *direkt* durch das Zwerchfell nach unten verschoben.

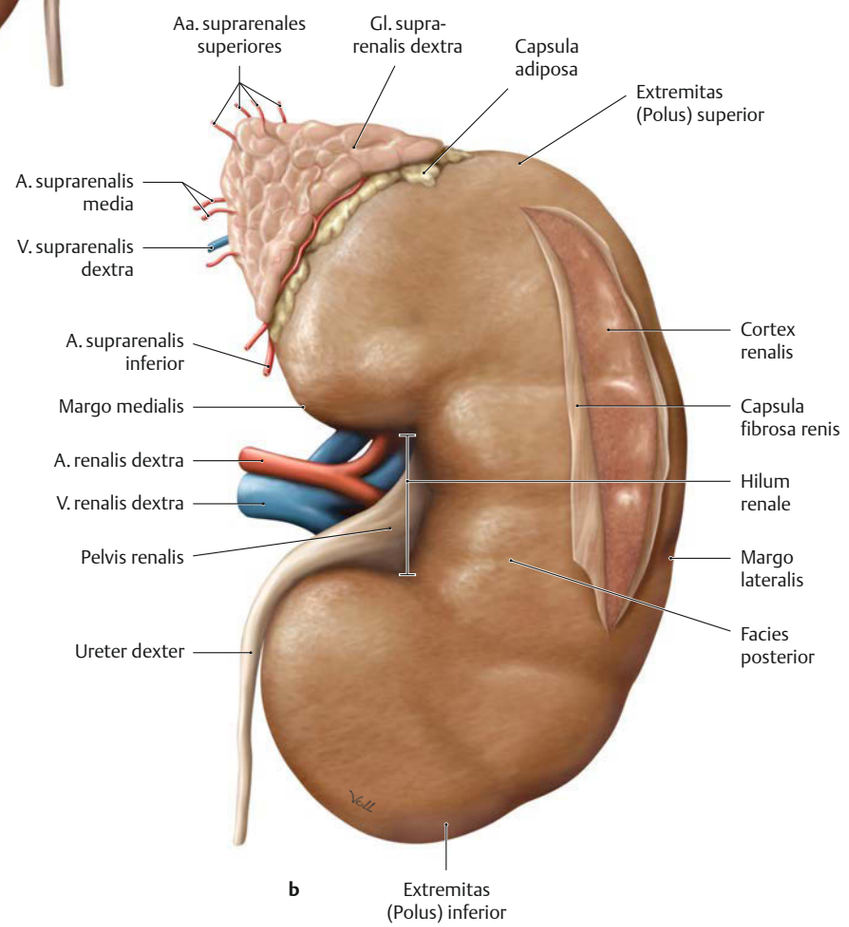


B Nierenlager: Faszien und Kapseln der Nieren

Capsula fibrosa renis	dünne, feste bindegewebige Organkapsel der Nieren, die nur die Nieren jeweils straff umfasst
Capsula adiposa	Fettkörper, der Nieren *und* Nebennieren einschließt und das Nierenlager ausfüllt; Ausprägung v. a. lateral und dorsal der Nieren
Fascia renalis	bindegewebiger Fasziensack, der die Capsula adiposa umschließt sowie die nierennahen Abschnitte von Aorta abdominalis und V. cava inferior (s. **Ab**) und des Ureters; Unterteilung in ein zartes prärenales und ein kräftiges retrorenales Blatt (s. **Aa**)







C Bau und Form der Niere

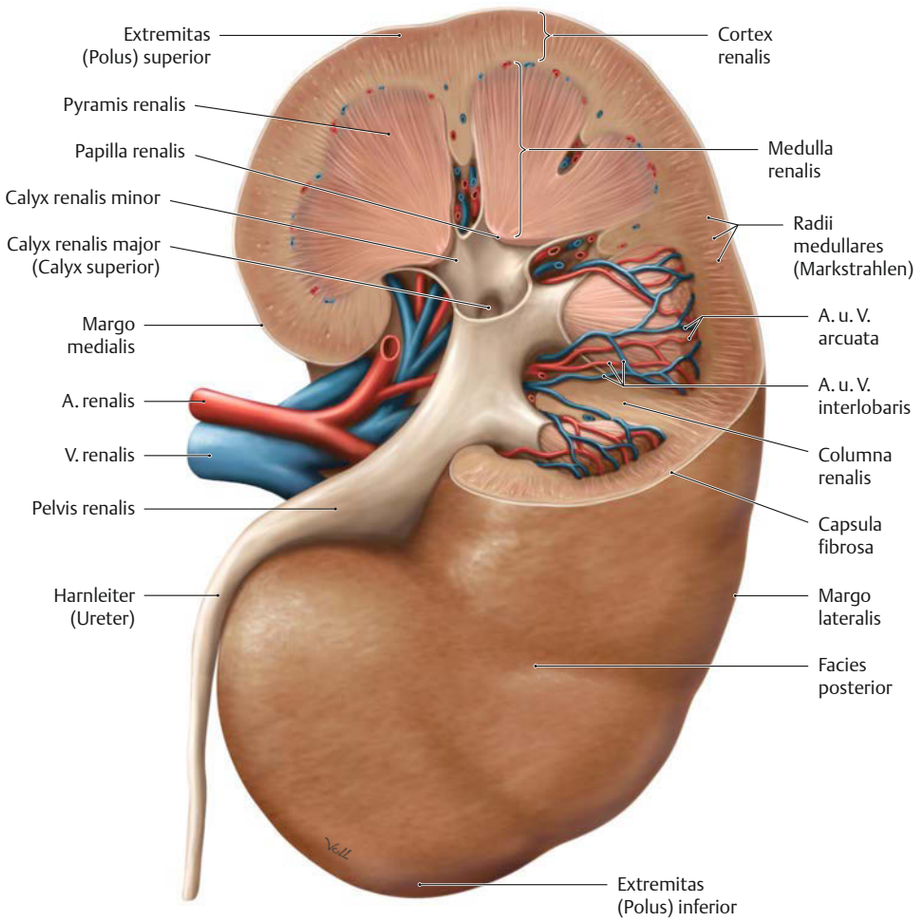
Sicht von ventral (**a**), dorsal (**b**) und medial (**c**) auf die rechte Niere; Nebenniere in **a** u. **b** belassen, Ureter in Höhe des unteren Nierenpols abgetrennt. Die direkt der Niere aufliegende Capsula fibrosa renis ist in **a** u. **c** intakt, in **b** teilweise eröffnet, so dass das darunter liegende Nierenparenchym sichtbar wird. Der Sinus renalis („Nierenbucht" mit Hilum renale) enthält im Regelfall eine gewisse Menge Baufett. Leitungsbahnen und Nierenbecken liegen also nicht, wie hier dargestellt, frei. Eine Niere ist im Durchschnitt 12 × 6 × 3 cm (L × B × D) groß und wiegt 150–180 g. Man unterscheidet:

- zwei Pole (Extremitas superior/inferior),
- zwei Flächen (Facies anterior/posterior) und
- zwei Ränder (Margo lateralis/medialis).

An der Margo medialis liegt das Hilum renale für den Ein- und Austritt der Leitungsbahnen und des Ureters. Die zarte Furchung der Nierenoberfläche beruht auf der entwicklungsgeschichtlich bedingten Lappung der Niere. Die Reihenfolge der Leitungsbahnen ist von ventral nach dorsal meistens (wie in **c** zu sehen): V. renalis dextra, A. renalis dextra, Ureter dexter.

Beachte: Die A. renalis verläuft meist dorsal der V. renalis, da die A. renalis dextra *hinter* der V. cava inferior (Mündungsgefäß der Vv. renales) zur rechten Niere zieht und die V. renalis sinistra *vor* der Aorta abdominalis (Stammgefäß der Aa. renales) zur linken Niere verläuft. Die A. renalis sinistra kann sich allerdings auch von oben um die V. renalis sinistra in eine ventrale Position schlingen. Der Ureter verlässt das Nierenbecken (s. S. 294) unterhalb der Gefäße und ist im Vergleich zu den Blutgefäßen meist etwas nach dorsal versetzt.

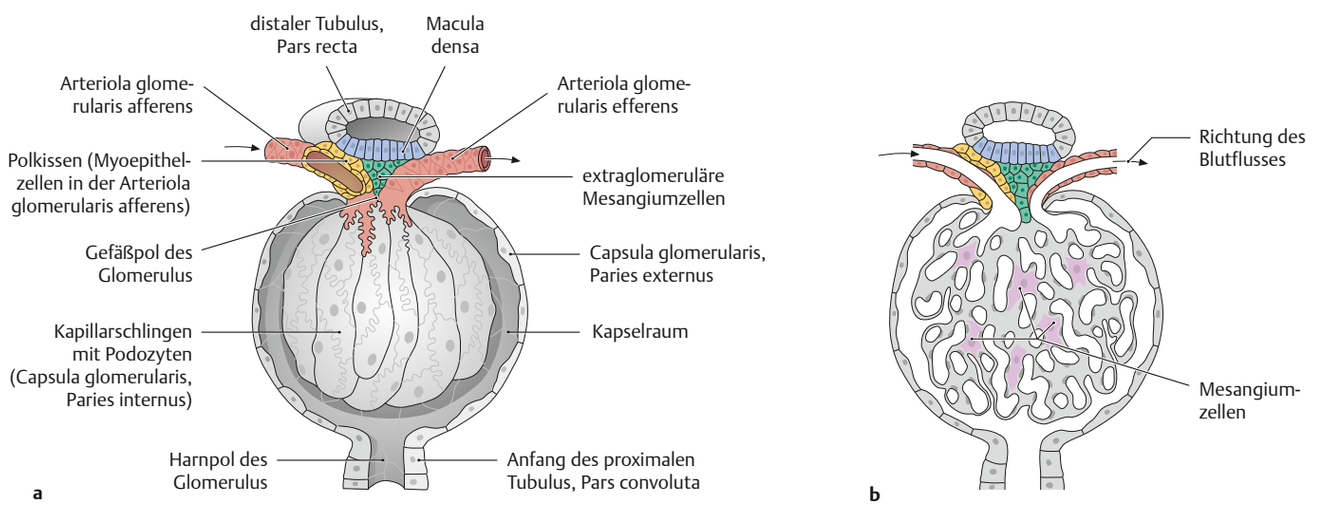
4.3 Nieren: Architektur und Feinbau



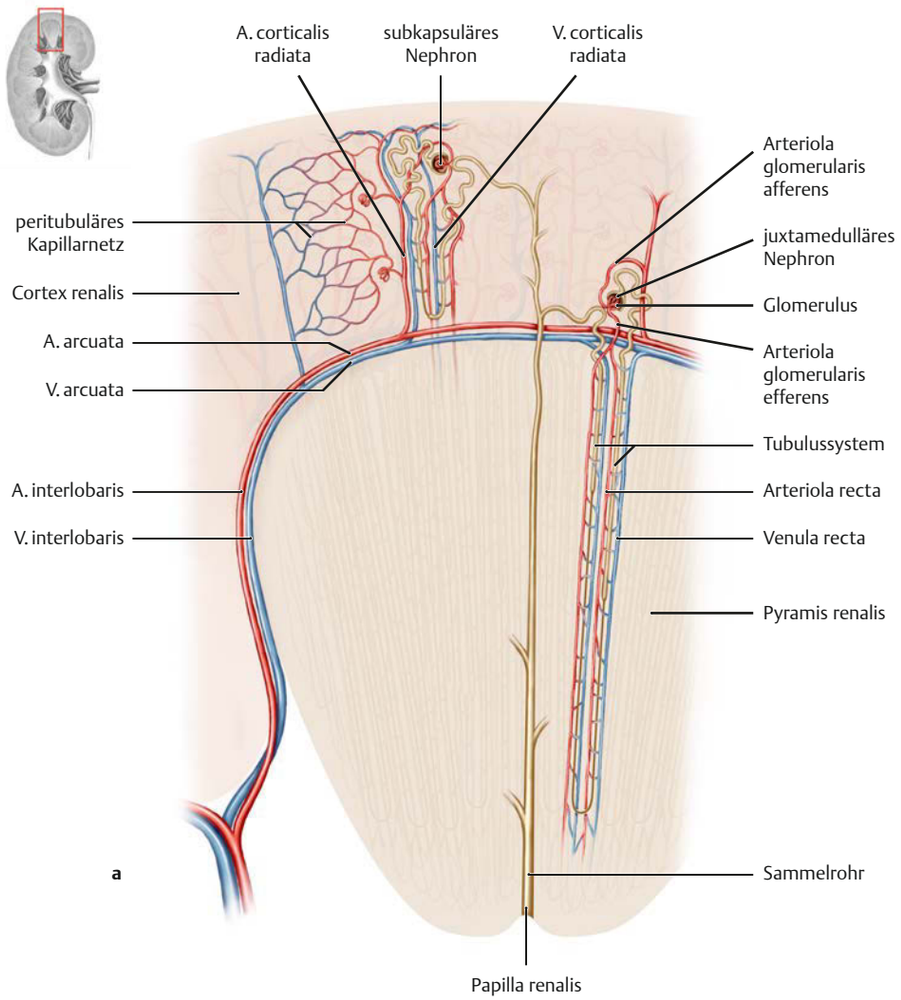
A Makroskopischer Aufbau der Niere
Sicht auf eine rechte Niere von dorsal, obere Nierenhälfte z. T. entfernt. Das **Nierenparenchym** wird unterteilt in:

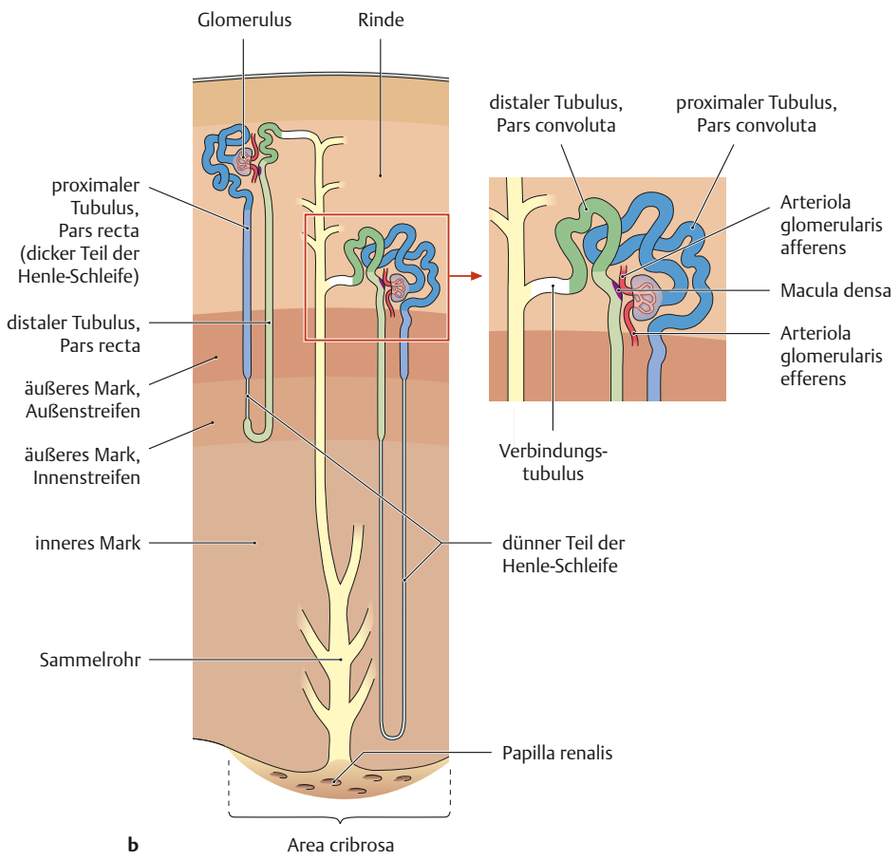
- äußere *Nierenrinde (Cortex renalis):* relativ schmale Schicht, die subkapsulär und in Rindensäulen (Columnae renales) um das Mark herum liegt; hier befinden sich die ca. 2,4 Millionen Nierenkörperchen (s. **B**), die die Glomeruli enthalten, sowie Anfangs- und Endstücke der Nierenkanälchen (s. **C**);
- inneres *Nierenmark (Medulla renalis):* besteht aus ca. 10–12 Pyramiden (Pyramides renales). Ihre Basis weist rinden- bzw. kapselwärts, ihre Spitze in Richtung Nierenbecken. Hier befinden sich u. a. die auf- und absteigenden Anteile der Nierenkanälchen.

Zum **Nierenbecken** s. S. 296.



B Nierenkörperchen (Corpusculum renale)
a Kapsel aufgetrennt; **b** Anschnitt.
Das Nierenkörperchen ist das „Bindeglied" zwischen Gefäßen und harnableitendem System (s. **C**). Es besteht aus einer zentral gelegenen, vielfach gewundenen Gefäßschlinge, dem *Glomerulus,* und einer mit einem flachen Epithel ausgekleideten Umhüllung, der *Bowman-Kapsel.* Das Blut fließt am Gefäßpol des Nierenkörperchens über die Arteriola glomerularis *afferens* in den Glomerulus hinein, passiert die kapillären Schlingen und fließt durch die Arteriola glomerularis *efferens* wieder ab. Im Nierenkörperchen wird der Primärharn gewonnen, der das Nierenkörperchen am Harnpol durch ein Tubulussystem verlässt. Der direkt an die Bowman-Kapsel angeschlossene 1. Abschnitt dieses Tubulussystems ist die Pars convoluta des proximalen Tubulus (s. **C**)
Beachte: Spezialisierte Zellen am Gefäßpol des Nierenkörperchens regulieren u. a. den für die Ultrafiltration erforderlichen Blutdruck.



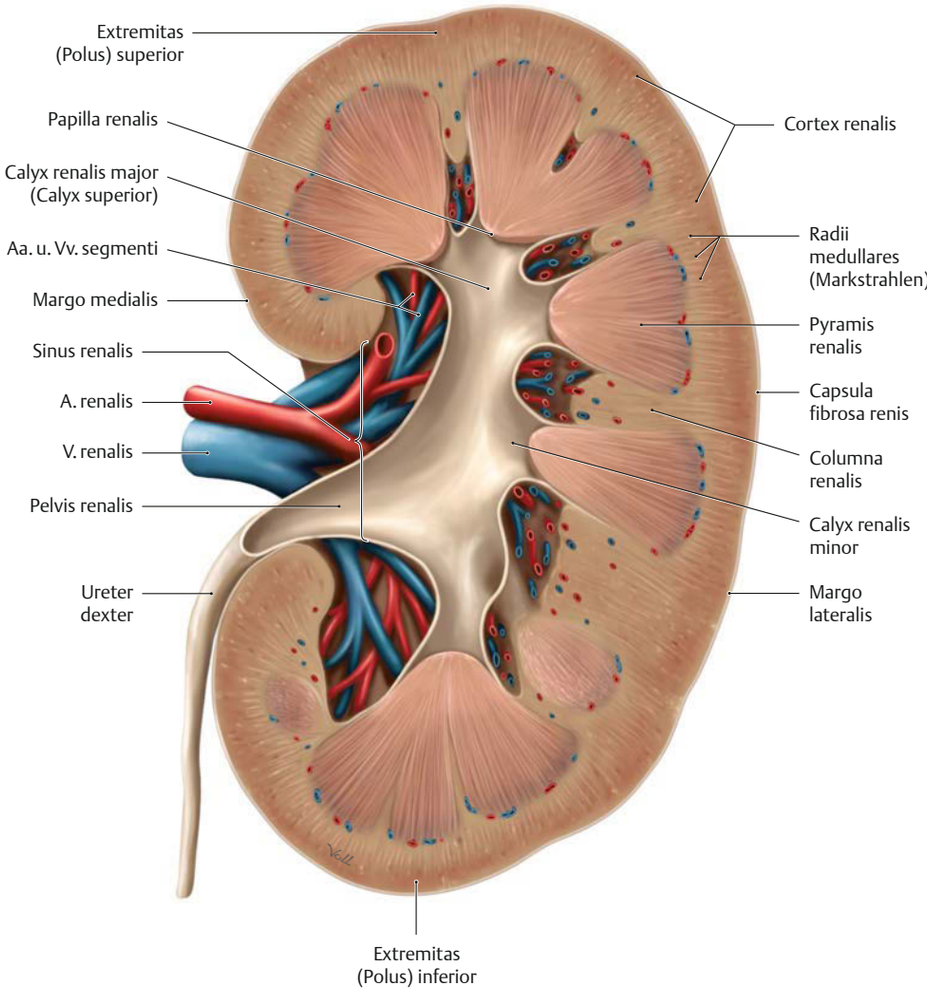


C Architektur von Nierengefäßen und intrarenalem Harnableitungssystem

a Nierengefäße: Anschnitt einer Markpyramide mit angrenzenden Rindenbezirken. Gefäß- und Harnableitungssystem sind räumlich und funktionell eng miteinander verknüpft: Ein Ultrafiltrat des Blutes (Primärharn) wird in ein mikroskopisch feines Röhrchensystem (Tubuli renales) abgegeben. Der *Blutzustrom zur Niere* (**a**) erfolgt vom Hilum renale aus an der Seite der Markpyramide über eine A. interlobaris, die jeweils zwei benachbarte Markpyramiden und dazugehörige Rindenabschnitte versorgt (Verzweigungen hierfür nicht eingezeichnet). An der Pyramidenbasis geht die A. interlobaris in eine A. arcuata über, von der radiär die Aa. corticales radiatae (auch als Aa. interlobulares bezeichnet) rindenwärts bis zur Capsula fibrosa renis abgehen. Arteriolae glomerulares *afferentes*, die aus einer A. corticalis radiata hervorgehen, speisen jeweils einen Glomerulus. Arteriolae glomerulares *efferentes*, die aus dem Glomerulus wieder herausziehen und Blut mit immer noch hohem Sauerstoffpartialdruck führen, versorgen Nierenrinde oder -mark.

b Intrarenales Harnableitungssystem: Die kleinste funktionelle Einheit ist das Nephron, das aus Nierenkörperchen, s. **B**, Tubuli renales und Sammelrohren besteht. In den ca. 1 Millionen Nephronen werden täglich ungefähr 1700 l Blut zu ungefähr 170 l *Primärharn* filtriert. Der Primärharn wird am Harnpol des Nierenkörperchens in das Tubulussystem aufgenommen und an der Papilla renalis als *Endharn* (ca. 1,7 l täglich) in das Kelchsystem geleitet. Die Konzentration vom Primärharn zum Endharn erfolgt durch das sog. Gegenstromprinzip (vgl. Lehrbücher der Physiologie). Das *Tubulussystem* setzt sich aus proximalem und distalem Tubulus (jeweils mit Pars convoluta und recta) sowie Intermediärtubulus (mit Partes descendens und ascendens) zusammen. Intermediärtubulus und angrenzende Partes rectae des proximalen und distalen Tubulus bilden die *Henle-Schleife*. Im Tubulussystem werden dem Primärharn durch Resorption filtrierte Substanzen (v. a. Wasser) wieder entzogen, durch Sekretion weitere Substanzen (z. B. Ionen) zugeführt. Der so entstehende Endharn gelangt über einen Verbindungstubulus in ein Sammelrohr und über die Papilla renalis in das *Kelchsystem*, von dort mittels Peristaltik von Kelch und Nierenbecken zum Ureter.

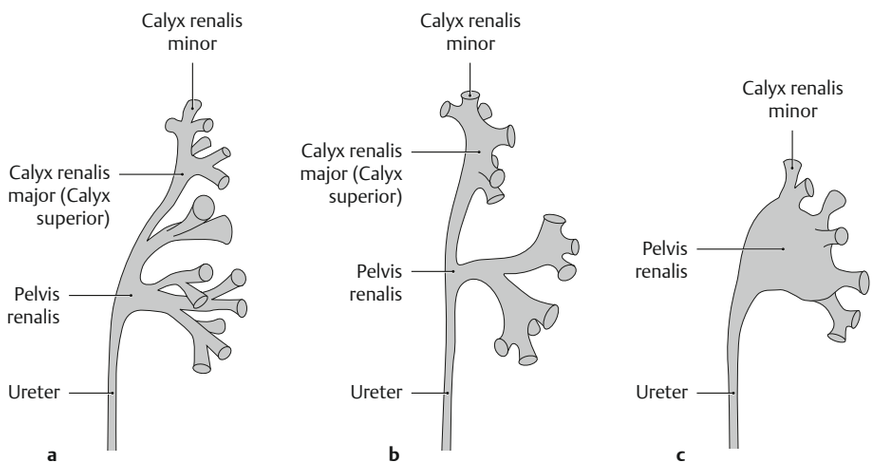
4.4 Nierenbecken und Harntransport



A Aufbau und Form des Nierenbeckens (Pelvis renalis)

Sicht von dorsal auf eine rechte, frontal halbierte Niere. Das Nierenbecken liegt dorsal der Nierengefäße und setzt sich nach kaudal in den Ureter fort. Es kann unterschiedlich geformt sein (s. **B**). Meist findet man 2–3, unscharf voneinander abgegrenzte größere Kelche (Calices renales majores), aus denen kleinere Kelche (Calices renales minores) hervorgehen. Sie umfassen die Papillenspitzen so, dass der Harn, der aus der Papillenspitze in den Kelch fließt, an dieser Kontaktstelle nicht in das Nierenparenchym fließen kann. Kelche, Nierenbecken und Ureter (zum Wandaufbau s. **D**) sind aufgrund ihrer glatten Muskulatur zu peristaltischen Kontraktionen fähig (s. **C**).

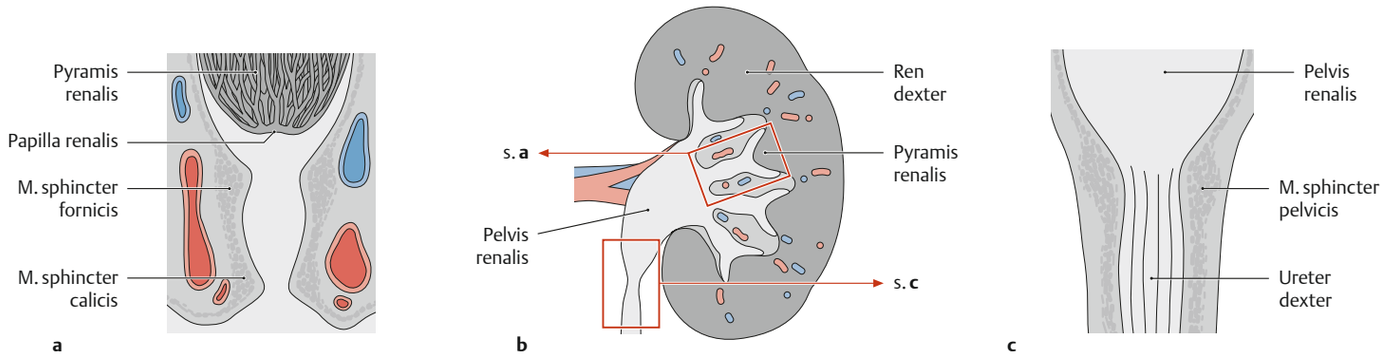
Beachte: Steine (s. **C**, S. 301) in den Nierenkelchen bzw. im Nierenbecken können so groß werden, dass sie den zur Verfügung stehenden Hohlraum mehr oder weniger ausfüllen und seine Form nachbilden (Kelchstein, Nierenbeckenausgussstein).



B Nierenbecken (Pelvis renalis): Formvarianten

Sicht von ventral auf das linke Nierenbecken. Das Nierenbecken entsteht als kraniale Fortsetzung des Ureters aus einer Aussprossung des Urnierengangs. Diese „Ureterknospe" wächst aus dem knöchernen Becken auf die Nierenanlage zu und vereinigt sich mit ihr. Durch Verzweigung gehen dann aus dem Nierenbecken größere und kleinere Kelche (Calices renales majores und minores) hervor. Insbesondere Anzahl und Ausprägung der Calices renales majores sind variabel: benachbarte Calices majores können verschmelzen und so in das Nierenbecken gleichsam „integriert" werden. Man unterscheidet zwei Haupttypen mit Übergangsformen:

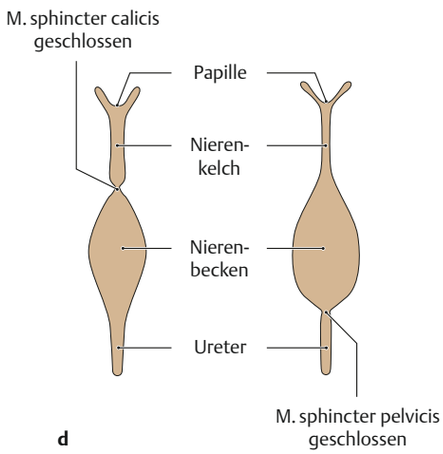
- dendritischer (bei extremer Ausprägung auch sog. linearer) Beckentyp (**a**): sehr zarte Calices majores; schlankes Nierenbecken; Übergangsform (**b**);
- ampullärer Beckentyp (**c**): kaum oder gar keine Calices renales majores unterscheidbar; dafür breites Nierenbecken; Calices renales minores gehen „direkt" aus dem Nierenbecken hervor.

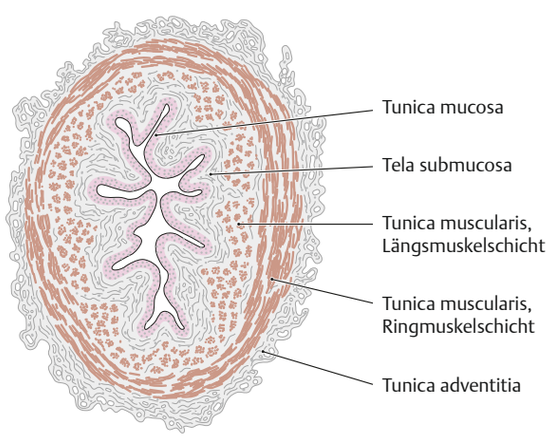


C Verschlussmechanismus von Nierenkelch und -becken; Harntransport (nach Rauber/Kopsch)

Schematisierter Anschnitt einer Niere (**b**) mit vergrößertem Ausschnitt eines Kelchs (**a**) bzw. des Nierenbeckens (**c**) sowie dynamisches Funktionsbild von Kelch und Becken beim Harntransport (**d**). Der Harntransport ist ein aktiver Mechanismus. Die glatte Muskulatur der Mm. sphincter fornicis und calicis (**a**) sowie des M. sphincter pelvicis (**c**) (= funktionelles Sphinktersystem) ermöglicht die Kontraktion der Wand von Nierenkelchen und -becken in Abschnitten. Sie setzt sich in die Peristaltik des Ureters fort und führt dazu, dass das harnableitende System niemals in ganzer Länge offen, sondern abschnittsweise offen und geschlossen ist (**d**). So entsteht einerseits ein gerichteter Harnstrom von der Papillenspitze in den Kelch und über das Nierenbecken in den Ureter, weiter in Richtung Harnblase; andererseits wird der Rückfluss von Harn in die Nieren verhindert.

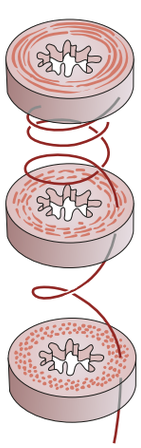
Beachte: Eine Störung dieses aktiven Transportvorgangs (Nierensteine; Medikamente, die die Aktivität der Uretermuskulatur senken) kann durch Harnrückstrom zu Entzündungen im Nierenbecken führen. Papilla renalis und Nierenkelche bzw. -becken sind aufgrund ihrer engen räumlichen Beziehung oft gemeinsam von Erkrankungen (z. B. Entzündungen) betroffen. Eine der häufigsten Erkrankungen ist die bakterielle, eitrige Pyelonephritis („Pyelon" = selten für Pelvis renalis).





D Wandaufbau des Ureters

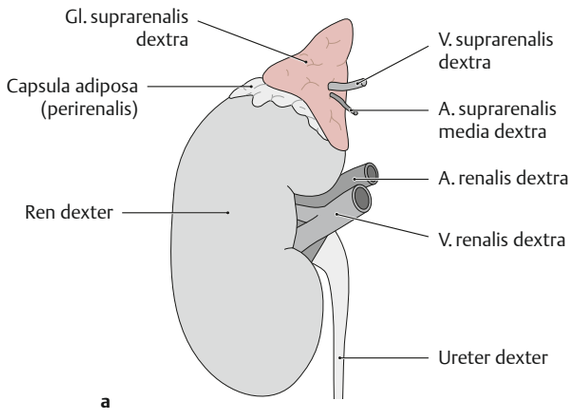
Querschnitt durch einen Ureter. Charakteristisch ist das sternförmige Lumen, das im Querschnitt durch die längs verlaufenden Schleimhautfalten entsteht. Die Schleimhaut besteht – wie in Harnleiter und Harnblase – aus einem Übergangsepithel wechselnder Höhe (s. S. 305). Die grundsätzlich in zwei Schichten angeordnete glatte Muskulatur ist funktionell spiralig angelegt (s. **E**) und kräftig entwickelt. Beim Transport eines Nierensteins durch den Ureter kann die massive Kontraktion dieser Muskulatur, die dann dem Austreiben des Steines dient, Anlass zu sehr heftigen Schmerzen sein (Nieren-/Ureterkolik). Die Kolik kann durch Medikamente gelöst werden, die die Aktivität des Parasympathikus hemmen. Damit wird aber auch der physiologische Harntransport zur Blase gestört. Das Nierenbecken zeigt – abgesehen von der Sternform des Lumens – einen ganz analogen Aufbau wie der Ureter.

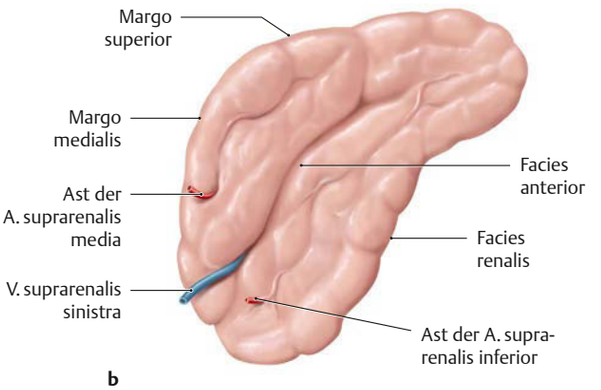


E Verlauf der Muskulatur in der Ureterwand (nach Graumann, v. Keyserlingk u. Sasse)

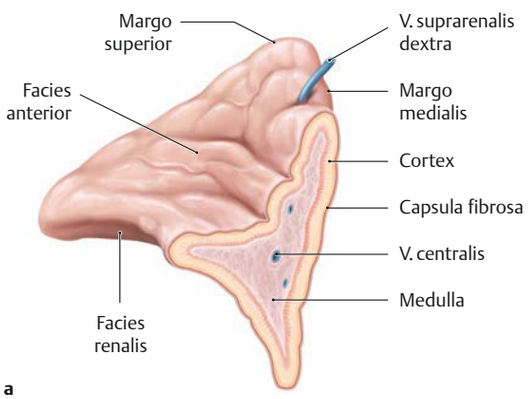
Schematischer Querschnitt durch den Ureter in verschiedenen Höhen. Die Längs- und Ringmuskulatur des Ureters verläuft leicht schräg, bildet also eine Art Spirale, die den Harn durch peristaltische Kontraktionen in Richtung Harnblase transportiert. Die Kontraktionswellen werden hauptsächlich durch das parasympathische Nervensystem gesteuert (N. vagus und parasympathische Zentren in S2–4). Sie verlaufen mit einer Geschwindigkeit von 2–3 cm/s blasenwärts. Die Ureterostien sind durch Kontraktion der Wandmuskulatur verschlossen (Schutz gegen Harnreflux) und werden nur bei Eintreffen einer peristaltischen Kontraktionswelle geöffnet: Harn tropft in die Harnblase.

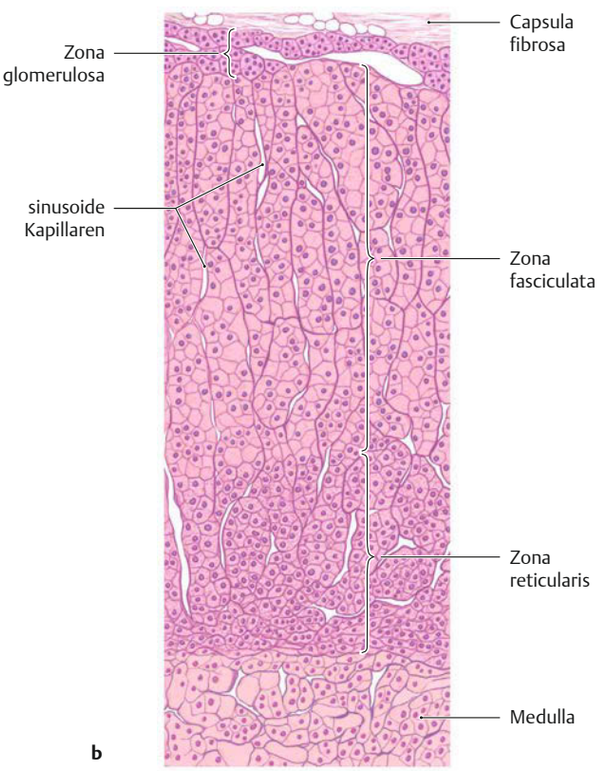
4.5 Nebennieren (Glandulae suprarenales)





A Lage und Form
a Lage der rechten Gl. suprarenalis auf der Niere; **b** isolierte linke Gl. suprarenalis, Ansicht von ventral.
Die Nebennieren liegen mit ihrer Facies renalis dem oberen Nierenpol auf. Durch eine dünne Fettschicht sind sie einerseits von der Capsula fibrosa *renis* der jeweiligen Niere getrennt (und so leicht von dieser abzuheben), andererseits liegen sie gemeinsam mit der Niere in der Capsula adiposa *perirenalis*.
Beachte: Die wirkliche Größe einer Nebenniere sieht man erst nach deren Entnahme. In situ ist sie durch die Lage auf der Niere nicht ganz zu sehen. Anteile, die z. B. an der Hinterfläche der Niere „herunterhängen", werden in situ nicht sichtbar.

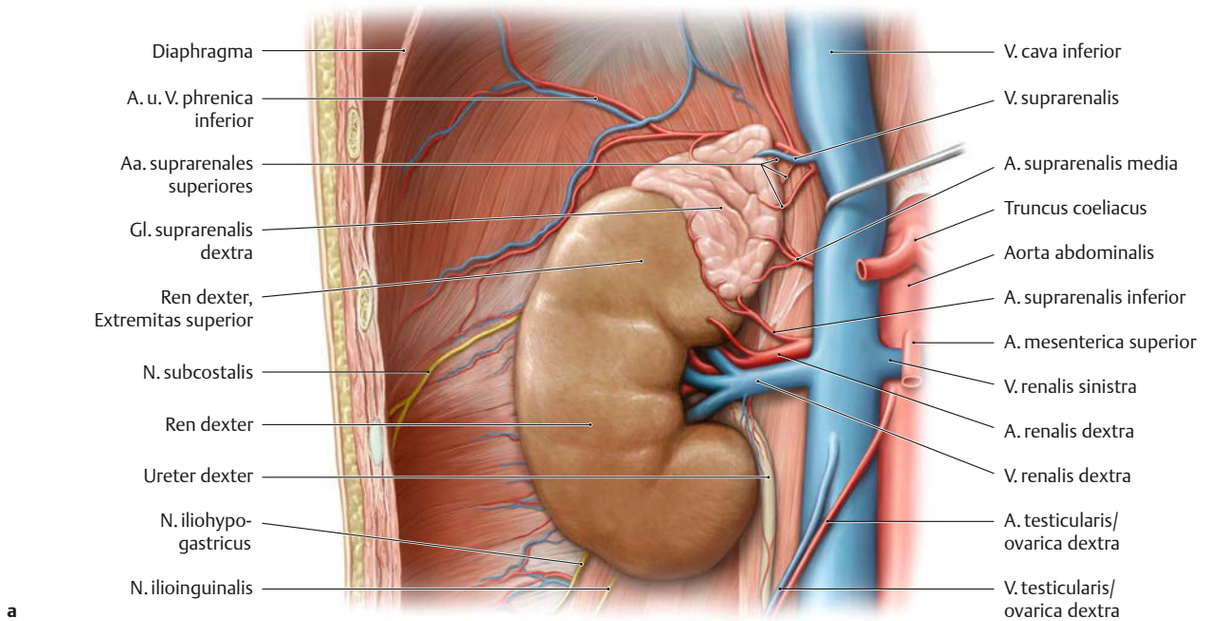




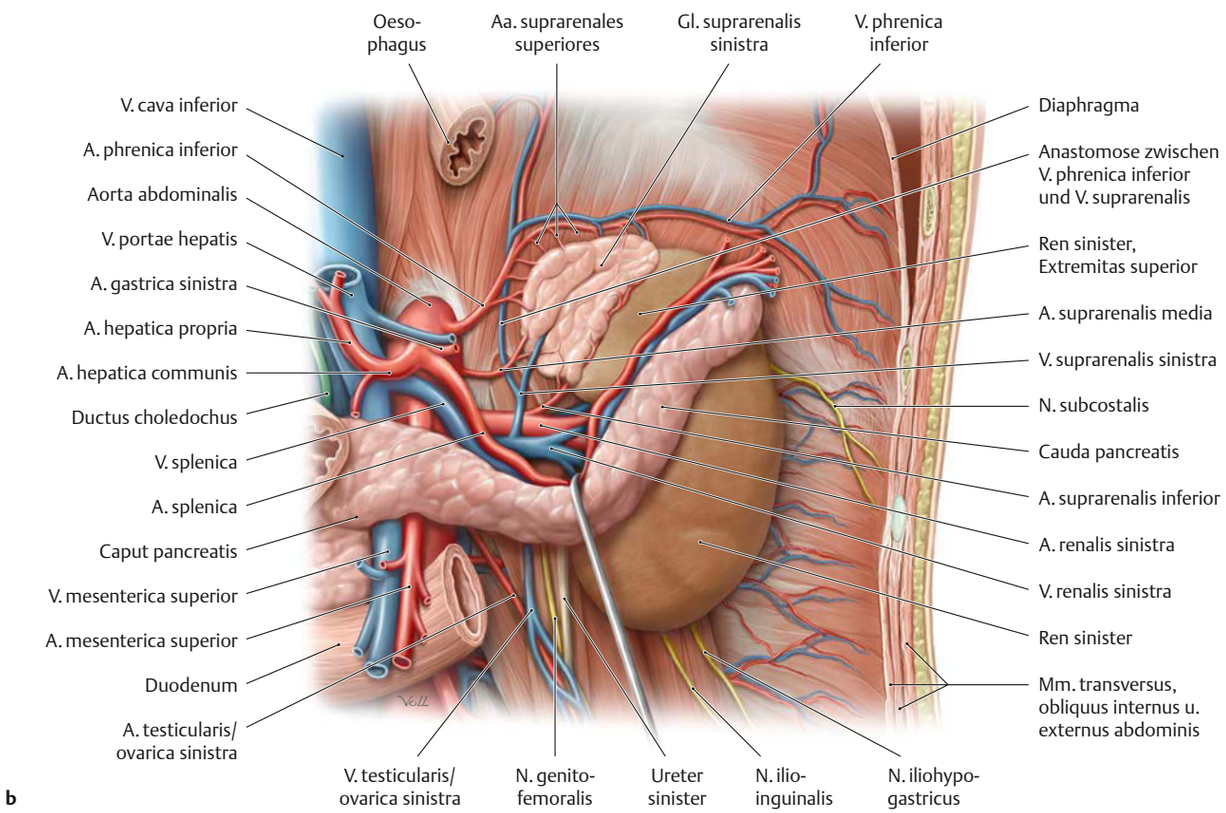
B Feinbau der Nebennieren
a Rechte Nebenniere, angeschnitten; **b** histologisches Bild einer Nebenniere.
Die Nebenniere gliedert sich in Mark (Medulla) und Rinde (Cortex), vgl. **a**. Die unter einer zarten Bindegewebskapsel gelegene **Rinde** umfasst drei morphologisch deutlich unterscheidbare Schichten (s. **b**), in denen die Nebennierenrindenhormone produziert und in die Blutbahn sezerniert werden. Von außen nach innen werden unterschieden:

- Zona glomerulosa: hauptsächlich Mineralcorticoide (Aldosteron),
- Zona fasciculata: hauptsächlich Glucocorticoide (Cortison),
- Zona reticularis: Glucocorticoide und Androgene (Cortison und Testosteron).

Beachte: Bei Ausfall oder Unterfunktion beider Nebennierenrinden entsteht ein Morbus Addison, bei Überfunktion der Nebennierenrinden, z. B. infolge von Tumoren, das Cushing-Syndrom.
Funktionell ist die Nebennierenrinde eine echte endokrine Drüse, embryologisch ein Abkömmling des Mesoderms. Sie entwickelt sich paravertebral in der sog. steroidogenen Zone. Das **Nebennierenmark** ist dagegen embryologisch ein Derivat der Neuralleiste, entstammt also dem Ektoderm. Im Mark werden die Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin produziert und an das Blut abgegeben. (Neuro)funktionell ist das Nebennierenmark weniger eine Drüse, als vielmehr ein *sympathisches Ganglion:* In das Nebennierenmark ziehen präganglionäre sympathische Neurone aus dem N. splanchnicus major und minor. Da die Nebennieren endokrine Drüse und sympathisches Ganglion in einem sind, können sie z. B. bei Stress Adrenalin und Glukokortikoide (Cortison) ausschütten.



a



b

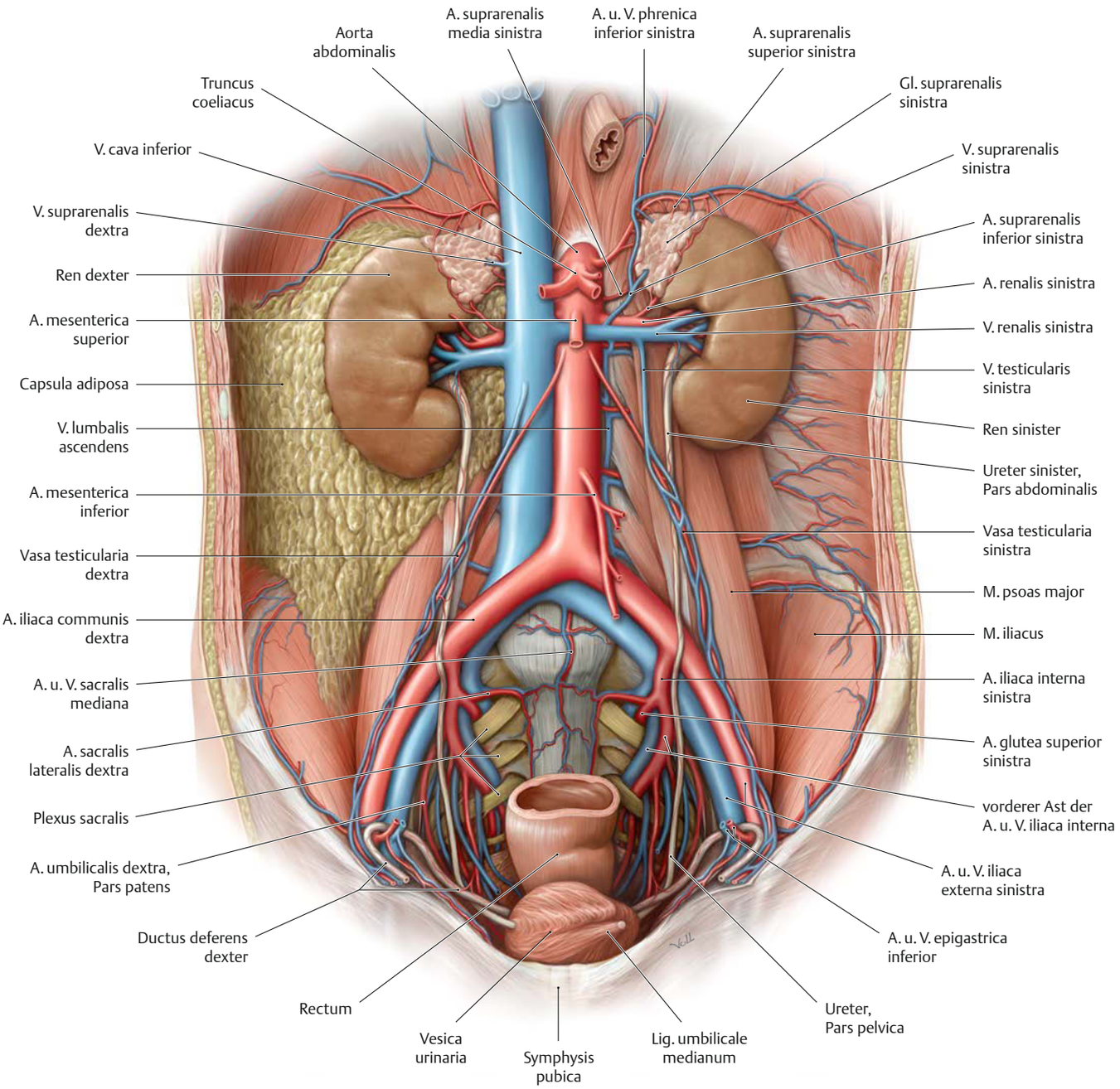
C Rechte und linke Nebenniere (Glandulae suprarenales dextra und sinistra) in situ

Sicht von ventral auf die rechte (**a**) bzw. linke (**b**) Niere und Nebenniere, Capsula adiposa perirenalis vollständig entfernt; zur Darstellung der hinter der Nebenniere verlaufenden Gefäße ist in **a** die Hohlvene nach medial und in **b** das Pancreas nach kaudal gezogen. Wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Nebennieren sind:

- die rechte Nebenniere ist häufig etwas kleiner als die linke, die oft bis an das Hilum renale reicht;
- die rechte Nebenniere ist pyramidenartig geformt, die große linke Nebenniere ist länglicher;
- die rechte Nebenniere berührt in situ normalerweise die untere Hohlvene (die hier allerdings nach medial gezogen wurde), die linke Nebenniere jedoch *nicht* die Aorta abdominalis;
- die rechte V. suprarenalis fließt im Gegensatz zur linken V. suprarenalis (die in die V. renalis sinistra mündet) meist *direkt* in die V. cava inferior ab (topografische Nähe der rechten V. suprarenalis zur V. cava inferior).

Beachte: Die Nebennieren sind stark vaskularisiert, da sie als endokrines Organ die Hormone direkt in das Blut abgeben.

4.6 Harnleiter (Ureter) in situ



A Verlauf des Ureters in Abdomen und Becken
Sicht auf einen männlichen Situs von ventral; alle Organe entfernt bis auf Harnorgane, Nebennieren und einen Rektumstumpf; Oesophagus etwas herabgezogen, Capsula adiposa der Niere rechts teilweise erhalten.

Der ca. 26–29 cm lange Ureter verläuft als Fortsetzung des Nierenbeckens im Spatium retroperitoneale nach kaudal und leicht nach ventral. Er mündet von hinten in die Harnblase. *Anatomisch* unterscheidet man drei Abschnitte:

- Pars abdominalis (von Pelvis renalis bis Linea terminalis des Beckens),
- Pars pelvica (von der Linea terminalis bis zur Harnblasenwand) und
- Pars intramuralis (Verlauf in der Wand der Harnblase).

Klinisch werden ebenfalls drei Abschnitte unterschieden, wobei die Unterscheidung zwischen dem frei verlaufenden Abschnitt und den beiden organgebundenen Abschnitten des Ureters im Vordergrund steht, nicht die topografisch-anatomische Grenze zwischen dem im Abdomen und dem im Becken verlaufenden Teil:

- renales Uretersegment (direkt an der Niere),
- lumbales Uretersegment (zwischen Nieren und Blase),
- vesikales Uretersegment (in der Blasenwand; entspricht der anatomischen Pars intramuralis).

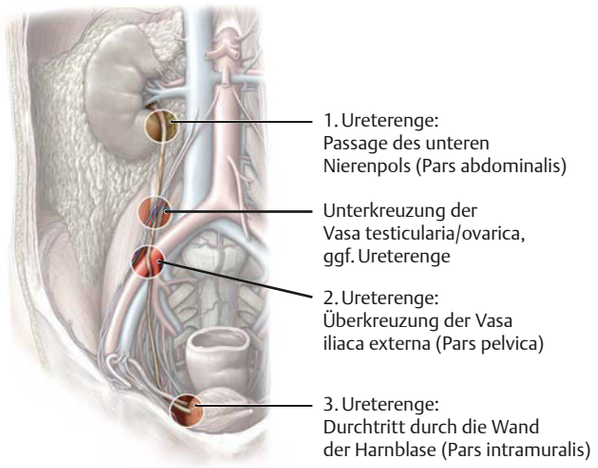
Die häufigsten *Fehlbildungen* des Ureters sind Doppelbildungen und Spaltungen. Sie können einen Harnrückfluss zur Niere verursachen (z. B. wenn ein gespaltener Ureter ungenügend gegen die Harnblase verschlossen ist) und folglich zu bakteriellen Nierenbeckenentzündungen führen, die von der Blase aufsteigen.

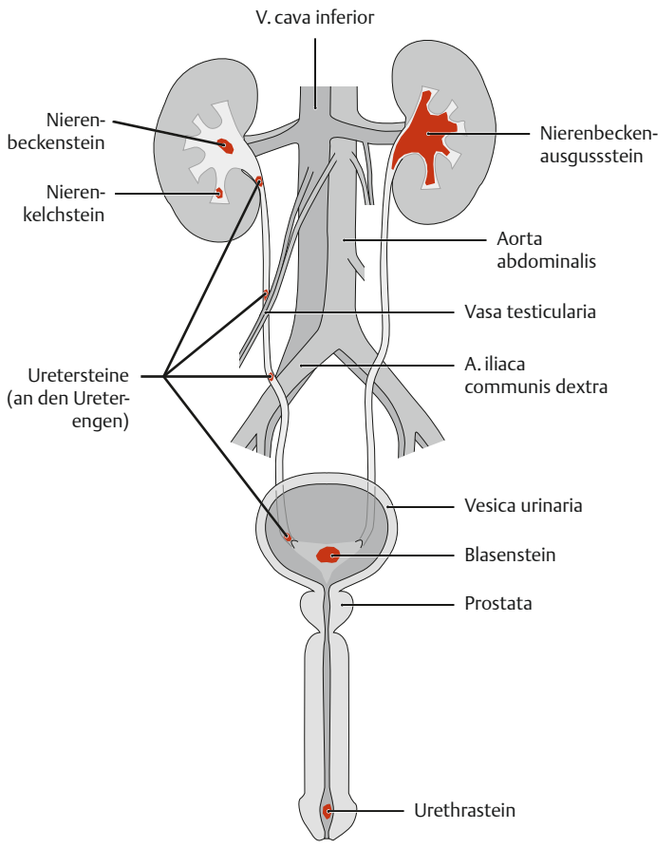
B Engstellen des Ureters

Es gibt *drei physiologische Engstellen,* an denen ein Stein aus dem Nierenbecken stecken bleiben kann:

- Abgang des Ureters vom Nierenbecken („Ureterhals“),
- Überkreuzung der Vasa iliaca externa oder communia durch den Ureter,
- Durchtritt des Ureters durch die Wand der Harnblase.

Gelegentlich wird eine *4. Engstelle* unterschieden, die Unterkreuzung der A. u. V. testicularis bzw. ovarica durch den Ureter.





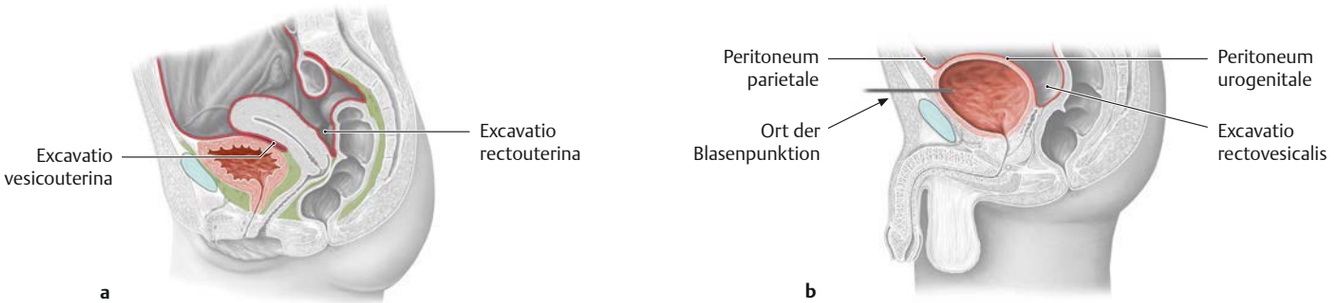
C Häufige Lokalisation von Steinen im Harnsystem

Wenn das Löslichkeitsprodukt bestimmter Substanzen im Harn (z. B. Harnsäure) überschritten wird, bleiben diese nicht in Lösung, sondern fallen aus und bilden ggf. Kristallisationskerne. Solche „Steine“ können überall im harnableitenden System der Niere entstehen und sich an unterschiedlichen Stellen in allen Harnorganen absetzen (Nieren- bzw. Nierenbeckensteine, Harnleiter-, Harnblasen- und Harnröhrensteine). Besonders im Ureter können größere Steine stecken bleiben. Die teils kräftigen Kontraktionswellen der Uretermuskulatur zur Austreibung des Steins können dann heftige Schmerzen (Nierenkolik, Ureterkolik) verursachen.

D Intravenöses Urogramm

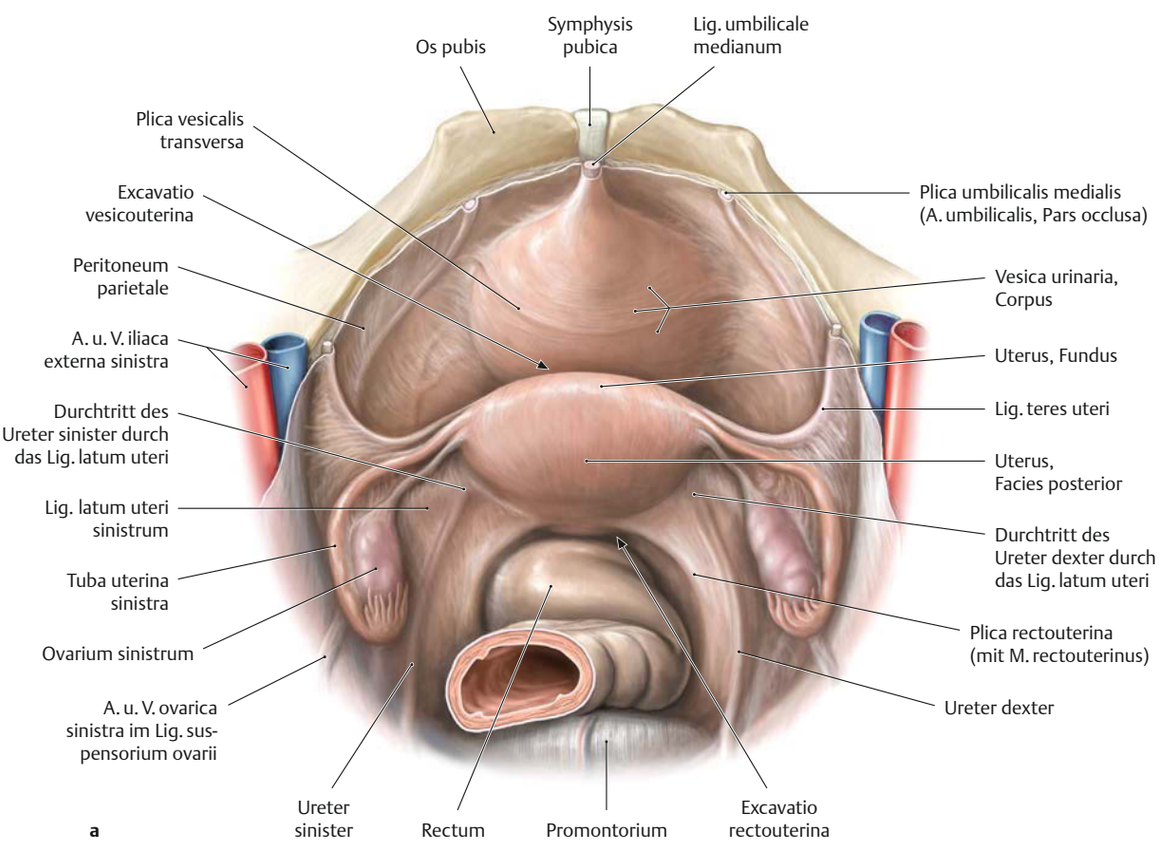
Das intravenöse Urogramm ist eine urologische Röntgenuntersuchung, bei der ein jodhaltiges Kontrastmittel intravenös injiziert und von den Nieren wieder ausgeschieden wird. Es gibt seitengetrennte Hinweise auf die Ausscheidungsfunktion der Nieren sowie auf pathologische Befunde wie Anomalien, Zysten, Harnstauung, Steinerkrankung, Tumoren u. a. (aus: Möller, T. B., E. Reif: Taschenatlas der Röntgenanatomie, 3. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).

4.7 Harnblase (Vesica urinaria) in situ



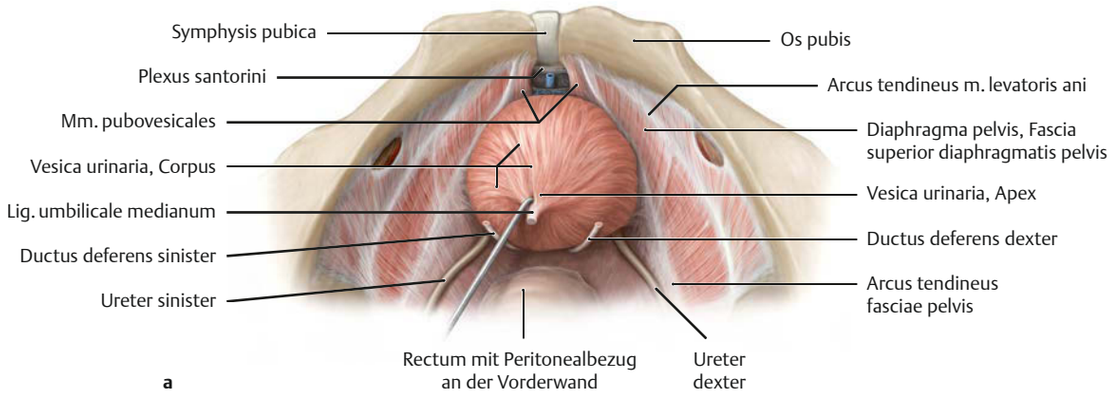
A Lage und Peritonealbezug der weiblichen (a) und männlichen (b) Harnblase
Mediansagittalschnitt; Ansicht von links; Harnblase leicht gefüllt, Uterus im weiblichen Becken durch die Blasenfüllung leicht aufgerichtet. Das Peritoneum zieht von der Rückseite der vorderen Bauchwand auf die Oberseite der Blase und schlägt unter Bildung einer Bauchfelltasche auf das hinter der Harnblase liegende Organ um: bei der Frau unter Bildung der Excavatio vesicouterina auf die Vorderwand des Uterus; beim Mann unter Bildung der Excavatio rectovesicalis auf die Vorderwand des Rectum. Der größte Teil der Harnblase ist in das Beckenbindegewebe verschieblich eingebaut.

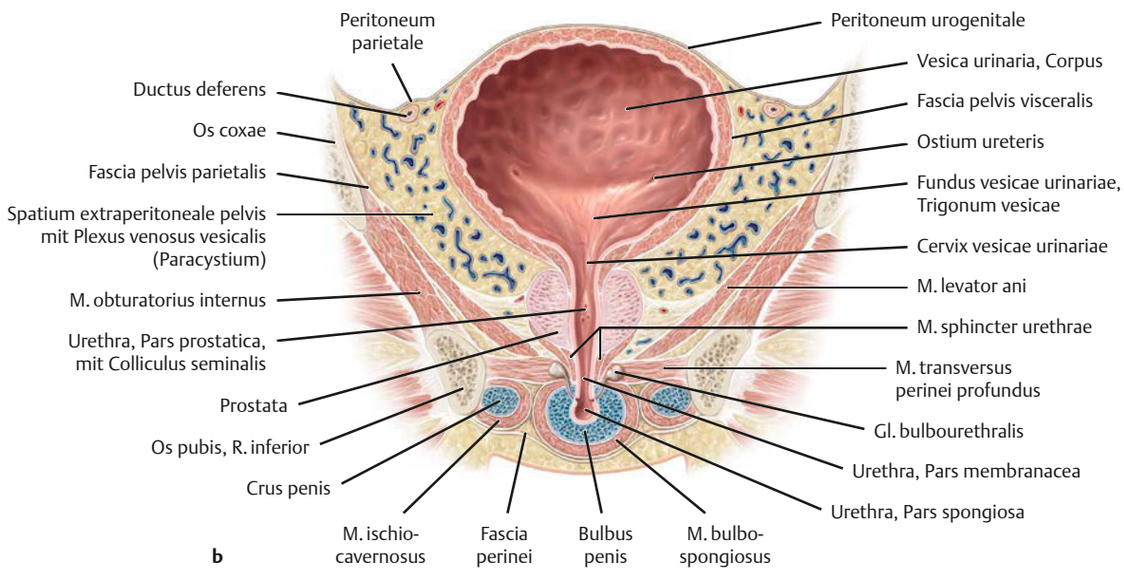
Beachte: Bei gefüllter und somit großer Blase wird der von Peritoneum urogenitale bedeckte obere Teil des Harnblasenkörpers so weit nach kranial geschoben, dass die bauchfellfreie – in das umgebende Bindegewebe eingebaute – Harnblasenvorderwand über der Ebene der Symphysenoberkante erscheint (wie eine „aufgehende Sonne am Horizont"). Bei gefüllter Harnblase kann also durch die Bauchwand oberhalb der Symphyse eine Blasenpunktion durchgeführt werden, ohne die Peritonealhöhle mit der Nadel eröffnen zu müssen.

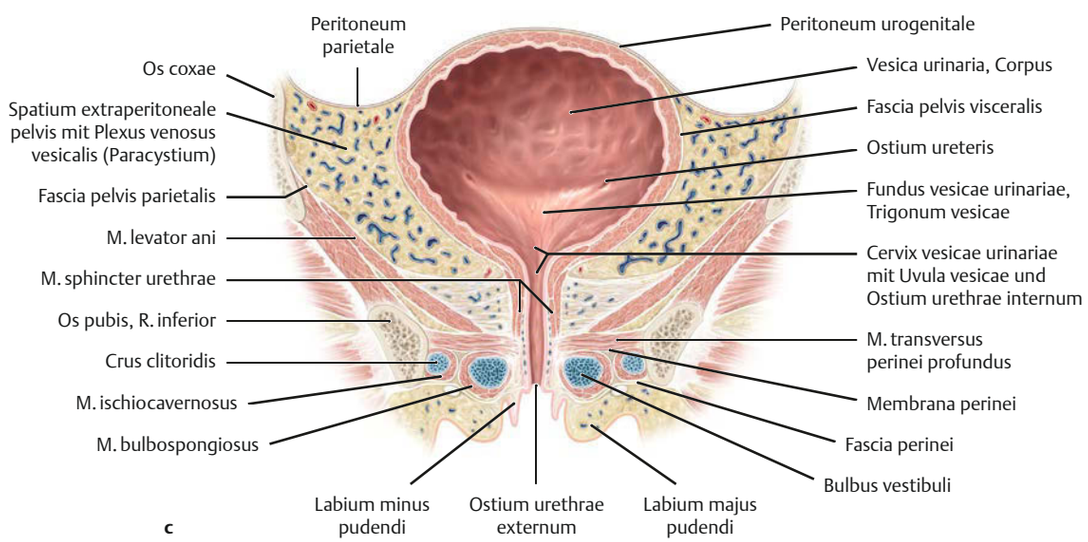


B Lage der Harnblase im Becken und auf dem Beckenboden
Ansicht von kranial, Uterus zur besseren Übersicht aufgerichtet, Dickdarm weitgehend entfernt, Peritoneum urogenitale belassen; die Plica vesicalis transversa, eine Peritonealfalte auf der Blasenoberfläche, ist bei starker Füllung wie hier verstrichen.

Bei der Frau liegt die Blase unter dem Uterus, so dass dieser bei Blasenfüllung angehoben wird. Wenn die Tragkraft der Beckenbodenstrukturen (M. levator ani und seiner Faszie) nachlässt, z. B. durch eine Traumatisierung bei einer vaginalen Entbindung, kann es daher zu einer Senkung der Harnblase mit nachfolgender Inkontinenz kommen.







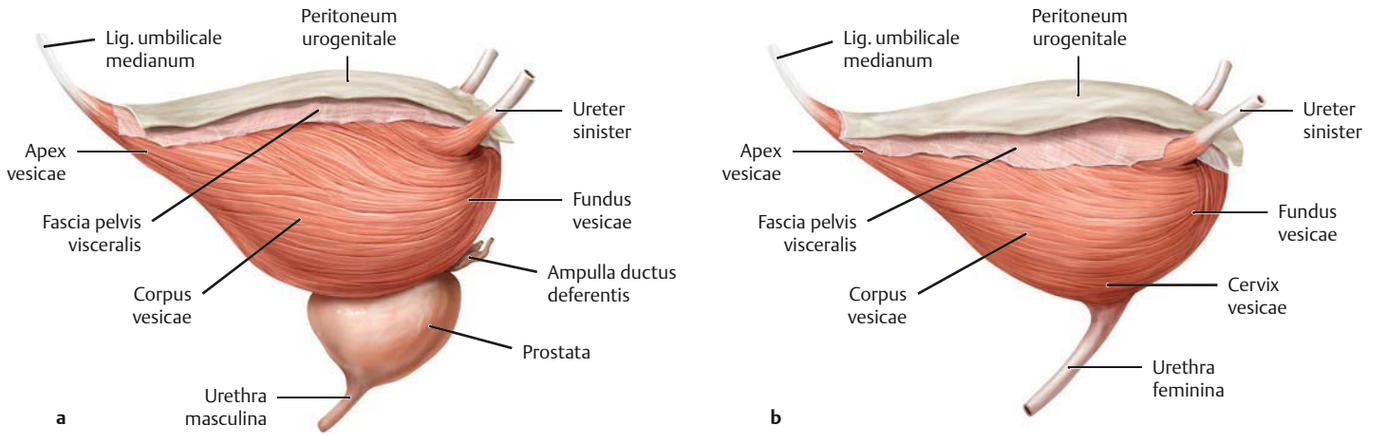
C Lage der Harnblase bei Mann (a u. b) und Frau (c) im Vergleich

a Ansicht von kranial; Harnblase leicht nach dorsal gezogen, Peritoneum urogenitale im Unterschied zu **B** links entfernt; Harnblase hier nahezu kugelförmig, da gut gefüllt.

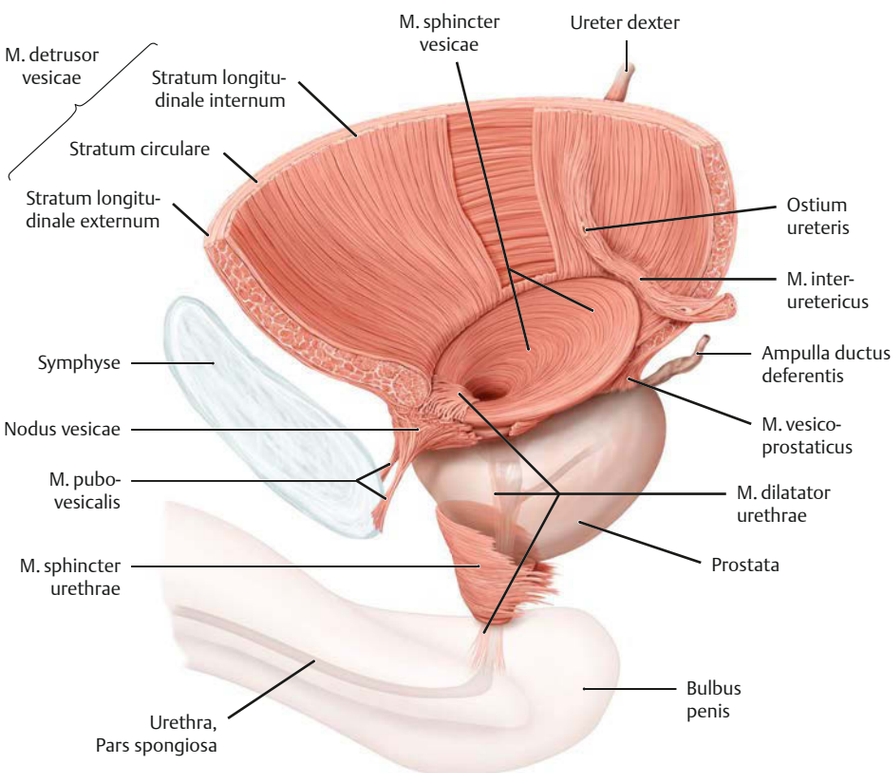
Beim Mann ist die Auflagefläche der Blase auf der Muskelplatte des Diaphragma pelvis (v. a. M. levator ani und dessen Faszie = Fascia superior diaphragmatis pelvis) kleiner als bei der Frau, da sich beim Mann im kleinen Becken zusätzlich die Prostata befindet.

b u. c leicht nach dorsal geneigte Frontalschnitte, Ansicht von ventral; Harnblase und Urethra eröffnet. An den bauchfellfreien Abschnitten ist die Blase durch einen jeweils lateral liegenden Bindgewebsraum (Paracystium) mit ausgeprägtem Venenplexus in das Becken eingebaut. Dieser Venenplexus sowie das leicht verschiebbare Peritoneum urogenitale ermöglichen erhebliche Größenveränderungen der Blase. Wie die Blase ist auch der Anfangsteil der Harnröhre von Bindegewebe umgeben, beim Mann zusätzlich von der Prostata. Diese liegt auf dem M. transversus perinei profundus und den Levatorschenkeln des Diaphragma pelvis.

4.8 Harnblase, Blasenhals und Harnröhre: Wandaufbau und Funktion



A Äußere Morphologie der Harnblase und Harnröhre
Harnblase in der Ansicht von links bei Mann (**a**) und Frau (**b**).
Die Harnblase ist ein muskuläres Hohlorgan, das den von den Nieren gebildeten Harn sammelt und zu passenden Zeiten in die Harnröhre abgibt. Die maximale Blasenfüllung liegt zwischen 500 und 700 ml (Frauen > Männer). Harndrang entsteht jedoch bereits ab einer Blasenfüllung von 150–200 ml, bei schwangeren Frauen durch den Druck des Uterus auch schon bei geringerer Füllung. Eine gesunde Harnblase wird ohne Restharn entleert. An der Harnblase unterscheidet man einen Blasenkörper (Corpus vesicae), einen kaudal gelegenen Blasengrund (Fundus vesicae) und einen vorne oben liegenden Blasenscheitel (Apex vesicae), der in die Plica umbilicalis mediana (Urachus-Rudiment) an der Innenseite der vorderen Rumpfwand übergeht. Die beiden Harnleiter münden jeweils dorsolateral in den Fundus, die Harnröhre (Urethra) beginnt am ventrokaudal liegenden Blasenhals (Cervix vesicae).



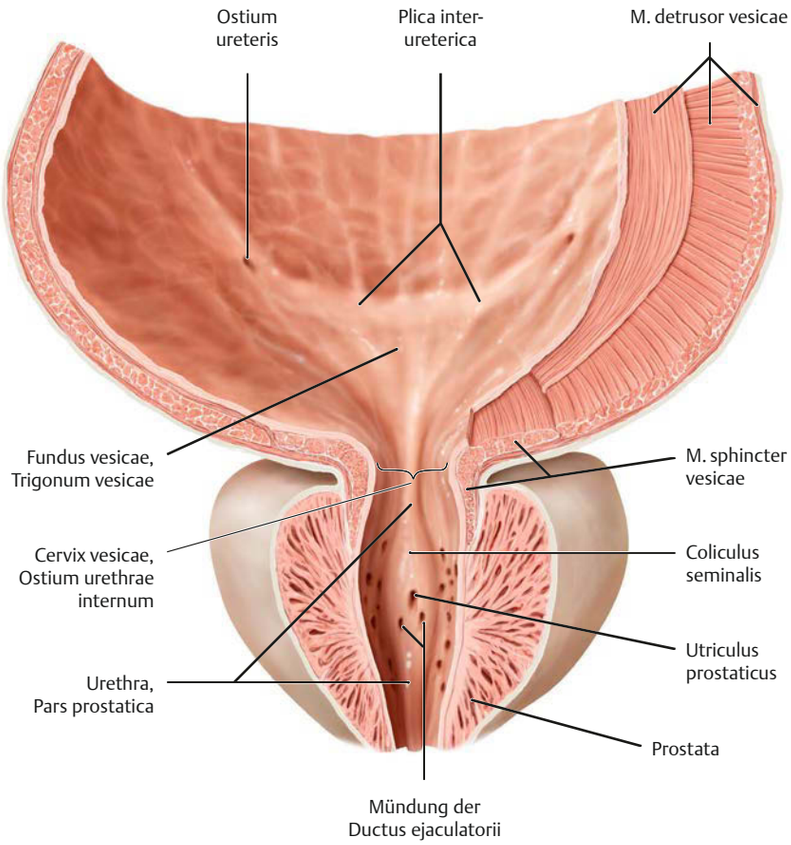
B Muskulatur von Harnblase und Harnröhre
Harnblase beim Mann, Ansicht von links.
Die **Muskulatur der Harnblase** besteht im Wesentlichen aus

- M. detrusor vesicae (Blasenentleerer) und
- M. sphincter vesicae (Blasenschließmuskel, auch „Internus“);

die **Muskulatur der Harnröhre** aus

- M. dilatator urethrae (Harnröhrenerweiterer) und
- M. sphincter urethrae (Harnröhrenschließmuskel, auch „Externus“).

Nach Dorschner et al. (2001) sind M. detrusor vesicae und M. sphincter vesicae morphologisch völlig getrennte Einheiten (s. S. 306): Der *M. detrusor vesicae* hat drei Schichten und hilft entscheidend dabei, die Harnblase nach dorsal und ventral im Becken zu verankern. Dazu ziehen Fasern seiner äußeren Längsmuskelschicht (Stratum longitudinale externum) nach *dorsal* in den M. vesicoprostaticus (bzw. -vaginalis) und im Bereich des Nodus vesicae nach *ventral* in den M. pubovesicalis, der einen wichtigen Teil des ventralen Suspensionsapparates bildet (s. S. 307). Mittlere und innere Schicht (Stratum circulare/longitudinale internum) enden dorsal oberhalb der Plica interureterica (s. **C**). Der *M. sphincter vesicae* („Internus“) hat beim Mann insgesamt die Form einer Ellipse, bei der Frau verläuft er eher kreisförmig. Er dient ausschließlich dem Verschluss der Blase. In seiner dorsalen Zirkumferenz bildet der „Internus“ die morphologische Grundlage des Trigonum vesicae (s. **C**).
Der *M. dilatator urethrae* (s. S. 306) entspringt fächerförmig an der Symphyse sowie entlang des Arcus tendineus fasciae pelvis (s. **E**, S. 307), überquert ventral die Harnröhrenöffnung und zieht auf der Vorderseite der Urethra nach kaudal, wo er im Bulbus penis bzw. vestibuli inseriert. Der *M. sphincter urethrae* („Externus“) besteht aus einem inneren glattmuskulären und einem äußeren quergestreiften Anteil (Näheres s. **D**, S. 307).

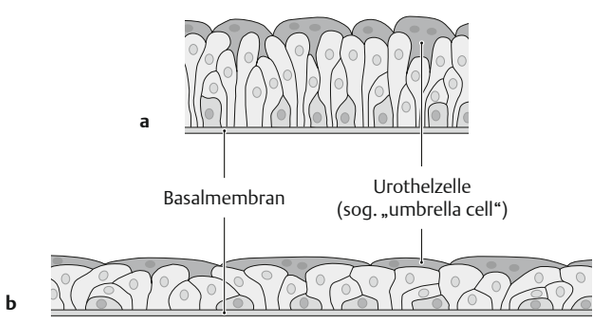


C Blasenhals, Trigonum vesicae und Ostium urethrae internum

Frontalschnitt auf Höhe der Harnröhrenöffnung bei einem Mann, Ansicht von ventral.

Die Innenwand der Harnblase ist von einer Schleimhaut mit relativ dicker Mucosa (Bindegewebe unter dem Urothel, s. **D**) bedeckt. Sie ist mit Ausnahme des Trigonum vesicae gut verschieblich und weist, v. a. in ungedehntem Zustand, eine deutliche Faltenbildung auf. Das Blasendreieck (Trigonum vesicae) ist ein glattwandiger Schleimhautbezirk am Blasengrund bzw. Blasenhals zwischen der Harnröhrenöffnung und den beiden dorsal-lateral einmündenden Ureteren. Als obere Begrenzung dieses Dreiecks imponiert eine Plica interureterica, eine vom M. interuretericus aufgeworfenen Falte zwischen den beiden Uretermündungen. Kaudal davon verläuft der beim Mann elliptisch, bei der Frau eher kreisförmig angeordnete M. sphincter vesicae („Internus“) um das Ostium urethrae internum.

Beachte das schlitzförmige Ostium ureteris und den schrägen Verlauf des Ureters durch die Blasenwand. Durch den schrägen Verlauf entsteht in der Pars intramuralis eine Ureterenge (s. S. 301). Schrägverlauf, Uretermuskulatur und Blasenwandmuskulatur bilden einen sicheren funktionellen Verschluss des Ureterostiums als Schutz vor Reflux.



D Schleimhautepithel der Harnblase (Urothel)

a Blase leer – Epithel hoch; **b** Blase gefüllt – Epithel flach.

Die Harnblase ist wie fast alle Abschnitte der ableitenden Harnwege (Ausnahme: distaler Abschnitt der Urethra) von Übergangsepithel ausgekleidet *(Urothel),* dessen Höhe und Schichtenzahl vom Füllungs- bzw. Dehnungszustand des jeweiligen Harnwegs abhängen. Grundsätzlich erscheint das Urothel mehrschichtig. Die sehr auffälligen Deckzellen werden wegen ihres Aussehens auch „umbrella cells“ (Regenschirmzellen) genannt. Es ist bis heute ungeklärt, ob die Deckzellen evtl. mit einem sehr dünnen Ausläufer (dem „Regenschirm-Stiel“) doch die Basalmembran erreichen; dann wäre das Urothel per definitionem mehrreihig (s. Lehrbücher der Histologie).

Beachte: Die Dicke der gesamten Harnblasenwand (Muskeln und Schleimhaut) variiert von 2–5 mm bei voller bis zu 8–15 mm bei leerer Blase.

E Blasenentleerung und Blasenverschluss: Miktion und Kontinenz

Unter *Miktion* versteht man den Vorgang der Blasenentleerung. Die Fähigkeit, den Harn in den Zeiten außerhalb der Miktion zu halten, nennt man *Kontinenz.* Entscheidend für eine optimale Blasenfunktion ist das koordinierte Zusammenspiel von Entleerungs- und Verschlussmechanismen. Hierbei spielt der unwillkürliche (vegetativ) und willkürlich (N. pudendus) gesteuerte Muskelapparat von Harnblase und -röhre eine wichtige Rolle (vgl. S. 316):

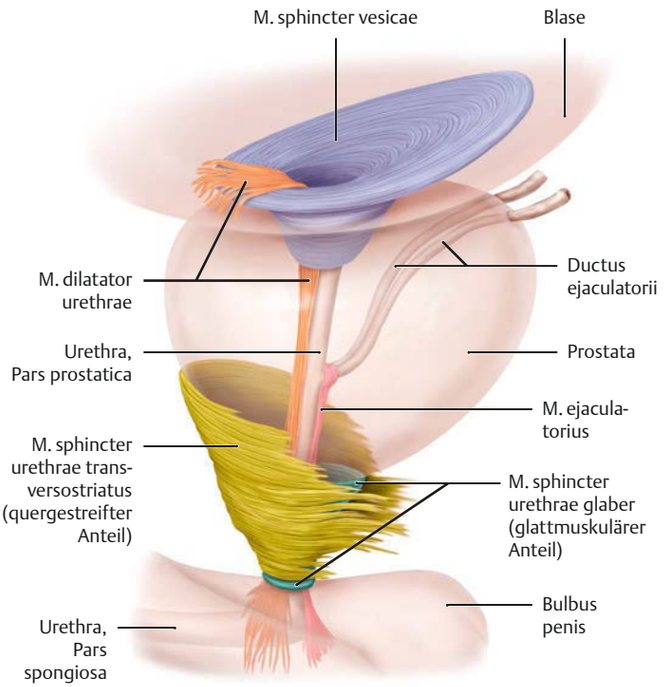
- restharnfreie Entleerung der Blase bei Miktion,
- dabei Schutz der Uretermündungen vor Harnreflux,
- Erhalt der Kontinenz bei gefüllter Blase.

Blasenentleerung (Miktion): Aktivierung des sakralen Miktionszentrums durch ein Zentrum im Hirnstamm (pontines Miktionszentrum) → Kontraktion des M. detrusor vesicae, dadurch Erhöhung des Blaseninnendrucks (Unterstützung durch Erhöhung des intraabdominalen Drucks, Bauchpresse) → Erschlaffung des M. sphincter vesicae und Kontraktion des Mm. dilatator urethrae und pubovesicalis, dadurch Erweiterung der Harnröhrenöffnung (Ostium urthreae internum) → gleichzeitiger Verschluss der beiden Uretermündungen (Ostium ureterum) durch die Trigonum-Muskulatur → Erschlaffung des Harnröhrenschließmuskels (M. sphincter urethrae), sowohl des glattmuskulären als auch des quergestreiften Anteils und gleichzeitiges Abschwellen des submukösen Venengeflechts der Harnröhre → Entleerung der Blase.

Blasenverschluss (Kontinenz): Zu den Kontinenz erhaltenden Strukturen gehören v. a. die muskulären Schließsysteme von Blase und Harnröhre (M. sphincter vesicae, *„Internus“*, und M. sphincter urethrae, *„Externus“*), der ventrale vesikourethrale Suspensionsapparat (s. S. 307) sowie Anteile des Beckenbodens und des Centrum perinei. Ein optimales Zusammenspiel dieser unterschiedlichen Strukturen ermöglicht Kontinenz.

Beachte: Sowohl beim Mann als auch bei der Frau bildet die Urethra in Ruhelage einen nach hinten gegen den Blasenboden geöffneten Winkel von 110–120° (hinterer vesikourethraler Winkel). Eine Vergrößerung dieses Winkels, z. B. durch Senkungsprozesse im Bereich des Beckenbodens, führt zur Inkontinenz.

4.9 Funktionelle Anatomie der Harnkontinenz

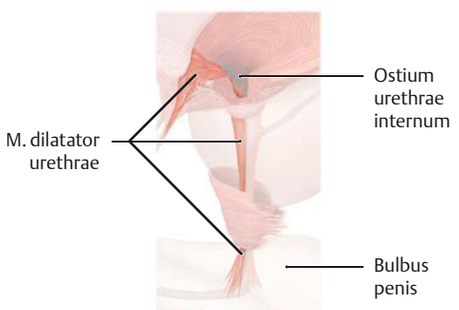


A Muskulatur des Blasenhalses und der proximalen Harnröhre beim Mann

Nach Dorschner et al. (2001) und Schwalenberg et al. (2010) entsteht Kontinenz durch das Zusammenwirken verschiedener anatomischer Funktionseinheiten, u. a. der korrekten Positionierung der verschiedenen Schließmuskelsysteme, einer „Spannung" der Harnröhre durch glattmuskuläre, urethrale Längsmuskelsysteme und einem ventralen Suspensionsmechanismus auf Höhe des Blasenhalses. Eine Störung einzelner Komponenten kann z. B. eine Hypermobilität der Harnröhre verursachen und damit Inkontinenz auslösen. Unterschieden werden:

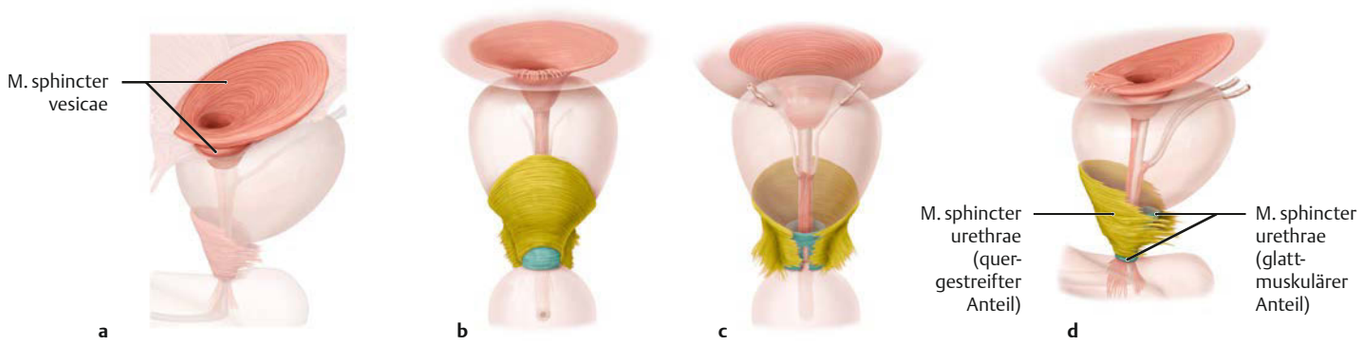
- **muskuläre Schließmuskel- und Öffnungssysteme:**
  - Blasenschließmuskel (M. sphincter vesicae = „Internus"),
  - Harnröhrenschließmuskel (M. sphincter urethrae = „Externus") mit einem quergestreiften und einem glattmuskulären Anteil (M. sphincter urethrae transversostriatus und glaber),
  - urethrale Längsmuskulatur mit jeweils einem glattmuskulären M. dilatator urethrae (ventral) und einem M. ejaculatorius (dorsal);
- **muskulofibröse Verankerungssysteme im Beckenboden:**
  - ventraler vesikourethraler Suspensionsapparat aus M. pubovesicalis, Ligg. pubourethrale und puboprostaticum sowie Arcus tendineus fasciae pelvis als dynamische Aufhängung des Blasenhalses,
  - Corpus perineale (Centrum perinei) als dorsales Widerlager und Verankerungszone des M. sphincter urethrae („Externus").

Beachte: Mit Ausnahme des dorsal verlaufenden Längsmuskels M. ejaculatorius finden sich alle Strukturen auch bei der Frau.



B M. dilatator urethrae

Dies ist der ventrale Teil der Harnröhren-Längsmuskulatur. Er entspringt fächerförmig an der Symphyse sowie entlang des Arcus tendineus fasciae pelvis (s. **E**) und überquert dann das Ostium urethrae internum in seiner ventralen Zirkumferenz, zieht auf der Vorderseite der Urethra nach kaudal und inseriert im Bulbus penis (vestibuli). Seine Kontraktion verkürzt die Urethra und erweitert das innere Urethralostium zu einem Trichter. Dies leitet die Miktion ein.



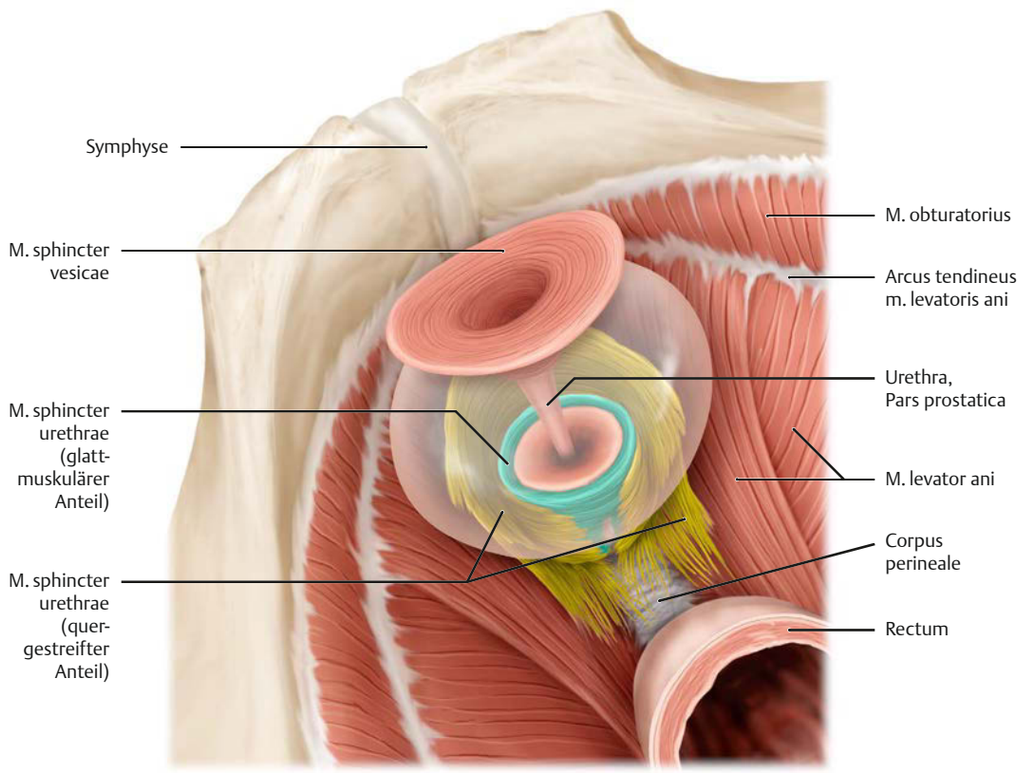
C M. sphincter vesicae („Internus") und M. sphincter urethrae

a M. sphincter vesicae; **b–d** M. sphincter urethrae in der Ansicht von ventral, dorsal und lateral.

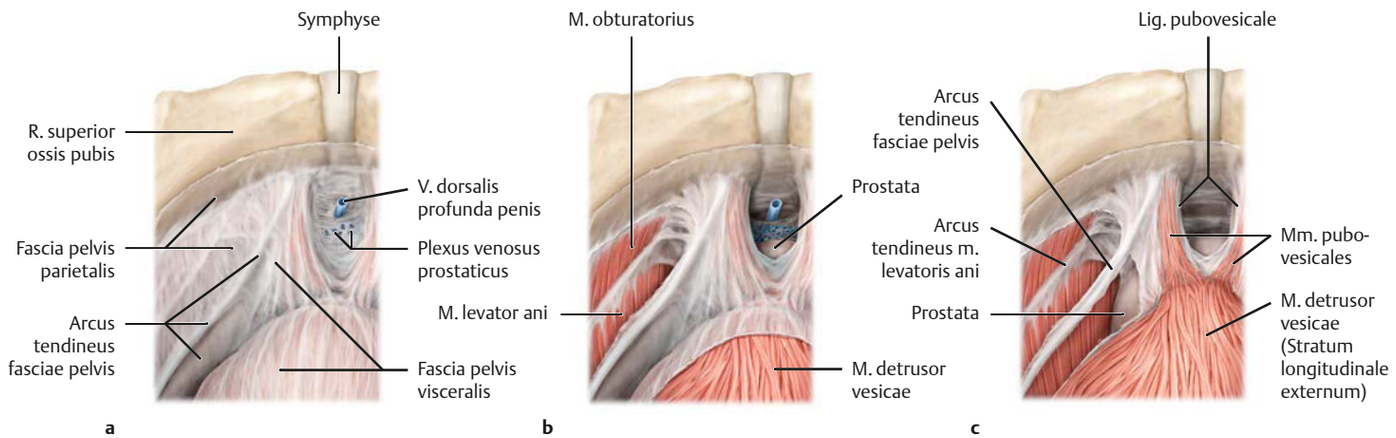
Nach Dorschner et al. (2001) existiert ein eigenständiger, funktioneller Blasenschließmuskel (M. sphincter vesicae), dessen glatte Muskulatur keinerlei Beziehung zur Detrusor- und Harnröhrenmuskulatur aufweist, also weder aus der dem Trigonum vesicae zugeordneten Muskulatur noch aus Detrusormuskulatur hervorgeht. Insgesamt ist der M. sphincter vesicae beim Mann stärker ausgeprägt als bei der Frau, insbesondere der in die proximale Harnröhre hineinziehende, urethrale Anteil. Dies hängt evtl. damit zusammen, dass dieser Muskel beim Mann *zusätzlich zur Kontinenzfunktion* den effektiven Verschluss des Blasenhalses zur Verhinderung einer retrograden Ejakulation gewährleistet (Doppelfunktion beim Mann!). Der Harnröhrenschließmuskel (M. sphincter urethrae) besteht nach Dorschner et al. (s. o.) aus zwei Anteilen:

- einem inneren ringförmigen, glattmuskulären und
- einem äußeren quergestreiften, der eine Omega- bzw. Hufeisenform mit einer dorsalen Aussparung aufweist.

Beachte: Zahlreiche Untersuchungen belegen, dass der quergestreifte M. sphincter urethrae (wie der M. sphincter vesicae) ein eigenständiger Muskel und weder eine Abspaltung der Levatorplatte noch des M. transversus perinei profundus ist.

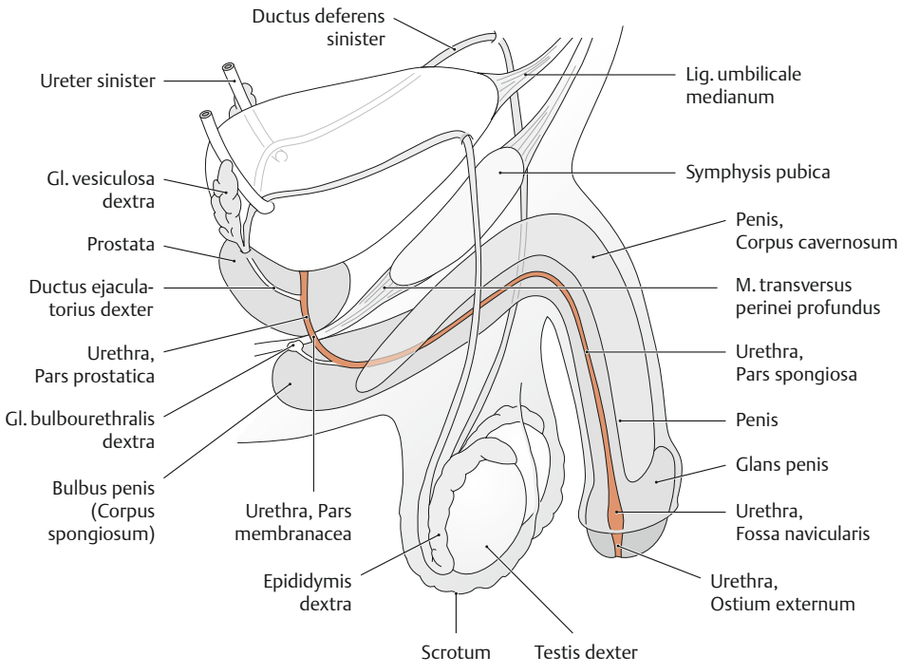


D Einbau des M. sphincter urethrae („Externus") in die Umgebung
Ventral und lateral grenzt der äußere Anteil an ausgeprägte Venenplexus an s. **E**) und ist teilweise von diesen durchsetzt. Nach Wallner et al. (2009) und Schwalenberg et al. (2010) strahlen seine seitlichen Muskelfasern in die Faszie des M. levator ani ein. Darüber hinaus wird eine Verankerung seiner Muskelfasern im Corpus perineale diskutiert. Aufgrunddessen spannen sich die Muskelfasern des M. sphincter urethrae bei seiner Kontraktion zwischen dem M. levator ani beider Seiten auf und finden hier ihre dynamische Verankerung. Während der glattmuskuläre urethrale Sphinkter mit seinen zirkulär verlaufenden Fasern einen leichten, aber dauerhaften Druck auf die membranöse Urethra ausübt, kann der somatisch innervierte, quergestreifte urethrale Sphinkter gemeinsam mit dem Corpus perineale und dem M. levator ani bei Anspannung des Beckenbodens höhere Verschlussdrücke erreichen (= bessere Kontinenz).



E Ventraler vesikourethraler Suspensionsapparat
Wichtigste Funktion des ventralen Suspensionsapparates im retropubischen Raum ist neben der anterolateralen Stabilisierung des vesikourethralen Übergangs die dynamische Aufhängung des Blasenhalses und damit die Kontinenzerhaltung (Schwalenberg et al., 2010). Wesentliche Bestandteile des ventralen Suspensionsapparates sind die Mm. pubovesicales und der Arcus tendineus fasciae pelvis, ein sehnig verdichteter Streifen der Beckenfaszie, der von der Symphyse ausgeht und über dem Diaphragma pelvis zur Spina ischiadica verläuft. Am Arcus tendineus fasciae pelvis ist das viszerale Blatt mit dem parietalen Blatt (obere Faszie des Diaphragma pelvis) verwachsen. Der Arcus tendineus fasciae pelvis dient u. a. wegen seiner ventralen Verbreiterung als zusätzlicher aponeurotischer Ansatz für die beiden Mm. pubovesicales, die als Fortsetzung der ventralen äußeren longitudinalen Muskelschicht des M. detrusor vesicae in Richtung Schambein beidseits der Symphyse ziehen. Die in der Nomina anatomica aufgeführten Ligg. pubourethrale und puboprostaticum sind keine Bänder im eigentlichen Sinne, sondern stärkere Bindegewebszüge der Fascia pelvis visceralis und parietalis, die von der Symphyse zum Harnblasenhals bzw. zur Prostata ziehen.
Beachte: Die Protektion und Restauration der erwähnten Strukturen des ventralen Suspensionsapparates bei der operativen Entfernung der Prostata haben die postoperative Inkontinenz signifikant gesenkt.

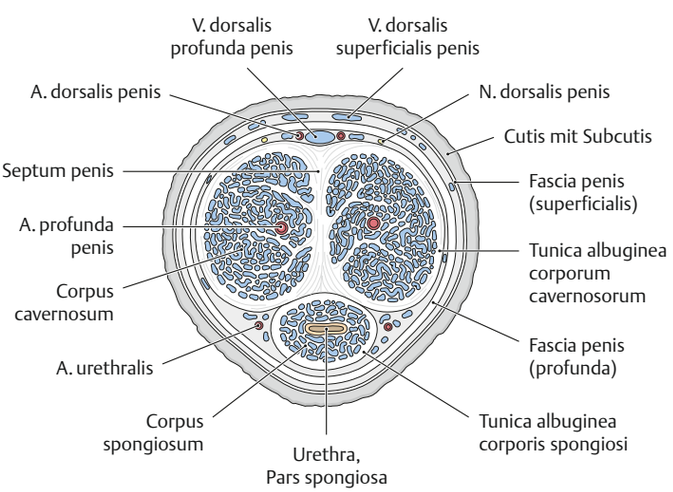
4.10 Harnröhre (Urethra)



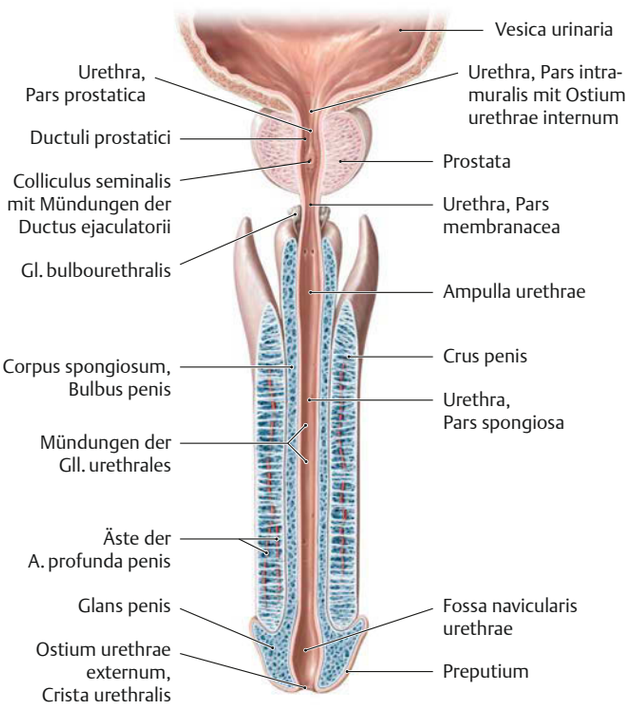
A Abschnitte der männlichen Urethra (Urethra masculina)
Sicht von rechts auf das männliche Urogenitalsystem im Becken. Im Unterschied zur weiblichen Urethra ist die männliche Urethra Harn- *und* Geschlechtsweg. Sie ist durchschnittlich 20 cm lang und lässt sich in vier Abschnitte mit drei Engen und drei Weiten unterteilen (s. **B**). Die in der Blasenwand verlaufende Pars intramuralis urethrae ist hier nicht dargestellt. Im Gegensatz zur weitgehend geraden weiblichen Urethra (s. **E**) weist die männliche Urethra zwei Krümmungen auf, die *Curvatura infrapubica* und die *Curvatura prepubica.* Dies ist bei der transurethralen Blasenkatheterisierung von Bedeutung (s. **F**).

B Wandabschnitte, Engen und Weiten der männlichen Urethra (vgl. **D**)

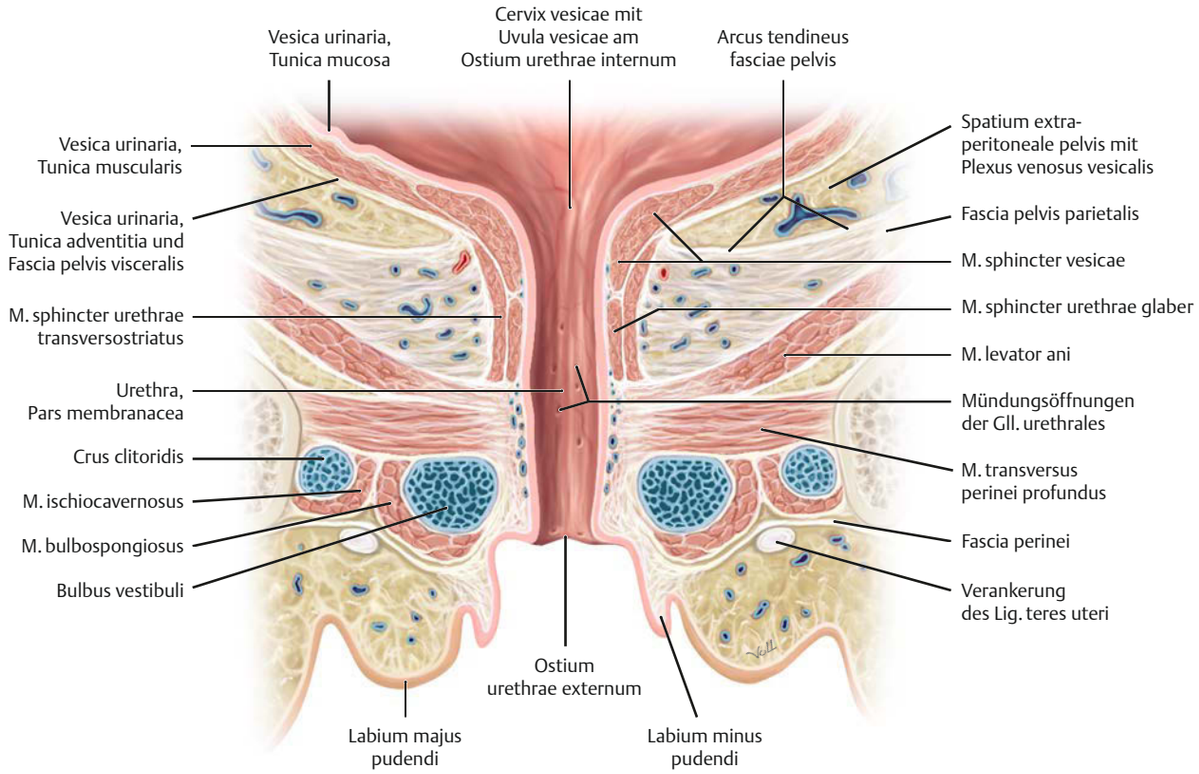
Wandabschnitte	Engen und Weiten
Ostium urethrae internum	
Pars intramuralis	1. Enge: M. sphincter urethrae internus
Pars prostatica	1. Weite
Pars membranacea	2. Enge: M. sphincter urethrae externus
Pars spongiosa	2. Weite: Ampulla 3. Weite: Fossa navicularis
Ostium urethrae externum	3. Enge



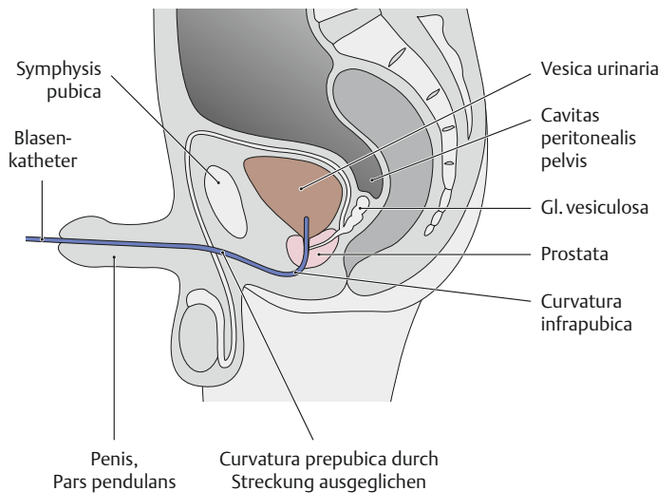
C Lage der Urethra masculina im Penis
Querschnitt durch den Penisschaft, Ansicht von ventral. Die Pars spongiosa der Urethra liegt im Corpus spongiosum penis. Da das Corpus spongiosum auch bei maximaler Erektion nicht komplett hart wird, ist gewährleistet, dass die Urethra bei der Ejakulation immer offen bleibt. Das Lumen der Urethra erscheint im Querschnitt häufig nicht rund, sondern abgeplattet, da Ober- und Unterwand einander berühren.



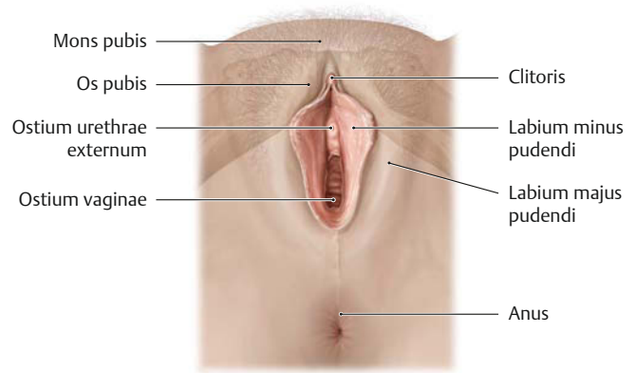
D Männliche Urethra im Schnitt
Urethra in ganzer Länge aufgeschnitten und ohne Krümmungen dargestellt, gesamte Beckenbodenmuskulatur entfernt. Man erkennt die vier Abschnitte der Urethra masculina. Der längste Abschnitt ist die Pars spongiosa. Mit dem Corpus spongiosum erreicht die Urethra masculina ihr Ostium urethrae externum auf der Glans penis. Die *Pars prostatica* kann bei einer gutartigen Prostatavergrößerung *(Prostatahyperplasie)* weitgehend eingeengt sein (s. S. 338). Eine vollständige Entleerung der Blase ist dann erschwert. Es kommt zu Harnträufeln am Ende des Miktionsvorgangs, oft bleibt Restharn in der Blase zurück. Dieser Restharn kann zu einer (oft bakteriellen) Entzündung der Harnblase (Zystitis) führen.



E Weibliche Urethra (Urethra feminina) im Schnitt
Leicht nach dorsal geneigter Frontalschnitt, Ansicht von ventral. Im Gegensatz zur männlichen Urethra verläuft die ca. 3–5 cm lange weibliche Urethra gerade. Eine Katheterisierung ist dementsprechend einfacher als beim Mann. Die geringe Länge der Urethra feminina führt allerdings auch zu einer höheren Anfälligkeit der Frau für Infektionen der Harnwege.

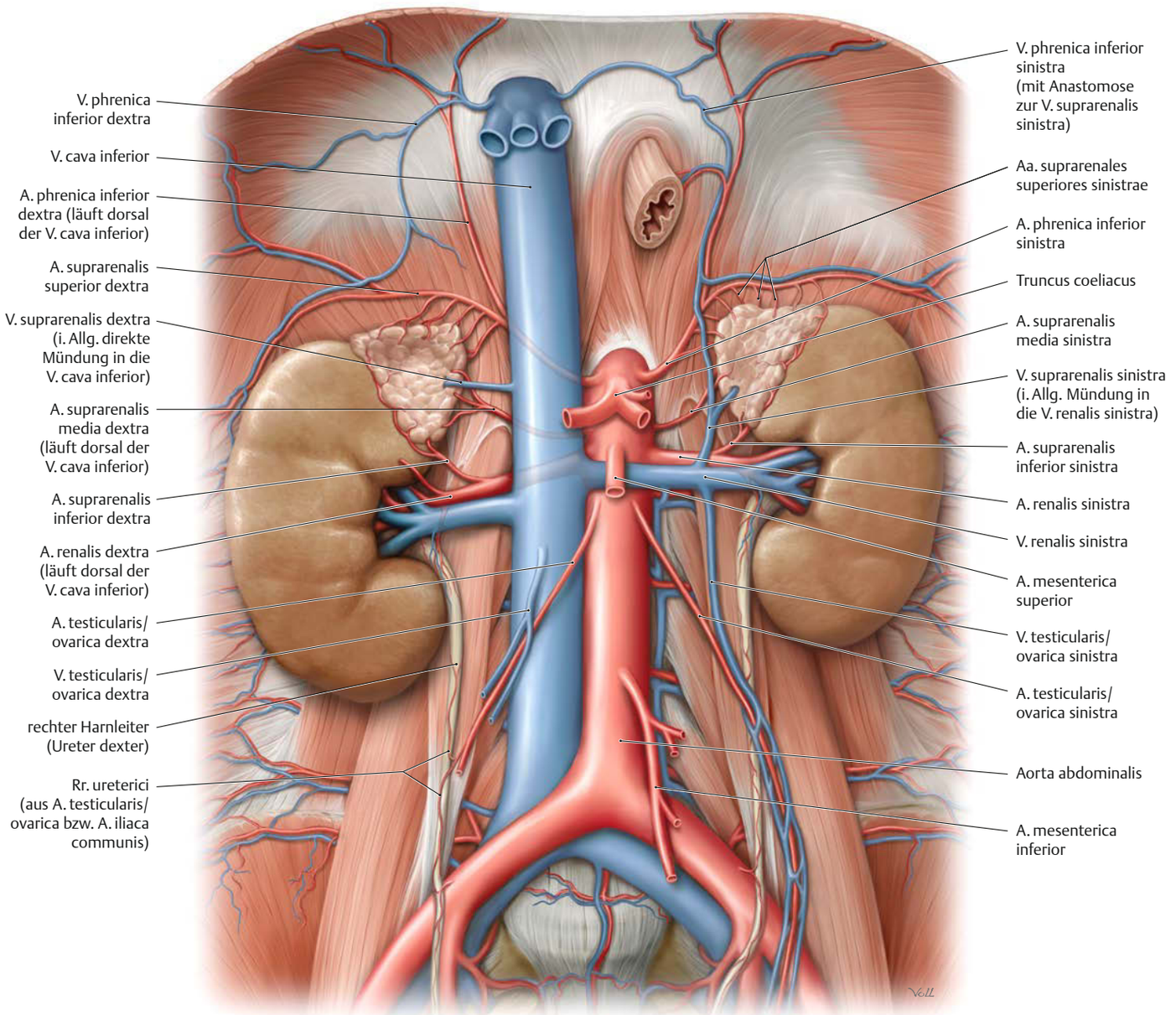


F Transurethrale Blasenkatheterisierung beim Mann
Die zwei Krümmungen (Curvatura infrapubica und prepubica) und die drei Engen der männlichen Urethra können bei der transurethralen Katheterisierung ein Hindernis darstellen. Durch Strecken des Penis kann die Curvatura prepubica etwas ausgeglichen werden.



G Äußere Mündung der weiblichen Urethra
Ansicht von kaudal; zur Orientierung ist das Schambein (Os pubis) dargestellt. Das Ostium urethrae externum liegt zwischen den Labia minora ventral der Vagina. Trotz der engen Lagebeziehung zum äußeren weiblichen Genitale ist die weibliche Urethra ausschließlich Harnweg. Die enge topografische Beziehung von Urethra und äußerem Genitale ist aber auch im Rahmen der Embryonalentwicklung von Bedeutung: Sowohl die Urethra als auch die Vagina entwickeln sich zunächst mit gemeinsamer Mündung im Bereich des Sinus urogenitalis und werden erst sekundär getrennt. Verläuft diese Trennung fehlerhaft, kann es zu einer unphysiologischen Gangverbindung (Fistel) zwischen Vagina und Urethra kommen, zur sog. *Urethrovaginalfistel.* Auch bei regelrechter Embryonalentwicklung begünstigt die Nähe der (physiologisch keimfreien) Urethra zur (physiologisch keimbesiedelten) Vagina die (bakteriell ausgelöste) Entzündung der Urethra *(Urethritis)*, die aufsteigend gerade bei der kurzen Urethra der Frau leicht zu einer Harnblasenentzündung *(Zystitis)* führen kann.

4.11 Arterien und Venen von Nieren und Nebennieren: Überblick*



A Arterien und Venen von Nieren und Nebennieren im Überblick
Ansicht von ventral, Oesophagus leicht nach unten, rechte Niere und Nebenniere von der V. cava inferior weg gezogen, um die Gefäßsituation der Nebenniere zu verdeutlichen; übrige Bauchorgane entfernt.

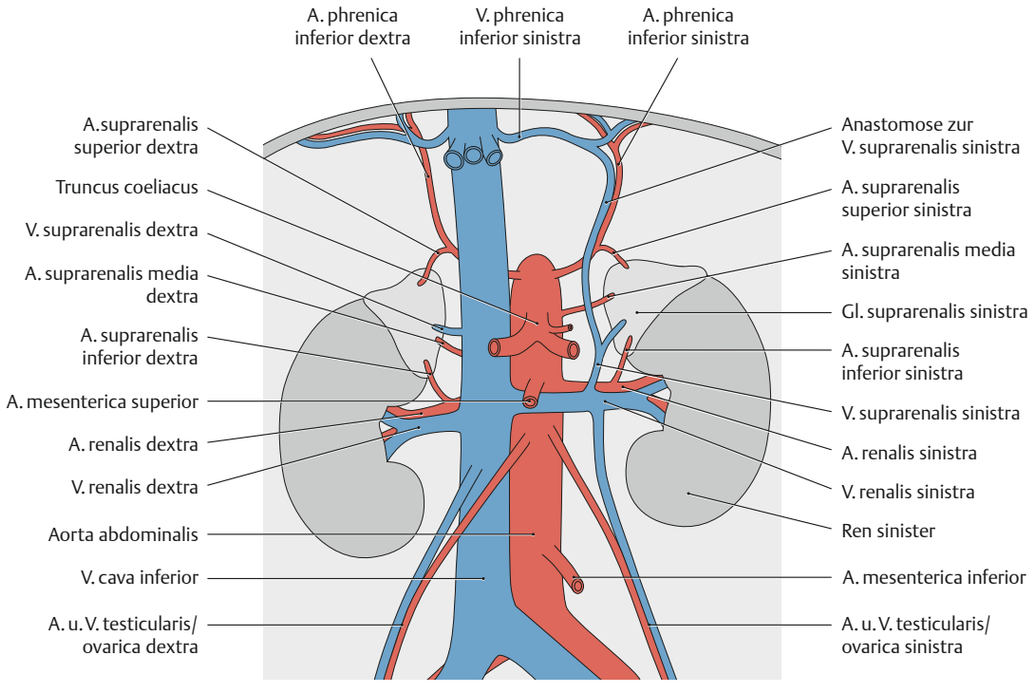
Nierenarterie: Die A. renalis zweigt in Höhe des 1./2. Lendenwirbels (s. **C**) beidseitig von der Aorta abdominalis ab. Dabei verläuft sie auf der *rechten Seite dorsal* der V. cava inferior (die deshalb transparent dargestellt ist), auf der *linken Seite dorsal* der V. renalis sinistra. Sie teilt sich in R. anterior und R. posterior. Von der A. renalis gehen ab: Aa. suprarenales inferiores zur Nebenniere, Rr. capsulares (perirenales) zu Nierenumgebung und Nierenkapsel (Capsula fibrosa und adiposa, zur besseren Übersicht entfernt) sowie Rr. ureterici zum oberen Teil des Ureters und zum distalen Nierenbecken. Zu Varianten s. **E**, S. 313.

Nebennierenarterien: Aa. suprarenales superior, media und inferior (aus der A. phrenica inferior, der Aorta abdominalis und der A. renalis, s. o.).

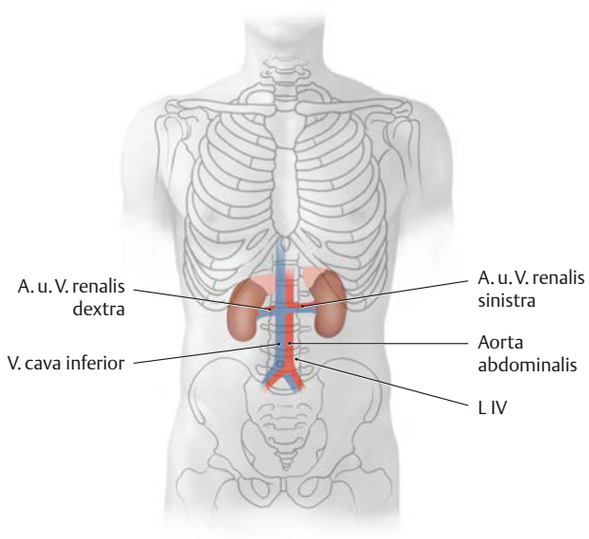
Nierenvene: Die V. renalis entsteht beidseitig in der Regel aus dem Zusammenfluss von zwei bzw. drei Venenästen (zu den Varianten s. **F**, S. 313). Während die *linke Nierenvene* Zuflüsse aus der V. suprarenalis sinistra und der V. testicularis sinistra bzw. ovarica sinistra erhält, münden die entsprechenden *Venen auf* der *rechten Seite* direkt in die V. cava inferior (s. auch **D**). Die V. renalis nimmt auch die Rr. capsulares der Capsula fibrosa sowie kleine Ästchen vom Nierenbecken und von kranialen Anteilen des Ureters auf (nicht dargestellt).

Nebennierenvenen:
Beachte: Den drei Stammarterien der Nebennieren (s. o.) steht in der Regel *nur eine Vene* gegenüber (selten zwei), die *V. suprarenalis.* Während die V. suprarenalis *sinistra* in die V. renalis mündet, wobei sie – wie hier dargestellt – häufig mit der V. phrenica inferior sinistra anastomosiert, mündet die V. suprarenalis *dextra* direkt in die V. cava inferior (s. auch **D**).

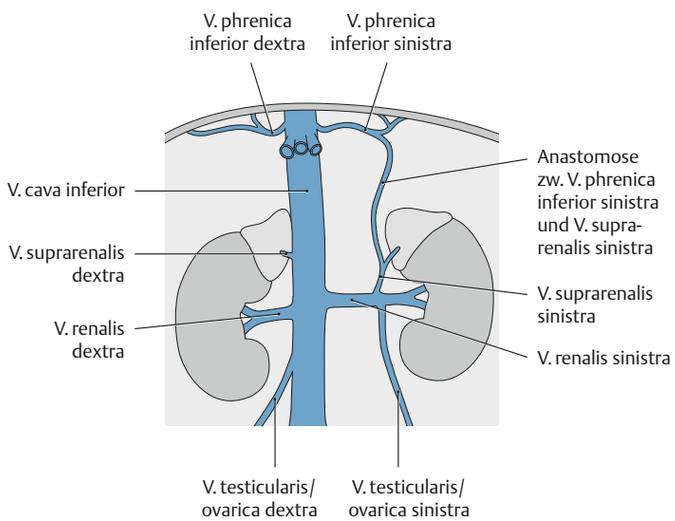
* Die Blutgefäße der Harnblase werden gemeinsam mit den Leitungsbahnen der ebenfalls im Becken liegenden inneren Genitalorgane besprochen (s. S. 346).



B Arterien und Venen der Nieren und Nebennieren
Ansicht von ventral, rechte Niere und Nebenniere zur besseren Übersicht über die Gefäßsituation etwas von der V. cava inferior weg gezogen.
Wie auch in **A** zu sehen, ist die Versorgung und Drainage der Nebennieren komplizierter als die der Nieren: Über 50 kleinere Äste können aus den Stammarterien der Nebennieren (A. suprarenalis superior, media und inferior) in die Nebennieren ziehen!
Beachte, dass den drei Stammarterien der Nebennieren in der Regel nur eine Vene, die V. suprarenalis, gegenübersteht. Diese mündet *rechts direkt* in die V. cava inferior, *links* dagegen in die V. renalis (vgl. **D**).

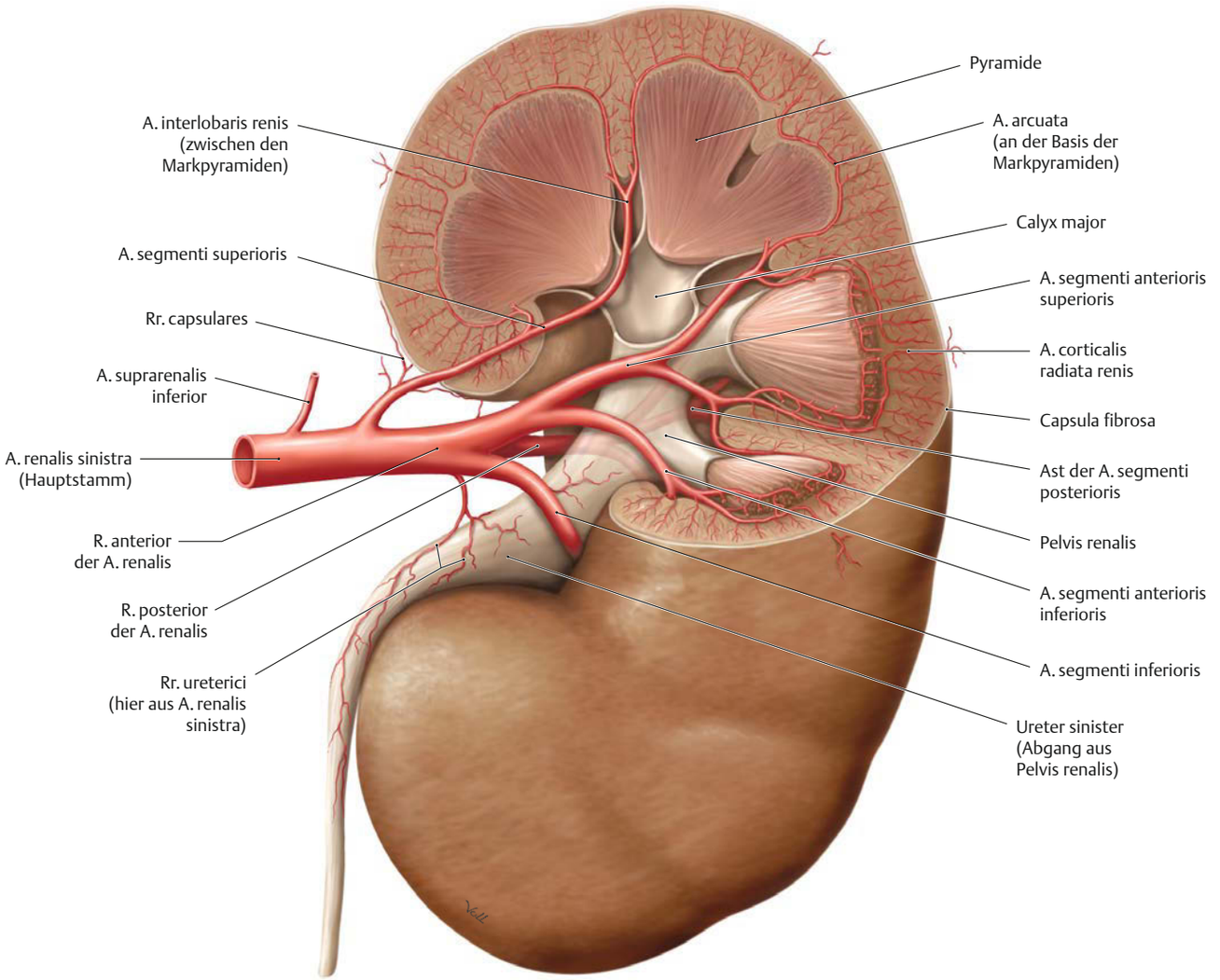


C Projektion der Nierenarterien und -venen auf die Wirbelsäule
Die A. renalis geht in Höhe von LWK I/II aus der Aorta abdominalis ab.
Beachte: Die Vv. renales liegen ventral von den Arterien.



D Venöse Zuflüsse zur V. renalis sinistra
Die linke Nierenvene erhält größere Zuflüsse als die rechte: *Links* münden V. suprarenalis sinistra (häufig anastomotisch mit der V. phrenica inferior sinistra verbunden, vgl. **A**) und V. testicularis/ovarica sinistra in die Nierenvene; *rechts* dagegen münden die entsprechenden Venen *direkt* in die V. cava inferior. Krampfaderähnliche Erweiterungen der Venen im Funiculus spermaticus (sog. Varikozelen) kommen daher abstrombedingt häufiger links als rechts vor.

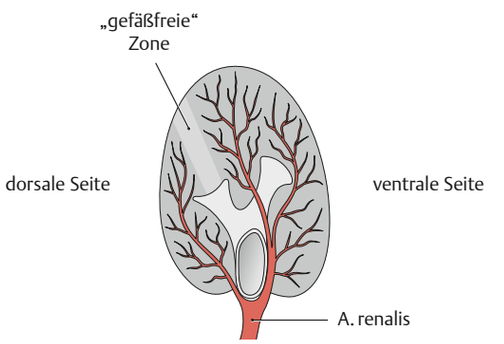
4.12 Arterien und Venen von Nieren und Nebennieren: Gefäßvarianten



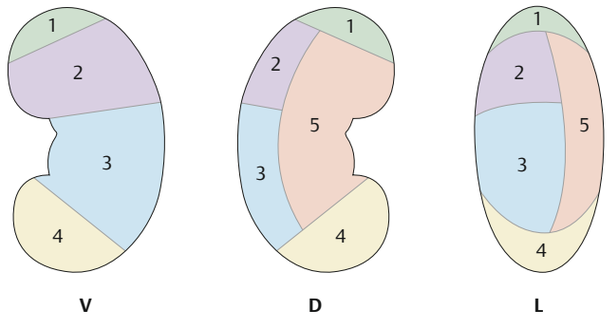
A Aufteilung der A. renalis in Aa. segmenti
Ansicht der linken Niere von ventral.
Der Hauptstamm teilt sich in einen R. anterior und einen R. posterior. Aus dem R. anterior gehen vier Segmentarterien hervor:

- A. segmenti superioris,
- A. segmenti anterioris superioris,
- A. segmenti anterioris inferioris,
- A. segmenti inferioris.

Aus dem R. posterior geht nur eine Arterie, die A. segmenti posterioris, hervor.

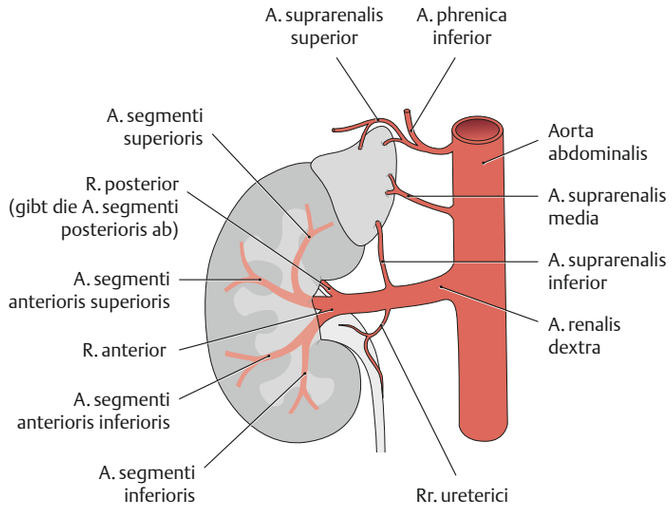


B „Gefäßfreie“ Zone in der Niere
Ansicht der rechten Niere von unten.
Zwischen dem Segmentum posterius und den anterioren Segmenten liegt eine relativ gefäßarme Zone in der ansonsten *außerordentlich gefäßreichen* Niere (wichtig für operativen Zugang in die Niere).

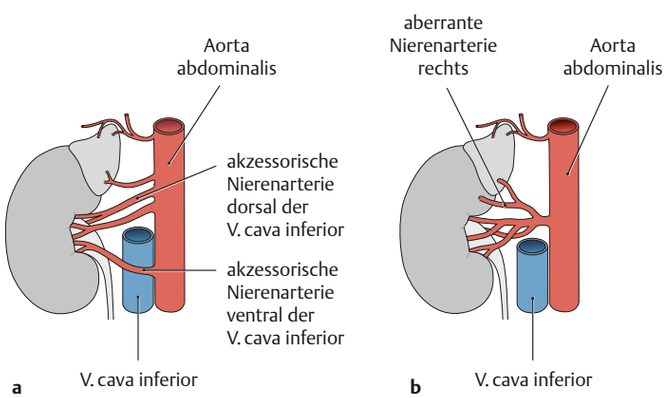


C Darstellung der Nierensegmente
Ansicht einer linken Niere von ventral (V), dorsal (D) und lateral (L). Anhand der arteriellen Versorgung wird die Niere in fünf Segmente unterteilt:

1 Segmentum superius,
2 Segmentum anterius superius,
3 Segmentum anterius inferius,
4 Segmentum inferius und
5 Segmentum posterius.

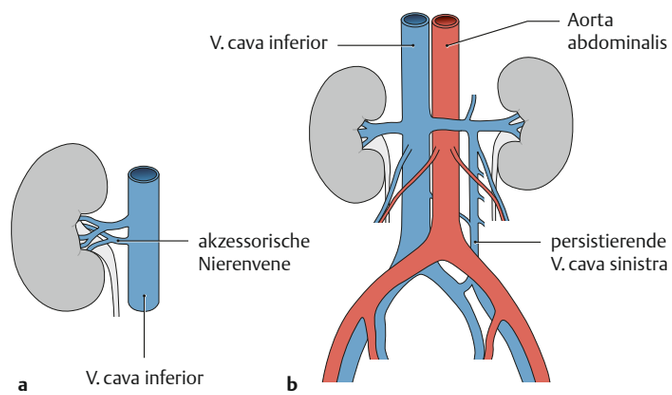


D Zuordnung der Äste der A. renalis zu den Nierensegmenten
Ansicht der rechten Niere von ventral. Dargestellt sind die Abgänge der A. renalis, A. suprarenalis media und der A. phrenica inferior aus der Aorta abdominalis.
Beachte die Aufteilung der A. renalis in einen R. anterior (vordere Segmente, oberes und unteres Segment) und einen R. posterior (für das hintere Segment, s. auch **A**). Der kraniale Teil des Ureters wird über Rr. ureterici aus der A. renalis versorgt.



E Varianten der Nierenarterien
Ansicht der rechten Niere von ventral.

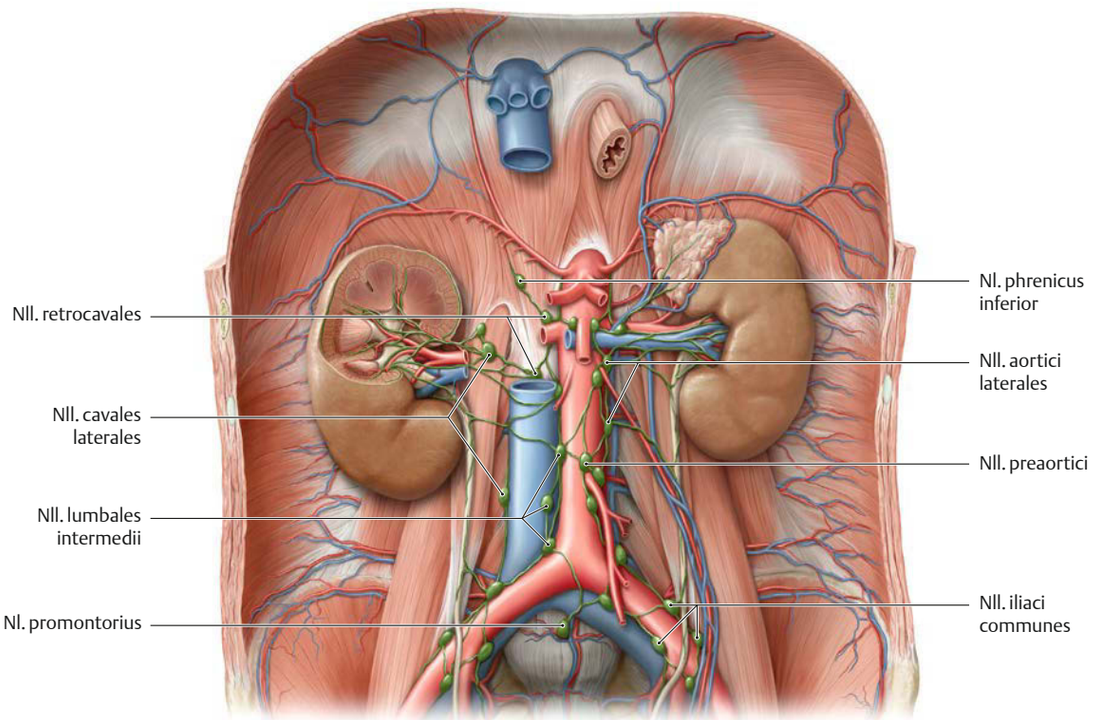
a Zwei akzessorische Nierenarterien (eine mit Verlauf vor der V. cava inferior): Akzessorische Nierenarterien sind zusätzlich vorhandene Gefäße, deren Mündung am Hilum renale liegt. Als häufige Variante bei akzessorischen Nierenarterien fehlt hier der Abgang der A. suprarenalis inferior.
b Aberrante Nierenarterie (ihre Mündung liegt nicht am Hilum renale). *Beachte:* Eine aberrante Arterie kann (als zusätzliches Gefäß) auch akzessorisch sein. Ebenso kann eine akzessorische Arterie natürlich aberrant sein. Als Variante fehlt hier eine eigene A. suprarenalis media (aus der Aorta abdominalis).



F Varianten der Nierenvenen
Ansicht von ventral.

a Mehrfach angelegte (akzessorische) Nierenvenen.
b Eine links bis zur Höhe der Nierenvene vorkommende V. cava sinistra (Persistieren des unteren Teils der Suprakardinalvene) mündet in die linke V. renalis.

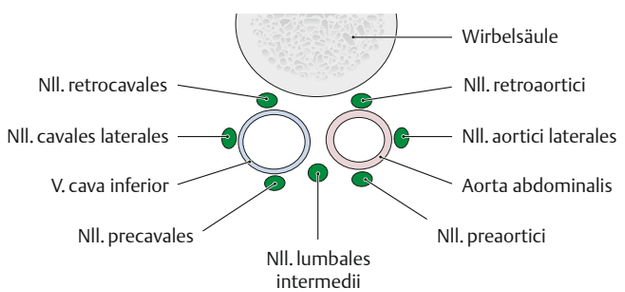
4.13 Lymphabfluss von Nieren, Nebennieren, Ureter und Harnblase



A Lymphabfluss von Niere, Nebenniere und Ureter
(Pars abdominalis; zur Pars pelvica s. **C**)
Ansicht von ventral. Folgende Lymphabflusswege spielen hier eine Rolle (s. auch S. 221):

- **Rechte Niere und Nebenniere:** Abfluss in die *Nll. lumbales dextri* (= Nll. cavales laterales, precavales, retrocavales, vgl. **B**) und dann in den *Truncus lumbalis dexter.*
- **Linke Niere und Nebenniere:** Abfluss in die *Nll. lumbales sinistri* (= Nll. aortici laterales, preaortici, retroaortici, vgl. **B**) und dann in den *Truncus lumbalis sinister.*
- **Ureter (Pars abdominalis):** entsprechend dem Abfluss von rechter und linker Niere und Nebenniere (s. auch **C**).

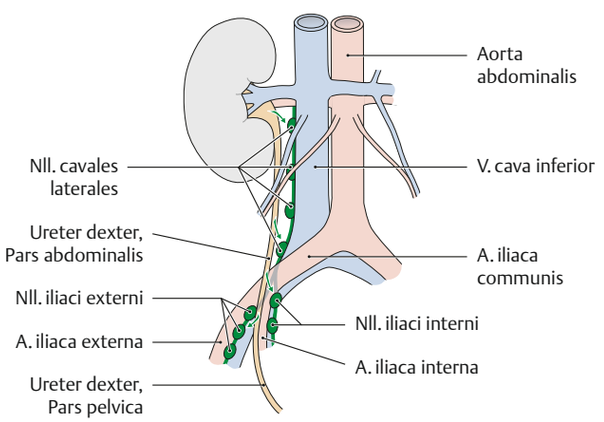
Die Nll. lumbales sind gleichzeitig Sammellymphknoten für die Nll. iliaci communes.



B Unterteilung der Nll. lumbales
Horizontalschnitt. Ansicht von kranial. Die lumbalen Lymphknoten sind um die Aorta abdominalis und die V. cava inferior herum angeordnet. Sie werden in drei Gruppen unterteilt und je nach ihrer Lage zu den Gefäßen benannt:

- Nll. lumbales sinistri (um die Aorta);
- Nll. lumbales intermedii (zwischen Aorta und V. cava inferior);
- Nll. lumbales dextri (um die V. cava inferior).

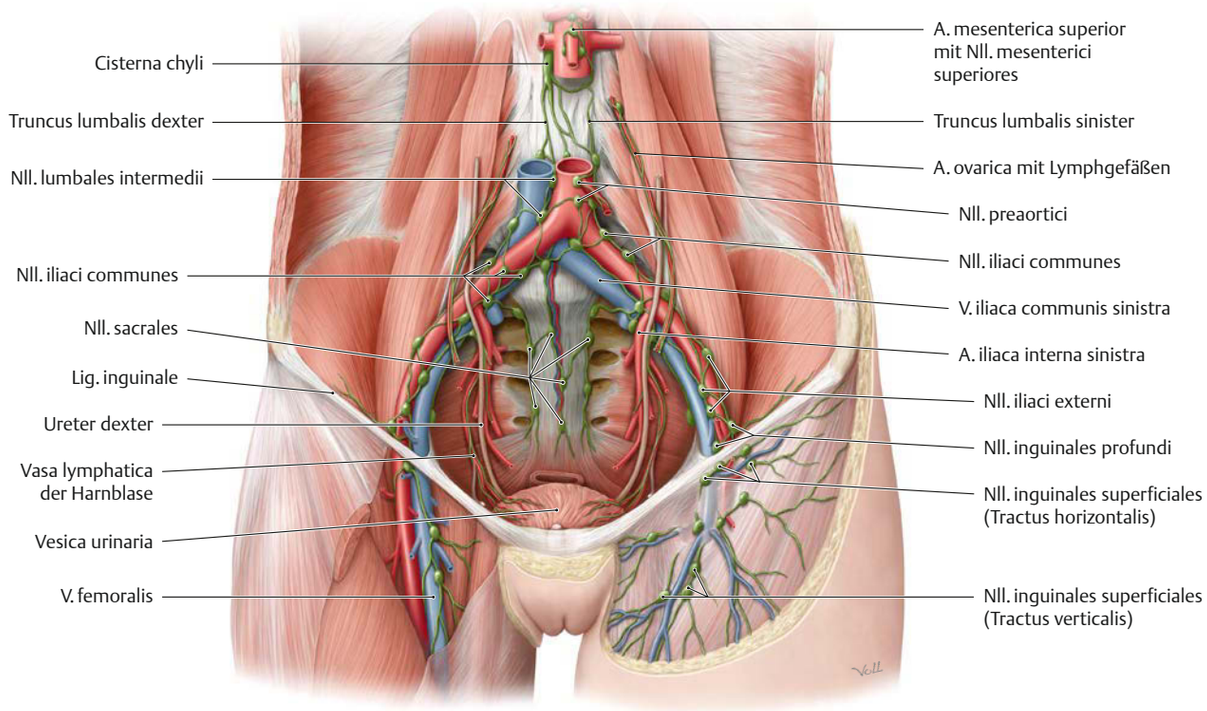
Diese Gruppen werden in weitere Untergruppen unterteilt (vgl. Legende zu **A**).



C Lymphknoten des Ureters
Sicht von ventral auf den rechten Ureter.
Der Abfluss erfolgt in zwei grob unterschiedenen Etagen:

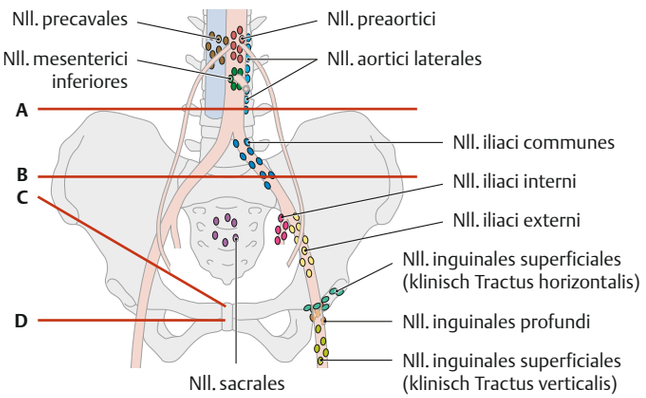
- Pars abdominalis: Nll. lumbales
  - rechts: Nll. cavales laterales (= Nll. lumbales dextri)
  - links: Nll. aortici laterales (= Nll. lumbales sinistri)
- Pars pelvica: Nll. iliaci externi und interni.

Beide Wege führen in die Trunci lumbales.



D Übersicht über die Beckenlymphknoten und den Lymphabfluss der Harnblase

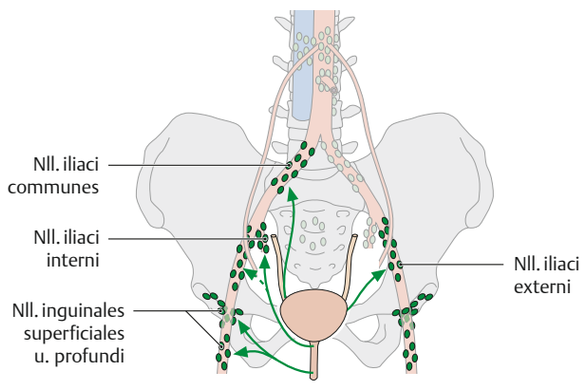
Sicht von ventral in einen weiblichen Abdominal- und Beckensitus; alle Organe entfernt bis auf die Harnblase und einen kleinen Rektumstumpf; Peritoneum abgetragen, Harnblase gut gefüllt, so dass sie oberhalb der Symphyse zu sehen ist. Deutlich sichtbar wird hier, dass im Becken um die Iliakalgefäße herum besonders zahlreiche parietale Lymphknoten liegen (vgl. **E**). Die Harnblase führt ihre Lymphe meist zunächst in organnahe Lymphknotengruppen ab: Nll. vesicales laterales, pre- und retrovesicales (insgesamt Nll. paravesicales). Sie liegen im Beckenbindegewebe um die Harnblase herum (Paracystium), also sehr tief im Becken, und sind hier nicht sichtbar. Von diesen organnahen Lymphknoten gelangt die Lymphe über zwei Hauptabflusswege, in die der Abfluss auch direkt erfolgen kann, letztlich in Lymphknoten seitlich von Aorta abdominalis und V. cava inferior (Nll. lumbales) und von dort in die Trunci lumbales. Die Abflusswege sind in **F** dargestellt.



E Übersicht über die Beckenlymphknoten

Die Beckenlymphknoten sind entlang der großen Blutgefäße sowie vor dem Os sacrum lokalisiert. Bei einer Lymphografie (radiologische Darstellung der Lymphknoten) sind die Blutgefäße jedoch nicht darstellbar, so dass die Lokalisation von Beckenlymphknoten auf andere Weise erfolgen muss. Als Orientierungshilfe dient dann das knöcherne Skelett, wobei vier skeletale Orientierungslinien unterschieden werden:

A Iliolumballinie: Verlauf horizontal am Oberrand der Crista iliaca;
B Iliosakrallinie: Verlauf horizontal durch die Mitte des Iliosakralgelenks;
C Inguinallinie: Verlauf längs des Lig. inguinale;
D Obturatorlinie: Verlauf horizontal durch die Mitte des Foramen obturatum.



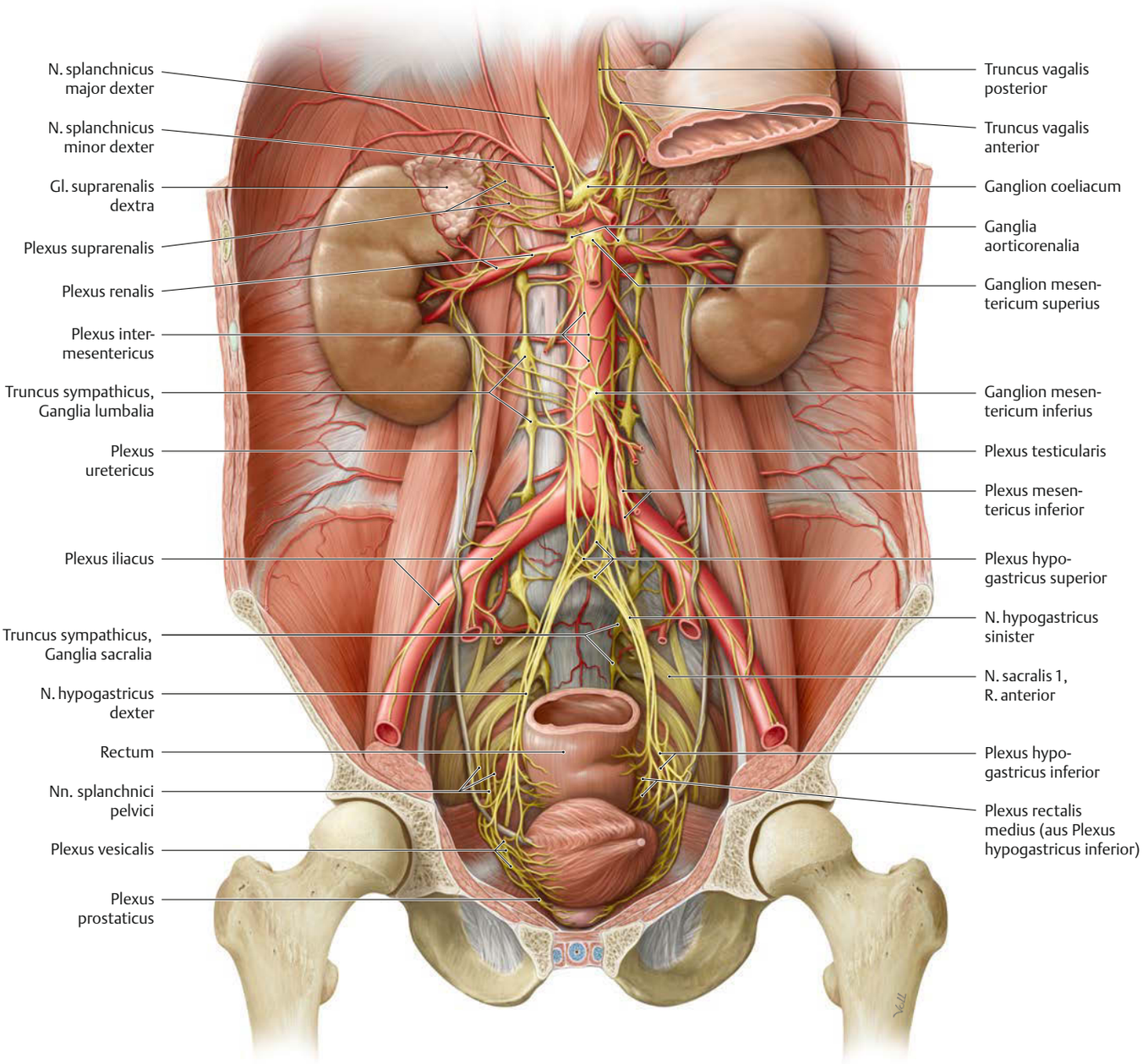
F Lymphabfluss von Harnblase und Urethra

Die **Harnblase** hat zwei Hauptabflusswege:

- an den viszeralen Iliakalgefäßen aufsteigend (s. **D**),
- zu den Nll. iliaci interni und externi (überwiegend Blasengrund).

Blasenabschnitte nahe der inneren Urethramündung leiten Lymphe zu den Nll. inguinales superficiales und profundi ab. Die **Urethra** leitet ihre Lymphe hauptsächlich in die Nll. inguinales profundi und superficiales (in letztere v. a. Abschnitte nahe der äußeren Urethramündung). Blasennahe Abschnitte der Urethra leiten ihre Lymphe in iliakale Lymphknoten (v. a. Nll. iliaci interni) ab.
Beachte: Der Penis leitet seine Lymphe wie die Urethra in Nll. inguinales superficiales und profundi ab.

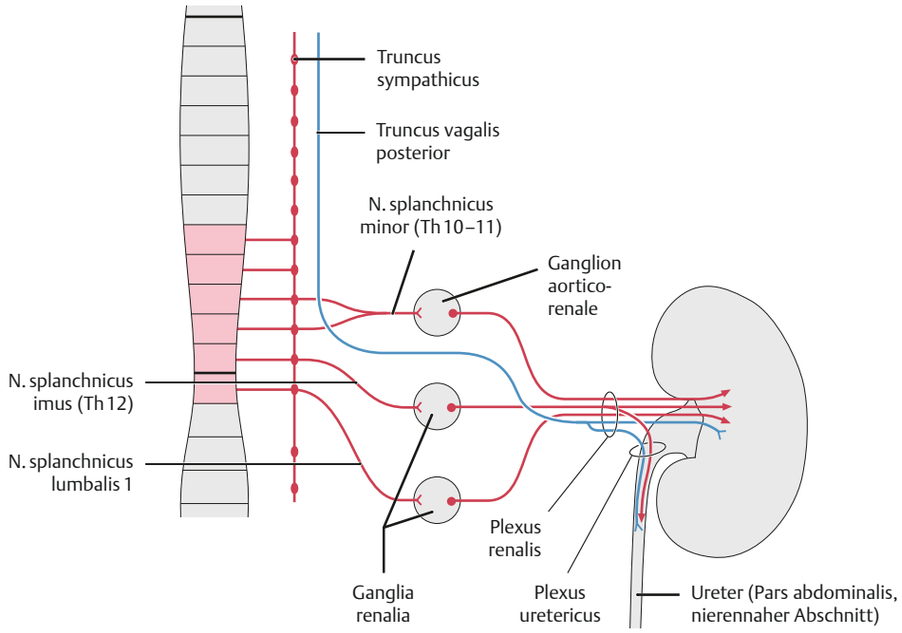
4.14 Vegetative Innervation von Harnorganen und Nebennieren



A Vegetative Innervation von Harnorganen und Nebennieren im Überblick

Sicht von ventral in einen männlichen Situs; Magen größtenteils entfernt und mit dem Oesophagus zur besseren Übersicht etwas nach kaudal gezogen; rechte Niere leicht nach lateral verlagert; Harnblase aufgerichtet und nach links gezogen. Das Becken ist frontal aufgeschnitten, die Schnittebene verläuft etwa durch die Mitte der Hüftgelenkspfanne. Die vegetative Innervation von Harnorganen und Nebennieren unterscheidet sich je nach Lokalisation des einzelnen Organs:

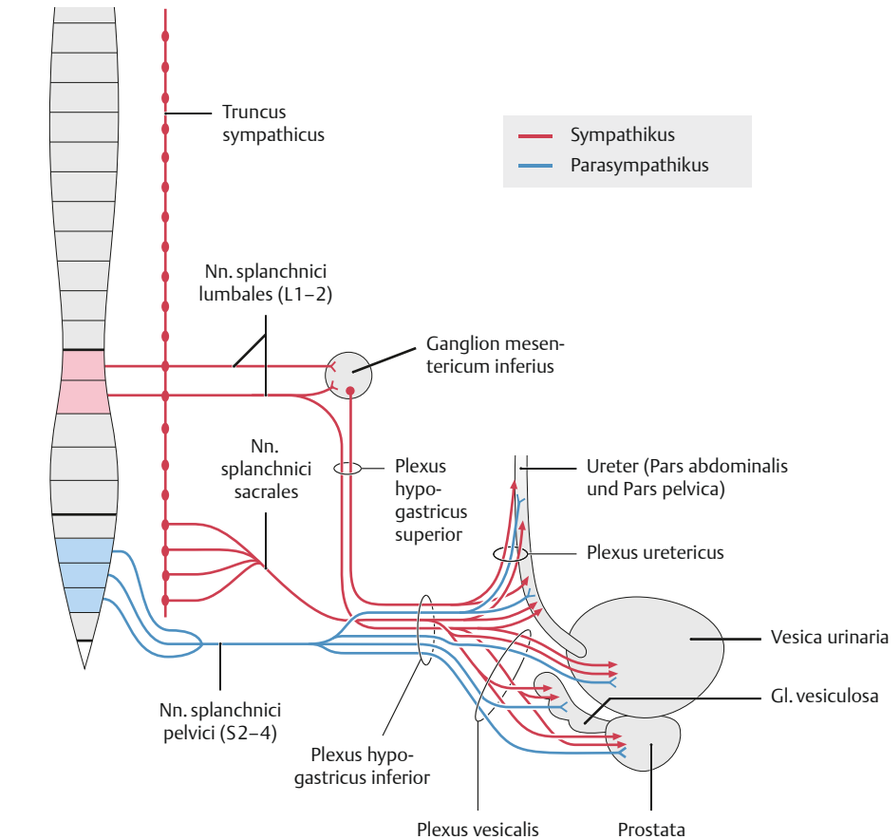
- Die **Nieren im Retroperitoneum** sowie kraniale Anteile des harnableitenden Systems **(nierennahe Abschnitte der Pars abdominalis des Ureters)** erhalten *sympathische* Fasern ursprünglich aus den Nn. splanchnici minor, imus und lumbalis I (vgl. **B**), die in den Ganglia aorticorenalia bzw. renalia auf das 2. Neuron umgeschaltet werden. Die *parasympathischen* Fasern entstammen dem Truncus vagalis posterior sowie teilweise den Nn. splanchnici pelvici (zu den Plexus s. **B**).
- **Nebennierenrinde und -mark im Retroperitoneum** erhalten *sympathische* Fasern aus den Nn. splanchnici major und minor, *parasympathische* Fasern aus dem Truncus vagalis posterior, die zusammen über den Plexus renalis als Plexus suprarenalis zu den Nebennieren ziehen. *Beachte:* Die *sympathische*, vegetative Innervation des Nebennierenmarks ist ein Ausnahmefall, da das Nebennierenmark nur von präganglionären, sympathischen Fasern aus dem Plexus suprarenalis erreicht wird. Diese schalten im Nebennierenmark auf das 2. Neuron um. Das Nebennierenmark stellt so gewissermaßen ein sympathisches Ganglion dar, das über neurovaskuläre Kontakte Adrenalin ins Blut abgibt. Eine *parasympathische* Innervation des Nebennierenmarks ist nicht sicher nachgewiesen.
- **Harnblase, Hauptanteil der Pars abdominalis und Pars pelvica des Ureters** (sowie **Urethra**, hier nicht zu sehen) **im Becken** (s. **D**) erhalten *sympathische* Fasern aus den Nn. splanchnici lumbales u. sacrales; *parasympathische* aus den Nn. splanchnici pelvici (S2–4), zu den Plexus s. **D**.



B Vegetative Innervation von Niere und Ureter, Pars abdominalis (nierennaher Abschnitt)

Die sympathischen Fasern aus den Ganglia aorticorenalia und den Ganglia renalia bilden mit den parasympathischen Fasern aus dem Truncus vagalis posterior den *Plexus renalis*, der zur Niere zieht. Aus ihm zweigen Äste ab, die als *Plexus uretericus* zur Pars abdominalis des Ureters ziehen. Präganglionäre, sympathische Fasern entstammen den Nn. splanchnici thoracici (hier nicht eingezeichnet).

Beachte: Die Ganglia aorticorenalia verschmelzen aufgrund ihrer topografischen Nähe häufig mit dem Ganglion coeliacum. In Übersichtsabbildungen wie z. B. auf S. 70 wird die Innervation der Nieren daher meist als aus dem Ganglion coeliacum kommend dargestellt. Funktionell sind die Ganglia aorticorenalia jedoch eigene Ganglien, so dass sie in Schaltschemata wie hier, auch gesondert erwähnt werden.



C Head-Zonen von linker Niere und Harnblase

Bei Erkrankungen der Niere und der Harnblase (Entzündung, Stein) können in diesen Hautarealen Schmerzen empfunden werden, die gelegentlich bis in die Leiste ausstrahlen.

D Vegetative Innervation von Harnblase und Ureter, Pars abdominalis und Pars pelvica

Die sympathischen Fasern aus den Nn. splanchnici lumbales und sacrales ziehen mit den parasympathischen Fasern aus den Nn. splanchnici pelvici zum Plexus hypogastricus inferior, der sich dann u. a. in die Plexus vesicalis und uretericus zur Versorgung von Harnblase und Ureter (Pars abdominalis und Pars pelvica) aufzweigt. Die Umschaltung auf das 2. Neuron erfolgt für die *parasympathischen* Fasern ausschließlich im Plexus hypogastricus inferior (oder in der Organwand); für die *sympathischen* Fasern teils im Ganglion mesentericum inferius, teils im Plexus hypogastricus inferior (s. die Fasern, die vom Plexus hypogastricus superior zum Plexus hypogastricus inferior weiterziehen).

Beachte: Bei einer Querschnittslähmung geht der Einfluss höherer Zentren des ZNS auf die zentralen Parasympathikusneurone S2–4 (= Nn. splanchnici pelvici) verloren. Da die Nn. splanchnici pelvici die Miktion einleiten und steuern, entstehen bei einer Querschnittslähmung zusätzlich Probleme mit der Kontrolle der Harnblasenfunktion.

5.1 Übersicht über das Genitalsystem

Einteilung der Genitalorgane (Organa genitalia)
Die Genitalorgane lassen sich beim männlichen und weiblichen Geschlecht nach unterschiedlichen Gesichtspunkten einteilen:

- topografisch (**A**) in:
  - innere Genitalorgane (Organa genitalia interna),
  - äußere Genitalorgane (Organa genitalia externa);
- funktionell (**B** u. **C**) in:
  - Organe zur Keimzell- und Hormonproduktion (Keimdrüsen),
  - Transport-, Brut- und Kopulationsorgane sowie akzessorische Drüsen;
- entwicklungsgeschichtlich (s. S. 56) in:
  - indifferente Gonadenanlage (entwickelt sich zu den Keimdrüsen),
  - zwei indifferente Gangsysteme (entwickeln sich zu den männlichen und weiblichen Transportorganen, zum weiblichen Fruchthalter, bei der Frau zu einem Abschnitt des Kopulationsorgans, beim Mann zu einer der akzessorischen Genitaldrüsen),
  - Sinus urogenitalis und seine Derivate (hieraus entstehen die äußeren Genitalien beider Geschlechter, die akzessorischen Genitaldrüsen und die Abschnitte der Kopulationsorgane).

A Inneres und äußeres männliches und weibliches Genitale*

	männlich	weiblich
Inneres Genitale	Testis Epididymis Ductus deferens Prostata Gl. vesiculosa Gl. bulbourethralis	Ovar Uterus Tuba uterina Vagina (oberer Teil)
Äußeres Genitale	Penis mit Urethra Scrotum mit Hodenhüllen	Vagina (nur Vestibulum) Labia majora/minora pudendi Mons pubis Gl. vestibularis major/minor Clitoris

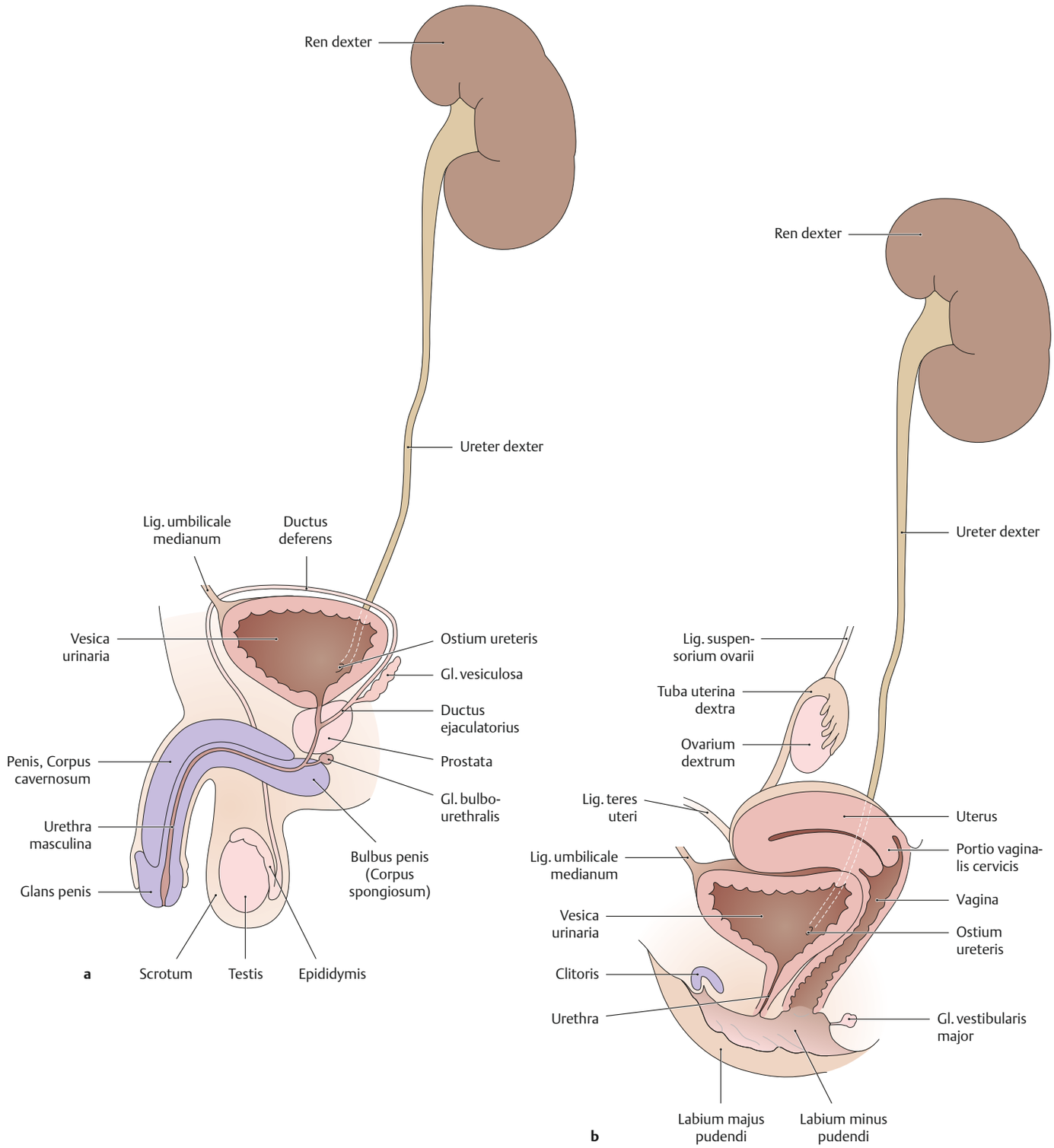
* Die äußeren Geschlechtsorgane der *Frau* (Pudendum femininum) werden klinisch als *Vulva* bezeichnet. Vgl. zu den äußeren Geschlechtsorganen insgesamt auch Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, wo das äußere Genitale (als Bestandteil der Rumpfwand) ausführlich besprochen wird.

B Funktion der männlichen Genitalorgane

Organ	Funktion
Testis	Keimzellproduktion Hormonproduktion
Epididymis	Speicherorgan für Spermien
Ductus deferens	Transportorgan für Spermien
Urethra	Transportorgan für Spermien und Harnorgan
akzessorische Genitaldrüsen (Prostata, Gll. vesiculosae und Gll. bulbourethrales)	Sekretproduktion
Penis	Kopulations- und Harnorgan

C Funktion der weiblichen Genitalorgane

Organ	Funktion
Ovar	Keimzellproduktion Hormonproduktion
Tuba uterina	Konzeptionsort und Transportorgan für die Zygote
Uterus	Fruchthalter, Geburtsorgan
Vagina	Kopulationsorgan, Geburtsorgan
Labia majora/minora pudendi Clitoris	Kopulationsorgan
Gll. vestibulares majores/minores	Sekretproduktion



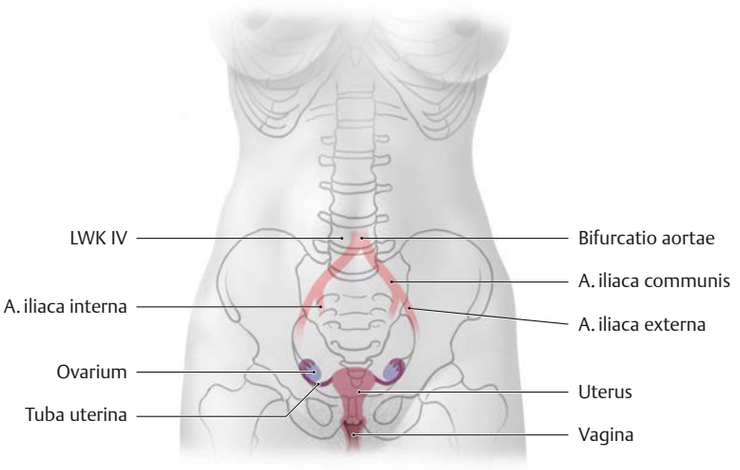
D Übersicht über das Urogenitalsystem
Schematische Darstellung von Harn- und Genitalapparat beim männlichen und weiblichen Geschlecht, Ansicht von links; unpaare Beckenorgane sowie äußeres Genitale median sagittal geschnitten.

a Beim **Mann** sind Harn- und Geschlechtsapparat topografisch und funktionell eng miteinander verbunden: Die Urethra durchzieht die Prostata, die embryonal dem Urethraepithel entstammt. Alle akzessorischen Genitaldrüsen (Prostata, Gl. vesiculosa, Gll. bulbourethrales) geben ihr Sekret letztlich in die Urethra ab.

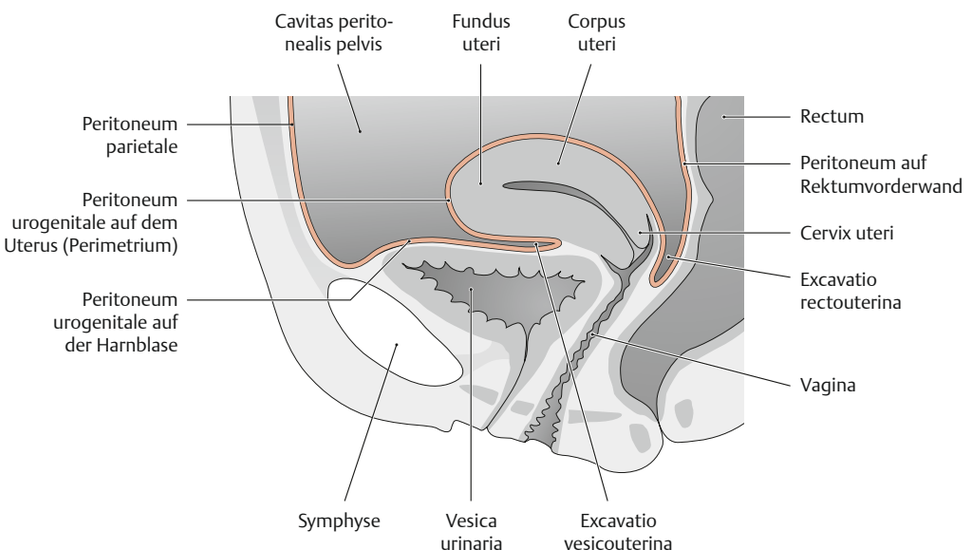
b Bei der **Frau** sind Harn- und Genitalsystem *funktionell* vollständig voneinander getrennt. *Topografisch* hat der Uterus jedoch mit seiner Vorderwand eine enge räumliche Beziehung zur Harnblase. Im Bereich des äußeren Genitale kommt es ebenfalls zu einer engen topografischen Beziehung zwischen Harnweg (Ostium urethrae externum) und Geschlechtsweg (Vagina).

Aus diesen Gründen wird üblicherweise der Begriff *Urogenitalsystem* gebraucht.

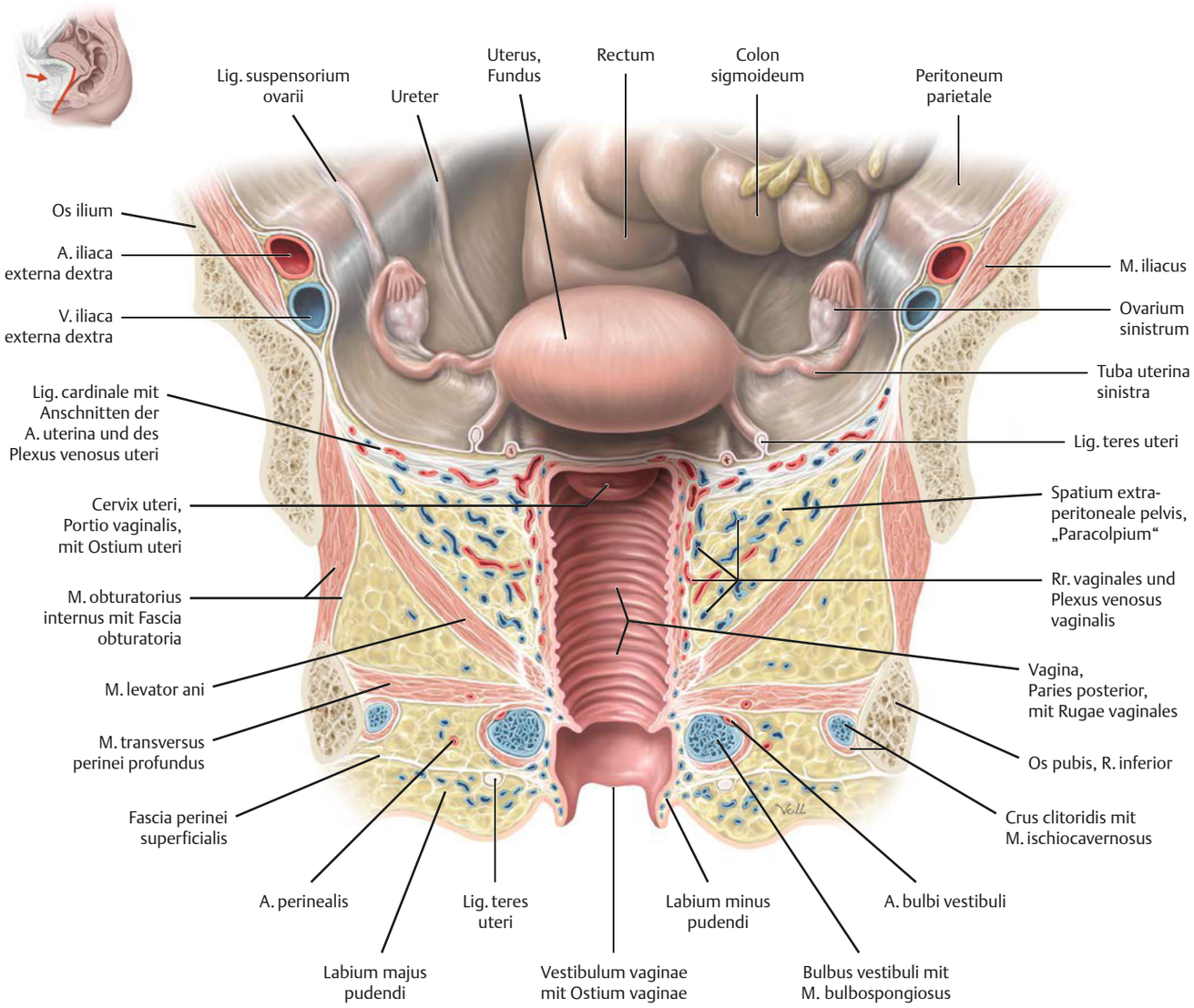
5.2 Inneres weibliches Genitale: Überblick



A Projektion des inneren weiblichen Genitales auf das Becken
Ansicht von ventral. Zur Orientierung ist ein kaudaler Abschnitt der Aorta abdominalis mit Aufteilung in die beiden Aa. iliacae communes eingezeichnet. Der Uterus liegt wie die Vagina in der Beckenmitte, die beiden Ovarien sind kranial, lateral und dorsal des Uterus lokalisiert, jeweils in der Fossa ovarica etwas unterhalb der Aufteilung der A. iliaca communis. Die Tubae uterinae ziehen nicht auf dem kürzesten Weg zu den Ovarien, sondern umfassen diese von lateral, da die beiden Müller-Gänge (die sich zu den Tubae uterinae umbilden) lateral der sog. steroidogenen Zone liegen, in der sich die Ovarien entwickeln.

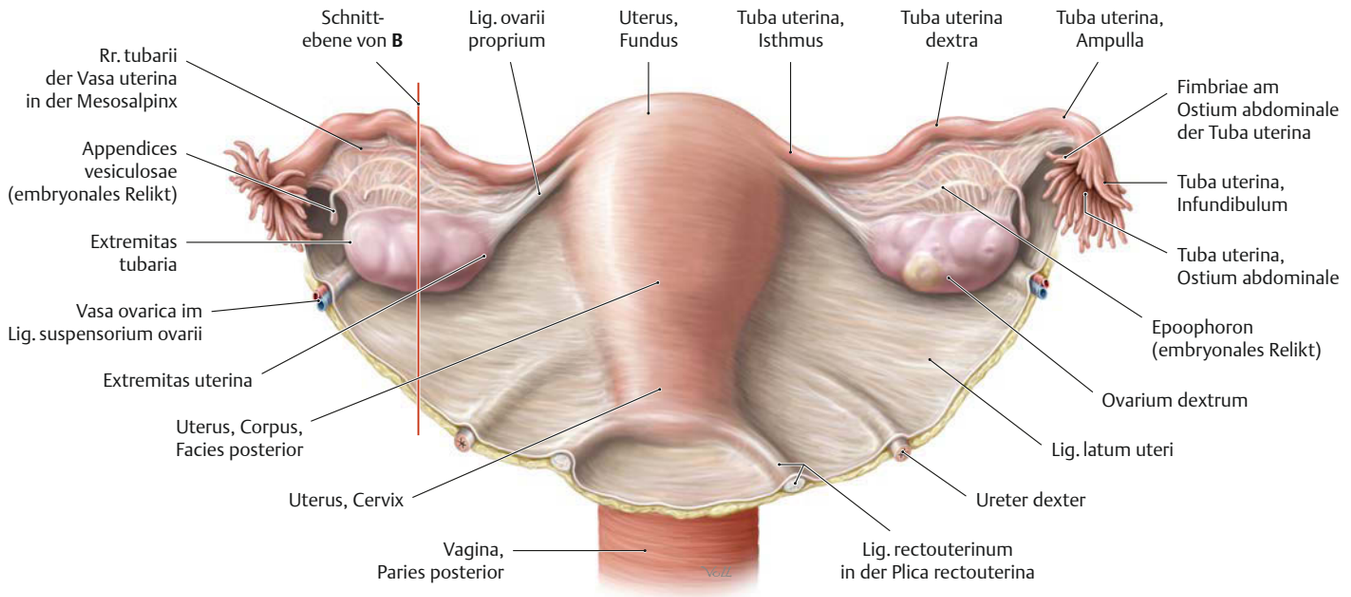


B Uterus und Vagina: Lagebeziehung zu den Beckenorganen
Mediansagittalschnitt durch ein weibliches Becken, Ansicht von links; Peritoneum farbig markiert. Der Uterus liegt der Harnblase auf. Dorsal des Uterus liegt das Rectum. Fundus und Corpus uteri sind von Peritoneum urogenitale bedeckt, das auf Harnblase und Rectum unter Bildung der Excavationes vesicouterina und rectouterina umschlägt. An der dorsalen Uteruswand zieht das Peritoneum tiefer hinab als an der ventralen, so dass *dorsal* auch die Cervix uteri einen Peritonealbezug trägt, ventral dagegen nicht. Die Vagina ist allseitig von Beckenbindegewebe umgeben, das ventral und dorsal zu den Septa vesicovaginale und rectovaginale verstärkt ist.

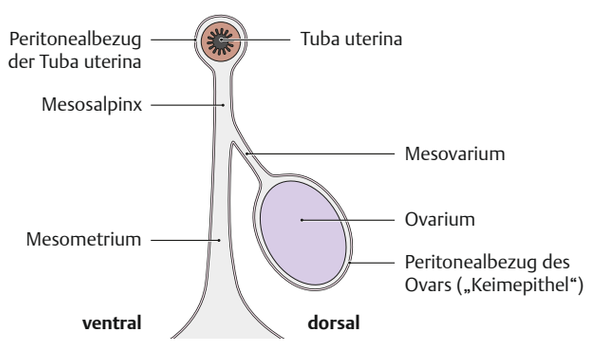


C Weibliche Genitalorgane in situ
Leicht geneigter Frontalschnitt; die Harnblase, die vor der Vagina und unter dem Fundus uteri liegt (s. **B**), ist nicht eingezeichnet. Das Bild ist aus mehreren Ebenen zusammengesetzt, um eine Übersicht zu erzielen: Der Fundus uteri, der aufgrund der Anteversio und Anteflexio (s. S. 326) nach ventral weist, ragt in dieser Richtung aus der hinteren Bildebene heraus. Neben der Vagina liegt ein mit einem ausgeprägten Venengeflecht ausgefüllter Bindegewebsraum, das Paracolpium. Dieses verschiebliche Bindegewebe gestattet eine erhebliche Ausdehnung der Vagina unter der Geburt. Bei den im Paracolpium sichtbaren Anschnitten arterieller Gefäße handelt es sich einerseits um arterielle Äste zur Vagina, andererseits um Anschnitte der Aa. vesicales inferiores. Zur Gliederung des Beckenraumes sowie zum Aufbau des Beckenbodens s. S. 394f.

5.3 Inneres weibliches Genitale: Form, Aufbau und Peritonealverhältnisse



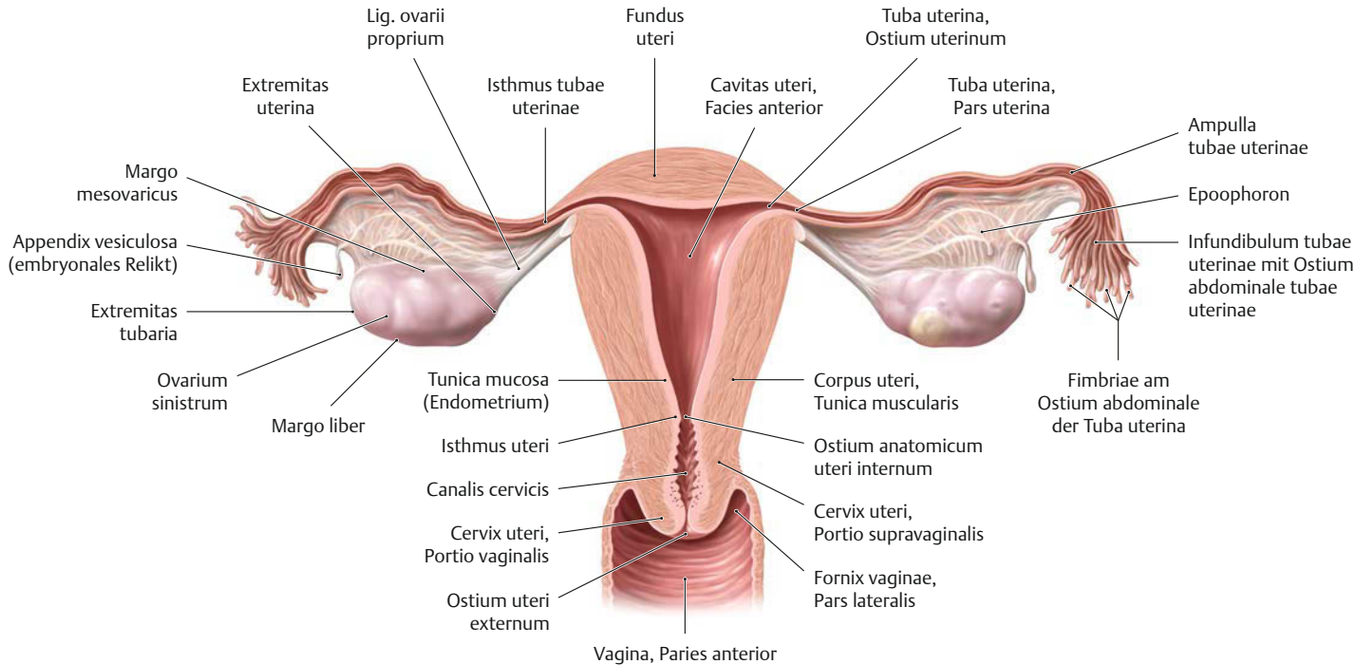
A Uterus und Adnexe: Topografie und Peritonealverhältnisse
Sicht von dorsal-kranial auf Uterus, Adnexe und die Rückseite des Lig. latum uteri. Die Anhangsgebilde (Adnexe) des Uterus (Ovar und Tuba uterina) sind durch Peritonealduplikaturen (Mesovar und Mesosalpinx) mit dem Oberrand und der Rückseite des Lig. latum uteri verbunden (s. **B**). Das Lig. latum uteri, das die Anteflexio des Uterus nachbildet, befestigt den Uterus an der seitlichen Beckenwand und führt die *uterinen* Leitungsbahnen. Das *Ovar* wird noch über eine 2. Peritonealstruktur, das Lig. suspensorium ovarii, mit Leitungsbahnen versorgt (zu den übrigen Ligamenta s. **C**).
Beachte: Die beiden retroperitoneal verlaufenden Ureteren erreichen – von kranial kommend – die Rückwand des Lig. latum uteri, das sie nach ventral zur Harnblase hin durchziehen und dabei die A. uterina (hier nicht sichtbar) im Lig. latum unterkreuzen (s. S. 351). Dieser topografische Sachverhalt ist bei Operationen an Uterus und Lig. latum zu beachten (Gefahr der Ureterverletzung!).



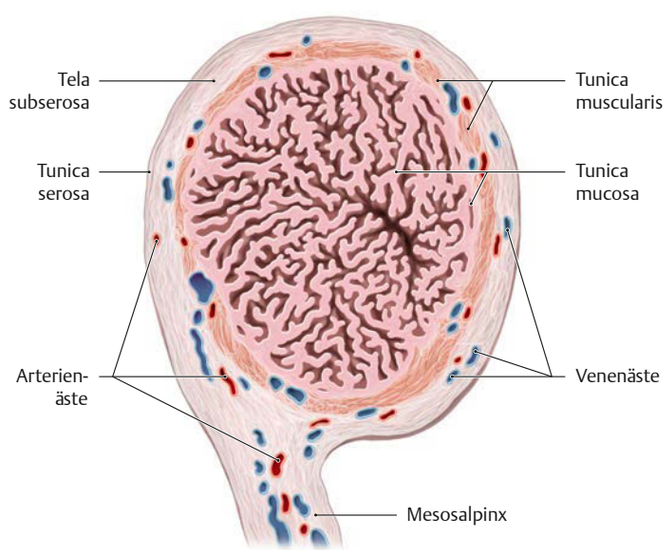
B Peritonealduplikaturen am weiblichen Genitale
(nach Graumann, v. Keyserlingk u. Sasse)
Sagittalschnitt durch das Lig. latum uteri. Ovar, Tuba uterina und große Teile des Uterus (vgl. **A**) sind von Peritoneum bedeckt. Am oberen Rand des Lig. latum uteri liegt die Tuba uterina, an seiner Dorsalseite das Ovar, das über eine eigene peritoneale Bandstruktur, das Lig. ovarii proprium, am Lig. latum befestigt ist. Diese peritonealbedeckten Bindegewebszügel haben an den Genitalorganen dieselbe Funktion wie die Mesenterien am Darm und werden dementsprechend analog bezeichnet (vgl. **C**): Mesovarium (zum Ovar); Mesosalpinx (zur Tube = Salpinx); Mesometrium (zum Uterus).

C Bänder und Peritonealstrukturen am inneren weiblichen Genitale

Lig. latum uteri	Peritonealduplikatur, zieht von der seitlichen Beckenwand an den Uterus (mit Leitungsbahnen zu den inneren Genitalorganen), kann unterteilt werden in: • Mesometrium = Bandanteil zum Uterus • Mesosalpinx = Bandanteil zur Tube und • Mesovarium = Bandanteil zum Ovar Der Bindegewebsraum zwischen den beiden Peritonealblättern wird klinisch als Parametrium bezeichnet.
Lig. cardinale (Lig. transversum cervicis)	querverlaufende Bindegewebszüge zwischen Cervix uteri und Beckenwand (s. S. 396)
Lig. teres uteri	Rest des Gubernaculum ovarii (= embryonaler Strang bei Mann und Frau als Leitband für den Descensus testis bzw. ovarii); zieht vom Tubenwinkel durch den Leistenkanal in das subkutane Bindegewebe, teilweise bis in die Labia majora
Plica rectouterina	peritonealbedeckte Bindegewebsfalte zwischen Uterus und Rectum (Lig. rectouterinum) mit gelegentlich enthaltener glatter Muskulatur (M. rectouterinus)
Lig. ovarii proprium	Rest des Gubernaculum ovarii; zieht von der Extremitas uterina ovarii zum Tubenwinkel
Lig. suspensorium ovarii	Peritonealduplikatur von der Beckenwand zum Ovar; enthält die Vasa ovarica



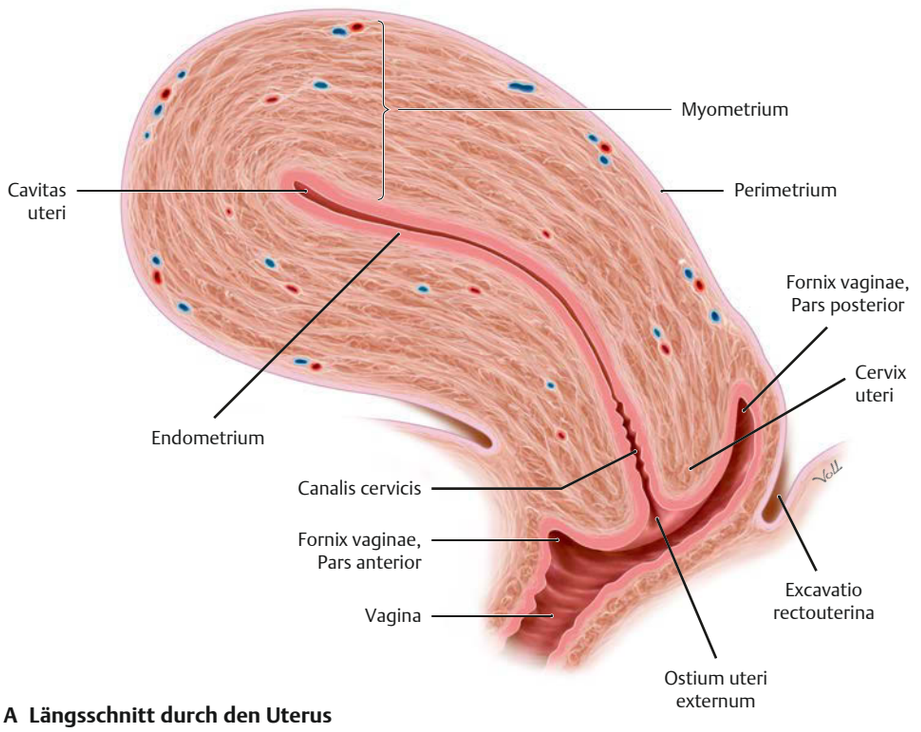
D Uterus und Tubae uterinae: Form und Aufbau
Frontalschnitt, Ansicht von dorsal. Uterus gestreckt, Lig. latum uteri entfernt. Der Uterus besteht aus Corpus uteri (mit Fundus) und Cervix uteri, mit der er über den ca. 1 cm langen, engen Isthmus uteri verbunden ist. Makroskopisch zählt der Isthmus uteri zur Zervix, histologisch trägt er Korpusendometrium. Die Korpus-Zervix-Grenze liegt am Ostium anatomicum uteri internum. Das Korpuslumen (*Cavitas uteri,* Uterushöhle), das über Isthmus und Canalis cervicis mit dem Scheidenlumen verbunden ist, hat eine Gesamtlänge von 7–8 cm (sog. Sondenlänge). Im Frontalschnitt erscheint die Uterushöhle dreieckig. Die *Cervix uteri* wird in eine Portio supravaginalis und eine Portio vaginalis unterteilt. Das Ostium uteri externum ist die scheidenwärts gerichtete Öffnung der Portio vaginalis cervicis. Letztere ist unter Bildung des Scheidengewölbes (Fornix vaginae) von der Vagina umgeben.
Die *Tuba uterina* oder *Salpinx* (Gesamtlänge ca. 10–18 cm) wird von lateral nach medial in Infundibulum, Ampulla und Isthmus tubae uterinae sowie Pars uterina unterteilt. Das von Fimbrien umgebene Ostium abdominale tubae uterinae am Infundibulum öffnet sich in die Peritonealhöhle, das Ostium uterinum tubae an der Pars uterina in das Uteruslumen.



E Tuba uterina (Salpinx) im Querschnitt: Wandaufbau
Sicht auf einen Querschnitt durch eine rechte Tuba uterina in der Ampulle. Die Mesosalpinx zeigt nach unten. Deutlich erkennt man die drei Wandschichten (Wanddicke: 0,4–1,5 cm):

- **Tunica mucosa** (Schleimhautschicht) mit außerordentlich zahlreichen Falten, die das Lumen weitgehend ausfüllen. Sie haben große Bedeutung beim Transport der Zygote zum Uterus. Verklebungen der Mukosafalten als Folge von Entzündungen können den Transport der Zygote stören oder sogar unmöglich machen (s. S. 334).
- **Tunica muscularis** (Muskelschicht) besteht aus mehreren dünnen Schichten. Sie dient der Eigenbewegung der Tube („Abtasten" des Ovars auf sprungreife Follikel, s. **B**, S. 333) sowie dem Transport der Zygote.
- **Tunica serosa** (Peritonealbezug) der Tube geht in den Serosabezug der Mesosalpinx über.

5.4 Inneres weibliches Genitale: Wandaufbau und Funktion des Uterus



A Längsschnitt durch den Uterus
Ansicht von links.

B Wandaufbau des Uterus

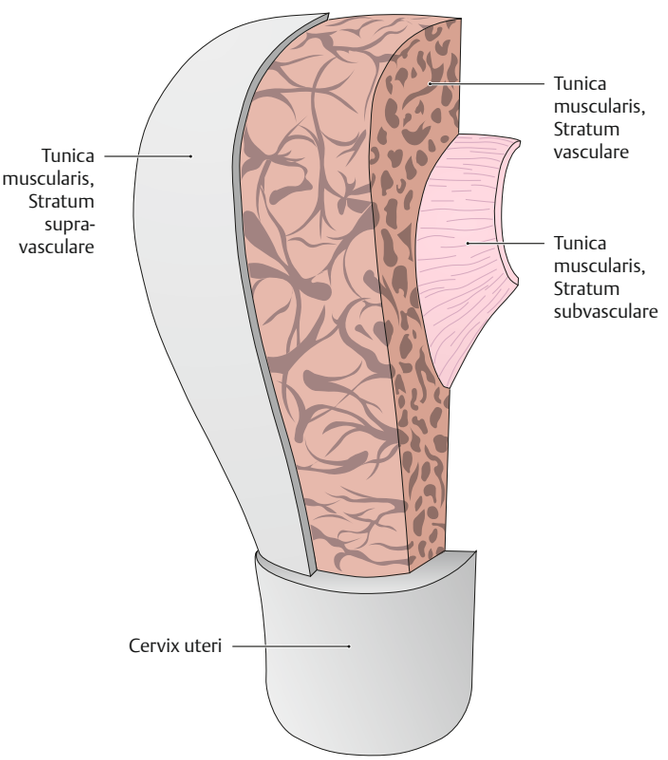
Der Uterus hat von innen nach außen ebenfalls drei Wandschichten:

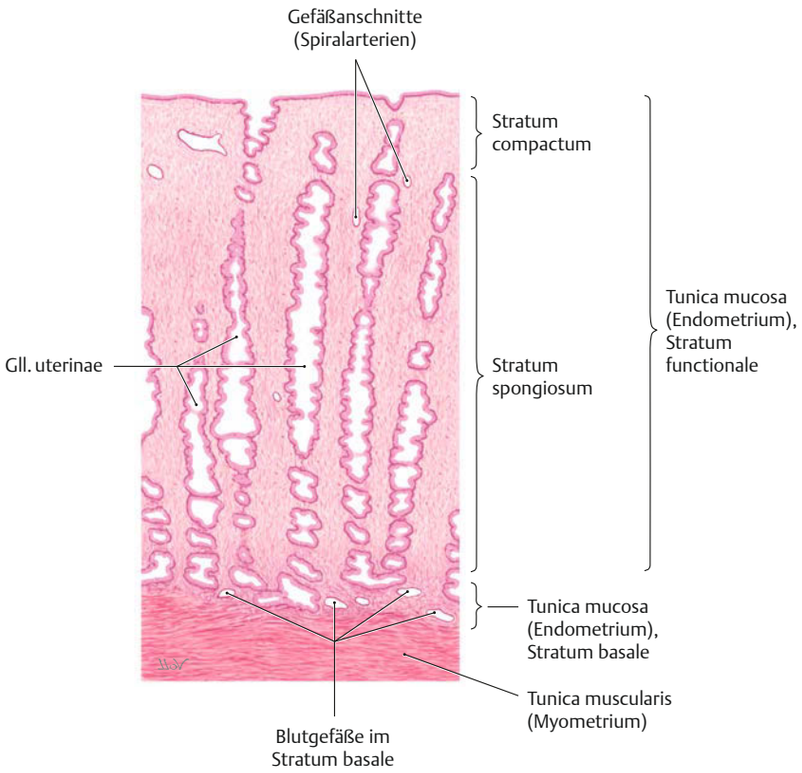
- **Tunica mucosa** oder **Endometrium** (s. **D**): einschichtiges zylindrisches Epithel (Lamina epithelialis) auf einem Bindegewebssockel (Lamina propria)
- **Tunica muscularis** oder **Myometrium** (s. **C**): ca. 1,5 cm dicke Schicht glatter Muskulatur mit mehreren Lagen
- **Tunica serosa** oder **Perimetrium**: Serosaüberzug an Vorder- und Rückseite des Corpus uteri und an der Rückwand der Cervix uteri. Die muskelschichtwärts liegende Tela subserosa wird an den peritonealfreien Uterusabschnitten (z. B. Ansatz des Lig. latum uteri) zur Adventitia.

C Schichtenbau der Uterusmuskulatur (nach Rauber/Kopsch)
Das Myometrium (Tunica muscularis) des Uterus besteht von außen nach innen aus drei Schichten:

- **Stratum supravasculare:** dünne, äußerste Schicht mit sich kreuzenden Lamellen; stabilisiert die Uteruswand;
- **Stratum vasculare:** dicke, mittlere Schicht mit netzförmigem Verlauf der Muskelfasern; sehr gefäßreich; Hauptmotor der Geburtswehen;
- **Stratum subvasculare:** dünne, innerste Schicht unter dem Endometrium; bewirkt im Bereich des Ostium uterinum tubae funktionell einen Tubenverschluss. Ihre Kontraktion fördert die Ablösung der Uterusschleimhaut (= Desquamation der Funktionalis) bei der Menstruation und die Ablösung der Placenta nach der Geburt.

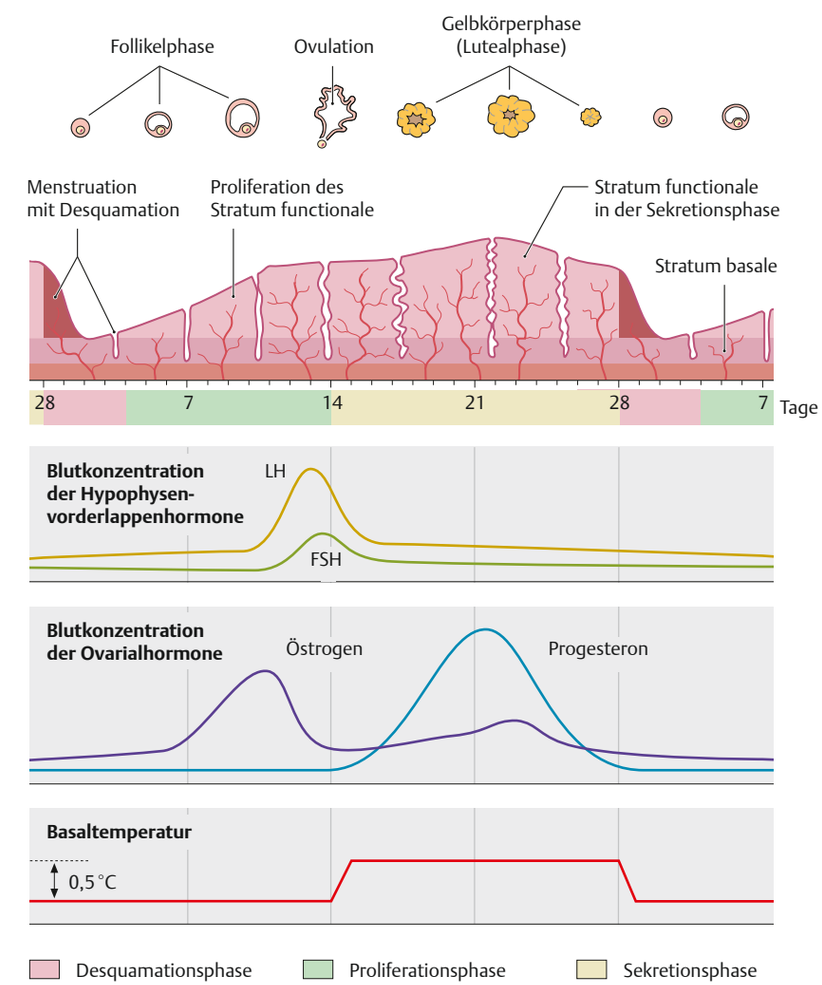
Funktionell muss die Uterusmuskulatur zwei zunächst widersprüchliche Aufgaben erfüllen: *Uterusverschluss* während der Gravidität und *Zervixöffnung* unter der Geburt. Dazu haben die einzelnen Muskelschichten Längs-, Schräg- und Quer- bzw. Ringzüge: Ringzüge v. a. im Bereich der Cervix uteri, sie dienen dem Zervix- und damit dem Uterusverschluss während der Gravidität; Längs- und Schrägzüge v. a. an Corpus und Fundus uteri, sie verkürzen den Uterus und senken den Fundus während der Geburt. Am Fundus uteri im Bereich der Tubenmündungen geht die Uterusmuskulatur in die Ringzüge der Tubenmuskulatur über. Die Kontraktion der Uterusmuskulatur wird besonders durch das hypophysäre Hormon Oxytocin gefördert. Solche Kontraktionen finden nicht nur unter der Geburt statt, sondern auch bei der Menstruation, wo sie die Abstoßung der Gebärmutterschleimhaut unterstützen. Gutartige Tumoren der Uterusmuskulatur (Myome) können Störungen der Regelblutung verursachen.





D Aufbau der Uterusschleimhaut (Tunica mucosa, Endometrium)

Das Endometrium besteht aus einer Lamina epithelialis (= einschichtiges Zylinderepithel mit tubulösen Drüsen, Gll. uterinae) und einer Lamina propria (= Bindegewebe, in das diese Drüsen tief hineinragen). Funktionell kann man die Lamina epithelialis in ein Stratum basale (Basalis) und ein Stratum functionale (Funktionalis) unterteilen. Die *Basalis* ist ca. 1 mm dünn, macht kaum zyklische Veränderungen durch und wird im Rahmen der Menstruation nicht abgestoßen. Die *Funktionalis* ist bei der geschlechtsreifen Frau je nach Zyklusphase unterschiedlich dick und wird bei der Menstruation in einem ca. 28-tägigen Rhythmus abgestoßen (Desquamation). Am dicksten ist sie in der sog. Sekretionsphase des ovariellen Zyklus: Dann kann man sie nochmals in ein oberflächliches Stratum compactum und ein basalwärts gelegenes Stratum spongiosum unterteilen. Die Blutversorgung erfolgt über geschlängelte Gefäße (Spiralarterien). In diesem Sekretionszustand ist das Endometrium am besten auf die Einnistung einer Zygote vorbereitet. Die Schleimhaut der Cervix uteri nimmt an diesen zyklischen Veränderungen nicht teil.



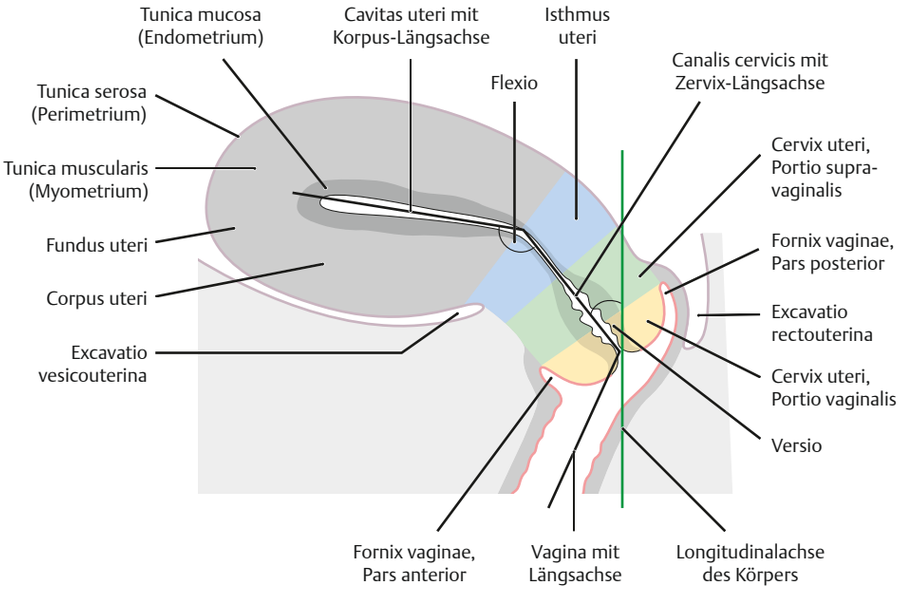
E Zyklische Veränderungen des Endometriums

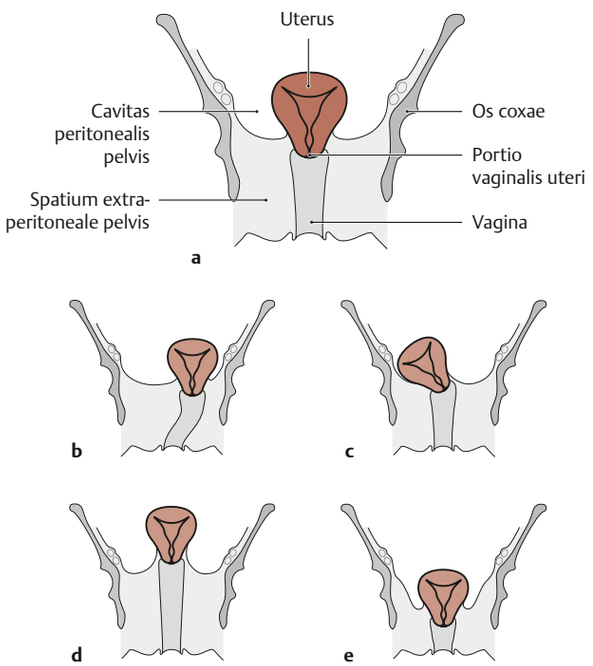
Das Ovar gibt zyklisch Östrogene (z. B. Östradiol) und Gestagene (z. B. Progesteron) ab. Östrogene bewirken eine starke Proliferation des Endometriums, Gestagene seine sekretorische Umwandlung. Die Abgabe beider Hormone wird v. a. durch die Hormone FSH (= follikelstimulierendes Hormon = Follitropin) und LH (= Luteinisierungshormon = Lutropin) gesteuert, die in der Hypophyse ebenfalls zyklisch sezerniert werden. Während Östrogene schon vom Follikel produziert werden, werden Gestagene in nennenswertem Ausmaß erst durch den ovariellen Gelbkörper, das Corpus luteum, hergestellt. Kommt es nicht zu einer Konzeption, geht der Gelbkörper unter (er „verblüht“) und produziert keine Hormone mehr. Dies führt zum Untergang der Funktionalis, die dann mit einer Abbruchsblutung, der Menstruation, abgestoßen wird. Mit der Östrogenproduktion durch einen neuen, hypophysär stimulierten Follikel beginnt ein neuer Zyklus, der im Mittel insgesamt 28 Tage (= 1 Lunarmonat) dauert. Die Ovulation ist hier auf den 14. Zyklustag gelegt.

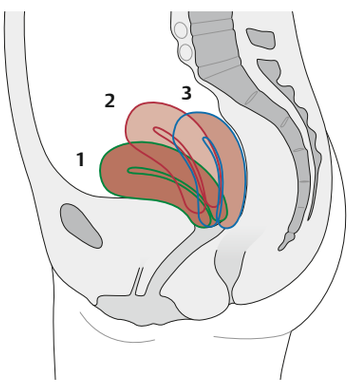
Beachte: Aus praktischen Gründen wird der 1. Zyklustag mit dem Einsetzen der Menstruation (Dauer etwa 4 Tage) bestimmt, obwohl der Zyklus mit der Menstruation ja endet. Das liegt daran, dass der (plötzliche) Beginn einer Blutung leichter zu erkennen ist als deren (nicht so abruptes) Ende. Aus der Sicht des Endometriums ist aber der (nicht leicht erkennbare) letzte Tag der Menstruation das Ende des Zyklus.

5.5 Inneres weibliches Genitale: Stellungen des Uterus und Vagina

A Krümmung und Lage des Uterus
Ansicht von links; Uterus und kraniale Abschnitte der Vagina median-sagittal geschnitten.
Beachte die beiden Winkel, die die physiologische Anteversio und Anteflexio ergeben (s. **D**).
Unphysiologisch kann es zu einem Zurückkippen und einer Dorsalkrümmung des Uterus kommen (Retroversio und Retroflexio). Ein retrovertierter Uterus neigt leichter zu einer Senkung, da der Uterus dann in der Längsachse der Scheide liegt. Zudem kann ein retrovertierter Uterus, der sich in der Schwangerschaft vergrößert, gleichsam unter dem Promontorium ossis sacralis (Übergang LV–SI) „hängen" bleiben und damit den weiteren Verlauf der Schwangerschaft gefährden, da er sich nicht mehr angemessen ausdehnen kann.





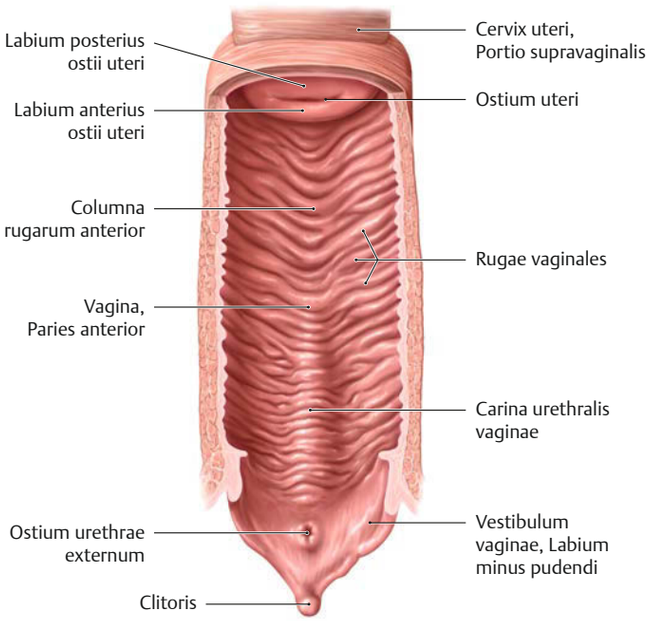


C Physiologische Lageveränderungen des Uterus
Sicht von links auf ein median-sagittal halbiertes Becken. Der unterschiedliche Füllungszustand von Harnblase und Rectum wirkt sich direkt auf den Uterusstand aus. **1** Harnblase und Rectum leer; **2** Harnblase und Rectum gefüllt; **3** Harnblase gefüllt, Rectum leer.

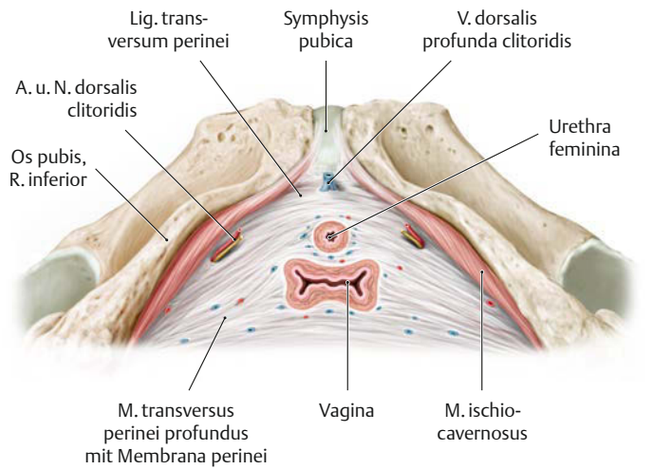
B Position und Höhe des Uterus im Becken
Ansicht von ventral in ein frontal geschnittenes Becken, Uterus zur besseren Übersicht etwas aufgerichtet. Normalerweise sitzt der Uterus etwa in der Medianebene (**a**), die Portio vaginalis uteri liegt in Höhe einer Verbindungslinie beider Spinae ischiadicae. Aus dieser Position kann der Uterus nach links oder rechts verschoben sein (Sinistro- oder Dextropositio, **b** u. **c**) sowie ober- oder unterhalb der Ebene der Spina ischiadica liegen (Elevatio; Descensus, **d** u. **e**). Auch eine Verschiebung nach ventral oder dorsal (Ante- oder Retropositio, hier nicht abgebildet) ist möglich. Eine Senkung des Uterus kommt meist durch eine strukturelle Schwäche des Beckenbodens (v. a. M. levator ani, häufig nach zahlreichen Geburten) zustande. Lageveränderungen des Uterus können durch Druck auf Nachbarorgane (Harnblase, Rectum) Beschwerden und Funktionsstörungen verursachen. Eine Senkung des Uterus kann bis zum Hervortreten der Portio vaginalis uteri aus der Scheide führen (sog. Prolaps).

D Lagebeschreibungen des Uterus im Becken
Die Lage des Uterus im Becken lässt sich durch die Begriffe „Versio", „Flexio" und „Positio" beschreiben (zu den Winkeln s. **A**).

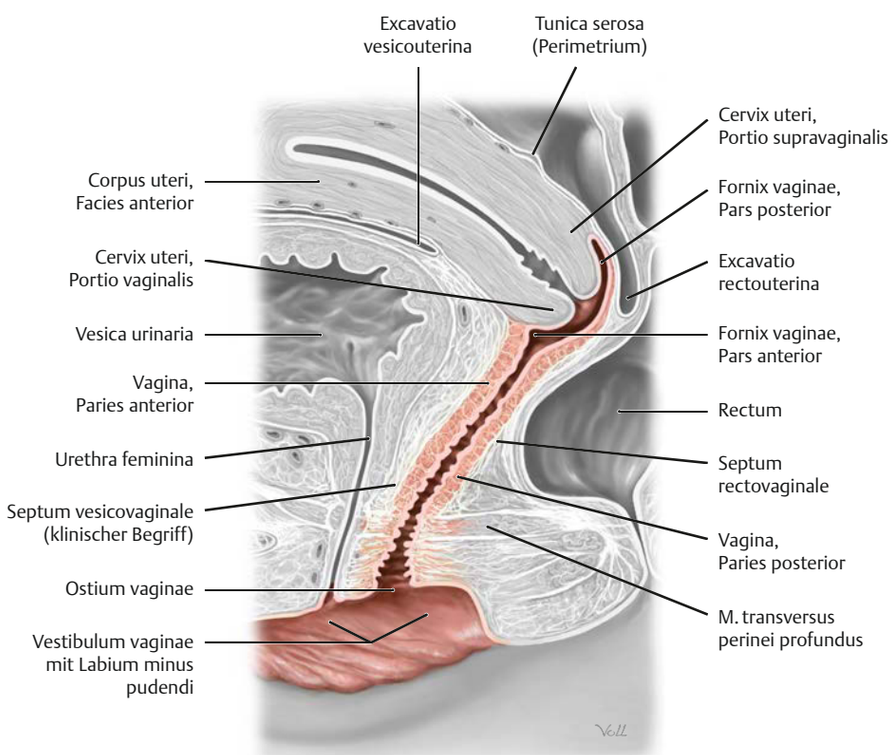
Versio	Neigung der Zervix im Beckenraum; definiert durch den Winkel der Zervixachse mit der Longitudinalachse des Körpers (klinisch auch: Längsachse der Vagina); physiologisch liegt eine *Anteversio* vor
Flexio	Neigung von Corpus zu Cervix uteri; definiert durch den Winkel zwischen Zervix- und Korpusachse; physiologisch liegt eine *Anteflexio* vor
Positio	Stellung der Portio vaginalis im Beckenraum; physiologisch steht die Portio in Höhe der Interspinallinie in Beckenmitte



E Weibliche Scheide (Vagina)
Ansicht von dorsal; Vagina zur Sicht auf die Vorderwand in einer nach dorsal gekippten Frontalebene längs aufgeschnitten; im Querschnitt (s. **F**) hat das Scheidenlumen H-Form. In diesem Bild ist die Scheide aufgedehnt; in situ liegen Hinter- und Vorderwand eng aneinander. Die Schleimhaut der Vagina hat zahlreiche Querfalten (Rugae vaginales); vorderer und hinterer Längswulst (Columnae rugarum anterior und posterior) werden durch den ausgeprägten Venenplexus der Scheidenwand hervorgerufen. In der Vorderwand des untersten Scheidenabschnitts entsteht eine durch die eng benachbarte Urethra hervorgerufene Längsleiste (Carina urethralis vaginae).

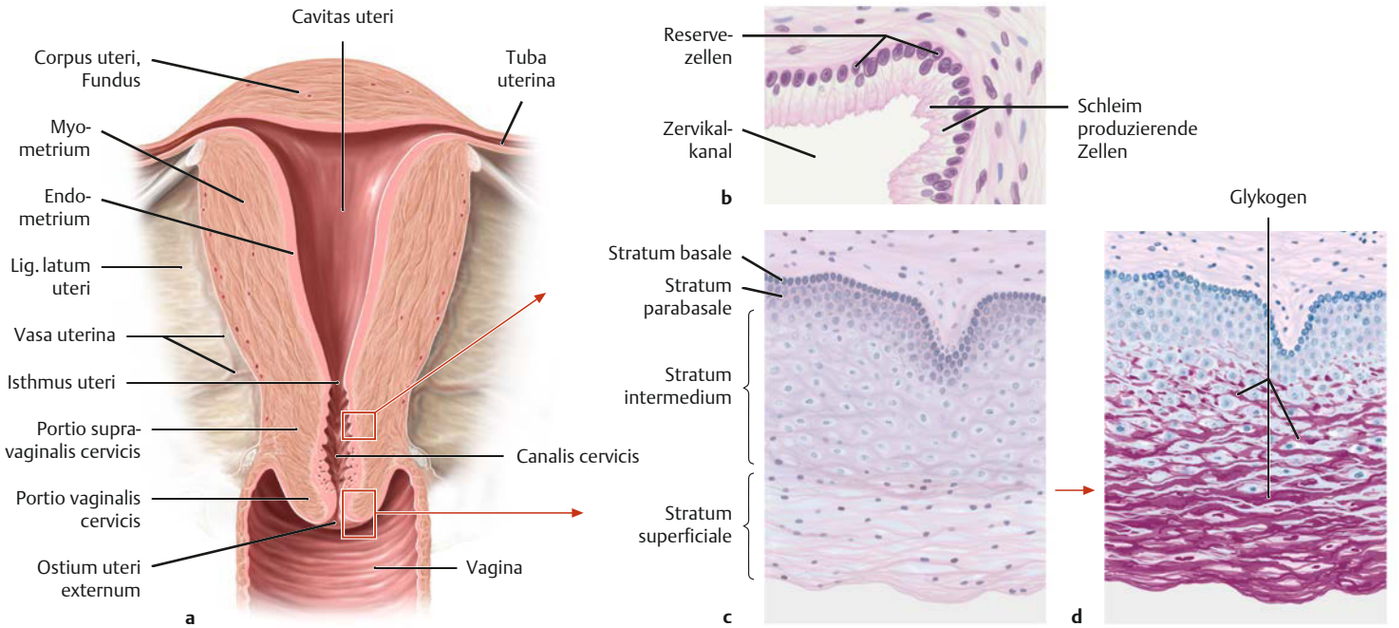


F Lage der Vagina im Beckenboden
Hier wird die topografische Nähe von Vagina und Urethra gut ersichtlich. Beide durchziehen den M. transversus perinei profundus. Zum Aufbau des Beckenbodens und zu Lage und Funktion der Mm. transversi perinei s. Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Vom M. transversus perinei profundus zweigen dabei Fasern ab und umgeben zirkulär Vagina und Urethra. An Letzterer bilden sie den M. sphincter urethrae externus.



G Lage der Vagina im Becken
Mediansagittalschnitt durch ein weibliches Becken; Ansicht von links. Die Längsachse der Vagina ist nach kranial und dorsal gerichtet. Mit dem Beckenbindegewebe ist die Vagina nach ventral (Septum vesicovaginale), dorsal (Septum rectovaginale) und lateral („Paracolpium", hier nicht zu sehen) verbunden. Das Scheidengewölbe (Fornix vaginae) umfasst die Portio vaginalis uteri, die ihrerseits nach kranial und ventral gerichtet ist. Das hintere Scheidengewölbe ist deutlich länger als das vordere und ragt im Becken weiter nach kranial. Durch das Peritoneum urogenitale, das an der dorsalen Uteruswand tief hinabreicht, gelangt der hintere Abschnitt des Scheidengewölbes in engen Kontakt zur Excavatio rectouterina (tiefster Punkt in der weiblichen Peritonealhöhle).

5.6 Inneres weibliches Genitale: Epithelverhältnisse an der Cervix uteri



A Epithelverhältnisse im Bereich der Cervix uteri
a Frontalschnitt durch einen Uterus, Ansicht von ventral; **b**–**d** Ausschnittvergrößerungen aus **a**: **b** Schleim bildendes Zylinderepithel des Canalis cervicis; **c** Plattenepithel der Portio; **d** PAS-Färbung zur Darstellung des Glykogens (nach Lüllmann).

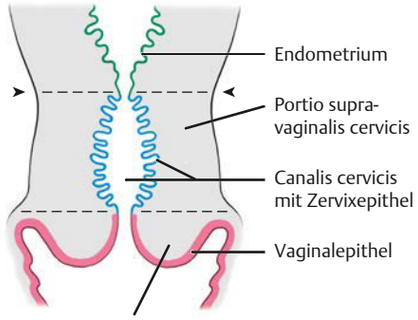
Der Gebärmutterhals (Cervix uteri, kurz „Zervix") bildet das untere Drittel des Uterus. Er beginnt distal des Isthmus uteri mit der Portio *supravaginalis* cervicis, dem vom Bindegewebe des Parametrium umgebenen oberen Teil der Zervix, und endet mit dem in die Vagina hineinreichenden unteren Teil (Portio *vaginalis* cervicis = klinisch kurz „Portio"). Auf Höhe der Portio supravaginalis cervicis ist der Uterus über Bandstrukturen fixiert (u. a. über das von lateral kommende Lig. cardinale, vgl. S. 396). Das röhrenförmige Lumen der Zervix wird als Canalis cervicis uteri (Zervixkanal) bezeichnet. Es ist ein mit Schleimhaut ausgekleideter Kanal, der auf Höhe des inneren Muttermundes (Ostium uteri internum) beginnt und mit dem äußeren Muttermund (Ostium uteri externum) auf der Portio vaginalis cervicis mündet. Das Schleimhautepithel des Zervikalkanals besteht aus einem einschichtigen, Schleim produzierenden Zylinderepithel und erscheint durch parallel angeordnete Falten (Plicae palmatae) und dazwischen liegende Krypten stark zerklüftet. An der Basis des Epithels liegen Reservezellen, die für den Nachschub im Rahmen des natürlichen Zellumsatzes sorgen. Im Gegensatz zum einschichtigen Zervixepithel ist die Vagina mit mehrschichtig unverhorntem Plattenepithel ausgekleidet, das sich in Abhängigkeit von der hormonellen Situation der Frau bis auf die Oberfläche der Portio fortsetzt. Hierbei kann die Grenze der beiden Epithelien endo- bzw. ektozervikal liegen (s. **C**).

Das mehrschichtig unverhornte Plattenepithel von Vagina (und Portio) umfasst bis zu 20 Zelllagen und besteht aus vier Stockwerken: Stratum basale, parabasale, intermedium und superficiale. Typischerweise enthalten v. a. die Zellen der beiden oberen Stockwerke als Ausdruck ihrer Differenzierung große Mengen an Glykogen. Das Epithel zeigt zyklische Schwankungen: Während präovulatorisch alle Stockwerke gut ausgebildet sind, schilfern nach der Ovulation insbesondere Zellen des Stratum superficiale und intermedium ab und zerfallen. Das dadurch freigesetzte Glykogen dient den in der Scheide physiologischerweise vorkommenden Milchsäurebakterien (Lactobacillus acidophilus, Döderlein-Bakterien) als Nahrung. Durch den Abbau des Glykogens zu Milchsäure entsteht das saure Scheidenmilieu (pH 4–5), das v. a. in der 2. Zyklushälfte vor pathogenen Keimen schützt (s. **B**). Eine ähnliche Wirkung als physiologische Infektionsbarriere hat der leicht alkalische Zervikalschleim, der die meiste Zeit des Zyklus eine zähe Konsistenz besitzt und den Zervikalkanal mit einem schützenden Pfropf versieht (Barriere gegen aufsteigende Keime). Nur zur Zeit der Ovulation ist der Schleim dünnflüssig („spinnbar") und damit gut durchgängig für Spermien.

B Vaginale Schutzmechanismen und mögliche Störungen

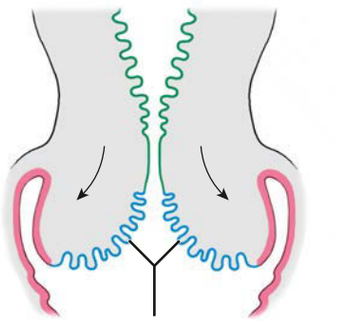
Die anatomische Besonderheit einer kontinuierlichen Verbindung von Außenwelt und Peritonealhöhle (via Vagina → Canalis cervicis → Cavitas uteri → Tuba uterina) disponiert den weiblichen Organismus insbesondere zu aufsteigenden (aszendierenden) Entzündungen. Aus diesem Grund existieren physiologische Infektionsbarrieren in Form vaginaler Schutzmechanismen. Eine Störung dieser Mechanismen kann daher zu gynäkologischen Entzündungen führen und die Gefahr eines Abortes erhöhen.

Schutzmechanismen	Störungen durch
• physiologisch „saures" Scheidenmilieu mit einem pH von 4–5 • Östrogeneinfluss: stimuliert die vaginale Epithelproliferation und Differenzierung (Glykogeneinlagerung) • Gestageneinfluss: führt zur Abschilferung von superfizialen und intermediären Zellen in die Vagina • Abbau von Glykogen zu Milchsäure durch Lactobazillus acidophilus (Döderlein-Bakterien)	• pH-Wert-Anhebung: Menstrualblut/Zervixschleim wirken alkalisierend • Glykogenmangel: endogener Östrogen-/Gestagenmangel (Kindheit/Senium/Erkrankungen) • Medikamente: Antibiotika zerstören die physiologische Vaginalflora • exogene Einflüsse: Sexualleben, Tampons, falsche Analhygiene, Waschen mit alkalisierenden Seifen • Infektionen: Kolpitiden, insbesondere durch Chlamydien, Trichomonaden und Pilze (Candida albicans)

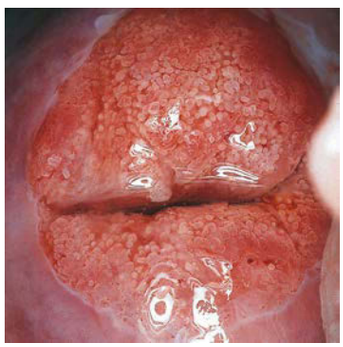


a

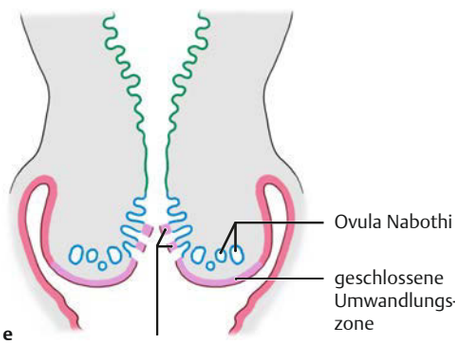
b



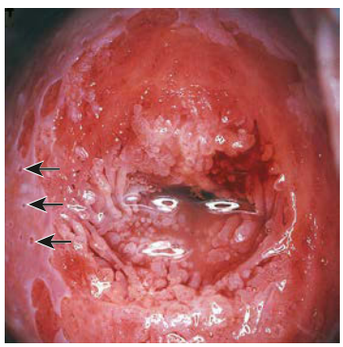
c



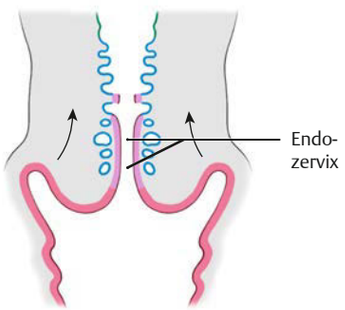
d



e



f



g

C Cervix uteri: Epithelverhältnisse vor, während und nach der Reproduktionsphase

a, c, e u. g: stark schematisierte Frontalschnitte von Cervix uteri und Vagina in der Ansicht von ventral; kolposkopische Aufnahmen der Portio vor der Pubertät (**b** Nullipara) und in der Reproduktionsphase (**d** u. **f** Multipara); **b**, **d** u. **f** aus Nauth, H. F.: Gynäkologische Zytodiagnostik. Thieme, Stuttgart 2002).

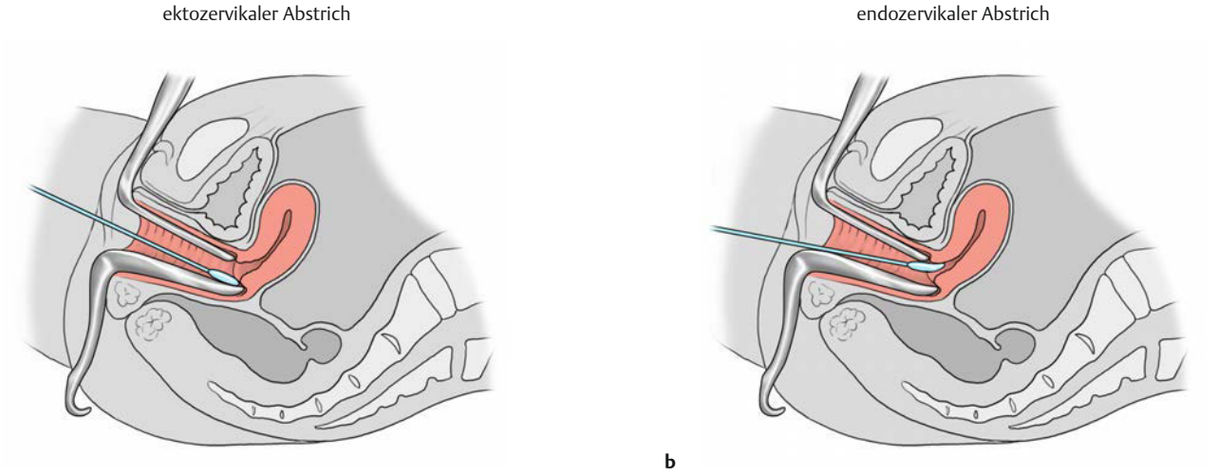
Die Pfeilköpfe in **a** markieren die Lage des inneren Muttermundes; die gestrichelten Linien begrenzen den Canalis cervicis uteri. Die Grenze zwischen dem einschichtigen Schleim bildenden Zylinderepithel (= Zervixepithel) des Canalis cervicis und dem mehrschichtigen unverhornten Plattenepithel der Portio und der Vagina verschiebt sich in Abhängigkeit von der hormonellen Situation der Frau (s. u.). Hierbei wird der sichtbare Anteil der Cervix uteri als Ektozervix, der nicht sichbare als Endozervix bezeichnet.

Vor der Pubertät (a u. b): Vor Eintritt der Reproduktionsphase ist die Portio von Plattenepithel bedeckt, die Grenze zum Zervixepithel liegt endozervikal (oberhalb des äußeren Muttermundes), d. h. sie ist von vaginal nicht sichtbar.

Während der Reproduktionsphase (c–f): Unter Hormoneinfluss (Östrogene) wird das Schleimhautepithel des Zervixkanals bei der geschlechtsreifen Frau aus dem Canalis cervicis heraus verlagert bzw. ektropioniert (sog. Ektropion) und in die Vagina hinein verlagert. Es erscheint als stark zerklüftetes, zottenähnliches Drüsenfeld auf der Ektozervix (**d**). Die scharfe Grenze zum glatten rosa farbenen Plattenepithel der Portio vaginalis liegt infolgedessen außerhalb des Muttermundes, so dass sie von vaginal deutlich zu sehen ist. Vermutlich steht diese Ektropionierung des zervikalen Drüsenfeldes im Zusammenhang mit einer höheren Fertilität (Erleichterung des Eintritts von Spermatozoen!). Das aus dem Zervixkanal heraus und in die Vagina hinein verlagerte Zylinderepithel passt sich dem veränderten Milieu der Scheide an (saures Milieu im Unterschied zum alkalischen Milieu des Zervixkanals), indem es sich in mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel umwandelt *(= Metaplasie)*. Auf diese Weise gleicht es hinsichtlich Struktur und zyklischem Verhalten dem regulären Plattenepithel der Portio. Bei der Umwandlung des schleimbildenden Zervixepithels in Plattenepithel können Ausführungsgänge der Schleimdrüsen überwachsen und dadurch verschlossen werden (= geschlossene Umwandlungszone im Unterschied zur offenen Umwandlungszone, in der keine Drüsenausführungsgänge überwachsen sind; Pfeile in **f** zeigen auf „offene" Drüsenausführungsgänge). Auf diese Weise entstehen makroskopisch sichtbare, schleimgefüllte Retentionszysten („Ovula Nabothi"), die keinen Krankheitswert haben. Die Plattenepithelzellen können im Bereich der Umwandlungszone maligne entarten und über Vorstufen (Präkanzerosen) an der Entstehung eines sog. Plattenepithelkarzinoms beteiligt sein (s. S. 330 f).

In der Postmenopause (g): Durch Rückverlagerung des Zervixepithels infolge nachlassender Hormonwirkung am Ende der Reproduktionsphase verschiebt sich die Grenze zwischen den beiden Epitheltypen wieder nach endozervikal, d. h. die Umwandlungszone verlagert sich zurück in den Canalis cervicis (klinisch wieder ähnliches Erscheinungsbild wie **b**, wobei der Muttermund seine Form in Abhängigkeit von einer vaginalen Geburt ändert).

5.7 Inneres weibliches Genitale: zytologischer Abstrich, Konisation; Zervixkarzinom

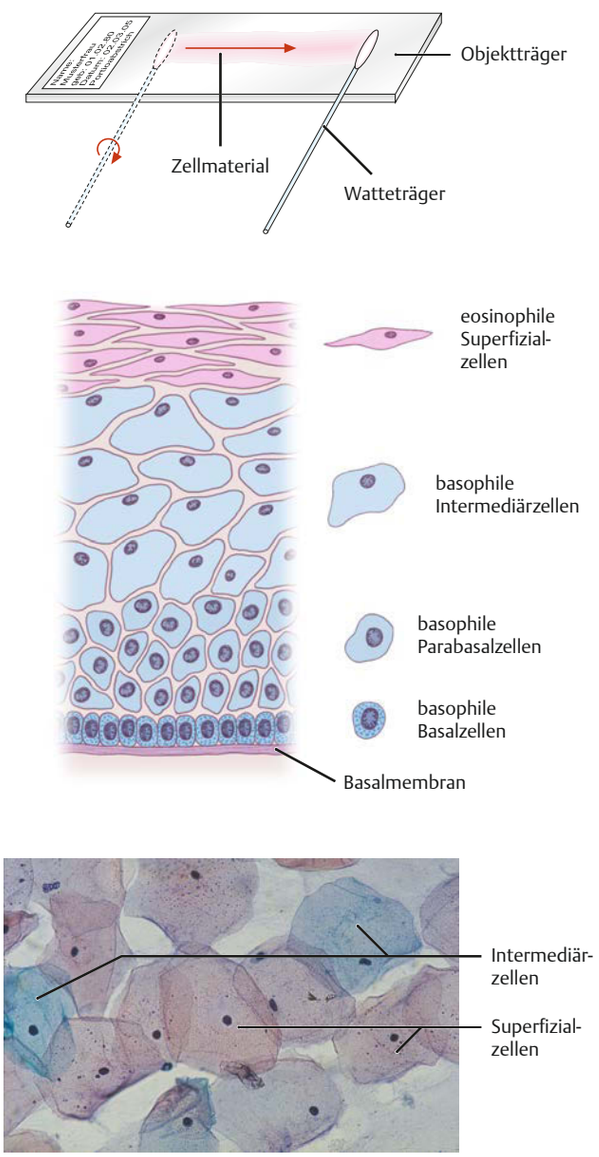


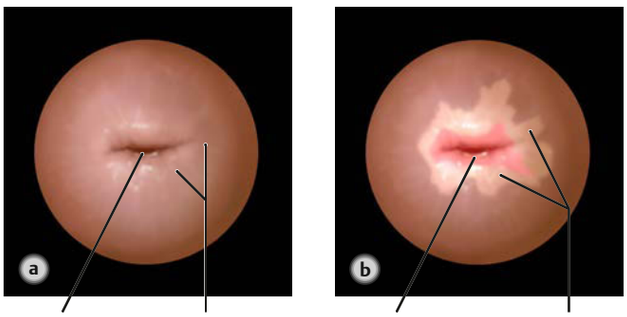
A Zytologischer Abstrich: Zellmorphologie von Vaginal- und Portioepithel; Früherkennung des Zervixkarzinoms

a u. **b** zytologischer Abstrich von der Portio vaginalis und aus dem Zervixkanal; **c** Abrollen des Abstrichmaterials auf einem Objektträger; **d** histologischer Aufbau und Zellmorphologie von Vaginal- und Portioepithel im zytologischen Abstrich; **e** PAP-Färbung von Superfizial- und Intermediärzellen (**e** aus Nauth, H. F.: Gynäkologische Zytodiagnostik. Thieme, Stuttgart 2002).

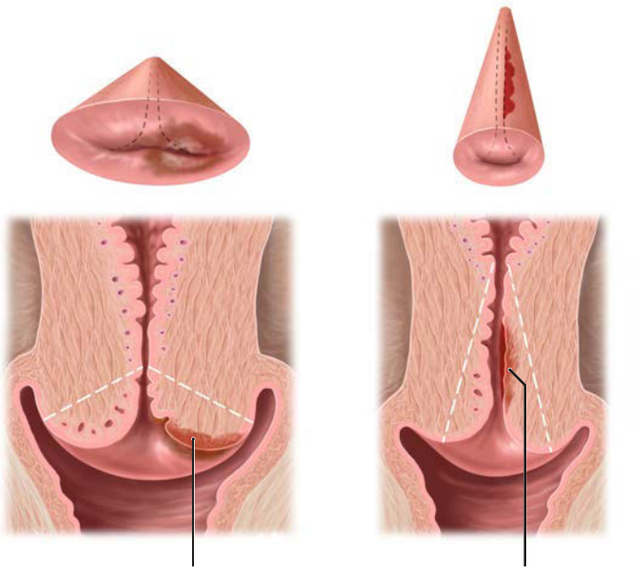
Vor allem in der Umwandlungszone der Cervix uteri, also dort, wo sich das einschichtige Zylinderepithel der Zervix mit der Geschlechtsreife in mehrschichtiges Plattenepithel umwandelt (s. S. 329), kann das Plattenepithel zum invasiven Plattenepithelkarzinom entarten. Da sich das Zervixkarzinom in der Regel langsam, über Jahre hinweg entwickelt, lassen sich Frühstadien durch Untersuchung zytologischer Abstrichpräparate gut diagnostizieren. Die Zytodiagnostik ist daher eine der wichtigsten Maßnahmen zur Früherkennung des Zervixkarzinoms (s. **D**) und wird obligatorisch bei der gynäkologischen Erstuntersuchung und der Krebsvorsorgeuntersuchung (in Deutschland ab dem 20. Lebensjahr) sowie gezielt bei verdächtigen Veränderungen vorgenommen. Der zytologische Abstrich sollte stets die Zellen der obersten Epithelschicht enthalten, die im Falle eines gesunden Epithels alle Zeichen der Differenzierung aufweisen (s. S. 328).

Routinemäßig werden zwei Abstriche gemacht: Der 1. (**a**) muss an der Oberfläche der Portio vaginalis (Ektozervix) genommen werden, der 2. (**b**) aus dem Zervixkanal (Endozervix). Das Abstrichmaterial wird mit einem Watteträger gewonnen, auf einem Objektträger ausgerollt und sofort fixiert (**c**). Danach werden die Zellabstriche nach der *Methode von Papanicolaou* gefärbt (sog. *PAP-Färbung*) und im Hinblick auf bestimmte Differenzierungsmerkmale (Zell- und Kernform, Größenverhältnis von Kern zu Plasma, s. **D**) beurteilt. Da Aufbau, Höhe und Ausreifungsgrad des Plattenepithels von der jeweiligen Hormonsituation (Menstruationszyklus) der Frau abhängen, ist es entscheidend, in welcher Phase dieses Zyklus der Abstrich genommen wird. Wird er z. B. während der Follikelphase genommen (Östrogeneinfluss), dominieren physiologischerweise eosinophile, rotgefärbte Superfizial- und basophile, grün-blau gefärbte Intermediärzellen mit pyknotischem Zellkern und großem flachen Zellleib (**e**). Diese Phase, in der die Proliferation im Vordergrund steht, die oberste Zellschicht also ständig durch nachwachsende Zellen aus der Basalschicht erneuert wird, dauert während der Geschlechtsreife unter normalen Bedingungen knapp eine Woche. Nach der Ovulation stehen dann Differenzierung und Abschilferung der Zellen im Vordergrund, das Epithel der 2. Zyklushälfte ist daher insgesamt dünner.





B Iodprobe nach Schiller zur Lokalisation verdächtiger Epithelbezirke
a durch Iod dunkelbraun gefärbtes, gesundes Portioepithel; **b** iodnegatives, nicht ausreichend differenziertes Portioepithel.
Nach Einführen eines Spekulums in die Scheide erfolgt die Inspektion der Portio zunächst makroskopisch – gegebenenfalls mit Hilfe eines Kolposkopes bei 6–40facher Vergrößerung. Zum Aufsuchen verdächtiger Bezirke macht man sich den Glykogengehalt des umliegenden gesunden Plattenepithels zunutze. Hierzu wird die Portiooberfläche mit einer iodhaltigen Lösung *(Iodprobe nach Schiller)* betupft. Gesundes Plattenepithel – unabhängig davon, ob es autochthon oder durch Metaplasie entstandenes ist – färbt sich dunkelbraun, nicht ausreichend differenziertes Plattenepithel mit wenig oder ohne Glykogen färbt sich dagegen nur hellbraun oder sogar iodnegativ. Das ungefärbte Areal entspricht somit der Flächenausdehnung des nichtdifferenzierten Epithels. Iodnegative Bereiche sind zwar nicht spezifisch, aber sie weisen in Kombination mit einem zytologisch verdächtigen Befund (s. **D**) aus diesem Bezirk auf atypische Veränderungen des Epithels hin. Somit lassen sich Lokalisation und Ausdehnung der Veränderungen sehr gut abschätzen. Solche Stellen können durch Konisation (s. **C**) gezielt entfernt werden.



C Konisation
Um verdächtige Befunde (iodnegative Bereiche, dysplatische Zellen im Abstrich) histologisch zu untersuchen, entnimmt man mit einem Skalpell unter Narkose ein *kegelförmiges* Gewebestück aus der Cervix uteri (= *Konisation*). Bei einer geschlechtsreifen Frau ist das atypische Epithel auf der Portiooberfläche im Bereich der Umwandlungszone zu erwarten. Diesen Bereich erfasst man, wenn man Gewebe in Form eines flachen und breiten Kegels entnimmt (**a**). Bei Frauen nach der Menopause liegt das atypische Epithel eher im Zervikalkanal. Diesen Bereich erfasst man, wenn man Gewebe in Form eines spitzen und hohen Kegels entfernt (**b**).

a

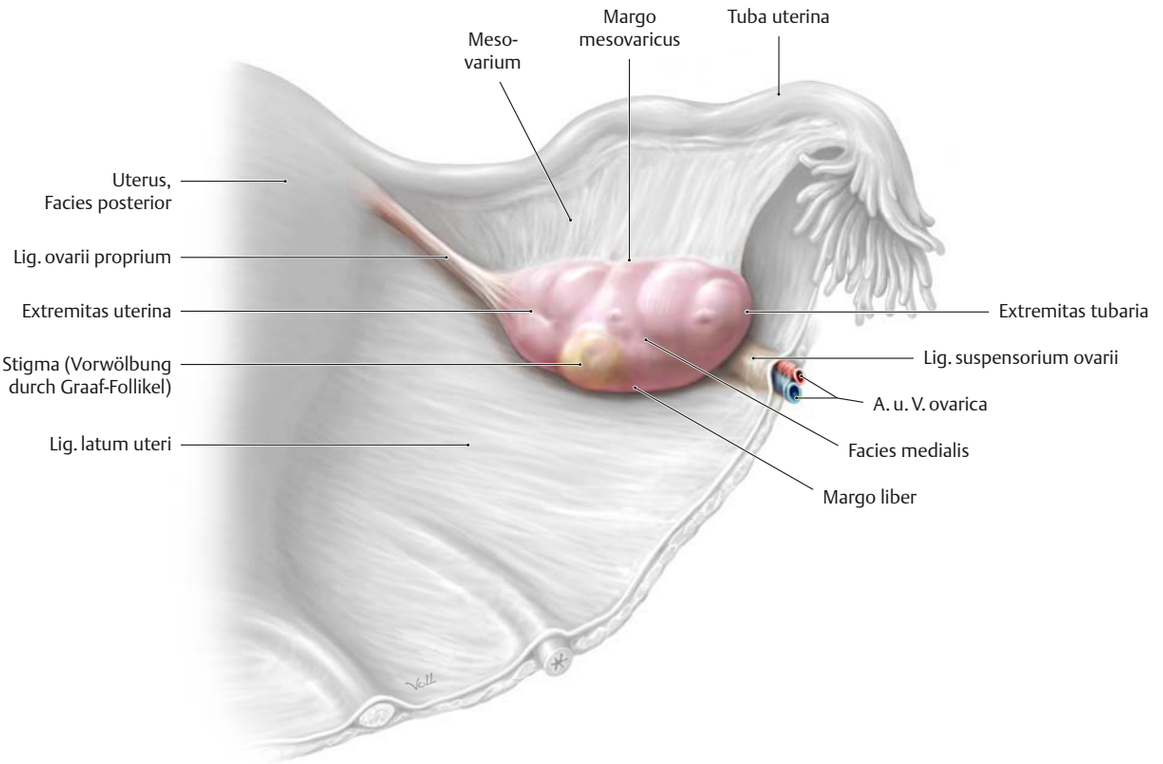
Superfizialschicht				
Intermediärschicht				
Parabasalschicht				
Basalschicht				
Histologie	normal	leichte Dysplasie	mäßige Dysplasie	schwere Dysplasie

b

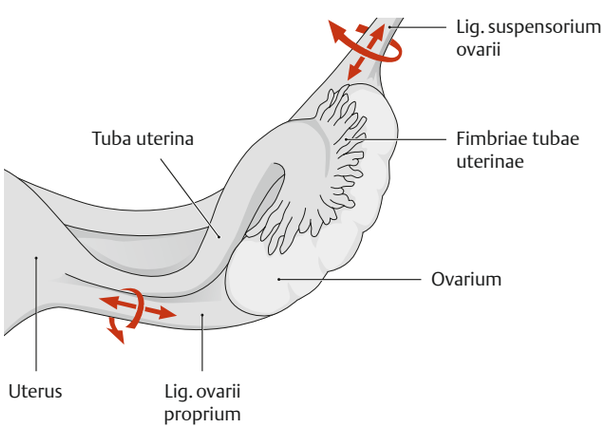
D Zervixkarzinom und seine Vorstufen
a normale und dysplastische Zellen im zytologischen Abstrich; **b** parabasale Plattenepithelien mit atypischen, polymorphen Zellkernen („unreife Dyskaryosen" bei schwerer Dysplasie) (aus Nauth, H. F.: Gynäkologische Zytodiagnostik. Thieme, Stuttgart 2002).
Vorstufen des Zervixkarzinoms sind zunächst auf das Epithel begrenzt und infiltrieren das darunterliegende Stroma noch nicht (s. u.). Alle von basal nach superfizial fortschreitenden Änderungen der Zellen (Zell- und Kerngröße, Kern-Plasma-Relation) sind Ausdruck einer zunehmenden Differenzierung. Sie fehlen, wenn die Zellen sich nur noch teilen, aber nicht mehr ausreifen (*Dysplasie* = fehlgebildetes bzw. entartetes Gewebe). Dysplastische Zellen haben oft vergrößerte bzw. hyperchromatische Zellkerne, so dass die Kern-Plasma-Relation zu Gunsten der Kerngröße verschoben ist. Mit Hilfe des zytologischen Abstrichs können die verschiedenen Dysplasiegrade, also die Vorstufen des Zervixkarzinoms, erfasst werden (**a**). Gemäß internationaler Klassifikation werden sie in sog. CIN-Stadien (CIN = „cervical intraepithelial neoplasia") unterteilt: leichte Dysplasie (CIN I); mäßige Dysplasie (CIN II); schwere Dysplasie/Carcinoma in situ (CIN III).

Je schwerer die Dysplasie, um so wahrscheinlicher die Weiterentwicklung zum invasiven Karzinom. Bei einer leichten Dysplasie ist in mehr als 50 % der Fälle mit einer spontanen Rückbildung zu rechnen. Bei schweren Dysplasien (**b**) erfassen die atypischen Veränderungen das gesamte Epithel, die Schichtung ist nahezu aufgehoben, das Karzinom hat jedoch noch nicht die Basalmembran durchbrochen (Cacinoma in situ). Das Überschreiten der Basalmembran ist kennzeichnend für das infiltrierende Wachstum mit nachfolgender Metastasierung. Insgesamt gehen etwa 20 % der intraepithelialen Veränderungen in ein infiltrierendes Wachstum über, wobei zwischen Entstehung der Dysplasie und Infiltration in der Regel eine Latenzzeit von mehr als 10 Jahren liegt.
Das Zervixkarzinom ist weltweit die zweithäufigste tumorbedingte Todesursache bei Frauen. Etwa 500 000 Frauen erkranken jedes Jahr, 350 000 sterben jährlich trotz Früherkennung und Therapiemöglichkeiten. Als wesentlicher pathogenetischer Faktor wurde eine Infektion (meist durch sexuelle Übertragung) mit bestimmten Typen des humanen Papilloma-Virus (v. a. HPV-16 und HPV-18) erkannt. Sie setzen Proteine außer Funktion, die den Zellzyklus überwachen, z. B. p53 und Rb. Seit kurzem steht eine Impfung gegen die tumorerzeugenden Viren zur Verfügung.

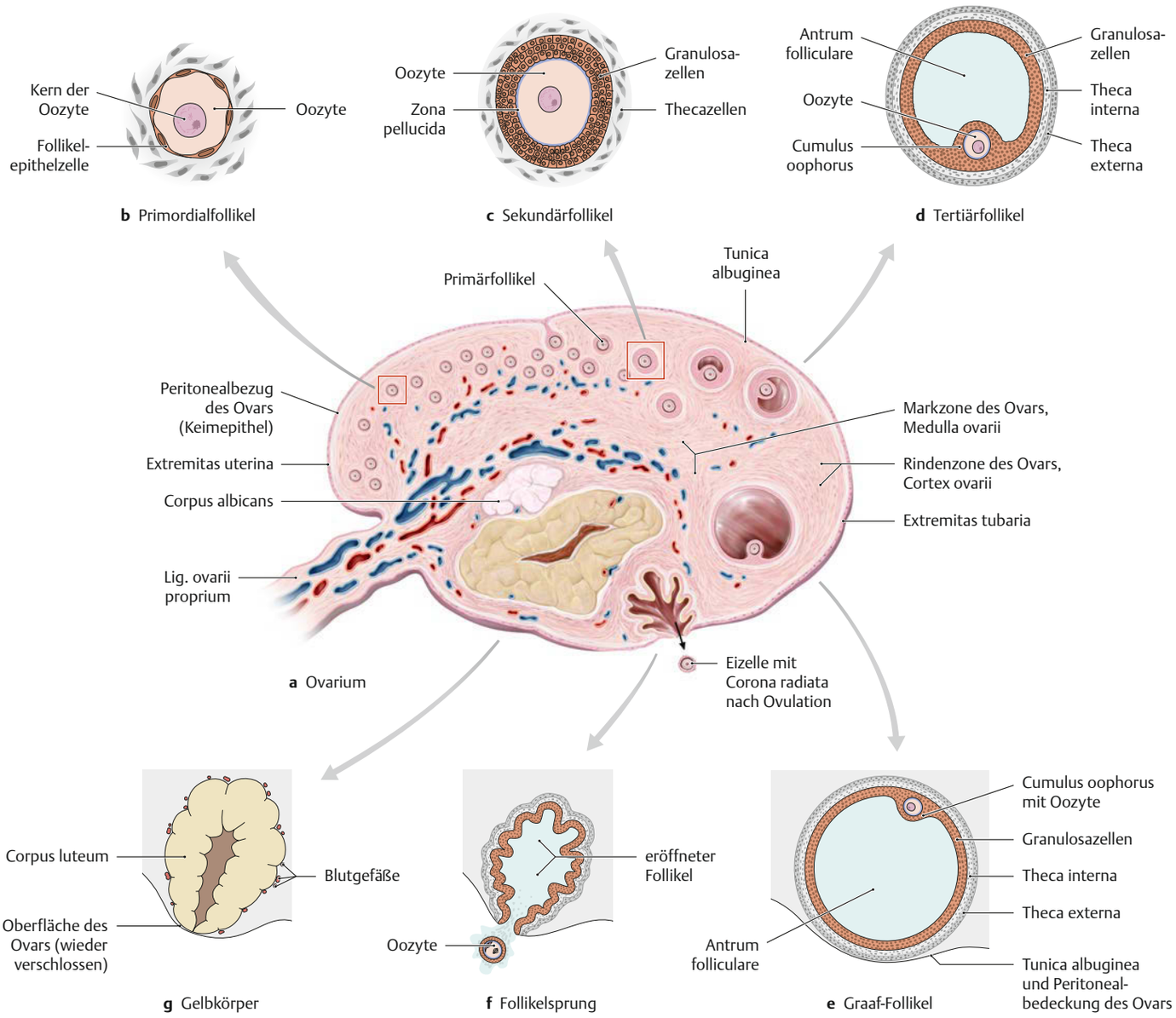
5.8 Inneres weibliches Genitale: Eierstock (Ovarium) und Follikelreifung



A Ovarium (Eierstock)
Sicht auf ein rechtes Ovar von dorsal; gefäßführende Peritonealbänder des Ovars (Lig. suspensorium ovarii mit A. und V. ovarica; Lig. ovarii proprium mit R. ovaricus der A. uterina und Anteilen des Plexus venosus uterinus) ansatzweise mit dargestellt sowie ein Teil von Uterus, Tuba uterina und Lig. latum uteri. Das Ovar ist so positioniert, wie es in situ in der Fossa iliaca im kleinen Becken liegt.
Beachte: Durch die doppelte Versorgung des Ovars mit Leitungsbahnen aus dem oberen Abdomen (werden beim Deszensus mitgenommen) und dem Versorgungsgebiet des Uterus (an dem das Ovar letztlich lokalisiert ist), müssen bei einer operativen Entfernung immer beide Gefäßsysteme unterbunden werden.
Bei der geschlechtsreifen Frau hat das Ovar mit 3–5 cm Länge die Größe und Form einer Pflaume und gliedert sich in Rinden- und Markzone (s. **C**). Es ist von einer zarten bindegewebigen Kapsel (Tunica albuginea) umgeben. In der Rindenzone liegen Follikel unterschiedlicher Entwicklungsstadien. Sie enthalten die Eizelle, umgeben von Follikelepithel und einem bindegewebigen Mantel. Die weiblichen Hormone werden nicht durch die Eizelle selbst, sondern von den Zellen in ihrer Umgebung produziert. Als intraperitoneales Organ ist das Ovar außen auf der Tunica albuginea von Peritoneum bedeckt und hat eine spiegelnde Oberfläche.
Beachte: Die ovarielle Peritonealbedeckung wird – missverständlich – als „Keimepithel" bezeichnet. Mit der generativen Funktion des Ovars hat dieses „Keimepithel" aber nichts zu tun. Insbesondere darf das Keimepithel (das Peritoneum!) des Ovars nicht verwechselt werden mit dem Begriff „Keimepithel" am Hoden, der – zutreffend – Hodenepithel bezeichnet, das der Spermienproduktion dient.



B Eiabnahmemechanismus am Ovar
Sicht auf ein rechtes Ovar und eine rechte Tube von dorsal. Sowohl Tuba uterina als auch Ovar sind beweglich: die Tube durch die Muskulatur ihrer Wand und durch den Puls begleitender Gefäße; das Ovar durch glatte Muskulatur im Lig. suspensorium ovarii und im Lig. ovarii proprium. Dreh- und Längsbewegungen des Ovars führen dazu, dass der Fimbrientrichter der Tube das ganze Ovar „abtasten" kann. Die Abtastbewegung stoppt, wenn die abdominale Tubenöffnung sich über die Erhebung des Graaf-Follikels gestülpt hat.



C Follikelreifung im Ovar

Follikelreifung im Uhrzeigersinn um das Ovar dargestellt; Follikelstadien nicht maßstabsgetreu.

a Ovarium: Feinbau und Follikelstadien; Schnitt durch das Ovar einer erwachsenen Frau. Ein zentrales Mark (Medulla ovarii) ist von einer Rindenregion (Cortex ovarii) umgeben, in der Follikel in unterschiedlichen Entwicklungsstadien liegen. Am Unterrand ist das Platzen eines Graaf-Follikels mit dem Sprung der Eizelle (Ovulation) dargestellt. Nach der Ovulation entwickelt sich der Graaf-Follikel zunächst zum hormonell aktiven Gelbkörper (Corpus luteum), anschließend bildet er sich über einen Narbenkörper (Corpus albicans) zurück.

b Primordialfollikel: Einschichtiges flaches Epithel um eine Oozyte; im nachfolgenden Primärfollikel (hier nicht dargestellt) ist das Epithel auch einschichtig, aber kubisch.

c Sekundärfollikel: Das Epithel (aus sog. Granulosazellen) wird mehrschichtig, Epithel und Oozyte sind durch die deutlich sichtbare Zona pellucida gegeneinander abgegrenzt.

d Tertiärfollikel: Zwischen den Epithelzellen bilden sich flüssigkeitsgefüllte Spalten, die zu einer einheitlichen Höhle (Follikelhöhle oder Antrum folliculare) zusammenfließen, die eine Flüssigkeit, den Liquor follicularis, enthält. Das außen um das Follikelepithel liegende Bindegewebe gliedert sich in eine Theca externa und interna (Hormonproduktion), die durch eine Basalmembran gegen das Epithel abgegrenzt sind.

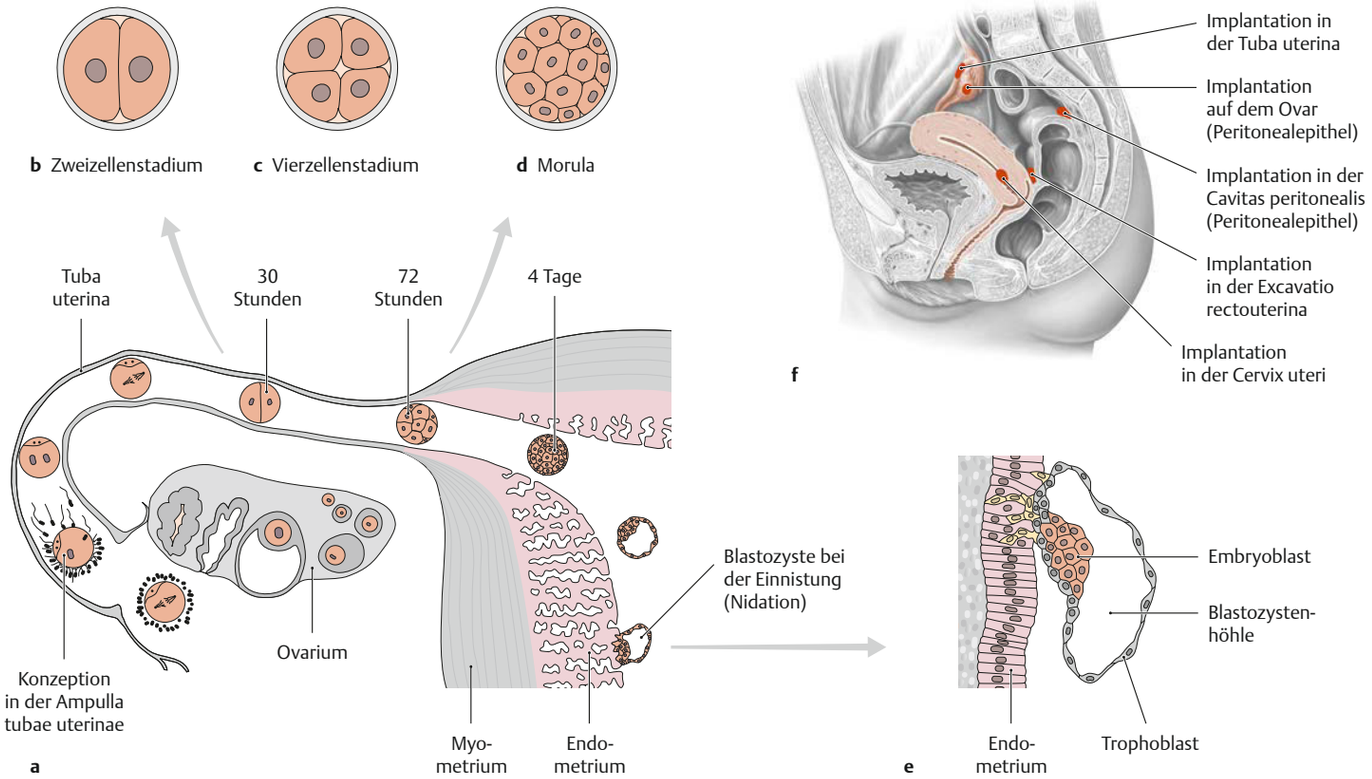
e Graaf-Follikel: Sprungbereiter Follikel mit großer Follikelhöhle. Die Eizelle liegt gemeinsam mit einer großen Ansammlung von Epithelzellen (Corona radiata) auf einem exzentrischen Hügel (Cumulus oophorus).
Beachte: Der Graaf-Follikel ist mit einem Durchmesser von ca. 2 cm so groß, dass er die Oberfläche des Ovars stark vorwölbt.

f Follikelsprung (Ovulation): Der Follikel platzt, die Oozyte mit den Cumulus-oophorus-Zellen wird in die Peritonealhöhle geschleudert und i. Allg. von der Tuba uterina aufgefangen. Es kommt zu spontanen Einblutungen in die Follikelhöhle (Corpus rubrum).

g Gelbkörper (Corpus luteum): Der hormonell sehr aktive Gelbkörper entsteht durch Umwandlung aus dem Corpus rubrum. Bei ausbleibender Befruchtung „verblüht" er innerhalb des Menstruationszyklus (als Corpus luteum menstruationis bezeichnet). Kommt es zur Befruchtung, bleibt der Gelbkörper (nun als Corpus luteum graviditatis bezeichnet) in den ersten drei Monaten – stimuliert durch Hormone der Zygote – bestehen, bis er hormonell von der Placenta abgelöst wird.

Beachte: Alle 28 Tage kommt *ein* Follikel zur Sprungreife – die Reifung des einzelnen Follikels dauert jedoch sehr viel länger.

5.9 Gravidität und Geburt



A Wanderungsphasen der befruchteten Eizelle und Orte extrauteriner Gravidität

a Wanderungsphasen der befruchteten Eizelle: Physiologisch wandert die Zygote zum Uterus. Befruchtet wird die Eizelle in der Tuba uterina, meist in der Ampulle. Die Spermien gelangen dorthin, indem sie durch aktive Bewegung ihres Schwanzes gegen den Sekretstrom des Tubenepithels, also positiv rheotaktisch, wandern. Der gleiche Sekretstrom bewegt dann die Zygote in Richtung Uterushöhle. Während ihrer Wanderung durch die Tube durchläuft die Zygote unterschiedliche Entwicklungsstadien. Ca. am 6. Tag nach der Ovulation implantiert sie sich in das sekretorisch umgewandelte Endometrium (s. Ausschnittsvergrößerung **e**).

b–e zeigen ein Zwei- bzw. Vier-Zell-Entwicklungsstadium (30 Std.), eine Morula mit 16 Zellen (3 Tage) und die Zygote nach der Implantation (**e**).

f Orte extrauteriner Gravidität: Unter pathologischen Bedingungen kann sich ein befruchtetes Ei an verschiedenen Orten außerhalb der Cavitas uteri einnisten:

- in uterusnahen Abschnitten (Eileiterschwangerschaft = Tubargravidität) oder
- innerhalb der Peritonealhöhle (Bauchhöhlenschwangerschaft).

Bei einer Tubargravidität (z. B. infolge einer entzündungsbedingten Verklebung der Tubenschleimhaut, die die Wanderung der Zygote behindert) besteht durch die beengten Verhältnisse innerhalb des Tubenlumens die Gefahr eines Tubenwandrisses und damit einer lebensbedrohlichen Blutung in die Peritonealhöhle.

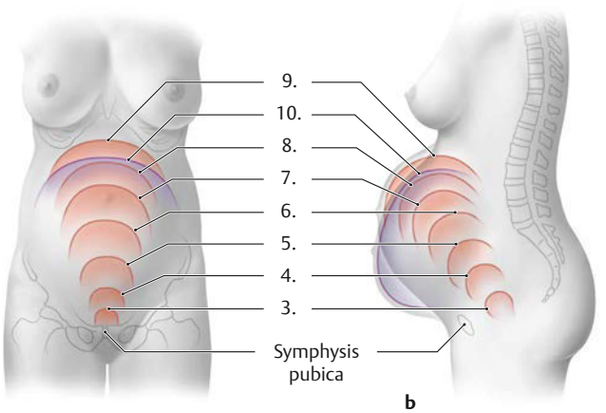
B Uterusstand in der Schwangerschaft

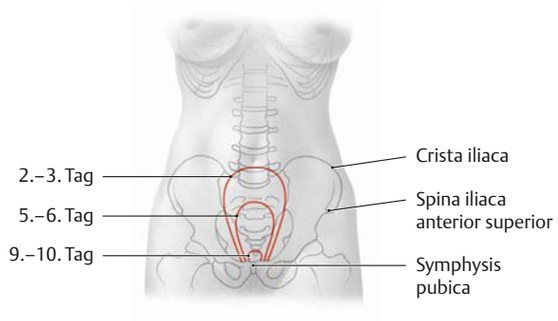
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von links.

Der Fundus uteri kann in den verschiedenen Lunarmonaten (Lunarmonat = Zeitraum von 28 Tagen) der Gravidität in unterschiedlichen Höhen getastet werden.

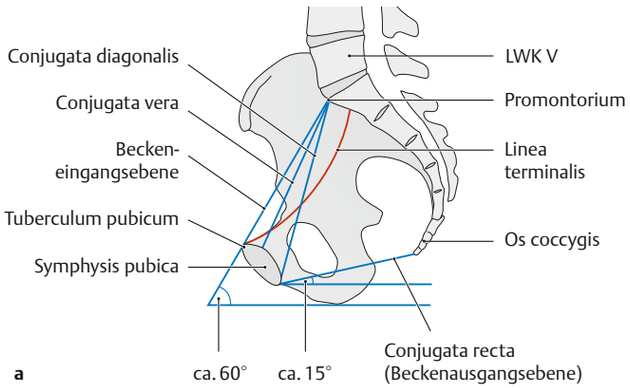
Beachte: Mit Beginn des 10. Lunarmonats wendet sich der Fundus uteri nach ventral, senkt sich dadurch wieder ab und steht dann tiefer als im 9. Lunarmonat.

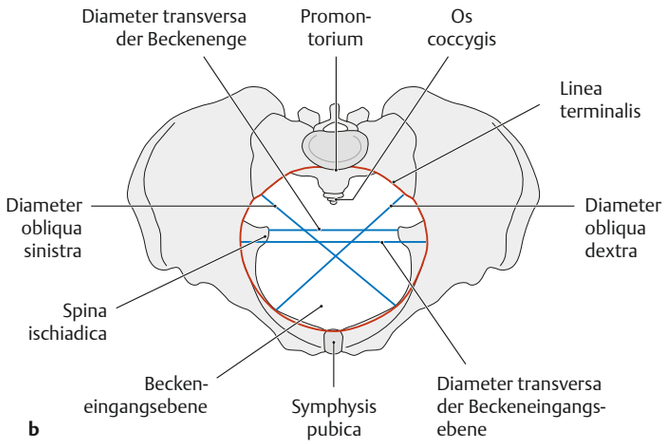
Der massiv vergrößerte Uterus drückt gegen Ende der Gravidität praktisch auf alle Organe in Abdomen und Becken. Bei Rückenlage der Schwangeren kann es sogar zu einer Kompression der V. cava inferior kommen mit Störung des venösen Rückstroms zum Herzen. Unter Notfallbedingungen sollte eine Schwangere daher immer in die *linke* Seitenlage gebracht werden, um eine Gefäßkompression zu vermeiden.





C Postpartale Rückbildung des Uterus
Ansicht von ventral. Der Fundus uteri lässt sich bei einer regelrechten postpartalen Rückbildung des Uterus in unterschiedlichen Höhen tasten und klinisch untersuchen. Zur groben Orientierung über den Höhenstand des Fundus uteri können dabei tastbare Knochenpunkte (Crista iliaca, Spina iliaca anterior superior, Symphysis pubica) dienen.

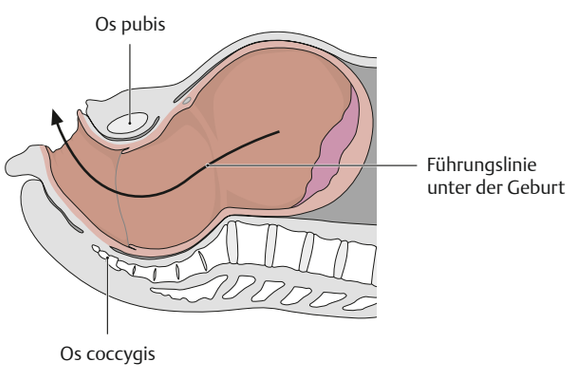




D Geburtshilflich wichtige Beckenmaße: Beckenebenen
a Sicht von links auf ein median-sagittal halbiertes weibliches Becken; **b** Sicht von oben in ein weibliches Becken.
Während der Geburt durchtritt das Ungeborene verschiedene Ebenen des mütterlichen Beckens. Klinische Bedeutung haben dabei v. a. die sagittalen Maße (geringste Ausdehnung des Beckens nach sagittal!). Die geringste sagittale Ausdehnung hat das Becken in der sog. Conjugata vera obstetrica, den kleinsten Abstand von der Rückseite der Symphyse zum Promontorium. Dieser Abstand sollte 11 cm nicht unterschreiten, sonst kann eine normale Geburt sehr erschwert oder sogar unmöglich sein. Vom Kind aus gesehen sind die Kopfmaße, v. a. der sagittale (größte) Kopfdurchmesser, ausschlaggebend. **E** fasst die wichtigsten Beckenmaße zusammen.

E Innere Beckenmaße bei der Frau

Bezeichnung	Definition	Länge
Diameter conjugata (Conjugata vera obstetrica)	Abstand zwischen Promontorium und Hinterrand der Symphyse	11 cm
Diameter diagonalis (Conjugata diagonalis)	Abstand zwischen Promontorium und Unterrand der Symphyse	12,5–13 cm
Diameter sagittalis der Beckenausgangsebene (Conjugata recta)	Distanz zwischen dem Unterrand der Symphyse und der Steißbeinspitze	9 (+2) cm
Diameter transversa der Beckeneingangsebene	weitester Abstand zwischen den Lineae terminales	13 cm
Diameter transversa der Beckenenge	Abstand zwischen den Spinae ischiadicae	11 cm
Diameter obliqua dextra (I) und sinistra (II)	Abstand zwischen dem Iliosakralgelenk auf Höhe der Linea terminalis und der Eminentia iliopectinea der Gegenseite	12 cm

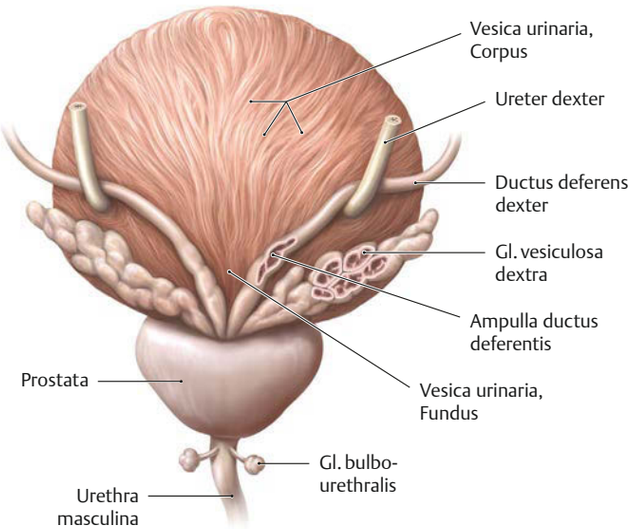


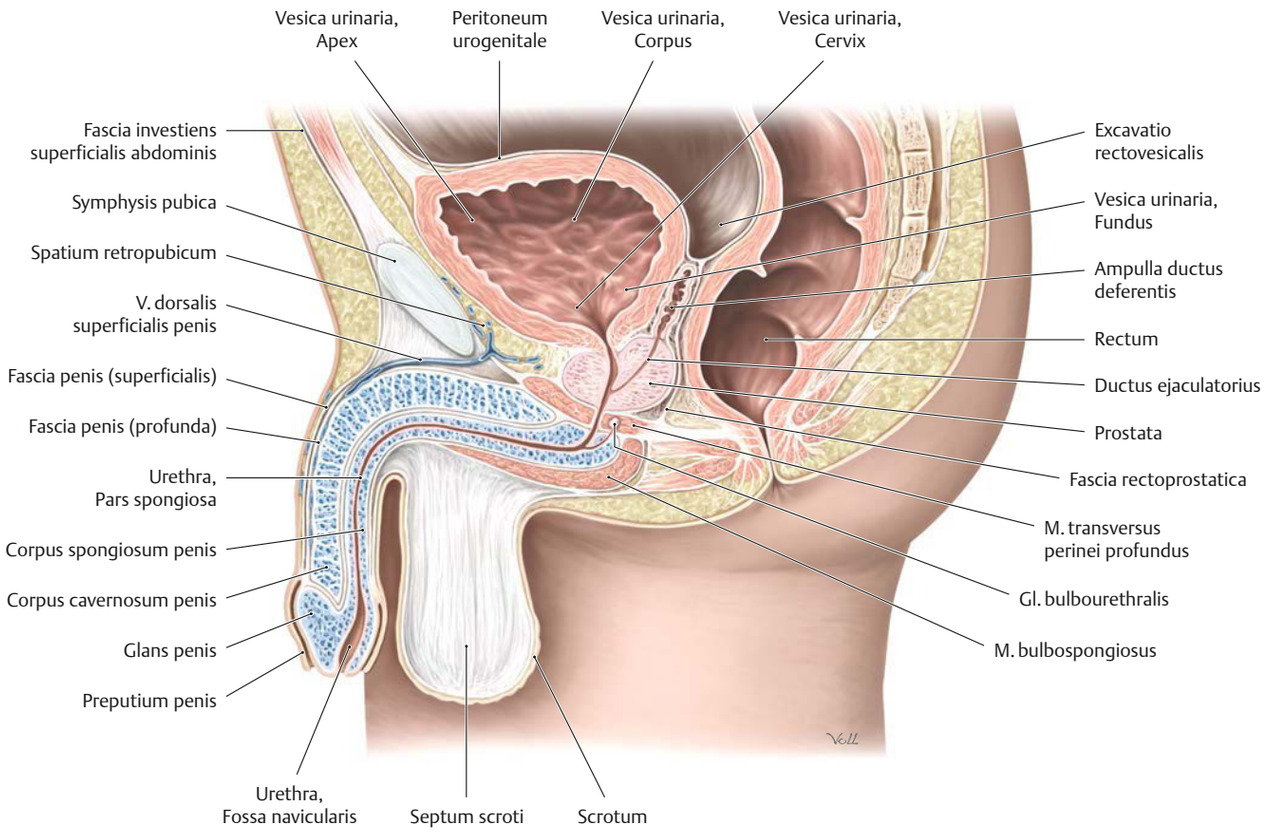
F Geburtskanal in der Austreibungsphase (nach Rauber/Kopsch)
Cervix uteri, Vagina und Beckenboden sind zum sog. Weichteilansatzrohr aufgedehnt. Der Kopf des Kindes, der sich mit seinem größten (sagittalen) Durchmesser stets in den größten Durchmesser der jeweiligen Beckenebene dreht, folgt der Führungslinie. Meist erfolgt die Geburt in vorderer Hinterhauptslage: Das Hinterhaupt des Kindes weist zur Symphyse.

5.10 Männliches Genitale: akzessorische Genitaldrüsen

A Akzessorische Genitaldrüsen (Prostata, Glandulae vesiculosae und Glandulae bulbourethrales)

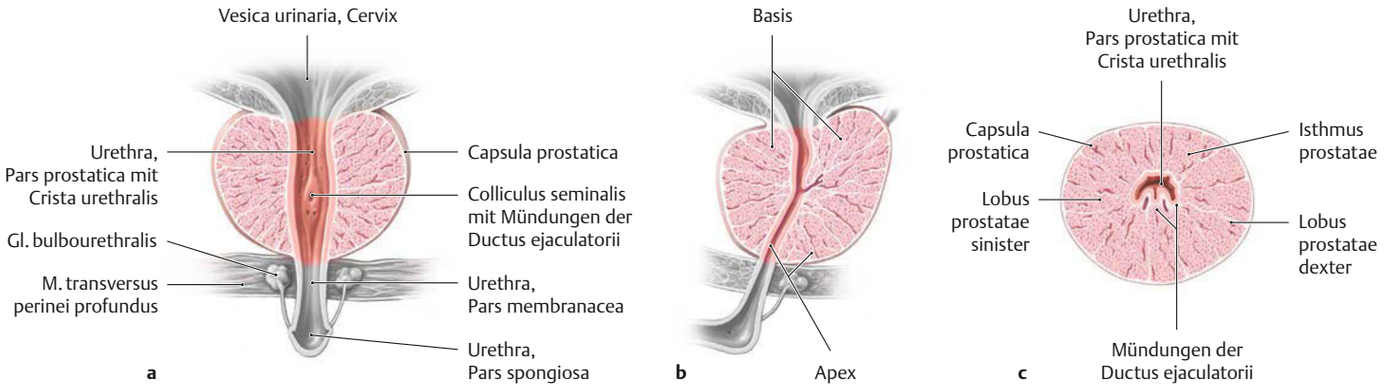
Sicht von dorsal auf Harnblase, Prostata, Gll. vesiculosae und bulbourethrales; Peritoneum und Fascia pelvis visceralis komplett entfernt; Stümpfe der beiden Ureteren und der beiden Ductus deferentes zur Orientierung belassen. Die **Gll. vesiculosae** („Samenbläschen") bestehen jeweils aus einem ca. 15 cm langen Schlauch, der in situ zu einer Länge von ca. 5 cm aufgeknäult ist. Das Sekret der Gll. vesiculosae macht ca. 70 % des Ejakulatvolumens aus, ist leicht alkalisch (pH 7,4) und reich an Fruktose (Energielieferant für die Spermien). Der Begriff „Samenbläschen" ist irreführend, da die Drüse keine Samenzellen enthält. Der Ausführungsgang der Gl. vesiculosa (Ductus excretorius) vereinigt sich mit dem Ductus deferens zum Ductus ejaculatorius, der die Prostata durchzieht. Die Gll. vesiculosae entstehen aus dem Epithel des Wolff-Gangs, sie liegen lateral des ebenfalls aus dem Wolff-Gang entstehenden Ductus deferens. Die **Gll. bulbourethrales** liegen eingebettet in den M. transversus perinei profundus und münden über ihre ca. 2–4 cm langen Gänge von dorsal in die Urethra. Das Sekret ist wasserklar und bereitet die Urethra auf den Durchtritt des Spermas vor. Zur Prostata s. **B**.





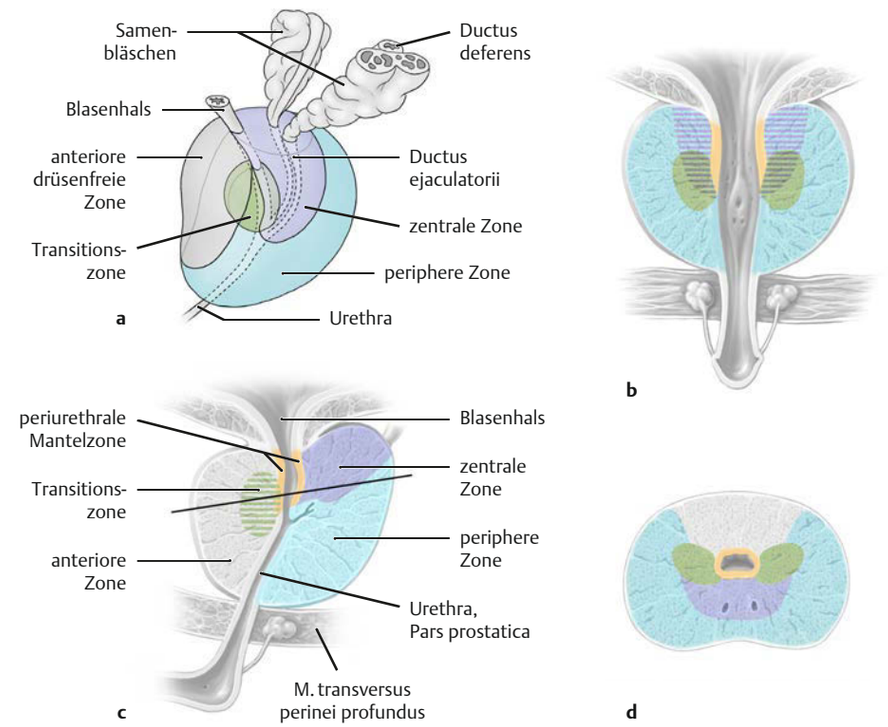
B Prostata in situ

Sagittalschnitt durch ein männliches Becken. Ansicht von links, Harnblase und Rectum eröffnet. Zur Verdeutlichung der Peritonealverhältnisse und der Verbindung der Gl. vesiculosa zu Prostata und Urethra ist das Bild aus mehreren Ebenen zusammengesetzt: Die paramedian liegende Ampulla ductus deferentis ist etwas aufgerichtet und mit dem Ductus ejaculatorius ebenso wie die linke Gl. bulbourethralis in die Schnittebene hineinprojiziert. Die Prostata liegt am Blasenausgang und umfasst die Urethra (s. **C**). Nach dorsal grenzt sie an die Vorderwand des Rectum, von ihm getrennt durch eine bindegewebige Faszie. Die Prostata hat keinerlei Kontakt mit dem Peritoneum, sie liegt vollständig im Spatium extraperitoneale pelvis. Dagegen sind die Kuppen der Gll. vesiculosae (hier nicht zu sehen) oft noch von Peritoneum urogenitale bedeckt.



C Periurethrale Lage der Prostata (Vorsteherdrüse)
a Frontalschnitt (Ansicht von ventral); **b** Sagittalschnitt (Ansicht von links); **c** Horizontalschnitt (Ansicht von kranial) durch Prostata und Urethra masculina.

An der knapp kastaniengroßen Prostata kann man zwei Seitenlappen, den Lobus dexter und sinister, unterscheiden, die dorsal durch den Lobus medius, ventral durch den Isthmus prostatae miteinander verbunden sind. Die ganze Drüse ist von einer festen bindegewebigen Kapsel umgeben (Capsula prostatica). Entwicklungsgeschichtlich ist die Prostata ein Derivat des Urethraepithels: Ein zunächst nur nach dorsal wachsender Epithelspross umfasst später die Urethra (Pars prostatica urethrae). Histologisch besteht die Prostata aus 30–50 tubuloalveolären Drüsen, die über ca. 20 Ausführungsgänge in die Pars prostatica urethrae münden. Das Prostatasekret macht ca. 30 % des Ejakulatvolumens aus. Es enthält wichtige Stoffe für die aktive Beweglichkeit der Spermien. Das Sekret ist farblos, dünnflüssig und leicht sauer (pH 6,4). Ein im Sekret enthaltenes Protein (prostataspezifisches Antigen, PSA) taucht bei bösartigen Prostatatumoren häufig in erhöhter Konzentration im Blut auf.



D Maße der akzessorischen Genitaldrüsen

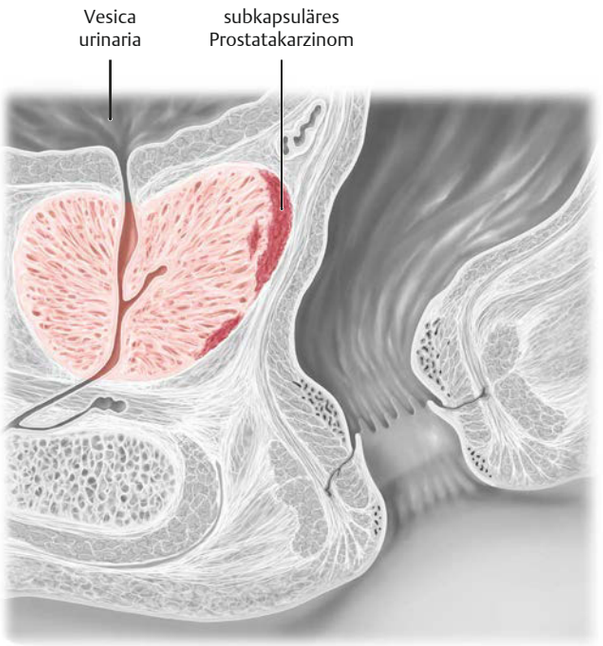
Prostata		
Sagittaldurchmesser		ca. 2 – 3 cm
Breite		ca. 4 cm
Dicke		ca. 1 – 2 cm
Drüsen		ca. 40 Läppchen
Gangsystem		ca. 20 Gänge
Sekret		pH 6,4; enzymreich
Masse		ca. 20 g
Glandula vesiculosa		
Länge	– aufgeknäult	ca. 3 – 5 cm
	– gestreckt	ca. 15 cm
Sekret		pH 7,4; fruktose-reich
Glandula bulbourethralis		
Größe		Erbsengröße
Ganglänge		ca. 4 cm

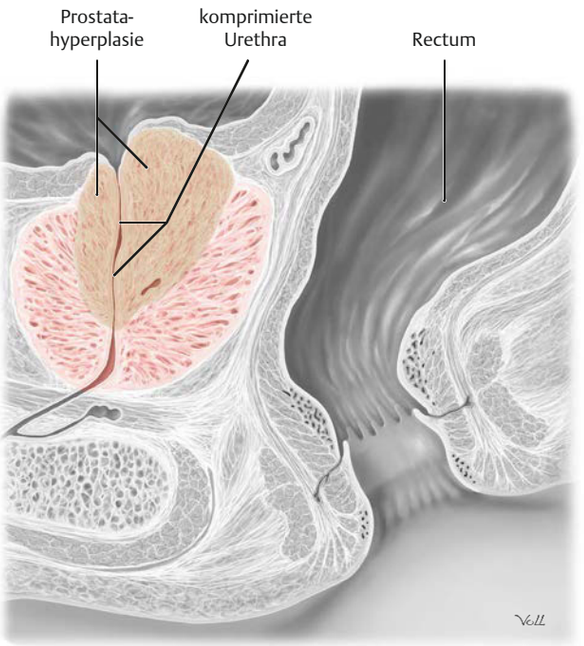
E Klinisch-histologische Unterteilung der Prostata in Zonen (nach McNeal)
Schematisierte Darstellung der Prostata (**a**) in drei Schnittebenen: **b** Frontalschnitt, **c** Sagittalschnitt; **d** Horizontalschnitt.

Die heute in der Klinik am häufigsten verwendete Gliederung der Prostata basiert auf Untersuchungen von *McNeal.* Anatomischer Orientierungspunkt ist die Pars prostatica der Urethra, die auf Höhe des Colliculus seminalis leicht nach ventral abknickt (35°) und sich in ein proximales und ein distales Segment gliedert (**b** u. **Cb**) Auf Höhe des Colliculus seminalis liegt die Mündung des Utriculus prostaticus (Rudiment des Müller-Ganges) flankiert von den Öffnungen der Ductus ejaculatorii. Um das proximale Urethrasegment liegt manschettenförmig die *Periurethralzone.* Beidseits von ihr liegt die *Transitionszone* bestehend aus zwei paraurethralen Drüsenlappen, die insgesamt nur etwa 5 % des Prostatagewebes ausmachen. Dahinter liegt ein nach kranial reichender, keilförmiger Bereich, die *zentrale Zone,* auf die etwa 25 % der Prostatagewebes entfallen. Sie wird von den Ductus ejaculatorii und dem Utriculus durchzogen. Nach hinten, seitlich und kaudal schließt sich die *periphere Zone* an, auf die etwa 70 % der Organmasse entfallen. Ventral besteht das Prostatagewebe aus einer *drüsenfreien Zone* mit fibromuskulärem Stroma.

Beachte: Während etwa 70 % der bösartigen Prostatakarzinome in der peripheren Zone, meist nahe der Prostatakapsel, lokalisiert sind, kommt es im Rahmen der gutartigen Prostatahyperplasie meist zu einer deutlichen Volumenzunahme der Transitionszone (s. S. 338).

5.11 Tumoren der Prostata: Prostatakarzinom und Prostatahyperplasie; Vorsorgeuntersuchungen





A Prostatakarzinom

Das Prostatakarzinom ist der häufigste urologische Tumor des Mannes, wobei 95 % der Prostatakarzinome bei Männern zwischen dem 45. und 89. Lebensjahr gefunden werden, mit einem Durchschnittsalter von 70 Jahren bei der Erstdiagnose. In Deutschland werden jährlich fast 50 000 Prostatakarzinome diagnostiziert. Sie stehen mit einem Anteil von 10 % etwa an 3. Stelle bei den zum Tode führenden Krebserkrankungen des Mannes. Das Prostatakarzinom entsteht in der Mehrzahl der Fälle (85 %) in der peripheren Zone (s. S. 337). Aufgrund der vorwiegend peripheren Lokalisation entwickeln sich typische Symptome oft erst, wenn der Tumor lokal fortgeschritten ist. Typische Symptome weisen daher häufig auf bereits vorhandene Knochenmetastasen hin: tiefe Rückenschmerzen, Ischias-Beschwerden sowie ziehende Schmerzen im Beckenbereich. Fast 50 % der Patienten, bei denen ein bösartiger Tumor der Prostata diagnostiziert wird, entwickeln ein metastatisches und somit inkurables Krankheitsstadium. Eine Früherkennung ist daher absolut notwendig, um das Überleben zu verbessern. Routinemäßig werden zurzeit drei diagnostische Tests für das Prostata-Screening verwendet (s. **C**, **D** u. **E**):

- die Bestimmung des Prostata-spezifischen Antigens (PSA),
- die digitale rektale Untersuchung (DRU) und
- der transrektale Ultraschall (TRUS).

Therapiekonzepte: Grundsätzlich entscheidet das Stadium des Prostatakarzinoms zum Zeitpunkt der Diagnosestellung über die Wahl des Therapiekonzepts. Lokal begrenzte Prostatakarzinome werden in der Regel operativ (radikale Prostatektomie) oder strahlentherapeutisch (z. B. Brachytherapie) behandelt. Aufgrund einer meist ausgeprägten Testosteron-Abhängigkeit des Tumors wird bei fortgeschrittenen Tumoren häufig eine antiandrogene Hormonbehandlung durchgeführt, d. h. Drosselung der Testosteron-Sekretion durch Ausschaltung der GnRH-Sekretion (GnRH = Gonadotropin-releasing-hormone) mit künstlichen GnRH-Analogsubstanzen, die die GnRH-Rezeptoren in der Hypophyse dauerhaft besetzen (sog. funktionelle Kastration).

B Benigne Prostatahyperplasie (BPH)

Die benigne Prostatahyperplasie ist der häufigste Tumor des alternden Mannes. Es handelt sich um eine mit knotigem Umbau einhergehende strukturelle Veränderung, insbesondere der Transitionszone (s. S. 337) und häufig auch der Periurethralzone, die durch Zellvermehrung (Hyperplasie) hervorgerufen wird. Die Zellvermehrung betrifft sowohl das Stroma- als auch das Drüsengewebe (fibromuskuläre/glanduläre Hyperplasie) und führt zu einer Größenzunahme der Transitionszone und damit der gesamten Prostata. Betroffen sind vorzugsweise Areale in unmittelbarer Umgebung der Harnröhre. Durch deren Kompression kommt es zu fortschreitenden Störungen bei der Harnblasenentleerung. Dazu gehören u. a.: reduziertes Miktionsintervall und dünner Harnstrahl, wobei der Harn mit wachsender Anstrengung aus der Blase „herausgepresst“ werden muss, sowie Pollakisurie (häufiges Wasserlassen in geringe Mengen). Im fortgeschrittenen Stadium kommt es durch die zunehmende Blasenauslassobstruktion zu muskulärer Hypertrophie der Harnblasenwand (Balkenblase), zur Restharnbildung sowie zu Harnrückstauung mit zunehmender beidseitiger Dilatation der Harnleiter und des Nierenbeckenkelchsystems.

Diagnostisches Vorgehen: Neben Anamnese (typische Beschwerden?) und rektaler Palpation (prall vergrößerte, gut abgrenzbare Prostata) können mithilfe der transvesikalen bzw. transrektalen Sonographie Größe und Strukturveränderungen der Prostata sowie die Restharnmenge bestimmt werden. Das tatsächliche Harnflussvolumen lässt sich mit der Uroflowmetrie bestimmen (der Normalwert für das maximale Harnflussvolumen liegt zwischen 15 und 40 ml/s). Das Prostata-spezifische Antigen (PSA, s. **D**) kann ebenso wie beim malignen Karzinom erhöht sein.

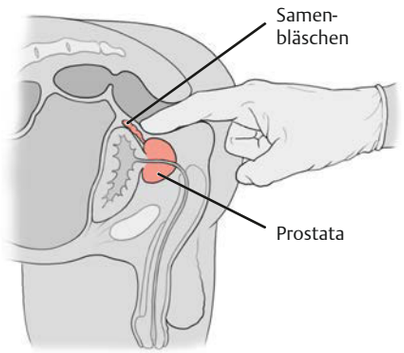
Therapieoptionen: Neben der abwartenden Therapie („wait and watch“ – Hyperplasie kommt manchmal von alleine zum Stillstand) werden konservative Maßnahmen eingesetzt, die die Beschwerden häufig deutlich lindern (Phytotherapie, antiadrenerge Therapie sowie antiandrogene Hormonbehandlung – Testosteron-Abhängigkeit der Hyperplasie!). Bei der operativen Therapie steht die sog. *transurethrale Prostataresektion* im Vordergrund. Hierbei werden mit einer elektrischen Schlinge kleine Späne von der Prostata „abgehobelt“ und durch den Instrumentenschaft aus der Blase herausgespült.

a b c

C Tastuntersuchung der Prostata

a Linksseitenlage; **b** Knie-Ellenbogen-Lage; **c** Steinschnittlage; **d** digitale rektale Palpation.

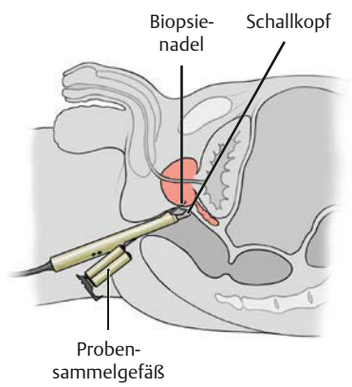
Die digitale rektale Palpation (DRU) der Prostata ist eine wichtige Vorsorgeuntersuchung und sollte bei allen Männern ab dem 40. Lebensjahr einmal jährlich durchgeführt werden. Sie kann in Knie-Ellenbogen-, Steinschnitt- oder Seitenlage erfolgen und sollte immer mit einer rektalen Inspektion begonnen werden. In ca. 7–8 cm Tiefe kann man an der Rektumvorderwand die Prostata tasten (**d**). Beurteilt werden Größe, Oberfläche und Konsistenz beider Lappen, der median liegende Sulkus, die Verschieblichkeit der Rektumschleimhaut sowie die Abgrenzung gegen das Nachbargewebe. Eine normale Prostata ist etwa kastaniengroß und weist die Konsistenz eines angespannten Daumenballens auf. Bei der benignen Prostatahyperplasie (s. **B**) ist die Oberfläche trotz starker Vergrößerung in der Regel glatt und gegenüber der Rektumschleimhaut gut verschieblich. Beim Prostatakarzinom (s. **A**) hingegen tastet man eine knochenharte, z. T. höckerige Oberfläche mit häufig eingeschränkter Schleimhautverschieblichkeit. Eine weiche, schlecht abgrenzbare und druckschmerzhafte Prostata hingegen spricht für eine Entzündung.

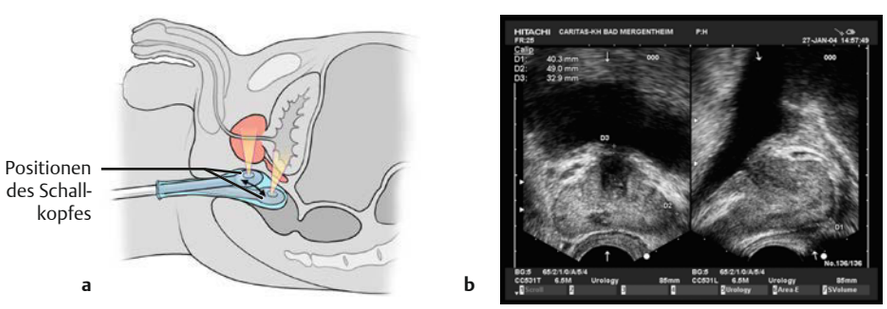


d

D Bestimmung des Prostata-spezifischen Antigens (PSA)

Das Prostata-spezifische Antigen (PSA) ist eine Serin-Protease, die bevorzugt in den sekretorisch aktiven Epithelzellen der Prostata gebildet wird. Sie trägt zur Verflüssigung des viskösen Sekrets der Bläschendrüsen im Ejakulat bei. PSA ist also ein normales Enzym des gesunden Mannes, das physiologischerweise auch zu einem geringen Teil in das Blut übertritt und hier sowohl in freier (f-PSA) als auch in gebundener Form (c-PSA) vorliegt. Der Serumspiegel des Gesamt-PSA liegt normalerweise unter 4 ng/ml, unterliegt jedoch individuell gewissen Schwankungen. Da die PSA-Bildungs-Rate von Karzinomzellen bis zu 10 mal größer sein kann als die von normalen Prostatazellen, eignet sich der PSA-Wert mit gewissen Einschränkungen auch als Tumormarker. Bei wenig erhöhten Werten (4–10 ng/ml) findet man in 25 % der Fälle und bei stark erhöhten Werten (mehr als 10 ng/ml) in mehr als 50 % der Fälle ein Prostatakarzinom. Da jedoch auch andere gutartige Erkrankungen (benigne Prostatahyperplasie, chronische Prostatitis), ebenso wie sportliche Betätigungen (Reiten, Radfahren) oder ganz banales Pressen auf der Toilette, z. B. bei Verstopfungen, zu erhöhten PSA-Spiegeln im Blut führen kann, wird der Wert der PSA-basierten Früherkennung des Prostatakarzinoms zum Teil kontrovers diskutiert.





a b

E Transrektaler Ultraschall (TRUS)

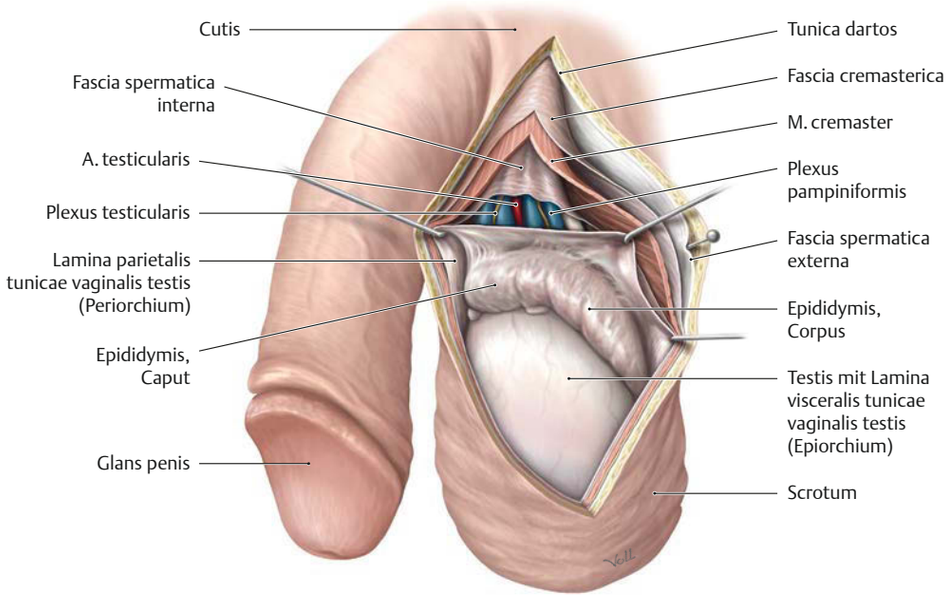
a Einführen der Ultraschallsonde in das Rectum; **b** Darstellung der Prostata in der Transversal- und Sagittalebene zur Bestimmung des Prostatavolumens (aus: Dietrich, Ch.: Endosonographie, Lehrbuch und Atlas des endoskopischen Ultraschalls. Thieme, Stuttgart 2008).

Der transrektale Ultraschall bzw. die transrektale Prostatasonographie ist ein einfaches, schnelles und preiswertes Verfahren und daher das primär eingesetzte bildgebende Verfahren in der Prostatadiagnostik. Für diese Untersuchung wird die Ultraschallsonde in einem gefüllten Kondom in das Rectum eingeführt. Dieses Vorgehen ermöglicht eine optimale Ankopplung an die Rektumvorderwand ohne störende Luft- und Stuhlüberlagerungen. Bei einer Frequenz von 7,5 MHz kann das Gewebe in einer Tiefe von 1–5 cm mit hoher Qualität abgebildet werden. Zur besseren Orientierung erfolgt die Darstellung zunächst in der Transversalebene. Durch Schwenken des Schallkopfes kann die Prostata anschließend auch in der Sagittalebene beurteilt werden. Mit Hilfe beider Ebenen lässt sich die exakte Größe und damit auch das Volumen der Prostata bestimmen.

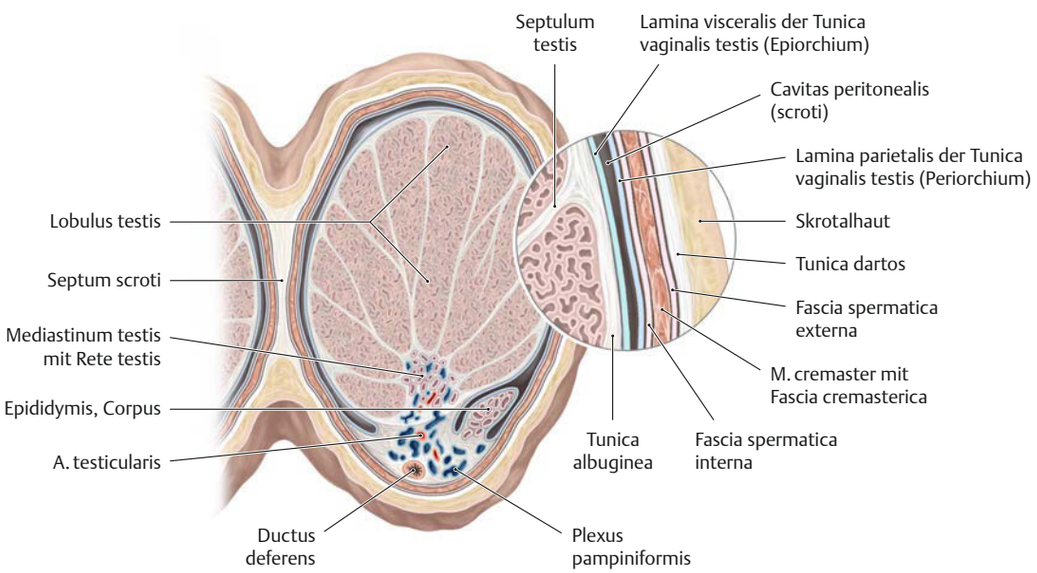
F Prostatabiopsie unter transrektaler Ultraschall (TRUS)-Kontrolle

Zum histologischen Nachweis eines Prostatakarzinoms wird eine Ultraschall gesteuerte transrektale Stanzbiopsie durchgeführt. Hierbei wird der transrektale Ultraschall hauptsächlich genutzt, um die Biopsienadel entweder in systematisch ausgewählten Arealen der Prostata oder in tastbaren Knoten bzw. in verdächtigen Bezirken zu platzieren. Hierzu wird die Biopsienadel in einem auf der Rektalsonde aufgesetzten Führungskanal so angebracht, dass die Nadel im Ultraschallbild sichtbar ist. Auf diese Weise können verdächtigen Tumorareale exakt aufgesucht werden. Bei der Stanzbiopsie werden in der Regel 8–18 dünne Gewebezylinder ausgestanzt, die im Weiteren histologisch aufgearbeitet werden. Die Aussagekraft des histologischen Befundes wird eingeschränkt durch die Tatsache, dass die Biopsie immer nur Teile der Prostata erfasst.

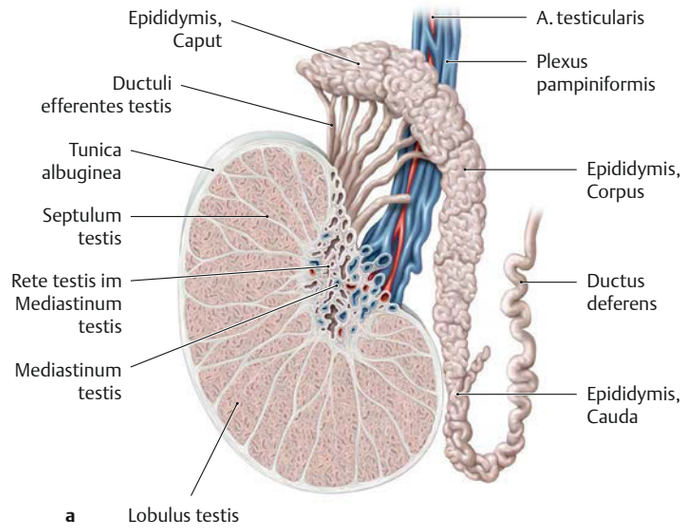
5.12 Männliches Genitale: Scrotum, Testis und Epididymis

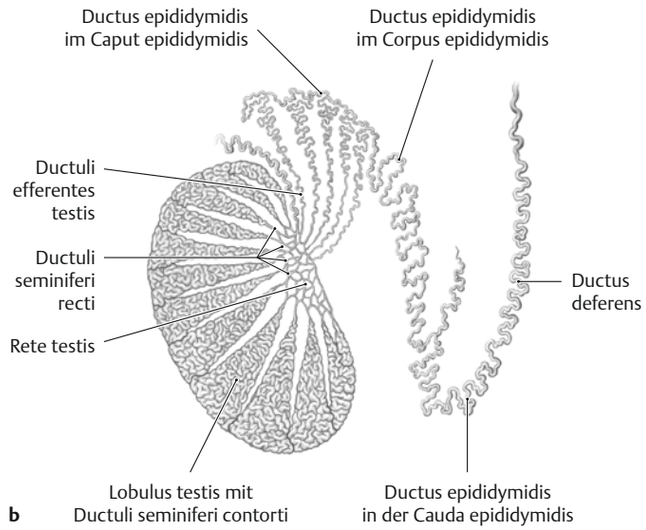


A Hodensack (Scrotum) und Hodenhüllen in situ
Ansicht von links, Scrotum schichtweise eröffnet. Der Hoden (Testis, Orchis) ist ein pflaumengroßes und -förmiges paariges Organ (vgl. **D**), das durch Bindegewebssepten in ca. 350 Lobuli testis gegliedert wird. Die Schichten von Hodensack (Scrotum) mit Hoden (Testis) und Samenstrang (Funiculus spermaticus) leiten sich aufgrund des Descensus testis von den Schichten der ventralen Bauchwand ab (s. **E** und Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem). Beim Descensus testis nimmt der Hoden einen fingerförmigen Peritonealfortsatz (Proc. vaginalis peritonei) durch den Leistenkanal mit, der normalerweise peritonealhöhlenwärts am inneren Leistenring (Anulus inguinalis profundus) verödet. Das Peritoneum bildet dann im Scrotum eine rundum verschlossene Bauchfellexklave (Tunica vaginalis testis) mit Lamina visceralis (Epiorchium) und Lamina parietalis (Periorchium). Eine vermehrte Ansammlung seröser Flüssigkeit im Spalt zwischen den beiden Peritonealblättern (Hydrozele) kann durch Druck auf den Hoden Beschwerden verursachen. Nicht selten bleibt der Peritonealfortsatz jedoch offen und kann Ausgangspunkt für eine angeborene Leistenhernie sein (s. Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem).



B Scrotum und Hodenhüllen im Schnitt
Horizontalschnitt durch den rechten Hoden. Ansicht von kranial. Der Vergrößerungsausschnitt zeigt die einzelnen Schichten der Hodenhüllen. Der Hoden ist von einer derben bindegewebigen Kapsel umgeben (Tunica albuginea). Vom Mediastinum testis ziehen feine Bindegewebssepten (Septula testis) radiär durch den Hoden zur Tunica albuginea und unterteilen ihn in ca. 350–370 Läppchen (Lobuli testis), die die Hodenkanälchen enthalten (s. **C**). Die Hodenkanälchen dienen der Bildung der Samenzellen (Spermatogenese). In das Bindegewebe eingelagerte Zellen produzieren Testosteron.





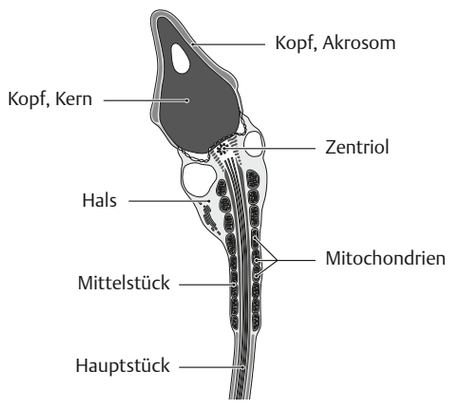
C Aufbau von Hoden (Testis) und Nebenhoden (Epididymis)
Sicht von links auf den linken Hoden und Nebenhoden; Hoden angeschnitten, Nebenhoden vom Hoden abgehoben. Die keilförmigen Lobuli testis enthalten die **Hoden- oder Samenkanälchen** (Tubuli seminiferi contorti; gestreckt ca. 20 cm lang, im Hoden auf 3 cm Länge aufgewickelt), in denen die Spermatogenese stattfindet. Zwischen den Tubuli seminiferi liegen – hier nicht sichtbar – die Leydig-Zwischenzellen (Androgenproduktion). Die nachfolgenden kurzen Tubuli seminiferi *recti* gehen über das Rete testis (Netz anastomosierender Spalten mit Epithelauskleidung) in die ca. 12 Ductuli efferentes testis über, die in den Nebenhoden münden. Der **Nebenhoden,** der dem Hoden dorsal aufliegt, ist Speicher- und Reifungsorgan für die Samenzellen. Das Caput epididymidis besteht hauptsächlich aus den Ductuli efferentes testis, Corpus und Cauda epididymidis bestehen aus dem vielfach gewundenen Nebenhodengang (Ductus epididymidis, gestreckt ca. 6 m lang). Im Caput epididymis münden die Ductuli efferentes testis in den Nebenhodengang, dieser mündet in der Cauda in den Samenleiter (Ductus deferens).
Beachte: Hoden und Nebenhoden liegen im Scrotum *außerhalb* der Bauchhöhle, da innerhalb der Abdominalhöhle (höhere Körperkerntemperatur!) keine ausreichende Spermatogenese stattfindet. Eine unphysiologische Lage des Hodens im Leistenkanal (Leistenhoden) durch unvollständigen Deszensus ist daher häufig von verminderter Fertilität begleitet.
Bildung und Reifung der Samenzellen im Hoden sowie Wanderung im Nebenhoden mit endgültiger Lagerung in den unteren Abschnitten des Nebenhodengangs dauern ca. 80 Tage.

D Maße von Hoden (Testis) und Nebenhoden (Epididymis)

Hoden		**Nebenhoden**	
Gewicht	ca. 20 g	Länge des Ductus epididymidis	
Länge	ca. 4 cm	– gestreckt	ca. 6 m
Breite	ca. 2 cm	– geknäult	ca. 6 cm
350–370 Lobuli testis			
ca. 12 Ductuli efferentes			

E Hodenhüllen und Bauchwandschichten
Der Canalis inguinalis ist eine Ausstülpung der Bauchwand. Die Schichten der Bauchwand finden daher ihre Entsprechung in den Schichten von Scrotum und Hodenhüllen.

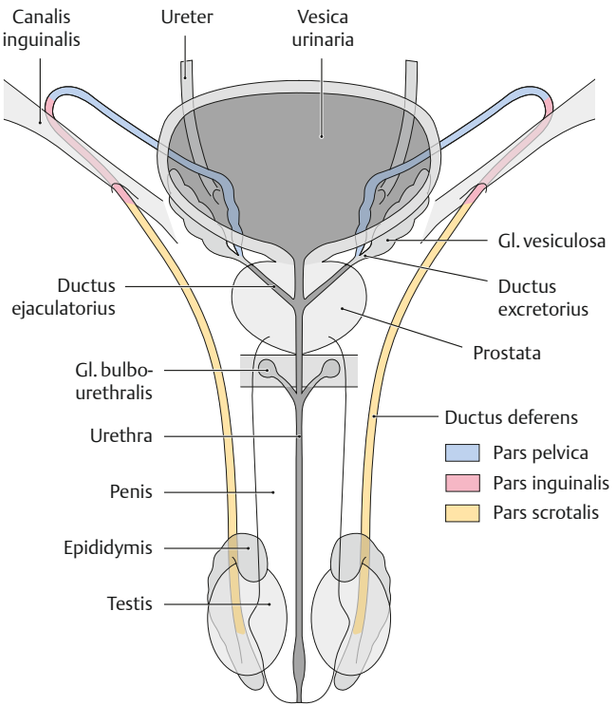
Bauchwandschichten	**Hüllen des Samenstrangs und des Hodens**
• Bauchhaut	→ Skrotalhaut mit Tunica dartos (Myofibroblasten in der Dermis)
• oberflächliche Körperfaszie (Fascia abdominis superficialis)	→ Fascia spermatica externa
• M. obliquus internus abdominis	→ M. cremaster mit Fascia cremasterica
• Fascia transversalis	→ Fascia spermatica interna
• Peritoneum	→ Tunica vaginalis testis mit: Lamina visceralis (Epiorchium) und Lamina parietalis (Periorchium)



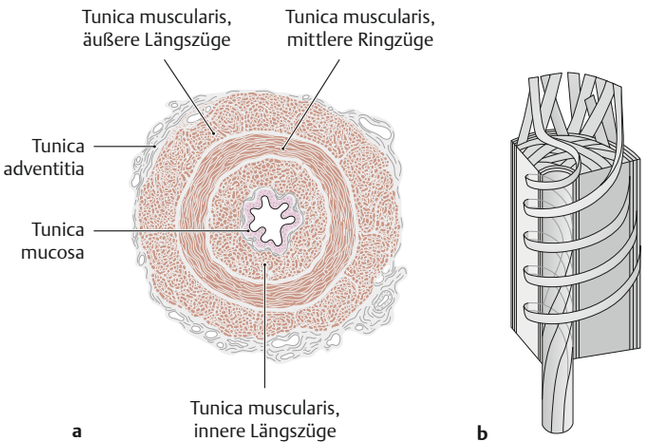
F Reife Samenzelle (Spermium), Ultrastruktur
Innerhalb eines Zeitraums von ca. 80 Tagen entsteht aus einer Stammzellspermatogonie das Spermium. Die Bildung erfolgt in den Tubuli seminiferi contorti (Samenkanälchen) des Hodens, eine letzte Reifung findet aber noch im Nebenhoden statt. Das elektronenmikroskopische Bild zeigt die einzelnen Abschnitte des Spermiums, das ca. 60 µm lang wird:

- Caput (Kopf) mit Akrosom und Zellkern,
- Flagellum (Schwanz), der das Axonema (den Schwanzfaden) enthält, unterteilt in:
  - Pars conjugens (Hals),
  - Mittelstück (Pars intermedia),
  - Hauptstück (Pars principalis) und
  - Endstück (Pars terminalis, hier nicht mehr dargestellt).

5.13 Männliches Genitale: ableitende Samenwege und Ejakulat



A Übersicht über die Samenwege
Sicht von ventral auf das männliche Genitalsystem, Harnblase zur Orientierung mit eingezeichnet.
Beachte: Die Urethra masculina ist Harn- und Samenweg zugleich.
Als Ductus ejaculatorius bezeichnet man das gemeinsame Endstück von Ductus deferens und Ductus excretorius der Gl. vesiculosa, das in die Harnröhre einmündet (vgl. **C**).



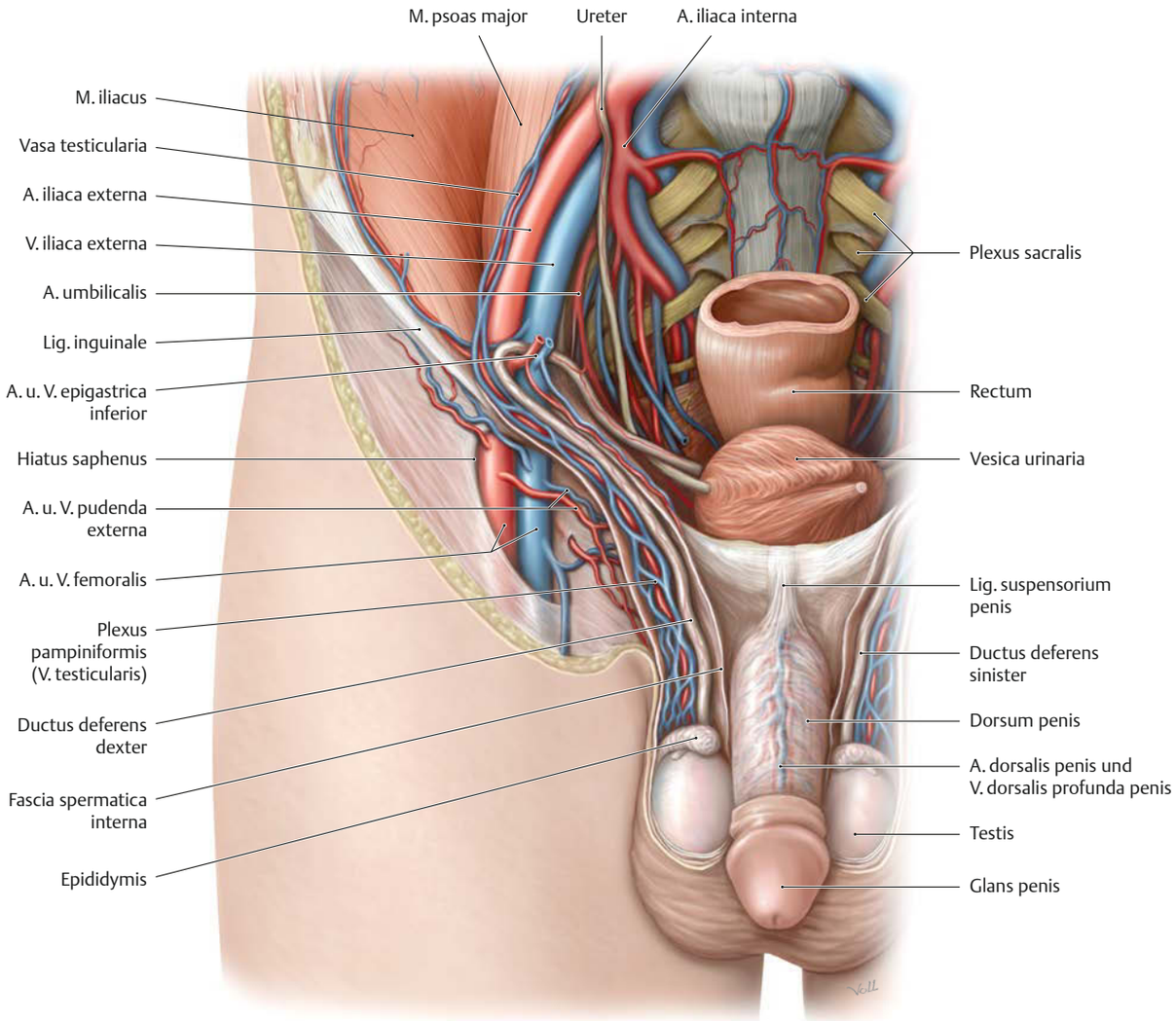
B Wandbau und Muskulatur des Samenleiters (Ductus deferens)
a Wandbau des Ductus deferens; Querschnitt durch das Lumen. Der Ductus deferens ist ca. 40 cm lang und 3 mm dick. An der Cauda epididymidis (Nebenhodenschwanz) geht er aus dem Ductus epididymidis (Nebenhodengang) hervor. Seine Aufgabe ist der schnelle Transport der Samenzellsuspension bei der Ejakulation. Dazu hat er eine außerordentlich starke glatte Muskulatur, die scheinbar in drei Schichten (längs, zirkulär, längs) angeordnet ist (s. **b**). Das Epithel ist zwei- oder mehrreihig und trägt teilweise Stereozilien (v. a. nebenhodennah).
b Muskulatur des Ductus deferens; dreidimensionale Darstellung des Muskelfaserverlaufs (nach Rauber/Kopsch). Auf einem Querschnitt erscheint die glatte Muskulatur des Ductus deferens in drei Schichten angeordnet. Tatsächlich handelt es sich jedoch um eine kontinuierliche Anordnung der Muskelfasern, die das Ganglumen spiralig in unterschiedlich steilen Touren umgeben. Die glatten Muskelfasern sind vom sympathischen Nervensystem außerordentlich dicht innerviert: Die Ejakulation wird vom Sympathikus ausgelöst.

C Ort der Samenzellproduktion und Transportweg der Samenzellen
Unter den Samenwegen i. e. S. versteht man die Ductuli efferentes, den Ductus epididymidis und den Ductus deferens.

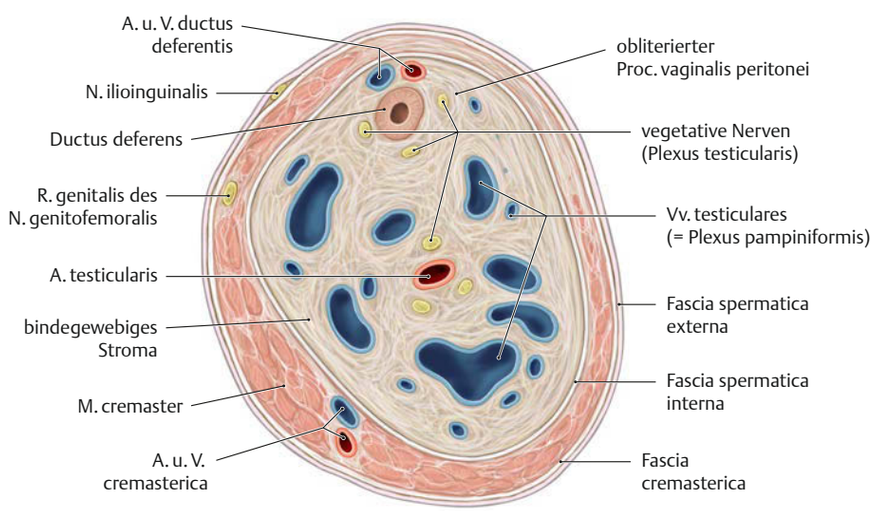
Testis	• Tubuli seminiferi contorti (Spermatogenese) • Tubuli seminiferi recti • Rete testis • Ductuli efferentes
Epididymis mit	
• Caput	• Ductuli efferentes (münden hier in Ductus epididymidis)
• Corpus	• Ductus epididymidis
• Cauda	• Ductus epididymidis geht hier über in Ductus deferens
Leistenkanal und Beckenhöhle	• Ductus deferens
Prostata	• Ductus ejaculatorius (gemeinsames Endstück von Ductus deferens und Ductus excretorius der Gl. vesiculosa)
Beckenboden und Penis (Corpus spongiosum)	• Urethra masculina

D Das Ejakulat (Normwerte und Begriffe)
Das Ejakulat besteht aus Spermatozoen und Samenflüssigkeit, die v. a. aus den Gll. vesiculosae (ca. 70 %) und der Prostata (ca. 30 %) stammt.

Menge	2–6 ml
pH	7,0–7,8
Spermatozoenzahl	ca. 40 Millionen/ml (davon 40–50 % sehr lebhaft beweglich; mindestens 60 % normal gebildet)
Spermatozoenlänge	ca. 60 µm
Normospermie	normales Ejakulat
Aspermie	kein Ejakulat
Hypospermie	< 2 ml Ejakulat
Normozoospermie	normale Spermatozoenzahl/ml (s. o.)
Azoospermie	keine Spermatozoen
Oligozoospermie	< 20 Millionen Sp./ml
Nekrozoospermie	alle Spermatozoen unbeweglich
Teratozoospermie	> 60 % fehlgebildete Spermatozoen

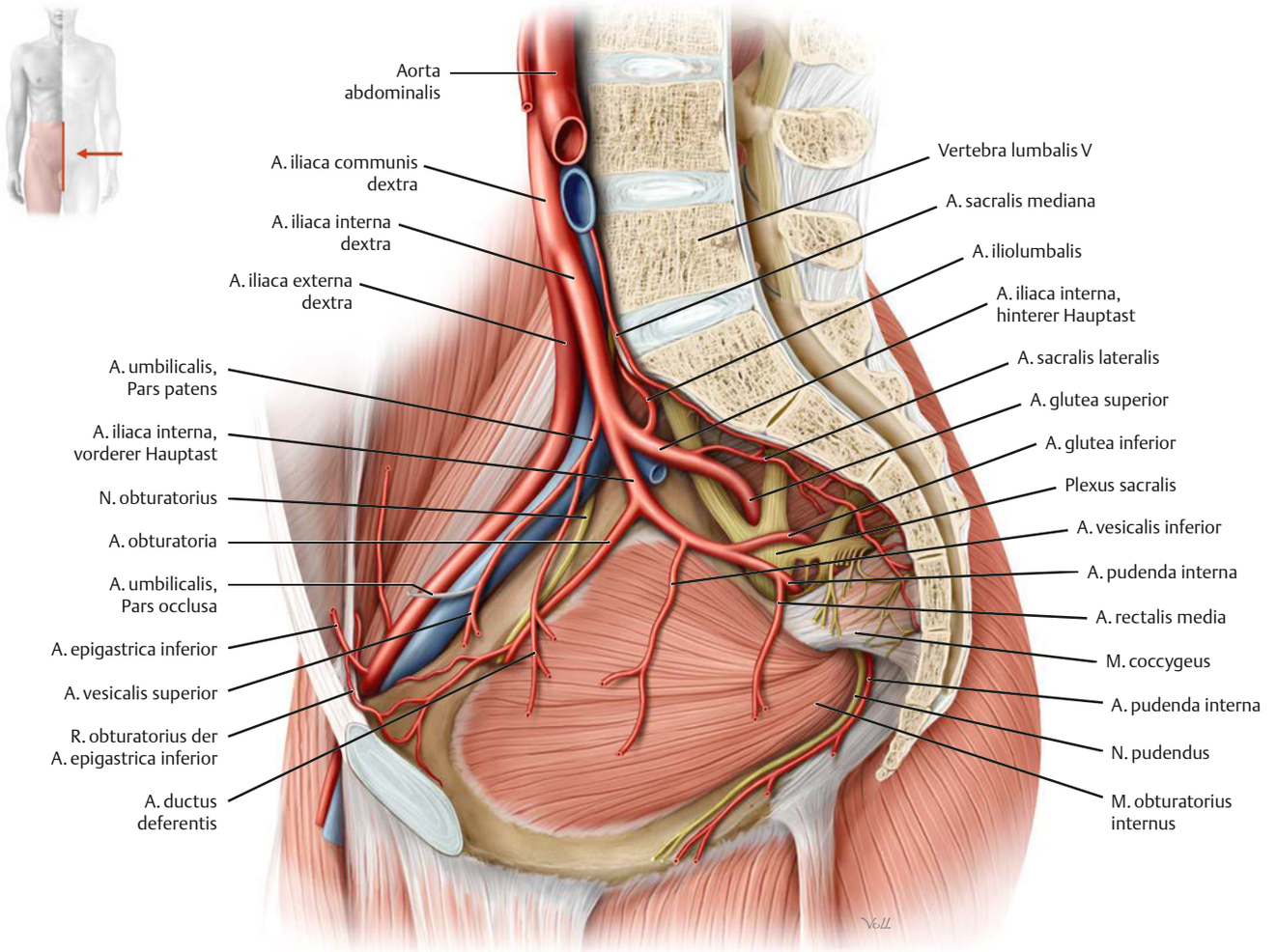


E Samenstrang (Funiculus spermaticus) in situ
Ansicht von ventral; Canalis inguinalis beidseits, Hüllen des Funiculus spermaticus ventral eröffnet, um den Verlauf des Ductus deferens zu zeigen. Der im Vergleich zur Frau beim Mann durch den Samenstrang deutlich weitere Canalis inguinalis mit dem weiteren Leistenring prädisponiert den Mann für das Auftreten von Eingeweidebrüchen (Hernien) durch den Leistenkanal (Leistenhernie, Hernia inguinalis, vgl. Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem).
Beachte: Der Ductus deferens kreuzt die A. und V. epigastrica inferior. Dies ist bei Operationen am Leistenring zu beachten, um eine Gefäßverletzung zu vermeiden.

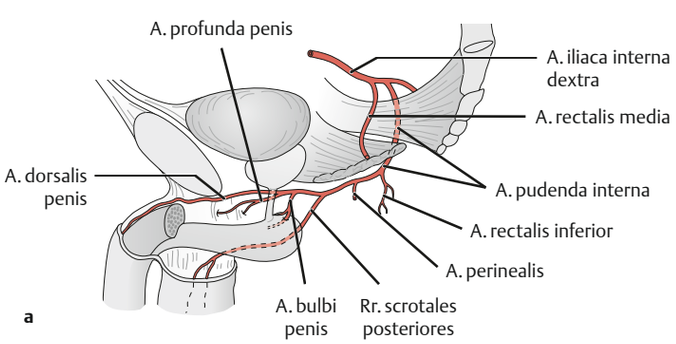


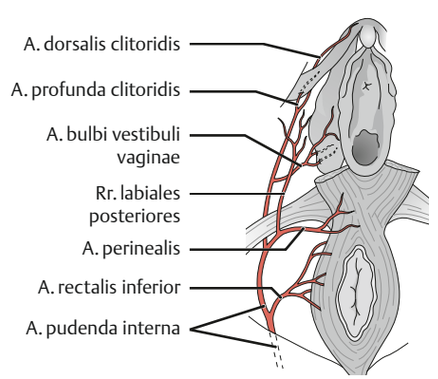
F Inhaltsgebilde des Funiculus spermaticus
Querschnitt durch den Samenstrang. Dargestellt sind die Wandschichten des Funiculus spermaticus und die räumliche Anordnung seiner Anteile. Ein schon normalerweise ausgeprägtes Venengeflecht (Plexus pampiniformis) kann bei pathologischer krampfaderartiger Erweiterung um den Hoden herum (Varikozele, etwa bei einem Blutabflusshindernis) durch Überwärmung des Hodens zur Fertilitätsminderung führen.
Beachte: Der Plexus pampiniformis fließt in die V. testicularis ab. Diese mündet rechts in die V. cava inferior, links nach Verlauf in der Nähe des unteren Nierenpols fast rechtwinkelig in die V. renalis. Eine Strömungsbehinderung in der V. testicularis (Raumforderung am Nierenpol, ungünstige Strömungsverhältnisse durch Mündungswinkel) führt deshalb dazu, dass Varikozelen links häufiger auftreten als rechts.

5.14 Äste der A. iliaca interna: Arterien zu Beckenorganen und Beckenwand im Überblick



A Äste der rechten A. iliaca interna im männlichen Becken
Sagittalschnitt; Ansicht von links, Beckenorgane entfernt; das Bild ist stark idealisiert.
Die A. iliaca interna entspringt aus der A. iliaca communis. Vor dem M. piriformis (s. **D**) teilt sie sich in 60 % der Fälle in einen vorderen und hinteren Hauptast auf. Vom vorderen Hauptast gehen Beckenwand- (parietale) und Eingeweideäste (viszerale) ab, vom hinteren Hauptast nur Beckenwandäste. Zur Astfolge im Einzelnen s. **C**.
Beachte die Lagebeziehung der A. iliaca interna bzw. ihrer Äste zum Plexus sacralis. Einige Äste der A. iliaca interna „verschwinden" hinter diesem Nervengeflecht.





B Verlauf und Äste der rechten A. pudenda interna am Beckenboden
Die A. pudenda interna ist in **A** nur ansatzweise sichtbar. Im Schema hier ist ihr weiterer Verlauf dargestellt.

a Gefäßverlauf beim Mann (gleiche Perspektive wie in **A**);

b Gefäßverlauf bei der Frau. Der Verlauf der A. pudenda interna im weiblichen Becken ist analog zum Verlauf im männlichen Becken. Die Ansicht von unten soll zum einen die Seitenansicht in **a** ergänzen, zum anderen ist sie bei der Frau im Zusammenhang mit operativen Eingriffen am Beckenboden wichtig.

C Astfolge der A. iliaca interna

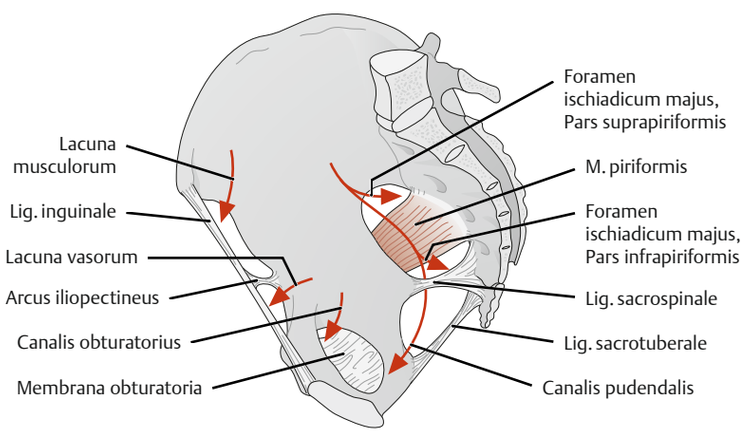
Die A. iliaca interna versorgt die Wände und die Organe des Beckens mit jeweils fünf parietalen und fünf bis sechs viszeralen Ästen (→ = „gibt ab“).

Parietale Äste (Beckenwände)	
A. iliolumbalis zur seitlichen Beckenwand	→ *R. lumbalis* → *R. spinalis* → *R. iliacus*
A. sacralis lateralis zur dorsalen Beckenwand	→ *Rr. spinales*
A. obturatoria zur vorderen und seitlichen Beckenwand	→ *R. pubicus* → *R. acetabularis* → *R. anterior* → *R. posterior*
A. glutea superior zur Gesäßregion	→ *R. superficialis* → *R. profundus*
A. glutea inferior zur Gesäßregion	→ *A. comitans nervi ischiadici*

Viszerale Äste (Beckenorgane)	
A. umbilicalis ihre Pars patens gibt ab:	→ *A. ductus deferentis* (zum Samenleiter) und → *A. vesicalis superior* (zur Harnblase)
A. vesicalis inferior zum Harnblasengrund	→ *Rr. prostatici*
A. uterina entspricht der A. ductus deferentis des Mannes, s. o., die allerdings nicht direkt aus der A. iliaca interna hervorgeht	→ *Rr. helicini* → *Rr. vaginales* → *R. ovaricus* → *R. tubarius*
A. vaginalis Ursprung als eigener Ast der A. iliaca interna (wie hier aufgeführt) oder (häufiger) der A. vesicalis inferior oder der A. uterina (dann A. azygos vaginae)	
A. rectalis media zu Ampulla recti und M. levator ani	→ *Rr. vaginales* (w) → *Rr. prostatici* (m)
A. pudenda interna (wird wegen der Abgabe der A. rectalis inferior hier zu den viszeralen Ästen gezählt)	→ *A. rectalis inferior* (u. a. zum terminalen Rectum) → *A. perinealis* zum Damm → *Rr. scrotales posteriores* (m)/*labiales posteriores* (w) → *A. urethralis* → *A. bulbi vestibuli* (w)/*bulbi penis* (m) → *A. clitoridis* (w)/*dorsalis penis* (m) → *A. profunda clitoridis* (w)/*penis* (m) → *Aa. perforantes penis*

D Arterielle Versorgungsstraßen in der Beckenwand

Sicht auf eine rechte Beckenhälfte von medial. Dargestellt sind die Beckenöffnungen, durch die die Arterien zusammen mit den gleichnamigen Venen ziehen. Sie bilden auf diese Weise sechs Versorgungsstraßen. Als Leitstruktur dienen der M. piriformis, die Ligg. sacrospinale, sacrotuberale und inguinale und die Membrana obturatoria (s. auch **E**).

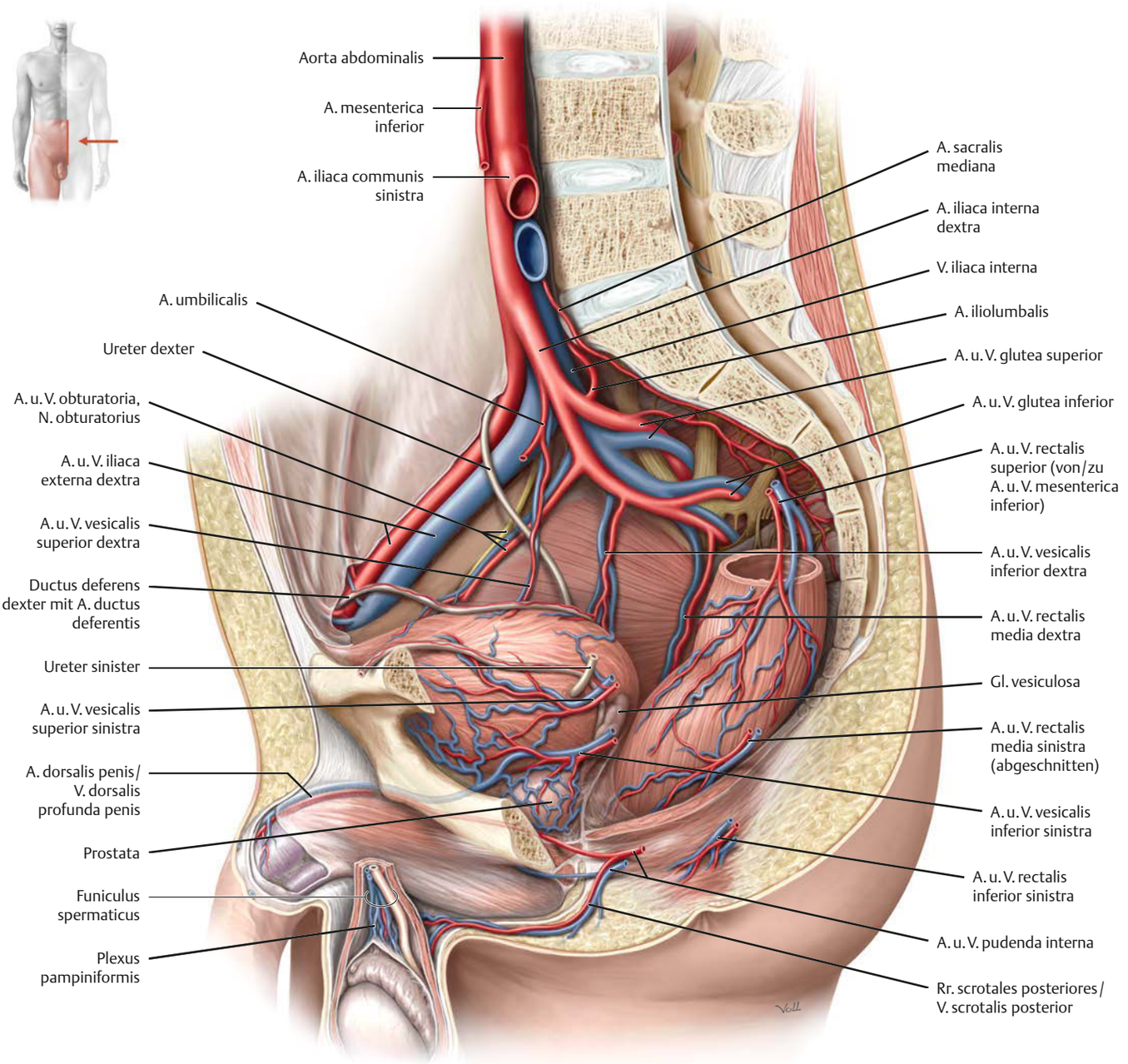


E Gefäß-Nerven-Straßen an den Beckenwänden

An den Beckenwänden liegen sechs größere Gefäß-Nerven-Straßen; vier (*) davon enthalten Äste der A. iliaca interna.

Straße	Durchziehende Leitungsbahnen
dorsal	
① Foramen ischiadicum majus, Pars suprapiriformis* (oberhalb des M. piriformis)	A. u. V. glutea superior, N. gluteus superior
② Foramen ischiadicum majus, Pars infrapiriformis* (unterhalb des M. piriformis)	A. u. V. glutea inferior, N. gluteus inferior, N. ischiadicus, A. u. V. pudenda interna, N. pudendus, N. cutaneus femoris posterior
am Beckenboden	
③ Canalis pudendalis*	A. u. V. pudenda interna, N. pudendus
lateral	
④ Canalis obturatorius*	A. u. V. obturatoria, N. obturatorius
ventral	
⑤ Lacuna musculorum (dorsal des Lig. inguinale, lateral des Arcus iliopectineus)	N. femoralis, N. cutaneus femoris lateralis
⑥ Lacuna vasorum (dorsal des Lig. inguinale, medial des Arcus iliopectineus)	A. u. V. femoralis, Lymphgefäße (die A. femoralis ist ein Ast der A. iliaca externa), R. femoralis des N. genitofemoralis

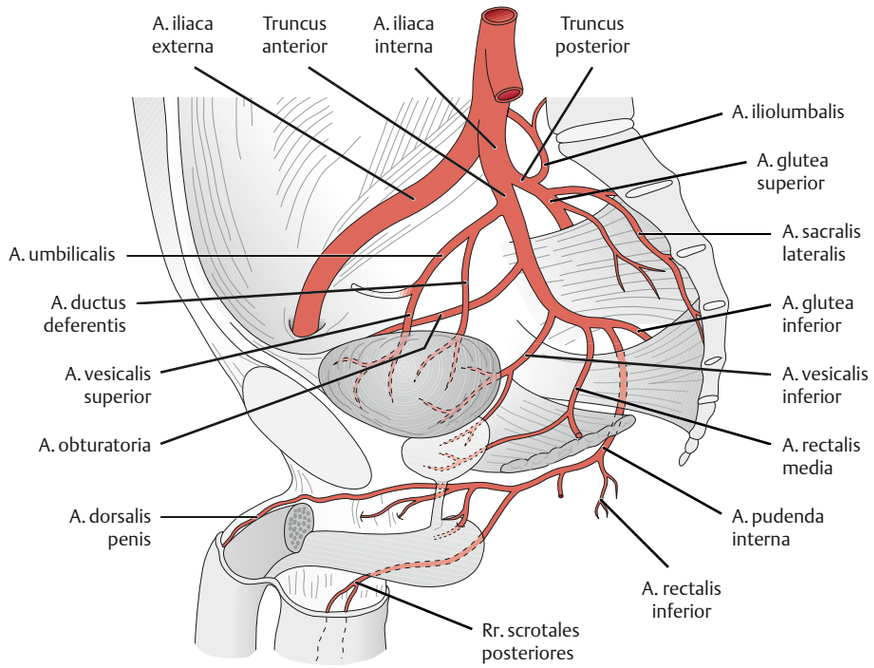
5.15 Gefäßversorgung der Beckenorgane beim Mann



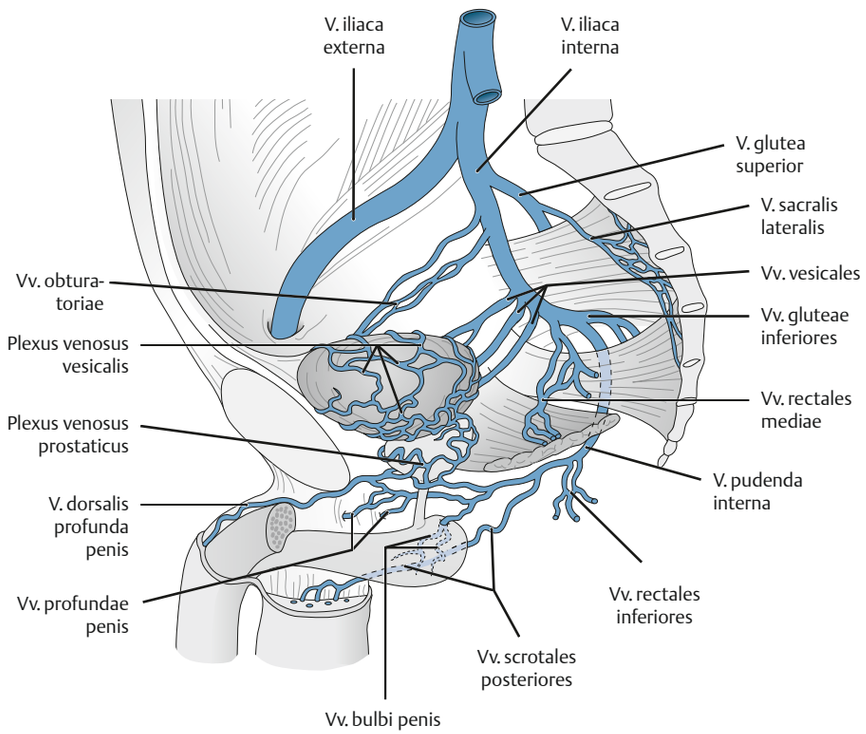
A Arterielle Versorgung und venöse Drainage der Beckenorgane beim Mann (Übersicht)

Sicht von links in eine rechte Beckenhälfte (Kombination aus mehreren Sagittalschnitten), Bild stark idealisiert.

Die **arterielle Versorgung** der Beckenorgane erfolgt durch die viszeralen Äste der A. iliaca interna, die **venöse Drainage** – oft parallel zu den Arterien – durch die gleichnamigen Venen in das Stromgebiet der V. iliaca interna. Im Gegensatz zu den Arterien sind die Venen auf jeder Beckenseite oft mehrfach angelegt und organnah häufig zu größeren Geflechten (Plexus) erweitert. Die Hauptunterschiede der arteriellen Versorgung bzw. venösen Drainage der Beckenorgane von Mann und Frau resultieren aus der ausgeprägten Versorgung von Uterus und Vagina bei der Frau: Bei der Frau werden Uterus und Vagina durch *eigene*, größere Gefäße versorgt. Beim Mann dagegen versorgen kleinere Äste aus Gefäßen der Nachbarorgane (Harnblase, Rectum) die akzessorischen Genitaldrüsen mit.

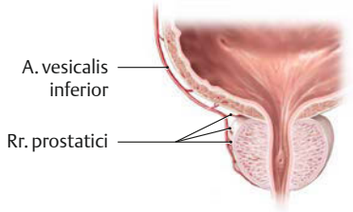


B Astfolge der rechten A. iliaca interna und ihre Projektion auf das männliche Becken



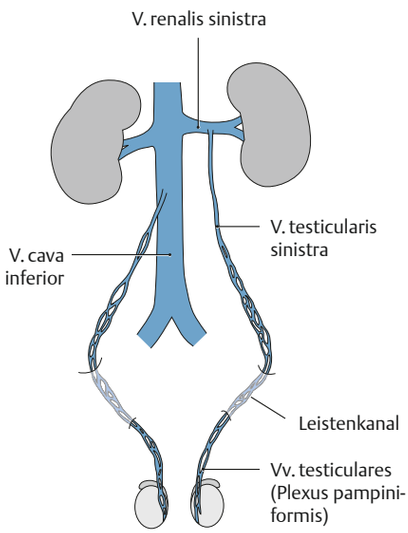
C Venöse Drainage von Harnblase und männlichem Genitale

Große venöse Geflechte um die Harnblase (Plexus venosus vesicalis) und die Prostata (Plexus venosus prostaticus) fließen über die Vv. vesicales in die V. iliaca interna ab. Durch eine anastomotische Verbindung zwischen dem Plexus venosus prostaticus und dem Plexus venosus vertebralis (hier nicht sichtbar, dient der venösen Drainage der Wirbelsäule und des Wirbelkanals) kann Blut in die untere Wirbelsäule gelangen. Auf diesem Weg können Tumorzellen bei einem Prostatakarzinom als Metastasen in die Wirbelsäule (Rückenschmerzen!) verschleppt werden.



D Arterielle Versorgung der Glandula prostatica

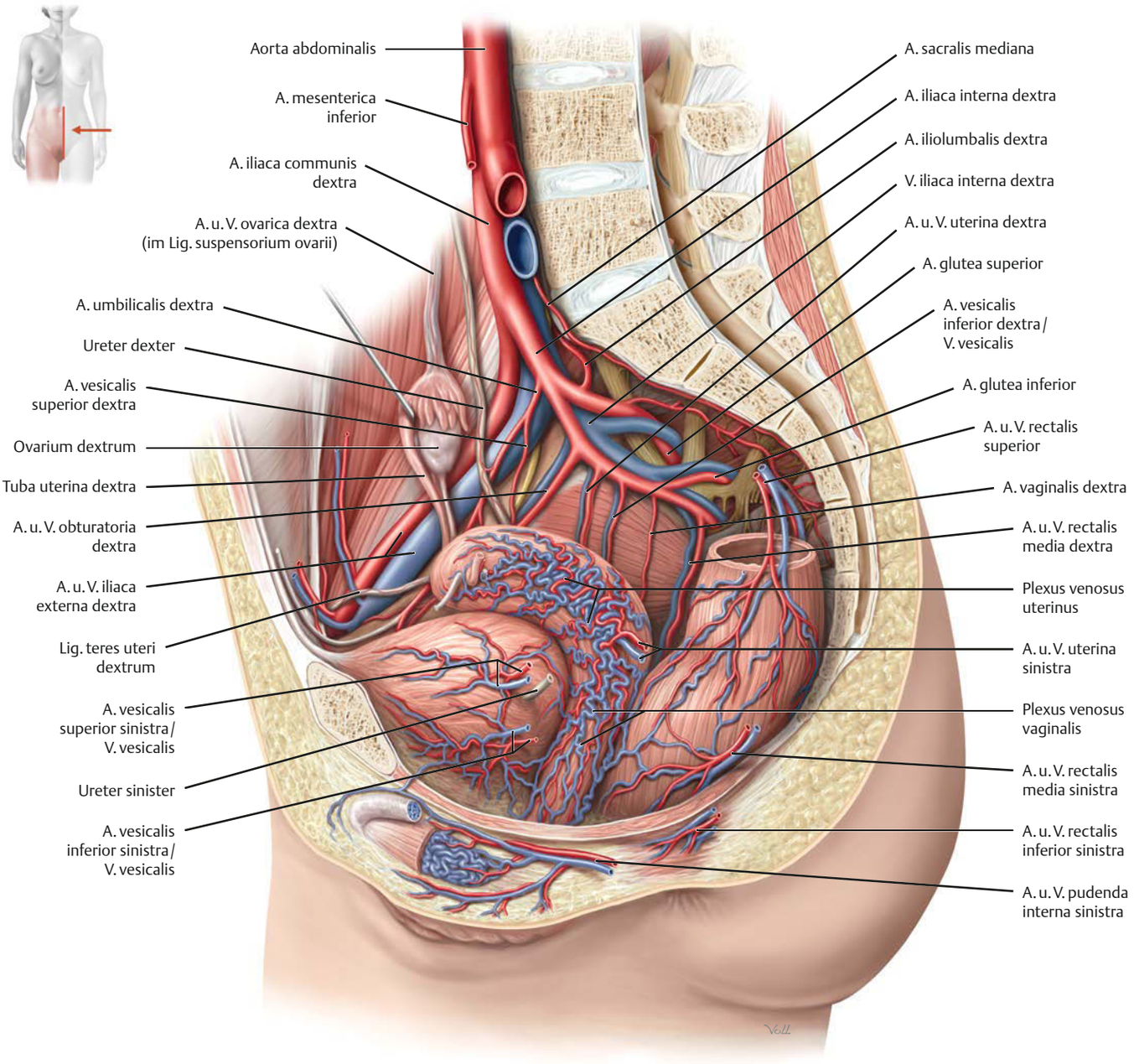
Frontalschnitt, Ansicht von ventral. Rr. prostatici kommen hauptsächlich aus der A. vesicalis inferior, zum kleineren Teil aus der A. rectalis media (hier nicht sichtbar). Die Rr. prostatici zweigen sich außerhalb der Organkapsel der Prostata in sehr zahlreiche kleine Ästchen auf.



E Unterschiedlicher venöser Abfluss des rechten und linken Hodens

Das venöse Blut aus Hoden und Nebenhoden fließt im Bereich des Mediastinum testis in die Vv. testiculares, die besonders in ihrem distalen Verlauf ein längsgestrecktes Venengeflecht, den Plexus pampiniformis, bilden. Er umgibt die Äste der A. testicularis und zieht mit ihr durch den Leistenkanal in den retroperitonealen Raum. Dort mündet die *rechte* V. testicularis in die V. cava inferior, die *linke* in die V. renalis sinistra. Die unterschiedliche venöse Entsorgung ist klinisch von großer Bedeutung: Die Einmündung in die V. renalis sinistra erfolgt im rechten Winkel. Dadurch entsteht eine physiologische Engstelle, an der es zu Abflusstörungen des venösen Blutes kommen kann. Diese können zu krampfaderartigen Erweiterungen (sog. Varikozelen, s. S. 343) der linken V. testicularis und damit auch des Plexus pampiniformis führen. Der Plexus pampiniformis kann dann seine Funktion als „Temperaturregler“ (Kühlen des aus der A. testicularis zurückströmenden, venösen Blutes) nicht mehr ausreichend erfüllen. Die Folge ist eine lokale Überwärmung und damit häufig eine eingeschränkte Fertilität des linken Hodens.

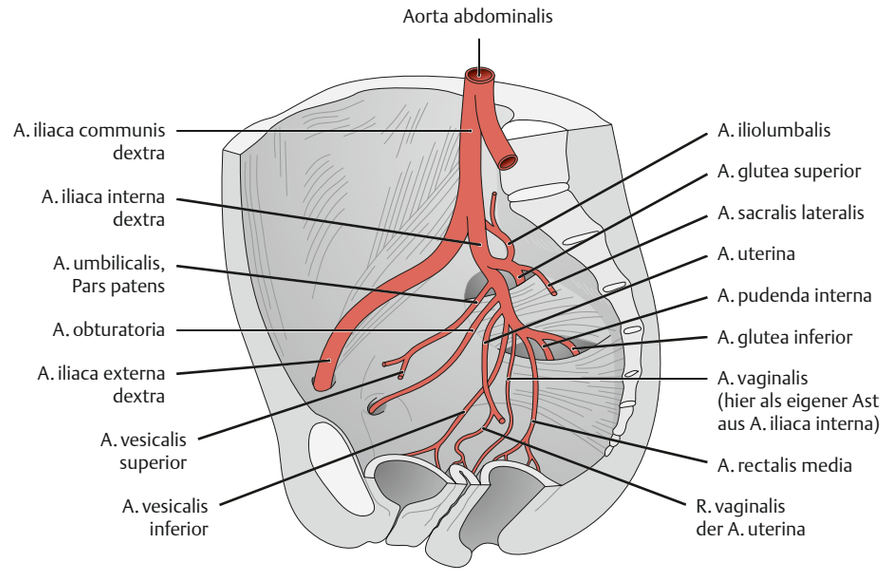
5.16 Gefäßversorgung der Beckenorgane bei der Frau



A Arterielle Versorgung und venöse Drainage der Beckenorgane bei der Frau (Übersicht)
Sicht auf die Organe des weiblichen Beckens von links.

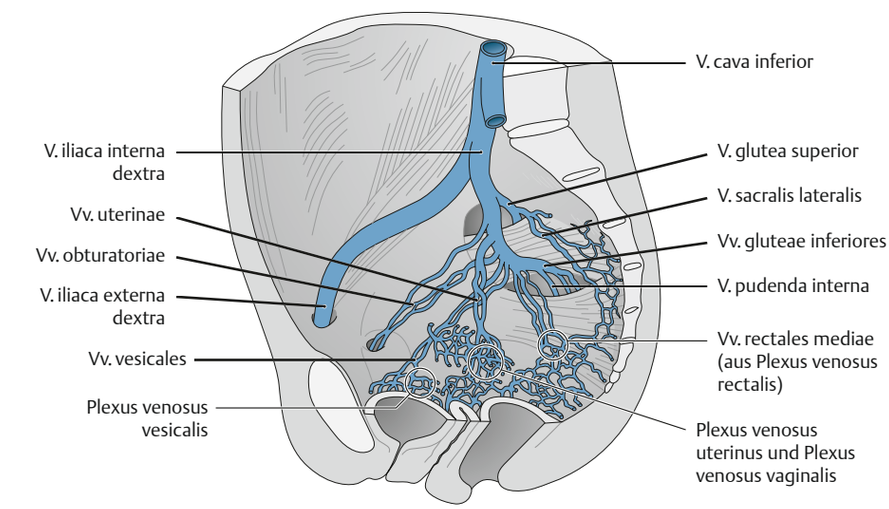
Arterielle Versorgung: Der Uterus wird über die A. uterina versorgt, die jeweils einen Ast zur Tuba uterina (R. tubarius) und zum Ovar (R. ovaricus) abgibt. Die Harnblase wird über die Aa. vesicales superiores (mit Rr. ureterici zum Ureter) und inferiores versorgt. Das Rectum erhält eine A. rectalis media direkt aus der A. iliaca interna und eine A. rectalis inferior aus der A. pudenda interna, die den Beckenboden und auch das äußere weibliche Genitale versorgt. Eine Besonderheit bildet das Ovar, das zwei Gefäße hat: Aufgrund seines embryonalen Deszensus nimmt das Ovar seine Gefäße (A. ovarica/V. ovarica) aus dem oberen Abdomen mit ins Becken (dort gibt die A. ovarica auch einen R. tubarius zur Tuba uterina) hinab und erhält dort zusätzlich Anschluss an die A. uterina. Die A. uterina verläuft im Lig. latum zum Uterus, wobei sie vom Ureter unterkreuzt wird (s. S. 351). Sie erreicht den Uterus etwa an der Korpus-Zervix-Grenze. Hier gibt sie häufig einen R. vaginalis zur Vagina ab und verläuft ab da stark geschlängelt zum Fundus uteri. Diese Schlängelung ermöglicht die Streckung der A. uterina im Falle einer Uterusvergrößerung durch eine Schwangerschaft.

Venöse Drainage: Die venöse Drainage des Uterus erfolgt über den Plexus uterinus in die V. uterina, die einen analogen Verlauf hat wie die Arterie. Die V. uterina mündet in die V. iliaca interna. Die V. ovarica führt das Blut des Ovars rechts direkt in die V. cava inferior, links über den Umweg der V. renalis sinistra. Die venöse Drainage der Harnblase erfolgt über Vv. vesicales meist direkt in die V. iliaca interna. Die aus Ästen der A. iliaca interna versorgten Rectumabschnitte leiten ihr venöses Blut über gleichnamige Venen in die V. iliaca interna.



B Astfolge der rechten A. iliaca interna im weiblichen Becken

Ansicht von links. Der wesentliche Unterschied zum Gefäßverlauf beim Mann (s. auch **E**, S. 346) ergibt sich durch die Gefäße zu Uterus und Vagina. Der **Uterus** erhält ein großes Gefäß, die A. uterina, die meist eigenständig aus der A. iliaca interna entspringt (das analoge Gefäß beim Mann, die A. ductus deferentis, kommt meist aus der A. umbilicalis). Sie *kann* allerdings auch aus der A. rectalis media entspringen, die dann besonders dick ist. Die arterielle Versorgung der **Vagina** weist ebenfalls Varianten auf. Sie erfolgt entweder durch eine eigene A. vaginalis aus der A. iliaca interna oder durch einen R. vaginalis, entweder aus der A. uterina oder aus der A. vesicalis inferior.



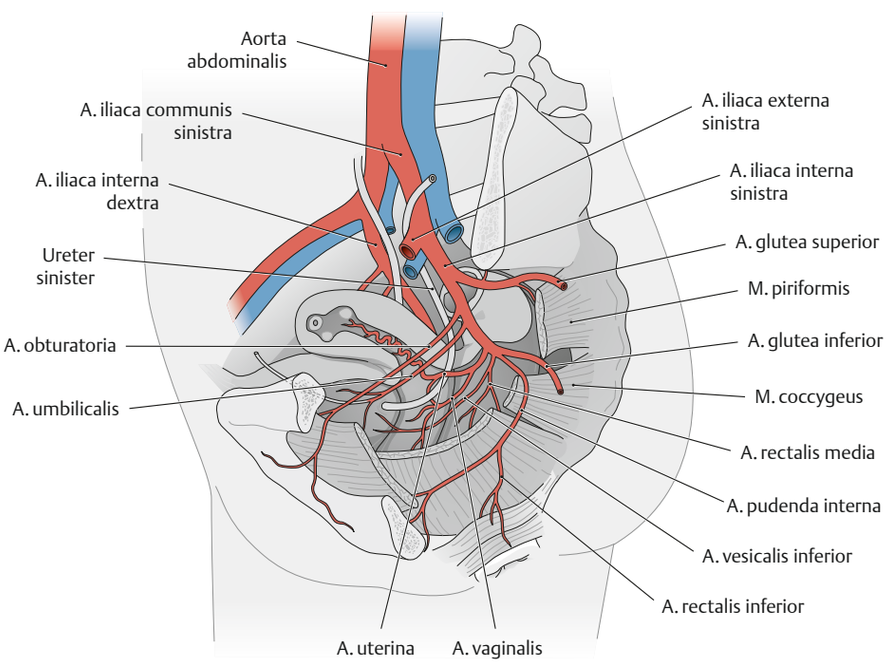
C Venöse Drainage der Organe des weiblichen Beckens

Ansicht von links. Dargestellt ist die rechte V. iliaca interna.

Der Abfluss erfolgt i. Allg. über vier Plexus (s. auch **D**):

- Plexus venosus vesicalis (Vv. vesicales);
- Plexus venosus vaginalis (Vv. vesicales);
- Plexus venosus uterinus (V. uterina);
- Plexus venosus rectalis (Vv. rectales).

Die Vv. rectales mediae und inferiores münden in das Stromgebiet der V. iliaca interna, die V. rectalis superior fließt in die V. mesenterica inferior ab. (V. rectalis superior und inferior hier nicht sichtbar.)

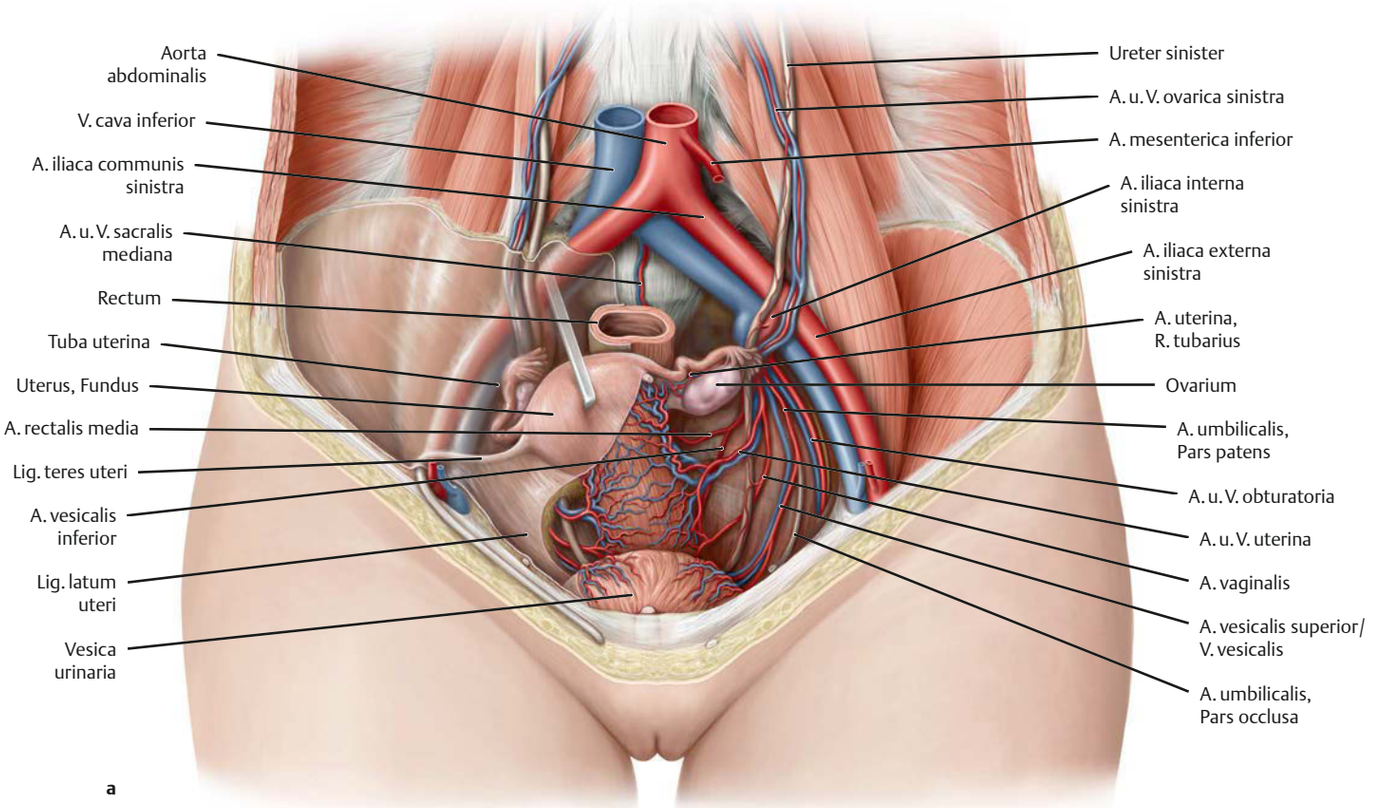


D Arterielle Versorgung von Uterus, Vagina und Harnblase

Sicht in das Becken von links, Lig. latum uteri aufgeschnitten. Dargestellt sind die Äste der linken A. iliaca interna.

Beachte den geschlängelten Verlauf der A. uterina neben dem Corpus uteri aufwärts, der in dieser Seitenansicht besonders gut erkennbar ist. Die Ursprünge der A. uterina und der A. vaginalis weisen erhebliche Variationen auf.

5.17 Gefäßversorgung des inneren Genitales und der Harnblase bei der Frau



A Gefäßversorgung des inneren Genitales
a Übersicht; Peritoneum links ganz, rechts größtenteils entfernt; Uterus aufgerichtet und nach rechts gekippt; **b** arterielle Versorgung; **c** venöse Drainage.
Das innere weibliche Genitale wird von zwei großen **Arterien** bzw. deren Ästen versorgt:

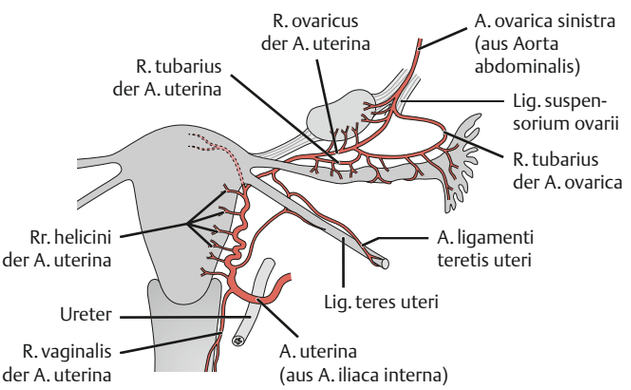
- Ovar: erhält zwei arterielle Zuflüsse: v. a. aus der A. ovarica sowie aus einem R. ovaricus der A. uterina (s. u. Eierstockarkade),
- Uterus: aus der A. uterina,
- Tuba uterina: aus je einem R. tubarius der A. ovarica und der A. uterina.

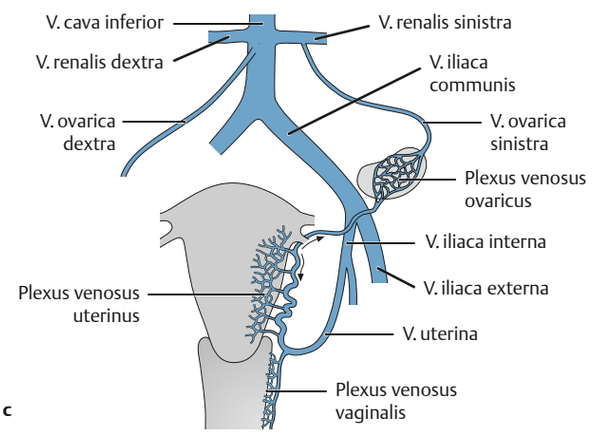
Die beiden großen Arterien entspringen unterschiedlichen Stämmen: die A. ovarica meist der Aorta abdominalis (Varianten s. **C**), die A. uterina der A. iliaca interna (viszeraler Ast).
Beachte die sog. Eierstockarkade (s. **b**), die bei Operationen zu berücksichtigen ist: Sie wird von der A. ovarica und dem R. ovaricus aus der A. uterina gebildet.

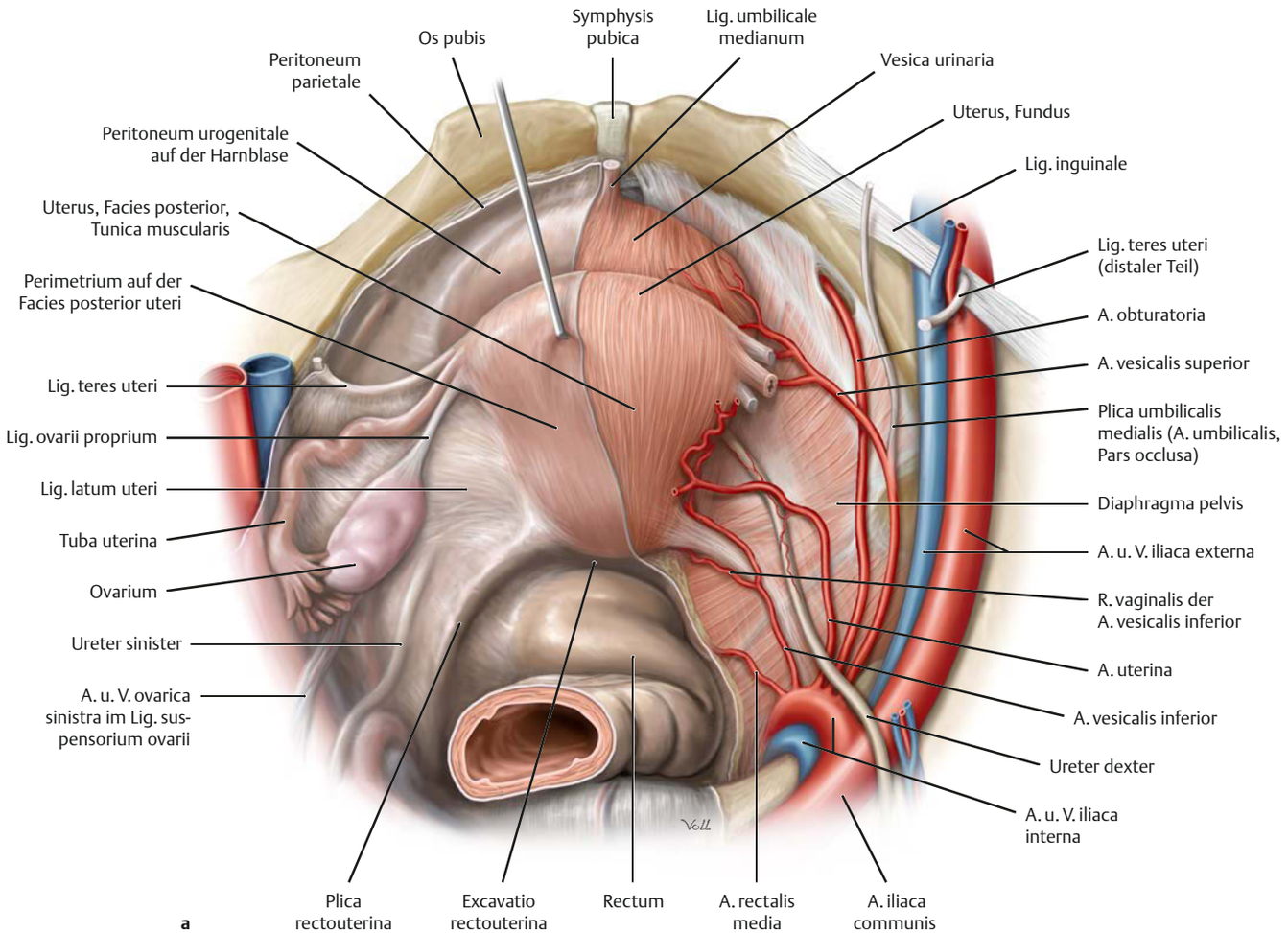
Die **venöse Drainage** des weiblichen Genitales erfolgt über zwei große Venen bzw. Venenplexus:

- Uterus: über den Plexus venosus uterinus, teilweise den Plexus venosus vaginalis in die V. uterina und von dort in die V. iliaca interna,
- Ovar: über die V. ovarica in die V. cava inferior, rechts direkt, links über den Umweg V. renalis sinistra; über den Plexus venosus ovaricus: venöser Kurzschluss zwischen V. ovarica und V. uterina (Plexus fließt in beide Venen ab).

Arterien und Venen verlaufen im Peritoneum: die A. und V. ovarica im Lig. suspensorium ovarii, die A. und V. uterina im Lig. latum.



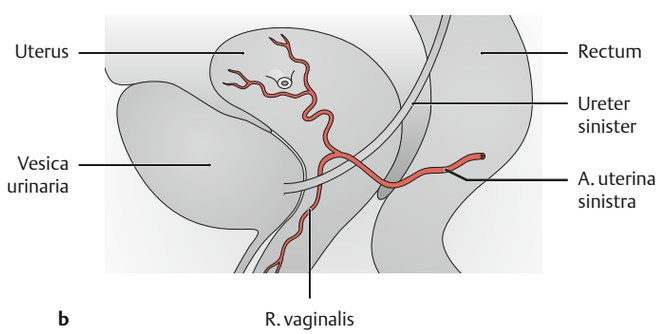


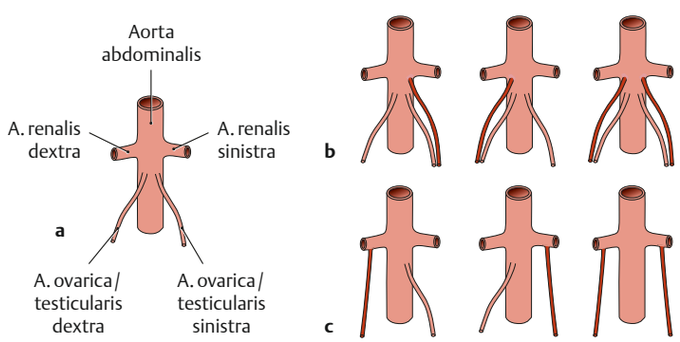


B Lagebeziehung von A. uterina und Ureter

a Sicht in ein weibliches Becken von kranial, Peritoneum rechts größtenteils entfernt, Dickdarm abgetrennt, so dass nur noch ein Rektumstumpf sichtbar ist; Uterus nach ventral gezogen; **b** Sicht von links auf die linke Arterie und den linken Ureter.

Die A. uterina verläuft im Lig. latum (in **a** rechts zur besseren Übersicht gemeinsam mit dem Peritoneum entfernt, links in situ belassen) zum Uterus, wobei sie vom Ureter unterkreuzt wird (Verletzungsgefahr des Ureters bei Operationen am Uterus).





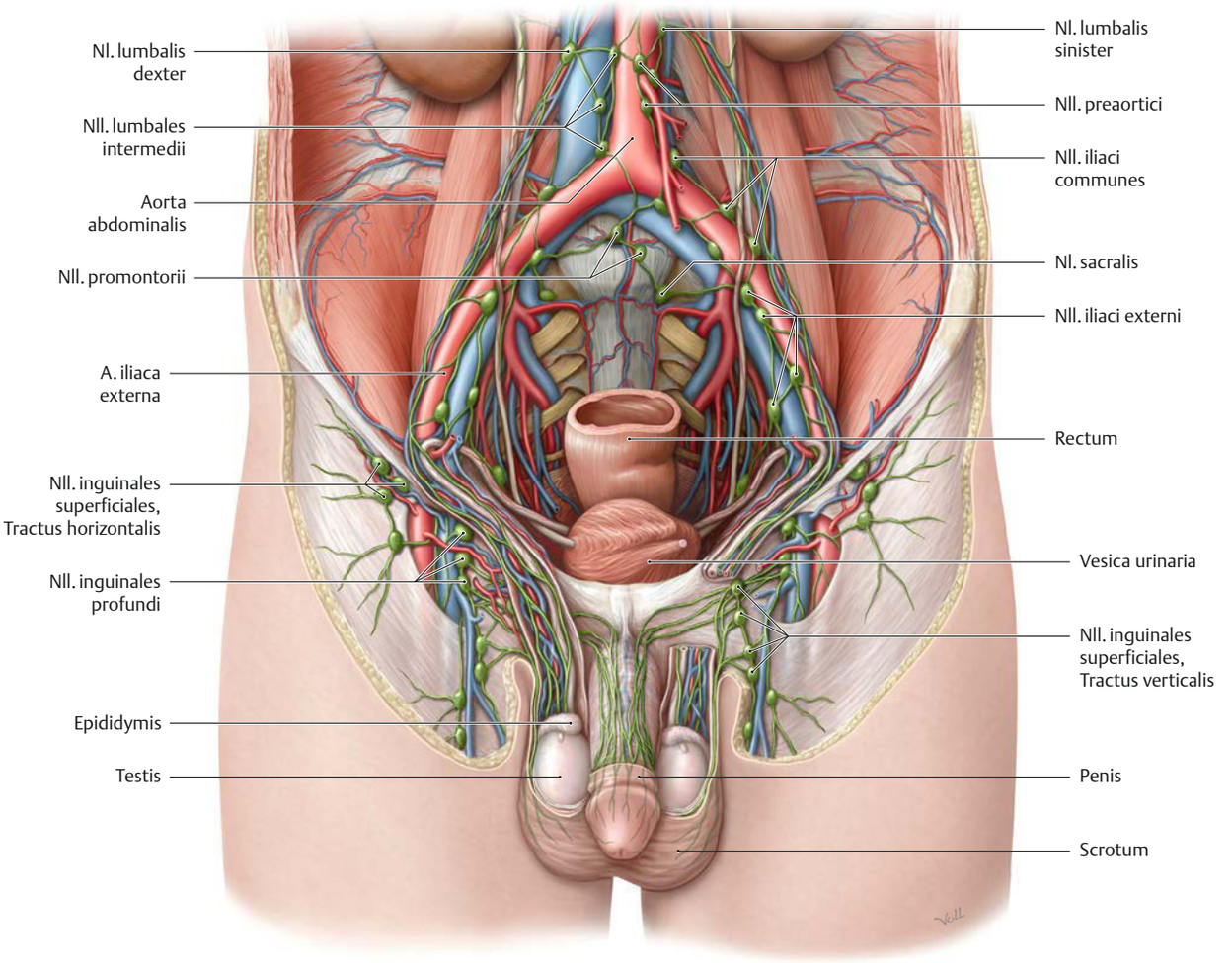
C Ursprungsvarianten der Aa. ovaricae/testiculares (nach Lippert u. Pabst)

a Normalfall: Die Aa. ovaricae/testiculares gehen aus der Aorta abdominalis hervor (Häufigkeit ca. 70 %).

b Es liegen zusätzliche Gefäße vor (Häufigkeit ca. 15 %).

c Die Arterien entspringen der A. renalis (Häufigkeit ca. 15 %).

5.18 Lymphabfluss des männlichen und des weiblichen Genitales



A Lymphknoten und -abflusswege des männlichen äußeren und inneren Genitales

Ansicht von ventral, alle Abschnitte des Magen-Darm-Traktes entfernt bis auf einen Rektumstumpf; Peritoneum abgetragen, Harnblase leicht nach links gezogen. Als *äußeres Genitale* werden hier nur Penis und Scrotum verstanden. Hoden und Nebenhoden werden – trotz ihrer Lage – aus entwicklungsgeschichtlichen Gründen zum *inneren Genitale* gerechnet, ebenso wie Prostata und Gl. vesiculosa. (Zum Lymphabfluss von Prostata, Hoden und Nebenhoden s. **B**.)

Beachte: Die lumbalen Lymphknoten, in die *Hoden und Nebenhoden* ihre Lymphe abführen, liegen topografisch nicht in unmittelbarer Nähe dieser Organe, wie das sonst bei den „Organ-Lymphknoten" meist der Fall ist. Daraus ergibt sich – analog zum Lymphabfluss des Ovars – ein langer Lymphabflussweg von Hoden und Nebenhoden zu den Nll. lumbales. Metastasen eines bösartigen Tumors finden sich daher zumeist in den Nll. lumbales. Der Abfluss des *äußeren Genitales* erfolgt in die Nll. inguinales superficiales und profundi. Zwischen den Lymphgefäßen auf dem Penisrücken existieren Anastomosen, die einen bilateralen Lymphabfluss gestatten. Aufgrund dieses beidseitigen Abflusses kann z. B. ein maligner Tumor auf der *rechten* Seite des Penis in die rechten *und* die linken Nll. inguinales metastasieren.

B Lymphabfluss von Hoden, Nebenhoden und akzessorischen Genitaldrüsen

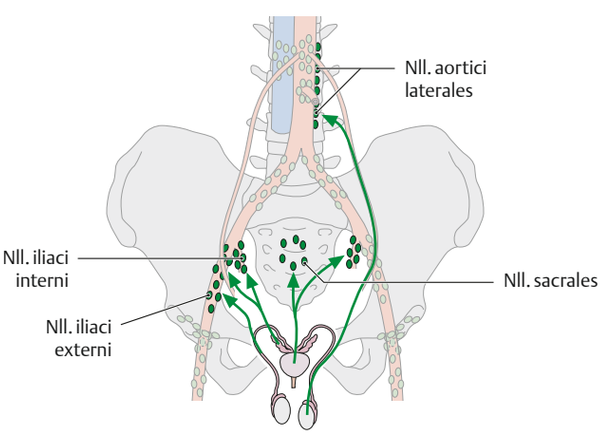
Die gesamte Lymphe des männlichen Genitale wird über unterschiedliche parietale Lymphknotengruppen letztlich in lumbale Knoten um Aorta abdominalis und V. cava inferior geleitet (s. S. 221 u. 223). Im Einzelnen gibt es folgende Abflusswege:

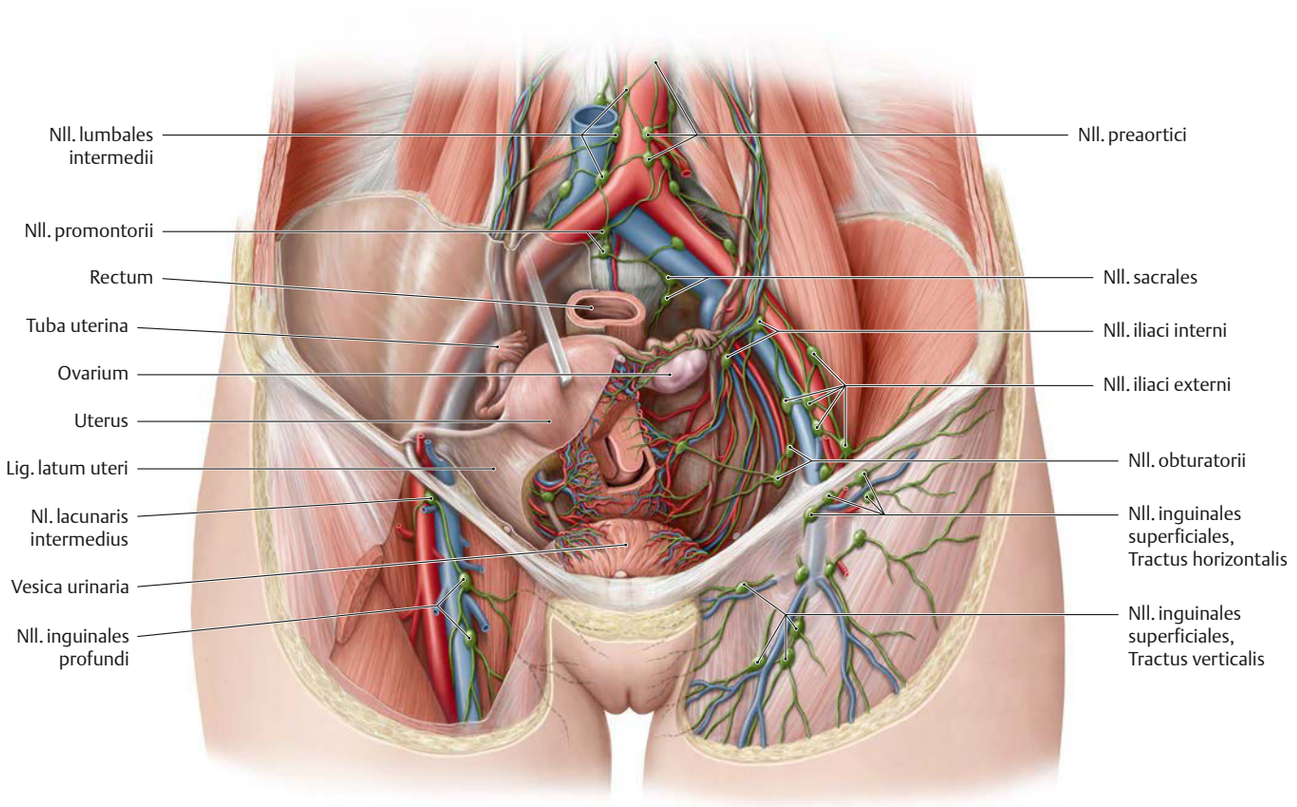
Hoden und Nebenhoden: langer direkter Abfluss entlang der Vasa testicularia in die Nll. lumbales dextri und sinistri;

Ductus deferens: in die Nll. iliaci (hauptsächlich externi, gering auch interni);

Gl. vesiculosa: Nll. iliaci interni und externi (gemeinsam mit Ductus deferens);

Prostata (mehrere Wege): Nll. iliaci externi; entlang der Blasengefäße zu den Nll. iliaci interni; Nll. sacrales (weiter in Nll. lumbales).

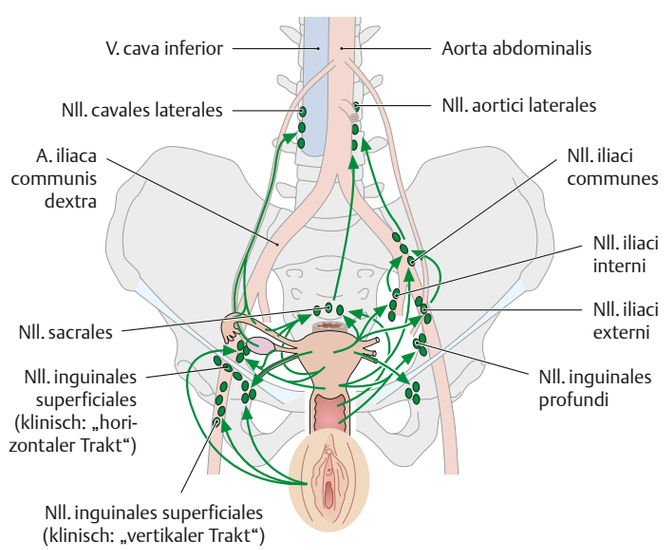




C Lymphknoten und -abflusswege des weiblichen äußeren und inneren Genitales

Ansicht von ventral, Uterus nach rechts gekippt. Das Lig. latum ist links vollständig, rechts teilweise entfernt bzw. eröffnet, um die zahlreichen Lymphgefäße sichtbar zu machen, die hier verlaufen. Im Interesse der Übersichtlichkeit sind jeweils nur einzelne Lymphknoten innerhalb bestimmter Lymphknotengruppen dargestellt. Im weiblichen Becken fließt die *Lymphe des inneren Genitales* v. a. in die Nll. iliaci und lumbales, die *Lymphe des äußeren Genitales* hauptsächlich in die Nll. inguinales. Die Nll. inguinales werden im klinischen Sprachgebrauch in einen Tractus horizontalis und einen Tractus verticalis eingeteilt, wobei die lymphatische Drainage des *äußeren* Genitales vorzugsweise in den Tractus verticalis erfolgen soll.

Beachte: Das Ovar drainiert trotz seiner Lokalisation im Becken in die lumbalen Lymphknoten. Ein großer Teil der Lymphgefäße des Uterus verläuft im Lig. latum, so dass die lymphogene Ausbreitung bösartiger Uterustumoren durch das Lig. latum erfolgt, also nach lateral in Richtung Beckenwand.



D Lymphabfluss des weiblichen Genitales

Das gesamte Genitale leitet seine Lymphe über unterschiedliche parietale Lymphknotengruppen letztlich in lumbale Knoten um Aorta abdominalis und V. cava inferior (s. S. 221 u. 223).

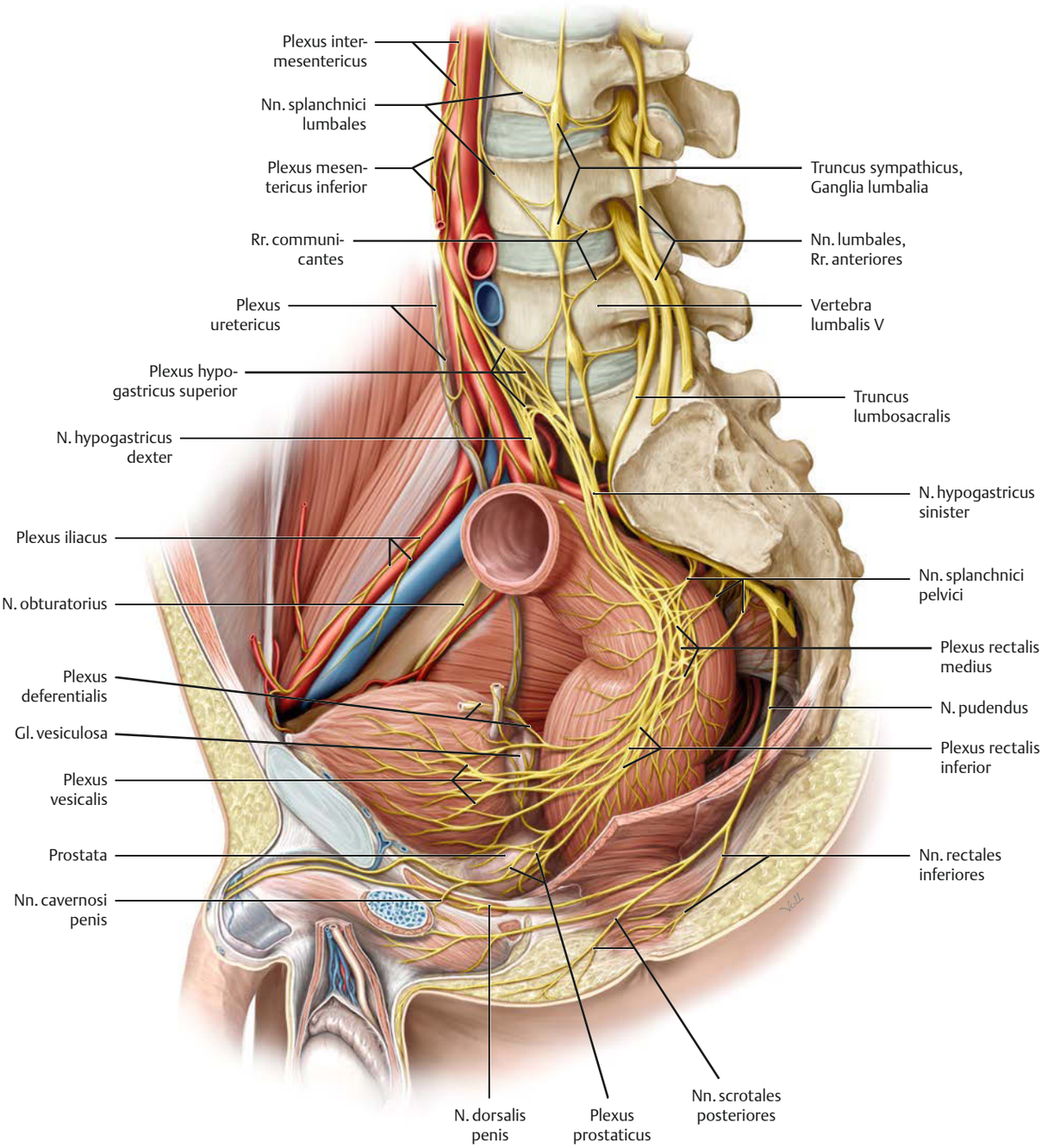
Äußeres Genitale (und unterste Abschnitte der Vagina): Nll. inguinales superficiales und profundi; über einen Nebenweg (nicht dargestellt) direkt zu den Nll. iliaci.

Inneres Genitale:

- Ovar und (v. a. uterusferne) Tubenabschnitte: langer Abflussweg zu den Nll. lumbales um Aorta abdominalis und V. cava inferior,
- Fundus und Corpus uteri und (v. a. uterusnahe) Tubenabschnitte: Nll. sacrales; Nll. iliaci interni und externi,
- Uterus (Cervix) sowie mittlere und obere Abschnitte der Vagina: Nll. inguinales profundi.

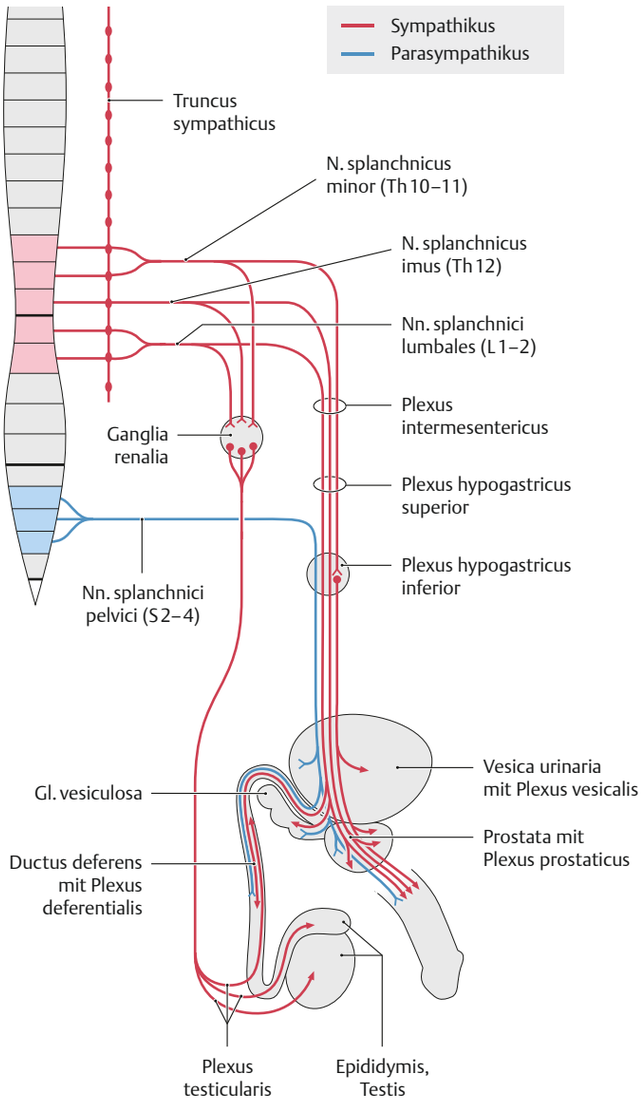
Beachte: Kleine viszerale Lymphknoten für Uterus und Vagina (Nll. parauterini, Nll. paravaginales, hier nicht dargestellt) liegen organnah im regionalen Beckenbindegewebe (Parametrium und Paracolpium).

5.19 Vegetative Innervation des männlichen Genitales



A Vegetative Innervation des männlichen Genitales im Überblick
Sicht auf einen männlichen Beckensitus von links; Bild zur Verdeutlichung der räumlichen Verhältnisse aus mehreren Schnittebenen zusammengesetzt.

Die *sympathischen* Fasern zur Versorgung des männlichen Genitales entstammen für Hoden (Testis) und Nebenhoden (Epididymis) den Nn. splanchnici minor, imus und lumbales, für die akzessorischen Genitaldrüsen (Prostata, Gl. vesiculosa und Gll. bulbourethrales) sowie Penis und Samenleiter (Ductus deferens) den Nn. splanchnici lumbales und sacrales. Die *parasympathische* Versorgung, die deutlich geringer ausgeprägt ist als die sympathische, entstammt für das männliche Genitale ganz überwiegend den Nn. splanchnici pelvici (vgl. **B**). Sympathische und parasympathische Fasern verbinden sich zum *Plexus hypogastricus inferior*, in den auch die Nn. hypogastrici einstrahlen (die aus der Aufteilung des Plexus hypogastricus superior hervorgehen). Der paarige Plexus hypogastricus inferior, aus dem auch die Plexus zur Versorgung der Harnorgane hervorgehen (s. S. 225), teilt sich dann in mehrere Plexus zur Innervation der Genitalorgane auf (s. **C**).



B Vegetative Innervation des männlichen Genitales im Einzelnen
Sie erfolgt:

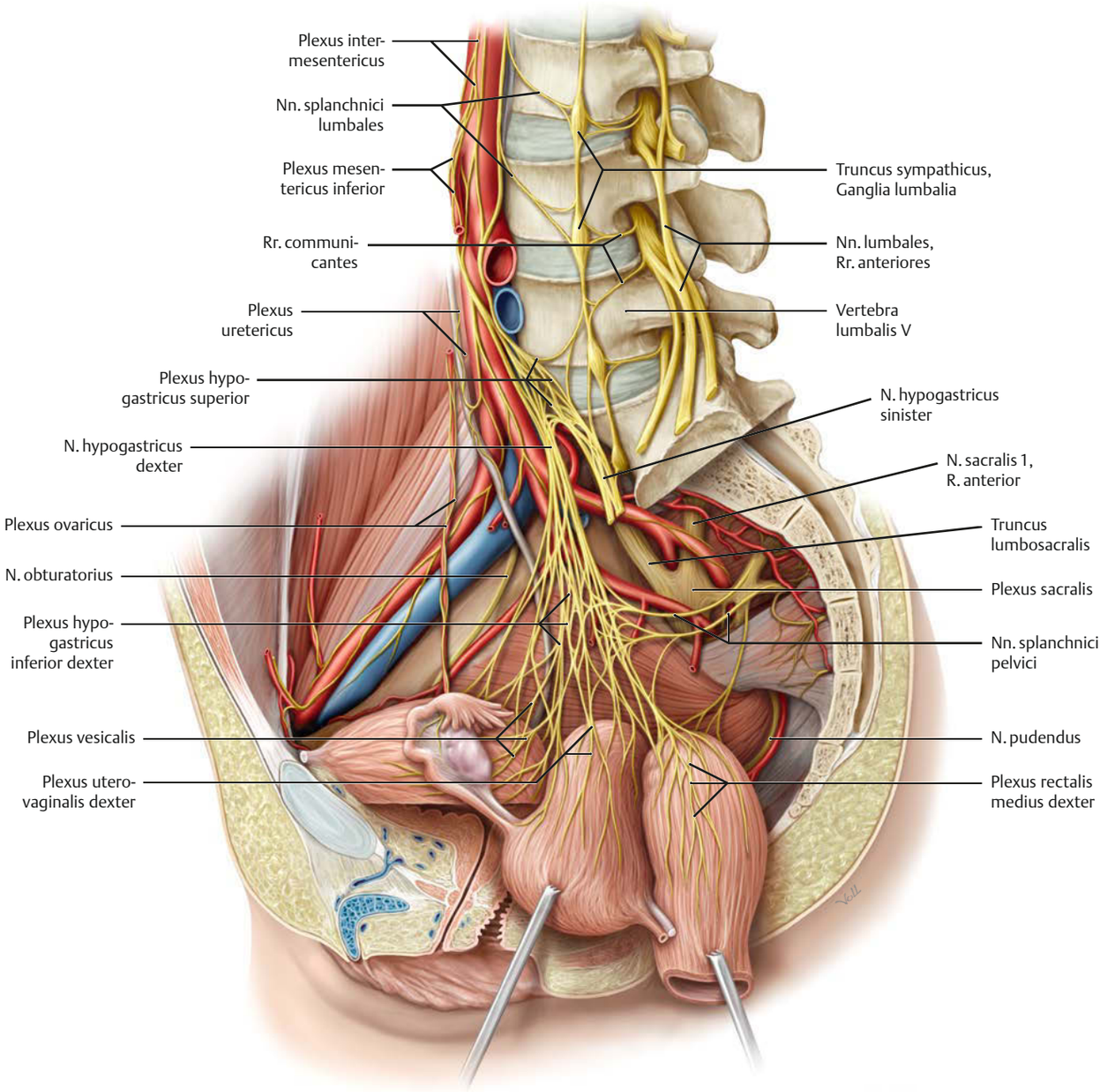
- für die **akzessorischen Genitaldrüsen (Prostata, Gl. vesiculosa und Gll. bulbourethrales)** über den Plexus prostaticus, der aus dem Plexus hypogastricus inferior (hier sollen auch Schmerzfasern laufen) abzweigt;
- für den **Penis** ebenfalls über Äste des Plexus prostaticus und über die Nn. cavernosi penis (s. **A**); in beiden Fällen erfolgt die Umschaltung auf das 2. Neuron in den Ganglienzellen des Plexus hypogastricus inferior;
- für den **Samenleiter (Ductus deferens)** hauptsächlich aus dem Plexus deferentialis, der ebenfalls aus dem Plexus hypogastricus inferior abzweigt, sowie – in geringeren Anteilen – aus dem Plexus testicularis, der entlang der A. testicularis verläuft.
- Der Hoden (Testis) erhält den größten Anteil seiner vegetativen Innervation aufgrund seines Deszensus aus dem Plexus testicularis (sympathische Fasern entlang der A. testicularis, die in den Ganglia renalia umschalten), der auch Fasern zum Nebenhoden (Epididymis) abgibt. Beide Organe erhalten in geringem Umfang eine vegetative Innervation aus dem Plexus hypogastricus inferior (in **C** nicht berücksichtigt).

C Vegetative Innervation des männlichen Genitales

1. Neuron	Peripherer Verlauf (sympathisch und parasympathisch)	Zielorgan	Effekt
sympathisch:			
Th10–12 (Nn. splanchnici minor u. imus)	über Ganglia renalia zum Plexus testicularis	• Testis • Epididymis	• Vasokonstriktion
L1–2 (Nn. splanchnici lumbales u. sacrales)	über Plexus hypogastricus superior, Plexus hypogastrici inferiores zum Plexus prostaticus und zum	• Prostata • Gll. bulbourethralis und Gl. vesiculosa	• Sekretabgabe
		• Penis (teilweise)	• Ejakulation
	Plexus deferentialis	• Ductus deferens	• Kontraktion
parasympathisch:			
S 2–4 (Nn. splanchnici pelvici)	über Plexus hypogastricus superior und Plexus hypogastrici inferiores zum Plexus prostaticus, weiter zu den Nn. cavernosi penis	• Penis/ Schwellkörper	• Erektion

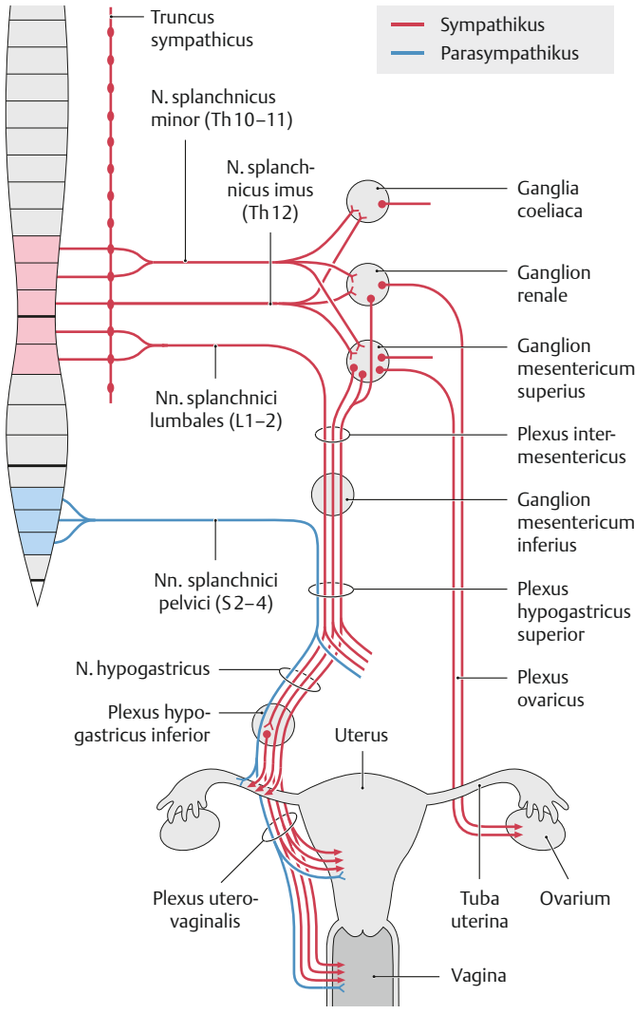
D Head-Zone der linken männlichen Gonaden
Bei Erkrankungen des Hodens (z. B. Entzündungen) können Schmerzen in dieses Hautareal projiziert werden. Schmerzen an den Gonaden werden wie auch Schmerzen am Darm nicht genau dort empfunden, wo das Organ lokalisiert ist.

5.20 Vegetative Innervation des weiblichen Genitales



A Vegetative Innervation des weiblichen Genitales im Überblick
Sicht auf einen rechten, weiblichen Beckensitus von links, Rectum und Uterus herausgeklappt. Das Bild ist zur Verdeutlichung der räumlichen Verhältnisse aus mehreren Schnittebenen zusammengesetzt.
Die *sympathischen* Fasern für Uterus, Tuben und Ovar entstammen ganz überwiegend den Nn. splanchnici minor, imus und lumbales, die *parasympathischen* den Nn. splanchnici pelvici.
Beachte: Die Umschaltung der Fasern, die zum Ovar ziehen, erfolgt hauptsächlich bereits in den Ganglia renalia, da das Ovar seine vegetative Versorgung aufgrund des physiologischen Deszensus aus dem Abdomen mitnimmt. Die Fasern ziehen dann weiter zum Plexus ovaricus, der zusätzlich Fasern aus dem Plexus mesentericus superior enthält. Dies entspricht der Innervation des Hodens über die Ganglia renalia sowie den Plexus mesentericus superior und inferior und Plexus testicularis beim Mann.

B Head-Zone der weiblichen Gonaden
In diese Hautareale können Schmerzen bei Erkrankungen (z. B. Entzündungen) der Organe projiziert werden. Auch Schmerzen durch Erkrankung der weiblichen Gonaden werden oft nicht präzise an das Organ lokalisiert.



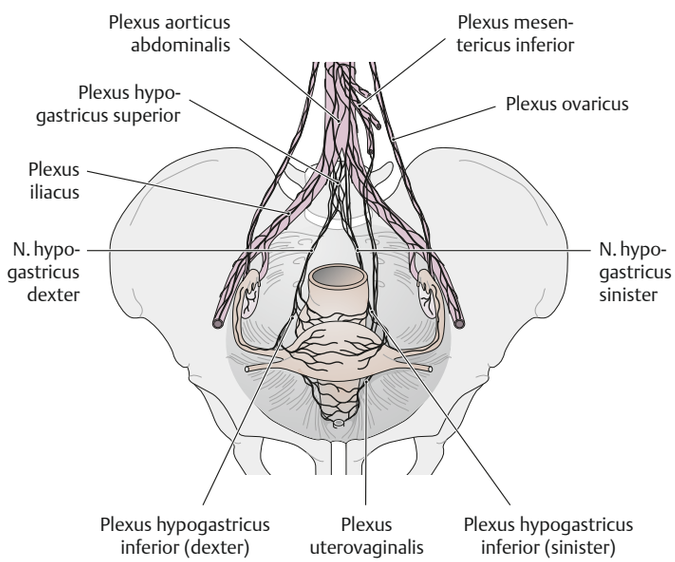
C Vegetative Innervation des weiblichen Genitales

Die Innervation des **Ovars** erfolgt aufgrund des physiologischen Deszensus des Ovars auf einem langen Weg entlang der A. ovarica im Lig. suspensorium ovarii (Plexus ovaricus, der aus dem Plexus aorticus abdominalis über die Ganglia renalia entspringt; diese Innervation ist analog zur Innervation des Hodens über den Plexus testicularis).

Uterus, Tuba uterina und **Vagina** werden vegetativ aus dem Plexus hypogastricus inferior innerviert. Der *sympathische Anteil* entstammt den Nn. splanchnici minor, imus und lumbales. Diese schalten teilweise in den Ganglia mesenterica, teilweise in Ganglienzellen des Plexus hypogastricus inferior um. Die *parasympathischen Anteile* kommen aus den Nn. splanchnici pelvici (S2–4), die entweder im Plexus hypogastricus inferior oder in/an der Organwand umschalten. Beidseits des Uterus bildet sich aus Ästen des Plexus hypogastricus inferior der stark ausgeprägte Plexus uterovaginalis (Frankenhäuser). Das Ovar kann längs der Tube eine weitere vegetative Versorgung aus dem Plexus hypogastricus inferior erhalten.

D Vegetative Innervation des weiblichen Genitales

1. Neuron	Peripherer Verlauf (sympathisch und parasympathisch)	Zielorgan	Effekt
sympathisch:			
Th10–12 (Nn. splanchnici minor u. imus)	über Ganglia renalia und Ganglion mesentericum superius zum Plexus ovaricus	• Ovar	• Vasokonstriktion
L1–2 (Nn. splanchnici lumbales)	über Plexus hypogastricus superior, Nn. hypogastrici, Plexus hypogastricus inferior zum Plexus uterovaginalis	• Uterus • Tuba uterina • Vagina	• Kontraktion (am Uterus in Abhängigkeit vom Hormonstatus)
		• Vagina	• Vasokonstriktion
parasympathisch:			
S2–4 (Nn. splanchnici pelvici)	Plexus hypogastricus superior, Plexus hypogastrici inferiores zum Plexus uterovaginalis, weiter zu den Nn. cavernosi clitoridis	• Uterus, Tuba uterina	• Vasodilatation
		• Vagina	• Transsudation
		• Clitoris	• Erektion



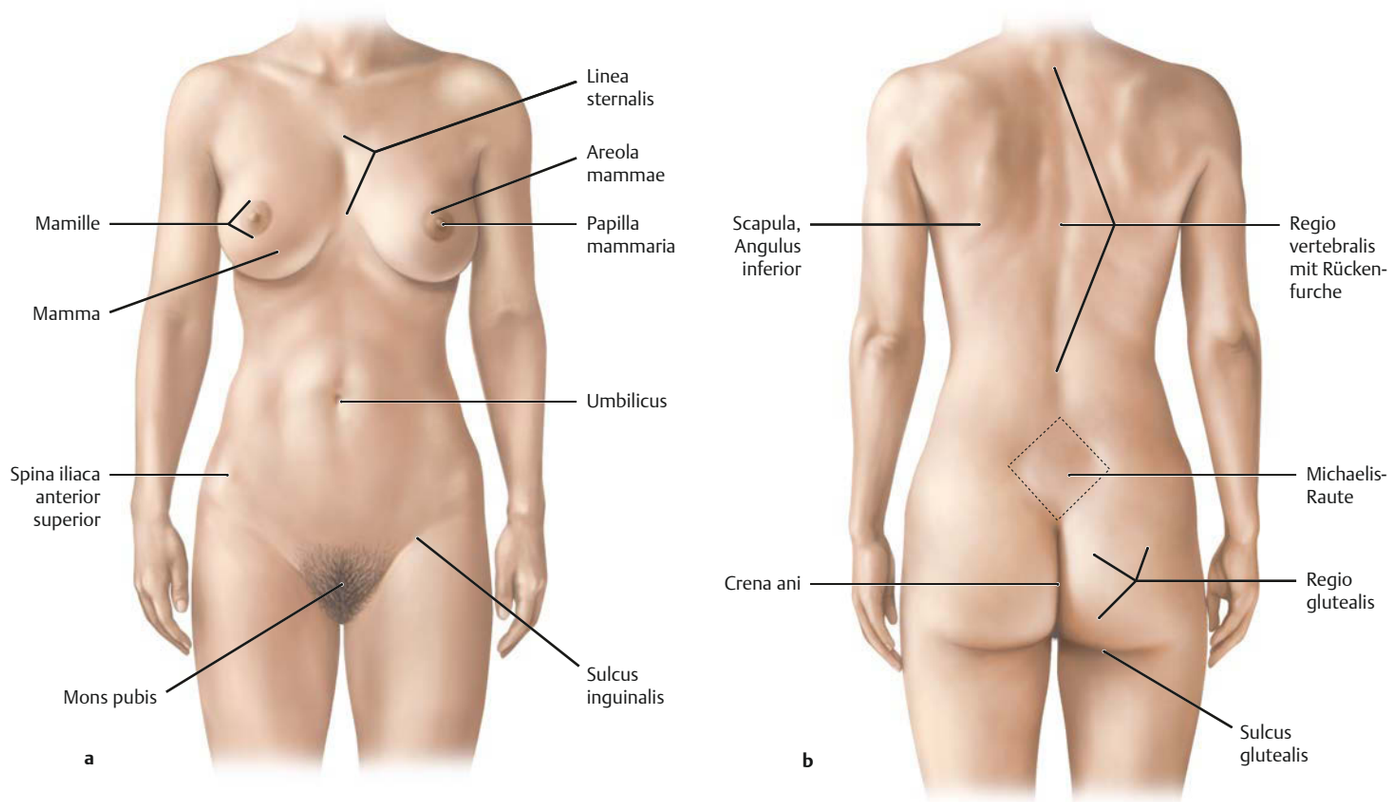
E Übersicht über die vegetativen Plexus im weiblichen Becken

Ansicht von ventral.

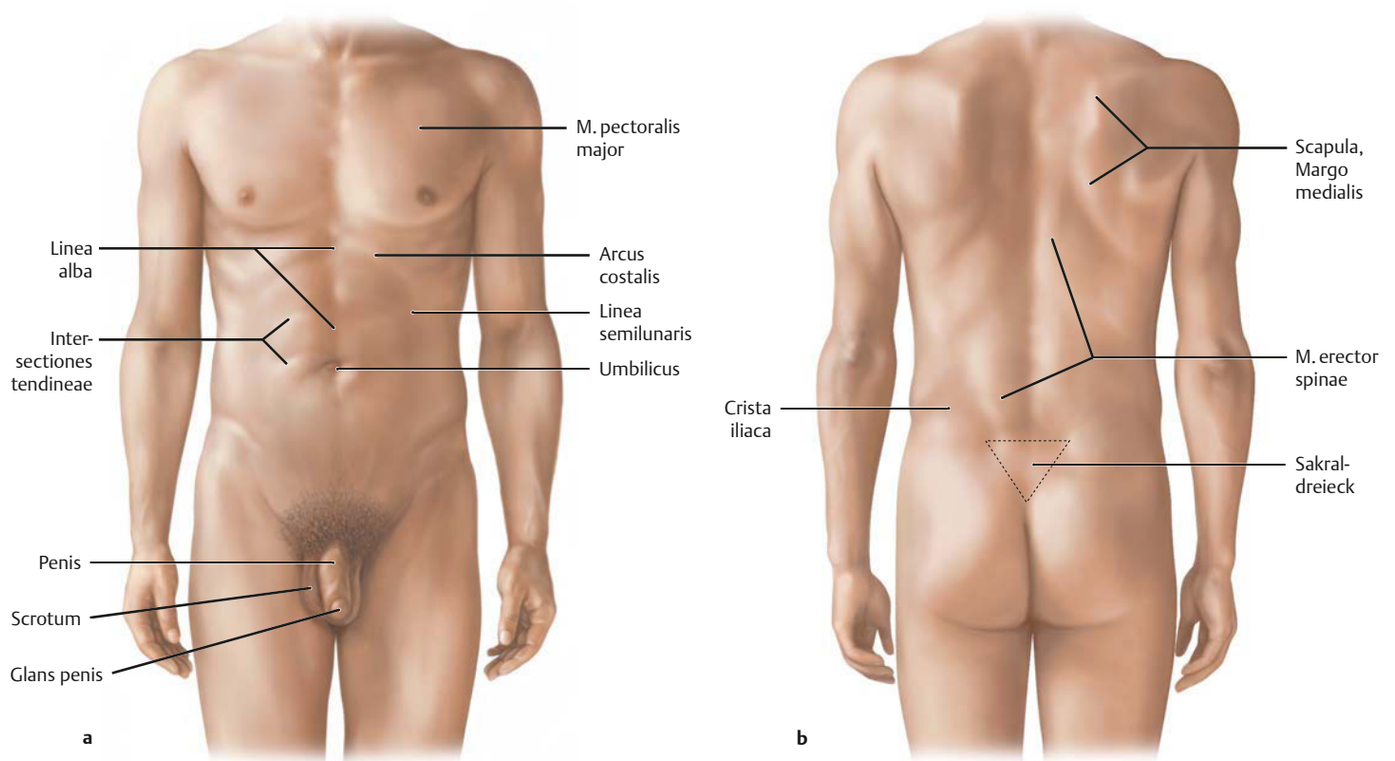
Beachte die Aufteilung des Plexus hypogastricus superior in *zwei Nn. hypogastrici*, die in *beide Plexus hypogastrici inferiores* übergehen; diese geben dann einzelne Organplexus ab zu Rectum, Uterus, Vagina und Harnblase (s. **A**).

Die Versorgung des Ovars erfolgt größtenteils über den Plexus ovaricus entlang der A. ovarica im Lig. suspensorium ovarii. Die vegetative Versorgung des weiblichen Beckens entspricht also der im männlichen; durch die sehr starke Innervation des Uterus sind die Geflechte im weiblichen Becken jedoch stärker ausgeprägt.

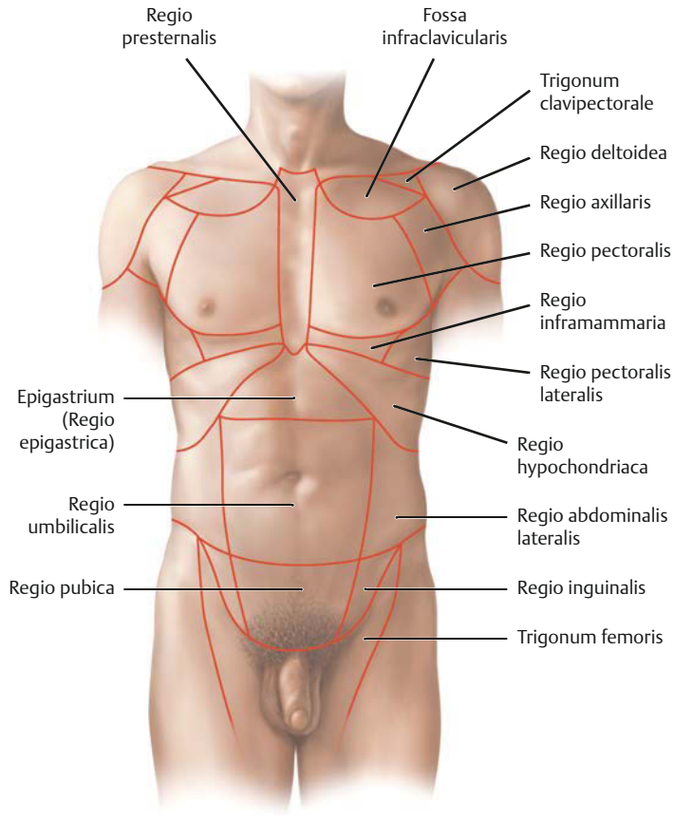
6.1 Oberflächenanatomie, topografische Regionen und tastbare Knochenpunkte



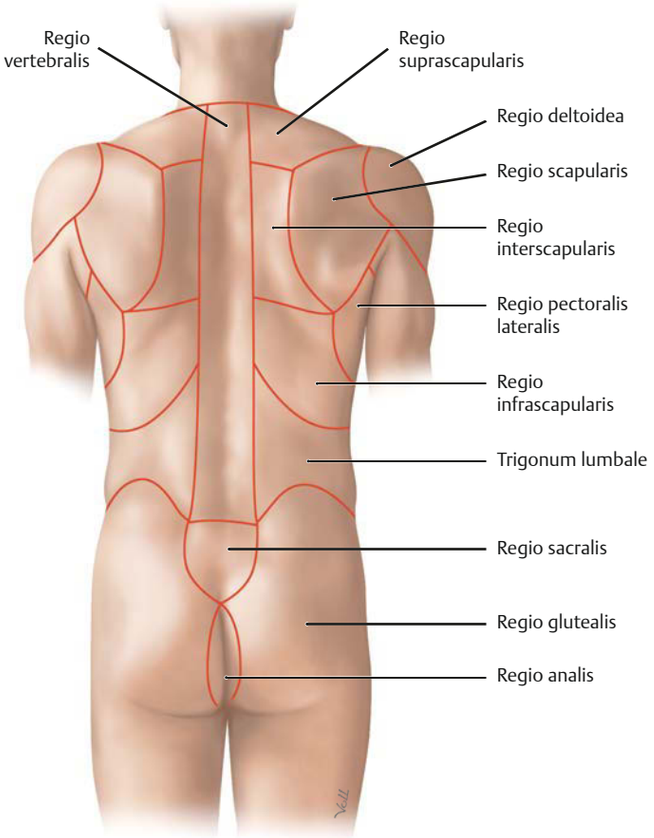
A Oberflächenanatomie der Frau
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.



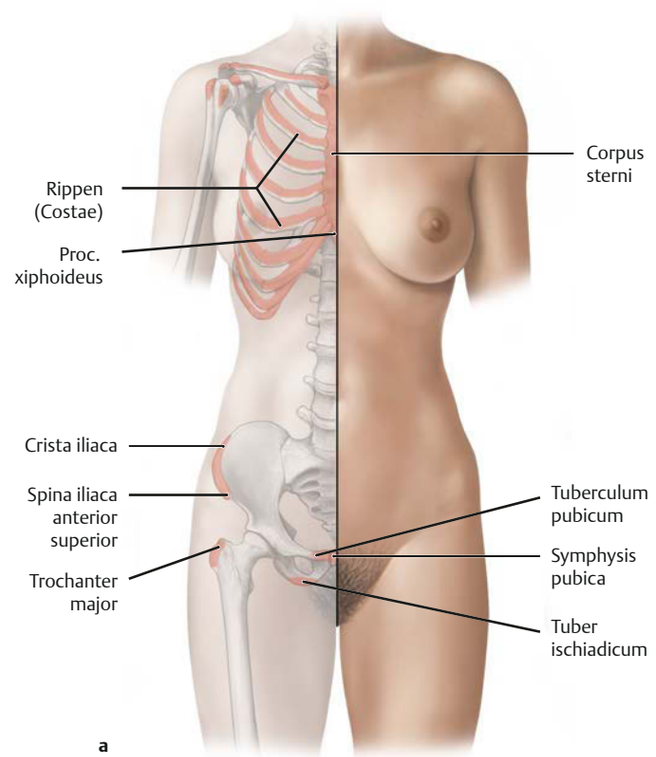
B Oberflächenanatomie des Mannes
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.

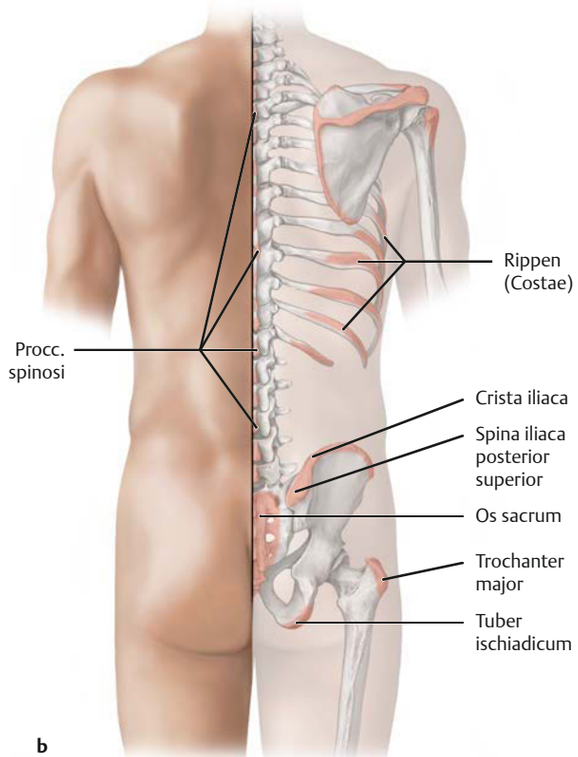


C Regionen von Thorax und Abdomen
Ansicht von ventral.



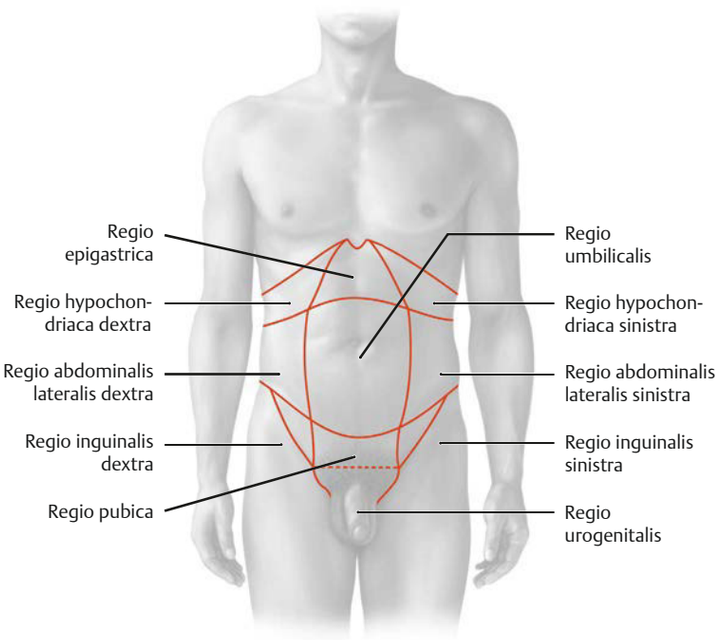
D Regionen von Rücken und Gesäßgegend
Ansicht von dorsal.





E Oberflächenrelief und tastbare Knochenpunkte am Rumpf
a Ansicht von ventral; **b** Ansicht von dorsal.

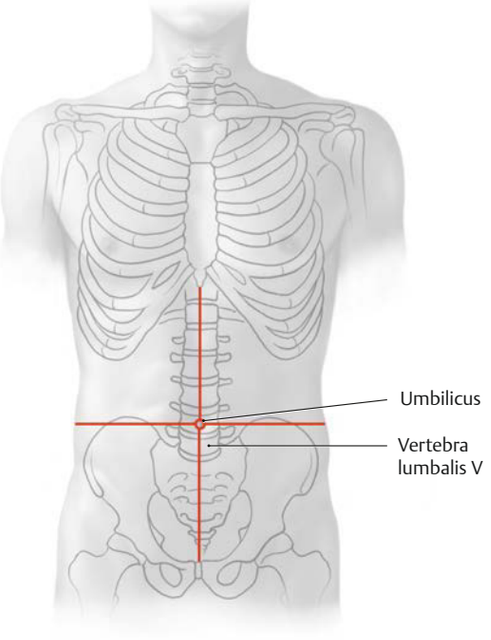
6.2 Lage der Organe in Abdomen und Becken und ihre Projektion auf die Rumpfwand



A Regionen der ventralen Rumpfwand
An der Bauchwand lassen sich von kranial nach kaudal drei Etagen mit jeweils drei Regionen unterscheiden:

- Epigastrium mit *Regio epigastrica;* rechts und links davon liegen die Regiones hypochondriacae dextra und sinistra;
- Mesogastrium mit *Regio umbilicalis;* rechts und links davon liegen die Regiones abdominales laterales dextra und sinistra und
- Hypogastrium mit *Regio pubica;* rechts und links davon liegen die Regiones inguinales dextra und sinistra.

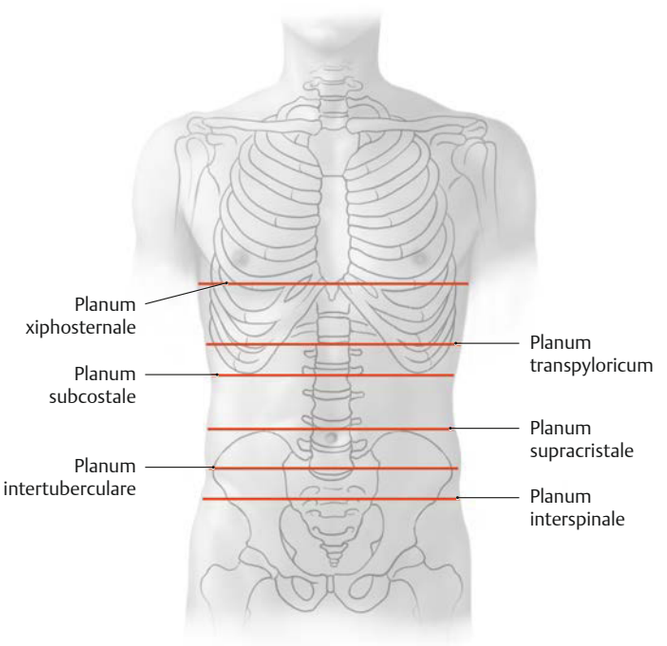
An das Hypogastrium schließt die *Regio urogenitalis* an. Die Etagen werden durch horizontale Ebenen bestimmt, deren Lage sich anhand tastbarer Knochenpunkte festlegen lässt (vgl. **C**).



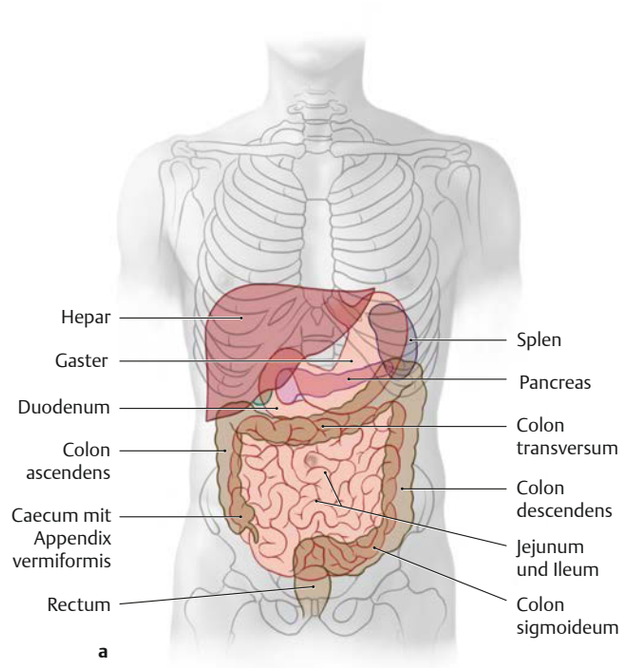
B Quadranteneinteilung der ventralen Rumpfwand
Als Projektionsmittelpunkt dient der Bauchnabel (Umbilicus), der auf Höhe des Lendenwirbelkörpers IV liegt.

C Horizontalebenen (Transversalebenen) der ventralen Rumpfwand
Folgende gedachte Schnittebenen werden unterschieden:

- **Xiphosternalebene (Planum *xiphosternale*):** verläuft durch die Synchondrose zwischen Proc. *xiph*oideus und Corpus *sterni* („Planum xiphosternale“).
- **Transpylorische Ebene (Planum *transpyloricum*):** verläuft durch den Mittelpunkt der Strecke zwischen Incisura jugularis sterni und Oberrand der Symphyse. Sie stellt die Mittelebene der vorderen Rumpfwand dar und verläuft in Höhe von L I. Der *Pylorus* (Pförtner) des Magens liegt in der Regel geringfügig *unterhalb* dieser Ebene.
- **Subkostalebene (Planum *subcostale*):** verläuft durch den *tiefsten Punkt des Rippenbogens* (= Arcus *costalis*) der 10. Rippe in Höhe von LWK II und trennt Epigastrium und Mesogastrium (vgl. **A**).
- **Suprakristalebene (Planum *supracristale*):** zieht durch den Übergang von LWK III zu L IV und verbindet die *höchsten Punkte der Cristae iliacae.*
- **Intertuberkularebene (Planum *intertuberculare*):** *verbindet die Tubercula iliaca* und läuft durch LWK V. Das Planum intertuberculare trennt das Mesogastrium vom Hypogastrium.
- **Interspinalebene (Planum *interspinale*):** *verbindet* die beiden *Spinae iliacae anteriores superiores.*



Beachte: Die Lage der drei oberen Ebenen ist nicht konstant, sondern hängt von Stellung und Form des Brustkorbs ab. Hier ergeben sich Schwankungen in Abhängigkeit von Atemlage, Alter, Konstitutionstyp und Geschlecht.



D Projektion der Organe von Abdomen und Becken auf die Rumpfwand

a Projektion auf die ventrale Rumpfwand; **b** Projektion auf die dorsale Rumpfwand.

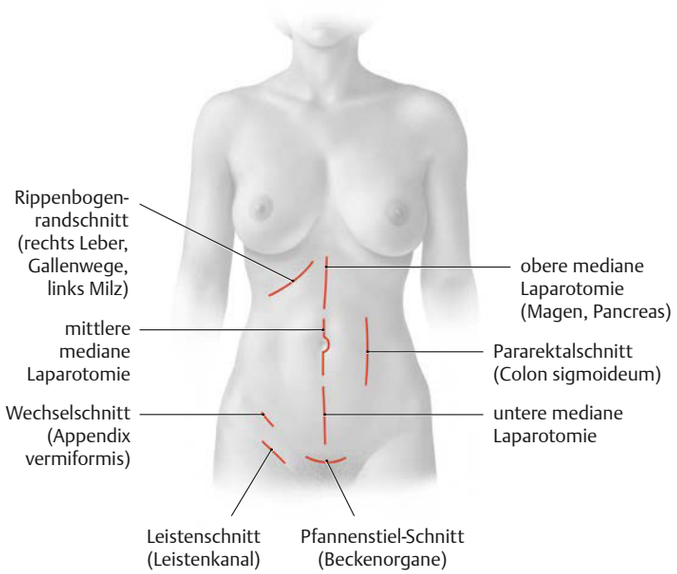
Die Projektion von Organen auf die Rumpfwand ist abhängig von Körperlage, Alter, Konstitutionstyp, Geschlecht, Ernährungszustand und Atemlage.

Beachte die Überlagerung von Bauch- und Thoraxhöhle: Perforierende Verletzungen der Bauchhöhle, etwa im Bereich der Leber, können die Pleurahöhle miteinbeziehen (sog. Mehrhöhlenverletzung). Zur Projektion einzelner Organe s. **E**.

E Projektion anatomischer Strukturen im Bereich von Abdomen und Becken auf die Wirbelsäule

Die Angaben beziehen sich auf Wirbelkörper.

Th VIII–Th X	oberer Leberrand (atemverschieblich)
Th XII	Ursprung des Truncus coeliacus
L I	• Planum transpyloricum (unterhalb dieser Ebene liegt i. Allg. der Magenpförtner) • Fundus der Gallenblase • Nierenhilum • Pancreas (Collum) • Ursprung der A. mesenterica superior • Anheftung des Mesocolon transversum
L I/II	• Pars descendens duodeni • Ursprung der Aa. renales
L II	Flexura duodenojejunalis
L III	Ursprung der A. mesenterica inferior
L III/IV	Umbilicus
L IV	Bifurcatio aortae
L V	Teilung der V. cava inferior
S III	Beginn des Rectum

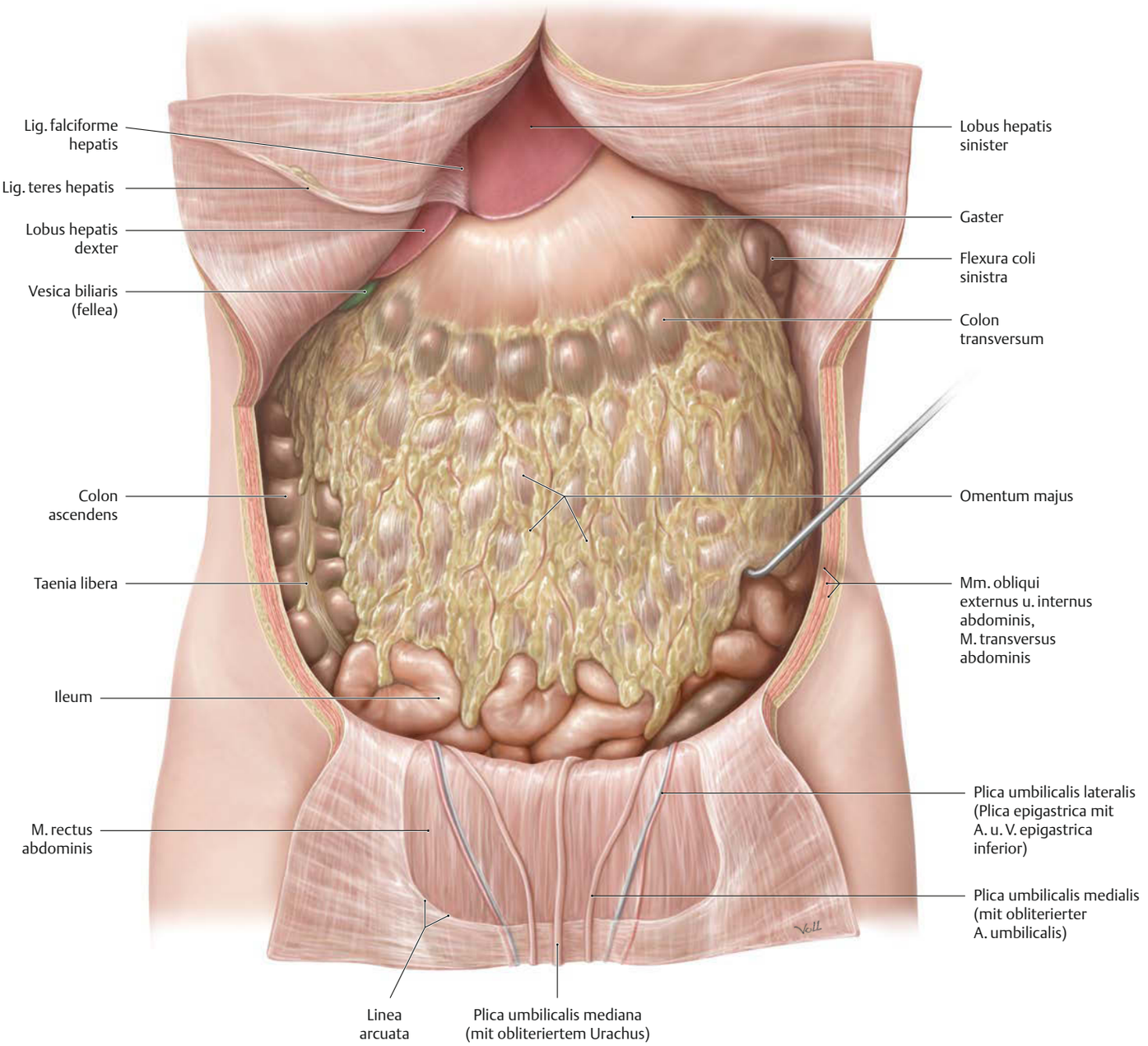


F Lage chirurgischer Hautschnitte an der ventralen Abdominalwand

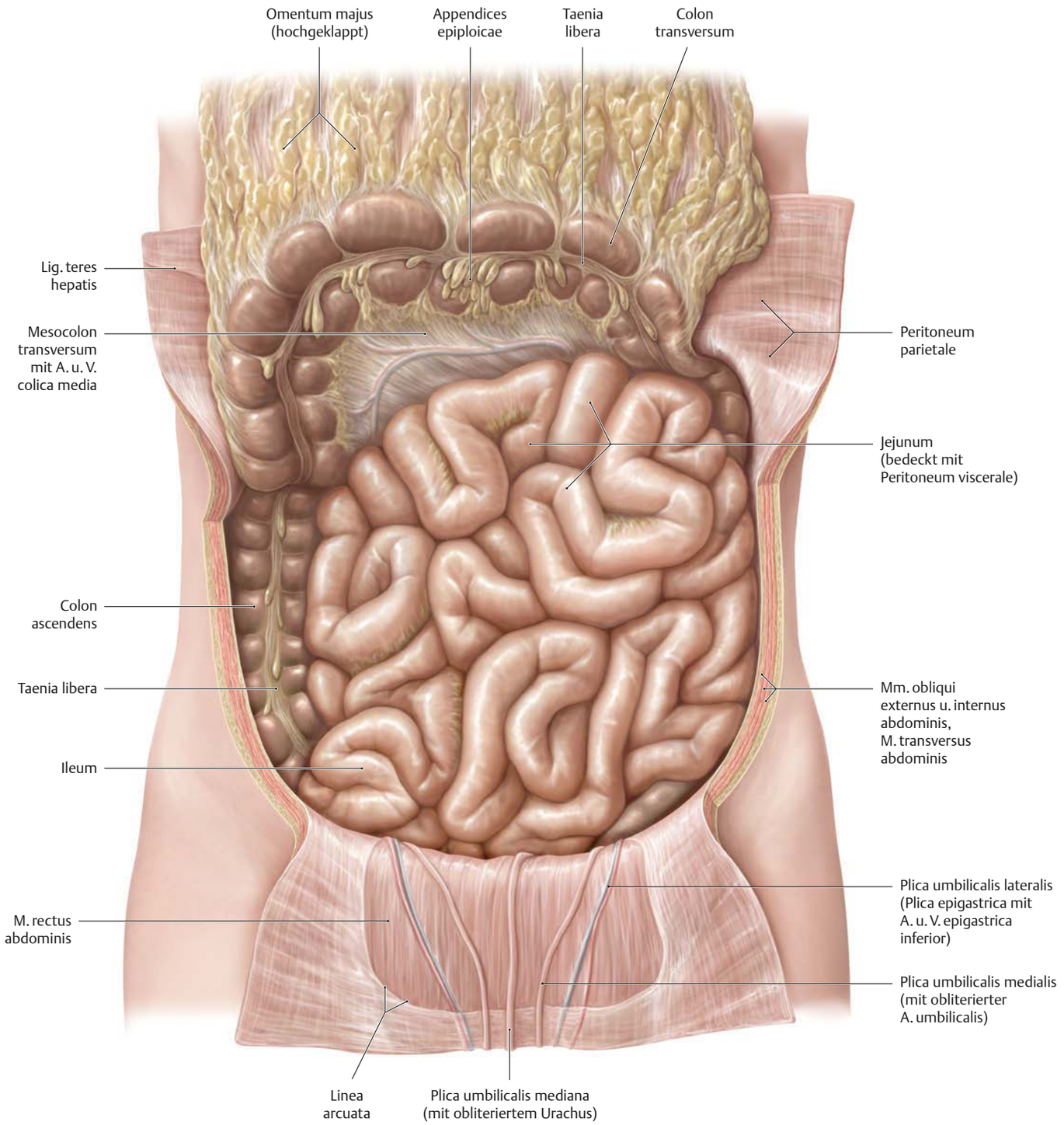
Beachte: Der Bauchnabel wird bei der mittleren medianen Laparotomie *links* umschnitten, um den *rechts* lokalisierten Rest der V. umbilicalis (das Lig. teres hepatis, s. S. 253) zu umgehen. Dieser Rest der V. umbilicalis ist normalerweise obliteriert, in Ausnahmefällen aber nicht, so dass es dann bei einer evtl. Verletzung dieser offen gebliebenen Vene zu Blutungen kommen kann.

Beim „*Wechselschnitt*“ ändert sich beim schrittweisen Eröffnen der einzelnen Schichten der Rumpfwand die Schnittrichtung. So können v. a. die Rumpfwandmuskeln schonend durchtrennt werden, indem man jeweils in Richtung des schichtweise wechselnden Muskelfaserverlaufs schneidet.

6.3 Topografie der eröffneten Peritonealhöhle (Pars supra- und infracolica)



A Übersicht über den Situs: Omentum majus in situ
Ansicht von ventral. Die Bauchdecken sind eröffnet und weggeklappt. Das Konvolut der Dünndarmschlingen ist zum größten Teil vom Omentum majus überdeckt und nur an dessen Unterrand sichtbar. Das Omentum majus („großes Netz“) ist eine Peritonealduplikatur, die von der großen Kurvatur des Magens schürzenförmig herabhängt, wobei es das Colon transversum ventral bedeckt. Es entsteht während der Embryonalentwicklung durch die Drehung und Kippung des Magens. Die ehemalige Hinterwand der Magenanlage gelangt dabei nach links unten. Die Peritonealverbindung der Magenhinterwand zur Rückwand der Peritonealhöhle – das sog. dorsale Mesogastrium – wird dabei stark in die Länge gezogen; sie hängt nun gewissermaßen wie ein Peritonealsack von der großen Kurvatur herab. Das Omentum majus ist relativ beweglich, so dass man es z. B. bei chirurgischen Eingriffen häufig in einer anderen Position als in der hier dargestellten anatomischen Normalposition findet. Durch diese Beweglichkeit kommt es nicht selten zu Verklebungen und sekundär sogar zu Verwachsungen des Omentum majus mit dem Peritonealbezug von Organen, insbesondere nach lokalen Entzündungen. Dies kann zwar eine Entzündungsausbreitung verhindern, gleichzeitig aber die Beweglichkeit des verklebten Organs schmälern. Narbig verhärtete Peritonealverklebungen – sog. Briden – können durch mechanische Strangulation zu einem Passagehindernis, etwa im Dünndarm werden. Das Omentum majus wird häufig sekundär von Lymphknoten besiedelt und somit zu einem Organ der Immunabwehr („Abdominalpolizei“). Zum Omentum minus s. S. 364.



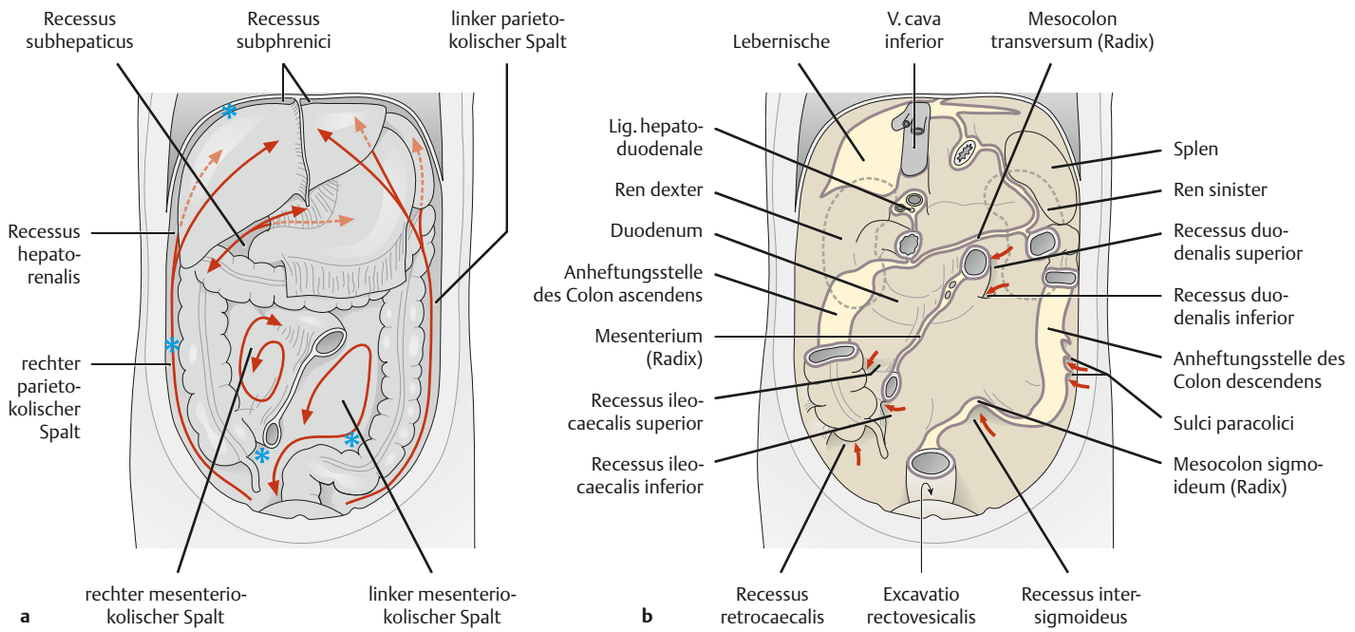
B Übersicht über den Situs: Omentum majus hochgeklappt, Dünndarm in situ

Ansicht von ventral. Das Omentum majus ist jetzt hochgeklappt, das Colon transversum dadurch angehoben. Auf diese Weise wird sichtbar, dass der intraperitoneal lokalisierte Teil des Dünndarms innerhalb eines Rahmens liegt, der durch die Kolonabschnitte vorgegeben ist. Das *Mesocolon* des Colon transversum teilt die Peritonealhöhle in einen *supra-kolischen* (Pars supracolica) und einen *infrakolischen* Teil (Pars infracolica, s. **B**, S. 208).

Die große epitheliale Oberfläche des Peritoneums ist klinisch von Bedeutung:

- Bei einer bakteriellen Infektion der Peritonealhöhle (durch äußere Verletzung oder transmural bei der Ruptur einer entzündeten Appendix vermiformis) können sich Erreger leicht ausbreiten, bakterielle Toxine werden leicht resorbiert und gelangen in den Kreislauf. Eine bakterielle Peritonitis (Entzündung des Bauchfells) ist deshalb allgemein ein sehr schweres und lebensbedrohliches Krankheitsbild.
- Lokal begrenzte Entzündungen können zu Verklebungen und nachfolgend narbigen Verwachsungen des Bauchfells führen (Briden, s. **A**).
- Die große Oberfläche kann für die *Peritonealdialyse* bei Ausfall der Nierenfunktion genutzt werden: Eine in die Peritonealhöhle eingebrachte „Spülflüssigkeit“ kann harnpflichtige Stoffe aus dem Blut über das Peritoneum aufnehmen und so aus dem Körper entfernen.

6.4 Drainageräume und Recessus innerhalb der Peritonealhöhle

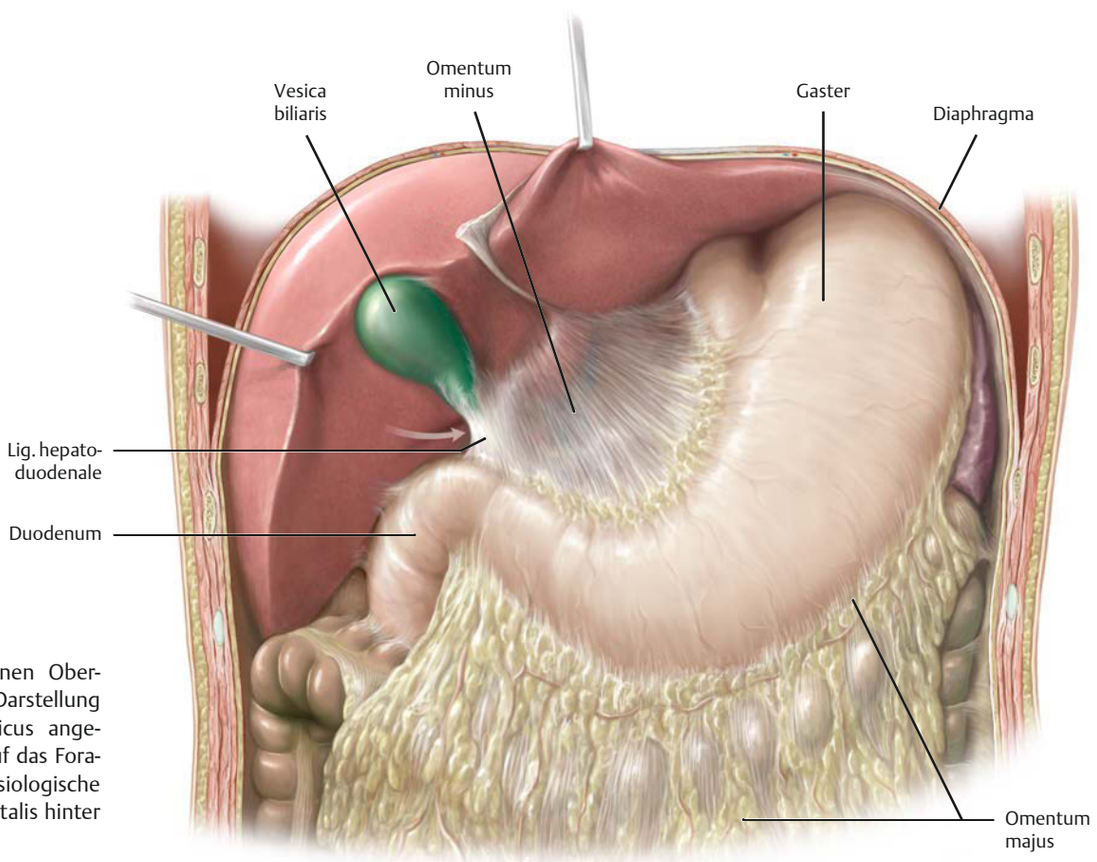


A Drainageräume und Recessus innerhalb der Peritonealhöhle

a Sicht von ventral auf den Bauchsitus nach Entfernung des Omentum majus und des Dünndarms; bevorzugte Metastasenabsiedelungen (s. blaue Sterne);

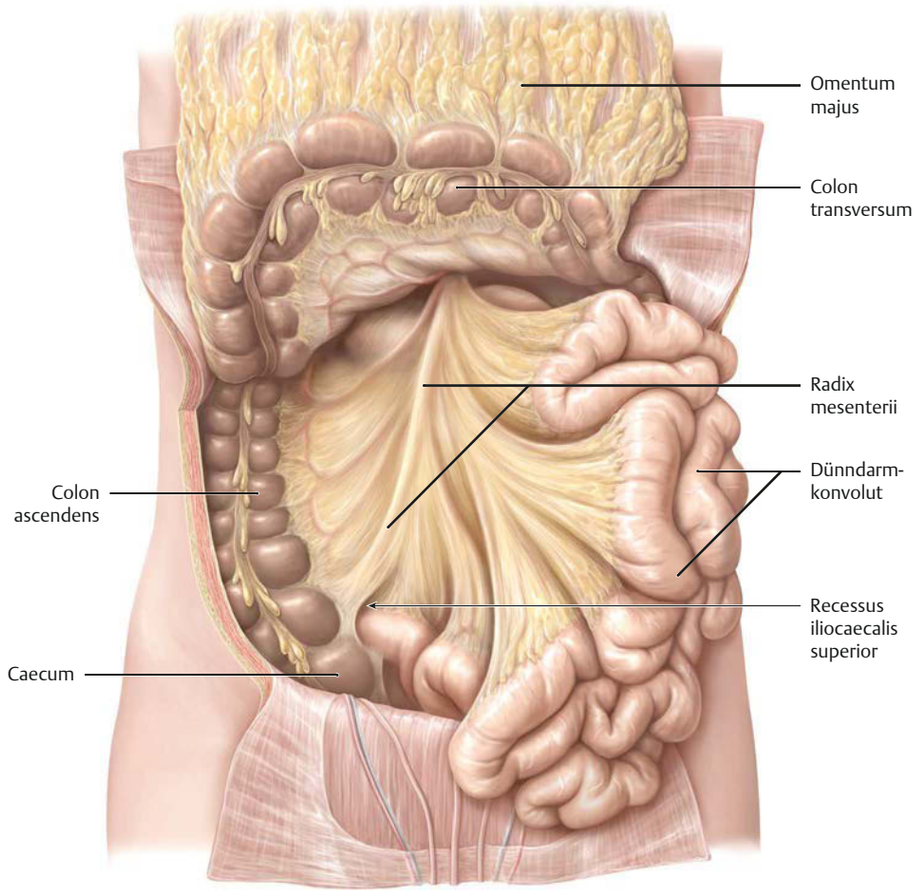
b Sicht von ventral auf die dorsale Wand der Peritonealhöhle.

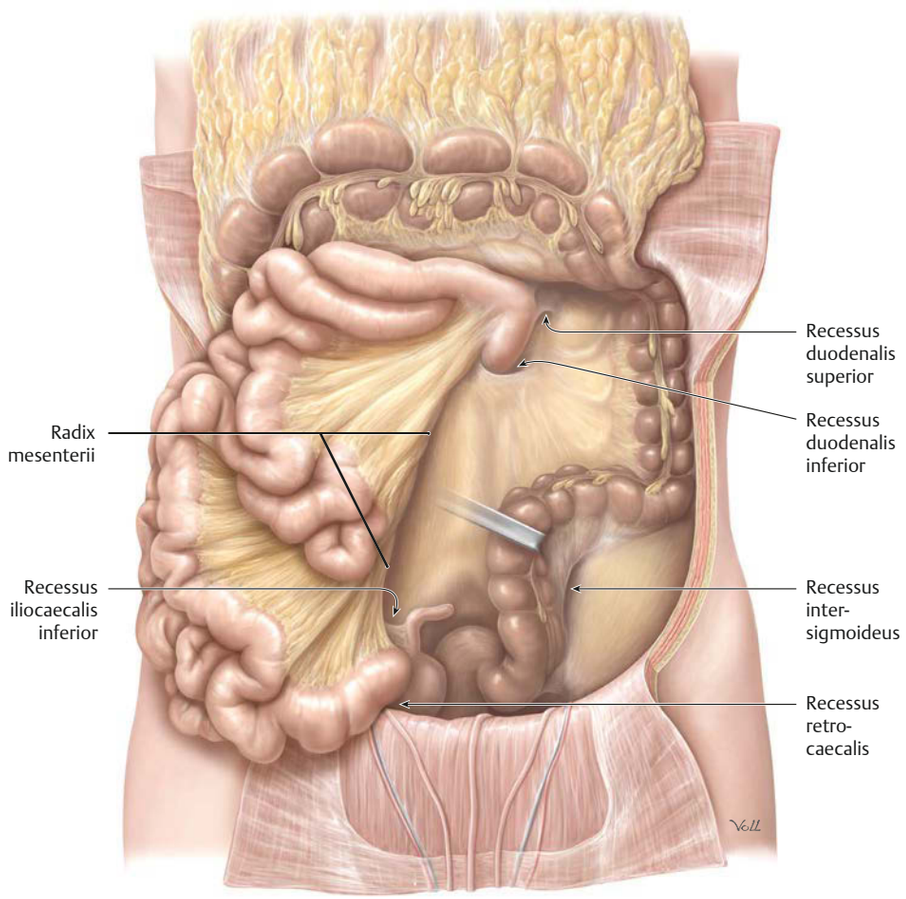
Durch die Mesenterialwurzeln und die Anheftungsstellen der Organe ergeben sich unvollständig abgegrenzte Räume (Recessus oder Sulci). In diesen Räumen kann die Peritonealflüssigkeit, die vom Peritonealepithel abgegeben wird (Transsudation), frei strömen.



B Oberbauchsitus

Blick von ventral in einen Oberbauchsitus; Leber zur Darstellung des Recessus subhepaticus angehoben. Der Pfeil zeigt auf das Foramen omentale als physiologische Öffnung der Bursa omentalis hinter dem Omentum minus.



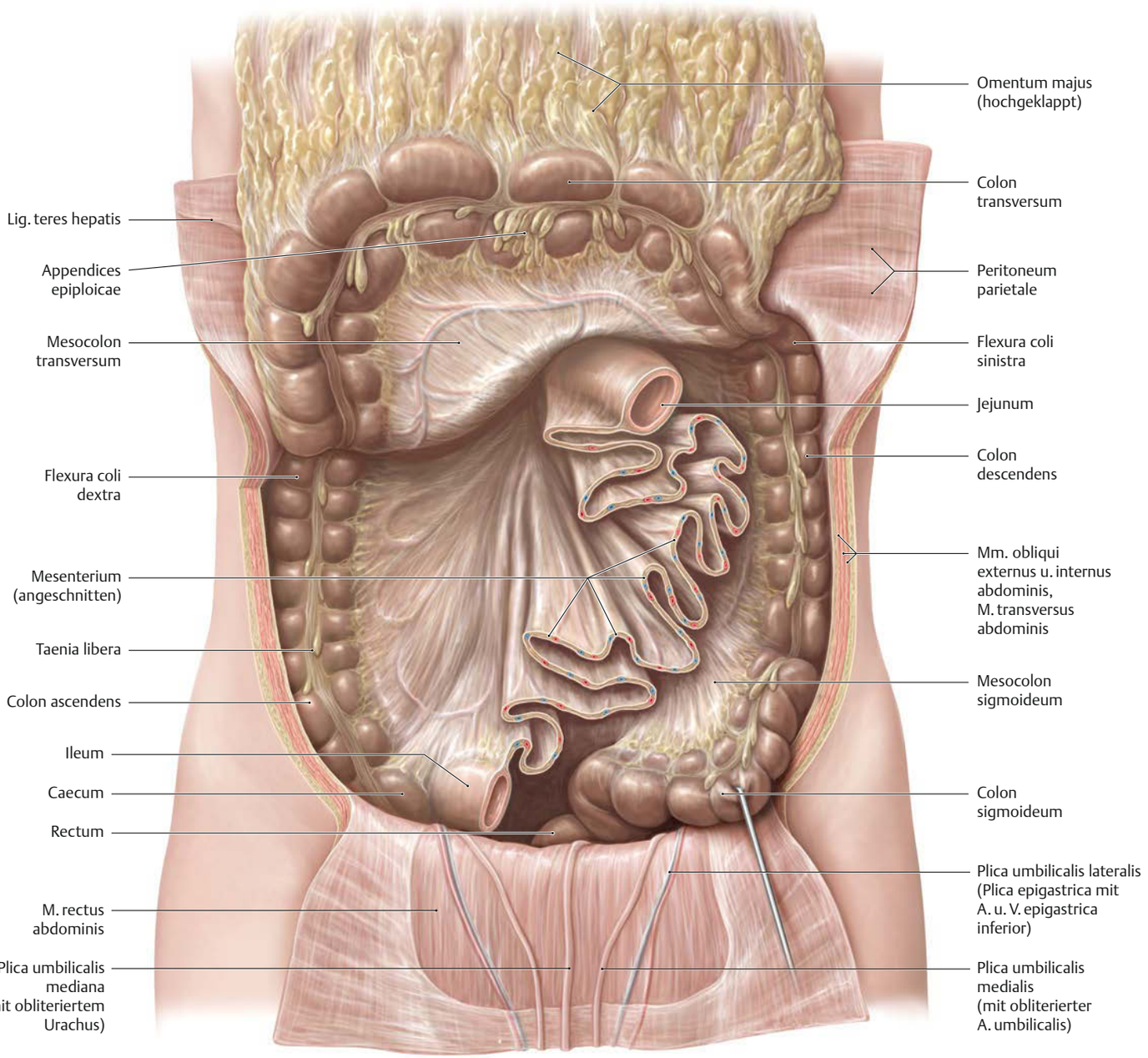


C Recessus an der dorsalen Wand der Peritonealhöhle

Sicht von ventral in einen männlichen Bauch- und Beckensitus. Durch die Lage zwischen den Organen bildet das Peritoneum Spalten und Buchten, sog. Recessus oder Sulci (vgl. auch **A**). In gewisser Hinsicht kann die Bursa omentalis als der größte Recessus des Peritonealraums angesehen werden (s. S. 368).

Beachte: Die einzelnen Recessus liegen entweder zwischen einem Organ und der Wand der Peritonealhöhle oder zwischen einzelnen Organen. In diese Recessus können sich evtl. frei bewegliche Dünndarmschlingen einklemmen (sog. „innere Hernie“). Eine solche Einklemmung kann zu einem Passagehindernis für den Dünndarminhalt werden und zur lebensbedrohlichen Darmlähmung (Ileus) führen (sog. mechanischer Ileus).

6.5 Übersicht über die Mesenterien

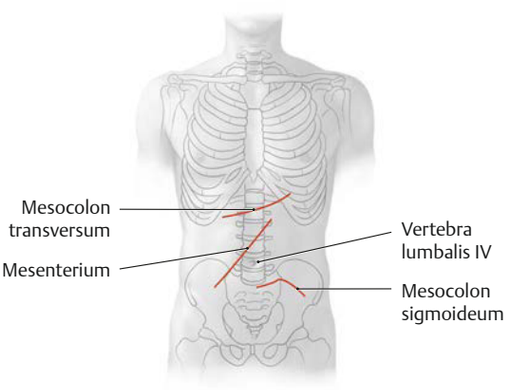


A Übersicht über die Mesenterien: Omentum majus hochgeklappt, Dünndarm entfernt

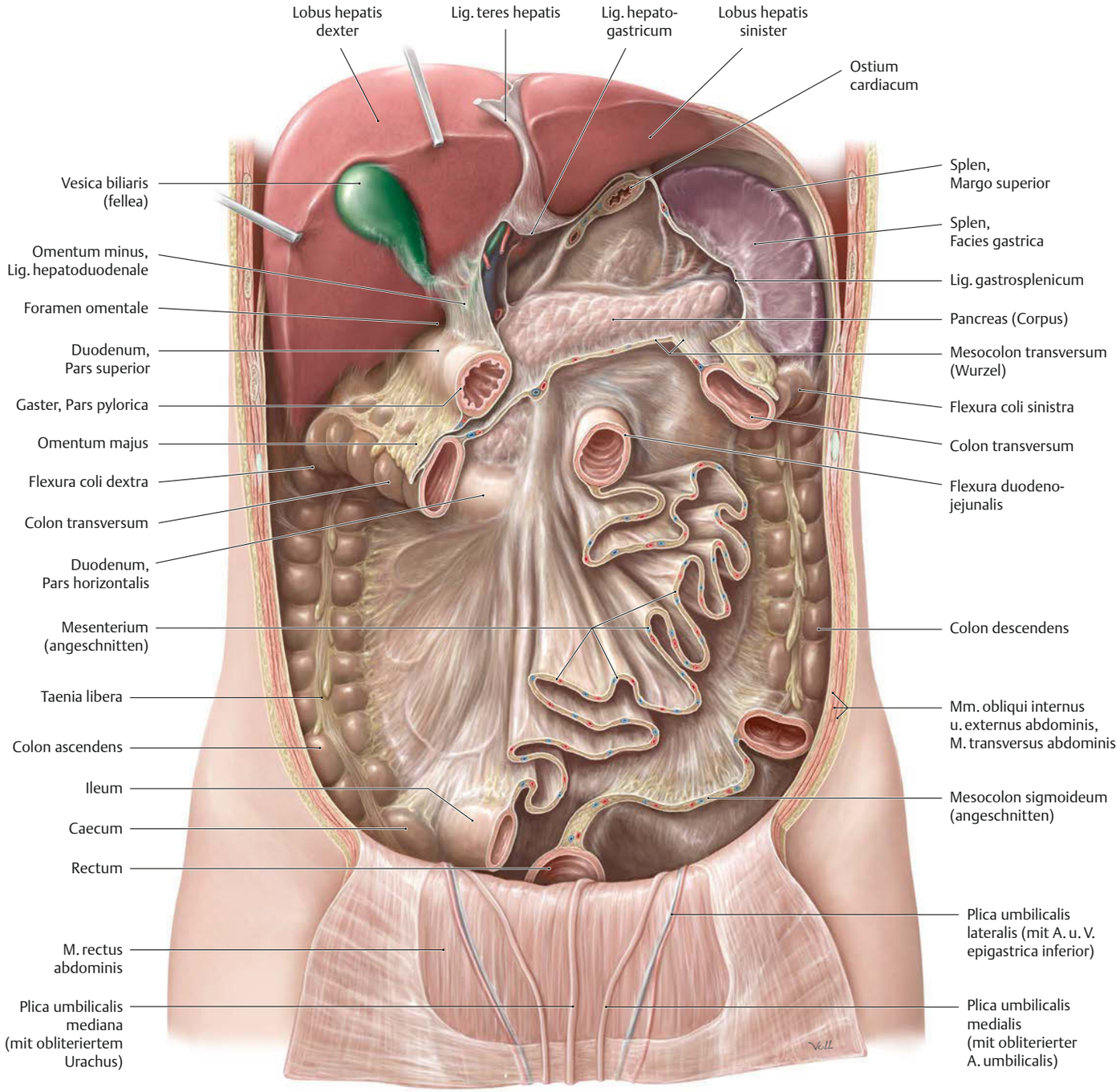
Ansicht von ventral. Colon transversum und Omentum majus sind angehoben. Der intraperitoneal liegende Dünndarm ist bis auf einen Jejunum- und Ileumstumpf entfernt. An Dünndarm und Dickdarm werden *drei große Mesenterien* unterschieden (zum Aufbau des Mesenterium, s. S. 42):

- Mesenterium i. e. S.: das „Meso-" von Jejunum und Ileum,
- Mesocolon transversum und
- Mesocolon sigmoideum (auch als Mesosigmoideum bezeichnet).

Ihr jeweiliger Ursprung ist in **B** dargestellt. *Kleinere Mesenterien* findet man an der Appendix vermiformis *(Mesoappendix)* und am kranialen Rektumabschnitt (*Mesorectum*, s. **C**).



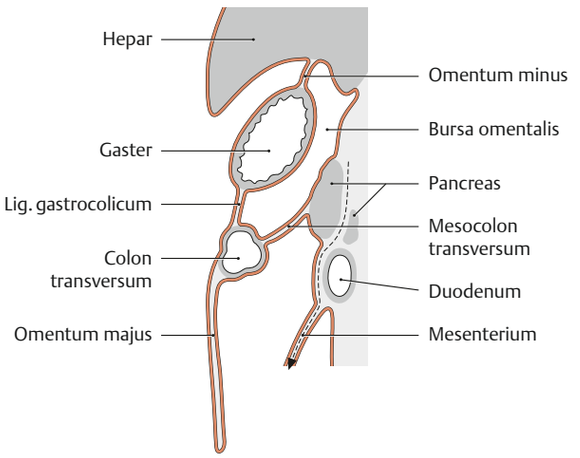
B Projektion der Mesenterialwurzeln auf das Skelett



C Übersicht über die Mesenterien*: Omentum majus entfernt
Ansicht von ventral; Magen, Jejunum und Ileum sind zur besseren Übersicht über die Mesenterien bis auf kurze Dünndarmstümpfe entfernt; die Leber ist angehoben, so dass ein Teil des Omentum minus hier gut sichtbar wird: das Lig. hepatoduodenale, das die Leber mit dem Magenpförtner und dem Duodenum verbindet. Der andere Teil des Omentum minus, das Lig. hepatogastricum (Peritonealduplikatur zwischen Leber und kleiner Magenkurvatur), ist mit der Herausnahme des Magens entfernt, so dass die Vorderwand der Bursa omentalis eröffnet ist. Colon transversum und Colon sigmoideum sind größtenteils herausgetrennt, um die Sicht auf die Wurzeln des Mesocolon transversum und des Mesocolon sigmoideum freizugeben.
Beachte: Im 4. Embryonalmonat heften sich *Colon* ascendens und descendens an der dorsalen Wand der Peritonealhöhle an. Aus diesem Grund verschmelzen auch *Mesocolon* ascendens und descendens mit der dorsalen Wand der Peritonealhöhle. Das Mesocolon *transversum* überkreuzt das Duodenum, das im Laufe der Embryonalentwicklung (s. S. 46) ebenfalls ein Teil der Rückwand der Peritonealhöhle geworden ist. Über diesen „Wandteil" des Duodenum zieht das Mesocolon transversum aufgrund seiner Befestigung an der dorsalen Peritonealhöhlenwand zwangsläufig hinweg. Fast alle Mesenterien sind entwicklungsgeschichtlich *dorsale* Mesenterien. Zusätzliche, *ventrale* Mesenterien existieren nur an Oberbauchorganen (z. B. an Leber und Magen).

* Mesenterium im weiteren Sinne bezeichnet alle Peritonealduplikaturen an Dünndarm und Dickdarm; Mesenterien im engeren Sinne nur das Mesenterium von Jejunum und Ileum, das also nicht als Mesojejunum und Mesoileum bezeichnet wird!

6.6 Topografie der Bursa omentalis



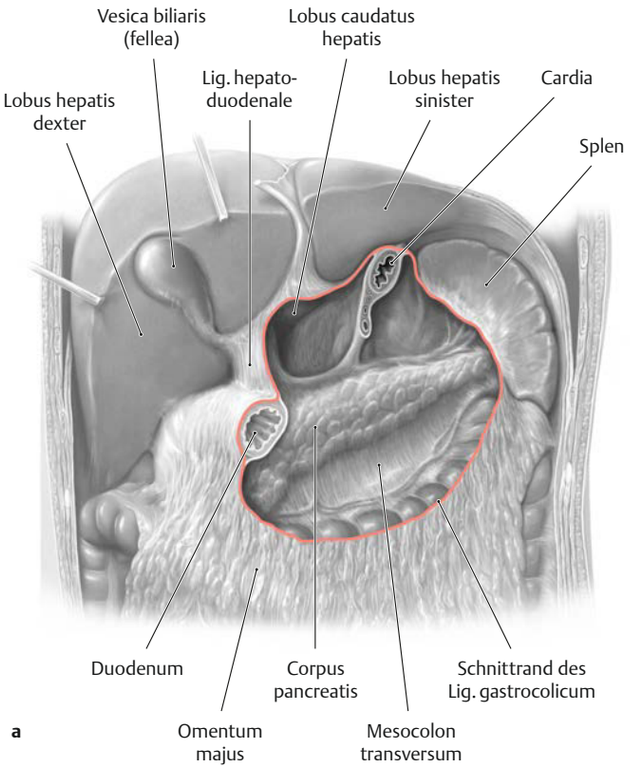
A Form und Lage der Bursa omentalis im Sagittalschnitt
Ansicht von links. Die Bursa omentalis ist der größte Spaltraum des Peritonealraums. Sie liegt hinter Omentum minus und Magen.
Beachte: Durch die Drehung des Magens in der Embryonalentwicklung wird die Bursa omentalis unmittelbar vor die dorsale Wand der Peritonealhöhle verlagert. Das sekundär in das Spatium retroperitoneale verlagerte Pancreas bildet somit einen Teil der Bursarückwand, so dass es chirurgisch durch diese Bursa erreicht werden kann. Durch die Kippung des Magens im Uhrzeigersinn (aus der Sicht von vorne) weist die nach rechts ausgerichtete kleine Kurvatur des Magens nun auch nach oben, wodurch die Leber ebenfalls nach rechts oben verlagert wird. Die Bursa omentalis kommt so teilweise unterhalb der Leber zu liegen.

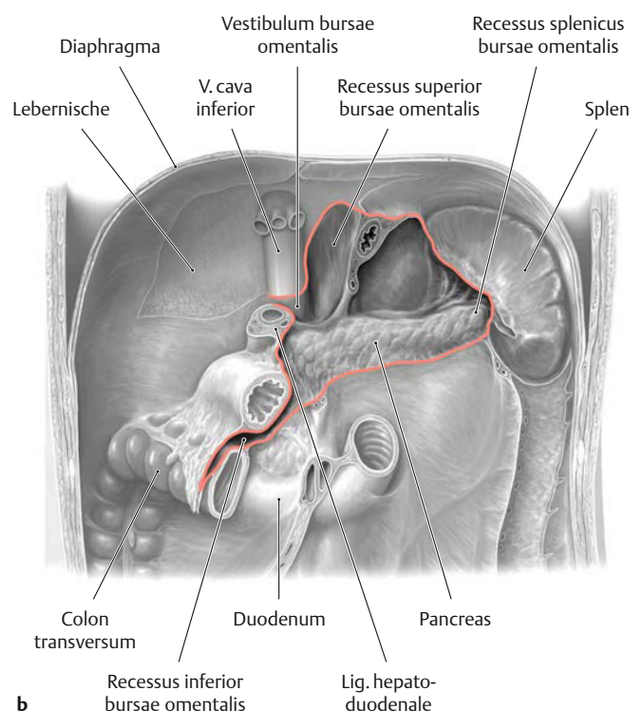
B Wandbegrenzungen der Bursa omentalis

ventral	Omentum minus, Magenhinterwand, Lig. gastrocolicum
dorsal	Pancreas, Aorta (Pars abdominalis), Truncus coeliacus, A. und V. splenica, Plica gastropancreatica, Gl. suprarenalis sinistra, oberer Pol der linken Niere
kranial	Leber (mit Lobus caudatus), Recessus superior bursae omentalis
kaudal	Mesocolon transversum, Recessus inferior bursae omentalis
links	Milz (Splen), Lig. gastrosplenicum, Recessus splenicus bursae omentalis
rechts	Leber, Bulbus duodeni

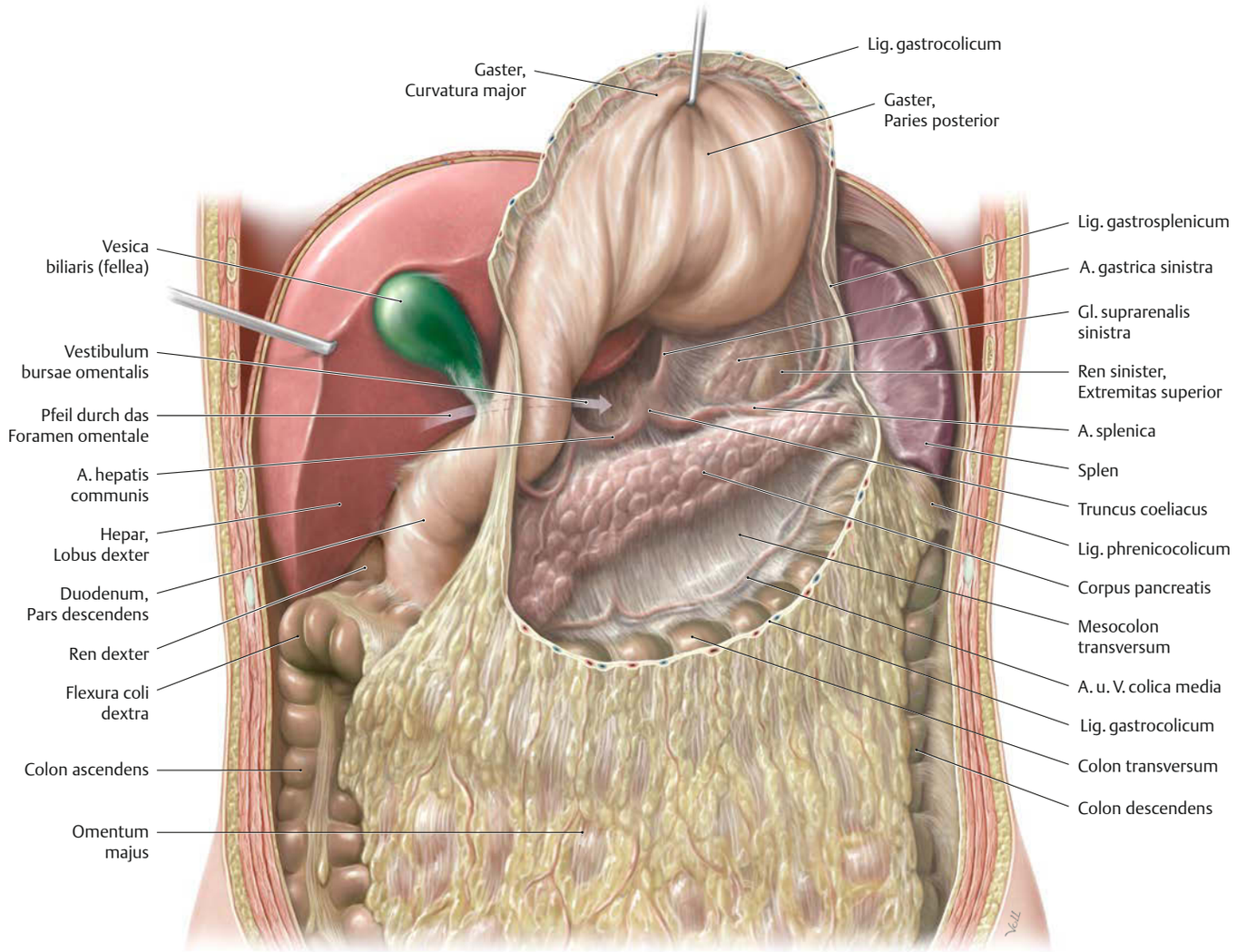
C Zugänge zur Bursa omentalis (vgl. **A**)

- durch das Foramen omentale (natürliche Öffnung, vgl. **E**)
- zwischen Curvatura major und Colon transversum durch das Lig. gastrocolicum
- durch das Mesocolon transversum nach Anheben des Colon transversum (Zugang von kaudal)
- zwischen Curvatura minor und Leber (durch das Omentum minus)
- nach Abtrennen des Omentum majus von der Curvatura major aus

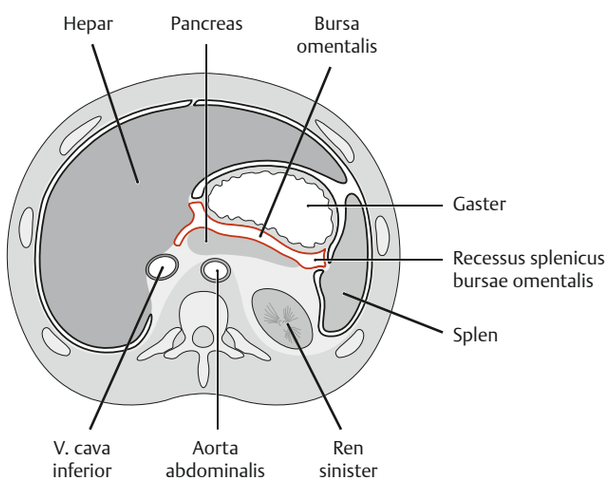




D Bursa omentalis in der Ansicht von ventral
a Grenzen der Bursa omentalis sowie Lage und Form des Magenbettes;
b Struktur der Hinterwand der Bursa omentalis.

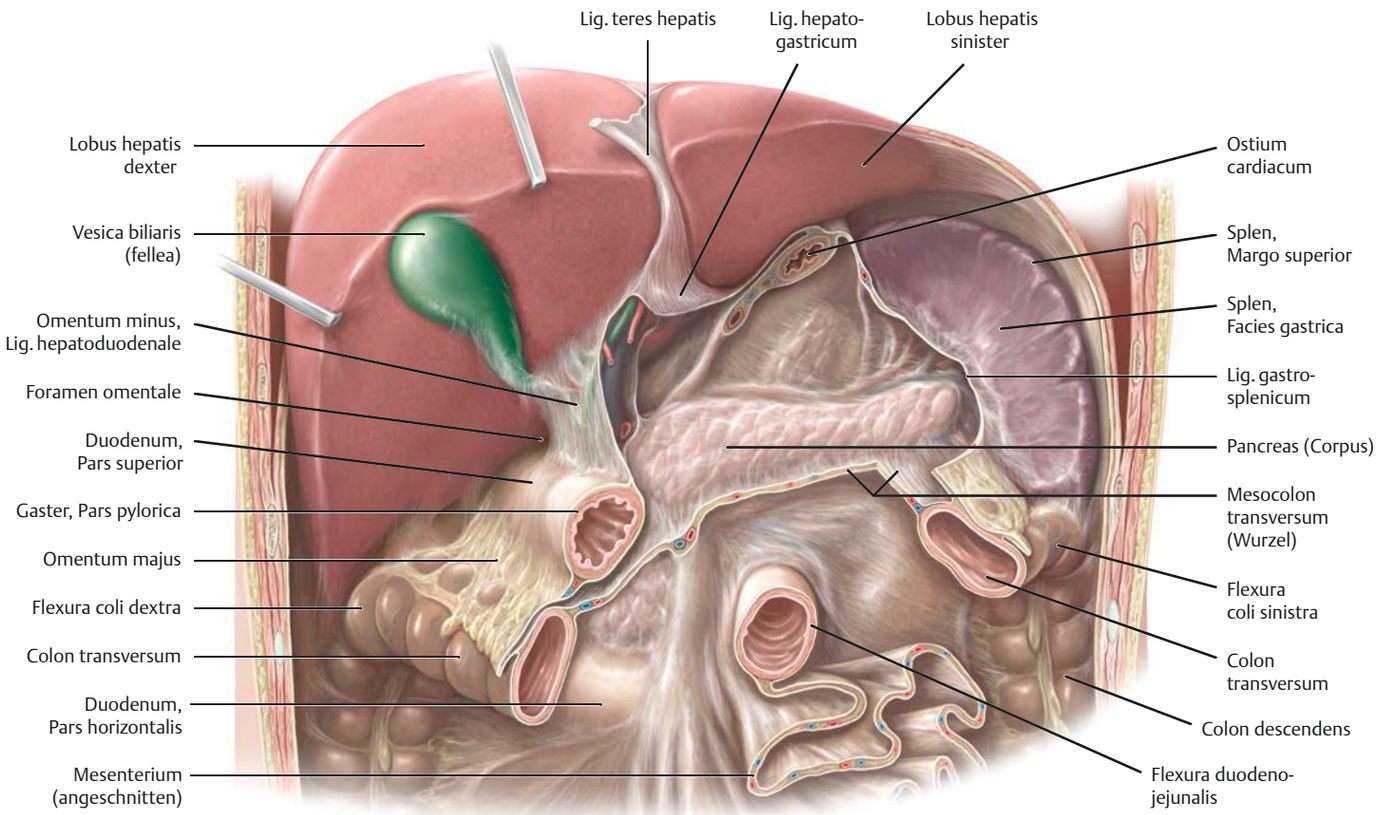


E Bursa omentalis im Oberbauchsitus
Ansicht von ventral. Das Lig. gastrocolicum ist durchtrennt, der Magen angehoben (operativer Zugangsweg), die Leber nach oben und lateral gehoben. Das *Foramen omentale,* durch welches hier ein Pfeil gelegt ist, ist die einzige Öffnung der Bursa omentalis (Verlauf dorsal des Lig. hepatoduodenale). Das *Vestibulum bursae omentalis* ist der gleich auf das Foramen folgende „Vorhofteil" der Bursa und somit schon ein Teil der Höhle der Bursa.

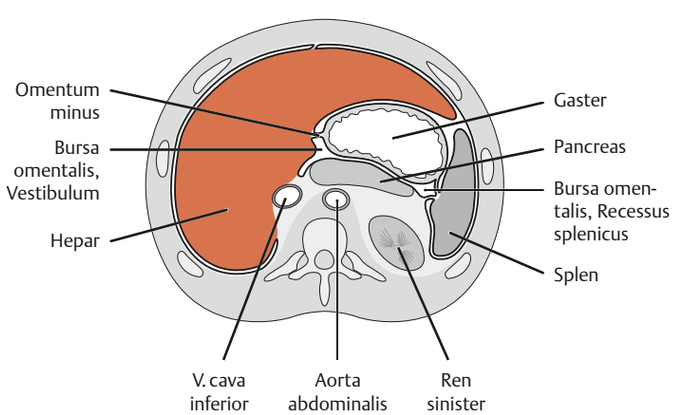


F Bursa omentalis im Horizontalschnitt
Stark schematisierter Schnitt durch das Abdomen in Höhe BWK XII/LWK I, Ansicht von kaudal.
Beachte die Wände und Recessus, die sich aus der Entstehung der Bursa omentalis bei der Magendrehung ergeben: Da die Bursa durch Verlagerung des ehemals rechten oberen Anteils der embryonalen Leibeshöhle nach dorsal im Rahmen einer 90°-Drehung entsteht, befinden sich ehemals dorsale Strukturen (Milz) nun links, ehemals ventrale Strukturen (Leber) rechts. Buchten der Bursa omentalis (ihre Recessus) reichen bis dicht an diese Organe heran (s. **B**).

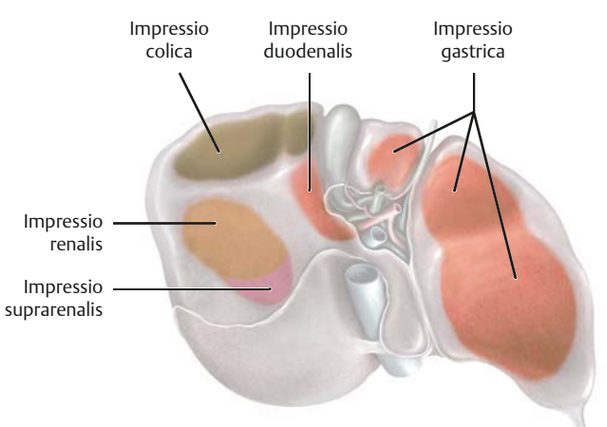
6.7 Topografie der Oberbauchorgane: Leber, Gallenblase, Duodenum und Pancreas



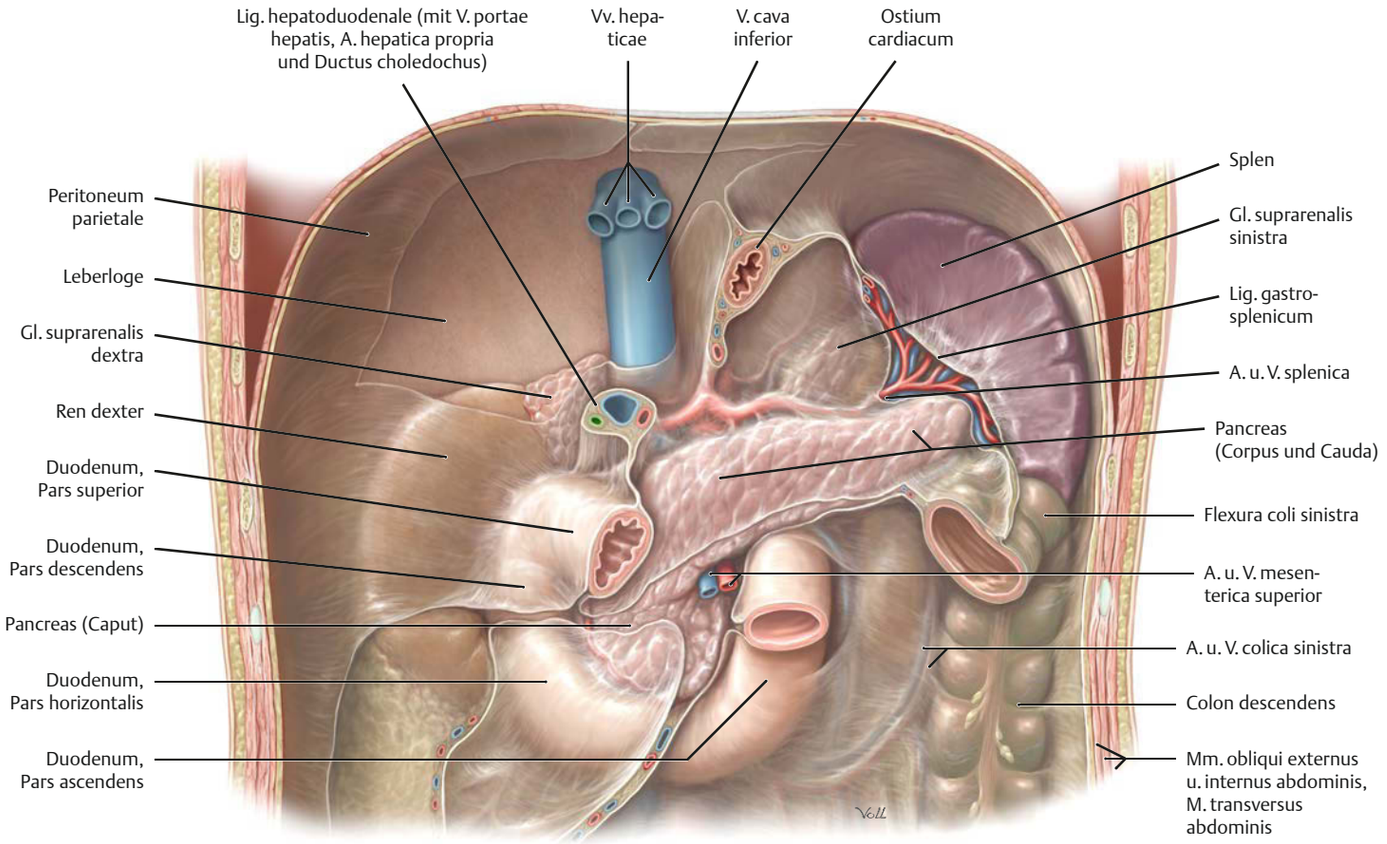
A Lage von Leber und Gallenblase
Ansicht von ventral; Magen mit Oesophagus vollständig, Jejunum bis auf einen kurzen Stumpf entfernt. Colon transversum größtenteils entfernt. Die Leber ist angehoben, so dass ein Teil des Omentum minus, das Lig. hepatoduodenale, und das Pancreas gut sichtbar werden (zum Inhalt des Lig. hepatoduodenale s. **Eb**).



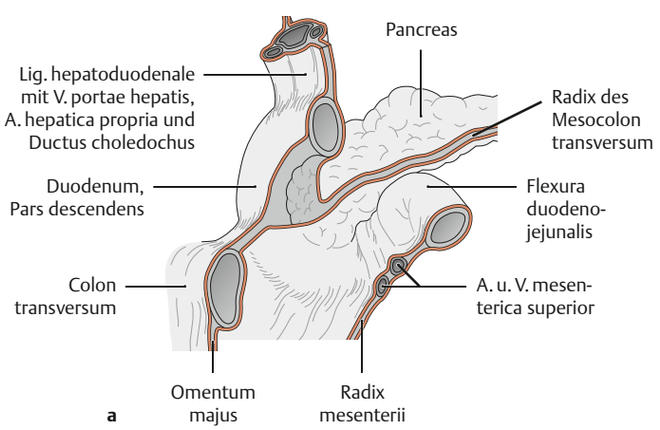
B Lage der Leber
Horizontalschnitt durch das Abdomen etwa in Höhe BWK XII/LWK I, Ansicht von kaudal. Die Leber liegt bis auf die hier nicht sichtbare Area nuda intraperitoneal. Der linke Leberlappen schiebt sich vor dem Magen bis in den linken Oberbauch. Die Peritonealduplikatur zwischen Leber und kleiner Magenkurvatur (Omentum minus) ist sichtbar. Teile der Leber bilden die rechte Begrenzung der Bursa omentalis.

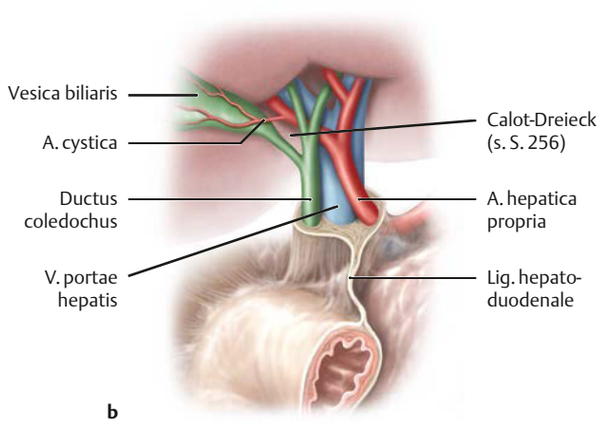


C Berührungsflächen der Facies visceralis der Leber
Sicht auf die Facies visceralis.
Beachte: Abdrücke von Organen, die mit der Leber direkten Kontakt haben, sind nur auf einer chemisch „fixierten" Leber (Leichenkonservierungsverfahren) zu finden. Eine unfixiert entnommene Leber (Leichenöffnung ohne chemische Konservierung) ist so weich, dass sich i. Allg. keine Organabdrücke zeigen. An den Berührungsflächen (bei der Leber aufgrund ihrer Größe und Topografie besonders zahlreich) können Erkrankungen der Leber auf andere Organe übergreifen und umgekehrt.



D Lage von Duodenum und Pancreas
Ansicht von ventral; Leber, Magen mit Oesophagus und Dünndarm bis auf Duodenum und einen sehr kleinen Jejunumstumpf entfernt. Colon ascendens und transversum entfernt, um die Sicht auf rechte Niere, Pancreas und Duodenumschleife frei zu geben. Das *sekundär* retroperitoneal liegende Colon descendens ist in situ belassen. Pancreas und Duodenum liegen ebenfalls *(sekundär)* retroperitoneal (zu den Peritonealverhältnissen s. S. 209). Durch das Peritoneum parietale hindurch sieht man die Lage der beiden Nieren und Nebennieren im Spatium retroperitoneale. Entwicklungsgeschichtlich liegen die Nieren und Nebennieren aber *primär* im Retroperitonealraum. Die intraperitoneal liegende Milz ist im linken Oberbauch in ihrer sog. Milznische belassen.
Beachte: Die Wurzel des (intraperitonealen) Mesocolon transversum zieht quer über Duodenum und Pancreas.

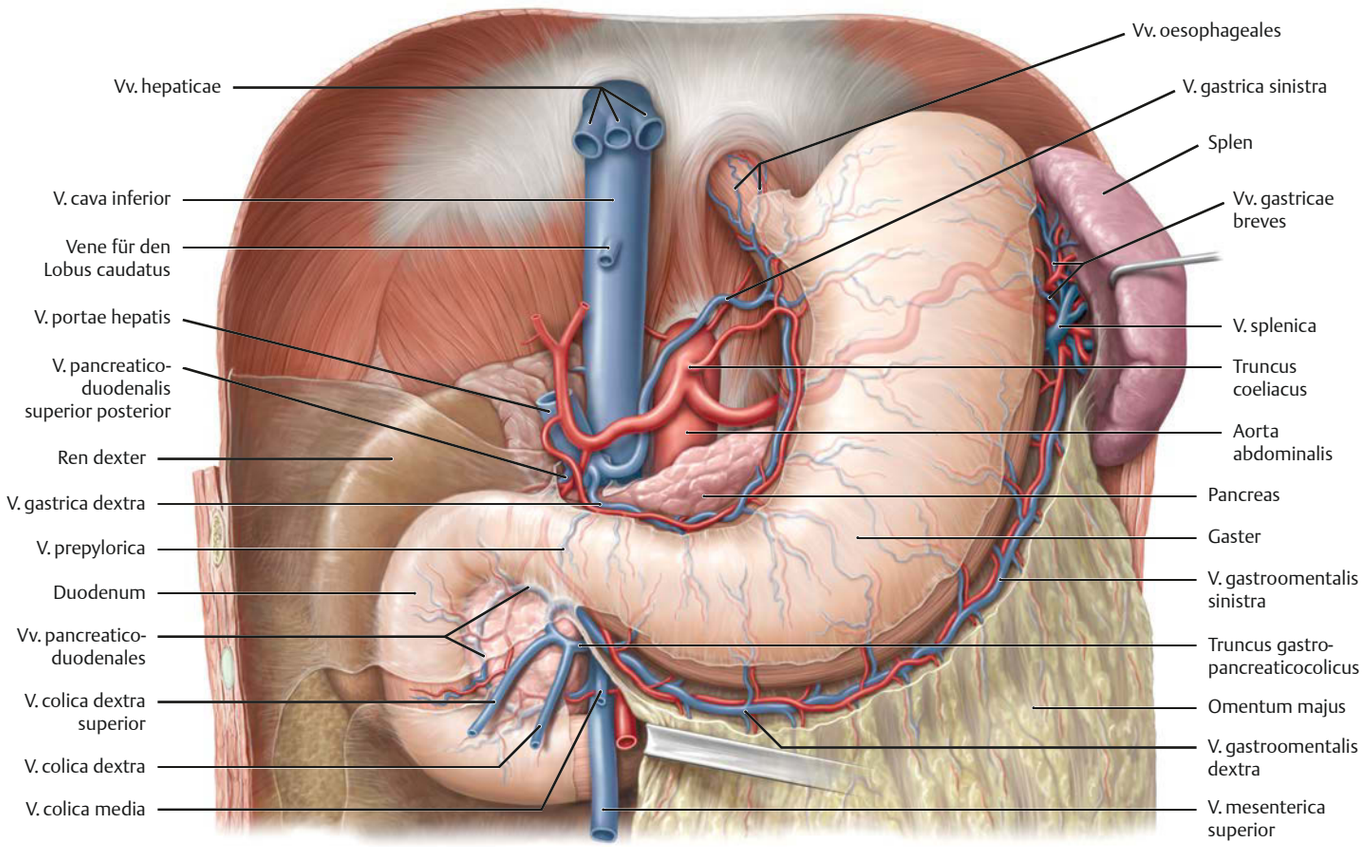




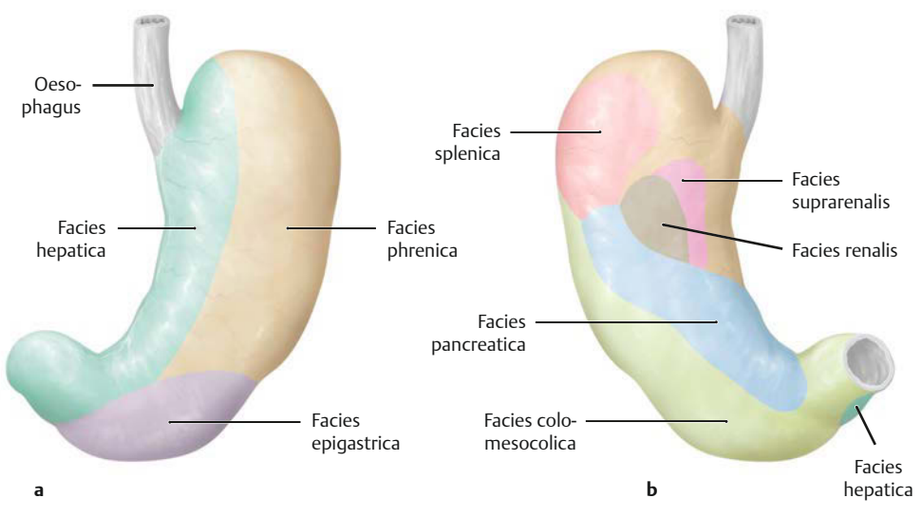
E Peritonealverhältnisse an Duodenum und Pancreas; Inhalt des Lig. hepatoduodenale
a Peritonealverhältnisse an Duodenum und Pancreas, Ansicht von ventral. Die Wurzel des Mesocolon transversum überkreuzt die Pars descendens des Duodenum und das Pancreas.

b Inhalt des Lig. hepatoduodenale. Das Lig. hepatoduodenale ist ein Teil des Omentum minus und verbindet die Leber mit dem Magenpförtner und dem oberen Duodenum. In ihm verlaufen V. portae hepatis, A. hepatica propria und Ductus coledochus.

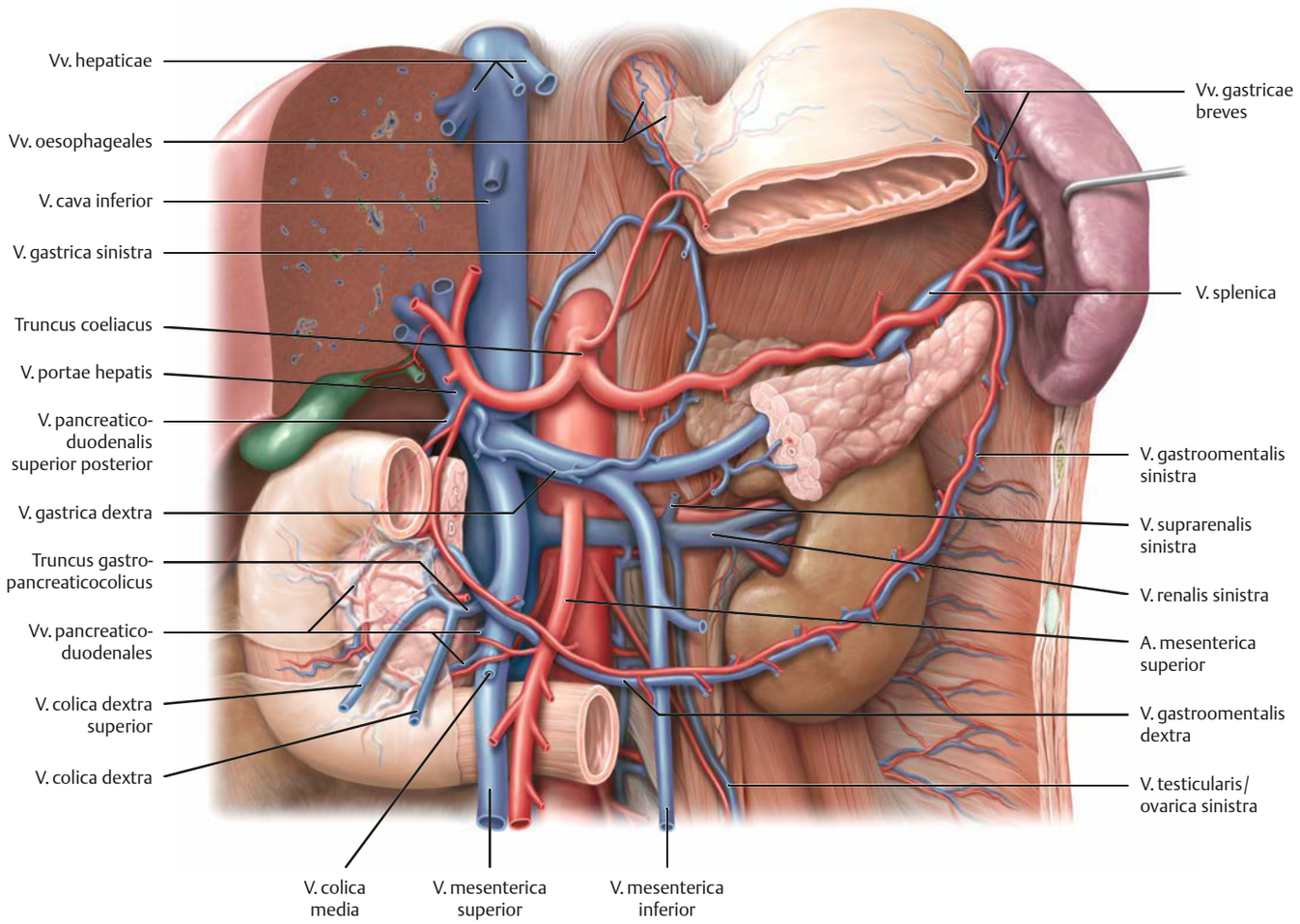
6.8 Topografie der Oberbauchorgane: Magen und Milz



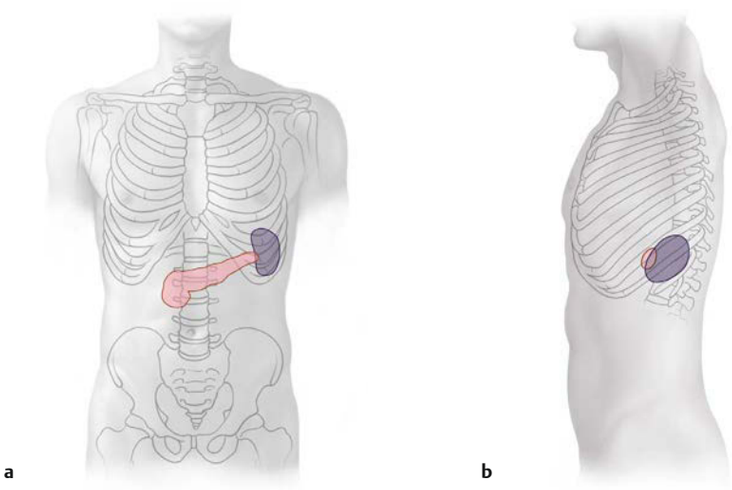
A Lage von Magen und Milz
Oberbauchsitus, Ansicht von ventral, Leber und Omentum minus entfernt, Omentum majus eröffnet und nach links, Magen zur besseren Übersicht etwas nach kaudal gezogen; Peritoneum an mehreren Stellen entfernt oder gefenstert, so dass die Mündung der Vv. hepaticae in die V. cava inferior und die Mündung der Magenvenen in den Portalvenenbereich (V. portae hepatis) am Rand des Lig. hepatoduodenale (hier komplett eröffnet und Peritoneum entfernt) gut sichtbar werden. Die Milz ist mit einem Haken aus ihrer „Milznische" gezogen und liegt bezüglich des Magens fundusnah an dessen großer Kurvatur. Der intraperitoneale Magen bedeckt den größten Teil des retroperitonealen Pancreas. An der großen Magenkurvatur hängt das Omentum majus als Residuum des Mesogastrium dorsale. Der Magen ist teilweise durchscheinend dargestellt, um die hinter ihm vom Truncus coeliacus nach links zur Milz ziehende A. splenica darzustellen.



B Berührungsfelder mit Nachbarorganen
a u. **b** Ansicht der Magenvorder- und -hinterwand. Durch seine intraperitoneale Lage ist der Magen gegen alle Nachbarorgane sehr gut verschieblich. Krankheitsprozesse (Geschwüre, bösartige Tumoren), die die Magenwand durchwandern, können aber an diesen Berührungsfeldern aufgrund des engen Kontaktes auf die Nachbarorgane übergreifen oder zu Verklebungen des Magens mit den Nachbarorganen führen.

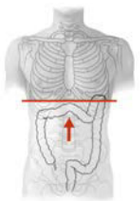


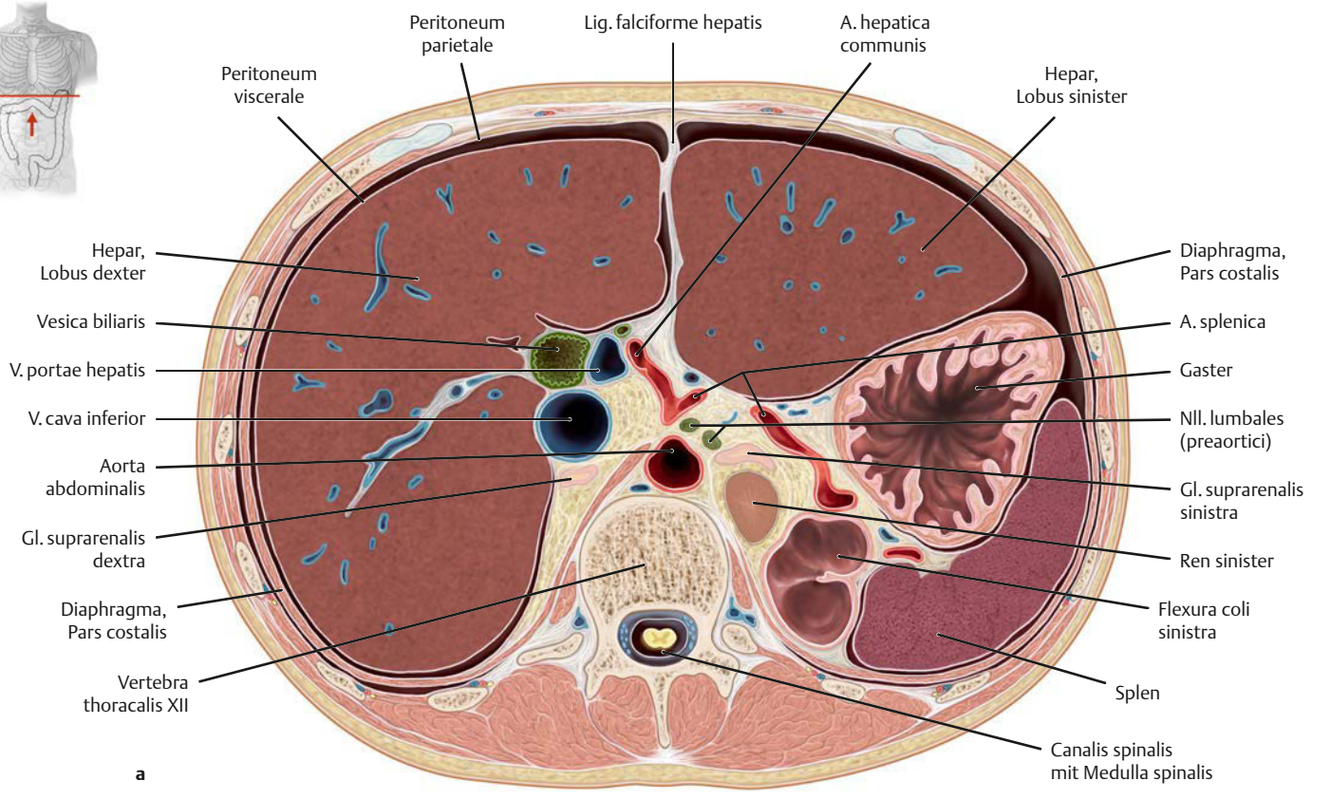
C Lage von Pancreas, Milz und großen Gefäßen
Oberbauchsitus, Ansicht von ventral, Magen teilweise entfernt und etwas nach kaudal gezogen, Darm bis auf Duodenum komplett entfernt. Die Milz ist mit einem Haken aus ihrer Nische nach vorne und links am Magenfundus vorbei gezogen worden; ein Teil des Pankreaskörpers ist reseziert. Das Peritoneum ist größtenteils entfernt, retroperitoneales Fett und Bindegewebe sind ausgeräumt.
Das sekundär retroperitoneale Pancreas kreuzt die ebenfalls im Retroperitonealraum liegende linke Niere an ihrem oberen Pol. Man erkennt, dass die hier dargestellten, im Retroperitonealraum liegenden Organe nicht in einer Frontalebene liegen, sondern von ventral nach dorsal orientiert sind: am weitesten vorne im rechten Oberbauch das Duodenum; etwas weiter nach dorsal das von rechts (und vorne) nach links (und dabei leicht auch nach hinten und oben) quer verlaufende Pancreas; am weitesten dorsal die beiden Nieren (hier nur die linke deutlich sichtbar, die rechte von Duodenum und Pankreaskopf verdeckt).



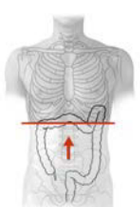
D Projektion der Lage von Pancreas und Milz auf das Skelett
Ansicht von ventral (**a**) und von links (**b**).
Das Pancreas liegt mit seinem Körper in Höhe des 1./2. Lendenwirbelkörpers, sein Kopf etwas tiefer, sein nach links, dorsal und oben ziehender Teil mit der Cauda pancreatis etwas höher (bis fast BWK XI). Die Milz liegt im linken Oberbauch mit ihrer Längsachse entlang der 10. Rippe. Die Cauda pancreatis berührt scheinbar fast die Milz. „Scheinbar", weil das Pancreas retroperitoneal, die Milz aber intraperitoneal liegt, beide also durch die Cavitas peritonealis getrennt sind.
Beachte besonders in **b** die weit dorsale Lage der Milz, die ebenso wie die Leber die dorsale Wand der Peritonealhöhle berührt.

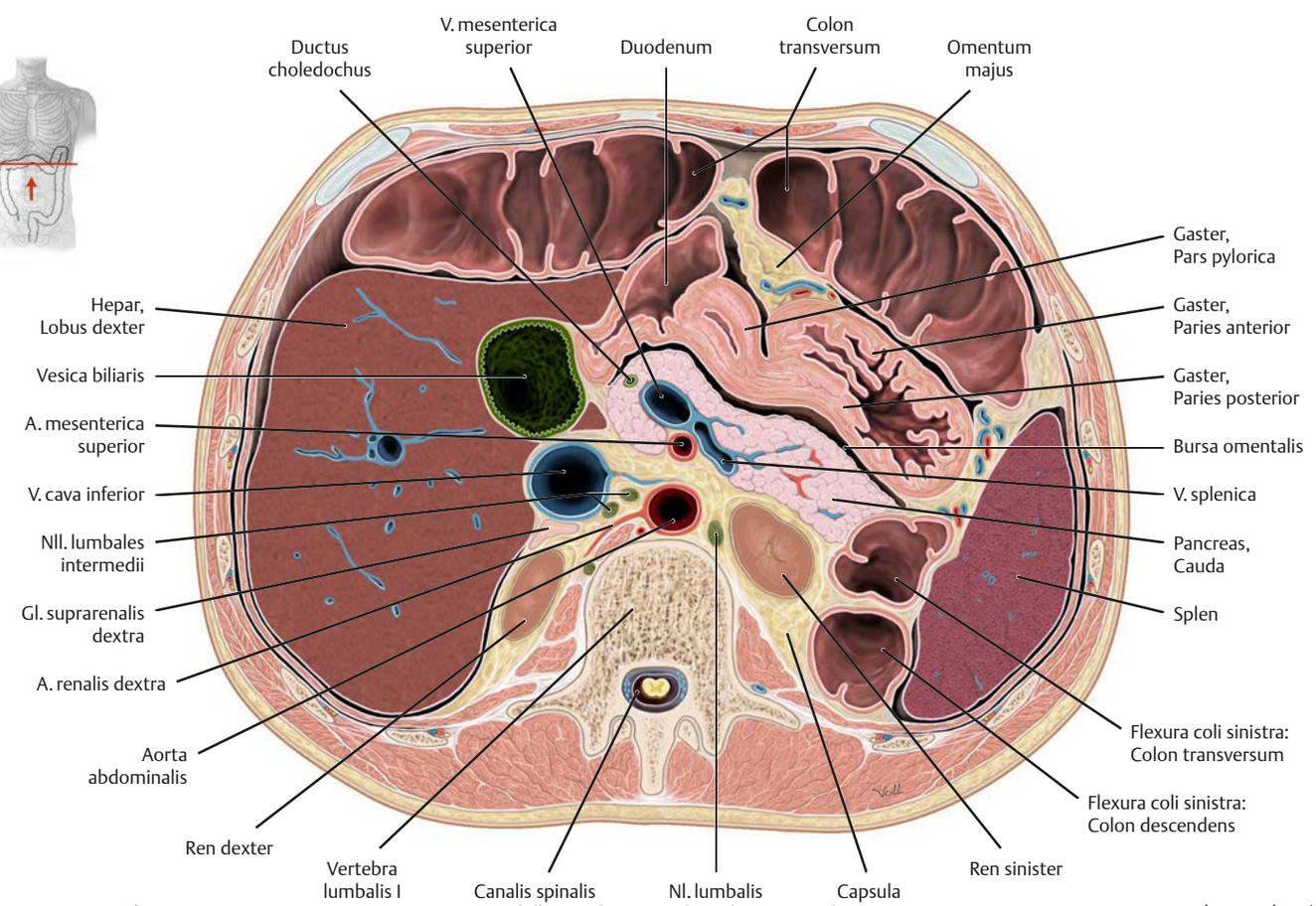
6.9 Schnittbildanatomie Oberbauchorgane





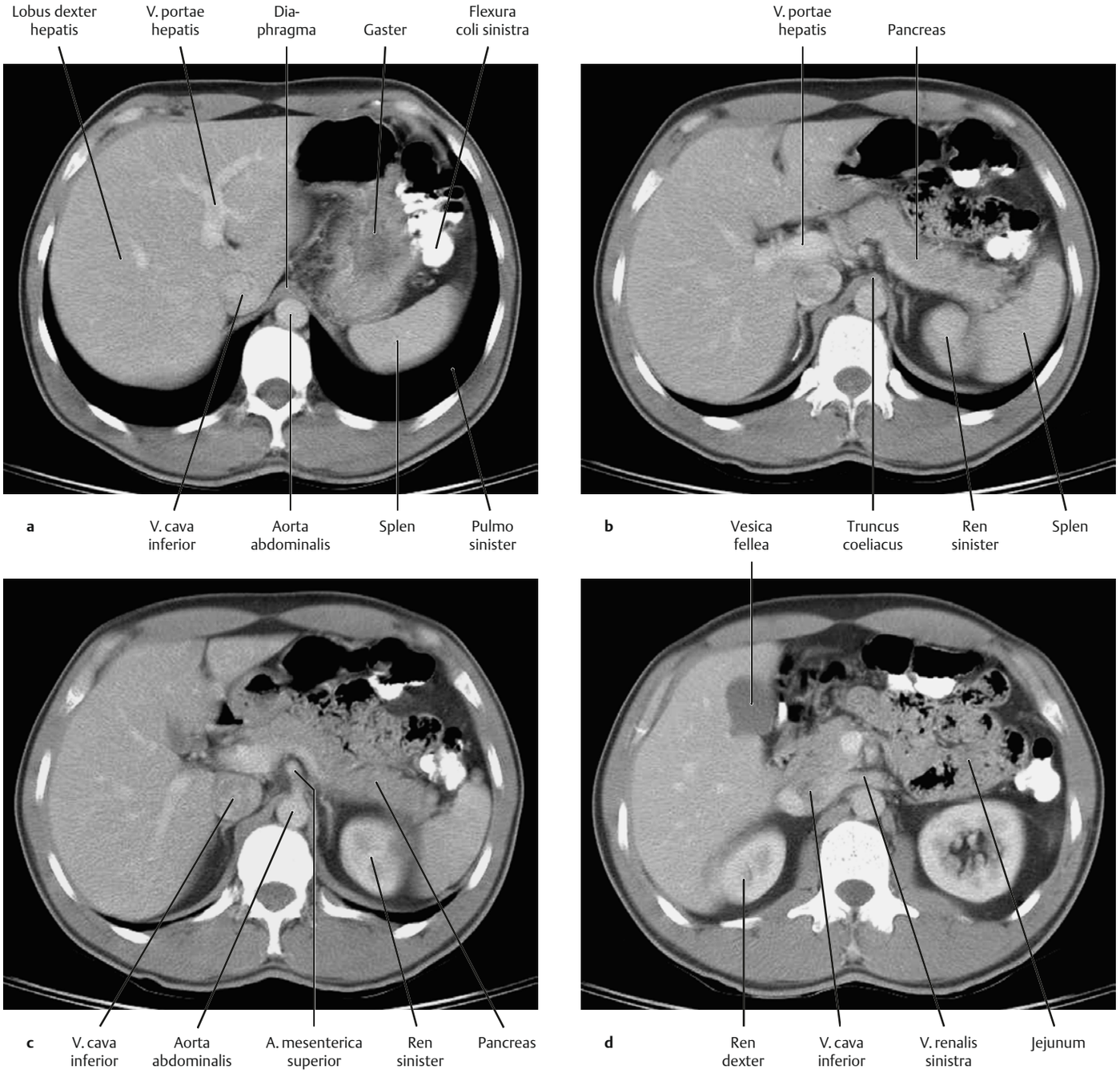
a





b

Legende s. rechts (**A**).

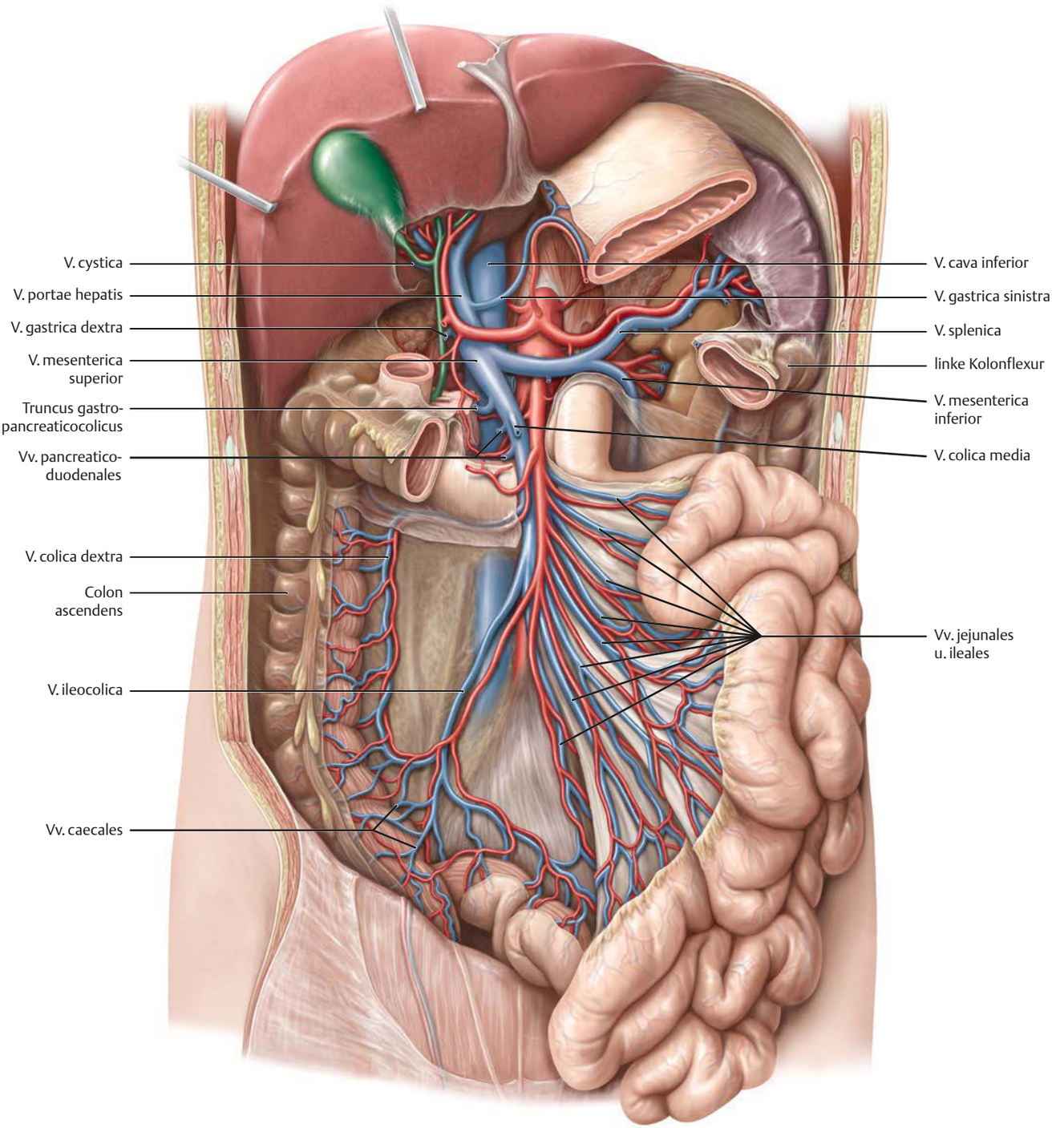


B Computertomographie des Abdomens
Axiale Schnittbilder der Oberbauchorgane auf Höhe von BWK 12 (**a**), LWK 1 (**b** u. **c**) und LWK 2 (**d**) in der Ansicht von kaudal (aus: Möller, T. B., E. Reif: Taschenatlas der Schnittbildanatomie, Band II: Thorax, Abdomen, Becken, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2000).

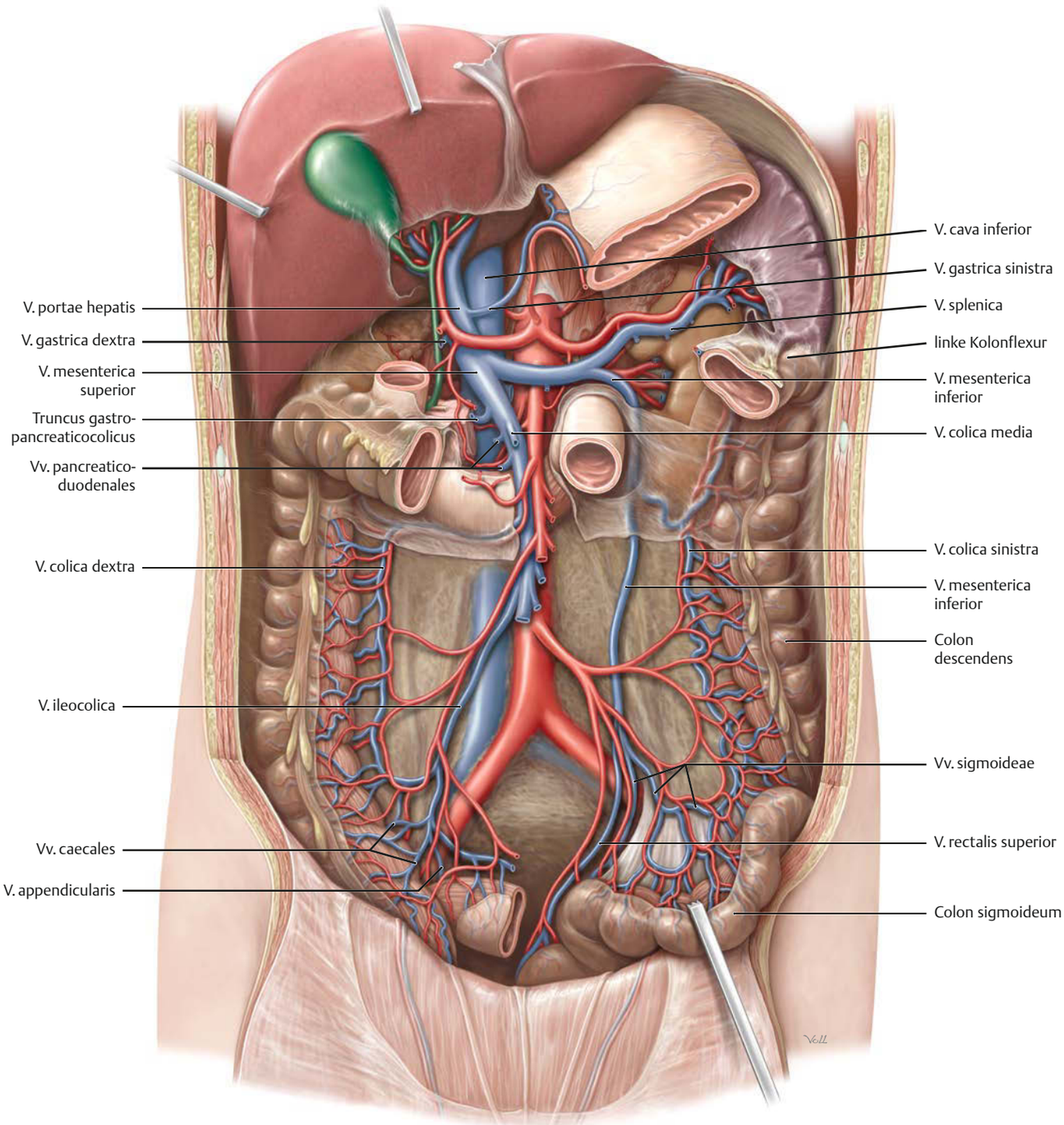
Beachte: Das Pancreas liegt typischerweise auf Höhe des 1./2. Lendenwirbels zwischen dem Abgang des Truncus coeliacus (s. **b**) und der A. mesenterica superior (s. **c**) aus der Aorta abdominalis.

A Horizontalschnitte durch das Abdomen
a Auf Höhe des Wirbelkörpers Th XII; **b** auf Höhe des Wirbelkörpers L1. Ansicht von kaudal.
Die Höhenlage der meisten Organe hängt von Alter, Körperlage, Konstitutionstyp, Ernährungszustand und Atmung ab. Bei der Darstellung eines Schnittes in einer bestimmten Höhe sind deshalb erhebliche Variationen möglich, v. a. bei den Organen, die an die jeweilige Schnitthöhe nur angrenzen. Im Schnitt auf Höhe von Th XII (**a**) hier ist z. B. nur die höher stehende linke Niere (mit Nebenniere) getroffen, die rechte Niere (die tiefer steht als die linke, weil die Leber großen Platzbedarf hat) liegt unterhalb der Schnitthöhe. Ihre Position kann man auf Höhe von Th XII nur anhand der Lage der angeschnittenen rechten Nebenniere erahnen. Auf Höhe von L1 sind fast immer beide Nieren getroffen (s. **b**).

6.10 Topografie von Dünn- und Dickdarm



A Lage des Dünndarms
Sicht auf den eröffneten Abdominalsitus von ventral. Leber angehoben, große Teile des Magens sowie der größte Teil des Colon transversum entfernt; Pancreas größtenteils reseziert.
Der Dünndarm ist das längste Einzelorgan des Körpers. Seine Lage ist so variabel, dass eine Angabe wie die Lage zu knöchernen Bezugspunkten nicht sinnvoll ist. Fixpunkte liefern lediglich Anfang und Ende des Dünndarms: Der Anfang, das Duodenum, liegt als C-förmige Schleife (sekundär) retroperitoneal im rechten Oberbauch unterhalb (und etwas dorsal) der Leber, etwa in Höhe der Lendenwirbelkörper I–III. Er wird gekreuzt von der Wurzel des Mesocolon transversum. Das Ende, der Übergang vom Ileum in den Dickdarmabschnitt Caecum, liegt – allerdings stark höhenvariabel – im rechten Unterbauch etwas unterhalb der Ebene der Crista iliaca. Der bei weitem größte Teil von Jejunum und Ileum (beide komplett intraperitoneal) liegt in Form zahlreicher Schlingen im Unterbauch zwischen Mesocolon transversum und Beckeneingangsebene innerhalb eines „Rahmens", der durch die Kolonabschnitte vorgegeben wird. Jejunum und Ileum liegen – bedeckt vom Omentum majus (hier entfernt) – beide weiter ventral (ventrale Schicht des Abdomens) als das Duodenum (mittlere Schicht des Abdomens). In diesem Bild ist das Mesenterium großflächig eröffnet, um den Blick auf die zahlreichen Aa. und Vv. jejunales und ileales frei zu geben.



B Lage des Dickdarms

Sicht auf den eröffneten Abdominalsitus von ventral. Leber angehoben, große Teile des Magens sowie größter Teil des Colon transversum entfernt; Pancreas größtenteils reseziert, Dünndarm bis auf Duodenum und kleinen Stumpf von Jejunum und Ileum komplett entfernt. Durch die großflächige Entfernung des Peritoneum werden die retroperitoneal an Colon ascendens und descendens heranziehenden Leitungsbahnen deutlich sichtbar.

Der Dickdarm bildet einen Rahmen um den Dünndarm. Auch seine Lage variiert, wenn auch nicht so stark wie die des Dünndarms. Im Einzelnen liegen:

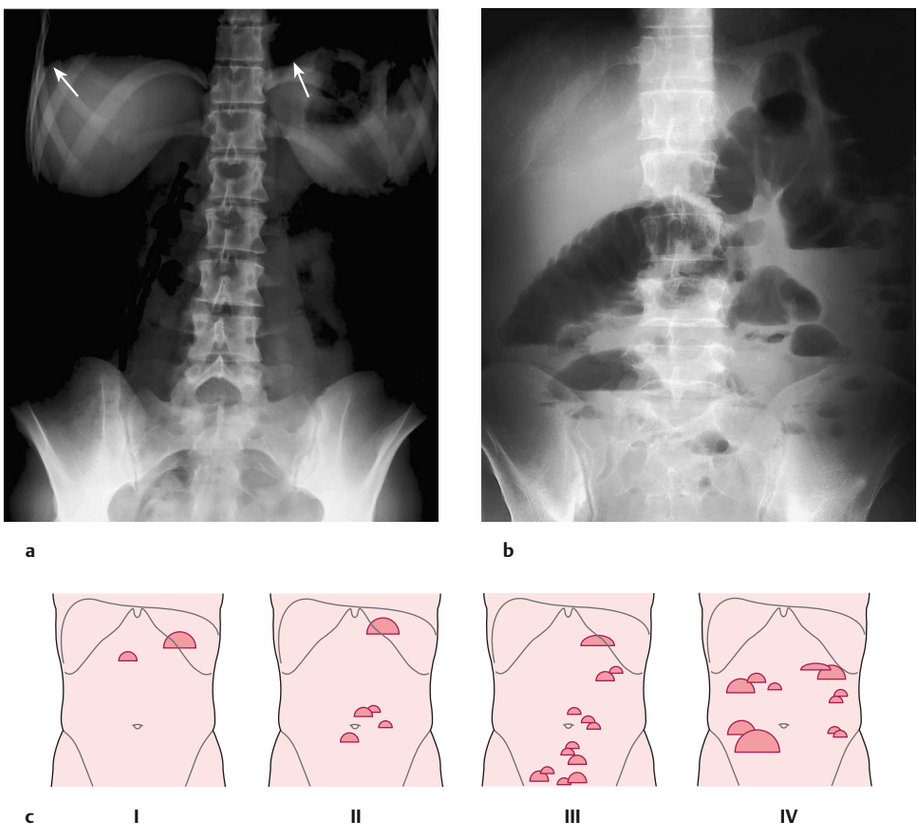
- Colon ascendens und descendens (beide sekundär retroperitoneal) an den Flanken rechts und links,
- das Colon transversum (intraperitoneal) quer an der Grenze Oberbauch – Unterbauch,
- das Colon sigmoideum am Übergang zum Becken im linken Unterbauch und
- Rectum und Canalis analis (retro- bzw. subperitoneal) im Becken selbst vor dem Os sacrum.

Knöcherne Bezugspunkte gibt es sinnvoller Weise nur beim Rectum, das sich vor dem Os sacrum, etwa ab dem Sakralwirbelübergang S II/S III bis zum Beckenboden hin erstreckt. Beim Colon ergeben sich durch die Nähe zu Leber (die Flexura coli dextra heißt daher auch Flexura hepatica) und Milz (die Flexura coli sinistra heißt daher auch Flexura splenica) gewisse topografische Anhaltspunkte. Wenn man das Abdomen in Schichten von ventral nach dorsal einteilt, liegt das intraperitoneale Colon transversum in der ventralen Schicht, die retroperitonealen Abschnitte Colon ascendens und descendens liegen in der mittleren Schicht, das Colon descendens allerdings deutlich weiter dorsal als das Colon ascendens.

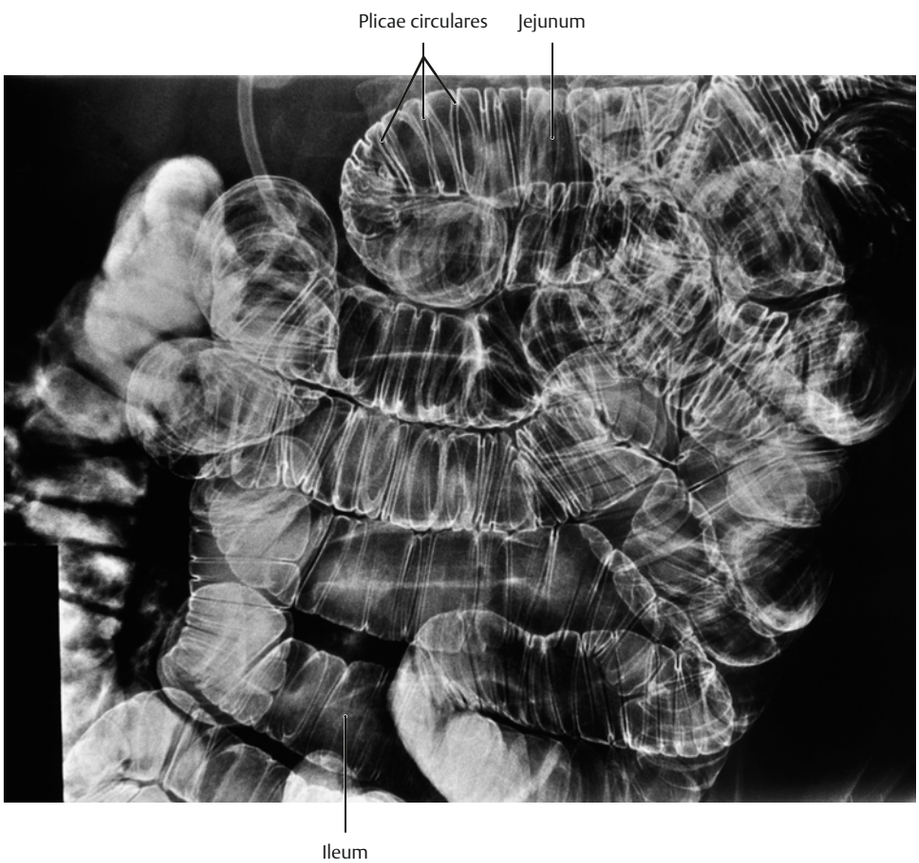
6.11 Röntgenanatomie von Dünn- und Dickdarm

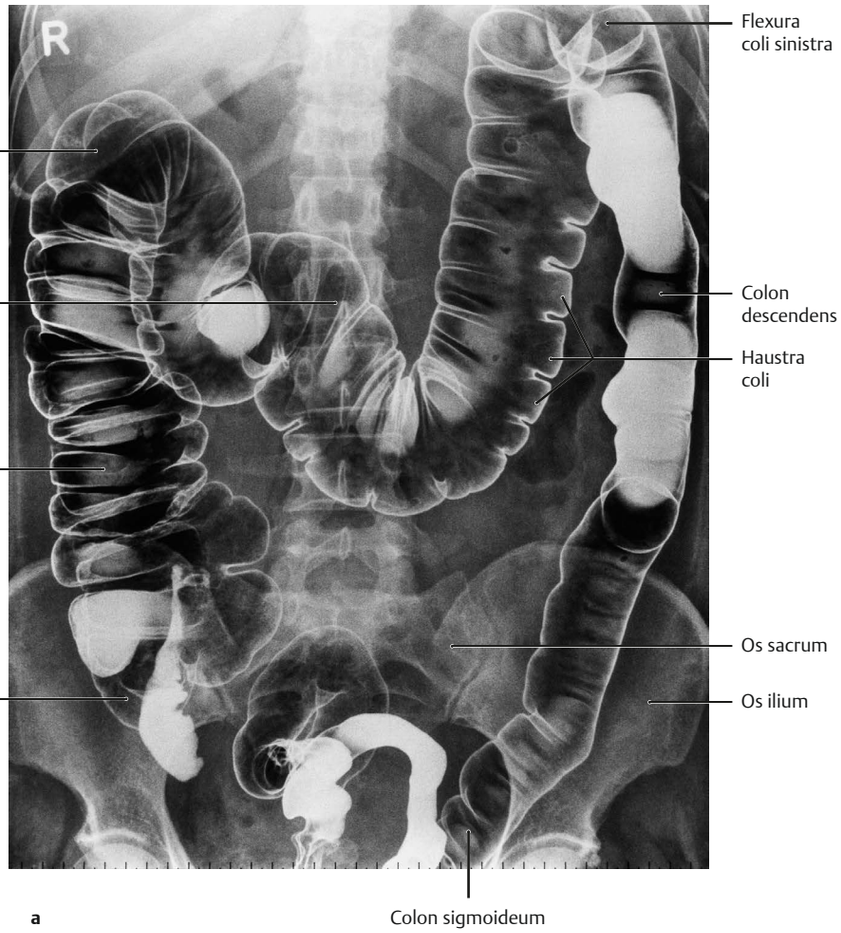
A Abdomenübersichtsaufnahme im Stehen
In Abhängigkeit von der jeweiligen Fragestellung kann der Verdauungskanal mit konventionellen Röntgenaufnahmen (ohne und mit Kontrastmittel) sowie mit computergestützten Schnittbildverfahren (CT und MRT) und der Sonographie dargestellt werden. Zur Abklärung von freier Luft innerhalb der Peritonealhöhle, die auf eine Perforation eines Hohlorganes hinweisen kann, oder von Flüssigkeitsspiegeln im Darmlumen bei Verdacht auf einen Darmverschluss (Ileus), wird zunächst eine sog. Abdomenübersichtsaufnahme im Stehen oder in Linksseitenlage angefertigt.

a Normalbefund im Stehen: scharf abgegrenztes Zwerchfell (Pfeile) ohne Nachweis von freier Luft unter den Zwerchfellkuppen, geringe Mengen von Luft (Darmgasen bzw. Magenblase) sind physiologisch;
b mechanischer Ileus nach rechtsseitiger Hemikolektomie: Proximal der Stenose sind in stark erweiterten Ileumschlingen sowie im verbliebenen Kolon unterschiedlich hohe Luft-Flüssigkeits-Spiegel zu erkennen. Aus dem jeweiligen Verteilungsmuster der Flüssigkeitsspiegel kann man auf die Verschlusslokalisation schließen (s. **c**);
c schematische Darstellung radiologischer Befunde bei mechanischem Ileus unterschiedlicher Lokalisation: **I** Duodenalileus mit typischem „double-bubble"-Phänomen, **II** hochsitzender und **III** tiefsitzender Dünndarmileus (Kolonrahmen ist frei), **IV** Dickdarmileus mit entsprechend dem Verlauf des Kolons lokalisierten Spiegeln (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).

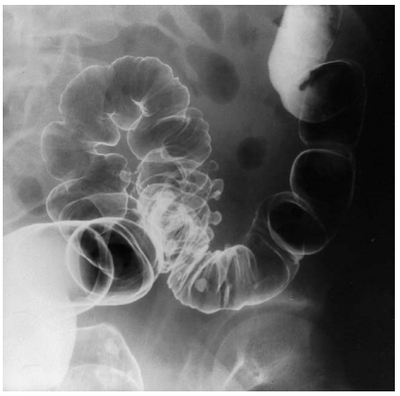


B Röntgendarstellung des Dünndarms
Darstellung des Dünndarms im sog. Doppelkontrast bei anteroposteriorem Strahlengang (Strahlenquelle vor dem Patienten, Bildfolie hinter dem Patienten). Ansicht von ventral. Bei einem Doppelkontrastverfahren wird durch Zufuhr von Luft über eine Sonde und durch Gabe eines strahlendichten, flüssigen Kontrastmittels (Bariumsulfat) eine besonders kontrastreiche Darstellung des Darmrohres erzielt. Sie garantiert eine hohe morphologische Auflösung und gestattet zudem eine Beurteilung der Schleimhautverhältnisse. Das Bild hier zeigt einen Normalbefund. Sehr deutlich sind die quergestellten Plicae circulares zu sehen.



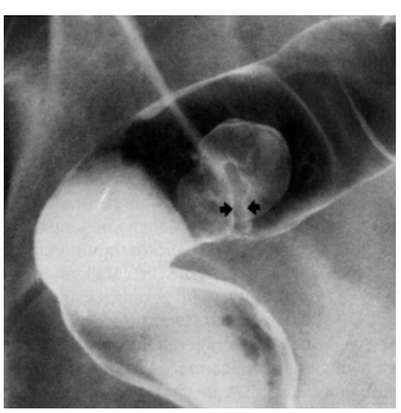


a



b

c



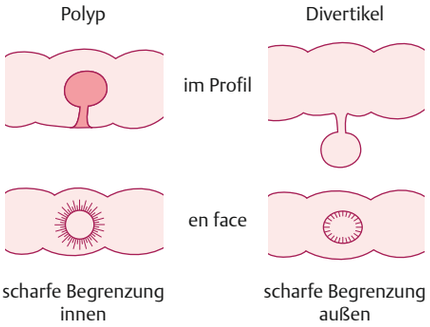
d

C Röntgendarstellung des Dickdarms
(aus: Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006)

Darstellung des Dickdarms ins Doppelkontrast bei anterioposteriorem Strahlengang, Ansicht von ventral; **a** Normalbefund; **b** multiple Ausstülpungen bei Sigmadivertikulose; **c** Kolondivertikel im Profil (Pfeil) und in der Aufsicht (Pfeilspitze); **d** Kolonpolyp; **e** schematische Darstellung radiologischer Kriterien zur Unterscheidung von Polypen und Divertikeln im Röntgenbild.

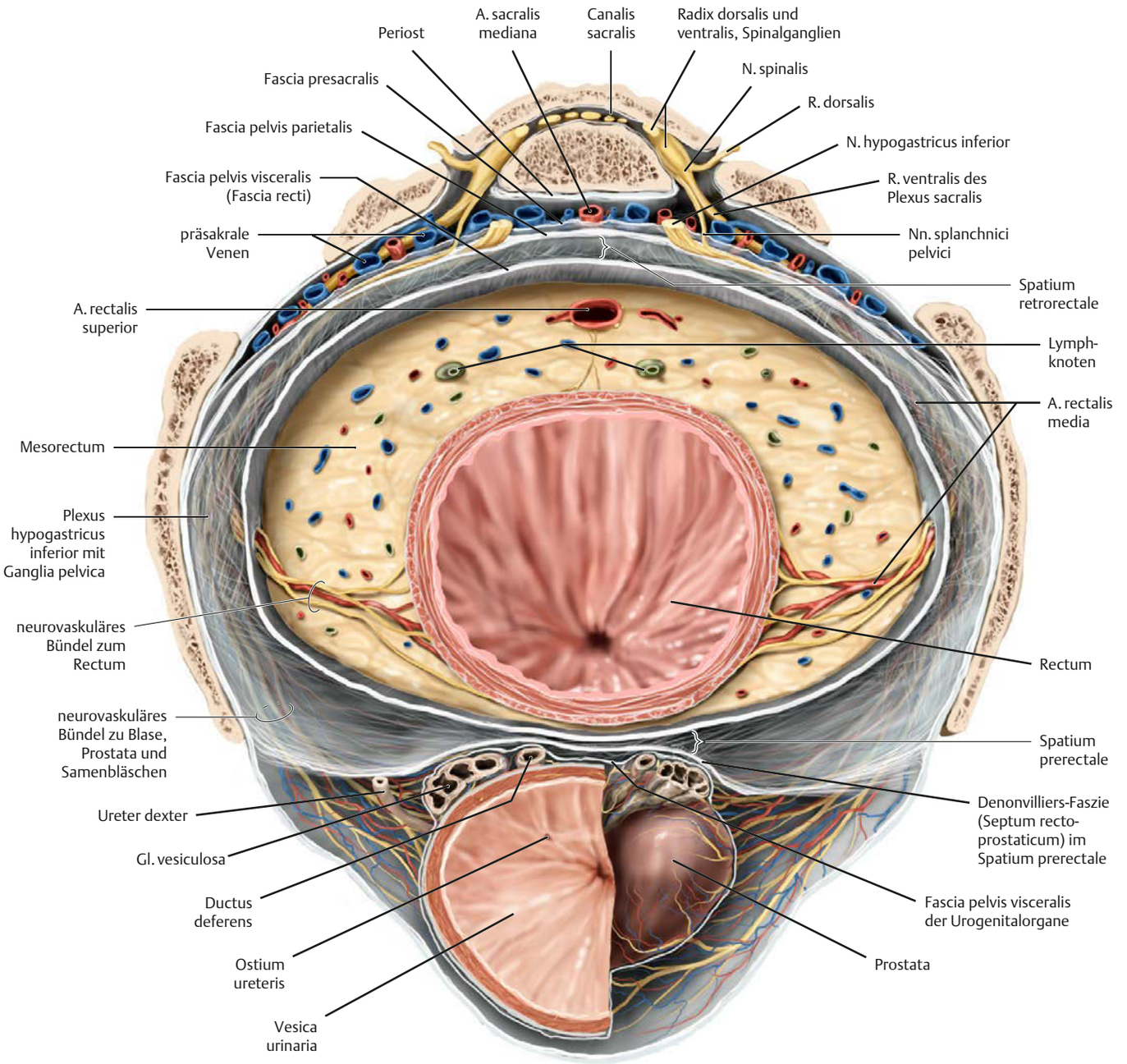
In **a** erkennt man deutlich die einzelnen Abschnitte des Dickdarms mit den Haustren. Das röntgendichte Kontrastmittel hat sich nicht völlig gleichmäßig verteilt: wenig transparente, weißliche Bezirke unterschiedlicher Größe markieren Ansammlungen von Kontrastmittel.

Beachte: Sowohl Kolondivertikel als auch Kolonpolypen sind charakteristische pathologische Veränderungen im gesamten Dickdarm. Während Divertikel umschriebene Ausstülpungen aller Darmwandschichten nach außen darstellen, sind Polypen zunächst gutartige, umschriebene, gestielte oder wandständige Vorwölbungen der Darmschleimhaut nach innen. Ihre Unterscheidung im doppelkontrastiertem Röntgenbild gelingt aufgrund typischer radiologischer Abgrenzungskriterien sowohl in Seitenansicht als auch in Aufsicht (s. **e**). Entzündliche Veränderungen der Divertikel bezeichnet man als Divertikulitis. Sie ist im akuten Zustand mit hochgradigen Stenosen und erhöhter Perforationsgefahr verbunden. Bei Kolondivertikeln steigt mit zunehmender Größe das Risiko der Entartung (Kolonkarzinom, s. S. 248).



e

6.12 Topografie des Rectum



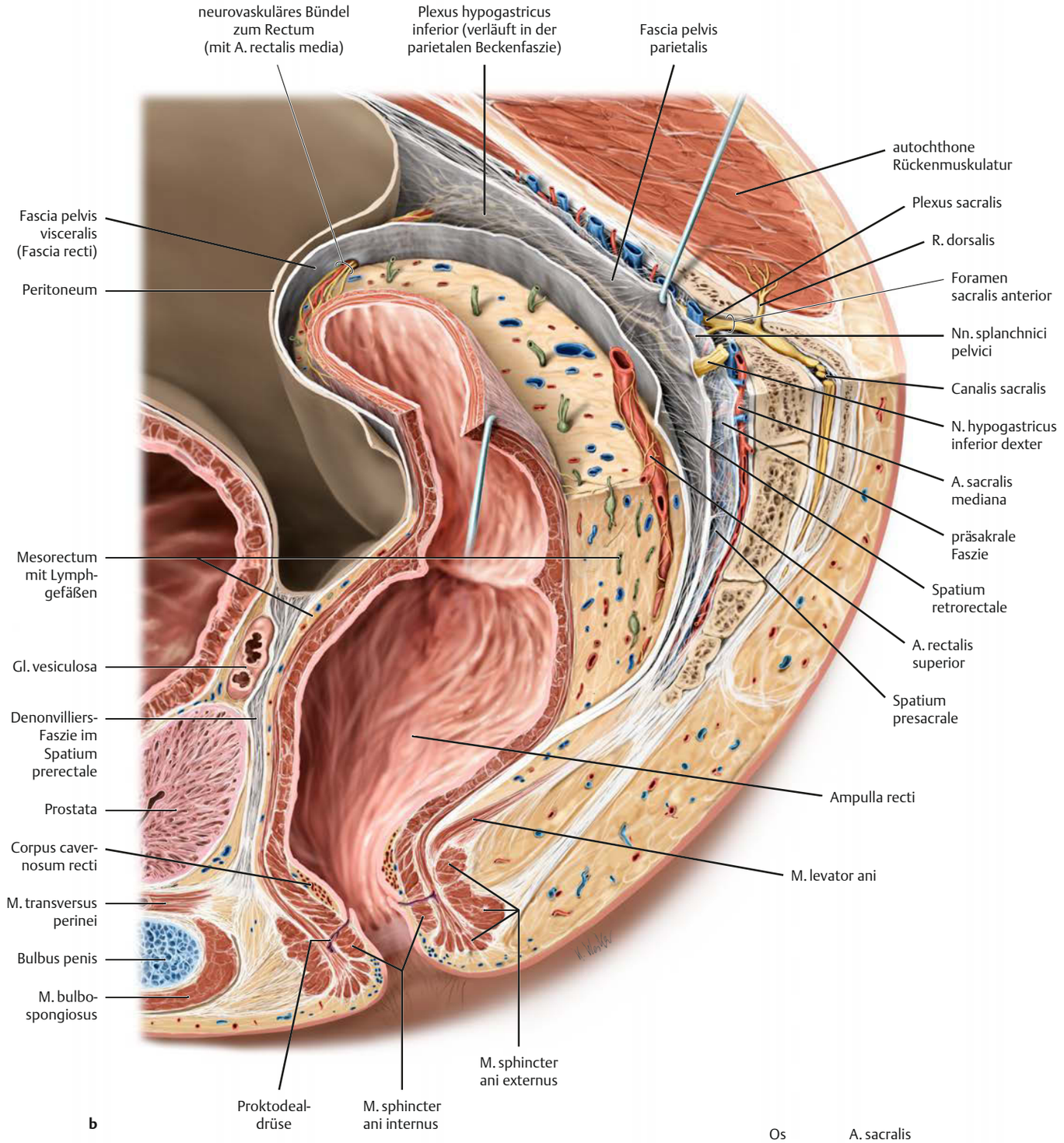
a

A Periproktisches Kompartiment mit mesorektalen Hüllfaszien (nach Wedel u. Stelzner)

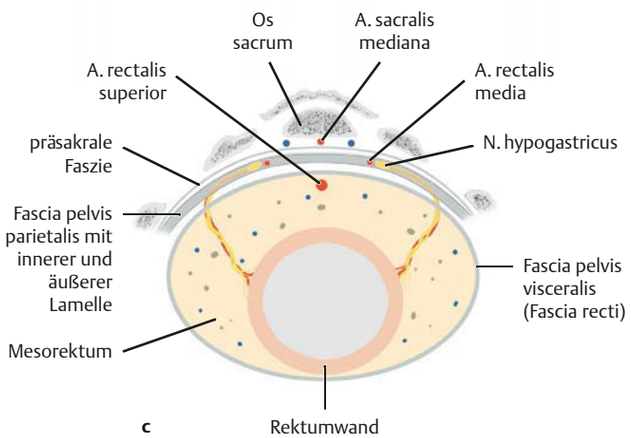
Männliches Becken; **a** Transversalschnitt auf Höhe des unteren Blasendrittels, Ansicht von oben; **b** Mediansagittalschnitt, Ansicht von links; **c** schematische Darstellung der perirektalen Umgebung (Transversalschnitt, Ansicht von oben).

Bei tumorchirurgischen Eingriffen am Rectum spielen kontinenzerhaltende Operationen, z. B. die totale mesorektale Exzision (TME), eine zunehmend wichtige Rolle (s. S. 249). Besondere Bedeutung für die Rektumkarzinomchirurgie haben daher die sog. mesorektalen Hüllfaszien, die den periproktischen Raum kompartimentieren und v. a. als Leitschienen für die neurovaskuläre Versorgung des Rectum und anderer Beckenorgane dienen. Diese Hüllfaszien leiten sich von der Fascia transversalis ab, die sich als Fascia pelvis in das Becken fortsetzt und dort mit einem viszeralen Blatt (Fascia pelvis visceralis) die Beckenorgane und mit einem parietalen Blatt (Fascia pelvis parietalis) die knöcherne und muskuläre Beckenwand überzieht.

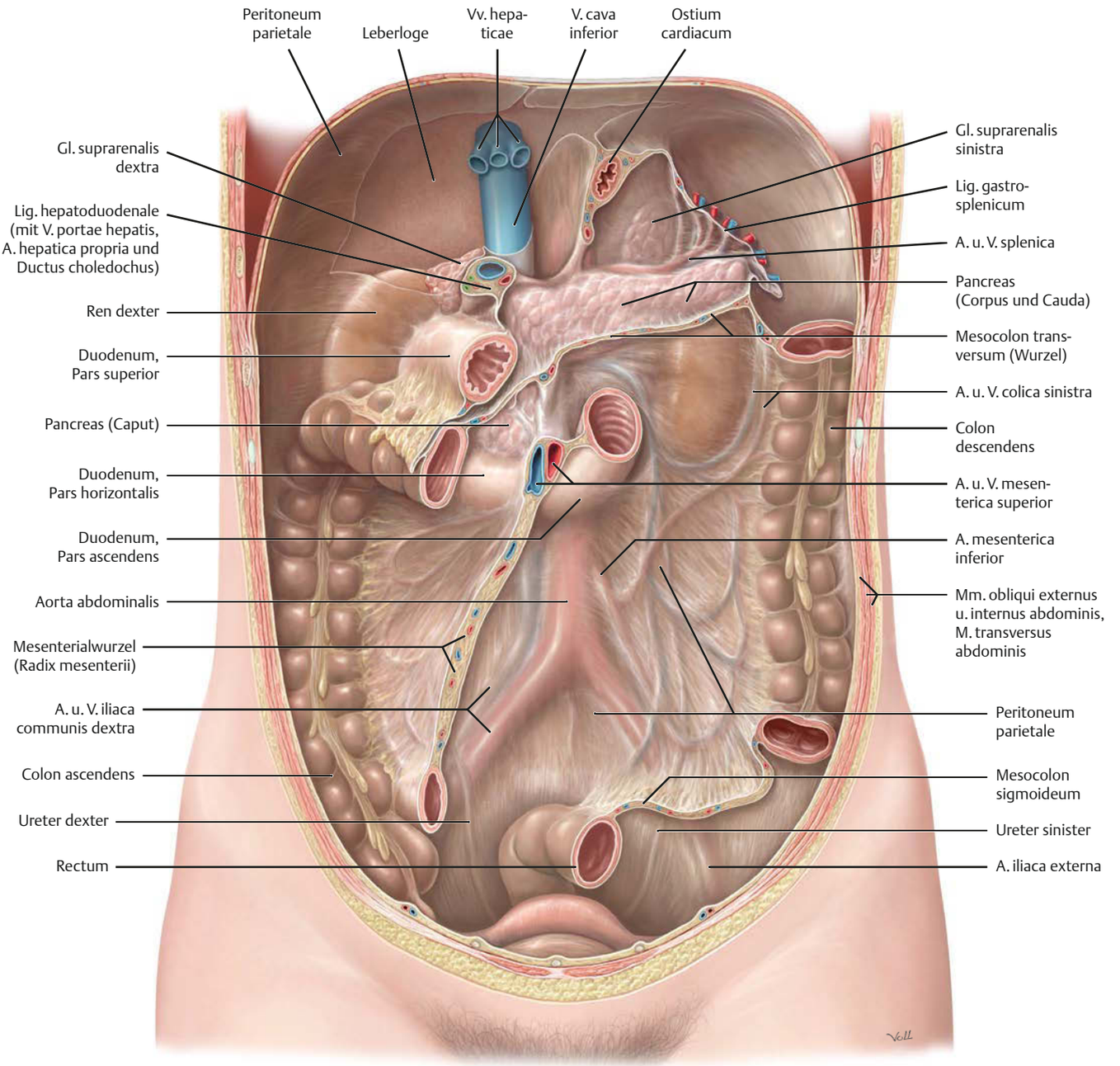
Dort, wo die Organe Kontakt mit dem Beckenboden haben, gehen beide Faszienblätter ineinander über. Ein besonderes anatomisches Kompartiment ist das sog. Mesorectum, eine aus Binde- und Fettgewebe bestehende perirektale Schicht (häufig auch als Adventitia recti bezeichnet). In ihr verlaufen neben den Vasa rectalia superiora auch die rektalen Lymphgefäße mit ihren Lymphknoten, so dass sich hier typischerweise Rektumkarzinome ausbreiten können. Die Fascia pelvis visceralis, die das Mesorectum umgibt (und häufig auch als Fascia recti bezeichnet wird) grenzt sowohl nach hinten als auch nach vorne an gefäß- und nervenfreie Spalträume (Spatium retro- bzw. prerectale) an, deren Eröffnung eine komplette dorsale und ventrale Mobilisierung des Rec-



tum unter Mitnahme des Mesorectum bei einer TME erlaubt (s. S. 249). Weiter nach dorsal folgt die sakrale Fascia pelvis parietalis (häufig auch als „Waldeyer-Faszie“ bezeichnet). In sie eingehüllt ziehen zwei kräftige sympathische Nervenstränge (linker und rechter N. hypogastricus) nach lateral (s. **c**). Sie treten nach Aufnahme der parasympathischen Nn. splanchnici pelvici aus den spinalen Sakralnerven im Bereich der Paraproktien (sog. laterale Rektumpfeiler) zusammen mit den mittleren Rektumgefäßen (A. rectalis media) an die seitliche Rektumwand heran. Zwischen präsakraler Faszie und sakralem Periost verlaufen im Spatium presacrale z. T. kräftige Venengeflechte (präsakrale Venen). Nach vorne wird das Mesorectum durch die Denonvilliers-Faszie von den urogenitalen Organen abgegrenzt, die, insbesondere beim Mann, auf Höhe der Prostata und der Samenbläschen eine gut abgrenzbare Bindegewebsplatte darstellt.



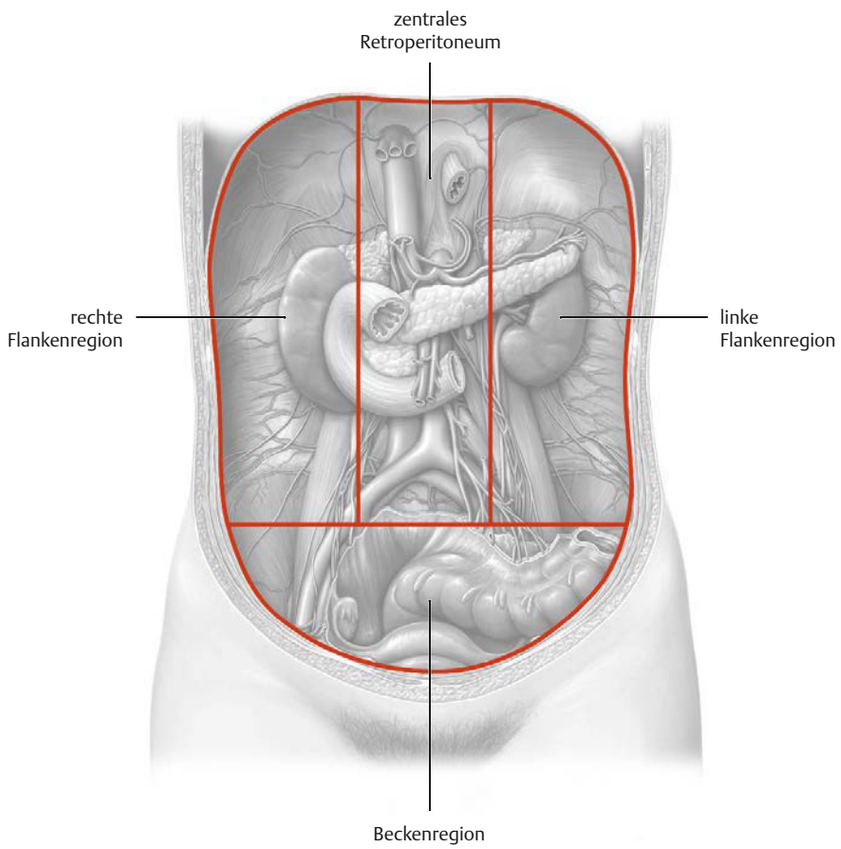
6.13 Situs retroperitonealis: Übersicht und Einteilung



A Übersicht über den Situs retroperitonealis
Sicht von ventral auf einen weiblichen Bauch- und Beckensitus. Der Oesophagus ist etwas nach kaudal gezogen, so dass er bei dieser Darstellung zur Orientierung noch teilweise sichtbar ist.
Beachte: Die Organe im Spatium retroperitoneale sind z. T. primär im Retroperitonealraum angelegt (wie z. B. Nieren, Nebennieren sowie große Gefäße und Nerven), z. T. sekundär nach retroperitoneal verlagert (Pancreas und Duodenum), vgl. **B**. Die Organe, die erst sekundär in das Spatium retroperitoneale verlagert wurden, haben auf ihrer Vorderseite immer noch einen Peritonealüberzug (sie waren ja einmal intraperitoneal angelegt), da ihr Peritoneum viscerale erst im Zuge der „Rückverlagerung" mit dem Peritoneum parietale der dorsalen Wand verschmolzen ist. Die primär im Spatium retroperitoneale angelegten Organe haben keinerlei Peritonealüberzug, da sie von vornherein in das retroperitoneale Bindegewebe miteingebaut werden.

B Organe und Leitungsbahnen im Retroperitonealraum (Spatium retroperitoneale)

Organe	Gefäße	Nerven
primär retroperitoneal (bzw. extraperitoneal): • Ren dexter und sinister • Gl. suprarenalis dextra und sinistra • Ureter dexter und sinister *sekundär retroperitoneal* (bzw. extraperitoneal): • Pancreas • Duodenum: Partes descendens, horizontalis und teilweise ascendens • Colon ascendens und descendens • variabel: Abschnitte des Caecum • Rectum bis Flexura sacralis	(alle primär retroperitoneal) • Aorta (Pars abdominalis) mit ihren Ästen • V. cava inferior mit ihren Zuflüssen • Vv. lumbales ascendentes • V. portae hepatis (vor dem Verlauf im Lig. hepatoduodenale) mit ihren Zuflüssen • Nll. lumbales, sacrales und iliaci, Trunci lumbales, Cisterna chyli	(alle primär retroperitoneal) • Äste des Plexus lumbalis (Nn. iliohypogastricus, ilioinguinalis, genitofemoralis, cutaneus femoris lateralis, femoralis und obturatorius) • Truncus sympathicus • vegetative Ganglien und Plexus

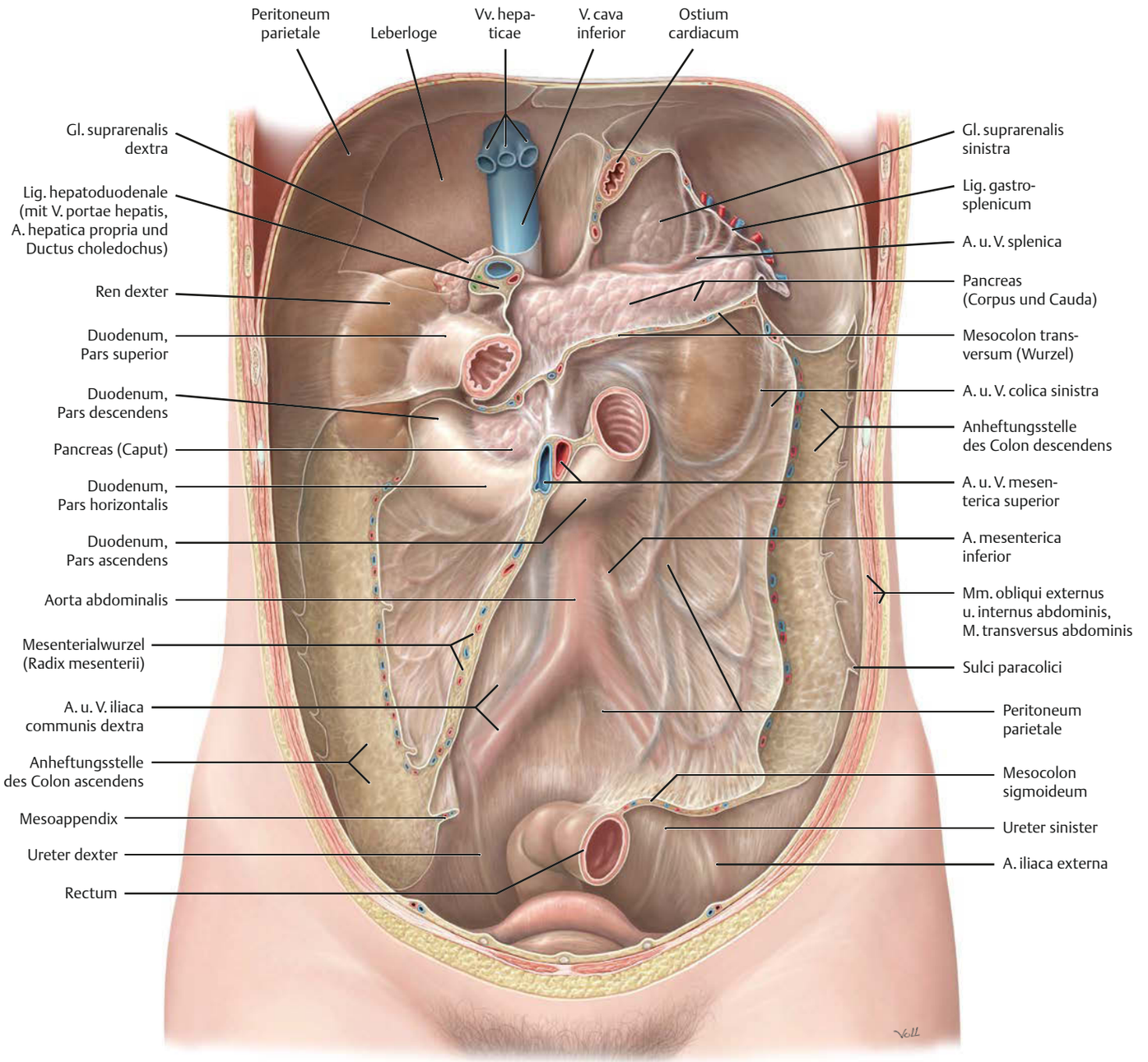


C Einteilung des Retroperitonealraums (Spatium retroperitoneale) in drei Zonen (nach von Lanz u. Wachsmuth)

Eine Unterteilung von Körperhöhlen, hier des Spatium retroperitoneale, ist auch nach klinischen Gesichtspunkten möglich. Eine solche Einteilung ist sinnvoll, wenn man beurteilen muss, welche Organe aufgrund ihrer benachbarten Lage gemeinsam erkranken oder von einer Verletzung betroffen sein können, auch wenn sie zu ganz verschiedenen funktionellen Systemen gehören. Das Spatium retroperitoneale wird in drei Zonen unterteilt:

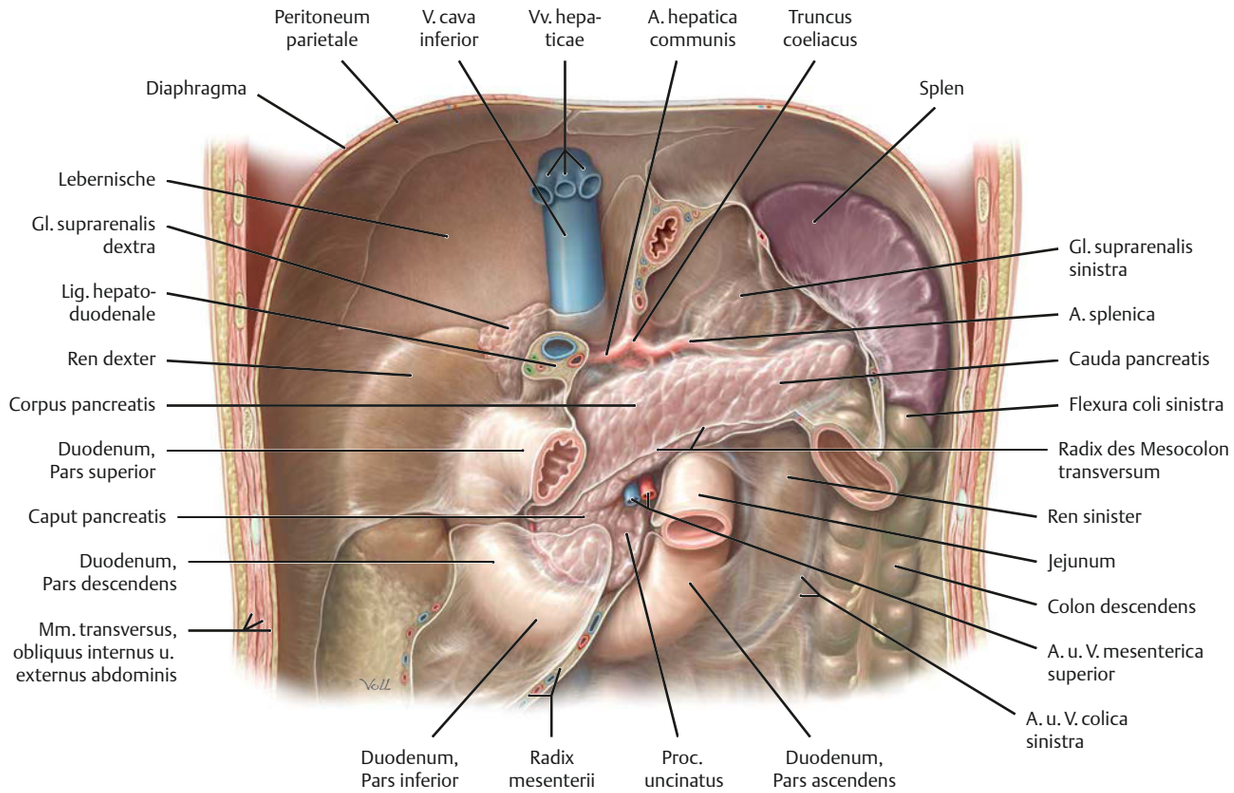
Zone 1:
zentrales Retroperitoneum mit großen Gefäßen und Duodenum;
Zone 2:
linke und rechte Flankenregion mit Nieren, Ureteren, Colon ascendens und descendens (hier nicht dargestellt zur besseren Übersicht über die übrigen Organe);
Zone 3:
Beckenregion (die dem Hypogastrium entspricht) mit Harnblase, mündungsnahen Ureteren und Rectum sowie dem inneren Genitale.

6.14 Situs retroperitonealis: Peritonealverhältnisse



A Peritonealverhältnisse an der dorsalen Wand der Peritonealhöhle

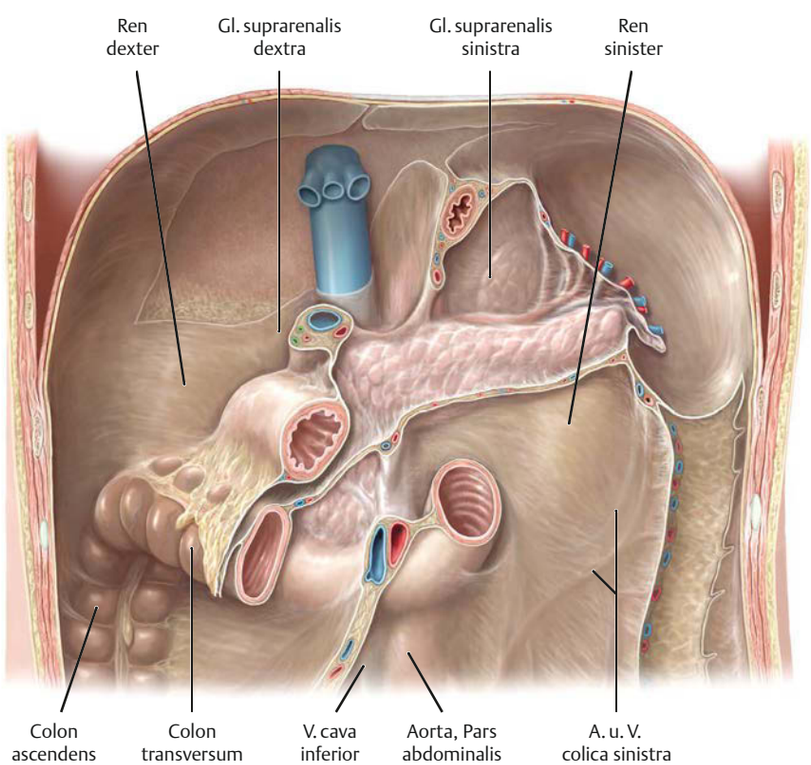
Sicht von ventral in einen Bauch- und Beckensitus. Alle intraperitonealen Organe sind entfernt, so dass die Sicht auf das Spatium retroperitoneale komplett ist. Die Rückwand der Cavitas peritonealis ist gleichzeitig die Vorderwand des Spatium retroperitoneale. Im Gegensatz zur Vorderwand der Peritonealhöhle, die hauptsächlich aus Muskeln und Faszien besteht, wird die Rückwand zu einem erheblichen Teil von den Organen im Spatium retroperitoneale gebildet, die hier hinter dem Peritoneum parietale durchscheinen. Das retroperitoneale Binde- und Fettgewebe ist aus Gründen der Übersicht nur sehr zart dargestellt. Dadurch wird der Verlauf der Gefäße im Spatium retroperitoneale und des Ureters (Überkreuzung der Vasa iliaca) deutlich (vgl. **C**). Die peritonealfreie Zone am Zwerchfell ist die Leberloge (Lebernische). Sie entspricht der Area nuda der Leber. Colon ascendens und descendens (hier aus Übersichtsgründen entfernt) sind bindegewebig an der dorsalen Wand der Peritonealhöhle befestigt, also ebenfalls Bestandteil des Spatium retroperitoneale (vgl. S. 382), wobei die Verwachsungsstelle des Colon ascendens hier weit nach kaudal reicht (Variante). Das Mesocolon transversum, das wie das Colon transversum vor dem Duodenum liegt (also nicht retroperitoneal), muss daher über die Organe des Spatium retroperitoneale „hinweg ziehen" (zur Verlagerung dieser Organe während der Embryonalentwicklung, s. S. 42 f). Das Mesocolon sigmoideum kreuzt den Verlauf der linken Iliakalgefäße und des linken Ureters.



B Situs retroperitonealis

Sicht auf den Situs retroperitonealis von ventral; alle intraperitonealen Organe bis auf die Milz und einen sehr kleinen Jejunumstumpf (beide zur Orientierung belassen) entfernt; retroperitoneales Colon ascendens ebenfalls entfernt; retroperitoneales Bindegewebe zur besseren Sicht auf die Nieren nur andeutungsweise dargestellt.

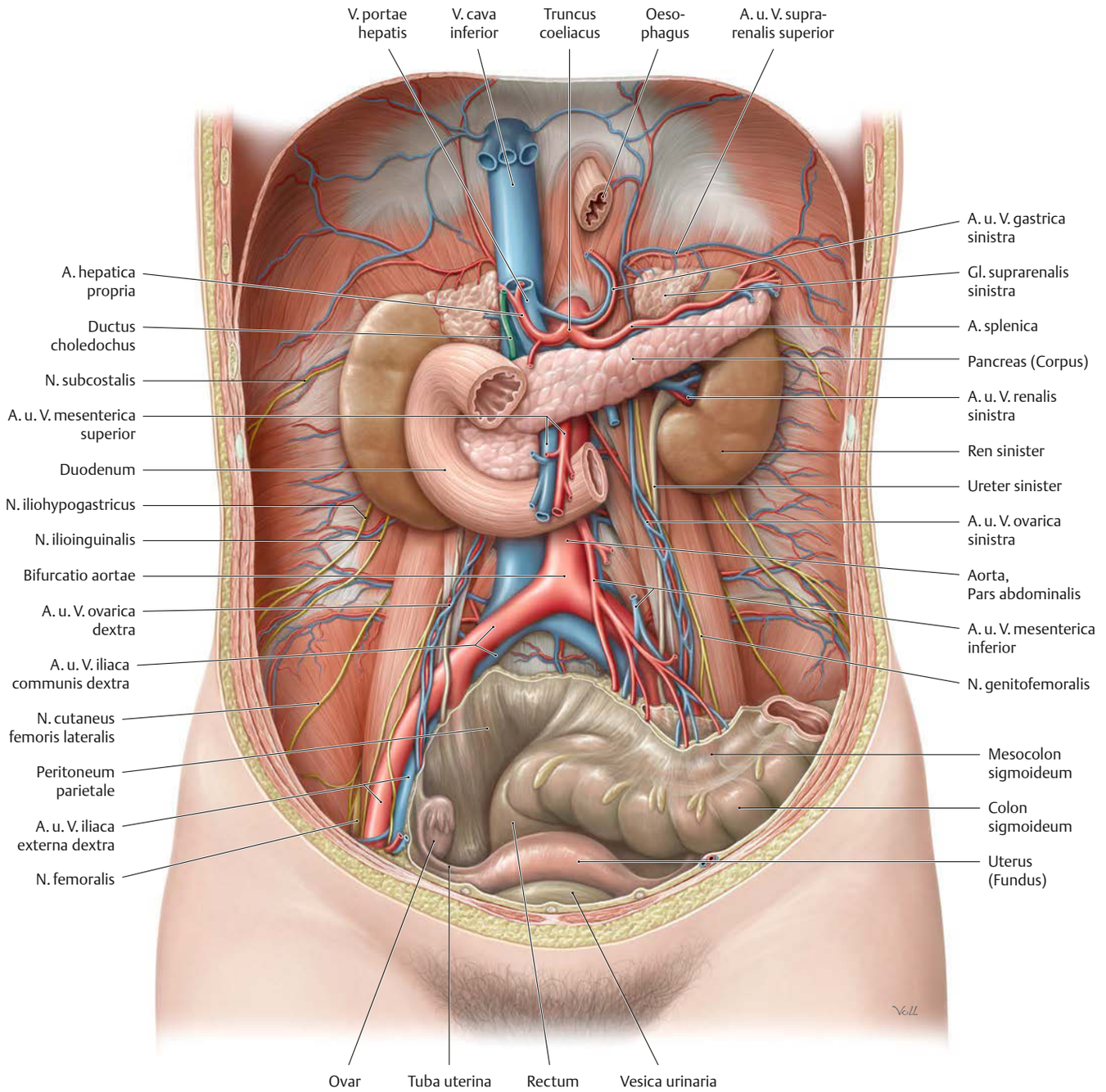
Die retroperitonealen Organe „schimmern" durch das Peritoneum hindurch. Die Wurzel des Mesocolon transversum verläuft quer über rechte Niere, Duodenum und Pancreas. Die Wurzel des Mesenterium läuft kraniokaudal über das Caput pancreatis. Das Colon descendens wird bei der Retroperitonealisierung so weit nach dorsal verlagert, dass es fast in eine Frontalebene mit der linken Niere kommt. Die intraperitoneale Milz liegt in ihrer Nische im linken Oberbauch in enger Nachbarschaft zu Pankreasschwanz, Colon descendens und linker Niere, ist von allen diesen Organen aber immer durch die Cavitas peritonealis getrennt.



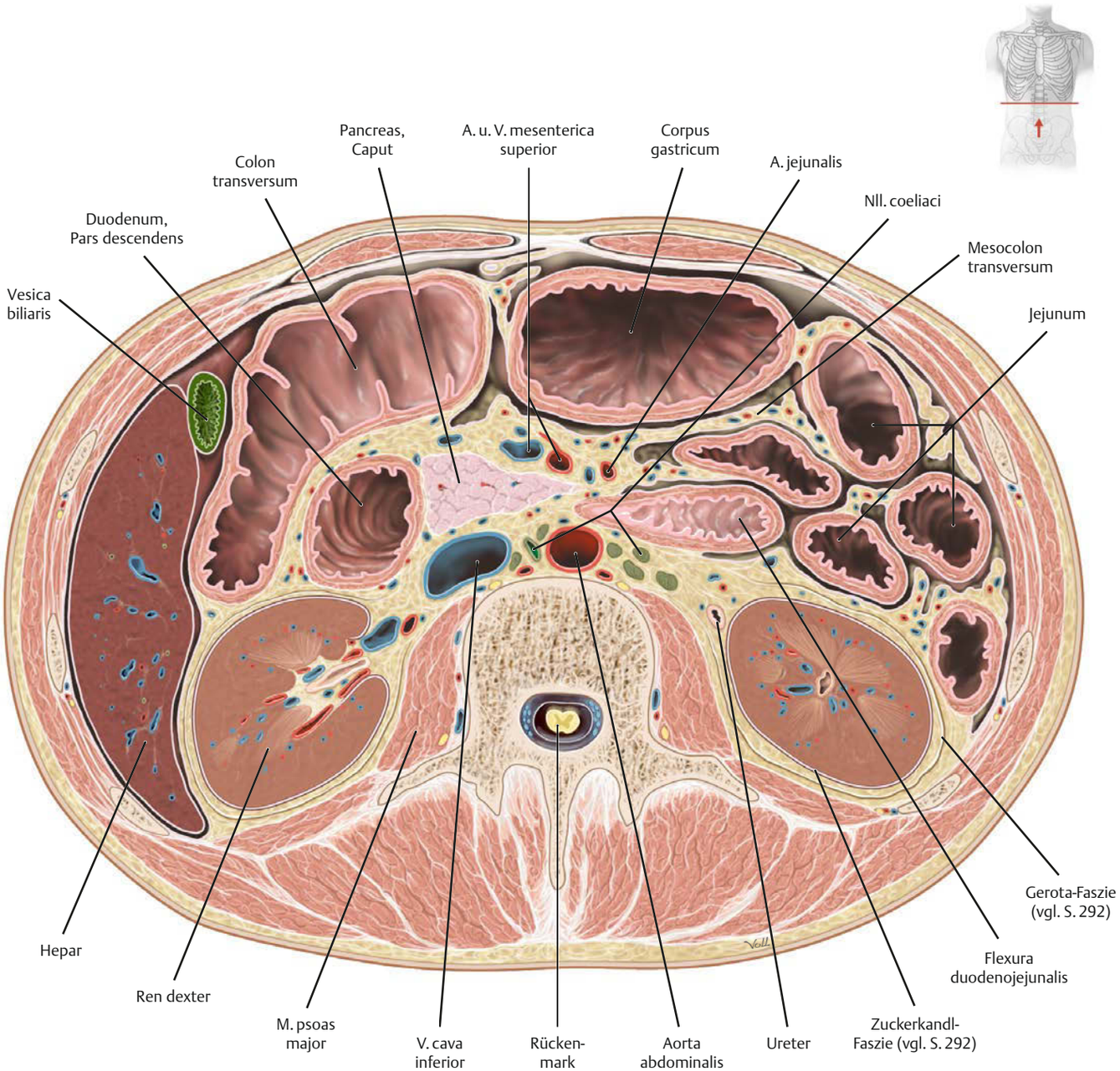
C Transperitoneale Sicht (= durch das Bauchfell hindurch) auf den Situs retroperitonealis

Ansicht von ventral. Die intraperitonealen Organe sind bis auf einen kleinen Teil des Colon transversum ebenso wie das retroperitoneale Colon descendens entfernt. In diesem Bild ist das Binde- und Fettgewebe des Spatium retroperitoneale komplett dargestellt. Die Nieren, die embryonal im Spatium retroperitoneale angelegt und von vornherein in das retroperitoneale Binde- und Fettgewebe eingebaut werden, sind daher ebenso wie die großen Gefäße nur noch anhand ihrer Konturen hinter dem parietalen Peritoneum schemenhaft zu erkennen. Zudem liegt zwischen Nieren und parietalem Peritoneum noch das prärenale Blatt der Fascia renalis (s. S. 292). Das Pancreas als sekundär retroperitoneales Organ, das nicht primär in dieses Binde- und Fettgewebe eingebaut ist, sondern „nur" durch Verschmelzung der Peritoneumblätter mit der Rückwand der Peritonealhöhle verwachsen ist, ist demgegenüber deutlich besser zu sehen. Es ist zwar an seiner Vorderseite von Peritoneum überzogen, dies ist jedoch transparenter als das retroperitoneale Binde- und Fettgewebe.

6.15 Situs retroperitonealis: Organe des Retroperitonealraums



A Situs retroperitonealis in der Ansicht von ventral
Organe des oberen Retroperitoneum, Ansicht von ventral; intraperitoneale Organe entfernt bis auf Colon sigmoideum, Uterus mit Adnexen sowie die subperitoneale Harnblase (zur Orientierung belassen); retroperitoneale Kolonabschnitte, parietales Peritoneum und retroperitoneales Bindegewebe ebenfalls komplett entfernt; Bauchfell ist somit nur noch im Bereich der genannten Beckenorgane. Die dorsale Wand der Cavitas abdominalis mit ihren Leitungsbahnen ist sichtbar. Beherrscht wird das Bild durch die großen retropritonealen Gefäßstämme, Aorta abdominalis und V. cava inferior, vor denen bzw. zu deren Seiten die Organe des Retroperitonealraums liegen.

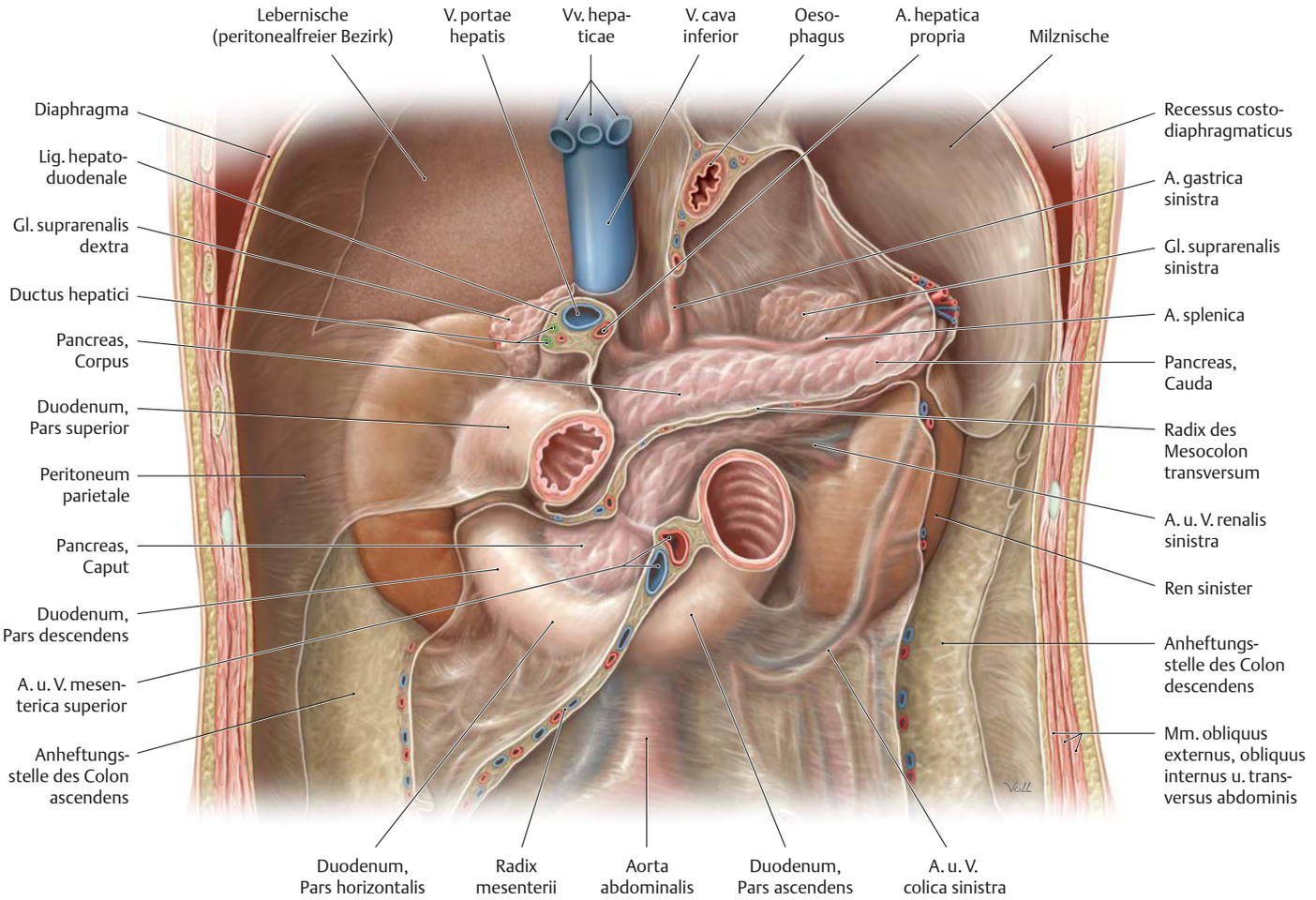


B Situs retroperitonealis im Horizontalschnitt
Horizontalschnitt durch das Abdomen etwa in Höhe des 1. LWK; Ansicht von kaudal.
Auf dem Horizontalschnitt wird die Lagebeziehung der Organe des Retroperitonealraums von ventral nach dorsal sichtbar:

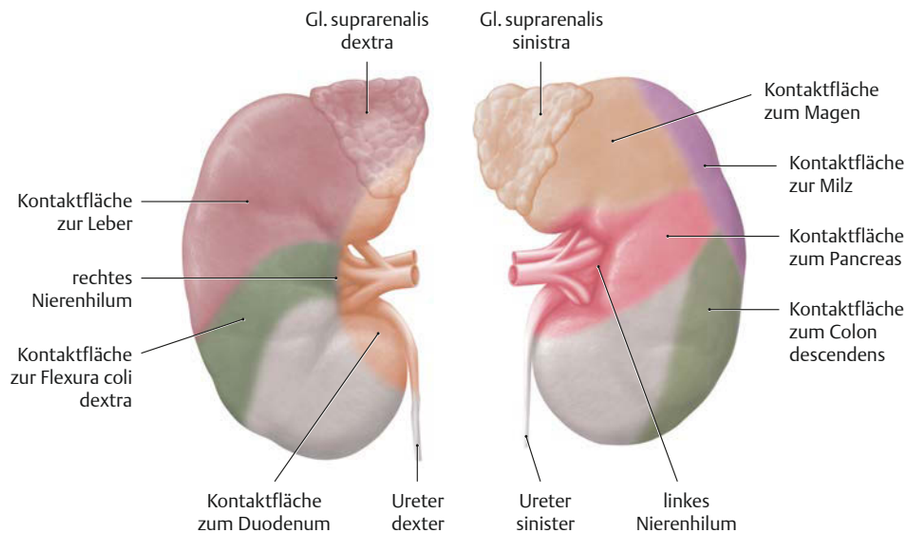
- am weitesten ventral liegt das Duodenum mit dem Pankreaskopf,
- der Pankreasschwanz (nicht sichtbar, da oberhalb der Schnittebene) liegt weiter dorsal als der Pankreaskopf, da das Pancreas schräg nach hinten verläuft,
- am weitesten dorsal liegen die beiden Nieren.

Zwischen der „Ebene Duodenum – Pancreas“ und der „Nierenebene“ liegen die beiden großen retroperitonealen Gefäßstämme, vor der Wirbelsäule die Aorta, vor und etwas rechts der Wirbelsäule die V. cava inferior. Deutlich erkennbar wird, dass sich die Leber mit der Cavitas peritonealis sogar leicht hinter die rechte Niere schiebt, und dass das Colon descendens fast in einer Ebene mit der linken Niere liegt. Gut erkennbar ist auch die Einbettung der Nieren in das retroperitoneale Fett- und Bindegewebe der Capsula adiposa.

6.16 Situs retroperitonealis: Lage der Nieren



A Topografische Beziehungen der Nieren im Spatium retroperitoneale
Ansicht von ventral; alle intraperitonealen Organe sowie sekundär retroperitoneale Kolonabschnitte (Colon ascendens und descendens) entfernt; Duodenum und Pancreas belassen; Capsula adiposa vor den Nieren ebenfalls größtenteils entfernt.
Beide Nieren werden von den Anheftungszonen von Colon ascendens und descendens an der Rückwand der Peritonealhöhle überlagert und von der Radix mesocoli transversi gekreuzt. Pancreas, Teile des Duodenum sowie linke und rechte Kolonflexur gelangen durch ihre *sekundäre* Retroperitonealisierung zwar in enge Nachbarschaft zu den *primär* retroperitoneal liegenden Nieren, sind jedoch von diesen immer noch durch Fett und Bindegewebe der Capsula adiposa getrennt (vgl. **B**).



B Kontaktflächen der Nieren mit Organen von Abdomen und Becken
Ansicht von ventral. Die Nebennieren (zur Orientierung mit dargestellt) liegen den Nieren am nächsten ohne sie zu berühren, da sie durch die Capsula adiposa von ihnen getrennt sind. Die *Vorderflächen* der Nieren stehen in enger topografischer Nachbarschaft zu zahlreichen Organen des Abdomens. Von den *retroperitonealen* Organen sind die ebenfalls retroperitoneal liegenden Nieren durch die Faszien des Nierenlagers getrennt, von den *intraperitonealen* Organen zusätzlich durch das Peritoneum. Die Nachbarorgane hinterlassen daher auf den per se relativ festen und formstabilen Nieren keine Abdrücke. Insofern haben die Kontaktflächen hier vielmehr eine topografisch-anatomische als eine klinische Bedeutung.

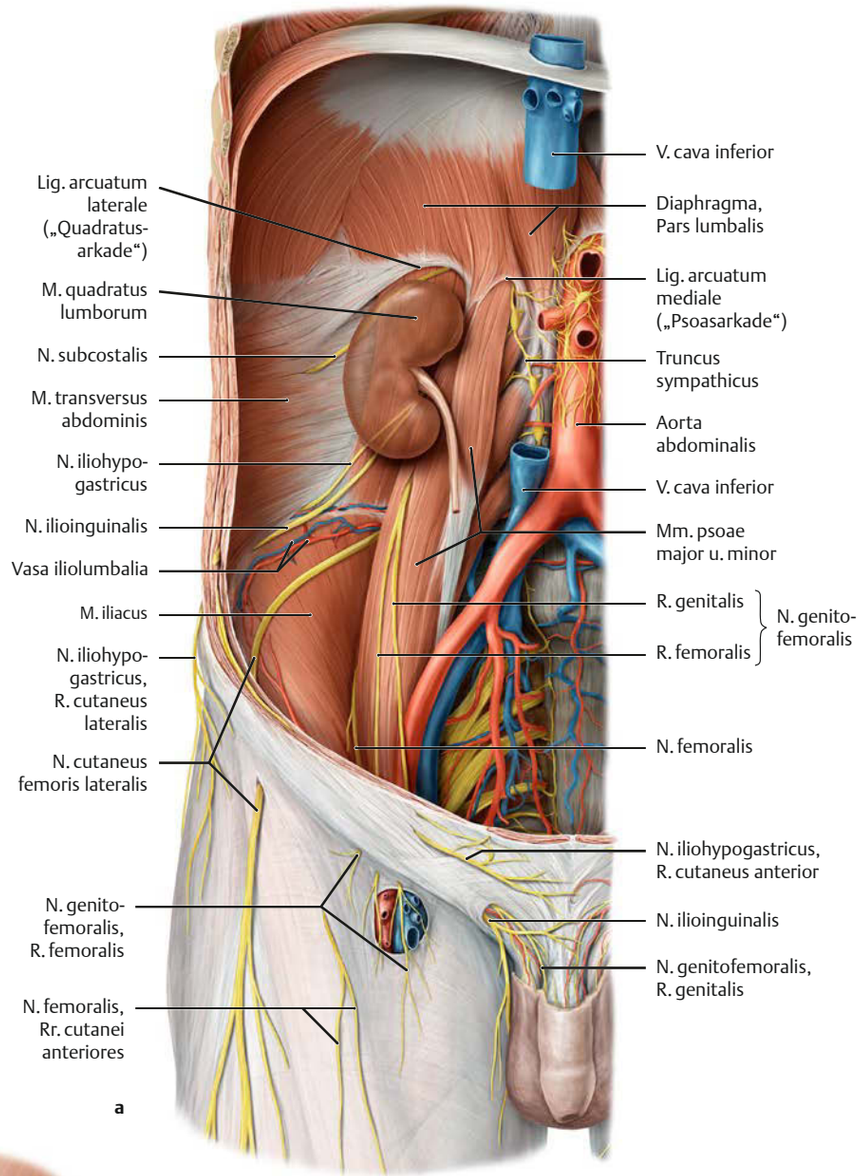
C Nähe der Nieren zu N. iliohypogastricus und ilioinguinalis

a Leitungsbahnen an der Vorderseite der dorsalen Rumpfwand. Fossa lumbalis der rechten Seite nach Entfernen von vorderer und seitlicher Rumpfwand sowie aller Faszien und des Peritoneum sowie der intra- und – bis auf die rechte Niere – auch der retroperitonealen Organe. Die V. cava inferior ist teilweise entfernt. Ansicht von ventral.

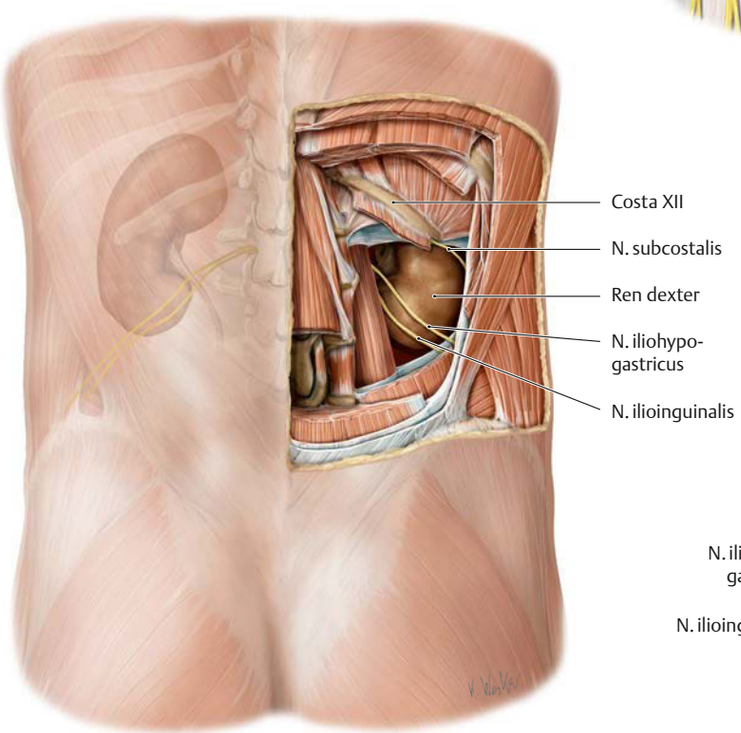
b Sicht von dorsal auf die rechte Niere, Capsula adiposa Teile der dorsalen Rumpfwand sind entfernt.

c Hautareale, in denen die Nn. iliohypogastricus und ilioinguinalis Schmerzen verursachen.

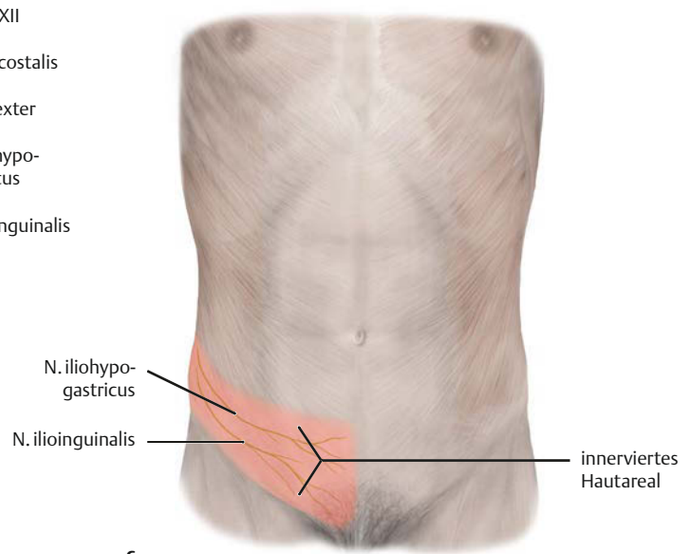
Nach Entfernen der Rumpfwandschichten wird ersichtlich, wie nahe die Nieren bei den Nn. iliohypogastricus und ilioinguinalis liegen. Beide Nerven sind Äste des Plexus lumbalis aus Th 12 und L1, der seitlich der Lendenwirbelsäule entsteht (s. **a**). Sie versorgen motorisch Rumpfwandmuskeln und sensibel Hautbereiche an der seitlichen und ventralen Abdominalwand. Eine krankhaft vergrößerte Niere, die Druck auf diese beiden Nerven ausübt, kann daher in den in **c** markierten Hautarealen Schmerzen verursachen. Der Abstand zum N. subcostalis (auch aus Th 12) ist meist so groß, dass dieser Nerv seltener durch eine vergrößerte Niere komprimiert wird.



a

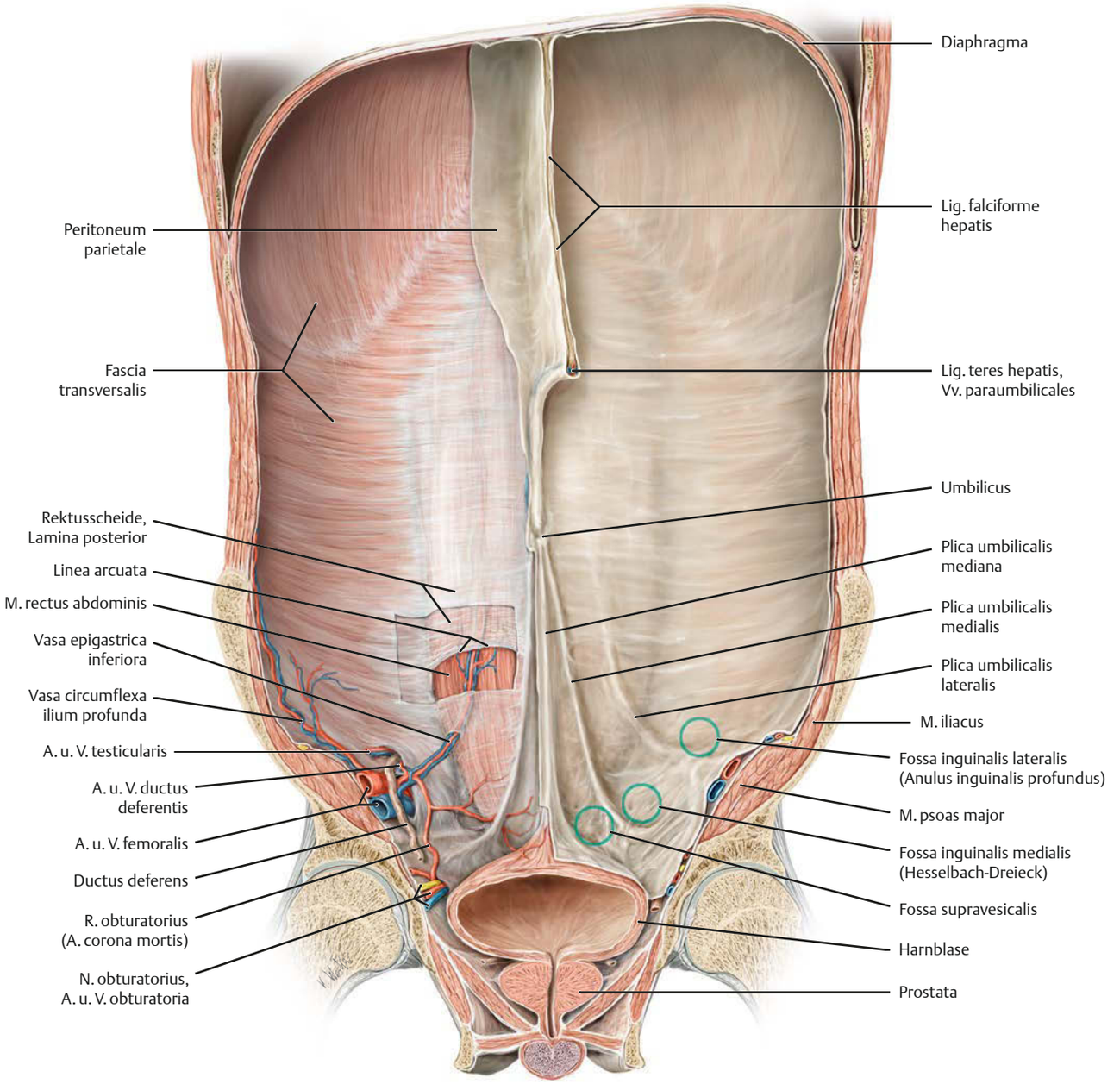


b



c

6.17 Peritonealverhältnisse an der Rückseite der Bauchdecke



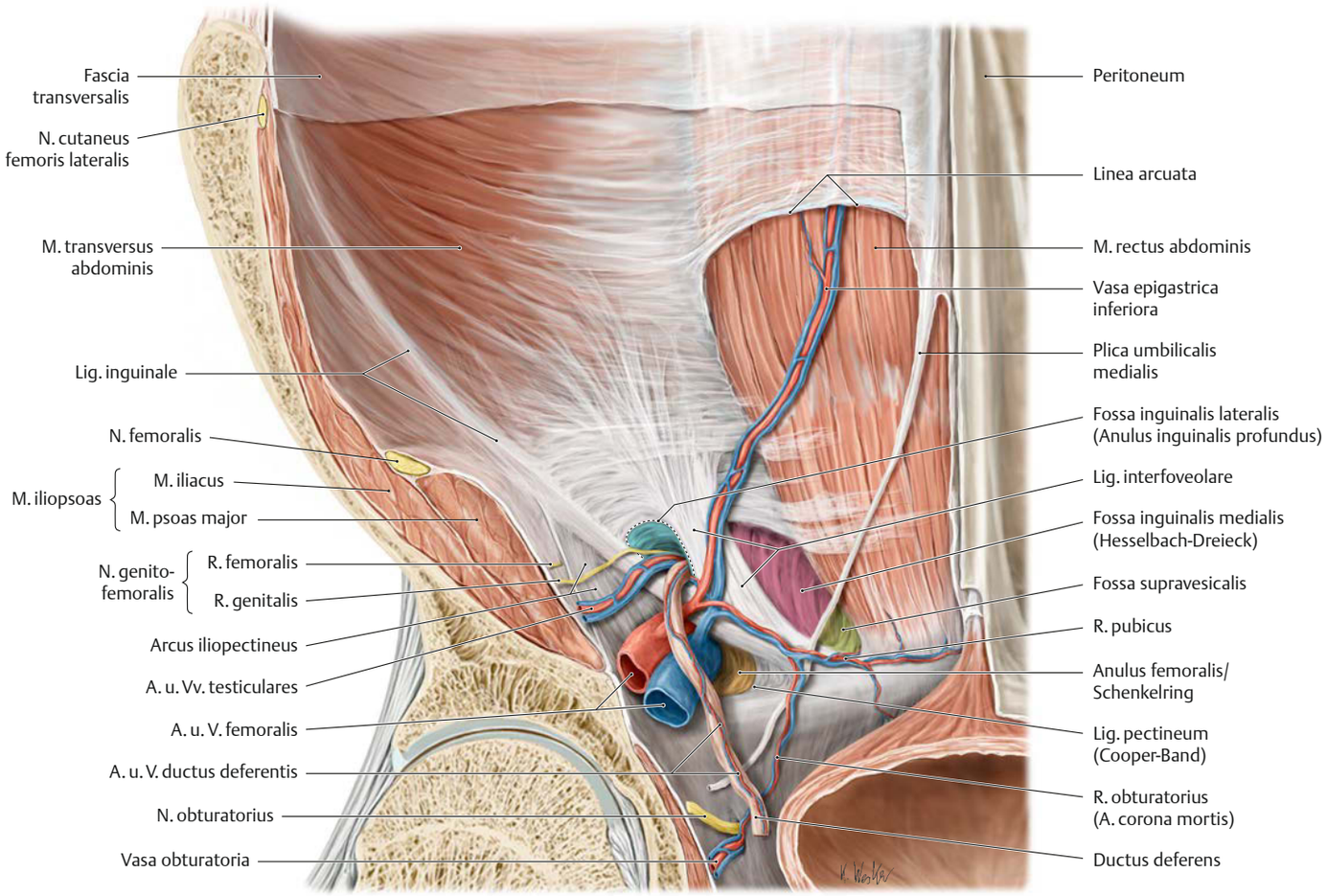
A Peritonealverhältnisse an der Rückseite der Bauchdecke
Sicht von dorsal auf die Rückseite der ventralen Bauchwand. Links ist das Peritoneum entfernt zur Sicht auf die Inhaltsgebilde der Bauchfellfalten (Plicae umbilicales). Sie entstehen durch Peritonealbedeckung von Strukturen, die direkt an der Rückseite der ventralen Rumpfwand liegen. Zwischen den (Peritoneal-)Falten, die durch diese Strukturen aufgeworfen werden, senkt sich das Peritoneum parietale zu flachen „Gruben" (Fossae) ein.

Bauchfellfalten (Plicae umbilicales):
- eine Plica umbilicalis mediana: Hier bedeckt das Peritoneum parietale das Lig. umbilicale medianum, den obliterierten Urachus (= der bereits in der Embryonalphase verschlossene Urharngang);
  Beachte: Ein unvollständig obliterierter Urachus kann zu Nabelfisteln beim Säugling führen.
- zwei Plicae umbilicales mediales: Hier bedeckt das Peritoneum parietale die A. umbilicalis (Pars occlusa);
- zwei Plicae umbilicales laterales: Hier bedeckt das Peritoneum parietale die A. und V. epigastrica inferior (darum auch Plicae epigastricae genannt).

Die *paarige A. umbilicalis* unterteilt sich in eine proximale, durchgängige Pars patens (hieraus entspringen die A. vesicalis superior und – beim Mann – die A. ductus deferentis) und eine distale Pars occlusa. Die *unpaare V. umbilicalis* liegt – meist obliteriert – im Lig. teres hepatis.

Bauchfellgruben (Fossae):
- zwei Fossae supravesicales;
- zwei Fossae inguinales mediales (entspricht dem Anulus inguinalis superficialis);
- zwei Fossae inguinales laterales (entspricht dem Anulus inguinalis profundus).

Beachte: Der *Anulus inguinalis profundus* stellt als Eingang in den *Canalis* inguinalis (der dem entwicklungsgeschichtlichen Deszensus des Hodens dient) eine strukturelle Schwachstelle in der Bauchwand dar, durch die Eingeweidebrüche (sog. Hernien) hindurchtreten können (s. **B** u. **C**).



B Innere Bruchpforten im Bereich der Leisten- und Schenkelregion beim Mann

Ausschnitt aus **A**, Ansicht von dorsal. Zur besseren Darstellung der Bruchpforten sind Peritoneum und Fascia transversalis teilweise entfernt worden. Die inneren Bruchpforten (s. **C**) der indirekten und direkten Leistenhernien, der Schenkelhernien sowie der suprapubischen (= supravesikalen) Hernien sind farbig markiert.

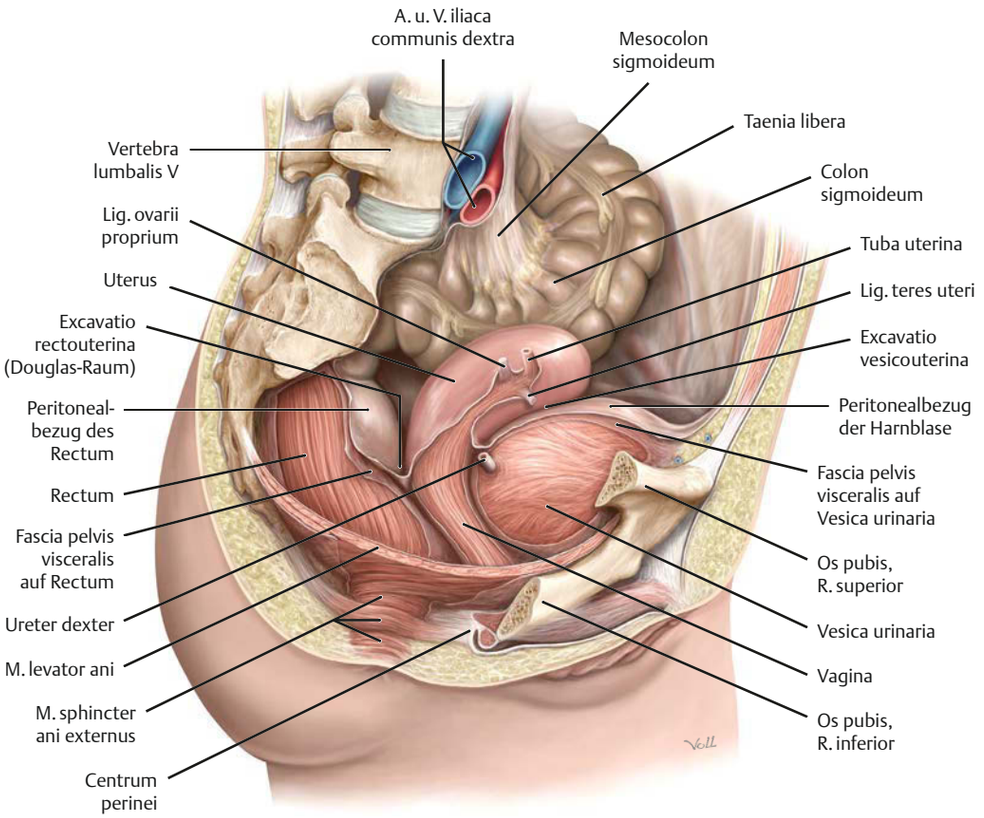
C Innere und äußere Bruchpforten an der vorderen Bauchwand im Überblick

Oberhalb des Leistenbandes begrenzen die Plicae umbilicales mediana, medialis u. lateralis (vgl. **A**) auf jeder Seite jeweils drei Schwachstellen, an denen typischerweise indirekte und direkte Leistenhernien bzw. suprapubische Hernien auftreten. Eine weitere Schwachstelle liegt *unterhalb des Leistenbandes* medial der V. femoralis in der Lacuna vasorum. An dieser Stelle wird der sog. Anulus femoralis ausschließlich von einer nachgiebigen und von zahlreichen Lymphgefäßen durchsetzten lockeren Bindegewebsstruktur, dem Septum femorale, verschlossen.

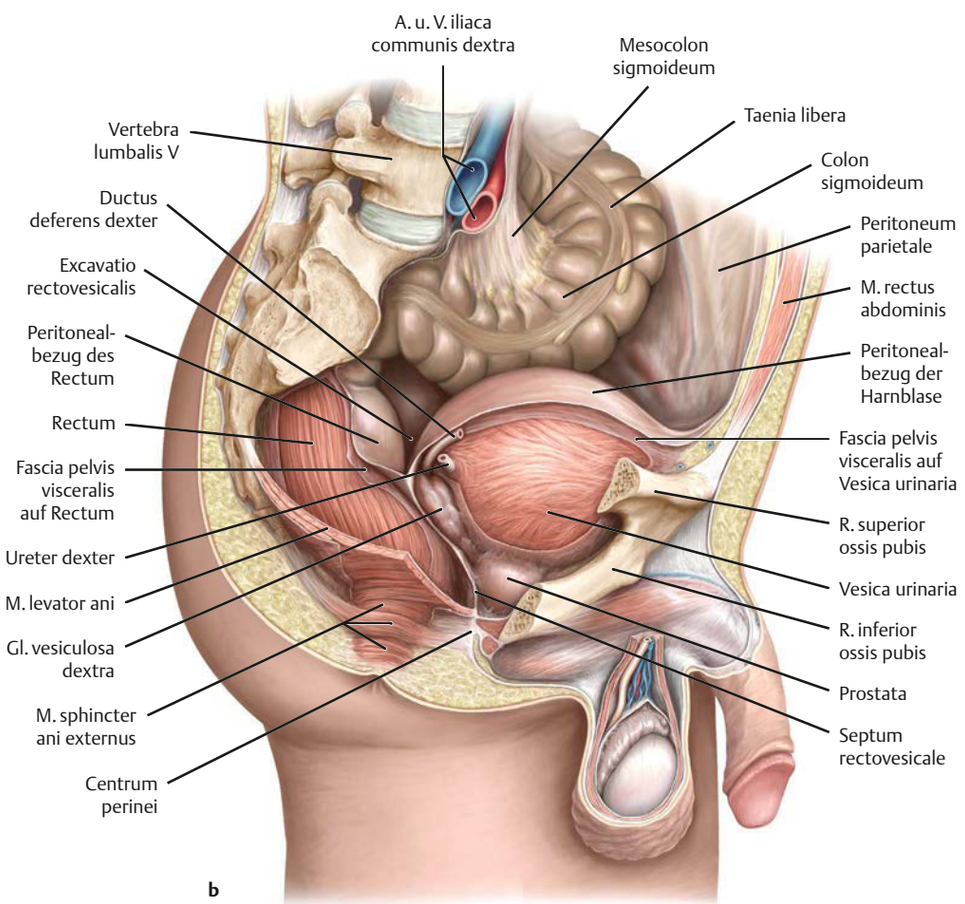
Innere Bruchpforte	Hernie	Äußere Bruchpforte
Oberhalb des Leistenbandes:		
Fossa supravesicalis	Hernia supravesicalis	Anulus inguinalis superficialis
Fossa inguinalis medialis (Hesselbach-Dreieck)	Hernia inguinalis directa	Anulus inguinalis superficialis
Fossa inguinalis lateralis (Anulus inguinalis profundus)	Hernia inguinalis indirecta	Anulus inguinalis superficialis
Unterhalb des Leistenbandes:		
Anulus femoralis/ Schenkelring	Hernia femoralis	Hiatus saphenus (Fossa ovalis)

6.18 Peritonealverhältnisse im kleinen Becken

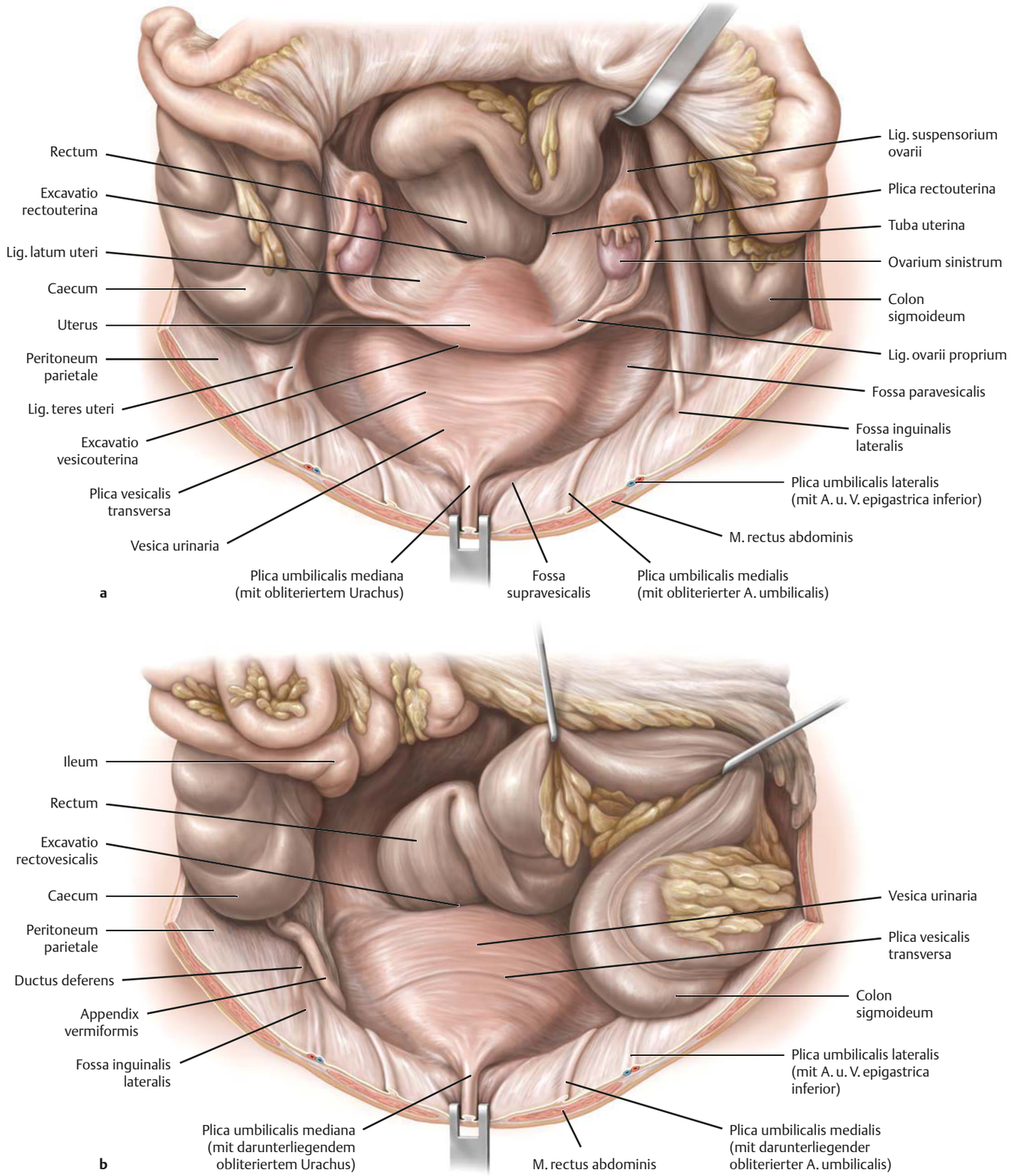
A Kleines Becken im Paramedianschnitt (= Schnittebene etwas seitlich der Mitte)
a weibliches Becken; **b** männliches Becken; Ansicht jeweils von rechts.
Bindegewebe im Spatium extraperitoneale pelvis größtenteils entfernt, so dass scheinbar leere Räume zwischen den Organen entstehen; Harnblase im gefüllten Zustand dargestellt, so dass sie mit einem peritonealfreien Abschnitt oberhalb der Symphyse erscheint (Ort der suprapubischen Blasenpunktion).
Während die Cavitas peritonealis beim Mann eine vollständig geschlossene Höhle ist, besteht bei der Frau über das abdominale Ende der offenen Tube grundsätzlich eine Verbindung zur „Außenwelt". Einen keimdichten Verschluss gegen Infektionen, die von der Peritonealhöhle ins kleine Becken weitergeleitet werden könnten, bildet erst der Schleimpfropf in der Cervix uteri. Bei Mann und Frau entstehen im kleinen Becken Bauchfellhöhlen. Bei der Frau bildet sich die Excavatio recto*uterina* (zwischen Uterus und Rectum), beim Mann die Excavatio recto*vesicalis* (zwischen Blase und Rectum, tiefster Punkt der *männlichen* Peritonealhöhle). Die konkrete Form dieses Raums hängt jeweils vom „Füllungszustand" von Uterus und Rectum bzw. Blase und Rectum ab. Generell ist die Excavatio rectouterina eher tief, die Excavatio rectovesicalis eher flach. Bei der Frau bildet die Excavatio rectouterina (Douglas-Raum) den tiefsten Punkt der Peritonealhöhle (s. **B**). Dieser Raum ist klinisch wichtig, weil er mit Ultraschall oder Punktion von der Vagina aus erreicht werden kann.



a



b



B Kleines Becken in der Ansicht von kranial-ventral
a weibliches Becken, **b** männliches Becken. Dünndarmschlingen und Teile des Dickdarms nach lateral gezogen, um den Blick auf Blase und Rectum freizugeben.
Das Peritoneum der vorderen Bauchwand (= parietales Peritoneum) schlägt auf die Oberfläche der Harnblase um und zieht weiter zur Vorderwand des Rectum bzw. bei der Frau zu Uterus und Vorderwand des Rectum, dessen oberen Abschnitt es bedeckt. Hinterwand der Harnblase und untere Rektumabschnitte sind frei von Peritoneum.

Beachte: Auf der Blasenoberfläche bildet das Peritoneum bei weitgehend leerer Blase – wie hier – eine Querfalte, die Plica vesicalis transversa. Bei Blasenfüllung verstreicht diese Falte. Zu den Plicae umbilicales s. S. 390.
Bei der Frau sind Uterus und Parametrium (= parametranes Bindegewebe) *fast* vollständig von Peritoneum überzogen; die Cervix uteri, hier nicht zu sehen, ist peritonealfrei. Ovar und Tubae uterinae sind als intraperitoneale Organe *komplett* von Peritoneum bedeckt. Beim Mann ist der Ductus deferens, der im Leistenkanal die Bauchwand durchtritt, im kleinen Becken ebenfalls von parietalem Peritoneum bedeckt.

6.19 Topografie des Beckenbindegewebes, Etagen des Beckenraumes und des Beckenbodens

A Unterteilung des kleinen Beckens durch Räume und Faszien
Becken(bindegewebe) im Horizontal- (**a** u. **b**) bzw. Mediansagittalschnitt (**c** u. **d**), Ansicht von kranial-ventral bzw. lateral.
Räume des kleinen Beckens sind *Cavitas peritonealis pelvis* und *Spatium extraperitoneale pelvis* (s. S. 9). Letzteres wird durch den M. levator ani nochmals in einen oberen und unteren Abschnitt unterteilt, so dass es im kleinen Becken drei Stockwerke gibt (s. **B**). Sie sind mit unterschiedlich dichtem Bindegewebe* gefüllt. Topografisch, also hinsichtlich der Lage zu Peritoneum und Beckenwand kann das Spatium extraperitoneale unterteilt werden in:

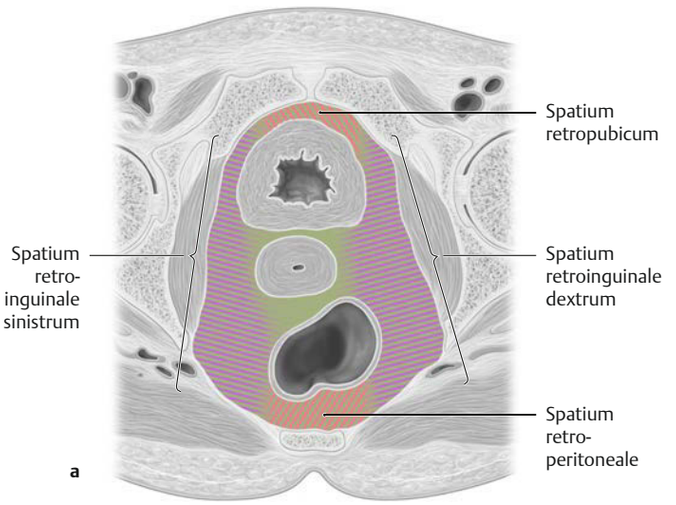
- Spatium retropubicum: zwischen Harnblase und Symphyse;
- Spatium retroinguinale: hinter der Regio inguinalis und unterhalb des Peritoneum;
- Spatium retroperitoneale: zwischen Peritoneum und Os sacrum (setzt Spatium retroperitoneale des Abdomens fort).

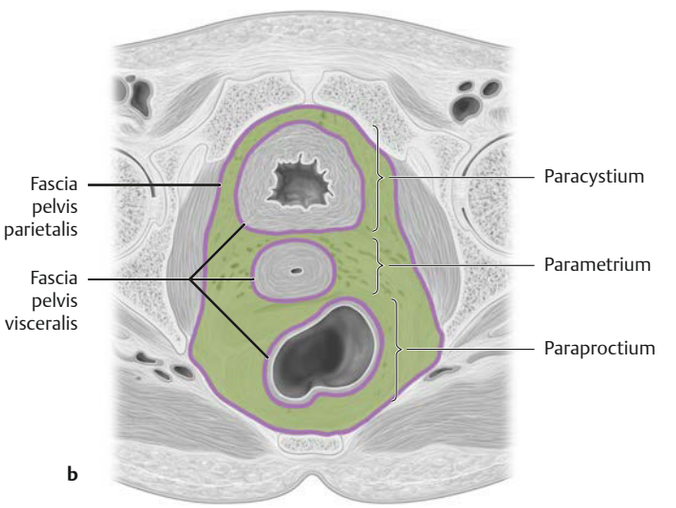
Faszien: Die *Beckenfaszie, Fascia pelvis*, lässt sich in eine Fascia pelvis parietalis (überzieht die Strukturen der Beckenwand) und eine Fascia pelvis visceralis (überzieht die Beckenorgane) unterteilen. Das *Bindegewebe der viszeralen Faszie* ist zwischen und neben den Organen stellenweise verstärkt und steht in Verbindung mit der Adventitia oder der Kapsel der Beckenorgane:

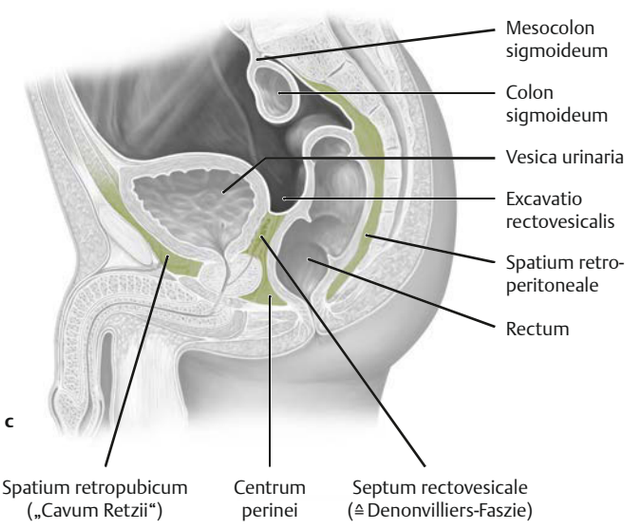
- Fascia rectoprostatica ≙ Denonvilliers-Faszie = Septum rectovesicale (männliches Becken; zwischen Rectum und Harnblase);
- Fascia rectovaginalis = Septum rectovaginale (weibliches Becken; zwischen Rectum und Vagina).

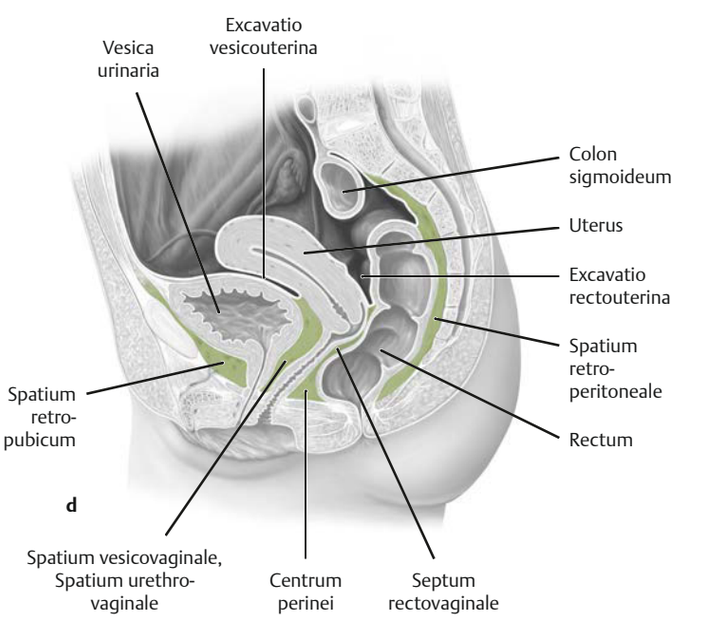
Das *neben den Organen liegende Bindegewebe* ist ebenfalls verstärkt, enthält i. Allg. die Gefäß-Nerven-Straßen zu den Organen und wird nach den Organen benannt (wobei die nachfolgenden Bezeichnungen v. a. in der Klinik gebräuchlich sind): Paraproctium (neben dem Rectum); Paracystium (neben der Harnblase); Parametrium (neben dem Uterus); Paracolpium (neben der Vagina, s. **C**).

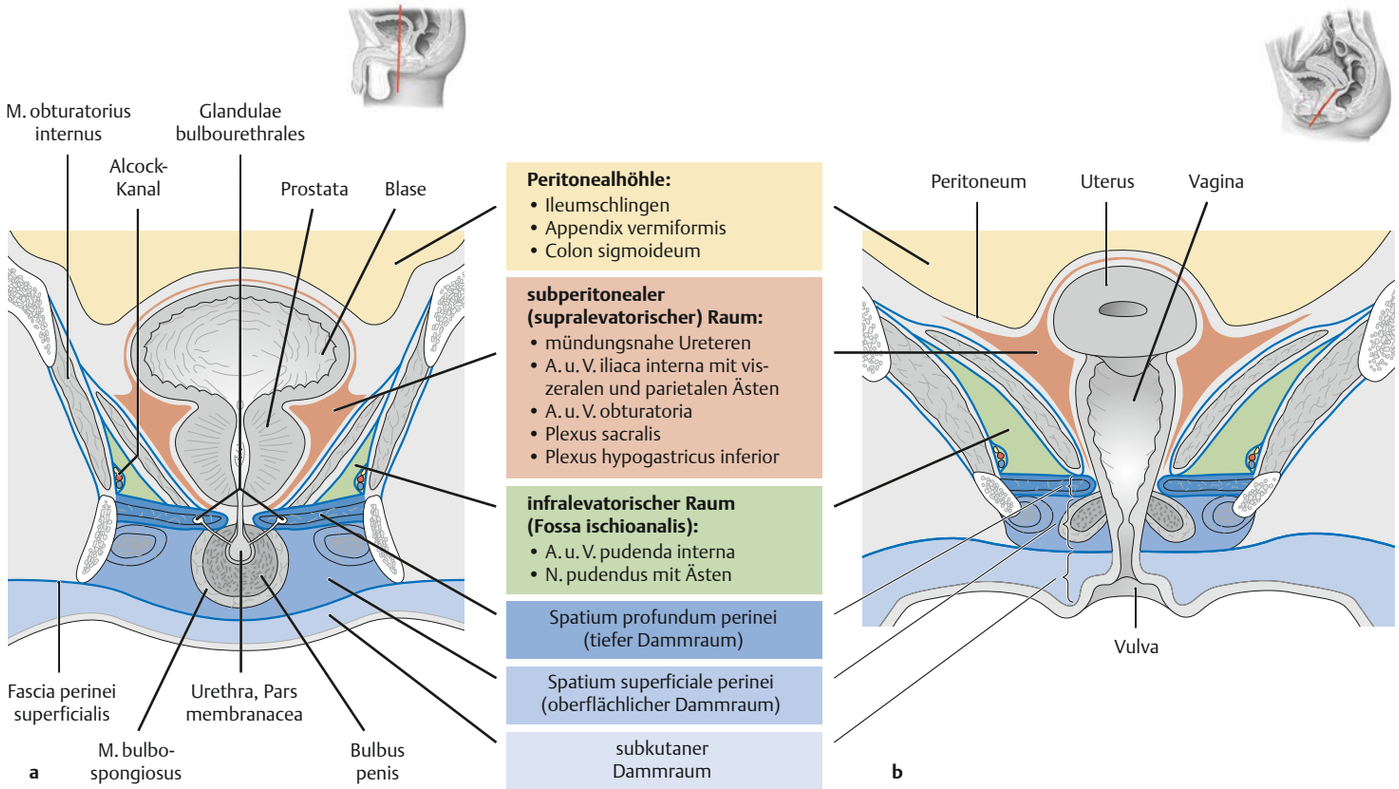
* Im Spatium extraperitoneale ist größtenteils lockeres Binde- und Fettgewebe (Gleit- und Verschiebegewebe, v. a. für die Beckenorgane). An einigen Stellen ist das Bindegewebe verdichtet bzw. verstärkt und gleicht hinsichtlich seiner Fasertextur straffem, faserreichem Bindegewebe (gesamte Fascia pelvis parietalis und Teile der Fascia pelvis visceralis sowie die sog. Ligamenta, wie Lig. cardinale oder transversum cervici, die jedoch nicht den Charakter eines Gelenkbandes des Bewegungssystems haben).





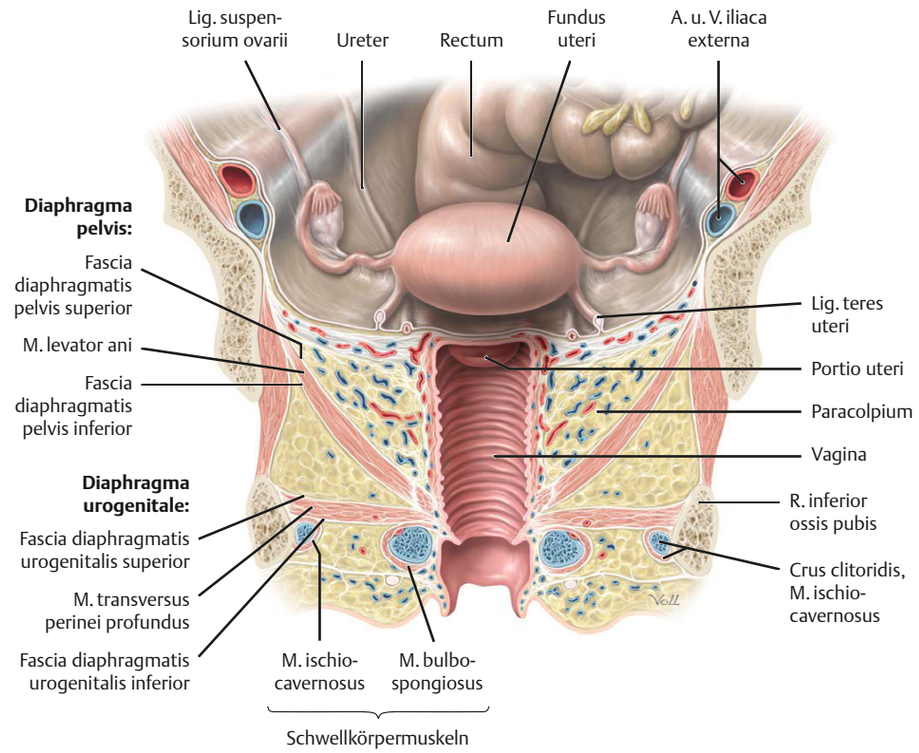






B Etagen des Beckenraumes und Strukturen, die in dem jeweiligen Stockwerk lokalisiert sind

Frontalschnitte (genaue Lage der Schnittebenen s. Navigator) durch ein männliches (**a**) und weibliches Becken (**b**). Zusätzlich zu den Etagen des Beckenraumes sind auch die kaudal vom Beckenraum lokalisierten Dammräume (tiefer, oberflächlicher und subkutaner Dammraum) farbig dargestellt.



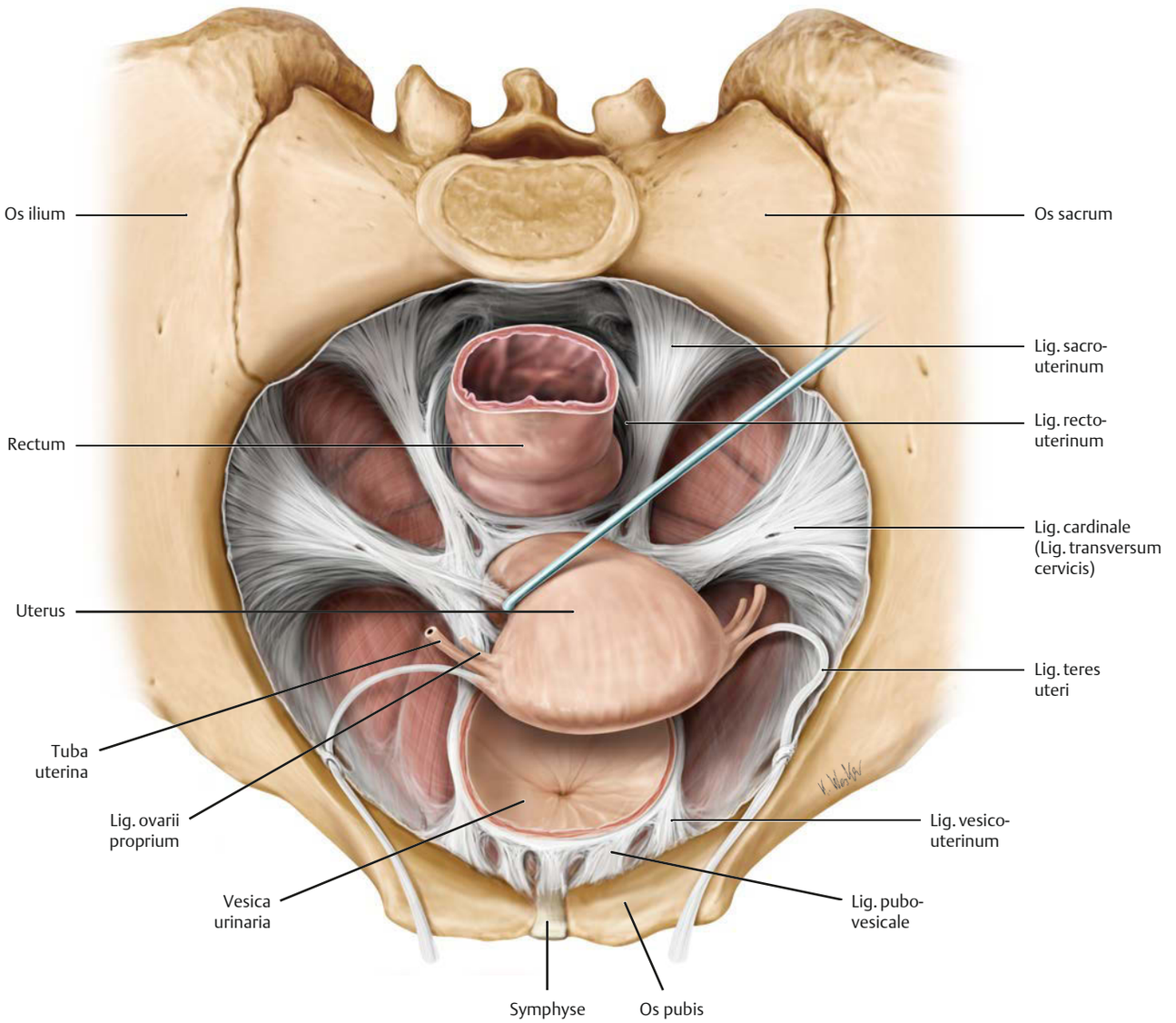
C Aufbau des Beckenbodens

Die drei am Aufbau des Beckenbodens beteiligten Muskel- und Bindegewebsplatten sind ebenfalls in drei Etagen angeordnet:

- **obere Etage:** Diaphragma pelvis;
- **mittlere Etage:** Diaphragma urogenitale;
- **untere Etage:** Schließ- und Schwellkörpermuskeln des Urogenital- und Darmtraktes.

Das trichterförmige Diaphragma pelvis wird hauptsächlich vom M. levator ani und seiner oberen und unteren Muskelfaszie (Fascia diaphragmatis pelvis superior und inferior) gebildet. Das Diaphragma urogenitale ist als horizontale Muskel-Bindegewebs-Platte zwischen den Sitz- und Schambeinästen ausgespannt und wird hauptsächlich vom M. transversus perinei profundus und seiner oberen und unteren Muskelfaszie (Fascia diaphragmatis urogenitalis superior und inferior) gebildet. Zu den Schließ- und Schwellkörpermuskeln werden die Mm. bulbospongiosus, ischiocavernosus, sphincter urethrae und sphincter ani externus mit ihren individuellen Muskelfaszien gezählt.

6.20 Halteapparat der Gebärmutter

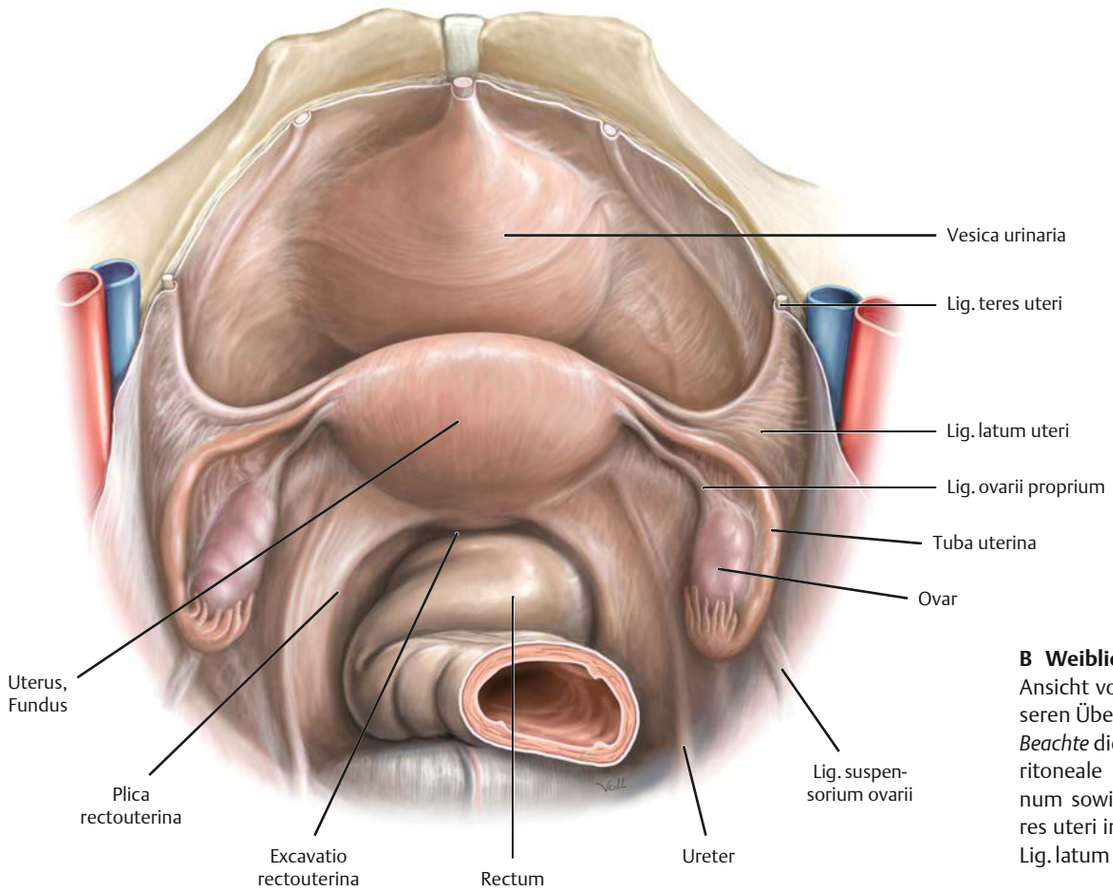


A Halteapparat des Uterus

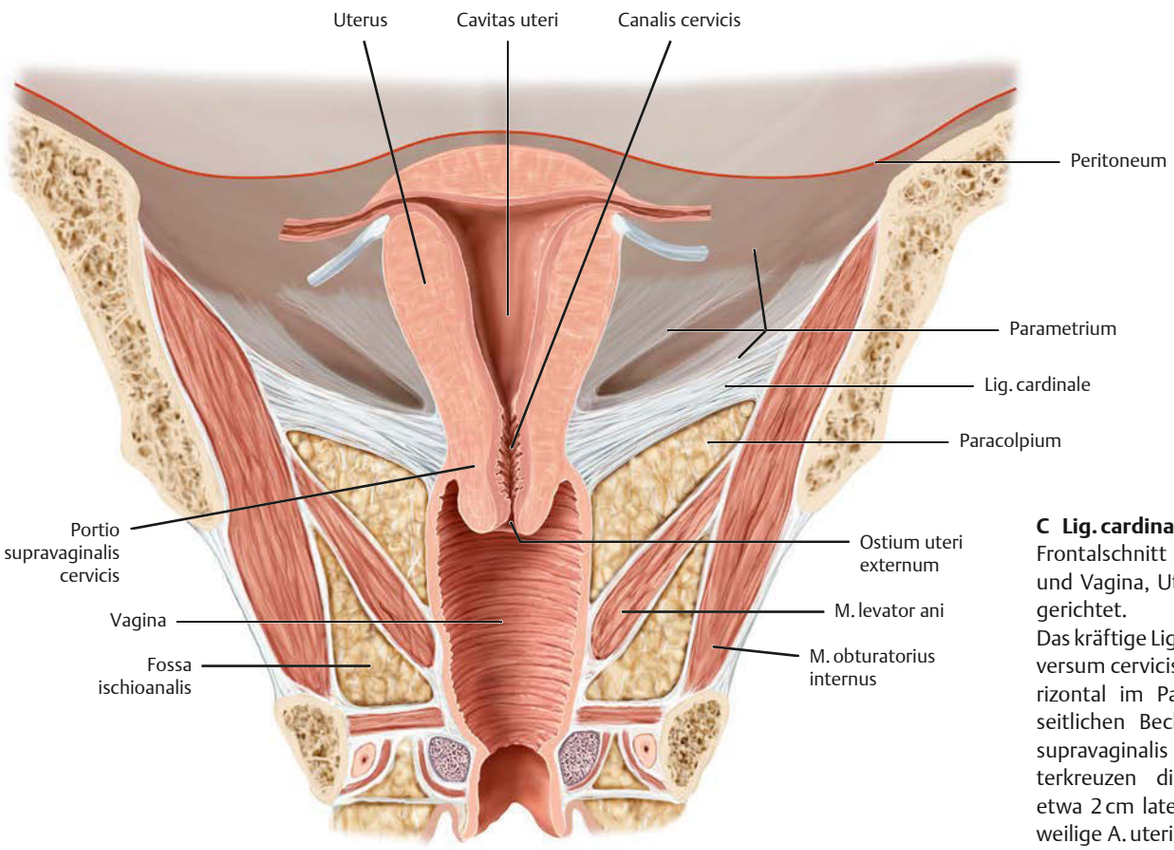
Lage und Funktion: Der Halteapparat des Uterus liegt im subperitonealen Bindewebe des kleinen Beckens und besteht aus „bandartigen" verstärkten und faserreichen Anteilen des Beckenbindegewebes (s. S. 394). Die Befestigung des Uterus greift hauptsächlich am Uterushals an und ist sowohl in sagittaler als auch in transversaler Richtung ausgespannt. Hierbei wird der Isthmus bzw. die Portio supravaginalis cervicis wie der Flaschenhals einer auf dem Kopf stehenden Flasche umfasst und so im kleinen Becken fixiert, dass die Portio vaginalis auf Höhe der Interspinallinie liegt. Diese Lage wird als normale Stellung, sog. *„Positio" des Uterus* angesehen. Insgesamt ermöglicht der Halteapparat des Uterus dessen physiologische Beweglichkeit in Anpassung an den Füllungszustand der Nachbarorgane. So wird der Uterus bei gefüllter Harnblase aufgerichtet, bei gefülltem Rectum nach vorne gedrängt und bei Füllung beider Organe nach oben angehoben.

Bestandteile: Als kräftigster Anteil wird das *Lig. cardinale* (Mackenroth) bzw. Lig. transversum cervicis, die Summe aller im Parametrium verlaufenden Bindegewebsfasern, bezeichnet, die von der Faszie der lateralen Beckenwand fächerförmig in die Portio supravaginalis cervicis einstrahlen. Sie halten den Uterus in einer federnden Schwebelage, die durch den muskulären Beckenboden abgesichert wird. In sagittaler Ausrichtung wird der Uterus durch verschiedene Bandstrukturen zwischen Symphyse und Kreuzbein befestigt. Dabei verlaufen die Bindegewebsfasern sowohl zwischen Blase und Uterushals als auch zwischen Rectum und Uterushals *(Ligg. pubovesicale, vesicouterinum, sacrouterinum und rectouterinum)* und fixieren auf diese Weise ebenfalls beide Organe. Das *Lig. teres uteri* (Lig. rotundum, rundes Mutterband) verläuft beiderseits vom Tubenwinkel aus im Bogen nach lateral und ventral durch den Leistenkanal zur großen Schamlippe, in der es verankert ist. Das Band enthält glatte Muskelzüge als Ausläufer der Uterusmuskultur und hält den Uterus elastisch in seiner nach vorn geneigten Lage (Anteversio-Anteflexio, s. S. 326).

Beachte: Intraperitoneale Lageveränderungen des Uterus sind meist angeboren, aber auch Tumoren bzw. entzündliche Prozesse durch Verkürzung der Haltestrukturen können die Lage des Uterus verändern. Eine Retroversio-Retroflexio-Stellung kann nach Geburten auftreten (vorübergehende Überdehnung des Bandapparates). Sie bildet sich jedoch nach Abschluss der Rückbildungsvorgänge vollständig zurück.

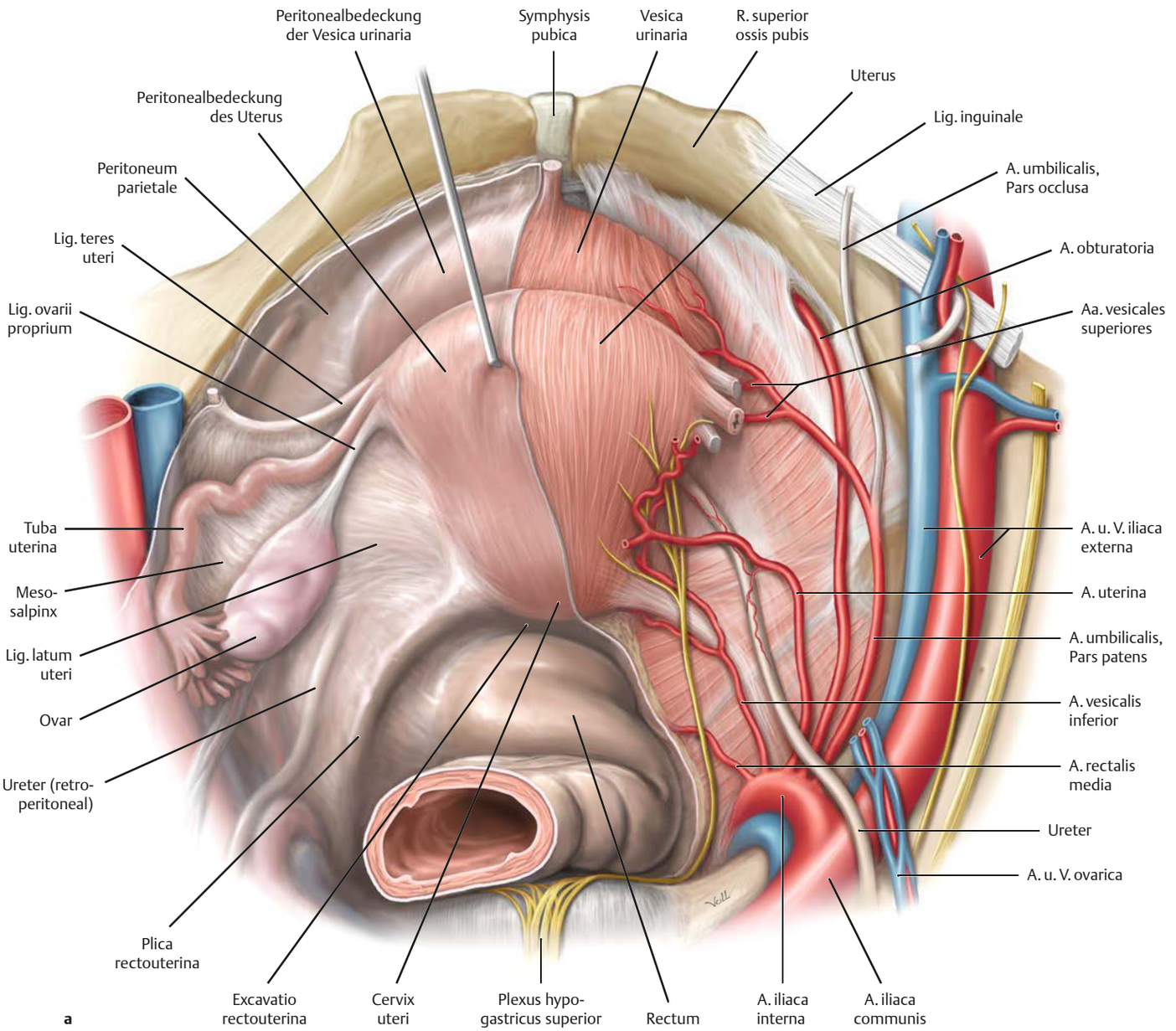


B Weibliches Becken in situ
Ansicht von kranial, Uterus zur besseren Übersicht aufgerichtet.
Beachte die Plica rectouterina als peritoneale Falte des Lig. rectouterinum sowie den Verlauf des Lig. teres uteri im kranialen Abschnitt des Lig. latum uteri.



C Lig. cardinale (Mackenroth)
Frontalschnitt auf Höhe von Uterus und Vagina, Uterus nach oben aufgerichtet.
Das kräftige Lig. cardinale (Lig. transversum cervicis) verläuft nahezu horizontal im Parametrium von der seitlichen Beckenwand zur Portio supravaginalis cervicis. In ihm unterkreuzen die beiden Ureteren etwa 2 cm lateral der Portio die jeweilige A. uterina (s. S. 351).

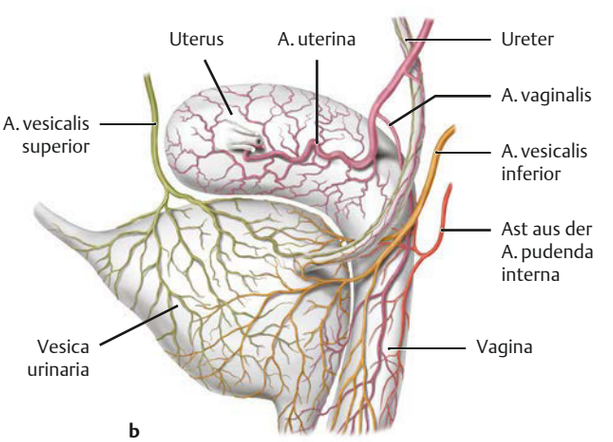
6.21 Weiblicher Beckensitus

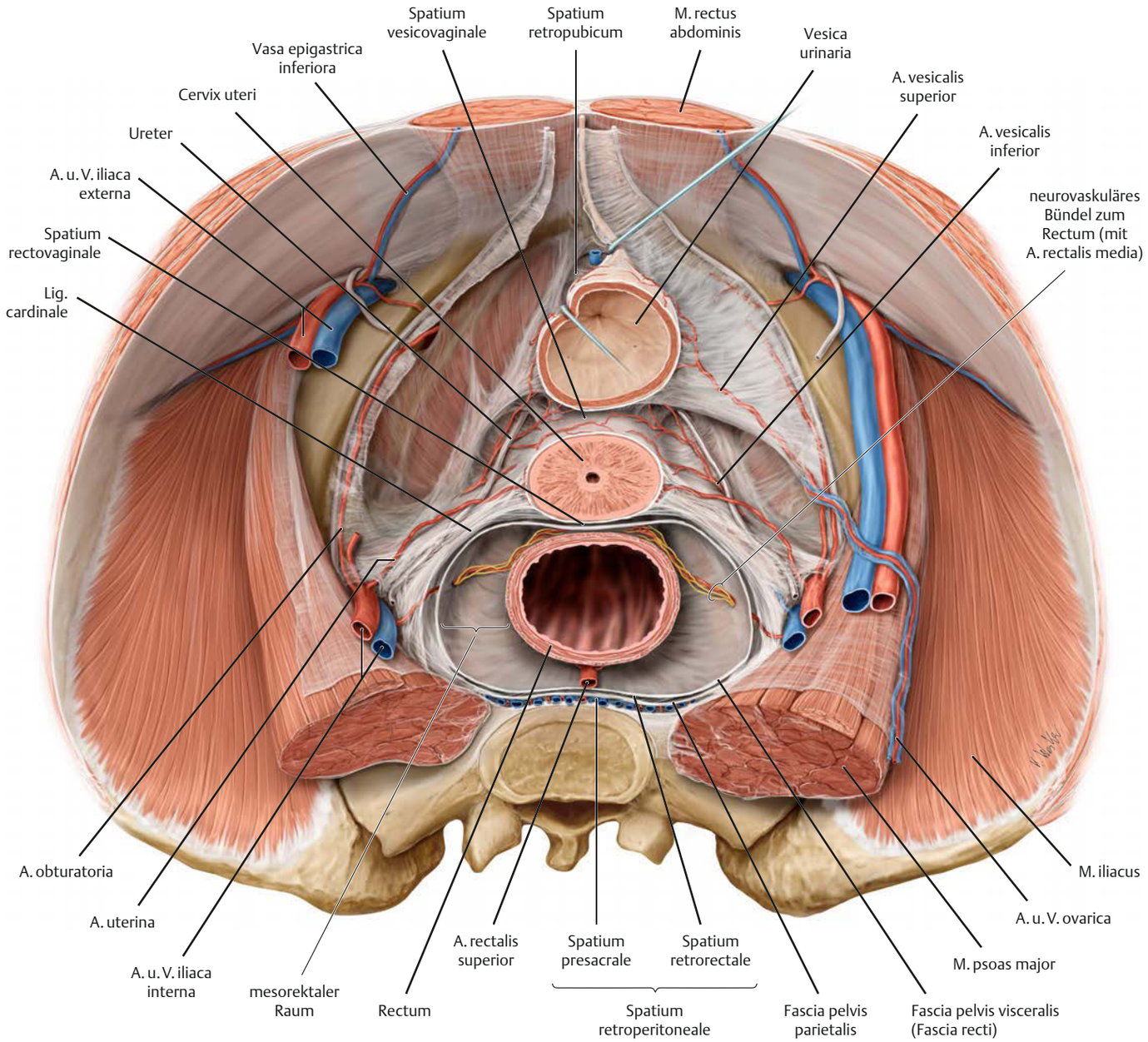


A Weiblicher Beckensitus

a Ansicht von kranial-dorsal; Peritoneum auf dem Uterus, der Harnblase sowie auf der Seiten- und Rückwand des Beckens teilweise abgetragen, Uterus etwas nach ventral gezogen; Lig. latum uteri (Teil des Parametrium, s. S. 394), Ovar und Tube rechts entfernt.
Beachte: Etwa 2 cm lateral der Cervix uteri unterkreuzt der Ureter die A. uterina.

b Schema zur Blutversorgung des weiblichen Urogenitaltrakts, Ansicht von links-lateral (nach Platzer).



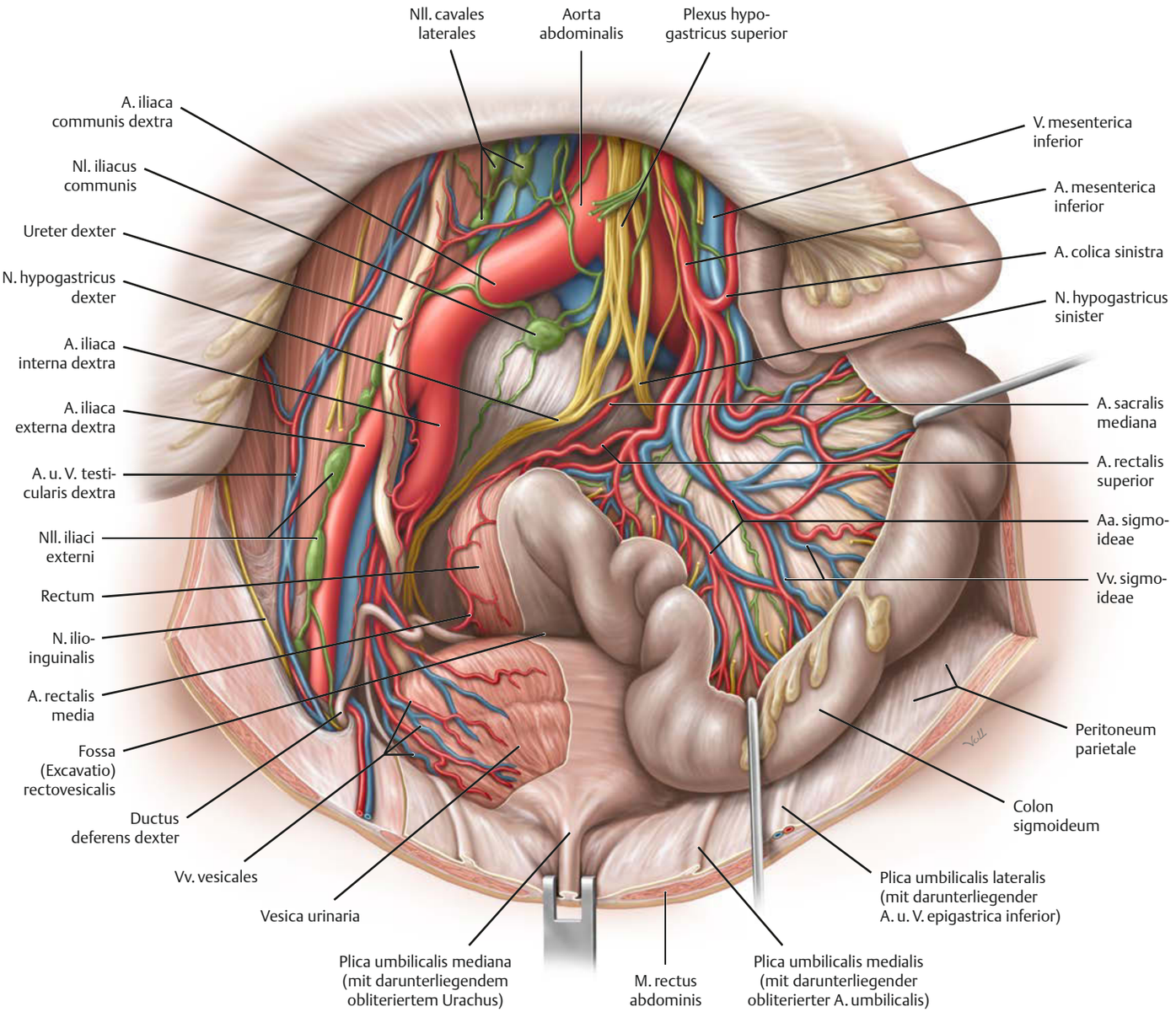


B Weiblicher Beckensitus in der Ansicht von kranial
Horizontal geschnittene Beckenhöhle; zur besseren Übersicht sind zahlreiche Strukturen entfernt: Der Uterus ist an der Zervix abgesetzt und mit den Adnexen entfernt. Harnblase und Rectum sind oben eröffnet. Gefäße sind kranial abgeschnitten. Dadurch werden die Räume des Beckens gut sichtbar:

- vor der Harnblase das Spatium retropubicum,
- zwischen Harnblase und Uterus das Spatium vesicovaginale,
- zwischen Uterus und Rectum das Spatium rectovaginale und
- hinter dem Rectum das Spatium retroperitoneale (mit einem Spatium retrorectale und einem Spatium presacrale).

Um das zum Rectum ziehende neurovaskuläre Bündel (= A. rectalis media und Nervenfasern des Plexus hypogastricus inferior) besser sichtbar zu machen, ist das mesorektale Fettgewebe (vgl. S. 380) zwischen Rectum und Facia recti komplett entfernt. Deutlich ist auch zu erkennen, dass die A. uterina im Lig. cardinale (s. S. 396), dem basalen Abschnitt des Lig. latum uteri, von seitlich zur Cervix uteri zieht und vom Ureter etwa 2 cm lateral der Zervix unterkreuzt wird.

6.22 Männlicher Beckensitus

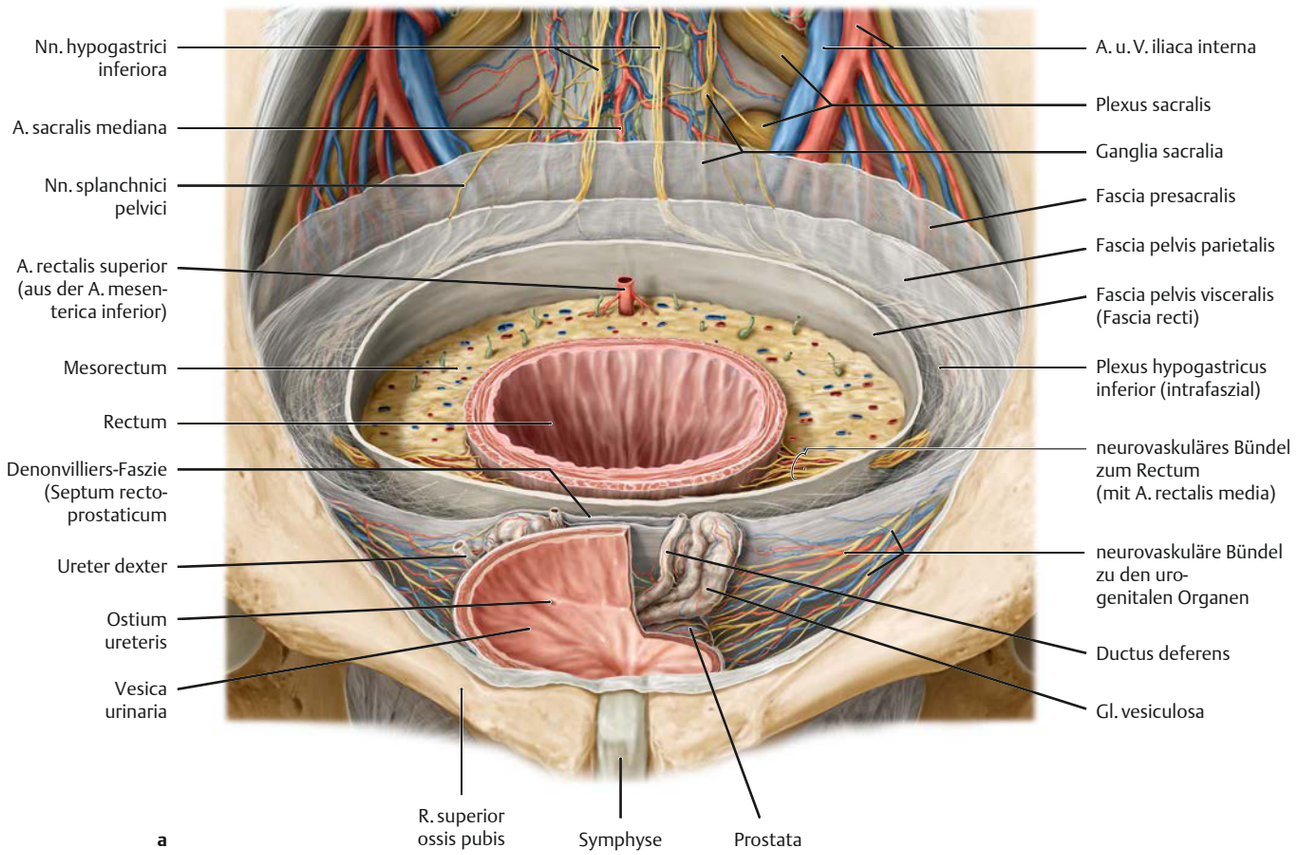


A Männlicher Beckensitus in der Ansicht von kranial-ventral
Colon sigmoideum mit Haken nach vorne, links und oben gezogen; Peritoneum großflächig an Mesocolon sigmoideum, Rectum, Harnblase sowie an der Seiten- und Rückwand des Beckens entfernt, um die darunter liegenden Strukturen sichtbar zu machen. Lymphknoten und vegetative Nervengeflechte im Interesse der Übersicht schematisch dargestellt. Im männlichen Becken geht das Peritoneum von der Harnblase direkt auf das Rectum über und bildet die Fossa (Excavatio) rectovesicalis.

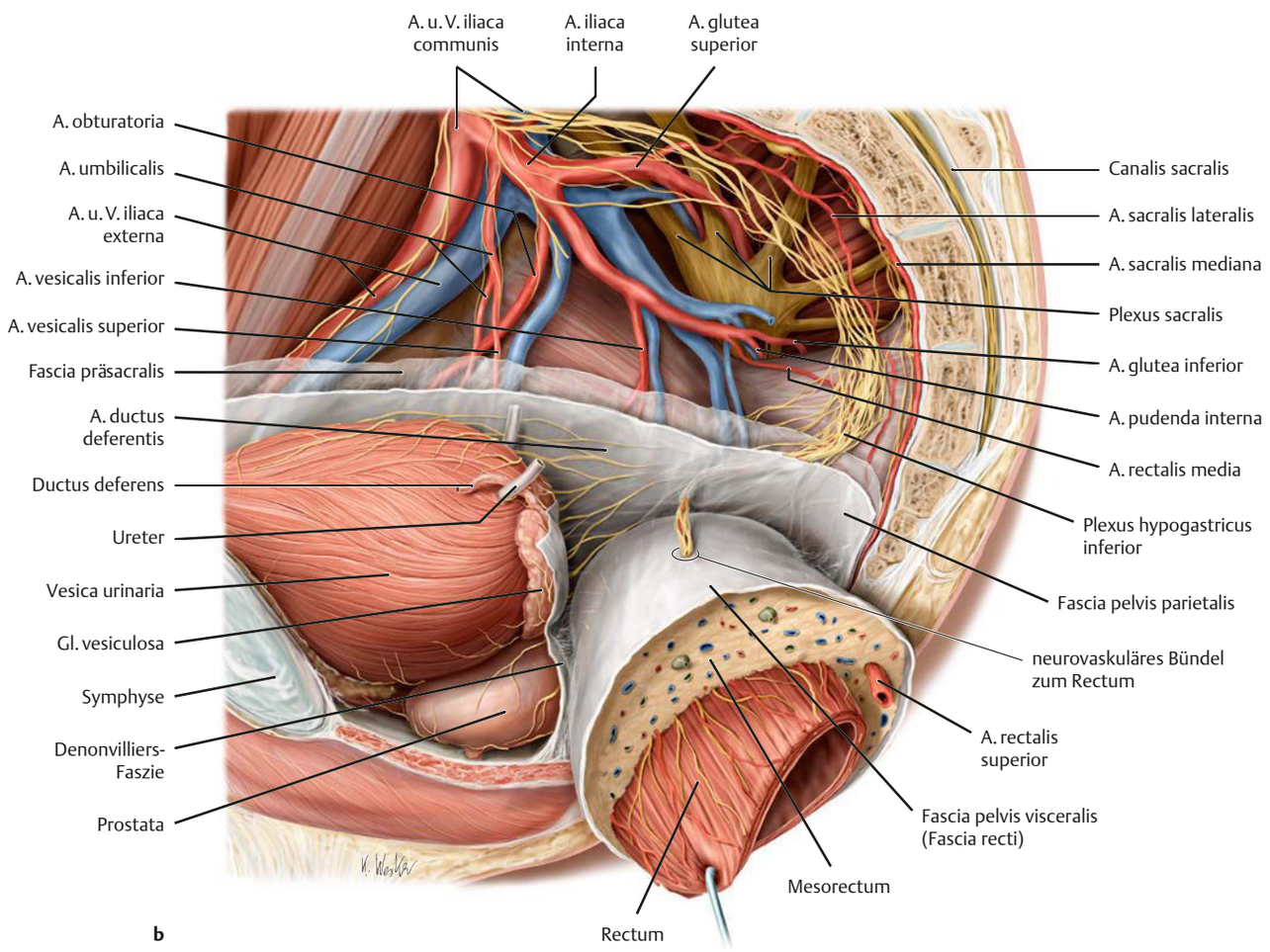
B Beckenfaszien, Mesorectum und Verlauf der neurovaskulären Bündel (s. rechte Seite)

a Männliches Becken in der Ansicht von kranial-ventral nach Entfernung der oberen zwei Drittel von Rectum und Blase.
Sehr deutlich ist das mesorektale Fettgewebe (= Fettgewebe um das Rectum herum) mit der in ihm verlaufenden A. rectalis superior zu erkennen sowie die Hüllfaszie (Fascia recti bzw. Lamina pelvis visceralis, vgl. S. 380), die das Mesorectum umgibt. Zwischen Lamina pelvis visceralis und parietalis verlaufen – von dorsal kommend – die sog. neurovaskulären Bündel beidseits nach vorne. Sie bilden jeweils einen Plexus hypogastricus inferior, ein Geflecht aus sympathischen (N. hypogastricus inferior) und parasympathischen (Nn. splanchnici pelvici) Nerven bzw. Ganglien (Ganglia pelvica). Vom Plexus aus ziehen die Nervenfasern zusammen mit der A. rectalis media zum Rectum und mit den Aa. vesicales zu Prostata, Samenbläschen und Blase.

b Sagittalschnitt durch ein männliches Becken, Beckenbindegewebe und Großteil der Beckenfaszien entfernt; Ansicht von links.
Das Rectum mit seiner mesorektalen Hüllfaszie (Fascia recti/Lamina pelvis visceralis) ist herausgeklappt, um die Lage des Plexus hypogastricus inferior und den Verlauf des neurovaskulären Bündels an seiner lateralen Seite zwischen beiden Faszienblättern zu zeigen. Zwischen Blase, Samenbläschen bzw. Prostata und Rectum ist ein Teil der Denonvilliers-Faszie erhalten (vgl. S. 380).

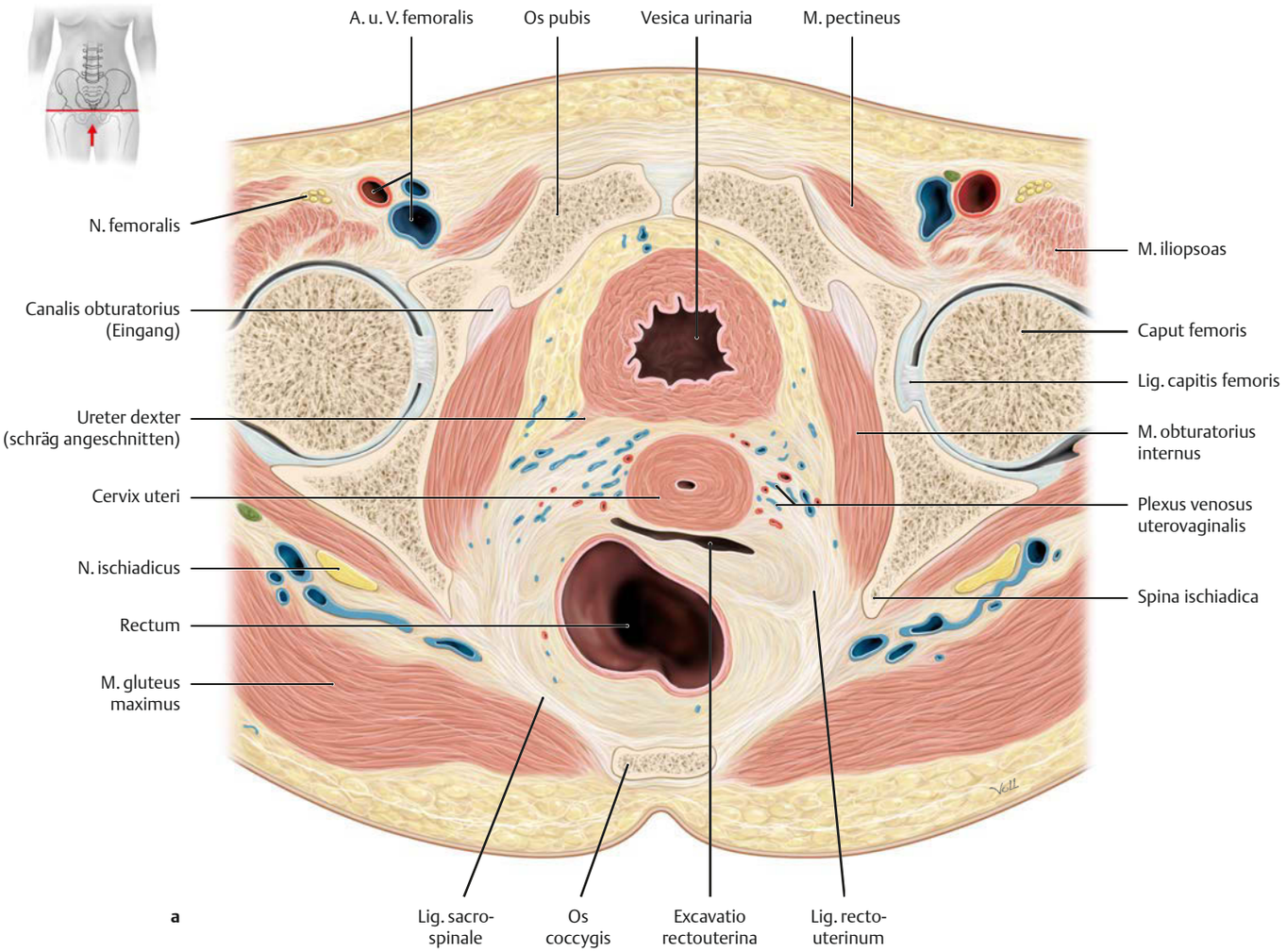

Nn. hypogastrici inferiora
A. sacralis mediana
Nn. splanchnici pelvici
A. rectalis superior (aus der A. mesenterica inferior)
Mesorectum
Rectum
Denonvilliers-Faszie (Septum rectoprostaticum
Ureter dexter
Ostium ureteris
Vesica urinaria
A. u. V. iliaca interna
Plexus sacralis
Ganglia sacralia
Fascia presacralis
Fascia pelvis parietalis
Fascia pelvis visceralis (Fascia recti)
Plexus hypogastricus inferior (intrafaszial)
neurovaskuläres Bündel zum Rectum (mit A. rectalis media)
neurovaskuläre Bündel zu den urogenitalen Organen
Ductus deferens
Gl. vesiculosa
R. superior ossis pubis
Symphyse
Prostata

a


A. u. V. iliaca communis
A. iliaca interna
A. glutea superior
A. obturatoria
A. umbilicalis
A. u. V. iliaca externa
A. vesicalis inferior
A. vesicalis superior
Fascia präsacralis
A. ductus deferentis
Ductus deferens
Ureter
Vesica urinaria
Gl. vesiculosa
Symphyse
Denonvilliers-Faszie
Prostata
Canalis sacralis
A. sacralis lateralis
A. sacralis mediana
Plexus sacralis
A. glutea inferior
A. pudenda interna
A. rectalis media
Plexus hypogastricus inferior
Fascia pelvis parietalis
neurovaskuläres Bündel zum Rectum
A. rectalis superior
Fascia pelvis visceralis (Fascia recti)
Mesorectum
Rectum

b

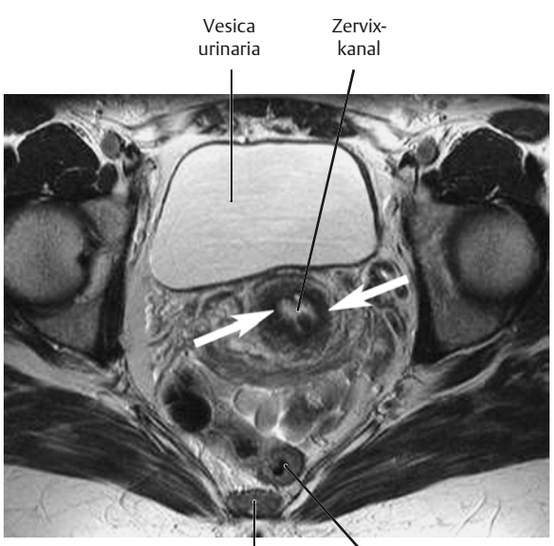
6.23 Schnittbildanatomie des weiblichen Beckens



a

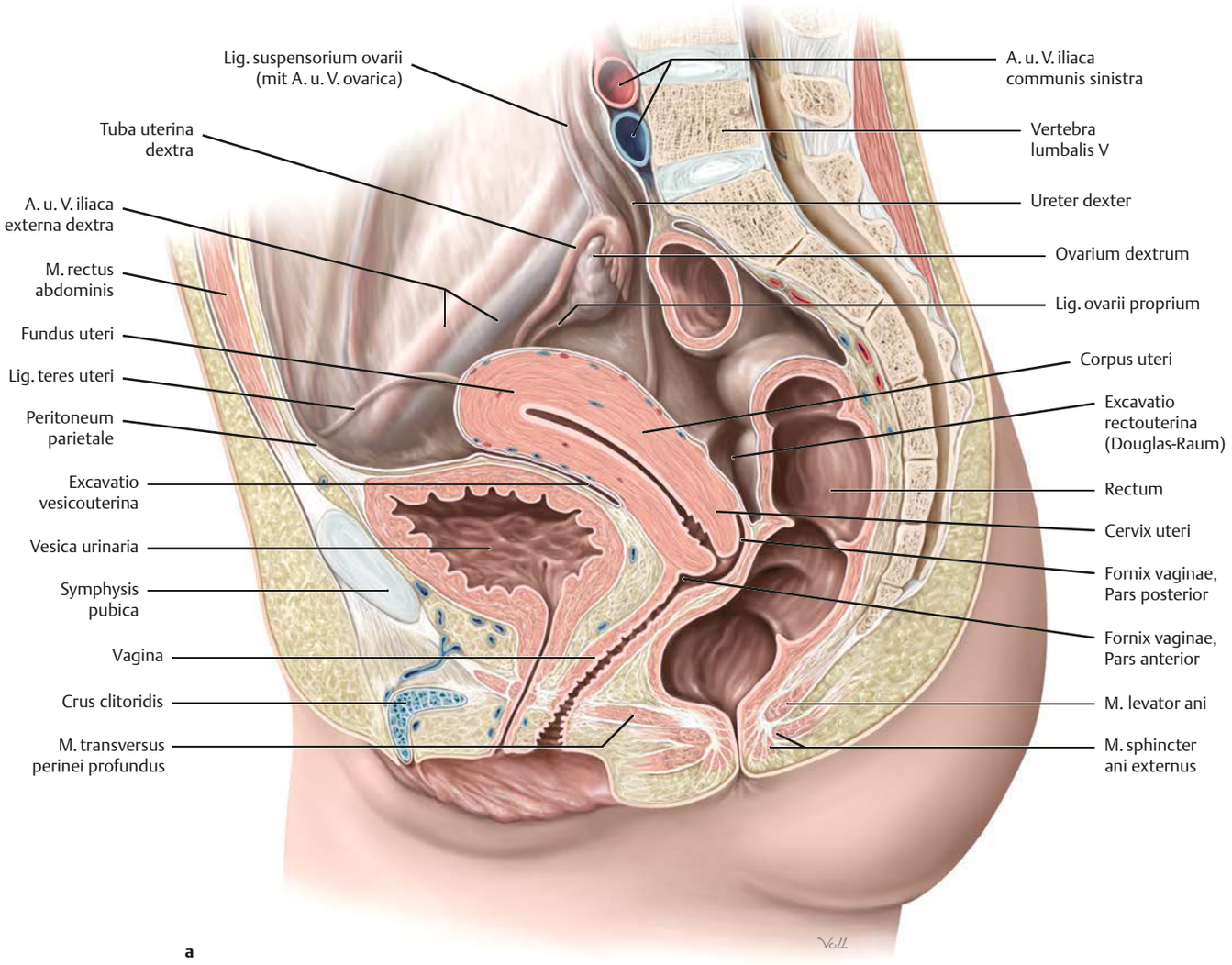
A Lage der weiblichen Beckenorgane im Horizontalschnitt

a Schnitt durch das weibliche Becken am Oberrand der Symphysis pubica, Ansicht von kaudal. Die Harnblase ist direkt oberhalb der Ureterenmündung angeschnitten. Dorsal der Harnblase erkennt man den Schnitt durch die Cervix uteri, dahinter liegt das Rectum (von der Zervix gerade noch getrennt durch den Grund der Excavatio rectouterina). Wie beim männlichen Becken auch, findet man Bindegewebe um Harnblase und Rectum. Zusätzlich findet man Bindegewebe um die Zervix („Parazervix"), das eine Fortsetzung des parametranen Bindegewebes nach unten ist. In das Bindegewebe eingebettet erkennt man ein vielfach angeschnittenes Venengeflecht, den Plexus venosus uterovaginalis, die venöse Drainage für Uterus und Vagina.
Beachte: Grundsätzlich findet man eine Peritonealhöhle vor und hinter dem Uterus, die Excavatio vesicouterina (vorn) und die Excavatio rectouterina (hinten). Der hier vorliegende Schnitt liegt im Becken so weit kaudal, dass nur noch die weiter nach kaudal reichende Excavatio rectouterina angeschnitten ist. Die nicht so tief reichende Excavatio vesicouterina endet oberhalb der Schnittebene. Im Schnitt liegt daher zwischen der Cervix uteri und der Harnblase Bindegewebe (früher als Septum vesicovaginale bezeichnet).



b

b **MRT des Beckens, transversale Aufnahme** (aus Hamm, B. et al.: MRT von Abdomen und Becken, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006). Darstellung des ringförmigen signalarmen inneren Zervixstromas (Pfeile), das den schmalen, signalintensiven Zervixkanal umgibt.

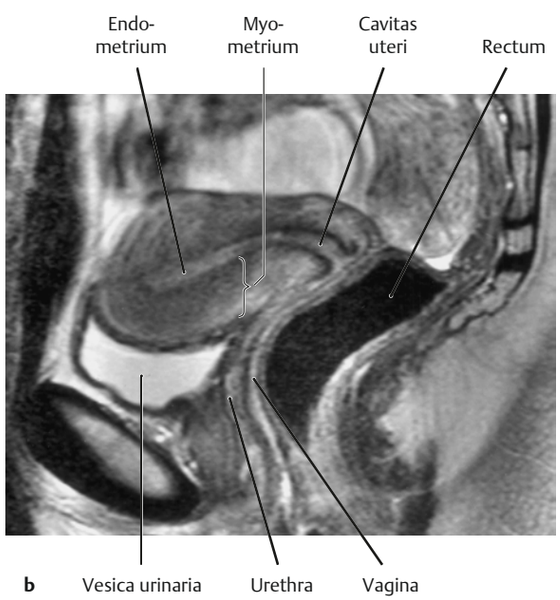


a

B Lage der weiblichen Beckenorgane im Mediansagittalschnitt

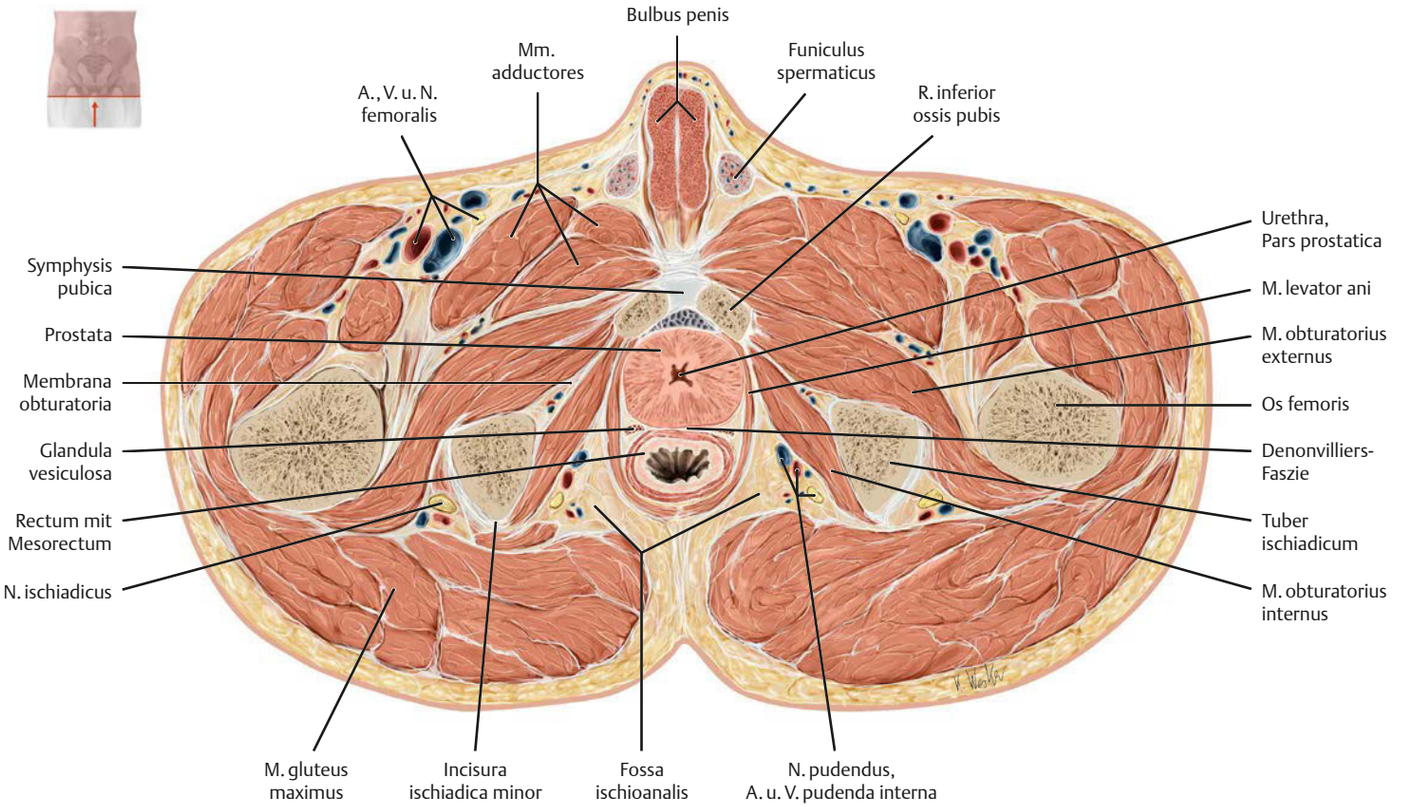
a Ansicht von links, Dünn- und Dickdarm bis auf Colon sigmoideum und Rectum entfernt.
Beachte: Bei der Frau schiebt sich der Uterus mit seinem Bandapparat, der sog. Genitalplatte, zwischen Harnblase und Rectum. Dadurch verändern sich die Peritonealverhältnisse im Vergleich zu denen im männlichen Becken charakteristisch: Das Peritoneum zieht wie beim Mann von der ventralen Wand der Peritonealhöhle auf die Oberfläche der Harnblase, von dort aber weiter auf die Vorderwand des Uterus. Da der Uterus in sog. Anteversio und Anteflexio auf der Harnblase liegt, bildet das Peritoneum zwischen Blase und Uterus eine tiefe, aber schmale Grube, die Excavatio vesicouterina (s. S. 324).

b MRT des Beckens, Sagittalschnitt (aus Hamm, B. et al.: MRT von Abdomen und Becken, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006). Uterus während der ersten Zyklushälfte (Proliferationsphase) mit schmalem Endometrium und relativ geringer Signalintensität des Myometrium.

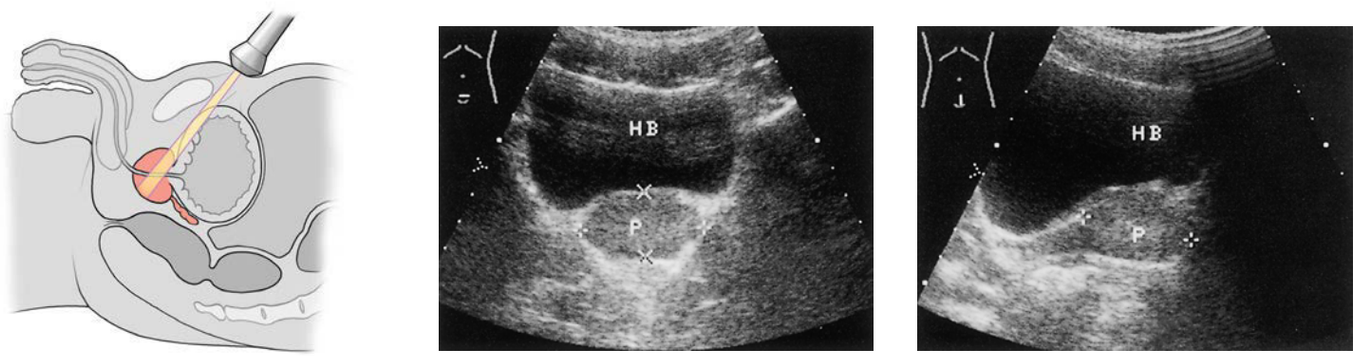


b

6.24 Schnittbildanatomie des männlichen Beckens

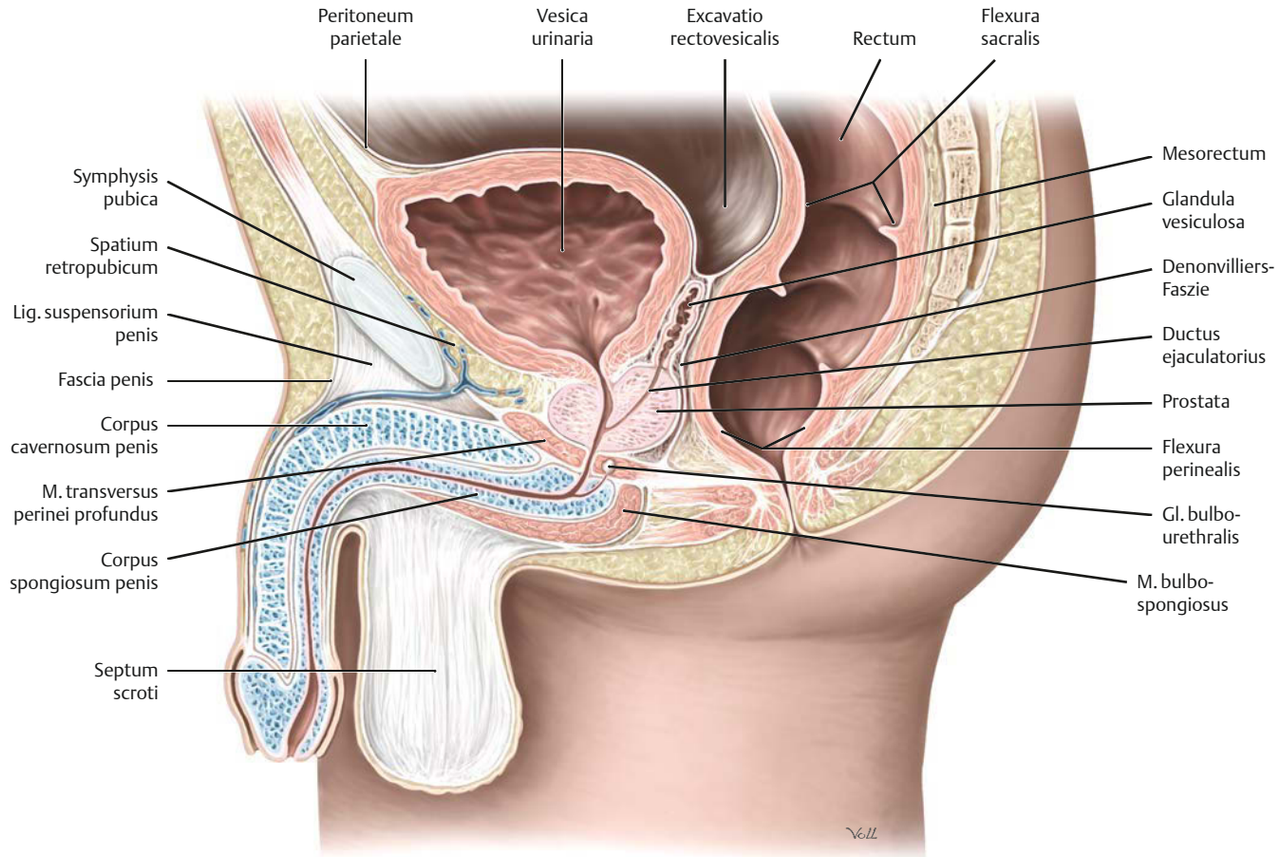


A Lage der männlichen Beckenorgane im Horizontalschnitt
Schnitt durch das männliche Becken auf Höhe der Prostata, Ansicht von kaudal.
Das Bild zeigt die Lage der Prostata unmittelbar hinter den Rr. inferiores ossis pubis und der Symphyse. Hinter der Prostata liegen die ebenfalls angeschnittenen Glandulae vesiculosae. Zwischen Prostata und Rectum spannt sich die Denonvilliers-Faszie aus, eine frontal ausgerichtete Bindegewebsplatte, die das Mesorectum von den urogenitalen Organen abgrenzt. Nach lateral und hinten folgt der M. levator ani, der nach außen an die Fossa ischioanalis grenzt.

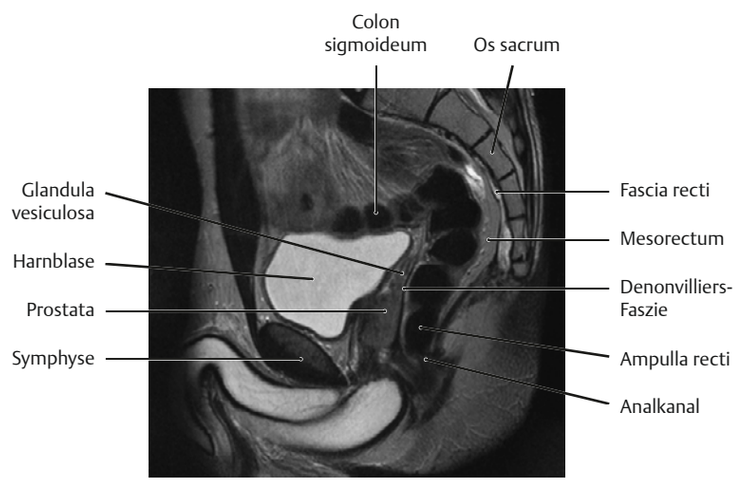


a b c

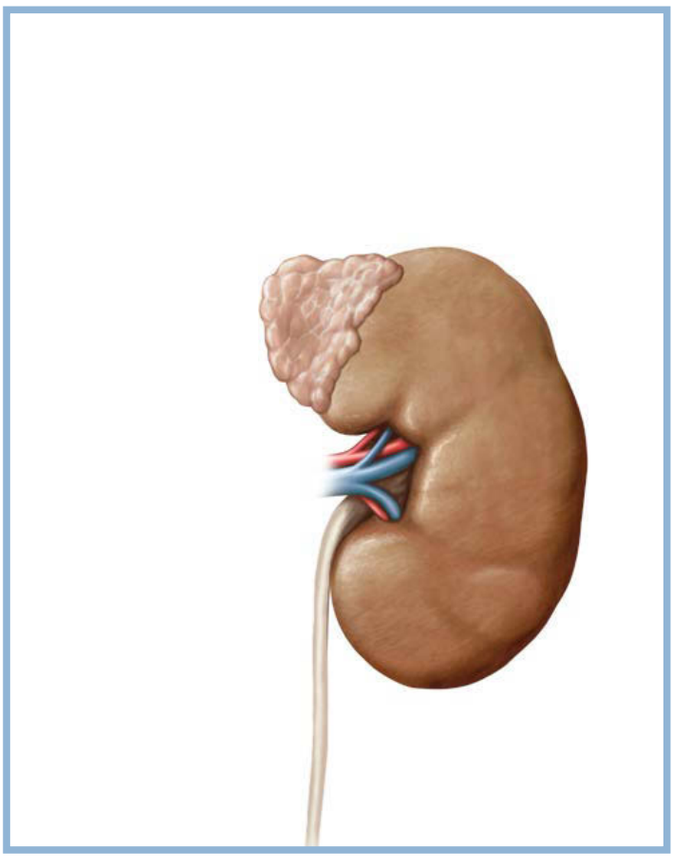
B Transvesikale Sonographie der Prostata
a schematisierter Mediansagittalschnitt durch ein männliches Becken zur Darstellung der suprapubischen Positionierung des Schallkopfes, Ansicht von links; **b** Normalbefund einer transversal getroffenen Prostata; **c** Prostata im Sagittalschnitt (aus Reiser, M. et al.: Radiologie [Duale Reihe], 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).
Die transvesikale Darstellung der Prostata gelingt nur bei ausreichend gefüllter Harnblase. Im Gegensatz zur transrektalen Sonographie der Prostata, die eine differenziertere Beurteilung der Organstruktur ermöglicht und v. a. den Nachweis eines beginnenden organüberschreitenden Tumorwachstums erleichtert (s. S. 338), lässt sich bei der suprapubischen, transvesikalen Sonographie das Organ in allen drei Raumebenen (transversal, sagittal und frontal) darstellen und nach der Formel $V = 0{,}523 \times a \times b \times c$ das Volumen näherungsweise bestimmen.

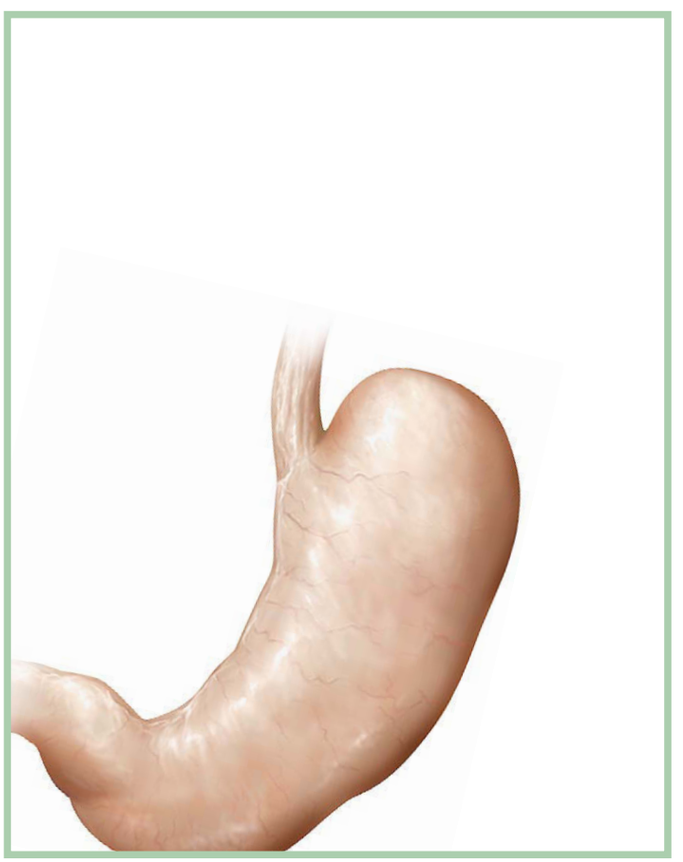


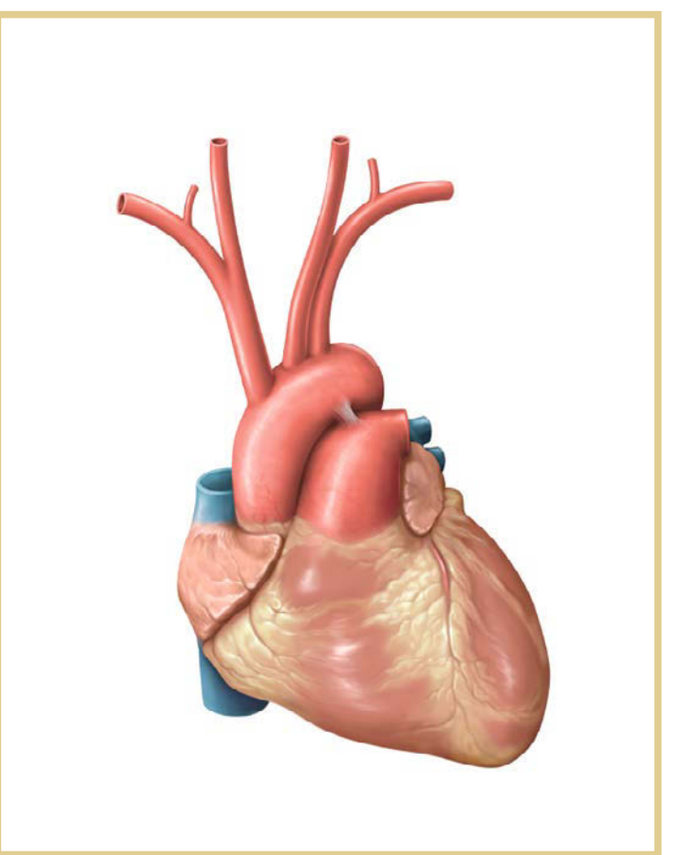
C Lage der männlichen Beckenorgane im Sagittalschnitt
Mediansagittalschnitt, Ansicht von links.
Die Harnblase ist in einer Größe und Lage dargestellt, die sie bei deutlicher Füllung erreicht. Bei leerer Harnblase liegt sie wesentlich kleiner hinter der Symphyse, und das Peritoneum bildet auf der Blasenoberfläche eine quere Falte, die Plica vesicalis transversalis. Von der Harnblase zieht das Peritoneum unter Bildung einer kleinen Grube, Excavatio rectovesicalis (tiefster Punkt der männlichen Peritonealhöhle), auf die Vorderwand des Rectum. Die Prostata wird vom Peritoneum nicht erreicht.
Beachte die beiden Krümmungen (!) des Rectum in der Sagittalebene (Flexura sacralis und Flexura perinealis) sowie die Denonvilliers-Faszie an der Grenze zur Prostata und den Glandulae vesiculosae.



D Sagittales MRT eines männlichen Beckens (T2w TSE-Sequenz)
Beachte: Auf T2-gewichteten MRT-Schnittbildern stellt sich das perirektale Fettgewebe des Rectum (Mesorectum) als hyperintense Schicht dar. Die mesorektale Faszie (Fascia recti = Fascia pelvis visceralis), die das Mesorectum umgibt, kann als feine Linie mit niedriger Signalintensität abgegrenzt werden (aus Hamm, B. et al.: MRT von Abdomen und Becken, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart 2006).







Systematik der Organversorgung

Thymus 408

Oesophagus 409

Cor 410

Pericardium 411

Pulmo, Bronchi und Trachea 412

Diaphragma 413

Hepar, Vesica biliaris und Splen 414

Gaster 415

Duodenum und Pancreas 416

Jejunum und Ileum 417

Caecum, Appendix vermiformis
sowie Colon ascendens und transversum 418

Colon descendens und Colon sigmoideum 419

Rectum 420

Ren, Ureter und Glandula suprarenalis 421

Vesica urinaria, Prostata und Glandula vesiculosa 422

Testis, Epididymis und Ductus deferens 423

Uterus, Tuba uterina und Vagina 424

Tuba uterina und Ovarium 425

„Gebrauchsanleitung“

Das nachfolgende Kapitel fasst die Versorgung eines Organs oder einer Organgruppe mit Leitungsbahnen systematisch zusammen. Unterschieden werden dabei folgende **Untergruppen:**

- arterielle Versorgung (rot),
- venöse Entsorgung (blau),
- Lymphdrainage (grün) und
- Innervation (gelb).

Die Systematik soll in mehrfacher Weise genutzt werden:

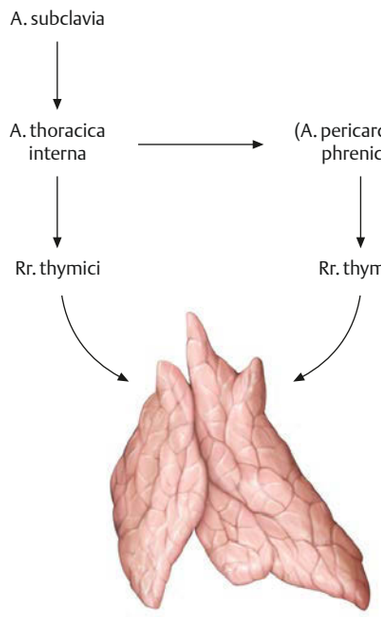
- Zur *Wiederholung* vor einer Prüfung: Hier kann sich der Lernende sehr schnell über die Leitungsbahnen zusammenfassend orientieren.
- Zum *Nachschlagen:* Durch die übersichtliche Darstellung ist eine einzelne Leitungsbahn mit ihren Verzweigungen schnell zu finden.
- Zur *Einarbeitung* in einen komplizierten Organsitus: Die Übersicht erlaubt, sich die grundsätzliche Versorgung eines Organs zu erarbeiten und diese dann in einem komplizierten topografischen Zusammenhang „vor Ort“, also im entsprechenden Kapitel im Buch, wieder aufzufinden.

Für die **Abbildungen** gilt deshalb:

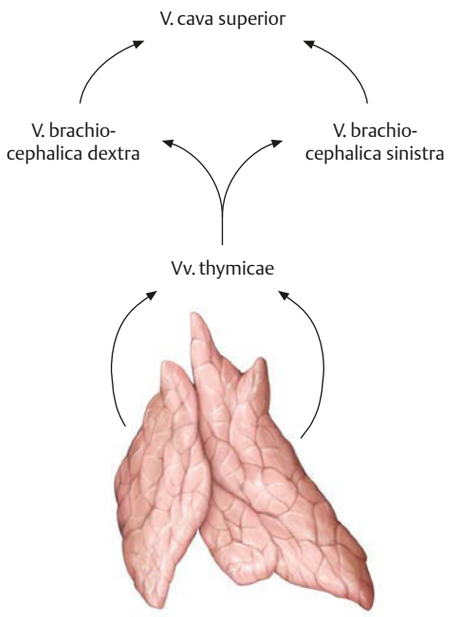
- die Systematik ist schematisch vereinfacht,
- sie berücksichtigt keine Topografie und ist nicht maßstabsgetreu,
- Organe, die topografisch eng benachbart sind, systematisch aber unterschiedlich versorgt werden, sind in unterschiedlichen Abbildungen dargestellt,
- die Systematik enthält i. Allg. keine Varianten,
- bei einer Links-rechts-Symmetrie der Versorgung ist nur eine Seite dargestellt.

1.1 Thymus

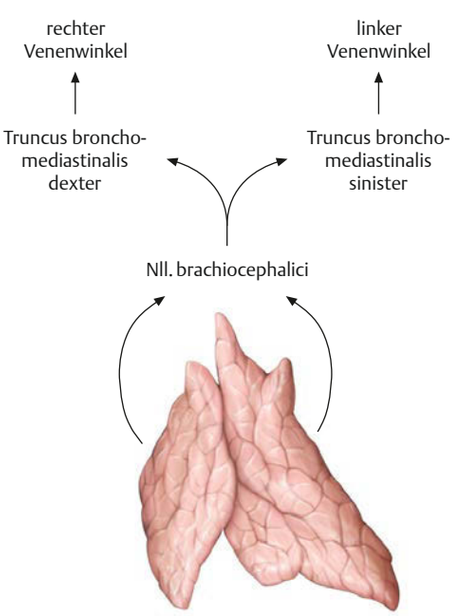
Arterien



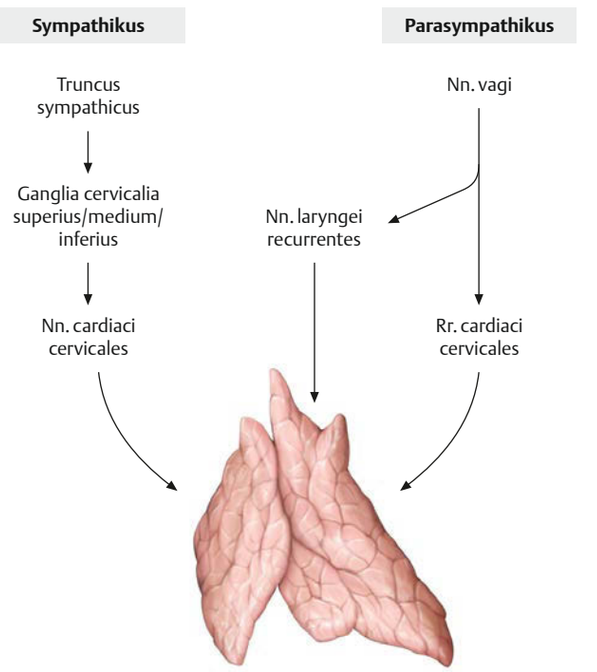
Venen



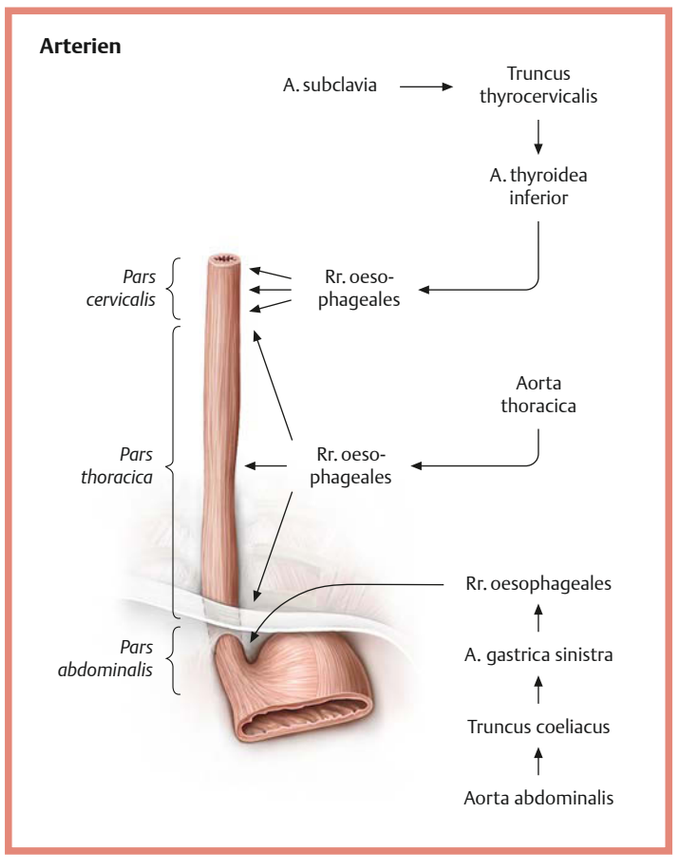
Lymphknoten

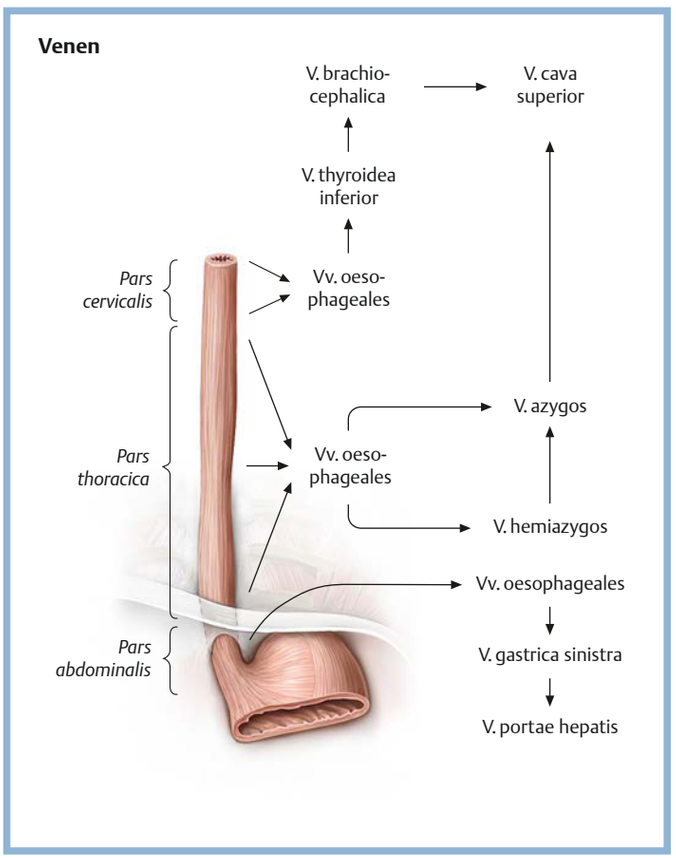


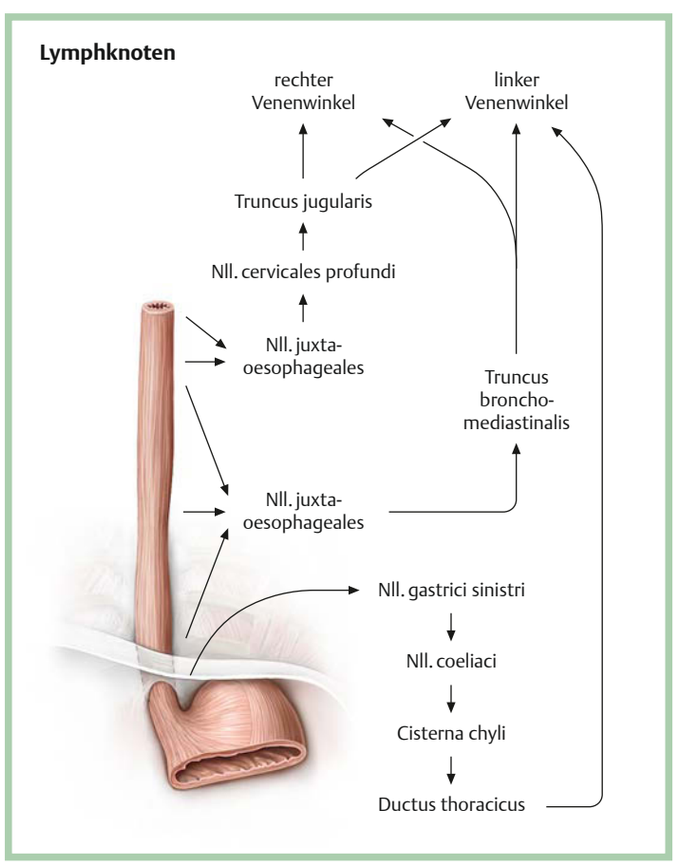
Innervation

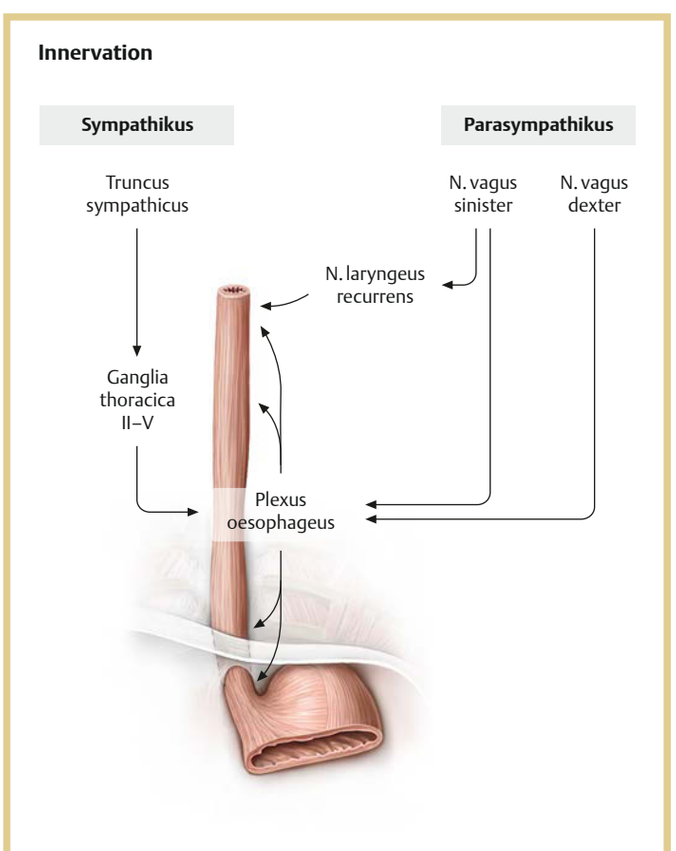


1.2 Oesophagus



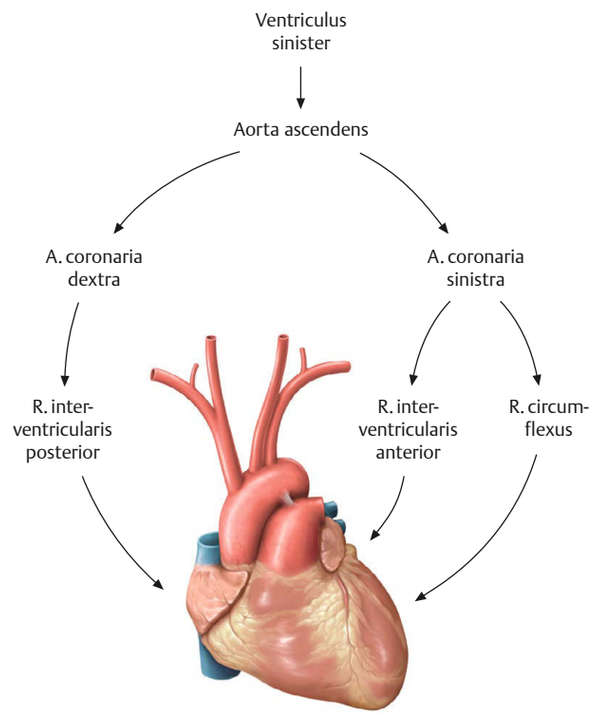




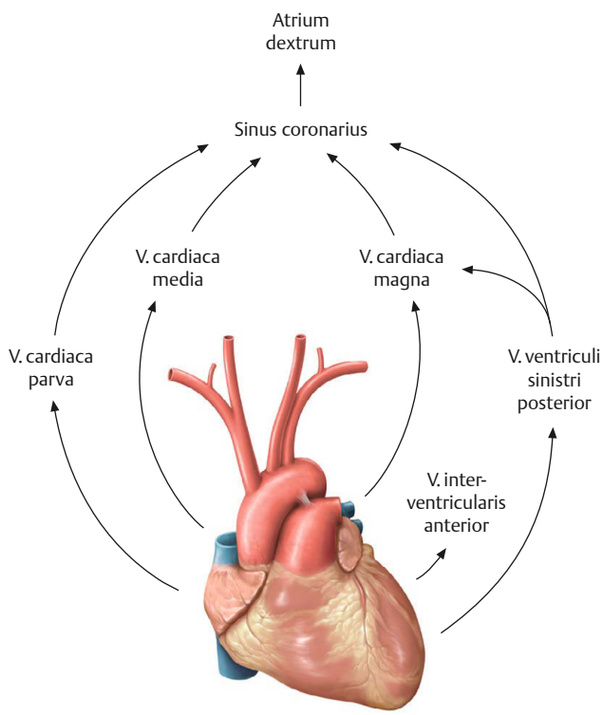


1.3 Cor

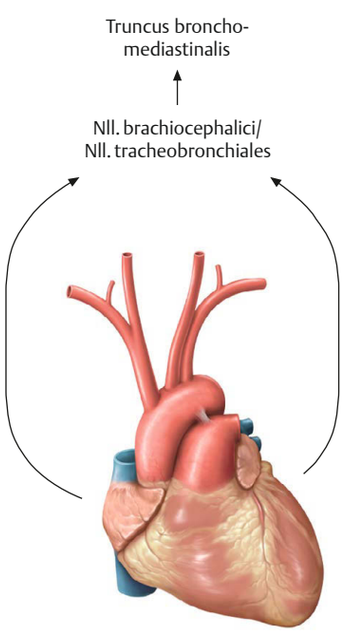
Arterien



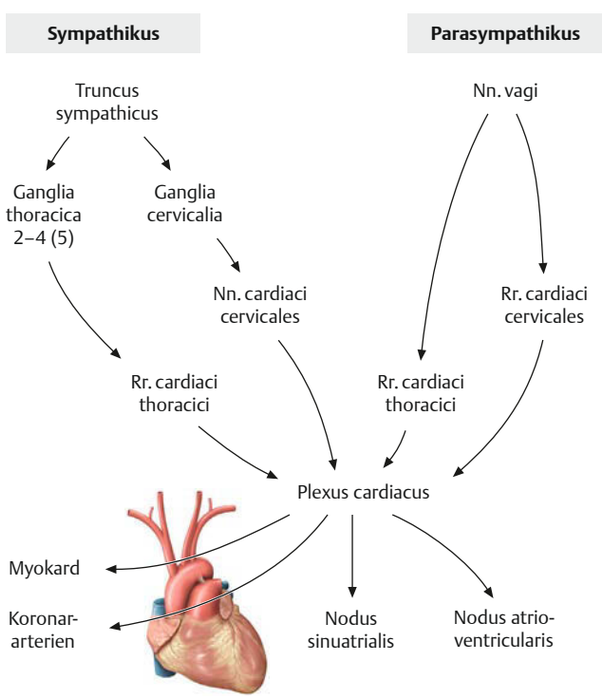
Venen



Lymphknoten

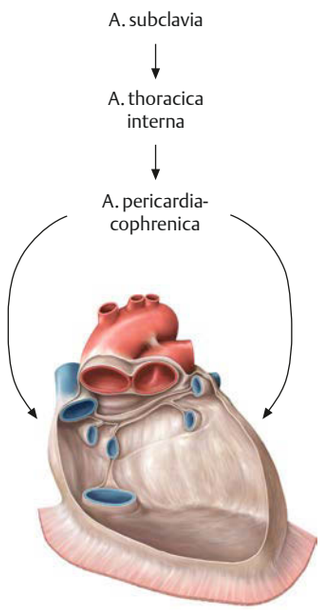


Innervation

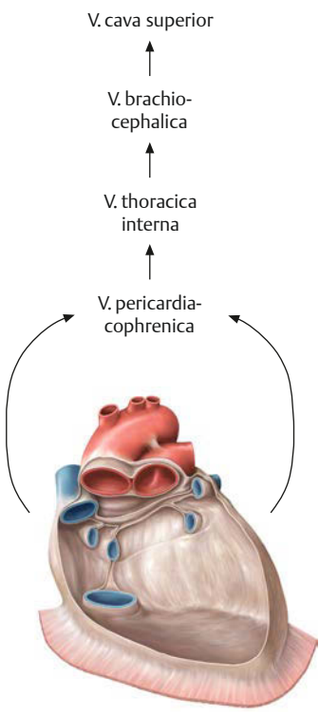


1.4 Pericardium

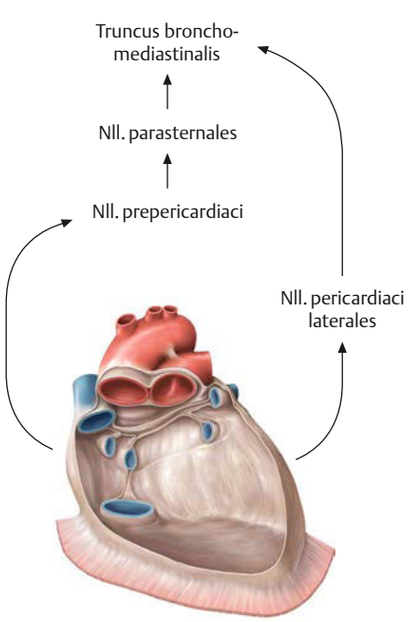
Arterien



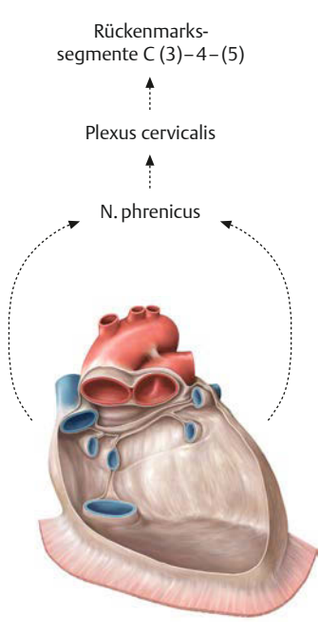
Venen



Lymphknoten

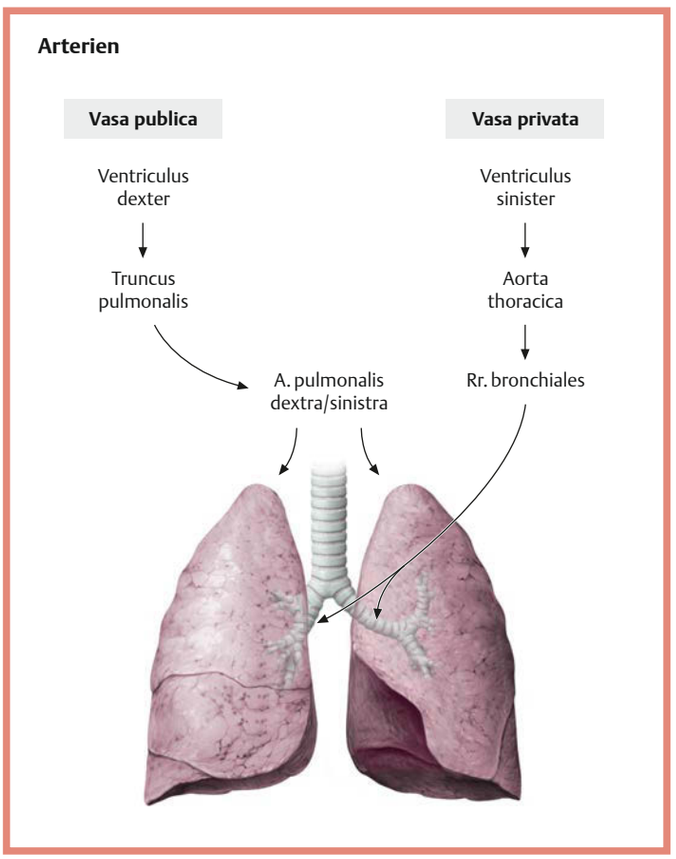


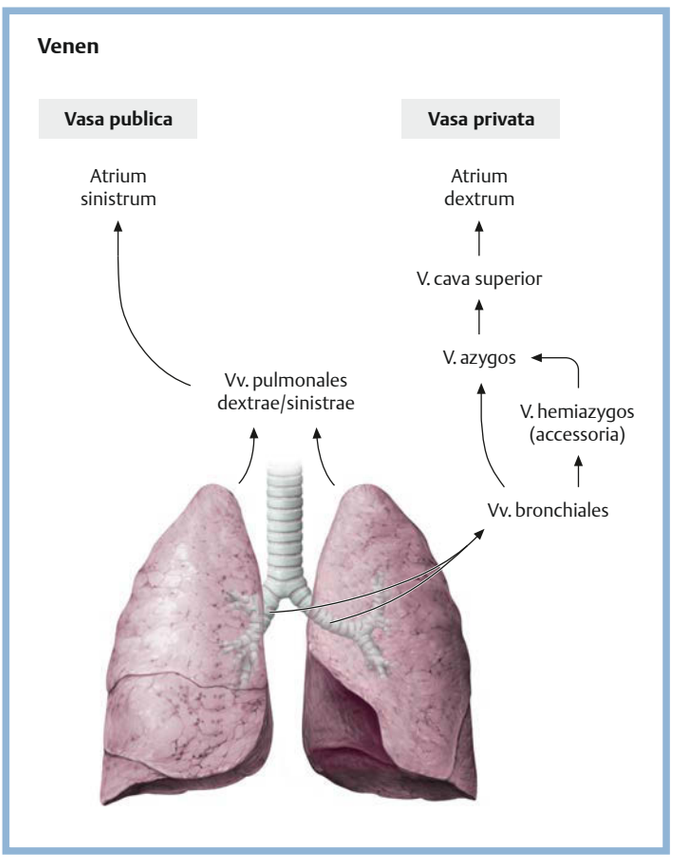
Innervation

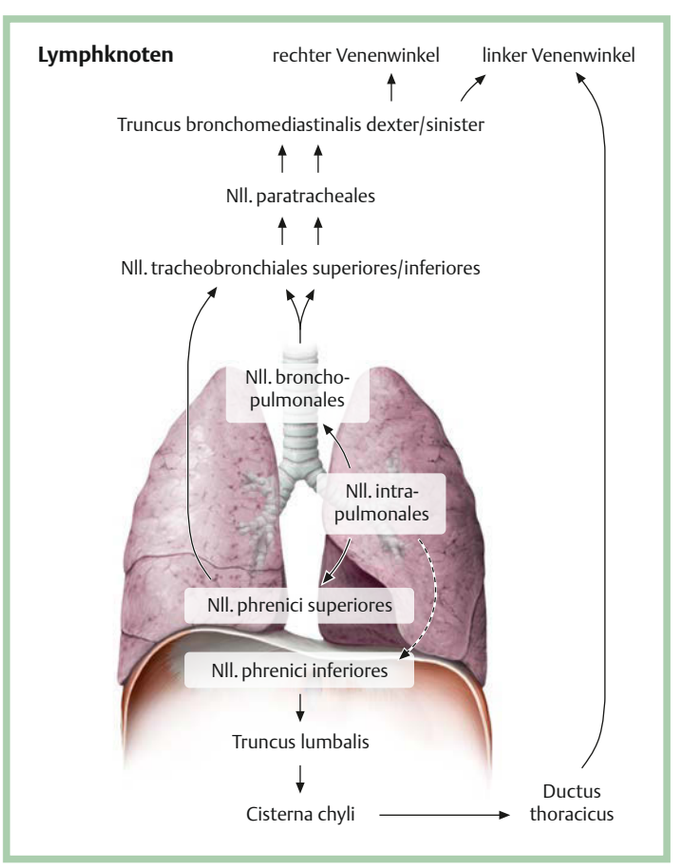


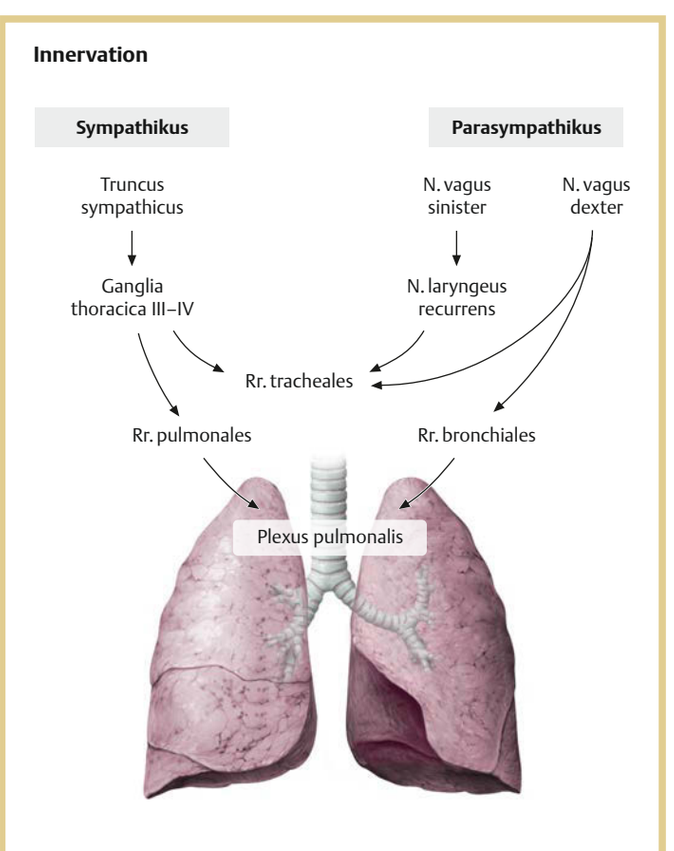
sensible Innervation

1.5 Pulmo, Bronchi und Trachea



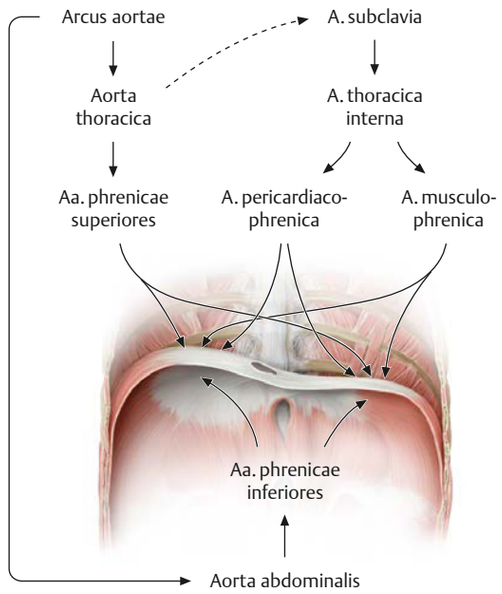




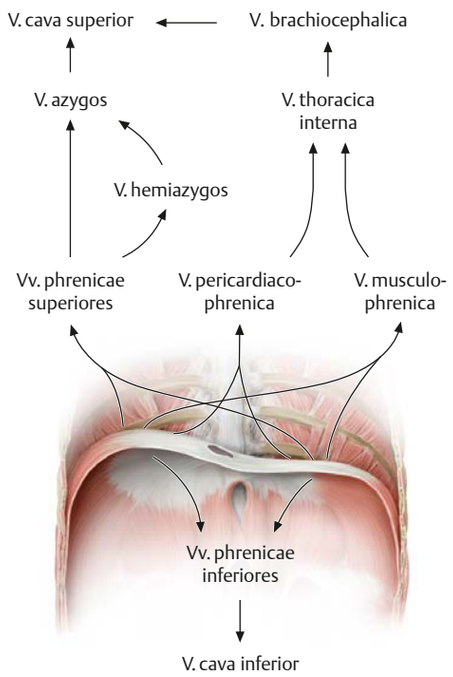


1.6 Diaphragma

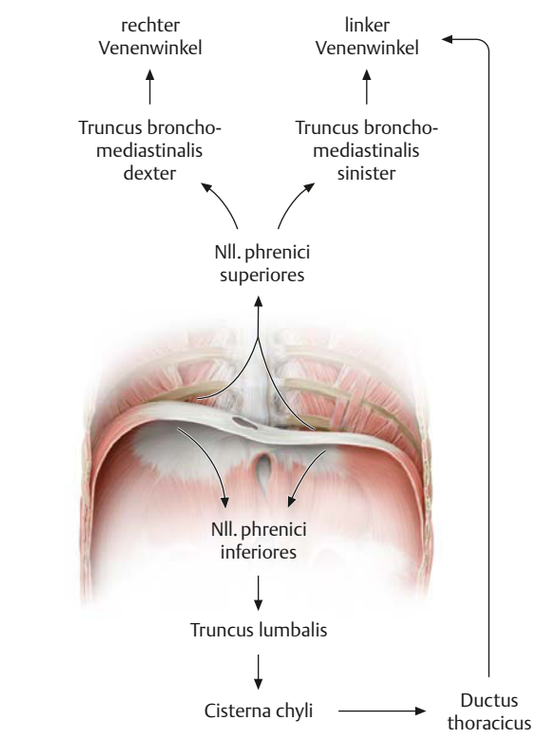
Arterien



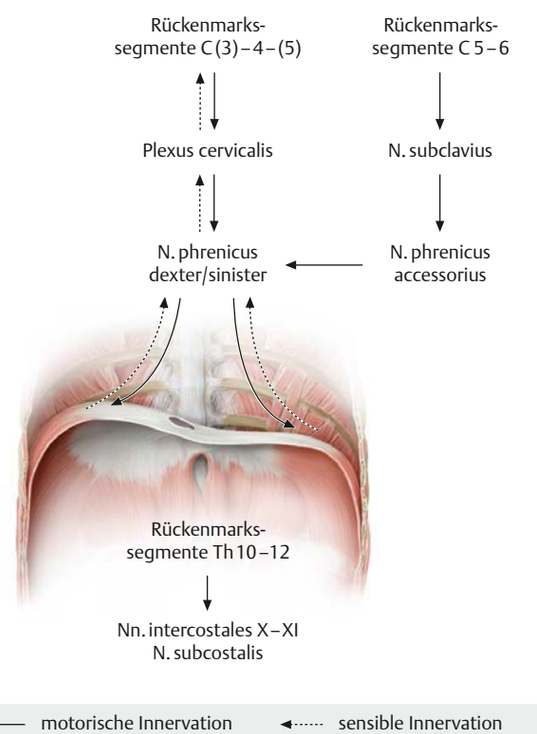
Venen



Lymphknoten

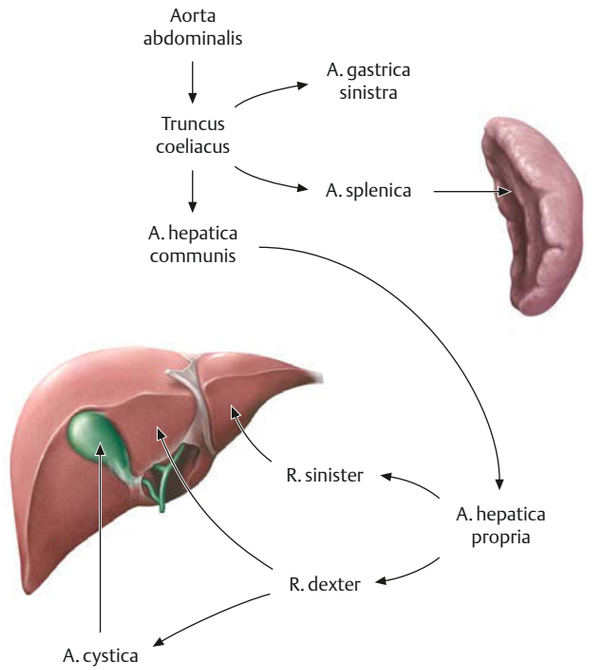


Innervation

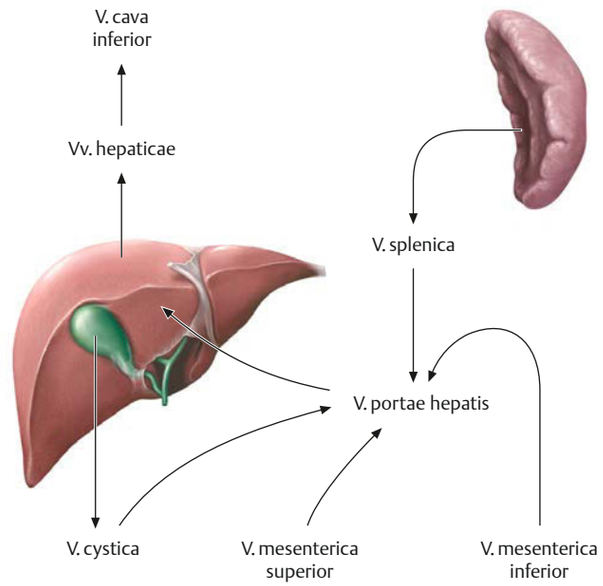


1.7 Hepar, Vesica biliaris und Splen

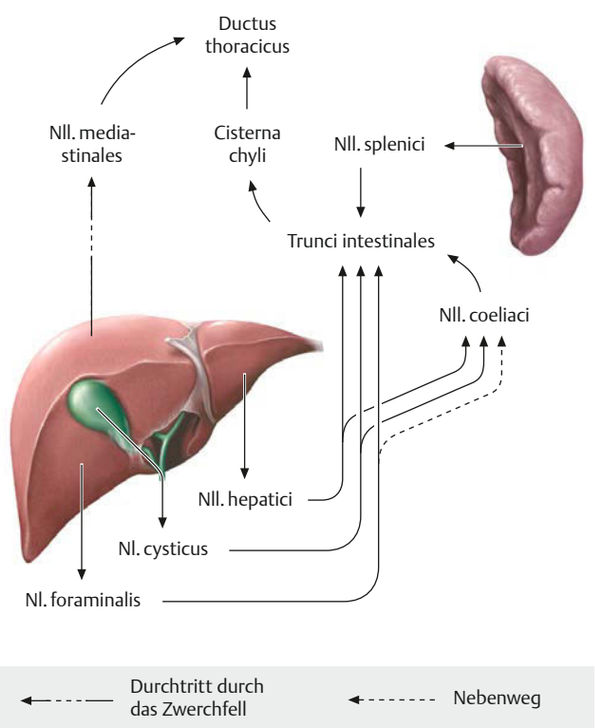
Arterien



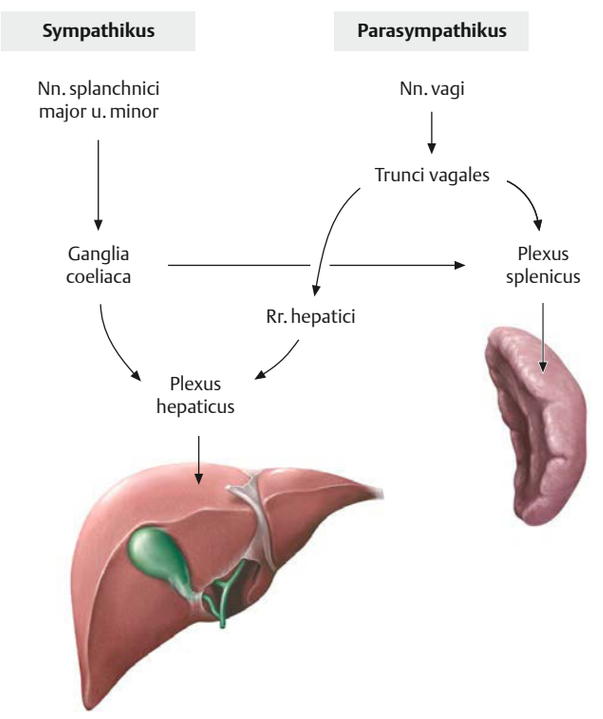
Venen



Lymphknoten

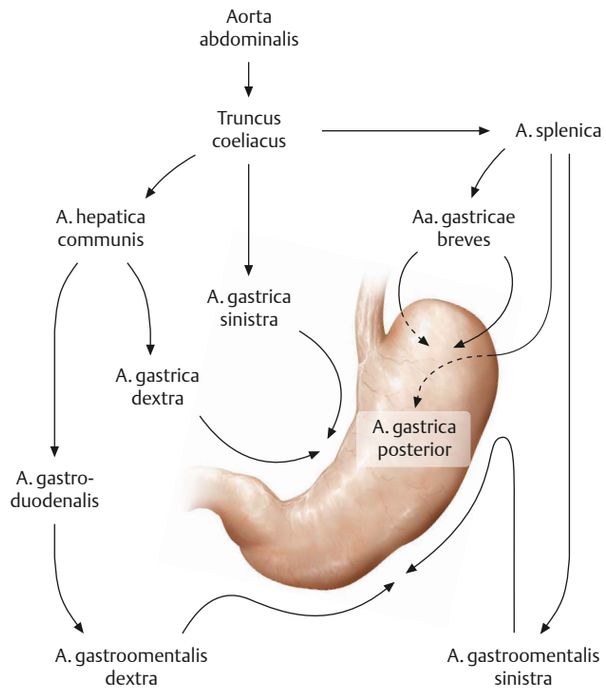


Innervation

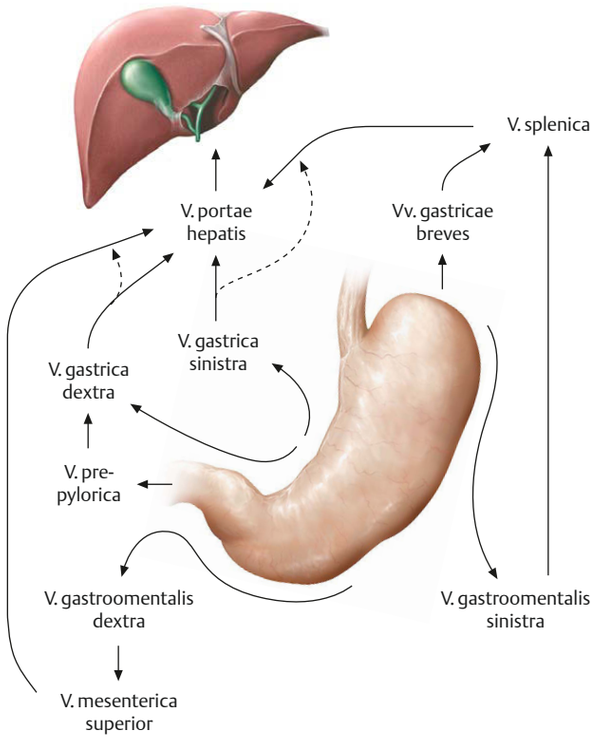


1.8 Gaster

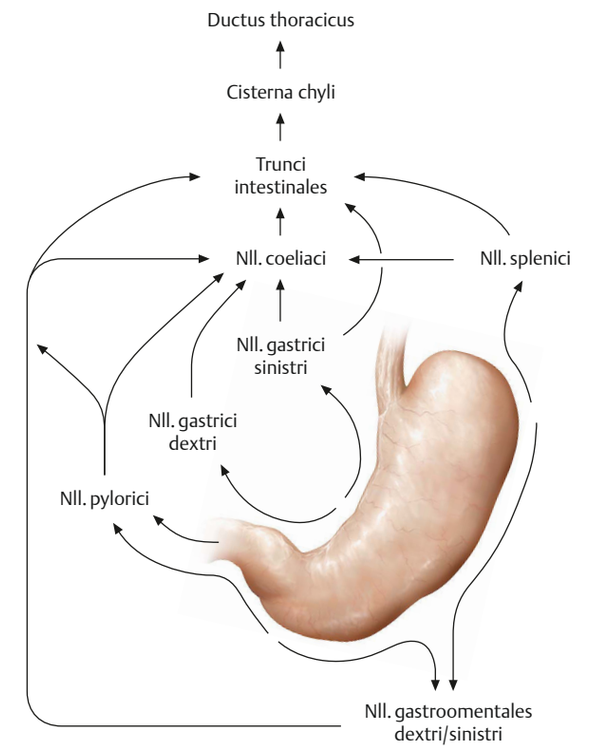
Arterien



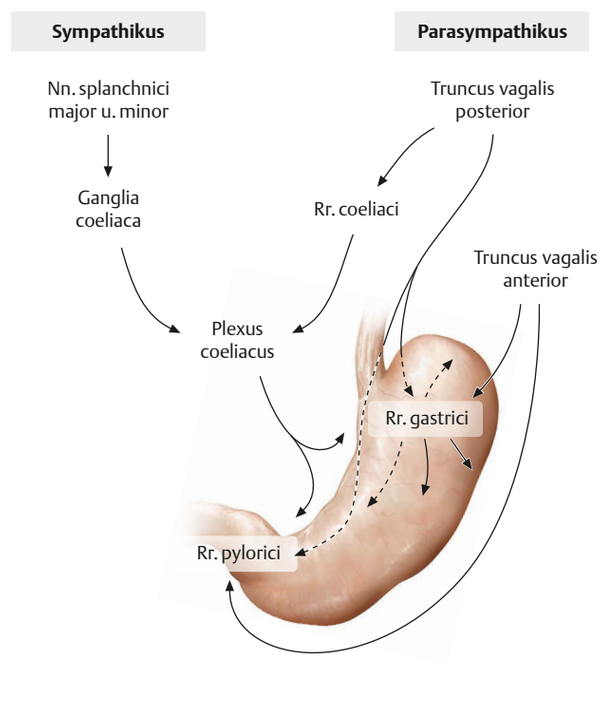
Venen



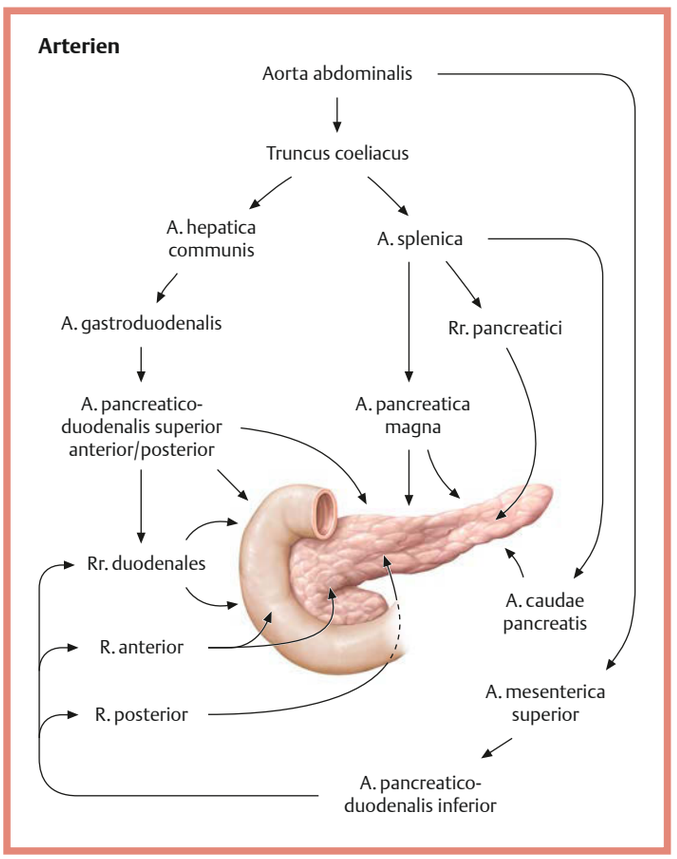
Lymphknoten

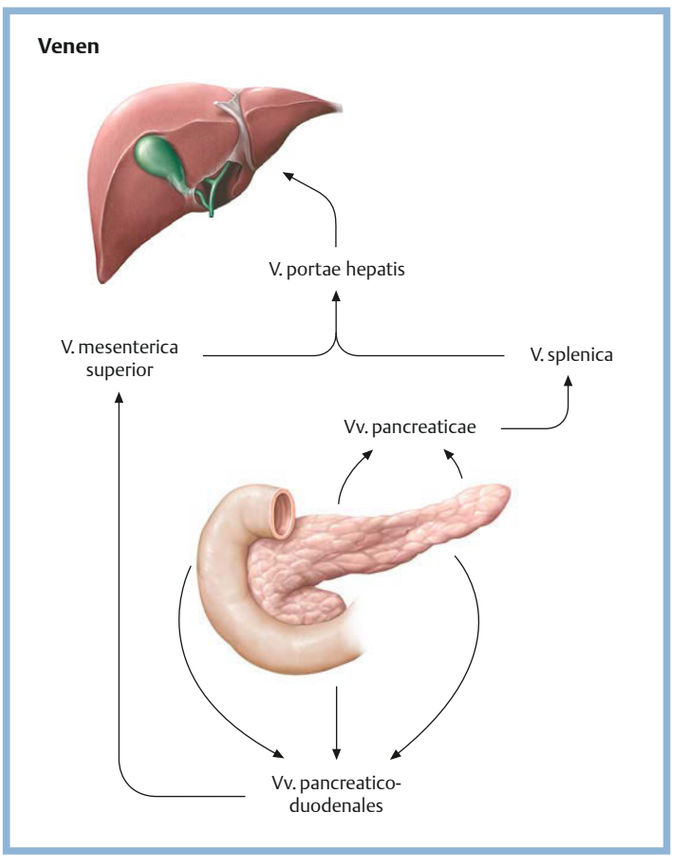


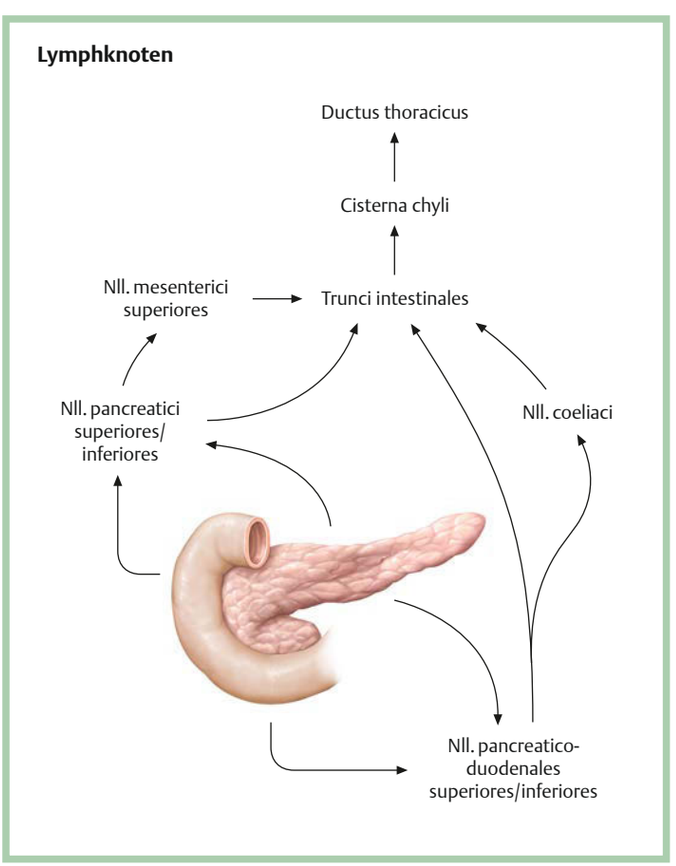
Innervation

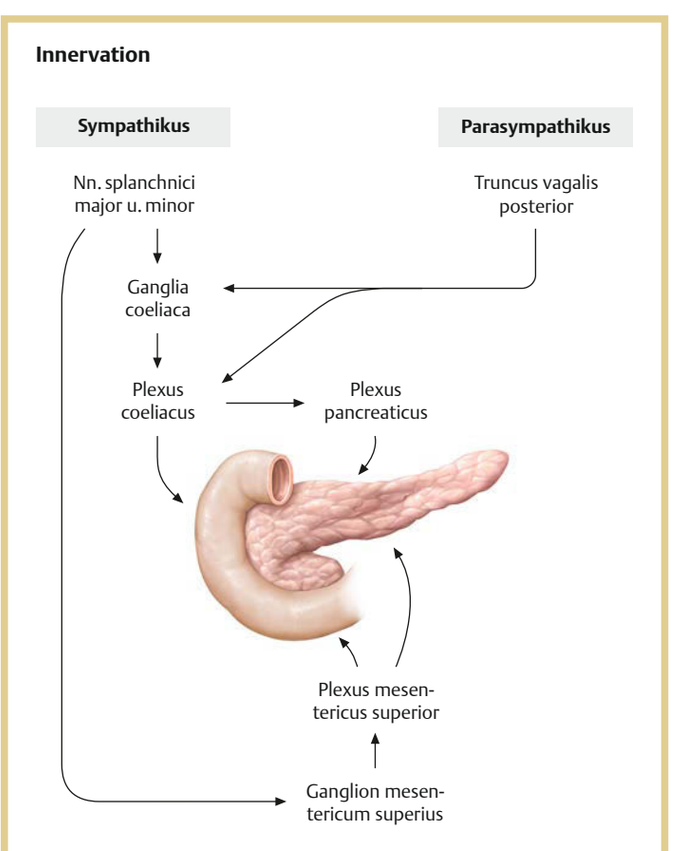


1.9 Duodenum und Pancreas



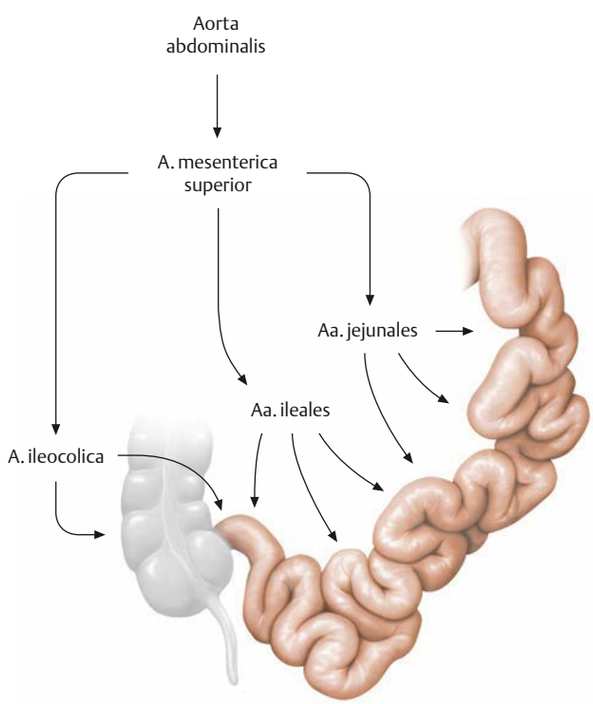




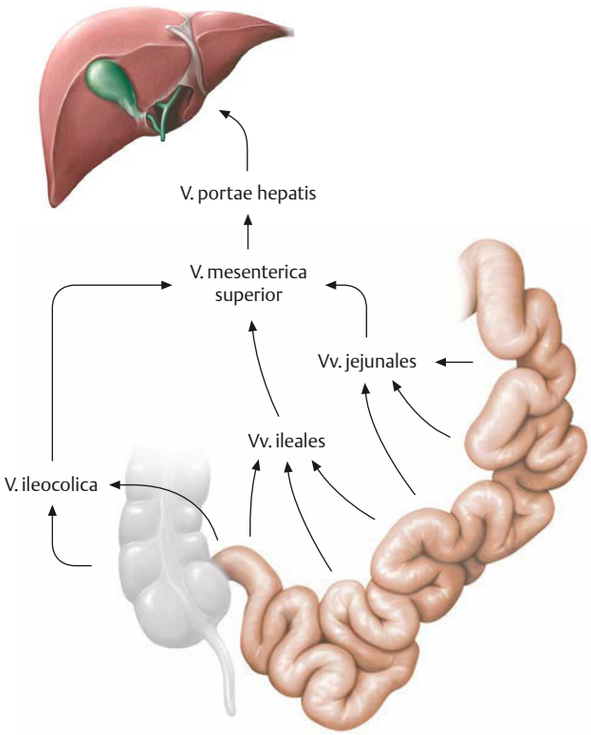


1.10 Jejunum und Ileum

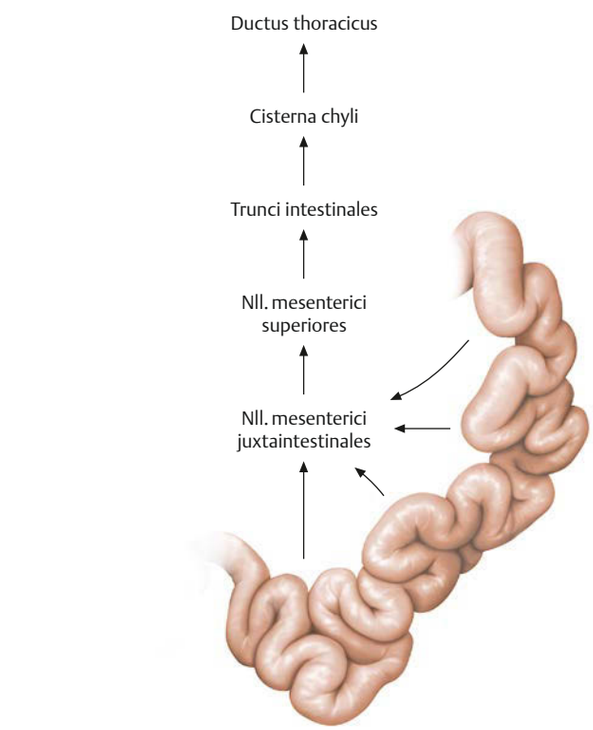
Arterien



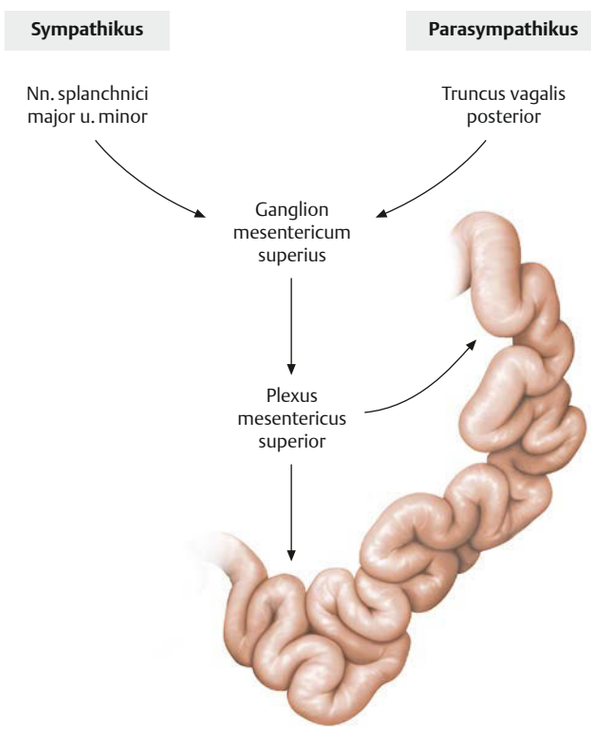
Venen



Lymphknoten

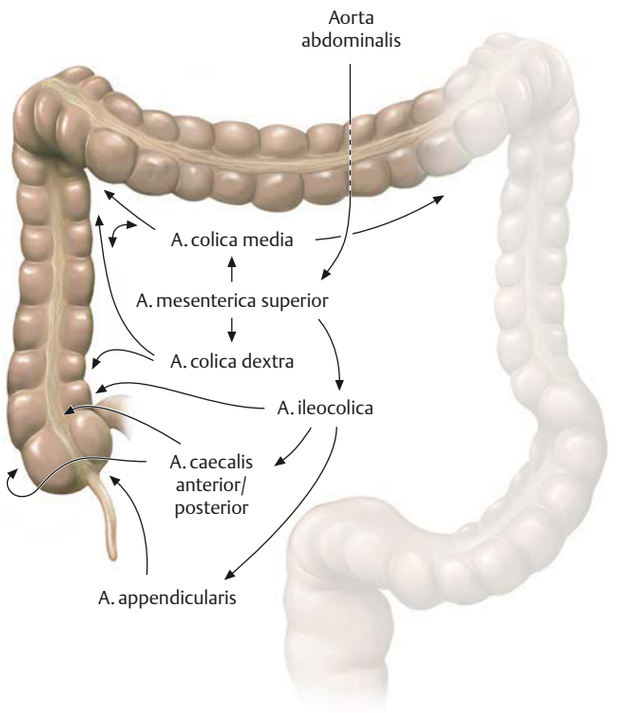


Innervation

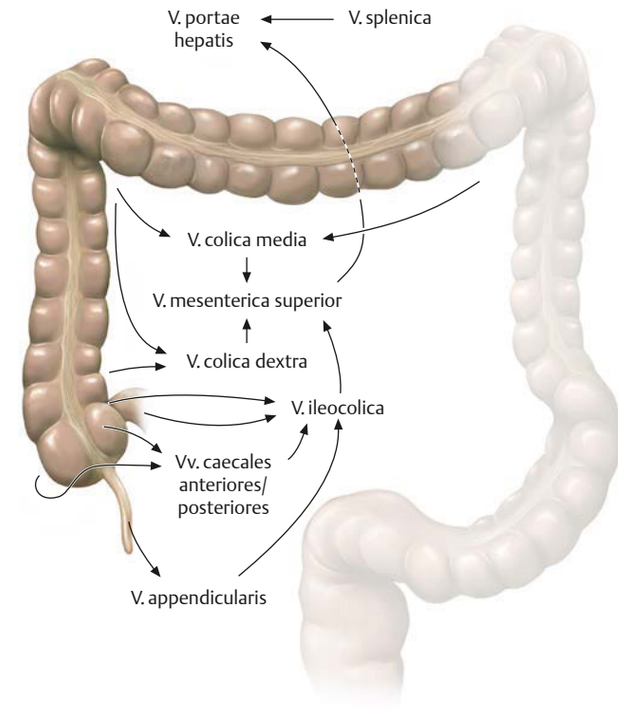


1.11 Caecum, Appendix vermiformis sowie Colon ascendens und transversum

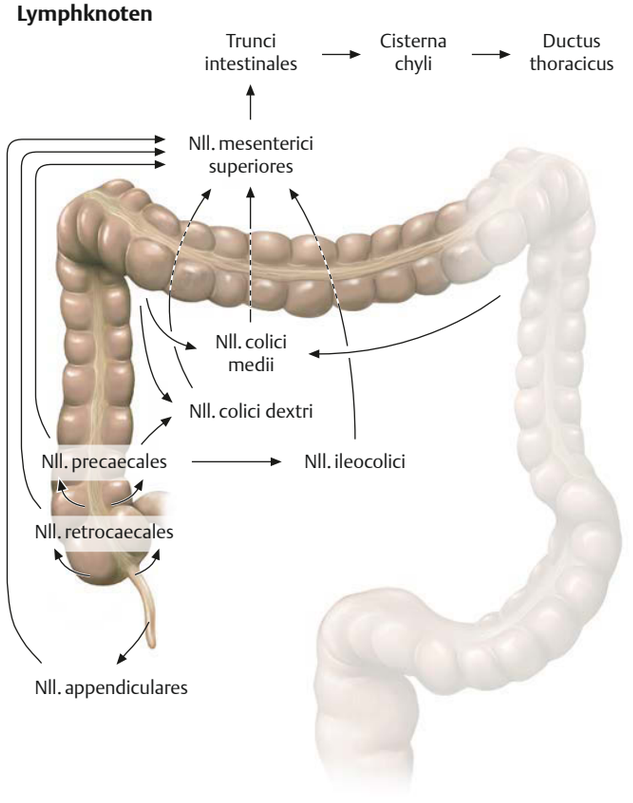
Arterien



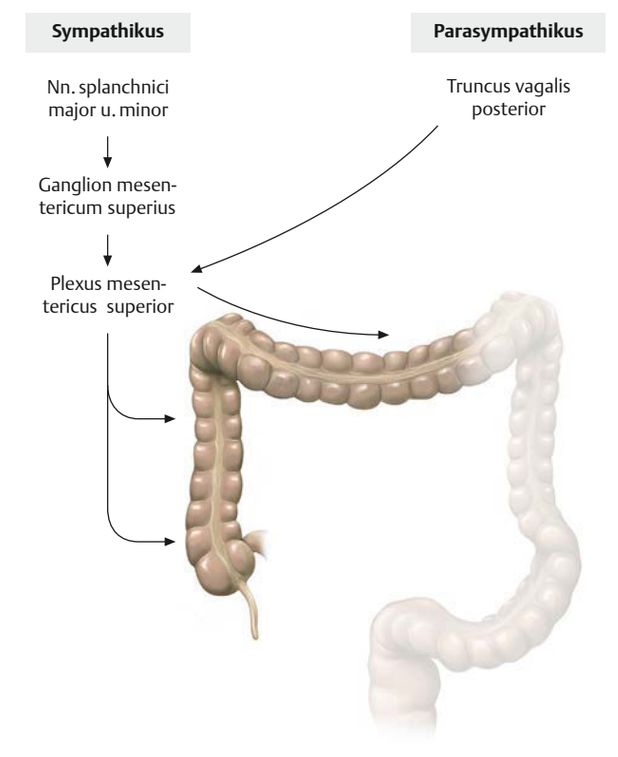
Venen



Lymphknoten

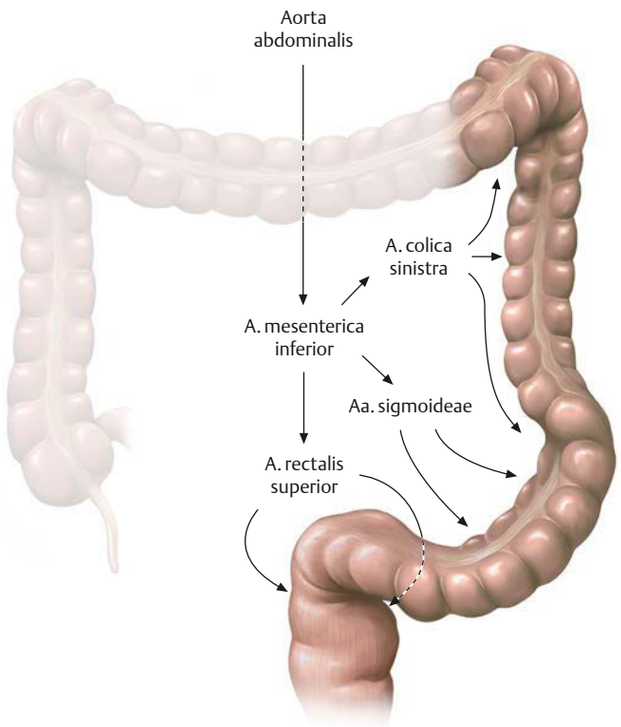


Innervation

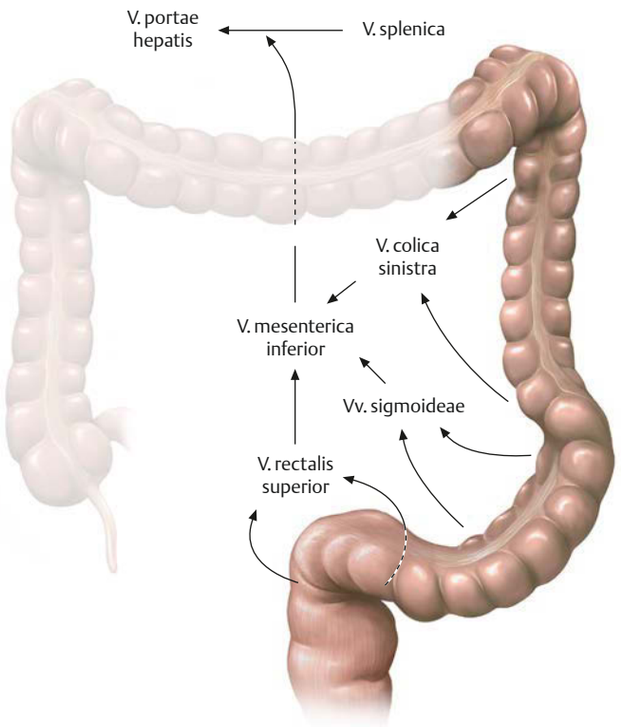


1.12 Colon descendens und Colon sigmoideum

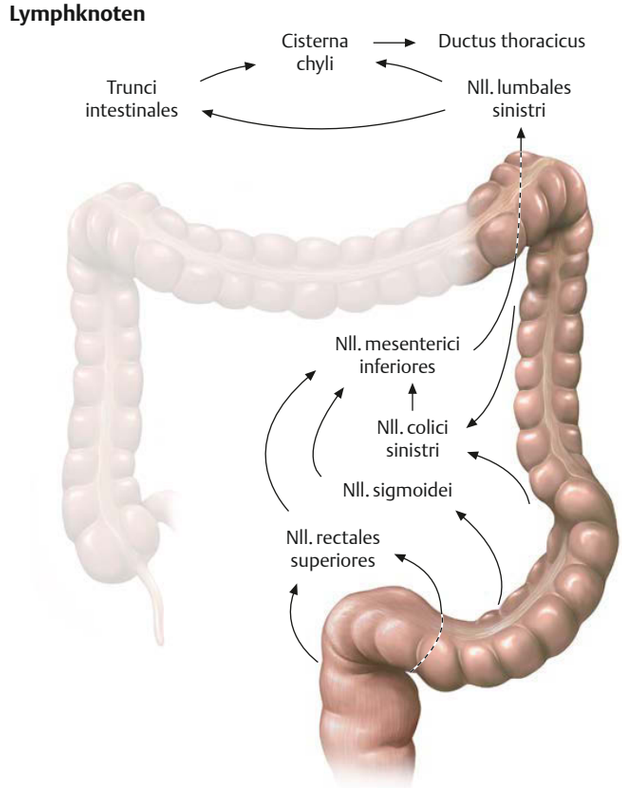
Arterien



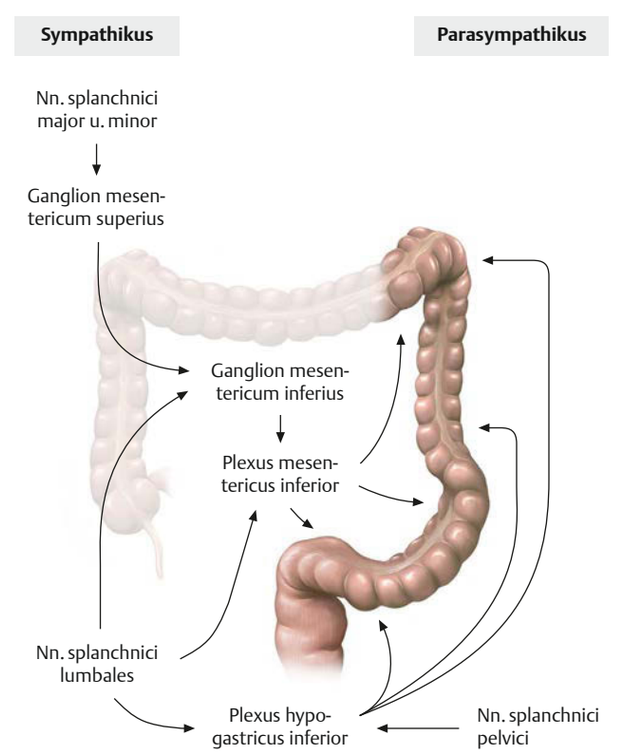
Venen



Lymphknoten

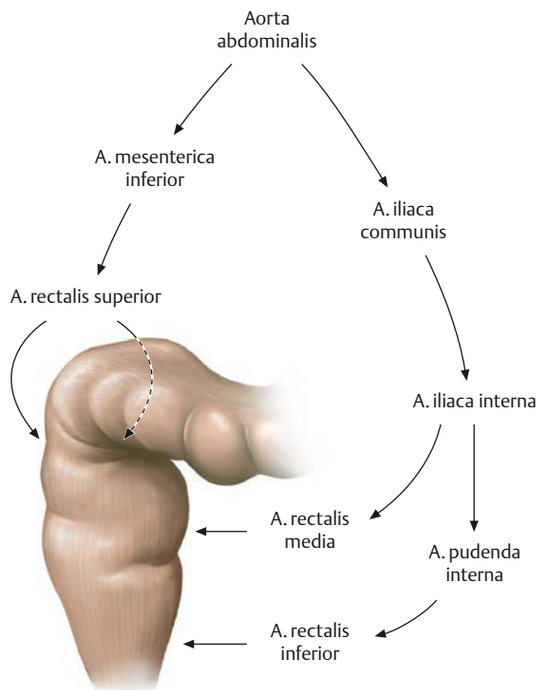


Innervation

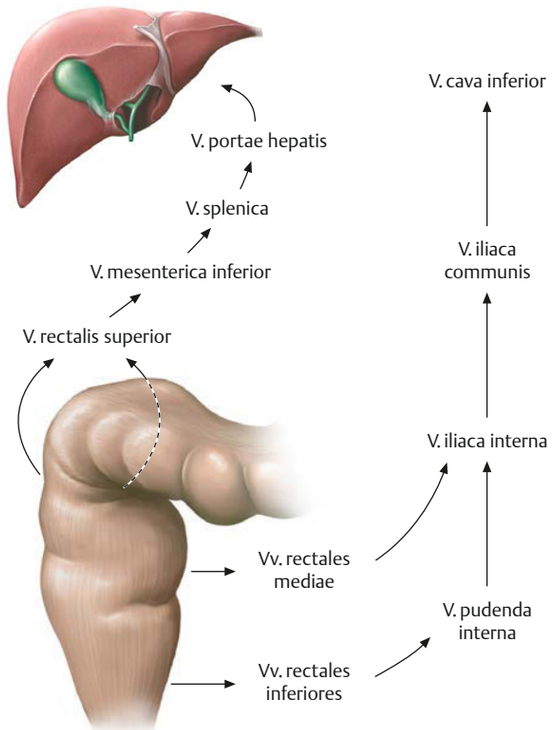


1.13 Rectum

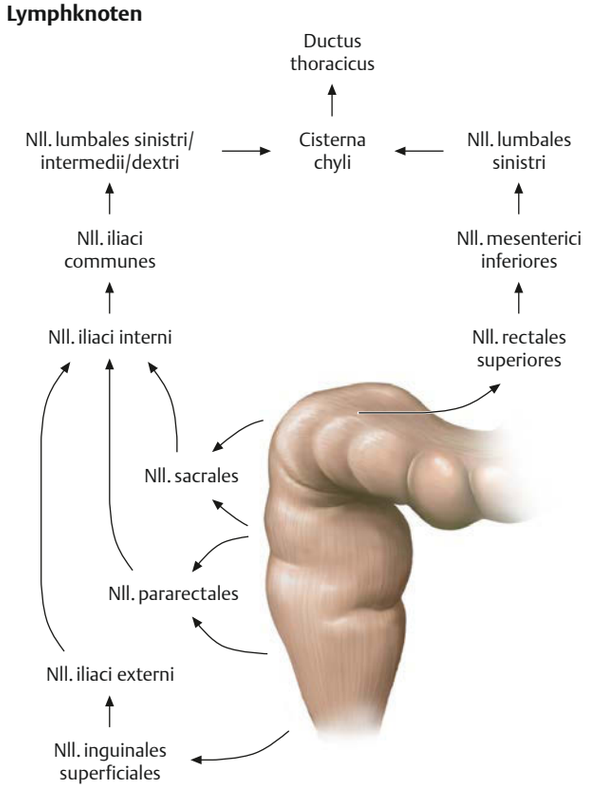
Arterien



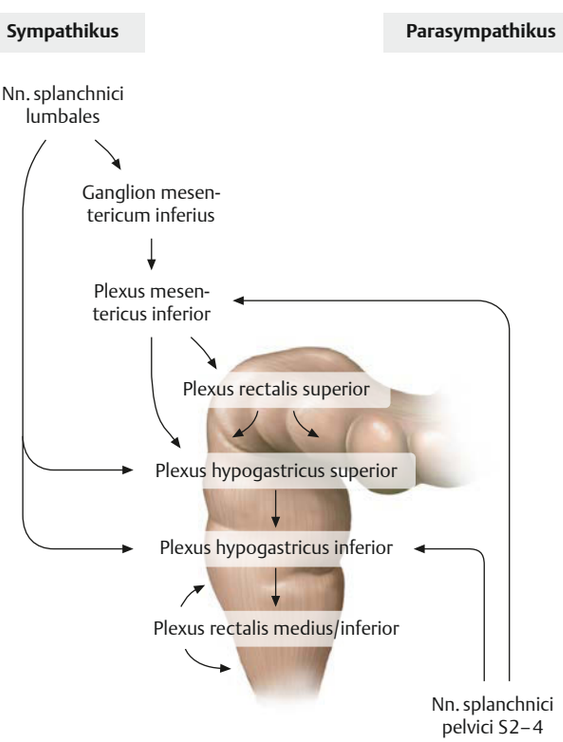
Venen



Lymphknoten

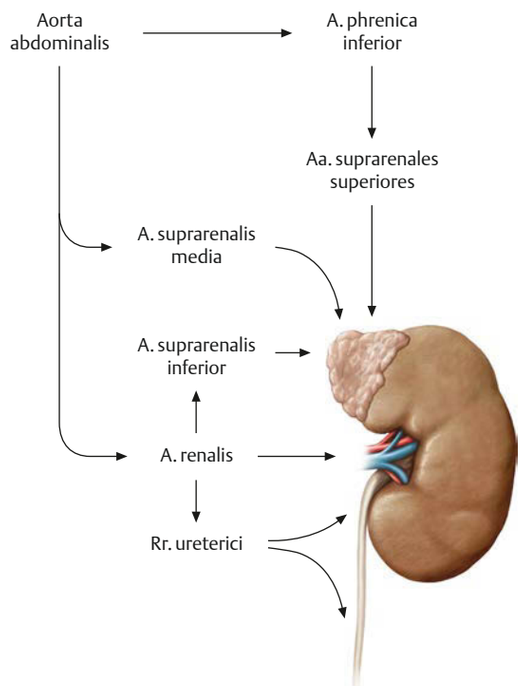


Innervation

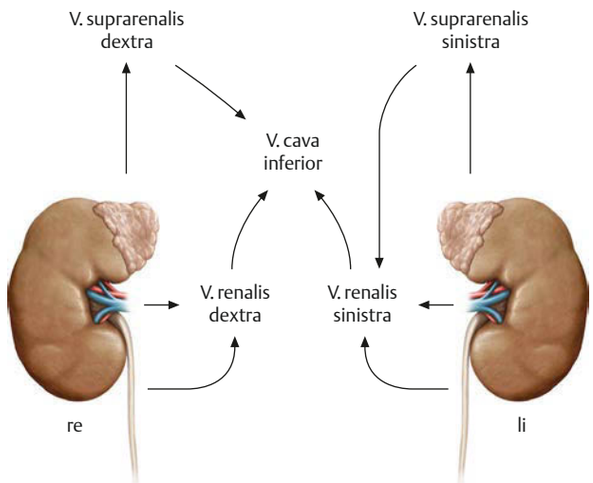


1.14 Ren, Ureter und Glandula suprarenalis

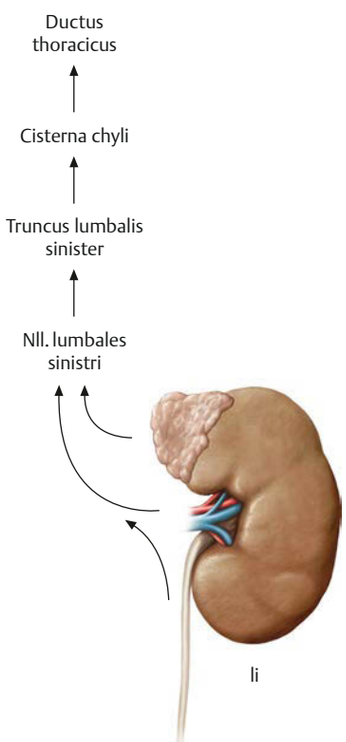
Arterien



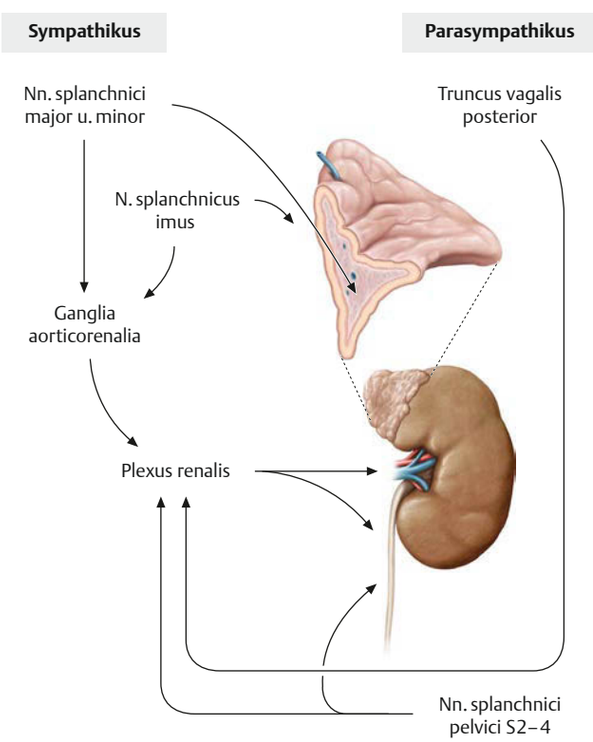
Venen



Lymphknoten

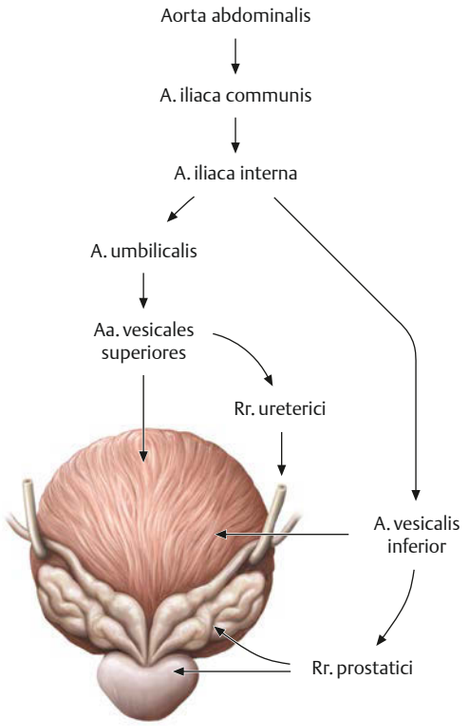


Innervation

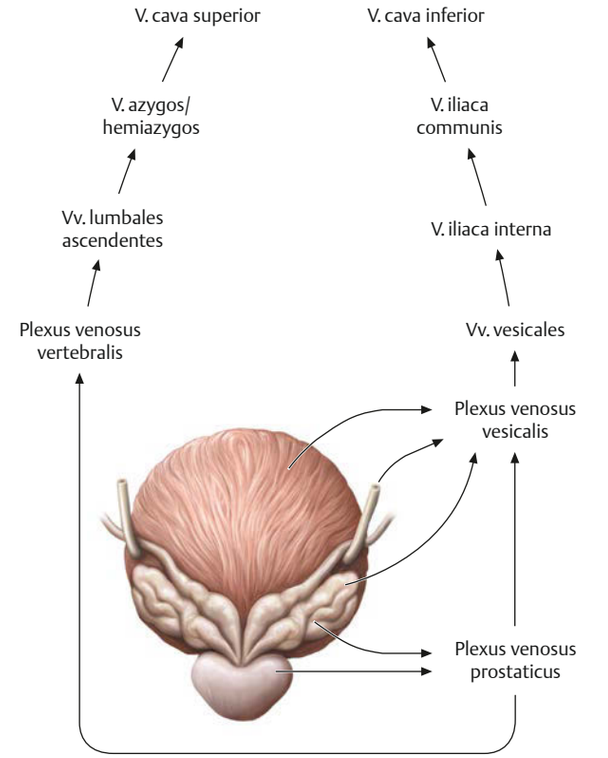


1.15 Vesica urinaria, Prostata und Glandula vesiculosa

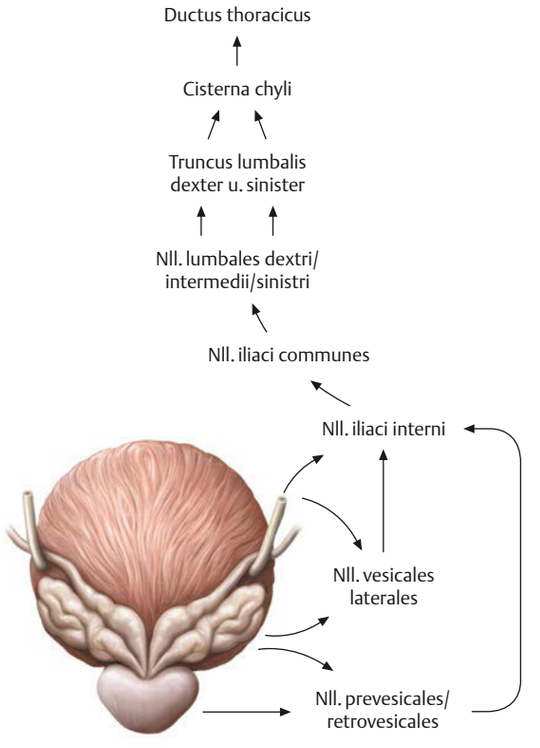
Arterien



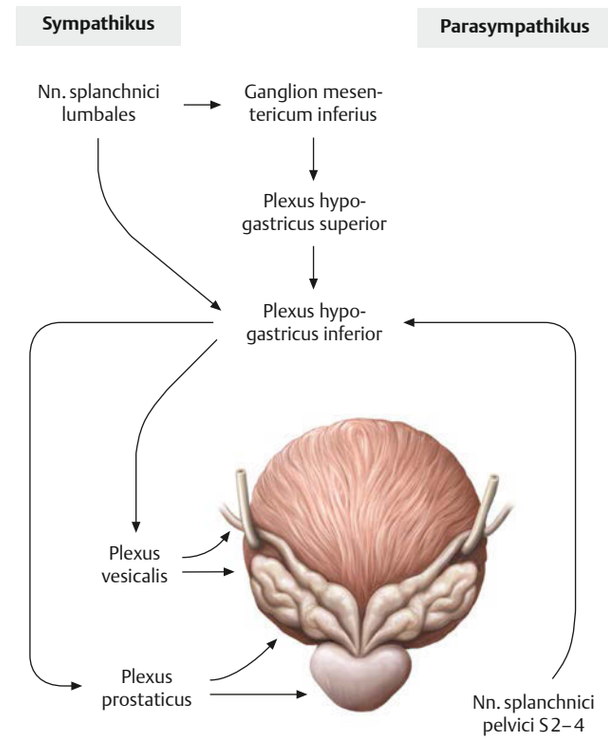
Venen



Lymphknoten

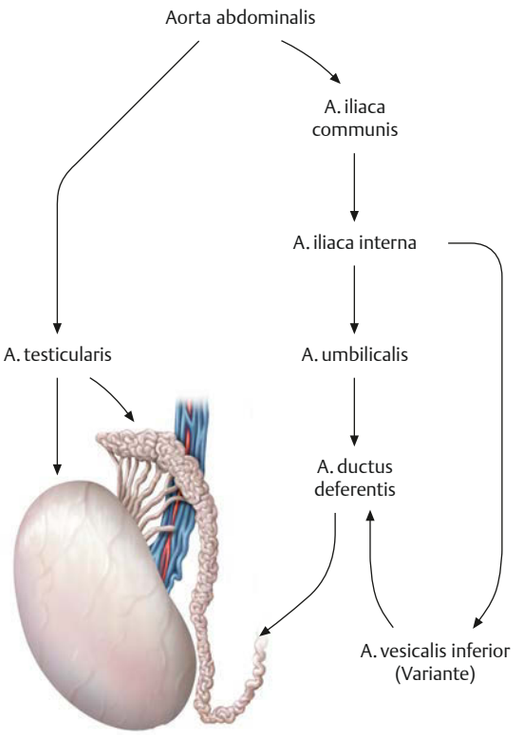


Innervation

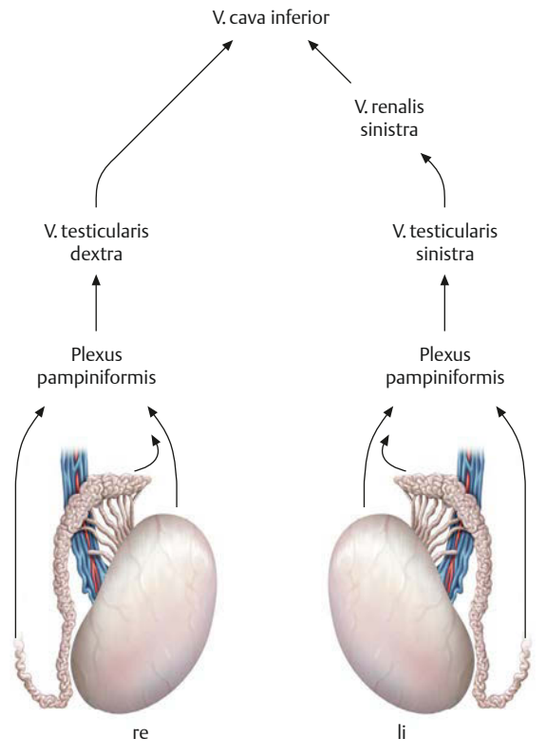


1.16 Testis, Epididymis und Ductus deferens

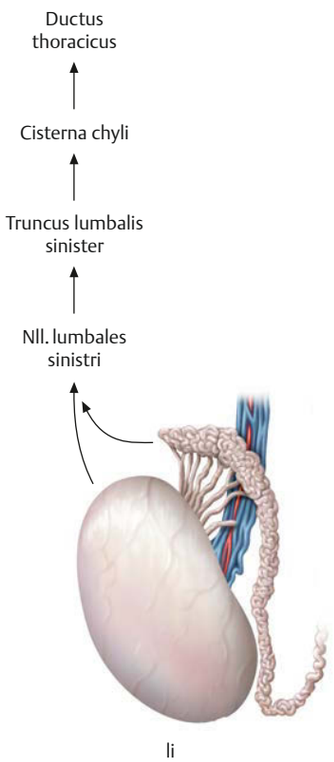
Arterien



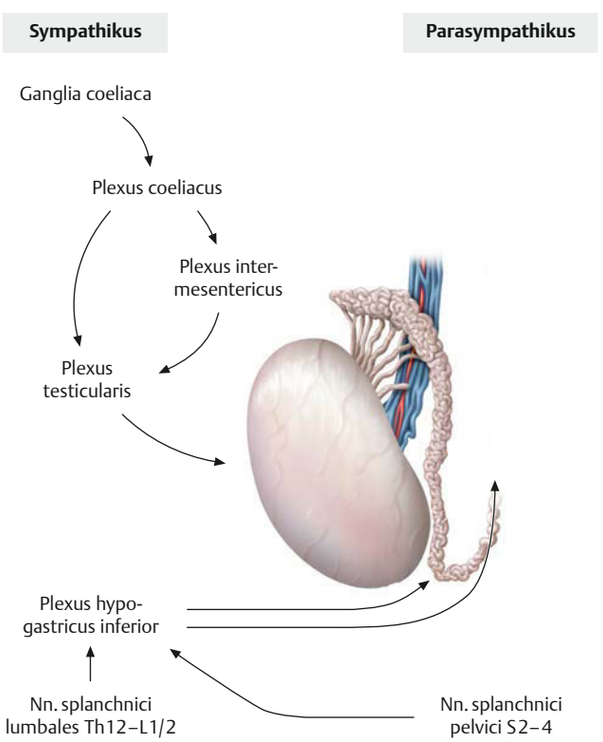
Venen



Lymphknoten

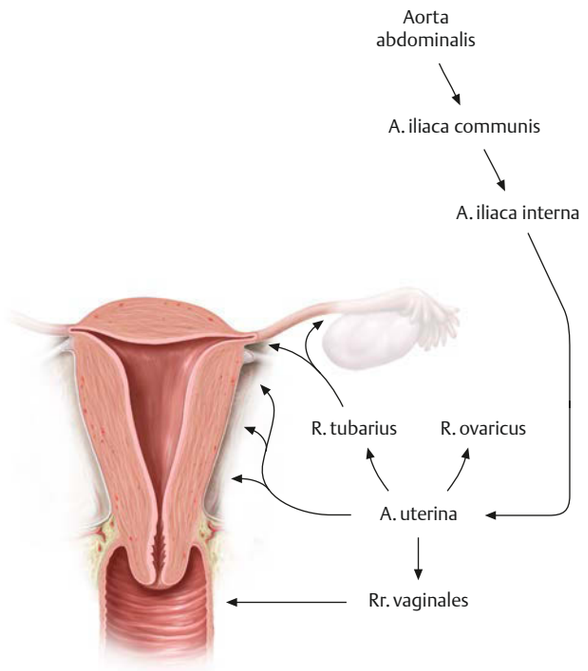


Innervation

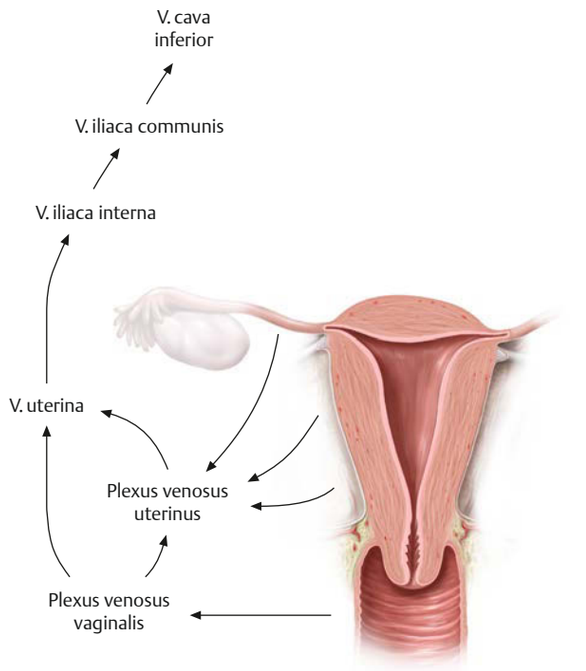


1.17 Uterus, Tuba uterina und Vagina

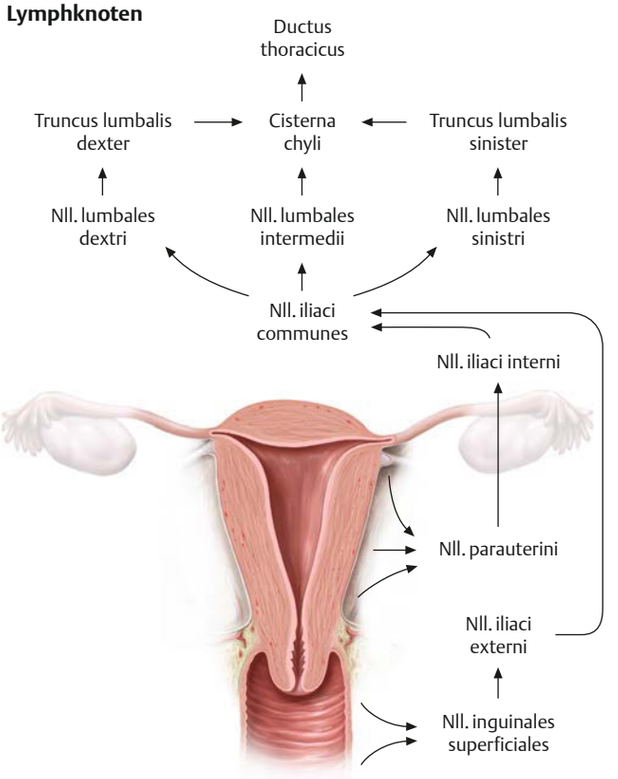
Arterien



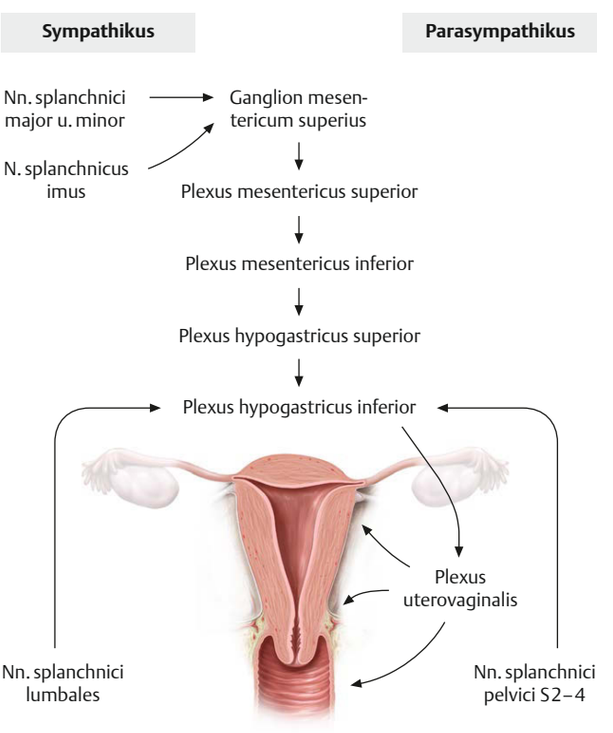
Venen



Lymphknoten

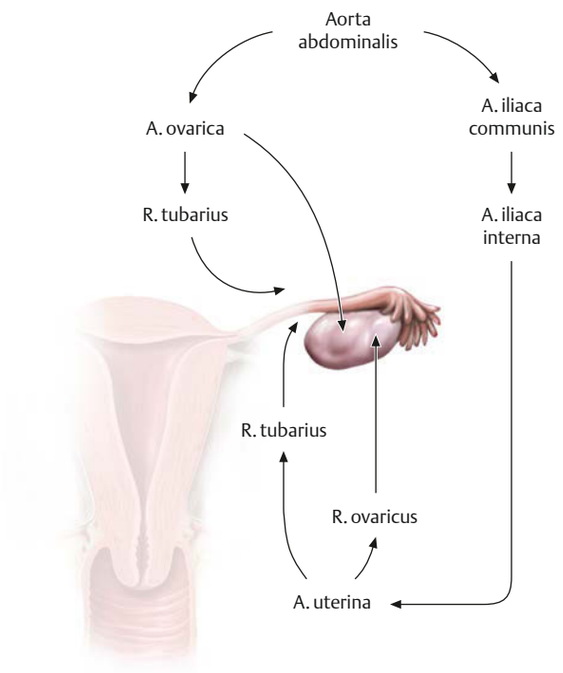


Innervation

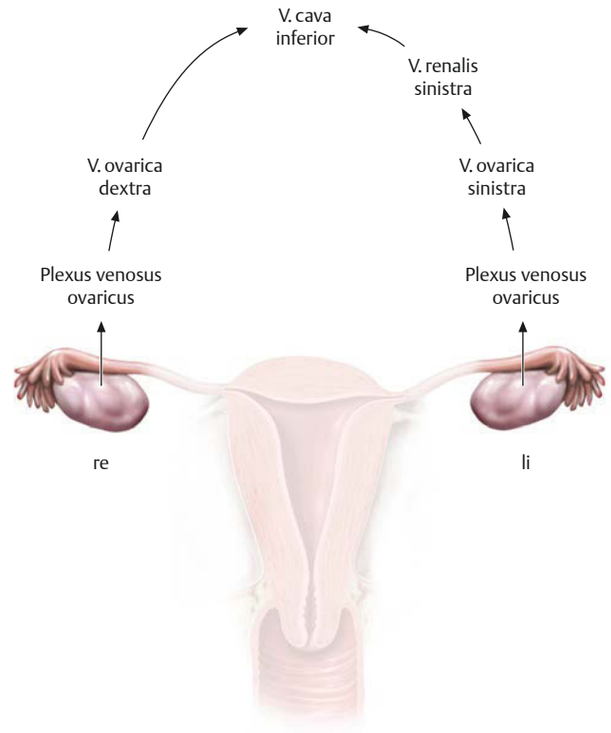


1.18 Tuba uterina und Ovarium

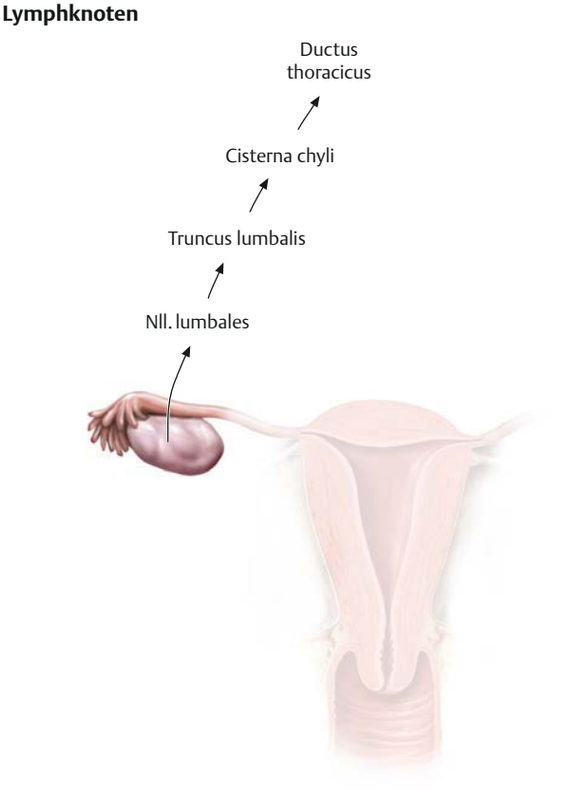
Arterien



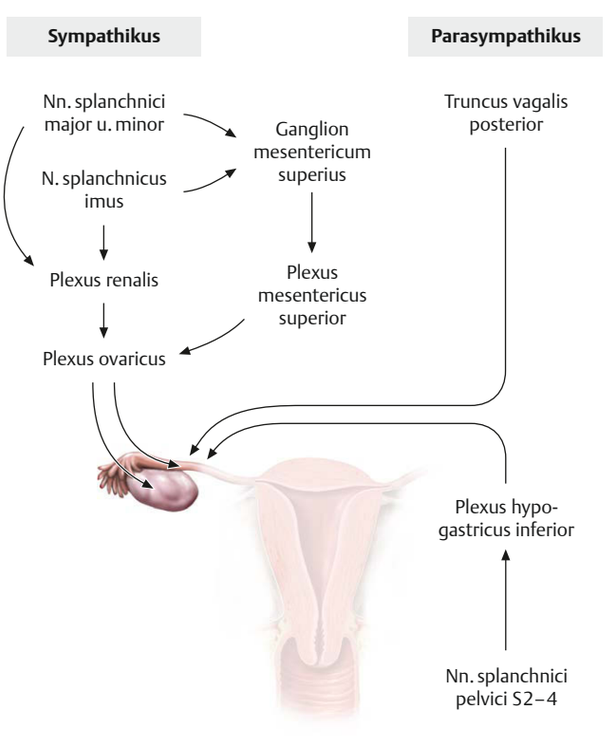
Venen

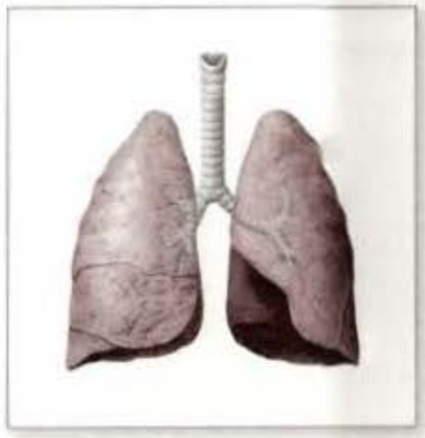


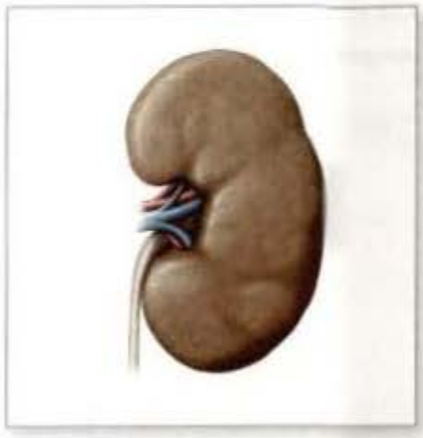
Lymphknoten

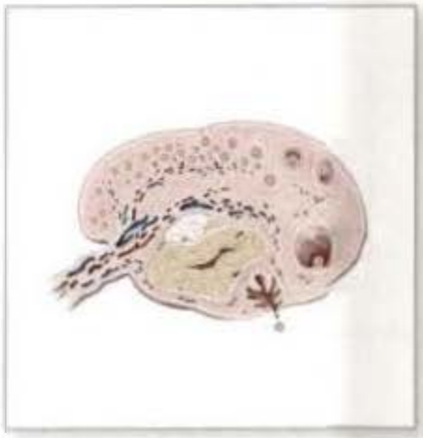


Innervation









Organsteckbriefe

1.1 Bries (Thymus). 428

1.2 Herzbeutel (Pericardium) 429

1.3 Herz (Cor) 430

1.4 Luftröhre (Trachea), Bronchien (Bronchi) und Lunge (Pulmo) 432

1.5 Speiseröhre (Oesophagus) 434

1.6 Magen (Gaster) 435

1.7 Dünndarm (Intestinum tenue):
Zwölffingerdarm (Duodenum) 436

1.8 Leerdarm (Jejunum) und Krummdarm (Ileum) 437

1.9 Dickdarm (Intestinum crassum):
Caecum mit Appendix vermiformis und 438

1.10 Mastdarm (Rectum) 439

1.11 Leber (Hepar) 440

1.12 Gallenblase (Vesica biliaris) und Gallenwege. 441

1.13 Bauchspeicheldrüse (Pancreas) 442

1.14 Milz (Splen, Lien). 443

1.15 Nebennieren (Glandulae suprarenales) 444

1.16 Nieren (Renes). 445

1.17 Harnleiter (Ureter). 446

1.18 Harnblase (Vesica urinaria). 447

1.19 Harnröhre (Urethra) 448

1.20 Scheide (Vagina) 449

1.21 Gebärmutter (Uterus) und Eileiter (Tubae uterinae). 450

1.22 Vorsteherdrüse (Prostata) und Bläschendrüse
(= Samenbläschen; Glandula vesiculosa) 452

1.23 Nebenhoden (Epididymis) und Samenleiter
(Ductus deferens) 453

1.24 Hoden (Testis, Didymis) 454

1.25 Eierstock (Ovarium) 455

1.1 Bries (Thymus)

Lage

- im Mediastinum superius direkt hinter dem Sternum, vor Herzbeutel und großen Gefäßen der Herzbasis;
- in der Projektion auf den Thorax, sog. „Thymusdreieck".

Form und Aufbau

- lymphoepitheliales weiches Organ, meist aus zwei Lappen (Lobus dexter und sinister);
- zarte Kapsel mit Bindegewebsbälkchen, die ins Thymusinnere vordringen, dadurch Unterteilung der Lobi in Lobuli thymici;
- innere Gliederung in (dunklere) Rinde und (helleres) Mark. Epithelzellen bilden subkapsulär und um die Bindegewebsbälkchen eine geschlossene Zellschicht (Blut-Thymus-Schranke) und im Thymusinneren ein dreidimensionales Netzwerk mit darin eingebetteten Lymphozyten. Im Mark können Epithelverbände sog. Hassall-Körperchen bilden;
- weitere Zelltypen: Makrophagen, myoide Zellen, dendritische Zellen.

Leitungsbahnen (s. auch S. 408)

mediastinaler Versorgungstyp. Durch die Lage im Mediastinum superius Anschluss an die kranial liegenden mediastinalen Leitungsbahnen.

- *Arterien:* Rr. thymici aus der A. thoracica interna (Sternumnähe!);
- *Venen:* Vv. thymicae drainieren in die Vv. brachiocephalicae;
- *Lymphdrainage:* über Nll. brachiocephalici in die Trunci bronchomediastinales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über beide Nn. vagi, speziell über die Nn. laryngei recurrentes,
  - sympathisch über Äste aus den Ggll. cervicalia (Nn. cardiaci cervicales).

Funktion

- Reifung und Prägung (Vermittlung immunologischer Kompetenz) von T-Lymphozyten;
- Induktion von programmiertem Zelltod (Apoptose) in Lymphozyten, die sich gegen körpereigene Antigene richten: ca. 90 % der unreifen T-Lymphozyten gehen im Thymus zugrunde;
- Bildung immunmodullierender Hormone (Thymosin, Thymopoetin, Thymulin);
- sog. primär lymphatisches Organ.

Beachte: Der Thymus ist ein „Organ des Kindesalters und der Jugend". Sein Größenmaximum erreicht er um die Pubertät (dann ca. 30 g schwer). Im höheren Erwachsenenalter ist der Rückgang des spezifischen Thymusgewebes unterschiedlich stark.

Embryonalentwicklung

- Das Epithel des Thymus entsteht aus dem Epithel der III. Schlundtasche (endodermale Herkunft).
- Die epitheliale Anlage wird mit Lymphozyten (mesodermale Herkunft) besiedelt.

Wichtige Erkrankungen

- eigenständige Erkrankungen des Thymus sind extrem selten;
- lebensbedrohlich ist ein Fehlen des Thymus (Thymusaplasie), wodurch es zu einem Fehlen der sog. zellulären Immunkompetenz kommt;
- bei Erkrankungen des lymphatischen Systems (z. B. bei bestimmten Formen der Leukämie) kann der Thymus mit erkranken;
- Thymome: Tumoren, die vom Thymusepithel ausgehen und die häufig aufgrund der immunologischen Funktion der Thymusepithelien mit einer Autoimmunerkrankung einhergehen: Myasthenia gravis (Muskelschwäche).

1.2 Herzbeutel (Pericardium)

Lage

im Thorax (Mediastinum medium).

Form und Aufbau

bindegewebiger Sack um das ganze Herz aus:

- Pericardium fibrosum (bindegewebiger straffer Sack, ganz außen; umfasst auch die ganz herznahen Abschnitte der Porta arteriosa und venosa);
- Pericardium serosum (seröse Haut) mit
  - Lamina *parietalis* (innen am Pericardium fibrosum festgewachsen),
  - Lamina *visceralis* (= Epikard, außen auf dem Myokard festgewachsen);
  - zwischen Lamina parietalis und visceralis: *Herzbeutelhöhle* (Cavitas pericardiaca, nur einen Spalt breit);
- durch Umschlagen der Lamina visceralis in die Lamina parietalis in der Nähe der Herzbasis zwei „Buchten“ (Sinus):
  - *Sinus transversus* (zwischen Porta arteriosa und venosa),
  - *Sinus obliquus* (zwischen linken und rechten Vv. pulmonales).

Öffnungen

- eine für Aorta ascendens,
- eine für Truncus pulmonalis,
- zwei für beide Vv. cavae,
- vier für die vier Vv. pulmonales.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 411)

- mediastinaler Versorgungstyp.
- *Arterien:* A. pericardiacophrenica (aus A. thoracica interna);
- *Venen:* V. pericardiacophrenica (in V. thoracica interna);
- *Lymphdrainage:* Nll. prepericardiaci, pericardiaci laterales, (auch Nll. phrenici superiores und Nll. tracheobronchiales in Truncus bronchomediastinalis);
- *vegetative Innervation:* unbedeutend;
- *somatosensible Innervation:* N. phrenicus (aus Plexus cervicalis).

Funktion

Gleitraum um das Herz; lebensnotwendig ist der Herzbeutel jedoch nicht.

Embryonalentwicklung

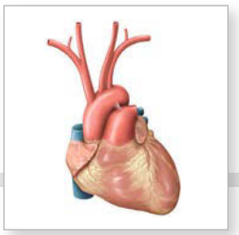
aus dem Seitenplattenmesoderm:

- viszerale Anteile aus Splanchnopleura,
- parietale Anteile aus Somatopleura.

Wichtige Erkrankungen

- Perikarditis = Entzündung, meist auf der Basis einer viralen oder bakteriellen Infektion;
- bei der heute seltenen tuberkulösen Perikarditis kann es zu Kalkeinlagerungen in das Perikard kommen. Folge: Das Herz kann sich nicht mehr dehnen, es wird sozusagen „eingemauert“ (= sog. *Panzerherz*).

1.3 Herz (Cor)



Lage

- im Thorax in der Herzbeutelhöhle (Cavitas pericardiaca);
- Herzbasis (Basis cordis), weist nach oben, hinten und rechts; hier, an der Porta venosa bzw. arteriosa, Eintritt der venösen und Austritt der arteriellen Gefäße (Vv. cavae superior und inferior und Vv. pulmonales bzw. Aorta ascendens und Truncus pulmonalis);
- Herzspitze (Apex cordis), weist nach unten, vorne und links;
- Herzlängsachse (von Mitte Basis cordis zum Apex cordis = anatomische Herzachse) liegt zu allen Körperachsen im Winkel von ca. 45°.

Form und Größe

- „herzförmiges" Hohlorgan: 12–14 cm lang; größte Herzbreite 8–9 cm;
- Gewicht: bis ca. 300 g.

Herz von außen

- **Flächen:**
  - Facies sternocostalis (= anterior),
  - Facies pulmonalis dextra/sinistra,
  - Facies diaphragmatica (= inferior).
- **Furchen mit darin liegenden Herzkranzgefäßen:**
  - Sulcus interventricularis anterior/posterior,
  - Sulcus coronarius;
- **Herzohren:** (Auricula dextra/sinistra): Ausstülpungen an den Vorhöfen (entsprechen dem embryonalen Vorhof; möglicher Entstehungsort von Thromben), bilden atriales natriuretisches Peptid (ANP) zur Blutdruckregulation.

Herz von innen

Herzhöhlen und Öffnungen

- **Vier kontraktile Höhlen:**
  - zwei Vorhöfe: *Atrium* sinistrum und dextrum, getrennt durch Septum inter*atriale* (Muskel);
  - zwei Kammern: *Ventriculus* sinister und dexter, getrennt durch Septum inter*ventriculare* (Pars muscularis und Pars membranacea, also teils Muskel, teils Bindegewebe); beide Kammern haben entsprechend der Stromrichtung des Blutes eine Einstrombahn (mit Trabeculae carneae) und eine Ausstrombahn (glattwandig).
- **Vier Öffnungen**, die Vorhöfe und Kammern (Atrium und Ventriculus) bzw. Kammer und Truncus pulmonalis bzw. Kammer und Aorta ascendens miteinander verbinden:
  - zwei am rechten Herzen: Ostium atrioventriculare dextrum und Ostium trunci pulmonalis,
  - zwei am linken Herzen: Ostium atrioventriculare sinistrum und Ostium aortae.
- Außerdem **Öffnungen für die Mündungen** der beiden Vv. cavae (am rechten Vorhof) und die vier Vv. pulmonales (am linken Vorhof, s. Blutfluss) sowie die Mündung des Sinus coronarius (am rechten Vorhof = Ostium sinus coronarii mit Valvula sinus coronarii).

Blutfluss durch die Herzhöhlen

- Generell: vom rechten Herzen in die Lungen (Sauerstoffaufnahme), von dort ins linke Herz und dann in die Aorta (die Sauerstoffabgabe erfolgt in den nachgeschalteten Organen);
- im Einzelnen: Aus Vv. cavae superior und inferior in den rechten Vorhof (Atrium dextrum), von dort durch Ostium atrioventriculare dextrum in die rechte Kammer (Ventriculus dexter), aus der rechten Kammer durch Ostium trunci pulmonalis in den Truncus pulmonalis, von dort weiter in die beiden Aa. pulmonales, von dort in beide Lungen, von dort in die vier Lungenvenen (Vv. pulmonales), von dort in den linken Vorhof und über Ostium atrioventriculare sinistrum in die linke Kammer und letztlich durch Ostium aortae in die Aorta.

Herzklappen (Valvae cordis)

- **Vier Klappen** stellen durch ihr Schließen und Öffnen (Papillarmuskeln, s. u.!) sicher, dass das Blut nur in einer Richtung durch das Herz fließt:
  - zwei Vorhof-Kammer-Klappen (Atrioventrikularklappen = Valvae atrioventriculares);
  - zwei Gefäßklappen (= Pulmonal- und Aortenklappe = Valva trunci pulmonalis und Valva aortae).

  Vorhof-Kammer-Klappen verhindern, dass bei der Kontraktion der Kammern Blut von den Kammern in die Vorhöfe zurückströmt; *Gefäßklappen* verhindern, dass bei der Dilatation der Kammern das aus dem Herzen ausgeworfene Blut in den Truncus pulmonalis bzw. die Aorta ascendens zurückströmt.
- **Klappen am rechten Herzen:**
  - Valva atrioventricularis dextra am Ostium atrioventriculare dextrum = Segelklappe (Valva cuspidalis) mit *drei „Segeln":* Cuspis septalis/anterior/posterior = *Trikuspidal*klappe;
  - Valva trunci pulmonalis am Ostium trunci pulmonalis in der Ausstrombahn des rechten Ventrikels = *halbmondförmige* Taschenklappe (Valvula *semilunaris*) mit drei Teilklappen: Valvula semilunaris anterior/sinistra/dextra.
- **Klappen am linken Herzen:**
  - Valva atrioventricularis sinistra am Ostium atrioventriculare sinistrum = Segelklappe mit *zwei Segeln* = *Bikuspidal*klappe: Cuspis anterior/posterior;
  - Valva aortae am Ostium aortae in der Ausstrombahn des linken Ventrikels = Taschenklappe mit – ebenfalls – drei Teilklappen: Valvula semilunaris posterior/sinistra/dextra.

Gruben und Leisten an den Innenwänden der Herzhöhlen

Gruben (nur in den Vorhöfen):
- rechts: Fossa ovalis im Septum interatriale als Relikt des ehemals offenen Foramen ovale;
- links: Valvula foraminis ovalis als Gegenstück zur Fossa ovalis rechts.

Leisten (in Vorhöfen und Kammern):
- rechter und linker *Vorhof*: Mm. pectinati: leistenartige Muskelvorsprünge in den Herzohren (Auricula, s. o., entsprechen dem embryonalen Vorhof);
- rechter und linker *Ventrikel*:
  - Trabeculae carneae (= Muskelbalken, die die Blutstrombahn markieren; sind rechts ausgeprägter als links);
  - Papillarmuskeln (Mm. papillares): besonders geformte Trabeculae carneae, die in das Ventrikellumen vorspringen; verhindern das Durchschlagen der Klappensegel in die Vorhöfe bei Kontraktion der Ventrikel;
  - am rechten Herzen: *drei* Papillarmuskeln für die *drei* Segel der *Tri*kuspidalklappe, s. o. (Mm. papillares anterior, posterior und septalis);
  - am linken Herzen: *zwei* Papillarmuskeln für die *zwei* Segel der *Bi*kuspidalklappe, s. o. (Mm. papillares anterior und posterior).

Herzskelett

Alle Herzklappen liegen in einer Ebene (sog. Ventilebene), von Endokard überzogen; der Klappenring ist jeweils durch Bindegewebe verstärkt. Alle Ringe und die sie verbindenden Bindegewebsabschnitte bilden gemeinsam das sog. Herzskelett.

Wandschichten

Die Herzwand hat von innen nach außen drei Schichten:

- Endokard (einschichtiges Plattenepithel): kleidet Herzhöhlen aus und überzieht die Klappen;
- Myokard (Muskulatur mit unterschiedlicher Faserrichtung): ist grob in drei Lagen angeordnet;
- Epikard (seröse Haut des Perikards aus einschichtigem Plattenepithel): ist streng genommen Bestandteil des Herzbeutels (Pericardium), wird aber oft dem Herzen zugerechnet.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 410)

- mediastinaler Versorgungstyp.
- *Arterien:* A. coronaria sinistra (mit R. interventricularis anterior und R. circumflexus) und A. coronaria dextra (mit R. interventricularis posterior); entspringen beide der Aorta ascendens, unmittelbar nach deren Austritt aus dem linken Ventrikel;
- *Venen:* Vv. cardiacae (magna, media, parva) leiten ihr Blut wie die V. ventriculi sinistri posterior über den gemeinsamen Sinus coronarius in das rechte Atrium;
- *Lymphdrainage:* über Nll. brachiocephalici und tracheobronchiales in Truncus bronchomediastinalis;
- *Vegetative Innervation:* parasympathisch über beide Nn. vagi (Rr. cardiaci cervicales und thoracici), Neurone im Nucleus dorsalis n. vagi; sympathisch über Äste aus den Ggll. thoracica II–V (Nn. cardiaci cervicales superior, medius und inferior) und Nn. cardiaci thoracici.

Funktion

rhythmisch arbeitende Saug-Druck-Pumpe zur Erzeugung eines gerichteten Blutstroms durch den Körper (Organvolumen ca. 780 ml; Auswurfvolumen einer Kammer ca. 70 ml).

- Schlagrhythmus als *„Puls“* tastbar (Ruhepuls 1 Hertz);
- Aktion des Herzens unterteilt in *Systole* (Kontraktion des jeweiligen Hohlraummyokards) und *Diastole* (Erschlaffung des jeweiligen Hohlraummyokards);
- Kontraktion des Kammermyokards und Schluss der Aorten- und Pulmonalklappe als *I.* bzw. *II. Herzton* hörbar;
- eigene (autonome) Erregungsbildungs- und -leitungsstrukturen aus spezialisiertem Myokard: Impulsgeber ist der *Sinusknoten* (Nodus sinuatrialis) am rechten Vorhof in der Nähe der Mündung der V. cava superior. Überleitung der Erregung auf die Kammer durch den *Vorhof-Kammer-Knoten* (Nodus atrioventricularis, AV-Knoten) an der Grenze rechter Vorhof – rechte Kammer). Erregungsweiterleitung kammerwärts durch sog. *Fasciculus atrioventricularis* (His-Bündel) mit seinen Kammerschenkeln, Crus dextrum und sinistrum, die in sog. Purkinje-Fasern auslaufen.

Beachte: Das Herz kann völlig autonom Erregung und so den elektrischen Stimulus für den Herzschlag bilden. Auch das isolierte Herz schlägt! Die vegetative Innervation (s. o.) modifiziert nur die Aktivität der autonomen Erregungsbildungs- und -leitungsstrukturen. Parasympathikus senkt Herzfrequenz und Vorhof-Kammer-Überleitung, Sympathikus steigert beide und erhöht die Schlagkraft.

Embryonalentwicklung

mesodermal aus der Anlage des sog. Herzschlauchs unter Bildung der Herzschleife.

Wichtige Erkrankungen

- wichtigste Erkrankung und Haupttodesursache in den Industrieländern: *Myokardinfarkt* = verengte Koronararterien führen zur Mangeldurchblutung einzelner Abschnitte des Myokards, so dass diese zugrundegehen (Nekrose);
- *Rhythmusstörungen* durch Funktionsstörung am Erregungsbildungs- und -leitungssystem;
- *Klappenfehler* (angeboren oder meist durch Entzündung des Endokards erworben) = Klappe öffnet (sog. Klappenstenose) oder schließt (sog. Klappeninsuffizienz) nicht vollständig;
- bei *Verletzungen des Myokards* ohne Verletzung des Perikards pumpt das Herz Blut in die Cavitas pericardiaca bis zum Herzstillstand *(Herzbeuteltamponade);*
- generell: Bildung pathologischer Blutgerinnsel (Thromben) im Herzen möglich mit der Gefahr der Verschleppung, z. B. in das Gehirn (Embolie).

1.4 Luftröhre (Trachea), Bronchien (Bronchi) und Lunge (Pulmo)

Lage

- Trachea, Pars cervicalis, im Hals;
- Trachea, Pars thoracica, und Bronchi principales im Mediastinum;
- Bronchi lobares und alle folgenden Abschnitte: intrapulmonal;
- Lungen insgesamt: beidseits des Mediastinum;
- Lungen außen von Lungenfell (Pleura visceralis = Pleura pulmonalis) überzogen; an der zum Mediastinum weisenden Fläche, am sog. Lig. pulmonale, Umschlag der viszeralen Pleura in die Pleura parietalis.

Beachte zur Terminologie: *die* Lunge = *der* Pulmo.

Lunge von außen

- Lungenspitze (Apex pulmonis),
- Lungenbasis (Basis pulmonis),
- Lungenlappen (Lobi pulmonis), rechts 3: Lobus superior, medius, inferior; links 2: Lobus superior und inferior,
- Lungenspalten (Fissurae), rechts 2: Fissura horizontalis unterhalb des Lobus superior; Fissura obliqua zwischen Lobus medius und inferior; links 1 Fissura obliqua zwischen Lobus superior und inferior,
- 2 Lungenränder: Margo anterior und inferior,
- 4 Flächen: Facies costalis (zu den Rippen); Facies diaphragmatica (an der Basis, zum Zwerchfell); Facies mediastinalis (zum Mediastinum); Facies interlobaris (in den Spalten zwischen den Lappen).

Beachte: Der Hinterrand der Lunge (= das Zusammentreffen der Facies costalis und der Facies mediastinalis) trägt in der offiziellen Terminologia Anatomica keine Bezeichnung!

Form und Aufbau der Atem- oder Luftwege

- grundsätzlich: Röhren, die sich dichotom verzweigen, wobei ihr Kaliber immer kleiner wird;
- intrapulmonal bilden Luftwege, Bindegewebe und Leitungsbahnen ein schwammartiges Gebilde, die paarig angelegte Lunge.

Gliederung von Tracha und Bronchialbaum:
- Trachea bis Bronchiolus terminalis = *konduktiver* (= luftleitender) Abschnitt,
- Bronchiolus respiratorius bis Alveolen = *respiratorischer* (= gasaustauschender) Abschnitt.

Bauabschnitte des konduktiven Abschnitts:
- Pars cervicalis tracheae: 1. Trachealspange, s. u., bis Apertura thoracis superior,
- Pars thoracica tracheae: Apertura thoracis superior bis Bifurcatio tracheae,
- an der Bifurcatio tracheae: Teilung in Bronchi principales dexter und sinister,
- Aufteilung des Bronchus principalis *dexter* in *drei* Lappenbronchien: Bronchi lobares superior, medius und inferior,
- Aufteilung des Bronchus principalis *sinister* in *zwei* Lappenbronchien: Bronchi lobares superior und inferior,
- Aufteilung der Bronchi lobares in Segmentbronchien: rechts 10, links 9 Bronchi segmentales,
- Aufteilung der Bronchi segmentales in Subsegmentbronchien.

Bauabschnitte des respiratorischen Abschnitts:
- Bronchioli respiratorii 1.–3. Ordnung (ab hier Alveolen),
- Ductus alveolares,
- Sacculi alveolares.

Wandaufbau der Atemwege

Trachea:
- röhrenförmiges Hohlorgan mit 16–20 hufeisenförmigen hyalinen Knorpelspangen (Cartilagines tracheales),
- Knorpelspangen längs durch Kollagenfasern und elastische Fasern (Ligg. anularia) miteinander verbunden,
- Schleimhaut (Tunica mucosa) mit respiratorischem Epithel bedeckt, enthält zahlreiche Drüsen (Gll. tracheales),
- Rückwand der Trachea: knorpelfrei, besteht aus Bindegewebe (Paries membranaceus), durchsetzt mit glatter Muskulatur (M. trachealis);

Bronchi principales, lobares, segmentales und subsegmentales:
- grundsätzlich ähnlicher Aufbau wie Trachea,
- konzentrisch oder in Schraubenform angeordnete glatte Muskulatur in allen Bronchien (aktive Änderung des Kalibers),
- in Segment- und Subsegmentbronchien Knorpel*platten* statt Knorpel*spangen,*
- mehrschichtiges respiratorisches Epithel wie Tunica mucosa der Trachea;

ab Bronchioli respiratorii:
- Wand ohne Knorpel,
- Flimmerepithel einschichtig mit Pneumozyten Typ I und II (in den Alveolen).

Innerer Aufbau der Lunge

Gliederung der Luftwege bestimmt Gliederung der Lunge:

- Trachea belüftet beide Lungen,
- Bronchus principalis (sinister bzw. dexter) belüftet eine Lunge (links bzw. rechts),
- Bronchus lobaris belüftet einen Lungenlappen (Lobus pulmonis),
- Bronchus segmentalis belüftet ein Lungensegment (Segmentum bronchopulmonale),
- Bronchiolus lobularis belüftet ein Lungenläppchen (Lobulus pulmonis),
- Bronchiolus terminalis belüftet einen Azinus; mehrere Azini zusammen bilden ein Lungenläppchen.

Leitungsbahnen (s. auch S. 412)

mediastinaler Versorgungstyp.

- Leitungsbahnen der Lunge laufen intrapulmonal entweder unmittelbar mit den Verzweigungen des Bronchialbaums oder innerhalb des Bindegewebsgerüstes;
- Besonderheit der Lunge: zwei Blutkreisläufe: Vasa privata (Bronchialarterien und -venen) zur Eigenversorgung der Lunge; Vasa publica (Lungenarterien und -venen) für den Gasaustausch des Gesamtorganismus.

Vasa privata:
- *Arterien:* Rr. bronchiales aus Aorta thoracica oder indirekt aus der A. intercostalis posterior (Nebenweg);
- *Venen:* rechts Vv. bronchiales in die V. azygos, links in die V. hemiazygos oder V. hemiazygos accessoria.

Vasa publica:
- *Arterien:* Zufluss sauerstoffarmen Blutes aus dem Truncus pulmonalis über die beiden Aa. pulmonales (sinistra, dextra); Segmentäste (Aa. segmentales) der Aa. pulmonales laufen gemeinsam mit den Segmentbronchien zentral in eines der 10 bzw. 9 Lungensegmente;
- *Venen:* Abfluss des sauerstoffreichen Blutes über meist 4 Vv. pulmonales in das Atrium sinistrum des Herzens;
- *Lymphdrainage:* über Nll. intrapulmonales, bronchopulmonales, tracheobronchiales und paratracheales in die Trunci bronchomediastinales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über beide Nn. vagi in den Plexus pulmonalis,
  - sympathisch über Äste überwiegend aus den Ggll. thoracica II bzw. III–IV bzw. V (variabel), ebenfalls in den Plexus pulmonalis.

Funktion

insgesamt Austausch der Gase Sauerstoff und Kohlendioxid zwischen atmosphärischer Luft und Blut, im Einzelnen:

- Trachea und Bronchien sowie deren Verzweigungen (Bronchialbaum) mit Ausnahme der feinsten Endabschnitte: *Luftleitung,*
- Endabschnitte des Bronchialbaums (Alveolen): *Gasaustausch Luft–Blut;* damit zentrale Bedeutung der Lungen für
  - Energiegewinnung im Organismus: Sauerstoffentnahme aus der Atmosphärenluft für Oxidationsprozesse,
  - Regulation des Säure-Basen-Haushalts (Abatmung von Kohlendioxid an die Atmosphärenluft und damit Beeinflussung des Bikarbonats im Blut);
- Weitergabe von Volumenänderungen der Thoraxhöhle an die Lungen über die Pleurablätter (Lungen über Pleura pulmonalis durch Kapillarkräfte an der Pleura visceralis gleitend befestigt); Volumenänderung der Lungen führt zu Änderung des intrapulmonalen Luftdrucks, dieser zu Ein- oder Ausstrom von Atemluft.

Embryonalentwicklung

endodermal aus dem kranialen Vorderdarm:

- Lungenknospe bzw. -divertikel entsteht aus kleiner Ausstülpung an der Vorderseite des embryonalen Oesophagus,
- aus diesem Divertikel entsteht durch fortgesetzte dichotome Teilung (insgesamt 22) die Trachea mit dem Bronchialbaum bis hin zu den Alveolen.

Beachte: Die vollständige Entwicklung zur reifen Lunge ist erst um das 10. Lebensjahr (!) komplett abgeschlossen.

Wichtige Erkrankungen

Bronchialbaum und Lungen gehören zu den am häufigsten erkrankten Bereichen des Körpers (Eintrittspforte für Krankheitserreger!):

- akute Entzündungen des Bronchialbaums („Bronchitis"; „Bronchialkatarrh", „Erkältung") sind meist durch virale Infektionen bedingt und i. Allg. harmlos;
- chronische Entzündungen („chronische Bronchitis") kommen bei Tabakrauchern deutlich gehäuft vor;
- Asthma bronchiale (oft allergisch bedingt) beruht auf nicht ausreichender Weitstellung der kleinen Bronchien und der Bronchioli bei der Ausatmung;
- Überblähung der Lungen mit Ruptur der Alveolen (Lungenemphysem);
- Chronic obstructive pulmonary disease (COPD): Endstadium der drei vorgenannten Erkrankungen mit Untergang des gasaustauschenden Gewebes;
- bösartige Tumoren (Bronchialkarzinom) sind häufig Todesursache bei Tabakrauchern;
- Lungenembolie: akuter Verschluss einer Lungenarterie (oder eines ihrer Äste) durch ein Blutgerinnsel, das oft dem venösen Anteil des Körperkreislauf entstammt und über das rechte Herz in die Lunge transportiert wird; bei dieser Erkrankung ist die doppelte Blutversorgung der Lunge wichtig. Das Blut aus den Rr. bronchiales reicht aus, um das Lungengewebe am Leben zu erhalten, deshalb kommt es bei der Verstopfung der Pulmonalarterie nicht zu einer Unterversorgung des Lungengewebes und damit nicht zu seinem Untergang.

1.5 Speiseröhre (Oesophagus)

Lage

in Hals und Thorax (Mediastinum) zwischen Trachea und Wirbelsäule sowie im Abdomen.

Form, Größe und Abschnitte

- Röhre, durchschnittlich 23–27 cm lang mit Ein- (Ösophagusmund) und Ausgang;
- Durchmesser ca. 20 mm (s. aber Ösophagusengen!);

drei Abschnitte entsprechend der Lage in drei Körperregionen (s. o.):

- Pars cervicalis (HWK 6–BWK 1): bis zur Apertura thoracis superior,
- Pars thoracica (BWK 1–11): bis zum Hiatus oesophageus (= Durchtritt des Oesophagus durch das Zwerchfell),
- Pars abdominalis: bis zur Cardia des Magens (kürzester Abschnitt, nur 2–3 cm; hier intraperitonealer Verlauf.

Engen

(max. 14 mm statt sonst 20)

- obere Enge: *Ösophaguseingang* (Constrictio pharyngooesophagealis) Höhe: HWK 6; 14–16 cm ab der Zahnreihe;
- mittlere Enge: *Aortenenge* (Constrictio partis thoracicae) Höhe: BWK 4/5; 25–27 cm ab Zahnreihe; Oesophagus läuft rechts der Aorta thoracica;
- untere Enge: *Zwerchfellenge* (Constrictio phrenica); Höhe: BWK 10/11; 36–38 cm ab Zahnreihe; Durchtritt durch das Zwerchfell; permanenter Verschluss des Oesophagus durch Muskulatur und Venenpolster der Ösophaguswand und durch Zwerchfellmuskulatur („Gurtung“).

Wandaufbau

- grundsätzlich wie im Magen-Darm-Kanal = Mukosa, Submukosa, Muskularis und Adventitia bzw. im untersten Abschnitt, also magennah: Subserosa und Serosa;
- Mukosa mit mehrschichtig unverhorntem Plattenepithel (keine Verdauungsfunktion, sondern mechanische Widerstandfähigkeit gegen gleitende Nahrung); Befeuchtung durch Ösophagusdrüsen (Gll. oesophageae);
- Muskulatur im oberen Ösophagusbereich (Ausdehnung variabel) quergestreift (wie Pharynxmuskulatur), im mittleren und unteren Bereich glatt (wie Magen), im unteren Bereich ausgeprägtes submuköses Venenpolster;
- Muskeln enthalten außerdem Fasern, die in Kreisen schräg um den Oesophagus laufen;
- Kombination aus zirkulär, längs und quer verlaufenden Muskelfasern ermöglicht Erweiterung und Verengung des Oesophagus am Ein- und Ausgang (Schluckakt!).

Leitungsbahnen

(s. auch S. 409)

- überwiegend mediastinaler Versorgungstyp (Pars thoracia); gering auch zervikaler (Pars cervicalis) und Oberbauchversorgungstyp (Pars abdominalis).
- *Arterien:* zahlreiche Rr. oesophageales aus A. thyroidea inferior (zervikal), Aorta thoracica (thorakal) und A. gastrica sinistra (abdominal);
- *Venen:* zahlreiche Vv. oesophageales in V. thyroidea inferior (zervikal), Vv. azygos und hemiazygos (thorakal) und V. gastrica sinistra (abdominal);
- *Lymphdrainage* über Nll. iuxtaoesophageales in Nll. cervicales profundi (zervikal), Trunci bronchomediastinales (thorakal) und Nll. gastrici sinistri (abdominal);
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über beide Nn. vagi (Trunci vagales), im Halsbereich speziell über den N. laryngeus recurrens. Neurone für die glatte Ösophagusmuskulatur im Nucleus dorsalis n. vagi, Neurone für die quergestreifte Muskulatur im Nucleus ambiguus,
  - sympathisch aus Ästen der Ggll. thoracica (2)3–5(6).

  Die vegetativen Nerven bilden auf dem Oesophagus den Plexus oesophageus.

Funktion

im Rahmen des Schluckaktes aktiver Transport fester und flüssiger Nahrung vom Rachen (Pharynx) in den Magen (Gaster); bei Erbrechen Transport von Mageninhalt vom Magen zum Rachen.

Embryonalentwicklung

- aus dem Endoderm des Vorderdarms;
- unterster Abschnitt des embryonalen Mesooesophageum kann in Form des Lig. hepatooesophageale (= Verbindung Leberpforte, magennaher Ösophagusabschnitt) bestehen bleiben.

Beachte: Infolge der embryonalen Magendrehung dreht sich auch der Oesophagus geringfügig. Die Längsschicht der glatten Oesophagusmuskulatur zeigt deshalb eine rechte Schraubentour.

Wichtige Erkrankungen

Eigenständige Erkrankungen des Oesophagus (bis auf Refluxösophagitis selten):

- Divertikel (Wandausbuchtungen), am häufigsten am Übergang von Hypopharynx zu Oesophagus (sog. Zenker-Divertikel, das damit kein Ösophagus-, sondern ein Hypopharynxdivertikel ist!);
- bösartige Tumoren (Ösophaguskarzinome; relativ selten);
- Entzündungen der Ösophagusschleimhaut kommen bei chronischem Alkoholmissbrauch vor;
- Refluxösophagitis: Entzündung des Ösophagusepithels durch Rückfluss von Magensäure; Grund: insuffizienter Verschlussmechanismus am Übergang Oesophagus – Kardia;
- Barrett-Ösophagus: bei chronischer Refluxösophagitis kann das Zylinderepithel des Magens das Plattenepithel des Oesophagus ersetzen: erhöhte Karzinomgefahr.

Bei Leberzirrhose dienen krankhaft erweiterte Ösophagusvenen (Ösophagusvarizen: Blutungsgefahr!) als portokavale Umgehung (Abfluss in Azygossystem!).

1.6 Magen (Gaster)

Lage

intraperitoneal im linken Oberbauch (= Epigastrium).

Form und Abschnitte

- sackförmiges Hohlorgan mit Vorder- und Hinterwand (Paries anterior und posterior); verschiedene Formen möglich (Hakenmagen, Stierhornmagen, Langmagen);
- 4 Abschnitte von oben nach unten:
  - oben rechts: *Pars cardiaca* oder *Kardia* = Magenmund = Mündung des Oesophagus;
  - *Fundus* bzw. *Fornix gastricus* (Magengrund bzw. -kuppel; im Röntgenbild als lufthaltiger Raum mit Flüssigkeitsspiegel zu sehen);
  - *Corpus gastricum* (Magenkörper);
  - unten rechts: *Pars pylorica* = Pförtnerabschnitt mit *Antrum pyloricum* und *Canalis pyloricus;* endet mit *Pylorus* (= Magenpförtner), dieser verschließt das Ostium pyloricum (= unterer Magenmund = „Ausgang" in das Duodenum);
- am Corpus gastricum zwei Krümmungen:
  - *Curvatura minor,* weist nach rechts und oben, hier setzt das Omentum minus an (Verbindung zur Leber) und
  - *Curvatura major,* weist nach links und unten, hier setzt das Omentum majus an;
- außerdem zwei Inzisuren:
  - am Übergang von Cardia in Corpus: *Incisura cardialis,*
  - am Übergang von Corpus zu Pylorus: *Incisura angularis.*

Wandaufbau

- grundsätzlich wie im gesamten Magen-Darm-Trakt: Mukosa, Submukosa, Muskularis, Subserosa und Serosa;
- Ausnahme: 3-schichtige Muskularis: Fibrae obliquae, Stratum circulare und longitudinale (wichtig für Schaukelbewegungen!);
- Mukosa mit spezialisierten Drüsenzellen für die Produktion von HCl und Intrinsic factor (Belegzellen = Parietalzellen), Pepsinogen (Hauptzellen; Eiweißverdauung) und Schleim (Oberflächenepithel und Nebenzellen, Muzinproduktion; Schutz vor Eigenverdauung).

Leitungsbahnen
(s. auch S. 415)

Oberbauchversorgungstyp.

- *Arterien*: aufgrund der Oberbauchlage alle Magenarterien direkt (nur A. gastrica sinistra) oder indirekt (über A. hepatica communis bzw. A. splenica) aus Truncus coeliacus: Aa. gastricae sinistra/dextra für die kleine Magenkurvatur; Aa. gastroomentales sinistra/dextra für die große Magenkurvatur; variabel eine A. gastrica posterior für die Hinterwand;
- *Venen:* Vv. gastricae sinistra/dextra, Vv. gastroomentales sinistra/dextra, V. prepylorica und Vv. gastricae breves direkt oder indirekt (V. splenica oder V. mesenterica superior) in die V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage:* über Lymphknotengruppen an Curvatura minor (Nll. gastrici sinistri/dextri), Curvatura major (Nll. gastroomentales sinistri/dextri) und am Pylorus (Nll. pylorici mit Nll. pre- u. retropylorici) in die Nll. coeliaci, weiter in die Cisterna chyli;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über beide Nn. vagi (Trunci vagales),
  - sympathisch, überwiegend über die Nn. splanchnici majores, teilweise auch minores (über Ggll. coeliaca).

Funktion

- vorläufiges Reservoir für Nahrung, daher großes Volumen (1,2 – 1,8 l) bei guter Dehnbarkeit;
- Beginn des Verdauungsprozesses: dafür
  - Produktion von HCl-haltigem Magensaft (ca. 2 l pro Tag zur Denaturierung von Proteinen und zur Desinfektion der Nahrung und eiweißabbauenden Enzymen (Pepsin);
  - Verflüssigung und mechanische Zerkleinerung (durch Schaukelbewegung der Magenwand) der Nahrung zum Speisebrei (Chymus) mit portionsweiser Beförderung durch den Pförtner (Pylorus) in das Duodenum. Peristaltischer Transport des Chymus;
  - Sekretion von Intrinsic factor für die intestinale Resorption von Vitamin B_{12}.

Embryonalentwicklung

- endodermal aus dem Vorderdarm;
- hat ein dorsales und ventrales Mesogastrium, das sich zum Omentum majus bzw. minus entwickelt;
- durch embryonale Magen- und Mesogastriumdrehung: Verlagerung von Leber und Milz in den rechten und linken Oberbauch sowie Retroperitonealisierung des Duodenum.

Wichtige Erkrankungen

- akute und chronische Entzündung (Gastritis);
- Magengeschwür (Ulcus ventriculi, oft verursacht durch das Bakterium Helicobacter pylori);
- bösartiger Magentumor (Magenkarzinom).

1.7 Dünndarm (Intestinum tenue): Zwölffingerdarm (Duodenum)

Lage

- größtenteils sekundär *retroperitoneal* im rechten Oberbauch direkt unter der Leber, nur ca. *2 cm der Pars superior* bleiben magennah gerade noch *intraperitoneal*;
- infolge der Magendrehung und -kippung während der Embryonalentwicklung: Verlagerung nach rechts, kranial und dorsal.

Form und Abschnitte

- röhrenförmiges Hohlorgan, aus der Sicht von ventral: C-Form;
- kürzester Anteil des Dünndarms: Länge entspricht etwa der Breite von 12 Fingern;
- 4 Abschnitte von oral nach aboral:
  - Pars superior,
  - Pars descendens,
  - Pars inferior bzw. horizontalis und
  - Pars ascendens.

Wandaufbau

- grundsätzlich wie im gesamten Magen-Darm-Trakt: Mukosa, Submukosa, Muskularis (mit Stratum circulare und longitudinale), Subserosa und Serosa bzw. Adventitia, wobei das Schleimhautrelief im Duodenum am ausgeprägtesten ist und zum Dünndarmende hin immer flacher wird;
- Mukosa mit spezialisierten ringförmigen Schleimhautfalten (= Plicae circulares, sog. Kerckring-Falten). In das Darmlumen münden Glandulae duodenales (sog. Brunner-Drüsen).

Leitungsbahnen
(s. auch S. 416)

Oberbauchversorgungstyp und oberer mesenterialer Versorgungstyp.

- *Arterien:* indirekte Äste des Truncus coeliacus (Rr. duodenales der A. gastroduodenalis mit Aa. pancreaticoduodenales superior, anterior und posterior) und der A. mesenterica superior (kleine Äste der A. pancreaticoduodenalis inferior);
- *Venen:* Abfluss über die Vv. pancreaticoduodenales in die V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage:* indirekt über Nll. pancreaticoduodenales und Nll. pancreatici in die Nll. coeliaci oder in den Truncus intestinalis;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch überwiegend über den rechten N. vagus (Truncus vagalis posterior),
  - sympathisch über die Nn. splanchnici majores (Ggll. coeliaca).

Funktion

- Verdauung der Nahrung durch enzymatische Spaltung der Kohlenhydrate, Fette und Proteine. Enzyme kommen vom Duodenalepithel selbst oder mit dem Pankreassekret auf der Papilla duodeni major (Mündung von Ductus choledochus und Ductus pancreaticus) und minor (Mündung des Ductus pancreaticus accessorius) in das Lumen des Duodenum. Die zusätzliche Einmündung des Gallengangs dient der Bereitstellung von Galle zur Emulgation von Fetten;
- Transport resorbierter Nahrungsbestandteile auf dem Blutweg überwiegend direkt zur Leber (Ausnahme: Fette);
- peristaltischer Transport des Nahrungsbreis.

Beachte: Gallensteine können die gemeinsame Mündung von Gallen- und Pankreasgang verlegen und durch Rückstau des enzymatisch hochaktiven Pankreassaftes zu einer akuten Entzündung des Pancreas (Pankreatitis) führen.

Embryonalentwicklung

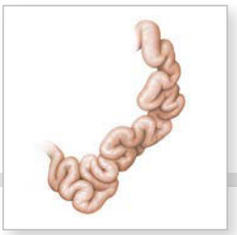
- endodermal aus dem Vorderdarm;
- dorsales und ein kleines ventrales Mesoduodenum.

Beachte: Aus dem Duodenalepithel entsteht die Anlage für Leber, Gallenwege und Pancreas.

Wichtige Erkrankungen

- Duodenalgeschwür (Ulcus duodeni);
- akute und chronische Entzündung (Duodenitis);
- bösartige Tumoren (sehr selten).

1.8 Dünndarm (Intestinum tenue): Leerdarm (Jejunum) und Krummdarm (Ileum)



Lage

- *intraperitoneal* zwischen Mesocolon transversum und Beckeneingangsebene in der Cavitas peritonealis abdominis;
- Lageangabe in Bezug auf Skelettpunkte nicht sinnvoll, da Dünndarmschlingen sehr beweglich; allgemein: Lage innerhalb eines vom Dickdarm gebildeten Rahmens.

Form und Abschnitte

- röhrenförmiges Hohlorgan mit zahlreichen Schlingen;
- längstes Einzelorgan (bis 5 m!), gewährleistet lange Passagezeit der Nahrung: *Jejunum* (längster Darmeinzelabschnitt) ca. ⅔ der genannten Gesamtlänge; *Ileum* ca. ⅓.

Beachte: Das Ileum mündet End-zu-Seit in das Caecum.

Wandaufbau

- grundsätzlich wie im Magen-Darm-Trakt: Mukosa, Submukosa, Muskularis (mit Stratum circulare und longitudinale), Subserosa und Serosa;
- Schleimhaut mit zahlreichen Falten und Zotten. *Abnahme der Faltenhöhe* von oral nach aboral, also von Jejunum zu Ileum!
- Submukosa (insbesondere im terminalen Ileum) mit ausgeprägten Lymphfollikelansammlungen zur immunologischen Reaktion gegenüber Antigenen im Darminhalt (Noduli lymphoidei aggregati = sog. Peyer-Plaques). U. a. auf der Aktivierung dieser Peyer-Plaques beruht die Wirkung von *Schluck*impfungen.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 417)

oberer mesenterialer Versorgungtyp.

- *Arterien:* sehr zahlreiche Aa. jejunales und ileales (Äste der A. mesenterica superior). Am terminalen Ileum auch noch A. ileocolica. Ziehen im Mesenterium zum Darmabschnitt und bilden darmnah Arkaden, wodurch untereinander Anastomosen gebildet werden: Durchblutungsstörungen sind relativ selten im Darm;
- *Venen:* Vv. jejunales und ileales in V. mesenterica superior und weiter in die V. portae hepatis. Am terminalen Ileum auch noch Drainage durch V. ileocolica;
- *Lymphdrainage:* mittels im Mesenterium gelegener Lymphknoten (Nll. mesenterici iuxtaintestinales) in die Nll. mesenterici superiores;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch überwiegend über den rechten N. vagus (Truncus vagalis posterior),
  - sympathisch über die Nn. splanchnici major und minor (teilweise Ggll. coeliaca, v. a. aber Ggl. mesentericum superius).

Funktion

- enzymatischer Aufschluss und dadurch Verdauung von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten sowie Resorption ihrer Bausteine, zusätzlich Resorption von Vitaminen, Spurenelementen und Mineralstoffen;
- deswegen langsamer (Passagezeit 8–16 h) peristaltischer Transport des Nahrungsbreis durch Jejunum und Ileum und enger Kontakt der Schleimhaut mit der Nahrung;
- resorbierte Nahrungsbestandteile werden auf dem Blutweg meist direkt der Leber (über die V. portae hepatis) zugeleitet (Ausnahme: Fette über Lymphkapillaren in die Cisterna chyli).

Embryonalentwicklung

- endodermal aus dem Mitteldarm;
- Jejunum und Ileum mit dorsalem Mesenterium.

Wichtige Erkrankungen

- akute und chronische Entzündung (Enteritis);
- Geschwüre vorwiegend bei chronischen Entzündungen (Morbus Crohn); bösartige Tumoren (sehr selten);
- an den drei Engstellen (Ostium pyloricum, Flexura duodenojejunalis und Ostium ileale) können verschluckte Fremdkörper stecken bleiben (Gefahr des lebensgefährlichen *mechanischen Ileus*).

1.9 Dickdarm (Intestinum crassum): Caecum mit Appendix vermiformis und Colon

Lage

rahmenförmig, größtenteils im Unterbauch, quer und an den Flanken. Dabei liegen:

- Colon ascendens u. descendens sekundär *retroperitoneal*;
- Colon transversum und sigmoideum *intraperitoneal*;
- Caecum intraperitoneal oder mehr oder weniger vollständig sekundär retroperitoneal;
- die Appendix vermiformis bleibt intraperitoneal.

Beachte: Ein dorsales Mesenterium haben nur noch die Abschnitte, die am reifen Organismus intraperitoneal liegen.

Form und Abschnitte

röhrenfömiges Hohlorgan in Form eines nach kaudal teilweise offenen Rahmens mit *Blinddarm (Caecum)* mit Wurmfortsatz (Appendix vermiformis) und *Grimmdarm (Colon)* mit Colon ascendens, Colon transversum, Colon descendens, Colon sigmoideum.

Wandaufbau

- grundsätzlich wie im gesamten Magen-Darm-Trakt;
- tiefe Schleimhauteinsenkungen (Krypten), aber – Unterschied zu Dünndarm –: keine Falten und Zotten;
- in der Submukosa viele Lymphfollikel (identifizieren enterale Antigene); Dickdarm im Unterschied zum sterilen Dünndarm immer mit Bakterien besiedelt.

Beachte: Längszüge der Muskularis am Colon diskontinuierlich in Form von drei Längsstreifen (Tänien; Taenia libera, mesocolica, omentalis).

- Intravital bilden die Ringzüge der Muskularis Einschnürungsringe (innen sichtbar als Plicae semilunares coli) mit dazwischen liegenden Ausbuchtungen (Haustren = „Schöpfgefäße“ = Haustra coli). Serosa mit Fetteinlagerungen (Appendices omentales).
- Tänien, Haustren und Appendices omentales sind morphologische Kennzeichen von Colon und Caecum; so kann bei Operationen zwischen Dünn- und Dickdarm unterschieden werden. Am Rectum verstreichen die Tänien wieder zu einer kontinuierlichen Muskelschicht (= von außen sichtbare Grenze zwischen Colon und Rectum).

Leitungsbahnen
(s. auch S. 418 f)

oral der Flexura coli sinistra **oberer mesenterialer Versorgungstyp:**

- *Arterien:* Aa. colicae dextra und media und A. ileocolica (aus A. mesenterica superior) mit A. caecalis anterior/posterior und A. appendicularis;
- *Venen:* Vv. colicae dextra und media und V. ileocolica mit V. caecalis anterior und posterior und V. appendicularis in V. mesenterica superior und weiter in die V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage:* über Nll. pre- und retrocaecales und Nll. appendiculares in die Nll. mesenterici superiores;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch überwiegend über den rechten N. vagus (Truncus vagalis posterior),
  - sympathisch über die Nn. splanchnici major und minor (Ggl. mesentericum superius);

aboral der Flexura coli sinistra **unterer mesenterialer Versorgungstyp:**

- *Arterien:* A. colica sinistra und Aa. sigmoideae aus A. mesenterica inferior;
- *Venen:* V. colica sinistra, Vv. sigmoideae in V. mesenterica inferior und weiter in die V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage:* über mesenteriale Lymphknoten (Nll. colici sinistri und Nll. sigmoidei) in die Nll. mesenterici inferiores und weiter – über die Nll. lumbales sinistri (!) – in die Trunci intestinales oder die Cisterna chyli;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über die Nn. splanchnici pelvici (aus S2 – 4) über Plexus hypogastricus inferior,
  - sympathisch über die Nn. splanchnici lumbales (über Plexus hypogastricus inferior), teilweise über Nn. splanchnici major und minor (Ggl. mesentericum superius).

Beachte: Nahe der linken Kolonflexur ausgeprägte Kurzschlüsse zwischen A. colica media und sinistra *(Riolan-Anastomose)* und Zusammenlaufen der vegetativen Innervationen *(Cannon-Böhm-Punkt)*; entwicklungsgeschichtlich Übergang zwischen Mittel- und Hinterdarm.

Funktion

- teilweise noch Resorption von enzymatisch aufgeschlossenen Nahrungsbestandteilen;
- hauptsächlich Eindickung des Nahrungsbreis durch Salz- und Wasserentzug (Colon); deshalb langsamer peristaltischer Transport des Nahrungsbreis;
- immunologische Identifikation von Antigenen in der Nahrung (v. a. Caecum und Appendix vermiformis = „Mandel des Magen-Darm-Traktes“).

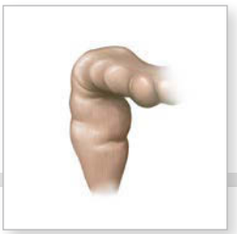
Embryonalentwicklung

endodermal aus dem Hinterdarm.

Wichtige Erkrankungen

- akute und chronische Entzündung (Enteritis);
- gutartige Tumoren (Polypen), die *häufig* entarten (Dickdarmkarzinom ist einer der häufigsten bösartigen Tumoren in den Industrieländern);
- sehr häufig ist die (meist bakterielle) akute Entzündung des Wurmfortsatzes (Appendicitis acuta, fälschlich Blinddarmentzündung). Kann bei Übergreifen der Entzündung auf das Bauchfell zu einer lebensbedrohlichen Bauchfellentzündung führen. Therapie: operative Entfernung der Appendix (Appendektomie).

1.10 Dickdarm (Intestinum crassum): Mastdarm (Rectum)



Lage

im kleinen Becken vor dem Os sacrum bis zum Beckenboden, größtenteils im Spatium extraperitoneale pelvis; der *kleinere (orale) Teil* evtl. gerade noch *intraperitoneal*; ansonsten *extraperitoneale* Lage (retroperitoneal; teilweise auch infraperitoneal).

Form und Abschnitte

röhrenförmiges Hohlorgan mit

- Ampulla recti (Ampulle = umschriebene Erweiterung als Stuhlreservoir) und
- Canalis analis (Analkanal).

Beachte: Das Rectum (= „das Gerade“) ist keinesfalls gerade, sondern hat je eine Krümmung vor dem Os sacrum (Flexura sacralis) und über dem Beckenboden (Flexura perinealis).

Wandaufbau

grundsätzlich wie im Magen-Darm-Kanal mit Mukosa, Submukosa, Muskularis (mit Stratum circulare und longitudinale), Subserosa und Serosa bzw. Adventitia.

Beachte folgende Unterschiede zum übrigen Dickdarm: keine Tänien und Haustren, keine Appendices omentales; statt Plicae semilunares drei Plicae transversae recti (Querfalten).

Leitungsbahnen
(s. auch S. 420)

Blut- und Lymphgefäße (nicht die vegetative Innervation!) entstammen **zwei (!) Systemen:**

sog. Hinterdarmderivate des Mastdarms, v. a. Ampulla recti, **unterer mesenterialer Typ:**

- *Arterien:* unpaare A. rectalis superior aus A. mesenterica inferior;
- *Venen:* V. rectalis superior in V. mesenterica inferior und weiter in die V. portae hepatis zur Leber;
- *Lymphdrainage:* 2 Wege:
  - über Nll. rectales superiores zu den Nll. mesenterici inferiores,
  - über Nll. sacrales und pararectales zu den Nll. iliaci interni;

sog. Beckenbodenderivate, Analkanal und Anus, **Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ):**

- *Arterien:* paarige A. rectalis media (nicht immer vorhanden) aus A. iliaca interna und A. rectalis inferior aus A. pudenda interna);
- *Venen:* (paarige) Vv. rectales mediae direkt und (paarige) Vv. rectales inferiores über V. pudenda interna in die V. iliaca interna;
- *Lymphdrainage:* über Nll. pararectales und Nll. inguinales superficiales zu den Nll. iliaci interni;

Vegetative Innervation für beide Anteile gleich:

- parasympathisch aus den Nn. splanchnici pelvici (S2 – 4),
- sympathisch aus den Nn. splanchnici lumbales und (gering) sacrales (über Plexus rectalis superior, medius und inferior).

Funktion

Als Endteil des Dickdarms befristete und kontrollierte Speicherung des Stuhls (= Kontinenz) und dessen gesteuerte Abgabe (= Defäkation).
Beachte: Durch das sog. funktionelle Kontinenzorgan ist der gasdichte Verschluss des Rectum gewährleistet. Das Corpus cavernosum recti, das aus der A. rectalis superior gespeist wird bleibt im Rahmen der Dauerkontraktion des muskulären Sphinkterapparates gefüllt (venöser Abstrom nur bei Defäkation!).

Embryonalentwicklung

- größtenteils (v. a. Ampulla recti) aus dem Hinterdarm mit endodermaler Auskleidung;
- der kaudale Teil des Rectum, der Analkanal (Canalis analis mit Anus) entsteht aus dem Beckenbodenektoderm.

Beachte: Terminologisch wird der Analkanal entweder zum Rectum gerechnet (der endodermal entstandene Abschnitt ist dann die Ampulla recti) oder als eigener Darmteil angesehen.

Wichtige Erkrankungen

- bösartiger Tumor (Rektumkarzinom) als einer der häufigsten bösartigen Tumoren in den Industrieländern;
- Hämorrhoidalleiden (Erweiterungen des Corpus cavernosum recti; bei Blutungen: hellrotes arterielles Blut);
- Analfisteln und Analabszesse.

1.11 Leber (Hepar)

Lage

- intraperitoneal im rechten Oberbauch;
- infolge embryonaler Magendrehung und Drehung des ventralen Mesogastrium direkt an die Unterfläche des Zwerchfells „verschoben“ und dort teilweise angewachsen (an dieser Stelle Verlust des Peritoneum = Area nuda), wird mit Atembewegungen verschoben.

Form und Abschnitte

- schwerstes parenchymatöses Einzelorgan des Menschen (ca. 1,5 kg), aus der Sicht von ventral nahezu Dreiecksform;
- morphologisch unterteilt in Lobus dexter und sinister, an der Rückseite noch in Lobus caudatus und quadratus;
- funktionell und klinisch anhand der Leitungsbahnen in 8 Segmente unterteilbar; ein Segment = Versorgungsbereich eines Segmentastes der A. hepatica.

Modelle zur Feinarchitektur des Leberparenchyms:

- *(Zentralvenen-)Leberläppchen:* Läppchen von 1–2 mm, in deren Mitte die V. centralis liegt; die würfelförmigen Leberepithelzellen (Hepatozyten) liegen sternförmig um sie herum; hier steht die venöse Entsorgung im Zentrum des Einteilungsprinzips.
- *(Peri-)portalläppchen*: dort, wo mehrere Leberläppchen aneinander stoßen, sind sie durch periportale Felder verbunden (Bindegewebszwickel mit A. und V. interlobularis und Ductus bilifer interlobularis = „Gefäßtrias“ oder „portale Trias“); Zentrum des Periportalläppchens ist also das periportale Feld bzw. die Gefäßtrias; hier steht die Gallesekretion (= Leber als exokrine Drüse) als Einteilungsprinzip im Vordergrund, wird heute nicht mehr verwendet.
- *Leberazinus:* Rhombus, dessen Ecken zwei einander gegenüberliegende periportale Felder und zwei einander gegenüberliegende Zentralvenen bilden. Hier steht die arterielle Versorgung als Bauprinzip im Vordergrund, neuestes Prinzip, für die Pathophysiologie wichtig.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 414)

Oberbauchversorgungstyp.

- *Arterien:* A. hepatica propria (Vas privatum) aus A. hepatica communis (Ast des Truncus coeliacus);
- *Pfortader:* venöser Zufluss fast aus dem gesamten Magen-Darm-Trakt über die V. portae hepatis (Vas publicum);
- *Venen:* Vv. hepaticae (meist 3) münden in die V. cava inferior;
- *Lymphdrainage*: vorwiegend über Nll. hepatici in die Nll. coeliaci, aber auch transdiaphragmal (!) in Nll. mediastinales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch v.a. über den rechten N. vagus (Truncus vagalis),
  - sympathisch überwiegend über die Nn. splanchnici majores, teilweise auch minores (Ganglia coeliaca).

Beachte: Die Leber erhält *zwei Zuflüsse*: A. hepatica propria (Vas privatum) und V. portae hepatis (Vas publicum). Die Blutversorgung über die A. hepatica propria allein kann die Leber am Leben erhalten. Die Vv. hepaticae durchziehen die Area nuda und münden in die V. cava inferior. Die Lebersegmente können chirurgisch einzeln reseziert werden; die verbleibenden Leberreste haben ein hohes Regenerationspotenzial.

Funktion

- größtes „Stoffwechsellabor“ des Körpers; dafür ein über die V. portae hepatis gespeistes portales Gefäßsystem, das der Leber das nährstoffreiche Blut des Magen-Darm-Traktes zuführt;
- *exokrine* Drüse: Galle wird über die intra- und extrahepatischen Gallenwege diskontinuierlich und bedarfsangepasst in das Duodenum abgegeben; dort emulgiert die Gallenflüssigkeit das Nahrungsfett, das sich durch die Vergrößerung der Partikeloberfläche leichter durch Enzyme des Duodenum weiter verarbeiten lässt;
- *endokrine* Drüse: produziert die meisten Bluteiweiße einschließlich der Gerinnungsfaktoren und des Prohormons Angiotensinogen. Abgabe in die Vv. hepaticae;
- Entgiftung (= Metabolisierung) von vielen Pharmaka: werden durch Metabolisierung wasserlöslich gemacht und können somit über Galle oder Blut (Niere) ausgeschieden werden.

Embryonalentwicklung

endodermal aus der Leberknospe, einer duodenalen Epithelaussprossung in das Mesogastrium ventrale und das sehr kleine Mesoduodenum ventrale.

Wichtige Erkrankungen

- akute und chronische Entzündung (Hepatitis), meist durch Alkohol oder Virusinfektion (Hepatitis A, B oder C);
- primäre Leberzellkarzinome in Europa selten; häufig Tochtergeschwülste (Metastasen) von Dickdarmkarzinomen (Zuwanderung der Metastasen über den venösen Blutstrom mittels V. portae hepatis).

1.12 Gallenblase (Vesica biliaris) und Gallenwege

Lage

- Gallenblase: *intraperitoneal* direkt an der Facies visceralis der Leber; Gallenblasen*hals* (Ausgang der Gallenblase = Collum vesicae biliaris) weist zur Leberpforte; Gallenblasen*grund* (Fundus vesicae biliaris) gerade noch unter dem scharfen Leberrand, etwa in der Medioklavikularlinie unter dem Rippenbogen zu sehen (dort Druckschmerz bei entzündeter Gallenblase);
- extrahepatische Gallenwege: *intraperitoneal* größtenteils im Lig. hepatoduodenale (= Teil des Omentum minus); nur *Endabschnitt des Ductus choledochus*, der das Pancreas durchzieht und von dorsal und links an das Duodenum tritt, liegt sekundär *retroperitoneal*.

Beachte: Auch die Gallenblase ist per definitionem ein Teil der Gallenwege. Aus Gründen der Übersicht und wegen ihres blindsackartigen Anschlusses wird sie hier aber extra aufgeführt. Die intrahepatischen Gallenwege (Canaliculi biliferi und Ductus biliferi interlobulares) werden als intrinsischer Bestandteil der Leberarchitektur (s. Leber) nicht gesondert erwähnt.

Form, Abschnitte und Wandaufbau

- Gallenblase: Form einer schlanken Birne mit bis zu 12 cm Länge,
- extrahepatische Gallenwege: teilen sich auf in
  - Ductus hepatici dexter und sinister,
  - Ductus hepaticus communis,
  - Ductus cysticus (Gang zur Gallenblase),
  - Ductus choledochus (entsteht aus der Vereinigung von Ductus hepaticus communis und Ductus cysticus), mündet in das Duodenum.

Beachte: Kurz vor der Mündung in das Duodenum vereinigt sich der Ductus choledochus mit dem Ductus pancreaticus.

Wand der Gallenblase und der extrahepatischen Gallenwege mit Mukosa und kräftiger Muskularis zur Fortbewegung der Gallenflüssigkeit.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 414)

- *Arterien:* durch die Nähe zur Leber erfolgt die arterielle Versorgung (A. cystica) aus der A. hepatica propria (aus dem Ramus dexter);
- *Venen:* V. cystica in die V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage* (über Nll. hepatici und Nl. cysticus) hauptsächlich in Nll. coeliaci;
- *Vegetative Innervation* wie Leber:
  - parasympathisch v. a. über den rechten N. vagus (Truncus vagalis),
  - sympathisch über die Nn. splanchnici majores (Ganglia coeliaca).

Funktion

- Speicherung und temporäre Eindickung der von den Leberzellen produzierten Galleflüssigkeit und deren bedarfsgesteuerte Abgabe über den Ductus cysticus und den Ductus choledochus in das Duodenum (durch Muskelkontraktionen der Wand);
- Reservoirfunktion: Gallenblase kann bis zu 50 ml Galle speichern.

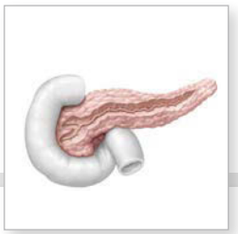
Embryonalentwicklung

endodermal. Alle Anteile der Gallenwege entwickeln sich aus der Leberknospe, einer duodenalen Epithelaussprossung in das Mesogastrium ventrale und das sehr kleine Mesoduodenum ventrale.

Wichtige Erkrankungen

- Gallenblasensteine (= Konkremente, also Ausfällungen aus der flüssigen Galle) per se schmerzlos, nur wenn die Gallenblase versucht, die Steine durch rhythmische Muskelkontraktionen auszutreiben: heftige anfallsartige Schmerzen (Koliken); Fettverdauung auch nach chirurgischer Entfernung der Gallenblase möglich, da Leber weiterhin kontinuierlich Galle produziert; Spitzenbelastungen mit Fett können mangels Gallereservoir aber nicht mehr abgefangen werden;
- Entzündungen der Gallenblase (Cholezystitis) und bösartige Tumoren sind eher selten.

1.13 Bauchspeicheldrüse (Pancreas)



Lage

quer im Oberbauch an der Rückwand der Bursa omentalis; Corpus pancreatis größtenteils Höhe LWK I, Caput pancreatis bis zu Höhe LWK II.

Form und Abschnitte

langgestreckte bindegewebsarme Drüse mit:

- Caput pancreatis,
- Corpus pancreatis,
- Processus uncinatus pancreatis,
- Cauda pancreatis.

Feinbau

histologisch und funktionell unterteilbar in:

- *exokrines Pancreas*: zahlreiche kleine Drüsen mit Mündung in einen Ausführungsgang (Ductus pancreaticus), der – meist gemeinsam mit dem Gallengang – in das Duodenum mündet. Häufig existiert ein zweiter (akzessorischer) Pankreasgang (Ductus pancreaticus accessorius);
- *endokrines Pancreas*: verstreut im exokrinen Teil liegende Inseln von Epithelzellen, die ihre Hormone direkt ins Blut abgeben.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 416)

Oberbauchtyp und oberer mesenterialer Versorgungstyp:

- *Arterien:* Versorgung aus zwei Richtungen über die sog. Pankreasarkade:
  - von kranial Äste des Truncus coeliacus (nach *links* über die A. splenica: A. pancreatica magna; Rr. pancreatici; A. caudae pancreatis; nach *rechts* über die A. hepatica communis: A. gastroduodenalis mit A. pancreaticoduodenalis superior, anterior/posterior);
  - von kaudal aus Ast der A. mesenterica superior: A. pancreaticoduodenalis inferior;
- *Venen:* Vv. pancreaticae (über V. splenica) oder Vv. pancreaticoduodenales (über V. mesenterica superior oder direkt) in die V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage:* über Nll. pancreatici superiores/inferiores und Nll. pancreaticoduodenales superiores/inferiores in Nll. coeliaci und Nll. mesenterici superiores;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch: durch N. vagus (überwiegend rechter N. vagus als Truncus vagalis posterior),
  - sympathisch: Nn. splanchnici majores und teilweise minores (Ggll. coeliaca und Ggl. mesentericum superius).

Funktion

- *endokriner Anteil* (Inselapparat): hauptsächlich Produktion von Insulin und Glukagon (zwei antagonistische Hormone des Glukosestoffwechsels);
- *exokriner Anteil:* Produktion zahlreicher Enzyme für die im Dünndarm stattfindende Verdauung von Kohlenhydraten, Fetten, Proteinen und Nukleinsäuren.

Embryonalentwicklung

- exokrines Pancreas endodermal aus zwei epithelialen Knospen des Duodenum (ventrale und dorsale Pankreasanlage), die sich später vereinigen;
- endokrines Pancreas aus einer endodermalen Inselanlage.

Wichtige Erkrankungen

- Entzündungen des Pancreas (Pankreatitis) durch Rückstau von Galle bei Verlegung des gemeinsamen Gangs, z. B. durch einen Gallenstein, oder durch chronischen Alkoholabusus als Erkrankung des exokrinen Pancreas. Ausfall des exokrinen Teils führt zu Mangel an Verdauungsenzymen (Maldigestion);
- die häufigste Erkrankung des endokrinen Pancreas (und des ganzen Pancreas überhaupt) ist der Ausfall der Insulinproduktion des Inselapparates, der zum *Diabetes mellitus, Typ I,* führt.

Beachte: A. u. V. mesenterica superior ziehen durch das Pankreasgewebe in einem Bereich zwischen Kopf und Körper: möglicher Verschluss dieser Gefäße bei Pankreastumoren; beim Pankreaskopfkarzinom: Verschluss des Ductus choledochus.

1.14 Milz (Splen, Lien)

Lage

intraperitoneal im linken Oberbauch direkt über der linken Kolonflexur; Längsachse parallel zur 10. Rippe; durch Position unmittelbar unter dem Zwerchfell stark atemverschieblich.

Form und Abschnitte

„Kaffeebohnenform“ mit

- einem magenwärts gerichteten Hilum splenicum für den Ein- und Austritt der Leitungsbahnen und
- je einem nach vorn (und unten) und nach hinten (und oben) gerichteten Pol (Extremitas anterior und posterior) sowie einem nach oben und unten gerichteten Rand (Margo superior und inferior);
- weist mit Facies diaphragmatica zu Diaphragma und Rippen, mit Facies gastrica, colica und renalis zu den entsprechenden Organen;
- Dicke × Breite × Länge ca. 4 × 7 × 11 cm (= „Kölnisch-Wasser“- oder „4711“-Regel); durch den Blutreichtum rotbraune Farbe.

Feinbau

- Blutgefäße, die sich im Organ in Bindegewebsbalken (Trabekel) verteilen, ergießen sich in ein bindegewebiges Netzwerk (*Reticulum*), das von Blutgefäßen durchzogen wird und teilweise von Ansammlungen lymphatischer Zellen umgeben ist (lympho*retikuläres* Organ);
- Blutgefäße ergießen sich in ein weites Maschenwerk (Sinus) mit langsamer Strömungsgeschwindigkeit (Gelegenheit zur Alterskontrolle der Erythrozyten) sowie in das Bindegewebe selbst (offener Blutkreislauf, Besonderheit der Milz). Das Blut fließt dann in die Sinus zurück, die Anschluss an die Trabekelvenen finden.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 414)

Oberbauchversorgungstyp.

- *Arterien:* A. splenica aus Truncus coeliacus;
- *Venen:* über die V. splenica zur V. portae hepatis;
- *Lymphdrainage:* über die Nll. splenici (z. T. noch zusätzlich über Nll. coeliaci) in die Trunci intestinales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch: wahrscheinlich überwiegend durch den rechten N. vagus,
  - sympathisch: Nn. splanchnici majores, teilweise minores (Ggll. coeliaca).

Funktion

- größtes lymphatisches Einzelorgan;
- u. a. immunologische Überwachung des Blutes;
- Steuerung des physiologischen Abbaus gealterter (ca. 80–100 Tage alter) Erythrozyten.

Embryonalentwicklung

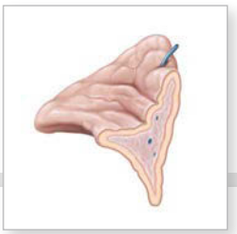
- aus einem mesodermalen Gewebespross in das Mesogastrium dorsale hinein;
- durch Magendrehung Verlagerung in den linken Oberbauch.

Beachte: Bei körperlicher Anstrengung (Rennen) kommt es zur Mehrdurchblutung der Milz, die dadurch anschwillt. Druck auf eine Peritonealverbindung zwischen Milz und Colon (Lig. splenocolicum) soll angeblich das „Seitenstechen“ verursachen.

Wichtige Erkrankungen

- Miterkrankung im Rahmen von Störungen des hämolymphatischen Systems (z. B. bei Leukämie);
- schmerzhafte Milzschwellung infolge des Pfeifferschen Drüsenfiebers (häufige Virusinfektion);
- bei größeren Oberbauchverletzungen wurde eine verletzte Milz bisher häufig entfernt, da sie sich chirurgisch aufgrund ihrer weichen Konsistenz nur schlecht nähen lässt. Inzwischen wird häufig milzerhaltend operiert (Anwendung von Fibrinkleber), da die Abwehrfunktion der Makrophagen in der Milz extrem wichtig ist. Splenektomierte sind etwa zu 5 % vom Overwhelming-post-splenectomy-infection-(OPSI)-Syndrom betroffen, bei dem bekapselte Bakterien eine häufig tödlich verlaufende Sepsis verursachen.

1.15 Nebennieren (Glandulae suprarenales)



Lage

- primär *retroperitoneal* (extraperitoneal) im Spatium retroperitoneale abdominis jeweils auf dem oberen Nierenpol;
- gemeinsam mit den Nieren in der Capsula adiposa renis.

Form und Feinbau

- Dreiecksform (Napoleon-Hut; Facies renalis, anterior und posterior);
- größere äußere (dreischichtige) *Rindenzone* (Cortex mit Zona glomerulosa, fasciculata und reticularis); Rinde besteht aus Säulen und Ballen von Epithelzellen;
- kleinere innere *Markzone* (Medulla), besteht aus sympathischen ins Blut sezernierenden Neurone: sympathische Paraneurone.
- Endothelzellen in der Nebenniere sind phagozytoseaktiv: Teil des retikuloendothelialen Systems (RES) von Aschoff.

Leitungsbahnen (s. auch S. 421)

retroperitonealer abdomineller Versorgungstyp.

- *Arterien:* arterieller Zufluss über drei (!) etagenartig gestaffelte Arterien:
  - A. suprarenalis superior aus A. phrenica inferior,
  - A. suprarenalis media aus Aorta abdominalis,
  - A. suprarenalis inferior aus A. renalis;
- *Venen:* Abfluss der jeweils nur einen V. suprarenalis rechts in die V. cava inferior, links in die V. renalis;
- *Lymphdrainage:* direkt in die Nll. lumbales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch: ungeklärt,
  - sympathisch: präganglionäre (!) sympathische Fasern aus den Nn. splanchnici majores für das Nebennierenmark.

Beachte: Die Umschaltung der präganglionären sympathischen Nervenfaser auf die postganglionäre Faser erfolgt direkt im Nebennierenmark und nicht im Grenzstrang wie häufig im Sympathikus üblich. Deshalb ist der präganglionäre Transmitter des 1. sympathischen Neurons wie prinzipiell in diesem System Acetylcholin, während das 2. Paraneuron zumeist Adrenalin und nur zum kleinen Teil Noradrenalin (10 %) sezerniert.

Funktion

Die paarigen Nebennieren bestehen jeweils aus zwei endokrinen Organanteilen völlig unterschiedlicher Herkunft:

- *Nebennierenrinde:* Produktion von Steroidhormonen (Glucocorticoide, Mineralocorticoide und männliche Geschlechtshormone) mit Wirkung auf Zucker-, Fett- und Proteinstoffwechsel und Mineralhaushalt.
- *Nebennierenmark:* Abgabe von Adrenalin und Noradrenalin direkt in das Blut; funktionell ein Bestandteil des sympathischen Nervensystems („two glands one organ“).
  Beachte: Die Durchblutung der Nebenniere erfolgt von Rinde in Richtung Mark (sog. Downstream).

Embryonalentwicklung

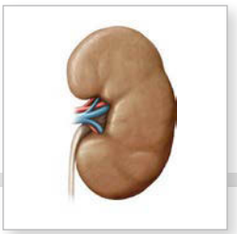
- Nebennierenmark: eingewanderte Zellen aus der Neuralleiste (ektodermal);
- Nebennierenrinde: Zellen der steroidogenen Zone (mesodermal).

Wichtige Erkrankungen

Störungen der Nebennierenrindenfunktion

- mit Ausfall der Rindenhormone (Nebennierenunterfunktion, *Addison-Krankheit;* ohne Substitution der Hormone lebensbedrohlich), z. B. bei Zerstörung der Nebenniere bei Tuberkulose oder bei Befall mit Metastasen (malignes Melanom) oder
- mit Überfunktion der Nebennierenrinde *(Cushing-Krankheit),* die z. B. bei ACTH produzierenden Tumoren auftreten kann.

1.16 Nieren (Renes)



Lage

- primär *retroperitoneal* (extraperitoneal) im Spatium retroperitoneale abdominis in Höhe LI und LII, gemeinsam mit der Nebenniere innerhalb der Capsula adiposa renis;
- rechte Niere steht etwas tiefer als linke wegen Verdrängung durch Leber rechts.

Form und Aufbau

- Bohnenform mit den Ausmaßen 12 × 6 × 3 cm (L × B × D);
- Hilum renale mit Ein- und Austritt der Leitungsbahnen und des Harnleiters weist nach medial;
- oberer und unterer Pol (Extremitas [= Polus] superior und inferior), Vorder- und Hinterseite (Facies anterior und posterior) sowie
- lateraler und medialer Rand (Margo lateralis und medialis);
- gesamtes Nierengewebe von straffer Capsula fibrosa renis umgeben.

Feinbau

- äußere Rindenzone mit zahlreichen Nierenkörperchen (Corpusculum renale) für Ultrafiltration des sog. Primärharns;
- daran anschließend in Richtung Mark mikroskopisch feines Kanälchensystem (proximale und distale Tubuli recti und contorti mit Henle-Schleife) für Konzentrierung des Primärharns;
- Harnabgabe über Nierenkelche (Calices renales) in das am Hilum gelegene Nierenbecken (Pelvis renalis) und weiter in den Harnleiter (Ureter).

Leitungsbahnen (s. auch S. 421)

retroperitonealer abdomineller Versorgungstyp.

- *Arterien:* A. renalis sinistra und dextra direkt aus Aorta abdominalis;
- *Venen:* V. renalis sinistra und dextra direkt in die V. cava inferior;
- *Lymphdrainage:* direkt in die Nll. lumbales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch teilweise N. vagus (Truncus vagalis posterior), teilweise (v. a. Nierenbecken) auch Nn. splanchnici pelvici aus S 2 – 4,
  - sympathisch Nn. splanchnici minor und imus (Ggll. coeliaca und aorticorenalia), teilweise auch Plexus hypogastricus inferior (v. a. Nierenbecken).

Beachte: Die V. renalis sinistra nimmt links die V. testicularis/ovarica und die V. suprarenalis sinistra auf. Die V. renalis sinistra läuft zwischen Aorta abdominalis und A. mesenterica superior „eingeklemmt“ („Nussknacker“!) nach rechts in die V. cava inferior.

Funktion

- Regulation von Wasser-, Säure-Basen- und Salzhaushalt;
- Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen;
- Regulation des Blutdrucks;
- hormoneller Einfluss auf die Bildung roter Blutkörperchen;
- über Eingriff in den Vitamin D-Stoffwechsel Einfluss auf den Calciumhaushalt.

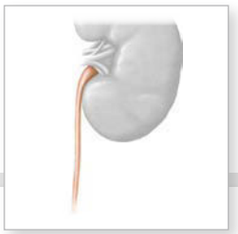
Embryonalentwicklung

mesodermal (intermediäres Mesoderm) aus der Nachnierenanlage (metanephrogenes Blastem); Nachnierenanlage entsteht im Becken und wandert nach oben bis fast unter das Zwerchfell (Nierenaszensus).

Wichtige Erkrankungen

- *Nierensteine:* Bei Überschreiten des Löslichkeitsproduktes können im Harn gelöste Stoffe ausfallen und Kristallisationskerne für Konkremente bilden. Diese können überall in der Niere entstehen (z. B. als Nierenbeckenausgusssteine im Pelvis renalis). Gelangen diese Steine in den Ureter, können sie rhythmische Kontraktionen der Muskulatur von Nierenbecken und Ureter auslösen, die sehr schmerzhaft sind: Koliken;
- Entzündungen der Niere (*Nephritis*) evtl. auf bakterieller Grundlage, ggf. mit Beteiligung des Nierenbeckens (*Pyelonephritis*) oder autoimmunologisch der Nierenkörperchen: Glomerulonephritis;
- arteriosklerotisch bedingte *Einengungen der Nierenarterien* (mit Abfall des Durchblutungsdruckes der Niere) können aufgrund der kompensatorischen Druckregulation der Niere zur systemischen Blutdruckerhöhung führen;
- chronisch erhöhter Blutzucker (*Diabetes mellitus*) kann über eine Schädigung der kleinen Nierenarterien (Mikroangiopathie) zu Nierenfunktionsstörungen und ggfs. Erhöhung des Blutdrucks führen.

1.17 Harnleiter (Ureter)



Lage

primär *retroperitoneal* (extraperitoneal) in Abdomen und Becken.

Form und Abschnitte

röhrenförmiges Hohlorgan (Pipeline) mit engem Lumen; Länge 24–31 cm; drei Abschnitte:

- Pars abdominalis: im Spatium retroperitoneale abdominis nahe der Wirbelsäule; von Pelvis renalis bis Linea terminalis des Beckens;
- Pars pelvica: vor dem Os sacrum im Spatium retroperitoneale und infraperitoneale pelvis; von Linea terminalis bis zur Harnblasenwand;
- Pars intramuralis: in der Harnblasenwand.

Beachte: Bei der Frau Durchzug durch das Lig. latum uteri mit Unterkreuzung der A. uterina (Verletzungsgefahr bei OP!).

Wandaufbau

- Mukosa mit spezialisiertem Übergangsepithel (Urothel; Schutz gegen hyperosmolaren Harn);
- Submukosa;
- Muskularis mit kräftigen Muskelbündeln (aktiver Harntransport);
- Adventitia zum Einbau in das Bindegewebe des Extraperitonealraums von Abdomen und Becken.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 421 f)

retroperitonealer abdomineller Versorgungstyp und Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

- *Arterien:* Rr. ureterici je nach Abschnitt aus den jeweils benachbarten Arterien von Abdomen (A. renalis) und Becken (A. vesicalis superior; ggf. A. iliaca interna);
- *Venen:* je nach Abschnitt zu den jeweils benachbarten Venen von Abdomen (V. renalis) und Becken (Plexus venosus vesicalis; ggf. V. iliaca interna);
- *Lymphdrainage:* je nach Abschnitt direkt in die Nll. lumbales, Nll. vesicales laterales oder Nll. iliaci (interni);
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch Nn. splanchnici pelvici hauptsächlich aus S2–4,
  - sympathisch aus Nn. splanchnici minor oder imus über Ggll. coeliaca und aorticorenalia sowie Nn. splanchnici lumbales über Plexus hypogastricus inferior.

Funktion

- aktiver peristaltischer Transport des Harns in Quanten vom Nierenbecken zur Harnblase;
- Sicherung gegen Harnreflux verhindert eine aufsteigende Infektion bei Harnstau.

Embryonalentwicklung

mesodermal bei beiden Geschlechtern aus dem Urnierengang (Wolff-Gang); Ureter entsteht im Becken und wandert mit dem Nierenaszensus nach kranial.

Besonderheiten

klinisch wichtige Engstellen (Ureterengen 1–3) durch:

- Nachbarschaft des Ureters zum unteren Nierenpol;
- Kreuzung des Ureters von Gefäßen (A. iliaca communis) in Höhe der Linea terminalis sowie
- Durchtritt des Ureters durch die muskuläre Wand der Harnblase;
- ggf. zusätzliche 4. Engstelle an der Unterkreuzung der Vasa testicularia bzw. ovarica.

An den Engstellen können evtl. von der Niere abgehende Nierensteine (als Uretersteine) hängen bleiben.

Wichtige Erkrankungen

- Uretersteine, die an einer der Ureterengen hängen bleiben, können bei dem Versuch des Ureters, den Stein muskulär in Richtung auf die Harnblase voran zu treiben, *Ureterkoliken* mit heftigen Schmerzen verursachen;
- bei bakterieller Entzündung der Blase können die Krankheitserreger durch die Ureteren zur Niere wandern und eine Entzündung der Ureteren *(Ureteritis)* verursachen.

1.18 Harnblase (Vesica urinaria)

Lage

im Spatium extraperitoneale pelvis des kleinen Beckens hinter der Symphysis pubica; Blasenboden liegt dem muskulären Beckenboden auf.

Peritonealbezug

Harnblase kranial von Peritoneum urogenitale bedeckt. Dies schlägt ventral in parietales Peritoneum der vorderen Bauchwand, hinter der Blase auf die Vorderwand des dorsal benachbarten Organs (Uterus oder Rectum) um.

Beachte: Bei starker Füllung der Harnblase wird das Peritoneum angehoben. Direkt über der Symphyse kann die dann peritonealfreie Vorderwand der Harnblase punktiert werden (suprapubische Harnblasenpunktion).

Form

suppenschüsselförmiges bis kugelförmiges (je nach Füllungszustand) Hohlorgan mit durchschnittlich 500–1000 ml physiologischem Fassungsvermögen. Corpus mit Apex (oben), Fundus und Cervix vesicae urinariae (beckenbodenwärts).

Die Mündungen der beiden Ureteren (Ostium ureteris) und der Harnröhrenaustritt (Ostium urethrae internum mit Uvula vesicae) bilden an der Innenwand des Fundus das Blasendreieck (Trigonum vesicae).

Wandaufbau

- Mukosa mit spezialisiertem Übergangsepithel (Urothel; Schutz vor osmotischen Einflüssen des Harns);
- Submukosa;
- ausgeprägte mehrschichtige Muskularis, dient einerseits dem Blasenverschluss (Kontinenz), andererseits der Blasenentleerung (Miktion);
- adventitielle Schicht (= Fascia pelvis visceralis) zum Einbau in das umgebende Bindegewebe (Paracystium, Spatium retropubicum, Septum rectovesicale). Die Oberseite der Blase ist von Peritoneum urogenitale, also einer Serosa, bedeckt.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 422)

Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

- *Arterien:* über die sog. viszeralen Äste der A. iliaca interna: Aa. vesicales superiores und inferiores;
- *Venen:* Abfluss in die viszeralen Äste der V. iliaca interna über die Vv. vesicales;
- *Lymphdrainage:* in die Nll. iliaci interni;
- *Vegetative Innervation:*
  - *parasympathisch über Nn. splanchnici pelvici aus S2–4,*
  - *sympathisch über Nn. splanchnici lumbales und sacrales* (über Plexus hypogastricus inferior).

Funktion

befristete und kontrollierte Speicherung des Endharns (Kontinenz) und gesteuerte Entleerung zur Harnabgabe (Miktion).

Embryonalentwicklung

zum größten Teil endodermal aus dem Sinus urogenitalis, einem Teil der Kloake; ein kleiner Teil (Abschnitt der Hinterwand) mesodermal aus den beiden Urnierengängen, die in die Harnblase eingebaut werden.
Beachte: Eine Vergrößerung des dorsal benachbarten Uterus (bei Schwangerschaft oder auch bei Muskeltumoren des Uterus [Myomen]) schränkt die Kapazität der Blase ein → häufiger Harndrang. Senkung des muskulären Beckenbodens aufgrund von Strukturschwächen – etwa nach zahlreichen Geburten – führt über Versagen der Blasenverschlussmechanismen zur Harninkontinenz.

Wichtige Erkrankungen

- bakterielle Entzündung (Zystitis) durch Erreger, die über die Harnröhre (Urethra) einwandern; bei der Frau wegen der kurzen Urethra viel häufiger als beim Mann;
- Harnblasenkarzinom als bösartiger Tumor;
- Harninkontinenz durch Beckenbodensenkung (bei mechanischer Insuffizienz des Beckenbodens, wenn z. B. durch viele Geburten das Diaphragma pelvis erschlafft und sich absenkt);
- Balkenharnblase: Vergrößerung der Muskelzüge bei Abflussbehinderung aufgrund einer benignen Prostatahyperplasie (BPH).

1.19 Harnröhre (Urethra)

Beachte: Die Urethra weist geschlechtsspezifische Unterschiede auf in Form und Funktion, darum unterscheidet man:

- Urethra feminina: (weibliche) Harnröhre;
- Urethra masculina: (männliche) Harnsamenröhre

Lage

bei beiden Geschlechtern direkt unter der Harnblase im Spatium extraperitoneale pelvis, beim Mann zusätzlich extrakorporal im Corpus spongiosum penis. Ein Teil der blasennahen Urethra masculina ist unterhalb der Harnblase von der Prostata umgeben.

Form

röhrenförmiges Hohlorgan mit zwei Mündungen:

- Ostium urethrae *internum* am Ausgang der Harnblase (bei beiden Geschlechtern);
- Ostium urethrae *externum* an der äußeren Körperoberfläche: bei der Frau im Vestibulum vaginae, beim Mann an der Glans penis.

Abschnitte

Urethra feminina (ca. 3 – 5 cm lang und gerade) mit 2 Abschnitten:

- Pars intramuralis (sehr kurz, innerhalb der Harnblasenwand) und
- Pars cavernosa (längerer Abschnitt; mündet im Vestibulum vaginae).

Urethra masculina (20 cm lang und zweifach gekrümmt) mit 4 Abschnitten:

- Pars intramuralis (sehr kurz; innerhalb der Blasenwand, reiner Harnweg; mit M. sphincter urethrae internus);
- Pars prostatica (3 cm lang; Harn- und Samenweg; umgeben von Prostata; mit Crista urethralis und Colliculus seminalis);
- Pars membranacea (1 – 2 cm lang; zieht durch den Levatorspalt im Diaphragma pelvis; distaler Anteil mit dehnbarer Ampulla urethrae);
- Pars spongiosa (15 cm lang; im Corpus spongiosum penis; Erweiterung der Harnröhre als Fossa navicularis direkt vor dem Ostium externum; proximaler Teil der Pars spongiosa am Beckenboden fixiert, distaler Teil frei hängend).

- *Zwei Krümmungen der Urethra masculina:*
  - Curvatura infrapubica: Übergang Pars membranacea – Pars spongiosa,
  - Curvatura prepubica: Übergang proximaler – distaler Teil der Pars spongiosa.
- *Drei Engstellen der Urethra masculina:*
  - Pars intramuralis,
  - Pars membranacea (proximaler Teil),
  - Ostium urethrae externum.
- *Drei Weiten der Urethra masculina:*
  - Pars prostatica,
  - Ampulla urethrae,
  - Fossa navicularis.

Wandaufbau

Schleimhaut mit Tunica mucosa (proximal noch Urothel, distal mehrschichtig unverhorntes Plattenepithel, mit Gll. urethrales); Tunica muscularis und Tunica adventitia.

Leitungsbahnen

Beckenversorgungstyp.

- *Arterien:* A. urethralis aus der A. pudenda interna und kleine Äste (beim Mann aus den Rr. prostatici; bei der Frau aus A. vesicalis inferior und A. rectalis media);
- *Venen:* Drainage in den Plexus vesicalis (bei der Frau) bzw. Plexus vesicalis und prostaticus sowie in Penisvenen (beim Mann);
- *Lymphdrainage:* Nll. lumbales (über Nll. iliaci interni oder Nll. inguinales);
- *Vegetative Innervation* (spärlich):
  - parasympathisch aus den Nn. splanchnici pelvici,
  - sympathisch aus den Nn. splanchnici sacrales über den Plexus hypogastricus inferior,
  - somatische Innervation (Sensibilität!) durch N. pudendus.

Funktion

Ableitung des Harns aus dem Körper (beide Geschlechter); Transport des Spermas bei der Ejakulation (beim Mann).

Embryonalentwicklung

aus der Kloake und einer Einstülpung des Beckenbodens am Septum.

Wichtige Erkrankungen

- akute oder chronische Entzündung (Urethritis, sehr häufig!) durch Bakterien (meistens) oder Pilze (seltener). Dabei oft brennende Schmerzen bei der Miktion. Frauen sind deutlich häufiger betroffen als Männer.
- Fehlbildungen bei der Embryonalentwicklung mit Fistelbildung zur Scheide beim kleinen Mädchen (sog. Urethrovaginalfistel) oder atypischer Mündung am Penis (meist Penisunterseite, sog. Hypospadie) beim kleinen Jungen.

1.20 Scheide (Vagina)

Lage

extraperitoneal im Spatium extraperitoneale pelvis. Die Vagina durchzieht den Beckenboden hinter der Urethra im sog. Levator-Tor und mündet im Vestibulum vaginae zwischen den Labia pudendi.

Form

röhrenförmiges langgestrecktes Hohlorgan (Länge 8–10 cm).

Wandaufbau

- spezialisierte Mukosa aus mehrschichtigem Epithel (mechanisch belastbar), in dem es zu einem bakteriellen Glykogenabbau mit Erzeugung von Milchsäure kommt (saurer pH zum Schutz gegen aufsteigende Infektionen);
- kräftige Muskularis;
- Adventitia zum Einbau in das umgebende Beckenbindegewebe.

Beachte: Die Vaginalwand enthält keine Drüsen. Die Wandbefeuchtung erfolgt durch Transsudation.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 424)

Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

- *Arterien:* A. vaginalis (nicht immer vorhanden) als eigener Ast der A. iliaca interna oder R. vaginalis der A. uterina;
- *Venen:* Plexus venosus vaginalis direkt in die V. uterina oder über den Plexus venosus uterinus;
- *Lymphdrainage:* teilweise (nur obere Abschnitte) in die Nll. parauterini, größere Abschnitte in Nll. inguinales superficiales (als Derivat des Beckenbodens!) und weiter in die Nll. iliaci externi;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch aus den Nn. splanchnici pelvici (S2–4),
  - sympathisch aus den Nn. splanchnici lumbales und evtl. zusätzlich sacrales (über Plexus hypogastricus inferior);
- zusätzlich *somatosensible* Innervation über den N. pudendus.

Funktion

Kopulationsorgan und Geburtsweg.

Embryonalentwicklung

als epitheliale Einstülpung aus dem Beckenboden wächst die sog. Vaginalplatte als zunächst solides Gebilde, das sekundär kanalisiert wird.

Wichtige Erkrankungen

- Infektionen mit Bakterien oder Pilzen bei Störungen des Scheidenmilieus;
- bösartige Tumoren (Scheidenkarzinom) eher selten;
- seltener, aber aus der Embryonalentwicklung direkt verständlich, sind angeborene Fisteln zur Urethra oder zum Rectum mit Harn- oder Stuhldurchtritt durch die Vagina (bakterielle Entzündungen!);
- Atrophie des Vaginalepithels nach der Menopause; streng genommen keine Erkrankung, da die Menopause ein physiologischer Vorgang ist. Kann aber zu subjektiven Beschwerden („trockene Scheide“) führen.

1.21 Gebärmutter (Uterus) und Eileiter (Tubae uterinae)

Lage

im kleinen Becken intraperitoneal (von Peritoneum urogenitale bedeckt); extraperitoneal liegt nur ein kleiner Teil der Cervix uteri.

Uterus:
- zwischen Harnblase und Rectum;
- an den seitlichen Beckenwänden links und rechts über Lig. latum uteri befestigt; insgesamt nach ventral gekippt *(Anteversio uteri);* außerdem Corpus uteri gegen Cervix uteri (s. u.) nach ventral geknickt *(Anteflexio uteri).*

Beachte: Das Lig. latum uteri ist eine frontal eingestellte Bindegewebsplatte, in der die Leitungsbahnen zu Uterus und Tuben, teilweise auch zum Ovar verlaufen. Deshalb wird es auch als „Meso" angesehen (= Mesometrium/-salpinx/-ovarium = Bandanteil zu Uterus/Tube/Ovar).

Tubae uterinae: am Oberrand des Lig. latum uteri.

Form und Abschnitte

- muskuläres, birnenförmiges Hohlorgan (Uterus),
- aus dem rechts und links ein je 7–10 cm langes röhrenförmiges Hohlorgan hervorgeht (Tuba uterina dextra bzw. sinistra),
- dessen Ende (Ampulla tubae uterinae) sich jeweils auf ein pflaumengroßes und -förmiges Organ legt (Ovarium dextrum und sinistrum oder kurz Ovar), um das springende Ei aufzufangen (s. Ovar).

Bauabschnitte des Uterus:
- Corpus uteri (⅔) mit Facies posterior und anterior und blindem Ende = Fundus uteri,
- Cervix uteri (⅓) mit Isthmus uteri, Canalis cervicis uteri, Portio vaginalis und supravaginalis,
- Ostium uteri (Mündung in die Scheide).

Beachte: Cervix uteri zur Scheide hin durch sog. zervikalen Schleimpropf verschlossen, der das Aufsteigen von Bakterien in den Uterus verhindern soll.

Bauabschnitte der Tubae uterinae von lateral nach medial:
- Ostium abdominale (mit Fimbrientrichter),
- Infundibulum tubae uterinae,
- Ampulla tubae uterinae,
- Isthmus tubae uterinae,
- Pars uterina (sehr eng, durchtritt die Uteruswand) mit Ostium uterinum tubae uterinae.

Wandaufbau

Uterus:
- Mukosa (= Endometrium mit Basalis und Funktionalis), auf die Aufnahme der Zygote spezialisiert; bei der geschlechtsreifen Frau zyklische Schwankungen des Endometrium mit Abbruchblutung (Menstruation);
- Muskularis (Myometrium): während der Schwangerschaft Verschluss der Gebärmutter (des Gebärmutterhalses); unter der Geburt: Austreibung;
- Serosa (Perimetrium): ermöglicht Verschieblichkeit gegen andere Organe der Peritonealhöhle (Wachstum des Uterus in der Schwangerschaft);

Beachte: Die Kontraktion der Uterus-Muskelwand steuern nicht nur Nerven, sondern auch Hormone (Oxytocin).

Tubae uterinae:
- Mukosa spezialisiert auf Erzeugung eines Flüssigkeitsstroms (Kinozilien) in Richtung Uterus; dient der unbeweglichen Zygote als Transportstrom und den beweglichen Spermien (positiv rheotaktische Spermienbewegung) als Orientierung;
- Muskularis: führt zu Tubenbewegungen beim „Abtasten" des Ovars;
- Serosa (Peritonealbezug) der Tuba uterina geht in den Serosabezug der Mesosalpinx (s. o. „Lage") über.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 424 f)

Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

Uterus:
- *Arterien:* A. uterina aus A. iliaca interna;
- *Venen:* Entsorgung über Plexus venosus uterinus und V. uterina zur V. iliaca interna;
- *Lymphdrainage:* über Nll. parauterini zu Nll. iliaci interni und communes (v. a. Corpus) und Nll. inguinales (Cervix, Drainage wie äußeres Genitale);
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch: Nn. splanchnici pelvici (S 2–4),
  - sympathisch: Nn. splanchnici lumbales und teilweise sacrales (über Plexus hypogastricus inferior);

Tubae uterinae:
- *Arterien:* R. tubarius der A. uterina und R. tubarius aus der A. ovarica;
- *Venen:* Entsorgung über Plexus venosus uterinus oder Plexus ovaricus;
- *Lymphdrainage:* direkt oder indirekt (über Nll. parauterini) in die Nll. lumbales;
- *Vegetative Innervation:* s. Uterus.

Beachte den sog. Uterus-Tuben-Winkel: Bei der Frau zieht das Lig. teres uteri im Leistenkanal zusammen mit Lymphgefäßen: Metastasen von Tumoren aus dem Uterus-Tuben-Winkel können sich in den Leistenlymphknoten ansiedeln.

Funktion

Uterus:
- während der Schwangerschaft Bruthöhle für den Embryo,
- unter der Geburt Austreibungsorgan;

Tubae uterinae:
- Auffangorgane für die springende Eizelle,
- Leitwege für die Spermienaszension,
- Konzeptionsort,
- Transport der Zygote zum Uterus.

Embryonalentwicklung

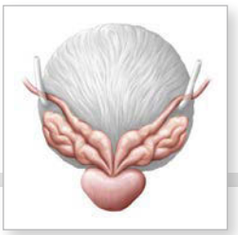
Uterus und Tubae uterinae mesodermal aus den Müller-Gängen:
- Uterus aus Verschmelzung der Gänge,
- Tuben aus nicht verschmelzenden Ganganteilen.

Wichtige Erkrankungen

Uterus:
- gutartige Muskeltumoren (Myome) können sich unter dem Einfluss der Geschlechtshormone entwickeln und auf Nachbarorgane (Harnblase, Rectum) oder die Uterusschleimhaut drücken (evtl. Störungen des Monatszyklus);
- bösartige Tumoren können von der Schleimhaut des Corpus uteri (Endometriumkarzinom) oder der Cervix uteri (Zervixkarzinom) ausgehen;
- eine Senkung des Beckenbodens kann eine Senkung des Uterus nach sich ziehen;

Tubae uterinae:
- bakterielle Entzündungen (Adnexitis) steigen meist vom Uterus auf;
- chronische Entzündungen können zu Verklebung des Tubenlumens führen (Empfängnishindernis);
- durch das Ostium abdominale tubae uterinae können Tubeninfektionen auch auf die Peritonealhöhle übergreifen.

1.22 Vorsteherdrüse (Prostata) und Bläschendrüse (= Samenbläschen; Glandula vesiculosa)



Lage

Prostata: extraperitoneal direkt unter der Harnblase im Spatium infraperitoneale pelvis; liegt dem M. levator ani kranial auf, umgibt den Anfangsteil der Harnröhre (Pars prostatica urethrae).

Gl. vesiculosa: überwiegend extraperitoneal unmittelbar an der Rückwand der Harnblase (dorsokranial liegende Kuppen der Drüsen oft gerade noch von Peritoneum urogenitale bedeckt).

Form und Aufbau

Prostata:
- unpaare Drüse, die von fester fibröser Kapsel (Capsula fibrosa) umgeben ist;
- zahlreiche verzweigte epitheliale Drüsengänge, die in mehrere kleine Ausführungsgänge in der Urethra münden;
- durch die Prostata zieht der Ausführungsgang der Gl. vesiculosa unmittelbar nach seiner Vereinigung mit dem Ductus deferens als Ductus ejaculatorius.

Gl. vesiculosa:
- paariges, längliches (ca. 5 cm) Organ aus jeweils einem vielfach gewundenen Drüsengang;
- Drüse von einer zarteren Kapsel umgeben.

Beachte: Die histologische Einteilung der Prostata in verschiedene Zonen berücksichtigt klinische Belange. Der Begriff „Samenbläschen" für Gl. vesiculosa ist irreführend: Die Drüse enthält keine Samenzellen. Ihr Sekret macht ca. 70 % des Ejakulatvolumens aus.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 422)

beide Organe Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

- *Arterien:* Rr. prostatici meist aus der A. vesicalis inferior;
- *Venen:* Plexus venosus prostaticus mit Abfluss in Plexus venosus vesicalis (oft gemeinsam als Plexus venosus vesicoprostaticus);
- *Lymphdrainage:* teilweise über Nll. prevesicales/retrovesicales in die Nll. iliaci interni, sacrales und lumbales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über die Nn. splanchnici pelvici (aus S 2–4),
  - sympathisch über die Nn. splanchnici lumbales und (zum geringen Teil) sacrales (über den Plexus hypogastricus inferior).

Funktion

Produktion eines Sekrets, das als Bestandteil des Ejakulates funktionell wichtige Stoffe für die aktive Beweglichkeit der Spermien beinhaltet. Sekret alkalisch und (besonders Gl. vesiculosa) fruktosereich (Energiequelle der Spermien).

Embryonalentwicklung

Prostata: epithelialer Spross aus dem Urethraepithel.

Gl. vesiculosa: epithelialer Spross aus dem Epithel des Urnierengangs (Wolff-Gang).

Wichtige Erkrankungen

Prostata: gutartige und bösartige Tumoren:

- gutartige Hyperplasie von Epithel und Stroma mit Einengung der Urethra und Harnstau v. a. in der Transitionszone bei älteren Männern häufig. Durch verstärktes Wachstum und dadurch Verdickung ihrer Muskelwand (sog. *Balkenblase*) versucht die Harnblase den Harn gegen den Widerstand der Einengung auszutreiben. Die Therapie besteht oft in der operativen Erweiterung der Harnröhre;
- Prostatakarzinom: entwickelt sich peripher im Epithel unterhalb der Kapsel (periphere Zone). Das Prostatakarzinom ist einer der häufigsten bösartigen Tumoren des alten Mannes. Häufig metastasiert der Tumor in die Knochen, besonders in die Wirbelsäule, da die Venen zwischen Plexus prostaticus und dem Venenplexus des Rückenmarks keine Klappen besitzen (Rückenschmerzen der unteren Wirbelsäule beim älteren Mann!).

Gl. vesiculosa: selten Entzündungen bei Infektionen des Genitales.

1.23 Nebenhoden (Epididymis) und Samenleiter (Ductus deferens)

Lage

Nebenhoden: extraperitoneal (nicht in die Tunica vaginalis testis eingebunden) im Scrotum dorsolateral auf dem Hoden.

Samenleiter: zieht (vom Nebenhoden kommend) auf Ober- und Rückseite der Blase durch den Leistenkanal in die Prostata. Der Teil, der auf der Blasenoberseite liegt, ist von Peritoneum urogenitale bedeckt („infraperitoneale Lage").

Form und Aufbau

Nebenhoden: vielfach geknäulter, bis zu 12 m (!) langer Gang (= Nebenhodengang), der in Caput, Corpus und Cauda epididymidis gegliedert ist. In der Cauda epididymidis mündet der Nebenhodengang in den Samenleiter.

Samenleiter: ca. 40 cm langer Gang mit sehr starker Muskularis, die in Spiraltouren das enge Lumen umgibt (erscheint im histologischen Schnitt oft als dreischichtig); Epithel trägt Stereozilien. Der Gang erweitert sich kurz vor der Prostata zur Ampulla ductus deferentis und setzt sich als Ductus ejaculatorius in die Prostata fort.

Beachte: Aufgrund seiner starken Muskulatur ist der Ductus deferens im Leistenkanal als bleistiftdicker Strang tastbar.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 423)

Nebenhoden: retroperitonealer abdomineller Versorgungstyp (Anschluss an Hodengefäße). Mit kleinen Anteilen auch Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ). Die Leitungsbahnen schließen sich teilweise den Leitungsbahnen des Hodens an.

- *Arterien:* Äste aus der A. testicularis;
- *Venen:* Drainage zum Plexus pampiniformis in die Vv. testiculares;
- *Lymphdrainage:* Nll. lumbales;
- *Vegetative Innervation* (spärlich):
  - parasympathisch über Nn. splanchnici pelvici (S 2 – 4),
  - sympathisch aus den Nn. splanchnici lumbales und über den Plexus hypogastricus inferior.

Samenleiter: Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

- *Arterien:* A. ductus deferentis aus der A. umbilicalis;
- *Venen:* Drainage teils in Plexus pampiniformis, teils in den Plexus venosus vesicalis;
- *Lymphdrainage:* Nll. lumbales;
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch über Nn. splanchnici pelvici (S 2 – 4),
  - sympathisch aus den Nn. splanchnici lumbales und über den Plexus hypogastricus inferior.

Funktion

Nebenhoden: Speicherung und abschließende Reifung der im Hoden produzierten Spermien.

Samenleiter: rascher Transport der Spermien bei der Ejakulation zur Urethra masculina.

Beachte: Testikuläre Bildung und Reifung der Samenzellen im Hoden sowie Wanderung im Nebenhoden mit der endgültigen Lagerung in den unteren Abschnitten des Nebenhodengangs dauern ca. 80 Tage!

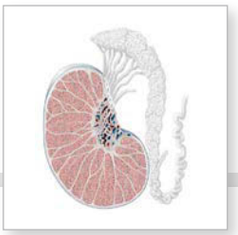
Embryonalentwicklung

beide Organe: mesodermal aus dem unteren Abschnitt des Urnierengangs (Wolff-Gang).

Wichtige Erkrankungen

Selten kommt es zu Entzündungen des Nebenhodens *(Epididymitis)* oder des Samenleiters.

1.24 Hoden (Testis, Didymis)



Lage

extrakorporal im Scrotum; aufgrund des Deszensus der Tunica vaginalis testis größtenteils umgeben von einer vollständig geschlossenen kleinen Höhle aus Peritonealepithel. Lage im Scrotum wird durch embryonalen Descensus testis erreicht.

Form und Aufbau

pflaumengroßes und -förmiges paariges Organ, das durch Bindegewebssepten in ca. 350 Lobuli testis gegliedert wird. Innerhalb jedes Lobulus liegen 2–4, vielfach gewundene Kanälchen, deren spezialisiertes Epithel zur Spermatogenese fähig ist. In das Bindegewebe eingelagerte Leydig-Zellen produzieren Testosteron.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 423)

retroperitonealer abdominaler Versorgungstyp (trotz extrakorporaler Lage!).
Beim Descensus testis werden die Leitungsbahnen aus dem oberen Abdomen „mitgenommen". Die Leitungsbahnen leiten sich somit nicht von Beckenstrukturen ab (Analogie zum Ovar!).

- *Arterien:* A. testicularis aus dem oberen Abschnitt der Aorta abdominalis;
- *Venen:* Drainage vom sog. Plexus pampiniformis über die Vv. testiculares rechts direkt in die V. cava inferior, links in die V. renalis sinistra (!);
- *Lymphdrainage:* Nll. lumbales;
- *Vegetative Innervation* (spärlich):
  - parasympathisch vom N. vagus,
  - sympathisch aus den Nn. splanchnici majores und minores über die Ggll. coeliaca und aorticorenalia (über Plexus testicularis).

Funktion

Produktion von Keimzellen (Spermien) und männlichen Geschlechtshormonen (Testosteron).

Embryonalentwicklung

mesodermal aus der zunächst indifferenten Keimdrüsenanlage in der Urogenitalleiste im Bereich der oberen Lendenwirbelsäule. Vorläuferzellen der Spermien wandern aus der Wand des embryonalen Dottersacks sekundär ein.

Beachte: extrakorporale Lagerung des Hodens, da die (höhere) Temperatur der Abdominalhöhle die Spermatogenese beeinträchtigen würde.

Wichtige Erkrankungen

- nicht ausreichender Deszensus führt zum sog. *Abdominalhoden* (Hoden bleibt in Abdominal- oder Beckenhöhle) oder *Leistenhoden* (Hoden bleibt im Leistenkanal). Die intrakorporal erhöhte Temperatur (Hoden liegt näher am Körperkern) vermindert die Samenzellbildung bis hin zu Unfruchtbarkeit (bei normaler Hormonproduktion);
- krampfaderartige Erweiterungen des Plexus pampiniformis (Varikozele, bevorzugt links) können über die Überwärmung des Hodens (größere Menge warmen Blutes) ebenfalls zu einer verminderten Fruchtbarkeit führen;
- der bösartige Hodentumor ist eine der häufigsten Krebsarten des jungen Mannes; bei einem intrakorporal verbliebenen Hoden (= Kryptorchismus) ist das Risiko, an einem bösartigen Tumor (Seminom, Teratom) zu erkranken, erhöht.

1.25 Eierstock (Ovarium)

Lage

intraperitoneal im kleinen Becken in der Fossa iliaca nach Descensus ovarii.
Beachte: Das Peritoneum auf dem Ovar wird missverständlich als Keimepithel bezeichnet, obwohl aus dem peritonealen Epithel keine Keimzellen hervorgehen. Beim Hoden bezeichnet der Begriff „Keimepithel“ dagegen keinen Peritonealbezug, sondern das Epithel, das die Keimzellen produziert.

Form und Aufbau

- paariges pflaumengroßes und -förmiges Organ mit Extremitas tubaria und uterina;
- Gliederung in:
  - bindegewebige Kapsel (Tunica albuginea),
  - Rinden- und Markzone (Cortex und Medulla ovarii).

Rindenzone mit Follikeln (= Bläschen) unterschiedlicher Entwicklungsstadien. Follikel enthält Eizelle (Ovum), umgeben von Follikelepithel und einem bindegewebigen Mantel (Theca folliculi).
Beachte: Die weiblichen Geschlechtshormone werden nicht von der Eizelle, sondern von den Zellen des sie umgebenden Bindegewebsmantels produziert.

Leitungsbahnen
(s. auch S. 425)

hauptsächlich retroperitonealer abdominaler Versorgungstyp, zum kleineren Teil Beckenversorgungstyp (iliakaler Typ).

- *Arterien:* A. ovarica aus der Aorta abdominalis; R. ovaricus aus der A. uterina: sog. Eierstockarkade,
  Beachte: Durch die doppelte Versorgung des Ovars mit arteriellem Blut ist bei operativer Entfernung eine Unterbindung beider Gefäßsysteme erforderlich.
- *Venen:* V. ovarica rechts in die V. cava inferior, links in die V. renalis sinistra; auch Plexus venosus ovaricus in Plexus venosus uterinus,
- *Lymphdrainage:* in die Nll. lumbales,
- *Vegetative Innervation:*
  - parasympathisch v. a. N. vagus,
  - sympathisch Nn. splanchnici (majores) minores und imus (über Ggll. coeliaca und aorticorenalia).

Funktion

- Produktion und Bereitstellung weiblicher Keimzellen (Eizellen);
- zyklische Produktion weiblicher Geschlechtshormone.

Embryonalentwicklung

aus der Keimdrüsenanlage im intermediären Mesoderm der Urogenitalleiste im Bereich der oberen Lendenwirbelsäule. Von dort steigt das Ovar ab ins kleine Becken (Descensus ovarii).
Beachte: Ein großer Teil der embryonalen Anlage des Ovars liegt zunächst retroperitoneal und wird durch Verschmelzung der Urogenitalleisten nach intraperitoneal verlagert. Beim Deszensus nimmt das Ovar seine Leitungsbahnen aus dem Oberbauch mit, die Leitungsbahnen laufen dann innerhalb einer Peritonealduplikatur (Lig. suspensorium ovarii).

Wichtige Erkrankungen

- Ovarialkarzinom: besonders bösartig, da sich die Tumorzellen leicht in der gesamten Bauchhöhle ausbreiten können;
- Störungen der Follikelentwicklung mit daraus resultierender verminderter Fruchtbarkeit (Infertilität) oder Störungen des hormonellen Zyklus.

Anhang

Literaturverzeichnis 459
Sachverzeichnis 461

Literaturverzeichnis

Agur AMR. Grants Anatomie. Lehrbuch und Atlas. Stuttgart: Enke; 1999
Anschütz F. Die körperliche Untersuchung. 3. Aufl. Heidelberg: Springer; 1978
Aumüller G, Aust G, Doll A et al. Anatomie. Duale Reihe. Stuttgart: Thieme; 2007

Bähr M, Frotscher M. Duus' Neurologisch-topische Diagnostik. 8. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2003
Becker C. CT-Diagnostik der koronaren Herzkrankheit. Teil I: Indikation, Durchführung und Normalbefundung der CT-Koronarographie. Radiologie up2date 2008; 1: 55-67; DOI 10.1055/s-2007-995498
Behrends JC, Bischofberger J, Deutzmann R et al. Physiologie. Duale Reihe. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012
Block B, Meier PN, Manns MP. Lehratlas der Gastroskopie. Stuttgart: Thieme; 1997
Block B, Schachschal G, Schmidt H. Der Gastroskopie-Trainer. Stuttgart: Thieme; 2003
Brambs H-J. Pareto-Reihe Radiologie. Gastrointestinales System. Stuttgart: Thieme; 2007

Claussen CD, Miller S, Fenchel M et al. Pareto-Reihe Radiologie. Herz. Stuttgart: Thieme; 2007

Dauber, W. Feneis' Bild-Lexikon der Anatomie. 9. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005
Dietrich Ch, Hrsg. Endosonographie. Lehrbuch und Atlas des endoskopischen Ultraschalls. Stuttgart: Thieme; 2007
Dorschner W, Stolzenburg J-U, Neuhaus J. Structure and Function of the Bladder Neck. Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology Vol. 159. Berlin: Springer; 2001
Drews U. Taschenatlas der Embryologie. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006

Faller A, Schünke M. Der Körper des Menschen – Einführung in Bau und Funktion. 15. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008
Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R, Hrsg. Waldeyer – Anatomie des Menschen. Berlin: De Gruyter; 2003
Flachskampf F. Kursbuch Echokardiografie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008
Földi M, Kubik S. Lehrbuch der Lymphologie. 3. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer; 1993
Frick H, Leonhardt H, Starck D. Allgemeine und spezielle Anatomie. Taschenlehrbuch der gesamten Anatomie, Bd. 1 u. 2. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1992
Fritsch H, Kühnel W. Taschenatlas der Anatomie. Bd. 2. 7. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2001

Graumann W, von Keyserlingk D, Sasse D. Taschenbuch der Anatomie. Stuttgart: Gustav Fischer; 1994
Greten H, Hrsg. Innere Medizin. 12. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005

Hamm B, Krestin GP, Laniado M, Paul G, Volkmar N, Taupitz M, Hrsg. MRT von Abdomen und Becken. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006
Haferlach T, Bacher U, Theml H, Diem H. Taschenatlas Hämatologie. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012
Hegglin J. Chirurgische Untersuchung. Stuttgart: Thieme; 1976
Heinecker R. EKG in Klinik und Praxis. Stuttgart: Thieme; 1975

Ignjatovic D et al. Can the gastrocolic trunk of Henle serve as an anatomical landmark in laparoscopic right colectomy? A postmortem anatomical study. The American Journal of Surgery 2010; 199: 249–254
Jin G, Tuo H, Sugiyama M et. al. Anatomic study of the superior right colic vein: its relevance to pancreatic and colonic surgery. The American Journal of Surgery 2006; 191: 100–103

Klinke R, Silbernagl S. Lehrbuch der Physiologie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2001

Lange S. Radiologische Diagnostik der Thoraxerkrankungen. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005
von Lanz T, Wachsmuth W. Praktische Anatomie. Bd. II/6 Bauch. Berlin: Springer; 1993
Lippert H, Pabst R. Arterial Variations in Man. München: Bergmann; 1985
Loeweneck H. Diagnostische Anatomie. Berlin: Springer; 1981
Lüllmann-Rauch R. Histologie. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006
Lüllmann-Rauch R. Taschenlehrbuch Histologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2012

Masuhr KF, Neumann M. Neurologie. Duale Reihe. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2005
McNeal JE. Regional morphology and pathology of the prostate. Am J Clin Pathol 1968; 49: 347–357
Möller TB, Reif E. Taschenatlas der Röntgenanatomie. 3. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006
Möller TB, Reif E. Taschenatlas der Schnittbildanatomie. Bd. 2: Thorax, Abdomen, Becken. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2000
Moore KL, Persaud TVN. Embryologie. 5. Aufl. München: Urban & Fischer bei Elsevier; 2007

Nauth HF. Gynäkologische Zytodiagnostik. Stuttgart: Thieme; 2002
Netter FH. Farbatlanten der Medizin. Stuttgart: Thieme; 2000

Platzer W. Taschenatlas der Anatomie. Bd. 1. Stuttgart: Thieme; 1999
Platzer W. Atlas der topographischen Anatomie. Stuttgart: Thieme; 1982

Rauber A, Kopsch F. Anatomie des Menschen. Bd. 1–4. Stuttgart: Thieme; Bd 1. 2. Aufl. 1997; Bde. 2 u. 3 1987; Bd. 4 1988
Reiser M, Kuhn FP, Debus J. Radiologie. Duale Reihe. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2006
Rohde H. Lehratlas der Proktologie. Stuttgart: Thieme; 2006
Rohen JW. Topographische Anatomie. 10. Aufl. Stuttgart: Schattauer; 2000
Romer AS, Parson TS. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. 5. Aufl. Hamburg und Berlin: Parey; 1983

Sadler ThW. Medizinische Embryologie. 11. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2008
Schneider H, Ince H, Kische S, Rehders TC et al. Management der Aortenisthmusstenose im Erwachsenenalter: Diagnostik, Prognose und Behandlung. Kardiologie up2date 2008; 4: 85–99; DOI: 10.1055/s-2007-995625
Schünke M. Funktionelle Anatomie – Topographie und Funktion des Bewegungssystems. Stuttgart: Thieme; 2000

Schumacher GH, Aumüller G. Topographische Anatomie des Menschen. 6. Aufl. Stuttgart: Gustav Fischer; 1994
Schumpelick V, Bleese N, Mommsen U. Chirurgie. 4. Aufl. Stuttgart: Enke; 1999
Schwalenberg T, Neuhaus J, Dartsch M et al. Funktionelle Anatomie des männlichen Kontinenzmechanismus. Der Urologe 2010; 49: 472–480
Silbernagl S, Despopoulos A. Taschenatlas der Physiologie. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2003
Stelzner F. Chirurgie an viszeralen Abschlußsystemen. Stuttgart: Thieme; 1998. Unter Benutzung der Ergebnisse von Widmer O. Die Rektalarterien des Menschen. Z Anat Entwickl-Gesch 1955; 118
Stelzner F. Der Verschluß der terminalen Speiseröhre. Deutsch Med Wochensch 1968; 93: 1679–1685
Strohmeyer G, Dölle W. Ösophagusvarizen: Bedeutung, Ursachen und Behandlung. Med Klein 1963; 58: 1649–1653
Thelen M, Erbel R, Kreitner KF, Barkhausen J, Hrsg. Bildgebende Kardiodiagnostik. Stuttgart: Thieme; 2007
Theml H, Diem H, Haferlach T. Taschenatlas der Hämatologie. 5. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2002
Tillmann B. Farbatlas der Anatomie. Zahnmedizin – Humanmedizin. Stuttgart: Thieme; 1997
Thurn P, Bücheler E. Einführung in die Röntgendiagnostik. 6. Aufl. Stuttgart: Thieme; 1979

Wallner C, Dabhoiwala NF, DeRuiter MC et al. The Anatomical Components of Urinary Continence. European Urology 2009; 55/4: 932–944
Wedel T. Funktionelle Anatomie – Voraussetzung zum Verständnis von Defäkationsstörungen. In: Chir Gastroenterol 2007; 23: 220–227
Wedel T, Stelzner S. Persönliche Mitteilung

Sachverzeichnis

Begriffe, die nicht Bestandteil der aktuellen Terminologia anatomica sind, wurden mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet.

Halbfette Zahlen bezeichnen Seiten mit detaillierter Darstellung oder deutlicher Abbildung der gesuchten Struktur.

A

Abdomen
– Computertomogramm **375**
– Ganglien, vegetative **224**
– Horizontalschnitt **374**
– Lymphabfluss 91
– Lymphknoten
– – parietale 31, 220
– – viszerale 31
– Lymphstämme 221
– Parasympathikus **226**
– Plexus, vegetative **224**
– Regionen **359**
– Schichten **208**
– – ventral-dorsale 377
– Sympathikus **226**
Abdomenübersichtsaufnahme 378
Abdominalhoden 454
Abdominalorgane 9
– Projektion auf die Rumpfwand 361
Abdominalpolizei 362
Abstrich, zytologischer
– Portio vaginalis cervicis uteri **330**
– Zervixkanal **330**
Abszess, perianaler 241
Abwehrsystem, Organe 3
Acetylcholin 71
Acetylcholinrezeptor 67
Achsellymphknoten 28
Acromion 179
ACTH (adrenokortikotropes Hormon) 69
ACVB (aortokoronarer Venenbypass) **131**
Addison, Morbus 298, 444
Adenohypophyse 66
Adenohypophyse (Hypophysenvorderlappen) 66, 69
– Regelkreis 68
Adenokarzinom, rektales 242
Adenom
– tubuläres 248
– tubulovillöses 248
– villöses 248
ADH (Adiuretin, Vasopressin) 69
Adiuretin 69
Adnexe **322**
– Peritonealverhältnisse **322**
Adnexitis 451
Adrenalin 69, 298, 316, 444
Adrenalinrezeptor 67
Adventitia 39
– Gefäße 11
– Ösophaguswand 172
– recti 380
Aganglionose, rektale, physiologische 243, 288
Akrosom 341
Aktionspotential, EKG 117
Alcock-Kanal (Canalis pudendalis) 272
Aldosteron 298
Allantois 5, 40, 47
Allergische Reaktion 25
Alveolarepithel 37
Alveolarepithelzellen
– Typ I 37, 155
– Typ II 37, 155
Alveolarlumen 155
Alveolen (Lungenbläschen) 32, 35, **154**, 432
– Auskleidung 155
– Bildung **37**
– Kapillargebiet 154
– Oberflächenspannung 37
– primäre **37**
– Vorstufen **37**
Alveolensäckchen 35
Alveolenzahl 37
Alveolus pulmonalis* (Lungenbläschen) 148, **154**, 432
AMH (Anti-Müller-Hormon) 62
– Genitalwegedifferenzierung 60
Aminosäurederivate, Hormone 69
Ammenzellen 176
Amnion 4
Amnionhöhle 4, 14
Ampulla
– ductus deferentis **336**
– – im Mediansagittalschnitt 206
– duodeni 232
– hepatopancreatica 257, **259**
– recti 47, **241**, 242, 381, 440
– – Dehnungsrezeptoren 242
– – – Innervation 244
– – Füllung 244
– tubae uterinae 323, 334, 450
– urethrae* 308, 448
Analabszess **247**, 440
– infralevatorischer 247
– intersphinkterer 247
– ischiorektaler 247
– pelvirektaler 247
– subkutaner 247
– supralevatorischer 247
Analfalten 47
Analfistel 241, **247**, 440
– atypische 247
– intersphinktere 247
– subanodermale 247
– subkutane 247
– suprasphinktere 247
– transsphinktere 247
Analgrube 40
– Differenzierung 41
Analkanal 38, 47, **240**, 242, 440
– chirurgischer 241
– Embryonalentwicklung **41**, 440
– Epithelverhältnisse 242
– Fehlentwicklung 49
Analkanalerkrankung 246
Analkarzinom 242
Analmembran 47
– fehlende Eröffnung 49
Anastomosen
– arterielle, abdominelle 213
– arteriovenöse 12
– Dickdarmarterien 271
– kavokavale **88**, **218**
– portokavale 171, 216, **219**, 255, 274, 276, 279
– venöse, Oesophagus 171
Androgen 69, 341
Aneurysma
– dissecans 200
– fusiforme 200
– sacciforme 200
– spurium 200
– verum 200
Aneurysmaruptur 200
Angina pectoris **125**
– instabile 125
– Schmerzausstrahlung 135
– stabile 125
Angiotensinogen 69, 440
Anguli inferiores scapulae, Verbindungslinie 180
Angulus
– inferior scapulae 179, 180
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
– sterni, Projektion auf die Brustwirbel 180
– superior scapulae 179
– venosus dexter 28, 30
– venosus sinister 28, 30
Anoderm **241**, 242
Anorectum **241**
– angiomuskulärer Verschlussmechanismus 242
Anorektalkanal 47
ANP (atriales natriuretisches Peptid) 69, 430
Anteflexio uteri 326, 403, 450
Anteversio uteri 326, 403, 450
Anti-Müller-Hormon 62
– Genitalwegedifferenzierung 60
Antigen 28
– Identifikation im Appendix vermiformis 438
– prostataspezifisches 337, **339**
Antigenstimulation 27
Antikörper, monoklonale 25
Antikörperproduktion 28
Antiperistaltik 168
Antrum
– folliculare 333
– pyloricum 228, 231
Anulus
– femoralis 391
– – Hernie 391
– fibrosis cordis 107
– inguinalis profundus 340, 390
– – Hernie 391
– inguinalis superficialis 391
– lymphaticus cardiae 173, **280**
Anus **241**, 242
– imperforatus 49
Aorta 10
– abdominalis (Bauchaorta) 9, 51, 87, 90, 170, 212, 214, 314, 386
– – Astfolge **211**
– – im Horizontalschnitt 374, 387
– – Lage 208
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – postnatale 20
– – pränatale 20
– – Projektion
– – – auf das Becken 211
– – – auf die Wirbelsäule 211
– ascendens 13, 19, 78, **86**, 87, 90, 96, 100, 188
– – Blutstrom 119
– – Entwicklung 16
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – im Mediansagittalschnitt 185
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Öffnung im Pericardium **98**
– – Projektion auf die Thoraxwand **86**
– descendens 13, **86**
– – von dorsal 187
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– dorsalis, frühembryonaler Kreislauf 15
– embryonale 6
– paarige 4
– thoracica 78, 85, **86**, 90, 137, 139, 170
– – Arteria-bronchialis-Abgang 153
– – Lage **87**
– – Lagebeziehung zum Oesophagus 165
– – Rami bronchiales 12, 86, 87, **152**, 412
– – – Blutdruck 152
– – Rami oesophageales 86, **87**, 170, 409, 434
– – Rami pericardiaci 86
– – Rami tracheales 86, 152
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97

Aorta
– ventralis, frühembryonaler Kreislauf 15
– auf dem Ventrikelseptumdefekt reitende 21
– Wandaufbau 87
– Windkesselfunktion **87**
Aortenaneurysma **200**
– dissezierendes 200
– echtes 200
– falsches 200
– infrarenales 200
– Operationsindikation 200
– Ösophaguseinengung 87
– Ruptur 200
– sackförmiges 200
Aortenbifurkation **210**, 270, 386
– Interpositionsprothese 200
– Projektion auf die Wirbelsäule 211, 361
Aortenbogen (s. auch Arcus aortae) **196**, 198
– aufgedehnter 111
– Ende, Projektion auf die Brustwirbel 180
– erster 15
– im Magnetresonanztomogramm 115
– im Röntgenbild 110, 136, 160
– Ursprung, Projektion auf die Brustwirbel 180
Aortenbogenäste, Ursprungsvarianten **196**
Aortendissektion **201**
– Klassifikation **201**
Aortendruck, diastolischer, erhöhter 125
Aortenenge des Oesophagus 434
Aortenintimaeinriss 201
Aortenisthmusstenose 87, **198**
– adulte 198
– Ballondilatation 199
– infantile 198
– interventionelle Therapie 199
– MR-Angiografie 199
– postduktale 198
– – Kollateralkreislauf 198
– – Röntgenbild 199
– präduktale 198
Aortenkanal 19
Aortenklappe s. auch Valva aortae
– Auskultationsort 109
– Embryonalentwicklung 19
– im Magnetresonanztomogramm 115
– im Mediansagittalschnitt 185
– Segel
– – linkskoronares 128
– – nichtkoronares 128
– – rechtskoronares 128
Aortenlumen, falsches 201
Aortenwurzel, CT-Ebene 128
Apertura
– thoracis inferior 181
– thoracis superior 79, 137, 142, 181, 194, **196**, 432
– – Horizontalschnitt 195
Apex
– cordis s. Herzspitze
– prostatae 337
– pulmonis (Lungenspitze) 137, **144**, 181, 432
– vesicae urinariae 304, **336**, 447
Apoptose 428
Appendektomie 438
Appendices s. auch Appendix
– epiploicae 235, **236**, 362
– omentales 235, **236**, 438
Appendicitis acuta 438
Appendix s. auch Appendices
– epididymidis 64
– fibrosa hepatis 252, **253**
– vermiformis (Wurmfortsatz) 2, 28, 38, **238**, 393, **438**
– – Antigenidentifikation 438
– – arterielle Versorgung 418
– – Entwicklung **41**, 46
– – Innervation **289**, 418
– – Lage 208
– – Lagevarianten **239**
– – Lymphabfluss 418
– – Mesenterium 237
– – venöse Drainage 418
– – Wandaufbau **239**
– vesiculosa 64, 322
Appendizitis 238, 438
– Druckschmerzpunkte 239
Appenix
– vermiformis (Wurmfortsatz)
– – Projektion auf die Rumpfwand 361
Arbor bronchialis **142**
Arcus
– aortae (Aortenbogen) 20, 78, **86**, 87, 100, 102, 137, 181, 194, **196**, 198
– – Lagebeziehung zum Oesophagus 165
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – im Röntgenbild 110, 136
– – Ursprung, Projektion auf die Brustwirbel 180
– costalis 358
– – Horizontalebene 360
– – Oberflächenrelief 178
– iliopectineus 345
– tendineus fasciae pelvis 303, 306, **307**, 309
– tendineus musculi levatoris ani 303
Area
– cribrosa papillae renalis **295**
– nuda faciei diaphragmaticae hepatis 79, 185, **252**, **292**, 440
– – Entstehung 44
– – im Mediansagittalschnitt 185, 206
Areae gastricae 231
Areola mammae 178, 358
Arkaden
– arterielle **268**
– – darmnahe 437
– venöse 275, **276**
Arteria s. auch Arteriae
– appendicularis 212, **238**, 418, 438
– arcuata renis **294**, 312
– axillaris 13, 182
– brachialis 13
– bulbi penis 344
– bulbi vestibuli vaginae 321, 344
– caecalis anterior 238, **268**, 270, 418, 438
– caecalis posterior **268**, 270, 418, 438
– carotis communis 13, 86, 90, 100
– – Rami oesophageales **178**
– carotis communis dextra 87
– – Ursprung 196
– carotis communis sinistra 78, 87
– – Ursprung 196
– carotis externa 13
– carotis interna 13
– – frühembryonaler Kreislauf 15
– caudae pancreatis 212, **266**, 416, 442
– circumflexa ilium profunda 182, 210, 214, 390
– circumflexa ilium superficialis 182
– colica dextra **212**, 213, **268**, **270**, 418, 438
– – Ramus colians 212
– – Ursprung 269
– – vegetativer Plexus 287, **289**
– colica media 206, **212**, 213, 262, 268, **270**, 418, 438
– – Kurzschlüsse mit Arteria colica sinistra 438
– – Ramus dexter 212
– – Ramus sinister 212
– – vegetativer Plexus **289**
– colica sinistra **212**, 213, **270**, 400, 419, 438
– – vegetativer Plexus **289**
– corona mortis 390
– coronaria dextra 86, 106, **120**, 410, 431
– – Abgang 108, **128**
– – CT-Anatomie 129
– – dominierende 123
– – dreidimensionale CT-Rekonstruktion **129**
– – Rami atriales 120
– – Rami interventriculares septales 121
– – Ramus atrioventricularis 120
– – Ramus coni arteriosi 121
– – Ramus interventricularis posterior 120, 410, 431
– – Ramus marginalis 120
– – Ramus nodi atrioventricularis 120
– – Ramus nodi sinuatrialis 120
– – Ramus posterolateralis 120, 123
– – Segmenteinteilung **126**
– – Verengung 122
– – versorgte Herzteile **122**
– coronaria sinistra 86, 106, **120**, 410, 431
– – Abgang 108, **128**
– – dominierende 123
– – dreidimensionale CT-Rekonstruktion **129**
– – Koronarsklerose, CT-Anatomie 129
– – Rami atriales sinistri 120
– – Rami interventriculares septales 121
– – Ramus atrioventricularis 120
– – Ramus circumflexus **120**, **126**, 410, 431
– – Ramus coni arteriosi 120
– – Ramus interventricularis anterior 96, 100, **120**, **124**, **126**, 410, 431
– – Ramus interventricularis posterior 123
– – Ramus lateralis distalis 120
– – Ramus lateralis proximalis 120
– – Ramus marginalis 120
– – Ramus posterior ventriculi sinistri 120
– – Ramus posterolateralis 121
– – Segmenteinteilung **126**
– – selektive Koronarangiografie 127
– – versorgte Herzteile **122**
– corticalis radiata renis **295**, 312
– cremasterica 343
– cystica **212**, 213, 251, **253**, 264, 266, 268, 414, 441
– – Ligamentum hepatoduodenale 371
– – Varianten 265
– dorsalis clitoridis 327, 344
– dorsalis pedis 13
– dorsalis penis 308, **344**, 346
– ductus deferentis 213, **343**, 344, 346, 401, 423, 453
– epigastrica inferior 182, 210, 214, 300, 344, 362, 390
– – Ductus-deferens-Verlauf 343
– – Ramus obturatorius 344
– epigastrica superficialis 182
– epigastrica superior 182
– femoralis 13, 182, 210, 390
– gastrica dextra 211, **212**, 213, 251, 264, **266**, **268**, 415, 435
– gastrica posterior 213, **265**, 266, 435
– gastrica sinistra 13, **211**, **212**, 251, 262, 264, **266**, **268**, 285, 386, 414, 415, 435
– – Abgang aus der Aorta abdominalis 265
– – Rami oesophageales **170**, 213, 409, 434
– gastroduodenalis 211, **212**, 251, 264, **266**, 268, 415, 416, 442
– – Rami duodenales 213, **266**, 436
– gastroomentalis 211, 285
– gastroomentalis dextra **212**, 213, 251, **264**, 268, 415, 435

– gastroomentalis sinistra 212, 251, **264**, **266**, 266, 415, 435
– glutea inferior 210, 213, 272, 344
– glutea superior 210, 213, 272, 344
– hepatica 12
– hepatica communis 13, **211**, **212**, 233, 251, **264**, 266, **268**, 414, 415, 416, 435, 440, 442
– hepatica propria 211, **212**, 251, 252, 254, **264**, 266, 268, 386, 440
– – Ligamentum hepatoduodenale 371
– – Ramus dexter 251, 252, 264, **265**, **266**, 268, 414
– – Ramus sinister 251, 252, 264, **265**, **266**, 268, 414
– hepatosplenica 265
– ileocolica 213, **268**, **270**, 417, 418, 437, 438
– – Ramus colicus 268, 270
– – Ramus ilealis 268, 270
– – vegetativer Plexus 287, **289**
– iliaca communis 13, **210**, 214, 220, **270**, 272, 344, 386, 420
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – Projektion auf das Becken 211
– – Ureterverlauf 300
– iliaca externa 13, 182, 210, 321, 344, 386, 398
– iliaca interna 13, 210, **213**, 272, 420, 422, 423
– – Äste **344**
– – – parietale **213**, **344**
– – Astfolge 345, 347, 349
– – Hauptast
– – – hinterer 344
– – – vorderer 344
– – Lagebeziehung zum Plexus sacralis 344
– – Truncus anterior 213, **447**
– – Truncus posterior 213, **447**
– – Ureterverlauf 300
– – viszerale Äste **213**, 447
– iliocolica 212, 269
– – Ramus caecalis anterior 212
– – Ramus caecalis posterior 212
– – Ramus colians 212
– – Ramus ilealis 212
– iliolumbalis 210, 213, 345
– intercostalis 182, 190
– interlobaris renis **294**, **312**
– interlobularis hepatis **255**, 440
– ligamenti teretis uteri 350
– lingularis 151
– lobaris media pulmonis dextri **151**
– lobaris pulmonis 150
– lumbalis 87
– lumbalis I 210
– lumbalis IV 211
– mammaria interna, Bypass-Operation **131**
– mesenterica inferior 13, 210, **211**, 213, 214, **270**, **272**, 386, 419, 420, 439
– – Anastomose mit der Arteria iliaca interna 213
– – Arkadenbildung **270**
– – Äste **270**, **272**
– – Astfolge 271
– – Dickdarmversorgung **270**
– – Lagebeziehung zum Dickdarm 271
– – Projektion auf die Wirbelsäule 211, **271**
– – Rektumversorgung 271
– – Ursprung, Projektion auf die Wirbelsäule 361
– – Verengung 271
– mesenterica superior 13, 46, 210, **213**, 214, 232, **266**, **268**, **270**, 285, 299, 373, 386, 417, 418, 436, 442
– – Anastomose mit Arteria mesenterica inferior 213
– – Arkadenbildung **268**
– – Äste **268**, 416, 417
– – Astfolge 269
– – im Horizontalschnitt 374
– – ileale Äste 437
– – Lage
– – – zum Duodenum **269**
– – – zur Vena renalis sinistra **269**
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – Projektion auf die Wirbelsäule 211, **269**
– – Ursprung **268**
– – – Projektion auf die Wirbelsäule 361
– – Verengung 271
– musculophrenica 85, 86, 413
– obturatoria 210, 213, 272, 345, 346, 351, 390
– – Ramus pubicus 210
– omphalomesenterica 15
– ovarica 13, 210, 213, 214, 299, **310**, 332, **350**, 386, 398, 425, 455
– – Ramus tubarius 350, 425
– – Ursprungsvarianten 351
– – Verlauf 291
– pancreatica dorsalis **212**, 213, **266**
– pancreatica inferior 212, **266**
– pancreatica magna **212**, 213, **266**, 416, 442
– pancreatica transversa 212
– pancreaticoduodenalis 213, 285
– pancreaticoduodenalis inferior **212**, 213, **266**, 269, 416, 436, 442
– – Ramus anterior **266**, 267, **268**, 416
– – Ramus duodenalis 416, 436
– – Ramus posterior **266**, 267, **268**, 416
– pancreaticoduodenalis inferior anterior **212**
– pancreaticoduodenalis inferior posterior **212**
– pancreaticoduodenalis superior anterior **212**, 213, 251, 264, **266**, **268**, 416, 442
– pancreaticoduodenalis superior posterior **212**, 213, 251, 264, **266**, **268**, 416, 442
– pericardiacophrenica 78, 85, 86, 183, 184, 190, 411, 413, 429
– – Rami pericardiaci 184
– – Rami thymici 408
– perinealis 321, 344
– peronea (fibularis) 13
– phrenica inferior 87, 299, 413, 421
– phrenica inferior dextra 85, 170, 210, 213, 291
– phrenica inferior sinistra 170, 210, 213, 291
– phrenica superior 85, 86, 413
– poplitea 13
– profunda brachii 13
– profunda clitoridis 344
– profunda femoris 13
– profunda penis 308, **344**
– pudenda interna 210, 213, 272, 346, 348, 398, 420, 448
– – Äste 344
– – Rami labiales posteriores 344
– – Rami scrotales posteriores 344
– – Verlauf
– – – bei der Frau 344
– – – beim Mann 344
– pulmonalis 10, 32, 154, 412, 430
– – Aufteilung 150
– – postnatale 20
– – pränatale 20
– – im Röntgenbild 110
– – Segmentast **146**
– – Topografie **153**
– pulmonalis dextra 79, 100, 108, 137, 139, 145, **150**, 153, 433
– – Äste **151**
– – Länge 151
– – im Mediansagittalschnitt 185
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Projektion auf den Thorax 151
– pulmonalis sinistra 86, 96, 100, 137, 139, 145, **150**, 433
– – Äste **151**
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Öffnung im Pericardium **98**
– – Projektion auf den Thorax 151
– radialis 13
– rectalis inferior 213, 272, 344, 346, 420, 439
– – infradiaphragmaler Verlauf 272
– rectalis media 210, 213, 272, 344, 346, 351, 380, 398, 420, 439
– – supradiaphragmaler Verlauf 272
– rectalis superior **212**, 213, 243, **270**, 272, 346, 380, 400, 419, 420, 439
– – peritonealer Verlauf 272
– renalis (Nierenarterie) 291, **294**, **296**, **310**, 386, 421, 445
– – Äste zu den Nierensegmenten **313**
– – Aufteilung in Arteriae segmenti **312**
– – im Horizontalschnitt 374
– – Projektion auf die Wirbelsäule 211, **311**
– – Rami capsulares 312
– – Rami ureterici 312, 421, 446
– – Ramus anterior 312
– – Ramus posterior 312
– – Ursprung, Projektion auf die Wirbelsäule 361
– renalis dextra 213, **293**, 299, **310**
– – Verlauf 310
– renalis sinistra 210, **212**, 213, 268, **310**
– retroduodenalis 213
– sacralis lateralis 210, 213, 300, 344, 347
– sacralis media 380
– sacralis mediana 210, 213, 214, 272, 300, 344, 346, 400
– sacralis recta 380
– segmentalis anterior pulmonis dextri 151
– segmentalis anterior pulmonis sinistri 151
– segmentalis apicalis pulmonis dextri 151
– segmentalis apicalis pulmonis sinistri 151
– segmentalis basalis anterior pulmonis dextri 151
– segmentalis basalis anterior pulmonis sinistri 151
– segmentalis basalis lateralis pulmonis dextri 151
– segmentalis basalis lateralis pulmonis sinistri 151
– segmentalis basalis medialis pulmonis dextri 151
– segmentalis basalis medialis pulmonis sinistri 151
– segmentalis basalis posterior pulmonis dextri 151
– segmentalis basalis posterior pulmonis sinistri 151
– segmentalis lateralis pulmonis 151
– segmentalis medialis pulmonis 151
– segmentalis posterior pulmonis dextri 151
– segmentalis posterior pulmonis sinistri 151
– segmentalis pulmonis **146**, 150, 433
– segmentalis superior pulmonis dextri 151
– segmentalis superior pulmonis sinistri 151
– segmenti anterioris inferioris renis 312

Arteria
– segmenti anterioris superioris renis 312
– segmenti inferioris renis 312
– segmenti posterioris renis 312
– segmenti renalis 296, 312
– segmenti superioris renis 312
– splenica 13, **211**, 212, 251, 262, 264, **266**, **268**, 299, 386, 414, 415, 416, 435, 442, 443
– – Rami pancreatici 213, **266**, 416
– subclavia 86, 90, 100, 182, 408
– – Projektion auf die Thoraxwand **86**
– subclavia dextra 13, 87
– – Ursprung 196
– subclavia sinistra 13, 78, 87
– – Ursprung 196
– supraduodenalis 213, 266
– suprarenalis inferior 210, 213, 291, 293, 298, **310**, 312, 421
– suprarenalis media 210, 213, 291, 293, 298, **310**, 421
– – Abgang aus der Aorta abdominalis **313**
– suprarenalis superior 210, 213, 291, 293, 299, **310**, 386, 421
– testicularis 211, 213, 299, **310**, 340, 343, 355, 423, 453, 454
– – Ursprungsvarianten 351
– – Verlauf 300
– thoracica interna 13, 85, 86, 182, 411, 413
– – Rami intercostales anteriores 86
– – Rami mediastinales 86
– – Rami thoracici 408
– – Rami thymici 86, 428
– – Rami tracheales 152
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– thoracica lateralis 182
– thoracica superior 182
– thoracodorsalis 182
– thyroidea ima 86
– thyroidea inferior 86
– – Rami oesophageales 86, **170**, 409, 434
– – Rami tracheales 86
– tibialis anterior 13
– tibialis posterior 13
– ulnaris 13
– umbilicalis 15, 20, 210, 213, 347, 422, 423
– – Pars occlusa 20, 302, 344, 351, 390, 398
– – Pars patens 20, 344, 390, 398
– – verödete 20, 235
– urethralis 308, 448
– uterina 210, 213, 321, 345, 348, **350**, 398, 424, 450
– – Lagebeziehung zum Ureter 351
– – Rami helicini **350**
– – Rami vaginales 424
– – Ramus ovaricus 350, 425, 455
– – Ramus tubarius 350, 424, 450
– – Ramus vaginalis 350
– – Verlauf 349
– vaginalis 345, 398, 449
– vertebralis 197
– vesicalis inferior **210**, 213, 344, 346, 398, 423, 447
– – Rami prostatici 422
– – Ramus vaginalis 351
– vesicalis superior 213, 344, 346, 398, 447
– – Rami ureterici 422, 446
Arteriae s. auch Arteria
– bronchiales **152**
– – Topografie **153**
– – Ursprung 153
– gastricae breves 212, **265**, 266, 415
– ileales **212**, 213, **268**, 417
– intercostales posteriores 86, 87, 170, 433
– – Ramus bronchialis 152
– jejunales **212**, 213, **268**, 417, 437
– – vegetativer Plexus 287
– lobares inferiores pulmonis dextri **151**
– lobares inferiores pulmonis sinistri **151**
– lobares superiores pulmonis dextri **151**
– lobares superiores pulmonis sinistri **151**
– lumbales I-IV 213
– lumbales imae 213
– pulmonales, Sauerstoffgehalt im Blut 150, 154
– rectae 212, **268**
– rectales
– – Anastomosen 273
– – Versorgungsgebiet 273
– sigmoideae **212**, 213, 270, 419, 438
– – vegetativer Plexus **289**
– vitellinae 15
Arterien 10, 13
– abdominale **212**
– Parasympathikuswirkung 227
– Sympathikuswirkung 226
– Wandaufbau 11
Arteriola
– glomerularis afferens **294**
– glomerularis efferens **294**
Arteriolen 10, 12
Arteriosklerose
– Koronararterien 125
– Risikofaktoren 125
Articulatio acromioclavicularis, Oberflächenrelief 178
Aschoff-Tawara-Knoten s. Atrioventrikularknoten; s. Nodus atrioventricularis
ASD (atrialer Septumdefekt; Vorhofseptumdefekt) 18, 21
Aspermie 342
Aspiration 37
Asthma bronchiale 149, 433
Aszites 275
Atemhilfsmuskeln 158
Atemmechanik 33, **158**
– bei Pneumothorax 159
– bei Spannungspneumothorax 159
Atemmuskeln
– exspiratorisch wirksame 158
– inspiratorisch wirksame 158
Atemnotsyndrom 37
Atemwege
– konduktiver Abschnitt 432
– obere **32**
– respiratorischer Abschnitt 432
– untere **32**
Atemzug, erster 37
Atmung
– Aktivierung 74
– äußere 32
– innere 32
Atmungssystem **32**
– Embryonalentwicklung 32
– Organe 3
Atrioventrikularbündel (His-Bündel; Fasciculus atrioventricularis) 107, **116**, 431
Atrioventrikularkananal 16
– linker 16
– rechter 16
Atrioventrikularklappe s. Valva atrioventricularis
Atrioventrikularklappenschluss 118
Atrioventrikularknoten **116**
– arterielle Versorgung 122
– Innervation 410
– Lage 116
Atrium cordis (Herzvorhof) 18
– commune 17
– dextrum 10, 21, 101, **104**, 150, 430
– – Blutstrom 119
– – im Horizontalschnitt 185
– – koronararterielle Versorgung 122
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Myocardium 103
– – im Röntgenbild 136
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– – Topografie 165
– sinistrum 10, 21, 101, 105, 430
– – Blutstrom 119
– – von dorsal 187
– – im Horizontalschnitt 185
– – koronararterielle Versorgung 122
– – Lagebeziehung zum Oesophagus 165, 189
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – im Mediansagittalschnitt 185
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Myocardium 103
– – postnatales 20
– – pränatales 20
– – im Röntgenbild 136
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
Atriumseptumdefekt s. Vorhofseptumdefekt
Auerbach-Plexus 73, **288**
Auricula atrii (Herzohr) 430
– dextra 96, 100, 102, **104**, 188
– sinistra 96, 100, 102, 105
– – im Röntgenbild 110, 136
Ausflussbahn
– linksventrikuläre 105, **119**, 430
– – Magnetresonanztomografie 114
– rechtsventrikuläre **104**
– – Infundibulum im Magnetresonanztomogramm 115
Austauschgefäß, kappillares 11
Autoregulation, Nierengefäße 227
AV-Kanal (Atrioventrikularkananal) 16
AV-Knoten s. Atrioventrikularknoten; s. Nodus atrioventricularis
Axillarlinie
– mittlere 117
– vordere 117
Axonema 341
Axonverbindung, hypophysär-hypothalamische 69
A-Zelle 261
Azinus
– Leber 440
– Lunge 148, 432
– Pankreas 261
Azinuszellen **261**
– Anfärbung 261
Azoospermie 342
Azurgranula 25
Azygos-System **88**
– Lagebeziehung zur Trachea 89
Azygosstern 434

B

Balkenarterie 263
Balkenharnblase 447, 452
Balkenvene 263
Ballondilatation
– Aortenisthmusstenose 199
– Koronararterienstenose **130**
Barrett-Ösophagus 434
Basalis, Endometrium **325**, 450
Basalmembran
– Gefäß 11
– Harnblasen-Schleimhautepithel 304
Basaltemperatur, zyklische Veränderung 325
Basis
– cordis 430
– pulmonis (Lungenbasis) **144**, 432
Basophile 25
Bauch-Becken-Höhle s. auch Bauchhöhle; s. auch Beckenhöhle

– anatomische Einheit 3
– Begrenzung
– – dorsale **204**
– – kaudale **204**
– – kraniale **204**
– – ventrale **204**
– Gliederung **206**
– Mediansagittalschnitt **206**
– Stockwerke **208**
Bauchdeckenrückseite, Peritonealverhältnisse **390**
Baucheingeweide, Eintritt in die Brusthöhle 83
Bauchfell s. Peritoneum
Bauchfellentzündung 238, 363
Bauchhöhle (s. auch Bauch-Becken-Höhle) 8, **204**
– Bauprinzip 204
– Evolution 3
– im Horizontalschnitt 207
– Mediansagittalschnitt **206**
– Organzuordnung **208**
Bauchhöhlenschwangerschaft 334
Bauchnabel s. Umbilicus
Bauchpresse 204
– Defäkation 244
– Miktion 305
Bauchspeichel 39
– Produktion **261**
Bauchspeicheldrüse s. Pancreas
Bauchwandmuskeln 204
– tiefe 204
Bauchwandschichten 341
Becherzellen
– Bronchialschleimhaut 148
– Colonschleimhaut 239
– tracheobronchiale 143
Becken
– Bauchfellhöhlen 392
– Ganglien, vegetative **224**
– kleines
– – Organzuordnung **208**
– – Peritonealverhältnisse **392**
– Lymphabfluss 91, 221, **223**
– Lymphknoten
– – parietale 31, 220
– – viszerale 31
– Lymphstämme 221
– männliches **392**
– – Schnittbildanatomie **412**
– Parasympathikus **227**
– Plexus, vegetative **224**
– Schichten **208**
– Sympathikus **226**
– weibliches **392**, **396**
– – im Horizontalschnitt **402**
– – Magnetresonanztomografie 402
– – im Mediansagittalschnitt 403
– – vegetative Plexus **357**
– – Venen 214
Beckenarterien **210**, **213**
Beckenausgangsebene **335**
Beckenbindegewebe
– im Horizontalschnitt **394**
– im Mediansagittalschnitt **394**
– Topografie **394**
Beckenboden 8
– Abkömmlinge 58
– Aufbau 395
– Druckbelastung 204
– Etagen 395
Beckenbodenanspannung 307
Beckenbodenderivate des Mastdarms 439
Beckenbodenmuskulatur 204
Beckenbodenschwäche 326
Beckenbodensenkung 204, 305, 447
Beckenebenen **335**
Beckeneingangsebene **335**
Beckenfaszie s. Fascia pelvis
Beckenhöhle (s. auch Bauch-Becken-Höhle) 8, **204**, 204
– Bauprinzip 204
– Evolution 3
– im Horizontalschnitt 207
– Mediansagittalschnitt **206**
– Organzuordnung **208**
Beckenlymphknoten **315**
– Orientierungslinien **315**
– viszerale **223**
Beckenmaße der Frau **335**
Beckenniere 55
Beckenorgane 9
– arterielle Versorgung
– – bei der Frau **348**
– – beim Mann **344**, **346**
– männliche, Lage 404
– Projektion auf die Rumpfwand 361
– venöse Drainage
– – bei der Frau **348**
– – beim Mann **346**
– weibliche, Lage 402
Beckenraum
– infralevatorischer 395
– subperitonealer 395
– supralevatorischer 395
Beckenraumetagen 395
Beckenregion 383
Beckensitus
– männlicher **400**
– weiblicher **498**
Beckenwand
– arterielle Versorgung **344**
– Gefäß-Nerven-Straße **345**
– Versorgungsstraße, arterielle **345**
Beckenwandmuskeln, parietale 204
Beihoden 64
Belegzelle, Magendrüse 231
Bifurcatio
– aortae **210**, 270, 386
– – Interpositionsprothese 200
– – Projektion auf die Wirbelsäule 211, 361
– tracheae 137, **142**, 148, 432
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
Bifurkationsinterpositionsprothese, aortoiliakale 200
Bikuspidalklappe s. Valva atrioventricularis sinistra
Bindegewebe
– Bec ken **394**
– pararektales 240
Bindegewebsraum, Körperhöhle 9
Bindegewebstrabekel, Milz 263
Bläschendrüse s. Glandula vesiculosa
Blasengalle 257
Blasenzäpfchen 303, 309, 447
Blastem, metanephrogenes 52, 55, 445
Blastozyste 334
Blinddarm s. Caecum
Blut
– Bestandteile **23**
– Druck, osmotischer 38
– Funktion 22
– Knochenmark **26**
– sauerstoffarmes 150, 154
– – frühembryonaler Kreislauf 15
– sauerstoffreiches 150, 154
– Zellen 22, **24**
– – Lebensdauer 23
– – Verweildauer 23
Blutbildung 22
Blut-Luft-Schranke 37
– Gasaustausch 32
Blutdruck 11
– diastolischer, erhöhter 125
– Nierenfunktion 50, 445
Blutdruckerhöhung bei Nierenarterieneinengung 445
Blutdruckschwankungen 11
Blutdruckspitzen 11
Blutfluss, myokardialer 125
Blutgerinnung 22, 24
Blutkörperchen
– weiße 22
– rote 22, **24**
Blutkreislauf s. Kreislauf
Blut-Luft-Schranke 37
– Gasaustausch 32
Blutplasma 22
Blutplättchen 22, **24**
Blutserum 22
Blutstrom
– linkskardialer **119**
– rechtskardialer **119**
Blutungen, petechiale 24
Blutzuckerspiegel 261
B-Lymphoblast 27
B-Lymphozyten 25, 28
Bochdalek-Lücke (Trigonum lumbocostale) 80, 83
Botenstoff 66
Bowman-Kapsel 54, **294**
BPH (benigne Prostatahyperplasie) 447, 452
Bradykinin 69
Brennschmerz, retrosternaler **125**
Briden 362
Bries s. Thymus
Bronchialarterie 433
Bronchialarterien 150, **152**
Bronchialbaum 33, 143, **432**
– Anteile
– – konduktive 148
– – respiratorische 148
– atmungsbedingte Verschiebung 159
– Aufbau **142**
– Computertomogramm **163**
– Embryonalentwicklung **35**, **36**
– Innervation **156**
– Lymphdrainage 92, **157**
– Lymphknoten **156**
– Rekonstruktion aus Schnittaufnahmen **162**
Bronchialkarzinom 433
Bronchialkatarrh 433
Bronchialvenen 150, 433
Bronchien (s. auch Bronchus) 32, 432
– arterielle Versorgung **86**
– dichotome Teilung 148, 432
– Funktion 433
– Innervation 412
– Lymphabfluss 91, 412, 433
– Muskulatur 432
– Vasa privata 150
– venöse Drainage **88**, **152**, 412
Bronchiolus 35, **148**
– lobularis 432
– respiratorius 35, **148**, 154, **432**
– – Feinbau 149
– terminalis 35, **148**, **432**
Bronchitis 433
– chronische 433
Bronchus s. auch Bronchien
– eparterieller 145
– hyparterieller 145
– lobaris (Lappenbronchus) 148, **432**
– lobaris inferior 137, 139, 145
– lobaris inferior dexter **142**, 145, 186, 432
– lobaris inferior sinister **142**, 432
– lobaris medius dexter **142**, 145, 432
– lobaris superior 137, 139, 145
– lobaris superior dexter **142**, 145, 186, 432
– lobaris superior sinister **142**, 432
– Muskulatur 149
– principalis (Hauptbronchus) 148, **432**
– – Wandaufbau **143**
– principalis dexter 32, 35, 87, 89, 93, **142**, 150, 187, 432
– principalis sinister 32, 35, 86, 87, 89, 93, **142**, 150, 432
– segmentalis (Segmentbronchus) 35, **146**, 148, 187, **432**
– subsegmentalis 432
Bruchpforten, innere
– Leistenregion 391
– Schenkelregion 391
Brunner-Drüsen 233
Brustdrüse, Lymphabfluss 91
Brusthöhle 8
– Evolution 3
Brustwandableitung, EKG **117**
B-Stammzelle 27
Buffy-Coat 22
Bukkopharyngealmembran 40

Bulbus
– aortae 106
– cordis 16, 19
– penis **308**, **319**
– – im Horizontalschnitt 404
– vestibuli 64, 303, 309, 321
Bündel, neurovaskuläres 400
– zum Rectum 380, 399, 401
Bursa omentalis (Netztasche) 209, 251, 262, 365, **368**, 442
– Entstehung 45
– Form 368
– im Horizontalschnitt 207, 369, 374
– Lage 368
– im Mediansagittalschnitt 206
– Oberbauchsitus 369
– im Sagittalschnitt 368
– Topografie **368**
– Wandbegrenzung 368
– Zugang 368
Bypass, aortokoronarer **131**
B-Zellen 23, 27, 261

C

Caecum (Blinddarm) 2, 38, 235, **236**, **238**, **438**
– arterielle Versorgung 418
– Embryonalentwicklung **41**, **46**, 438
– Innervation 418
– Lage 208
– Lymphabfluss 221, **222**, 418
– Projektion auf die Rumpfwand 361
– vegetative Innervation **286**, **289**
– venöse Drainage 418
– Wandaufbau **239**
Caecumanlage 46
Calcitonin 69
Calot-Dreieck 256
Calyx renalis (Nierenkelch) 53, 445
– major **294**, **296**, 312
– minor **294**, **296**
Canaliculus biliferus 255, **256**
Canalis
– analis 38, 47, **240**, 242, 377, 439
– – somatosensible Innervation 242
– – Zona colorectalis 242
– – Zona squamosa 242
– – Zona transitionalis 242
– atrioventricularis 16
– atrioventricularis dexter 16
– atrioventricularis sinister 16
– cervicis uteri 323, 328, 397, 450
– gastricus 230
– inguinalis **342**
– – Inhalt **343**
– obturatorius 345
– pudendalis 272, 345
– pyloricus 228, 230
– sacralis 380
Cannon-Böhm-Punkt (Cannon-Böhm-Feld) 286, 438
Capsula
– adiposa renis 290, **292**, 298, **300**, 444, 445
– – im Horizontalschnitt 374
– fibrosa glandulae suprarenalis 298
– fibrosa renis **292**, **294**, 312, 445
– glomerularis
– – Paries externus 294
– – Paries internus 294
– prostatica 337
Caput
– epididymidis **340**
– medusae 219
– pancreatis (Pankreaskopf) 232, 257, 299, 371, 442
– – im Horizontalschnitt 387
– – venöse Drainage 275
Cardia 167
Carina
– tracheae 142
– urethralis vaginae 327
Cartilagines tracheales 34, **142**, 432
Cartilago
– cricoidea (Ringknorpel) 34, 142, 166
– – Ösophagusenge 166
– thyroidea (Schildknorpel) 34, 142
Cauda
– epididymidis **341**
– pancreatis 233, 257, 262, 299, 442
– – Ausdehnung 260
– – im Horizontalschnitt 374
– – Lage zur Milz 373
Cavitas
– abdominalis (Bauchhöhle) 8, **204**
– – Organe 9
– extraperitonealis **209**
– nasi (Nasenhöhle) 32
– oris (Mundhöhle) 38
– pelvis 8
– – Organe 9
– pericardiaca **8**, 79, **98**, 188, 430
– – im Mediansagittalschnitt 185
– peritonealis (Peritonealhöhle) 9, 44, 51, 207, **209**
– peritonealis abdominis 44, 207, **362**
– – Pars infracolica 363
– – Pars supracolica 363
– peritonealis pelvis 9, 207, 320
– peritonealis scroti 340
– pleuralis (Pleurahöhle) 8, **36**, **78**, **138**, 292
– thoracica (Thoraxhöhle) 8, **78**, 181
– – Organe 9
– uteri (Uterushöhle) **323,** 397
– – Facies anterior 323
Cavum Retzii (Spatium retropubicum) 394, 447
Centrum
– perinei 305, 306, 392, 394
– tendineum diaphragmatis 80, **82**, 205
– – Embryonalanlage 14
– – Entstehung 7
Cervix
– uteri 320, 321, **322**, 450
– – Epithelverhältnisse **328**
– – im Horizontalschnitt 402
– – Konisation **331**
– – Magnetresonanztomografie 402
– – im Mediansagittalschnitt 403
– – Muskelzüge **324**
– – Neoplasie, intraepitheliale 331
– – Peritonealüberzug 320
– – Portio supravaginalis **323**, 326
– – Portio vaginalis **319**, **323**, 326
– – Postmenopause 329
– – Pubertät 329
– – Reproduktionsphase 329
– vesicae urinariae 303, **304**, 309, 336, 447
Chemosensoren 74
Choana (hinteres Nasenloch) 32
Cholangiopankreatikografie, endoskopische retrograde 258
Cholecystokinin 69
Cholelithiasis 257
Cholesterinausscheidung 257
Cholezystektomie
– Gallenwegeverletzung 256
– laparoskopische 256
Cholezystitis 257, 258, 441
– Druckschmerzpunkt 441
Cholsterinkristalle, arteriosklerotische Spätläsion 125
Chorda
– dorsalis 4
– umbilicalis (Nabelschnur) 20
Chordae tendineae 104, **109**
Chorion
– frondosum 5
– laeve 5
Choriongonadotropin 69
Chorionhöhle 5
Chorionplatte, Plazenta 15
Chromaffines System 74
Chronic obstructive pulmonary Disease 433
Chylomikronen 29
Chylus 29
Chylusgefäße 29
Chymus 38, 435
– Eindickung 438
– peristaltischer Transport 435, 436, 438
CIN (Cervixal intraepithelial Neoplasia) 331
Circulus arteriosus 12
Cisterna chyli 28, **30**, **90**, 220, **222**, **282**, 315, 409, 412, 414, 438
Clavicula (Schlüsselbein)
– Extremitas acromialis 179
– Oberflächenrelief 178
Clitoris 56, 64, 309, **318**, 327
– Parasympathikuswirkung **357**
Coarctatio aortae s. Aortenisthmusstenose
Colliculus seminalis 64, 303, 308, 337
Collum
– pancreatis, Projektion auf die Wirbelsäule 361
– vesicae biliaris 258, 441
Colon (s. auch Dickdarm; s. auch Kolon) 38, **438**
– ascendens 2, 38, **236**, 276, 289, 362, 377, 438
– – Anheftungsstelle 364, 384
– – arterielle Versorgung 418
– – Entwicklung **41**
– – Innervation **286**, **289**, 418
– – Lage 208
– – Lymphabfluss **283**, 418
– – Peritonealüberzug 237
– – Projektion auf die Rumpfwand 361
– – Retroperitonealisierung 47
– – venöse Drainage 418
– descendens 2, 38, **236**, 289, 366, 377, 438
– – Anheftungsstelle 364, 384
– – arterielle Versorgung 419
– – Entwicklung **41**
– – Innervation **286**, **289**, 419
– – Lage 208
– – Lymphabfluss **283**, 419
– – Peritonealüberzug 237
– – Projektion auf die Rumpfwand 361
– – Retroperitonealisierung 47
– – venöse Drainage 419
– Funktion 438
– Innenrelief **239**
– intraperitonealer Abschnitt 239
– Lymphabfluss 221, **222**
– Peritonealüberzug 438
– Schleimhaut 438
– sigmoideum 2, 38, **236**, 240, 291, 366, 377, 386, 438
– – arterielle Versorgung 419
– – Entwicklung **41**
– – Innervation **286**, **289**, 419
– – Lymphabfluss **223**, **283**, 419
– – Projektion auf die Rumpfwand 361
– – venöse Drainage 419
– transversum 2, 38, 235, **236**, 262, 289, 362, 370, 377, 438
– – arterielle Versorgung 418
– – Entwicklung **41**
– – im Horizontalschnitt 374, 387
– – Innervation **286**, **289**, 418
– – Lage 208
– – Lymphabfluss **283**, 418
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – Peritonealüberzug 209
– – Projektion auf die Rumpfwand 361
– – venöse Drainage 418
– Wandaufbau **239**, 438
Columna
– analis 241
– renalis **294**

– rugarum anterior 327
– rugarum posterior 327
Compages thoracis 181
Complexus stimulans cordis 116
Computertomografie
– Abdomen **375**
– Aortendissektion 201
– Lunge **162**
Conjugata
– diagonalis **335**
– recta **335**
– vera obstetrica **335**
Constrictio
– partis thoracicae oesophagi **164**, 434
– pharyngooesophagealis **164**, 434
– phrenica oesophagi **164**, 434
Conus
– arteriosus 19, 104, 119
– cordis 15, 16
Cooper-Band 391
COPD (Chronic obstructive pulmonary Disease) 433
Cor s. Herz
Cornu
– majus ossis hyoidei 34
– minus ossis hyoidei 34
Corona radiata 333
Corpus
– albicans 333
– cavernosum penis 64, **308**, **319**, 336
– – im Mediansagittalschnitt 405
– cavernosum recti **241**, 242, 381, 439
– – arterielle Versorgung 273
– – arteriovenöse Anastomosen 243
– – bei Defäkation 243
– – hyperplastische Gefäßpolster 246
– – venöse Drainage 243, 273
– epididymidis **340**
– gastricum (Magenkörper) **228**, 230, 435
– – im Horizontalschnitt 387
– luteum (Gelbkörper) 333
– ossis hyoidei 34
– pancreatis 232, 257, 262, 367, 370, 442
– – Ausdehnung 260
– – im Mediansagittalschnitt 206
– perineale 306, 307
– pineale 66, 69
– spongiosum penis 64, **308**, **319**, 336
– – im Mediansagittalschnitt 405
– sterni 158, 179, 181
– – Oberflächenrelief 359
– uteri 320, **322**, 326, 450
– – Facies posterior **322**
– – Lymphabfluss **353**
– – im Mediansagittalschnitt 403
– – Muskelzüge **324**
– vesicae biliaris 258
– vesicae urinariae 302, 304, 447
Corpusculum renale (Nierenkörperchen) **294**, 445
Cortex
– glandulae suprarenalis (Nebennierenrinde) **298**, 444
– ovarii 63, 333, 455
– renalis (Nierenrinde) 293, **294**
Corticotropin (adrenokortikotropes Hormon) 69
Costae (Rippen) 179, 181
Crena ani 358
Crista
– iliaca 358
– – Horizontalebene 360
– supraventricularis 104
– terminalis 17, 104
– urethralis 308, 337
Crus
– clitoridis 309, 321, 403
– dextrum fasciculi atrioventricularis **116**, 431
– dextrum partis lumbalis diaphragmatis 81, **82**
– penis 308
– sinistrum fasciculi atrioventricularis **116**, 431
– sinistrum partis lumbalis diaphragmatis 81, **82**, 205
CT-Koronarangiografie 126, **128**
CT-Rekonstruktion, dreidimensionale, Herz **129**
Cumulus oophorus 333
Cupula pleurae (Pleurakuppel) 137, **138**, 174
Curvatura
– infrapubica urethrae masculinae 308
– major 167, **228**, 230, 435
– – Lageentwicklung 43
– minor 167, **228**, 230, 435
– – Lageentwicklung 43
– prepubica urethrae masculinae 308
Cushing-Syndrom 298, 444
Cuspis
– anterior valvae atrioventricularis dextrae **104**, 106, 109, 430
– anterior valvae atrioventricularis sinistrae **106**, 109, 430
– commissuralis valvae atrioventricularis sinistrae 109
– posterior valvae atrioventricularis dextrae **106**, 109, 430
– posterior valvae atrioventricularis sinistrae **106**, 109, 430
– septalis valvae atrioventricularis dextrae **106**, 109, 430
C-Zellen, thyroidale, Hormonbildung 69
C-Zell-System, thyreoidales 66

D

Dammraum
– oberflächlicher 395
– subkutaner 395
– tiefer 395
Darm
– arterielle Verschlusskrankheit 271
– Innervation 70, **286**, **288**
– Tunica muscularis 233
Darmdrehung, embryonale 236
Darmlymphknoten 28
Darmpforte
– hintere 40
– vordere 40
Darmrohr
– Drehbewegung 48
– lymphatische Drainage **282**
– primitives 40
Darmtonsille 239
Darmtumor, maligner, Resektion mit Lymphknotenentfernung **282**
Darmwandnervensystem 231, **288**
DeBakey-Klassifikation, Aortendissektion 201
Deckzellen, alveoläre 155
Defäkation 38, 242, **244**, 439
– Corpus cavernosum recti 243
Dehnungsrezeptoren, rektale 242
– Innervation 244
Denonvilliers-Faszie **249**, **380**, 394, 400, 404
– Magnetresonanztomografie 405
Dentes (Zähne) 39
Dermatom 4
– Schmerz 73
Descensus
– ovarii 59, 455
– testis 59, 340, 454
Dextropositio uteri 326
Diabetes mellitus 125, **261**, 442, 445
Diameter
– conjugata 335
– diagonalis 335
– obliqua dextra 335
– obliqua sinistra 335
– sagittalis, Beckenausgangsebene 335
– transversa
– – Beckeneingangsebene 335
– – Beckenenge 335
Diaphragma (s. auch Zwerchfell) 75, **80**, 90, **158**, 181, 190, 204, 390
– Centrum tendineum 80, **82**, 205
– Innervation 99
– Pars costalis 81, **82**, 205
– Pars lumbalis 80, 205
– – Crus dextrum 81, **82**
– – Crus sinistrum 81, **82**, 205
– Pars muscularis, Entwicklung 7
– Pars sternalis 80, **82**, 205
– pelvis 272, 303, **395**
– – Auflagefläche der Harnblase 303
– urogenitale **395**
– – im Mediansagittalschnitt 206
Diastole 103, 431
Dickdarm (s. auch Colon; s. auch Kolon) 38, **236**, 438
Dickdarm
– absteigender s. Colon descendens
– arterielle Versorgung **268**, **270**, 438
– aufsteigender s. Colon ascendens
– Funktion 39, 438
– Gliederung 236
– Head-Zone 73, **286**
– Innervation 70, 438
– Lymphabfluss **283**, 438
– Projektion auf das Skelett 236
– querliegender s. Colon transversum
– Röntgendarstellung 379
– S-förmiger s. Colon sigmoideum
– Topografie **377**
– vegetative Innervation **289**
– venöse Drainage **276**, 438
– Wandaufbau **239**
Dickdarmarterien, Kurzschlüsse **271**
Dickdarmkarzinom 438
Dickdarmpolypen, adenomatöse **248**
– maligne Entartung 248
– tubuläre 248
– tubulovillöse 248
– villöse 248
Didymis s. Hoden
Diffusion, Gasaustausch 32
Dissektionsmembran 201
Diverticulum laryngotracheale 35
Divertikel 379
Divisio
– lateralis dextra hepatis 254
– lateralis sinistra hepatis 254
– medialis dextra hepatis 254
– medialis sinistra hepatis 254
Döderlein-Bakterien 328
Dopamin 75
Doppelkontrastverfahren
– Dickdarm-Röntgendarstellung 379
– Dünndarm-Röntgendarstellung 378
Doppelschirmchen, Vorhofseptumdefekt-Verschluss 21
Doppler-Sonografie, farbkodierte 113
Dottergang 6, 46
Dottergangfistel 49
Dotterkreislauf, extraembryonaler 15
Dottersack 4, **40**, 58, 62
– Gefäßgeflecht 15
Dottervene, linke 17
Double-bubble-Phänomen in der Abdomenübersichtsaufnahme 378
Douglas-Raum (Excavatio rectouterina) **302**, **320**, 326, 351, 392
– im Mediansagittalschnitt **403**
Drainageräume der Peritonealhöhle **364**

Dreifuß s. Truncus coeliacus
Dreikammerblick, Magnetresonanztomografie 114
Druck
– linksventrikulärer 118
– osmotischer, Blut 38
Drummond-Anastomose **212**
Drüsen
– endokrine 66, 69
– Parasympathikuswirkung 227
– Sympathikuswirkung 226
Ductuli
– efferentes testis 55, 59, 62, 64, **341**, 342
– prostatici 308
– seminiferi contorti **341**
– seminiferi recti **341**
Ductus
– alveolaris **148**, 432
– arteriosus Botalli 20, **198**
– – obliterierter 20, 198
– – persistierender **21**, 198
– – – Spontanverschluss 21
– bilifer interlobularis **255**, 256
– choledochus (Gallengang) 43, 232, 251, 252, **256**, 264, 267, 386, 441
– – Ligamentum hepatoduodenale 371
– – Mündung 436
– – – Lage 256
– – – Varianten 259
– – Sphinkter 259
– – Verschluss 442
– cysticus 252, **256**, **258**, 441
– deferens (Samenleiter) 2, 56, 64, 300, 303, **308**, 318, **340**, 346, 400, 453
– – arterielle Versorgung 423, 453
– – Embryonalanlage 52, 60
– – Entwicklung 54, 60, 62, 453
– – Entzündung 453
– – Funktion 56, 453
– – Innervation **354**, 423, 453
– – Lage 453
– – Lymphabfluss **352**, 423, 453
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – Muskulatur 342
– – Sympathikuswirkung 226, **355**
– – venöse Drainage 423, 453
– – Verlauf 343
– – Wandaufbau 342
– ejaculatorius 64, 308, 319, 336, **342**
– – Entwicklung 55
– – im Mediansagittalschnitt 405
– – Mündung 308
– epididymidis 64, **341**, 342
– excretorius glandulae vesiculosae **342**
– hepaticus 43
– hepaticus communis 254, **256**, **258**, 441
– hepaticus dexter **252**, **256**, **258**, 441
– hepaticus sinister **253**, **256**, **258**, 441
– lobi caudati dexter 256
– lobi caudati sinister 256
– lymphaticus dexter 28, **30**, **90**, 157, 221
– – Zustromgebiet 30, 91
– mesonephricus 52
– omphaloentericus (Dottergang) 46
– – persistierender 49
– – Überreste 49
– – verödeter 49
– – Zyste 49
– pancreaticus 39, **232**, 257, 258, 441, 442
– – Mündung 436
– – – Lage 256
– – – Varianten 259
– – Sphinkter 259
– pancreaticus accessorius 43, 232, **258**, **261**, 442
– – Mündung 436
– pancreaticus major 43
– pancreaticus minor 43
– Santorini s. Ductus pancreaticus accessorius
– thoracicus 28, **30**, 78, **90**, 92, **156**, 186, 192, 221, 222, **282**, 409, 412, 414
– – Mittellinienüberschreitung, Projektion auf die Brustwirbel 180
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– – Zustromgebiet 30, 91
– venosus 17, 20
– Wirsungianus s. Ductus pancreaticus
Ductus paraurethrales 65
Dünndarm 38, **232**, **436**
– arterielle Versorgung **268**, 417
– Engstellen 234, 437
– Funktion 39, 436
– Head-Zone 73, **286**
– im Horizontalschnitt 387
– Innervation 417
– Längsmuskelschicht 73
– Lymphabfluss **282**, 417
– Lymphknoten, regionäre **282**
– Ringmuskelschicht 73
– Röntgendarstellung 378
– – Doppelkontrastverfahren 378
– in situ 235
– Topografie **376**
– venöse Drainage **276**, 417
Dünndarmileus
– Abdomenübersichtsaufnahme 378
– hochsitzender 378
– tiefsitzender 378
Dünndarmkonvolut **234**
Dünndarmlymphe 29
Dünndarmschleimhautentzündung 437
Dünndarmschlingen 235, 376
Dünndarmschlingeneinklemmung 365
Dünndarmzotten 437
Duodenalatresie 49
Duodenalgeschwür 436
Duodenalileus, Abdomenübersichtsaufnahme 378
Duodenalstenose 49
Duodenitis 436
Duodenum (Zwölffingerdarm) 2, 39, 228, **232**, 264, 364, 386, **436**
– Abschnitte **232**
– arterielle Versorgung **266**, 416, 436
– einmündende Gangsysteme **232**
– Embryonalentwicklung **41**, **42**, 436
– Funktion 436
– Gallenentleerung 259
– im Horizontalschnitt 374, 387
– Innervation **284**, 416, 436
– Lage 208, **371**, 436
– Lymphabfluss 221, **223**, **281**, 416, 436
– Muskulatur 232, 259
– Pars ascendens **232**, 371, 436
– Pars descendens **232**, 257, 258, 371, 436
– – Projektion auf die Wirbelsäule 361
– Pars horizontalis **232**, 367, 370, 436
– – im Mediansagittalschnitt 206
– Pars inferior s. Duodenum, Pars horizontalis
– Pars superior 230, **232**, 367, 370, 436
– Passagestörung durch Pankreaserkrankung 233
– Peritonealüberzug 48, 233, 371, 436
– Projektion
– – auf die Rumpfwand 361
– – auf die Wirbelsäule **232**
– sekundäre Retroperitonealisierung 44, 436
– in situ **233**
– Topografie 371
– – Magendrehungseinfluss 44
– venöse Drainage **274**, 416, 436
– Wandaufbau **232**, 436
Duodenumanlage 42
Duodenumschleimhaut **232**, 436
– endoskopische Ansicht 233
Duodenumschleimhautfalten **232**, 436
Duodenumwand, Histologie 233
Durchblutungsstörung, gastrointestinale 213
Durchflusszytometrie 25
Dysplasie, Zervixkarzinomvorstufe 331
D-Zellen 261

E

Echokardiografie **112**
– Kurzachsenschnitt, parasternaler 112
– Langachsenschnitt, parasternaler 112
– Schnittebenen 112
– transösophageale **112**
– transthorakale **112**
– Vierkammerblick 113
– – apikaler 113
– Zweikammerblick 113
Eierstock s. Ovarium
Eierstockarkade 455
Eikosanoide 69
Eileiter s. Tuba uterina
Eileiterschwangerschaft 334
Eingeweide, Schmerzfasern **72**
Eingeweidebruch
– inguinaler 343
– innerer 233, 365
Eingeweideschmerz 305
Einthoven-EKG-Ableitung **117**
Eisenmenger-Reaktion 21
Eizelle 59, **332**
– befruchtete, Wanderung **334**
Ejakulat **342**
– Normwerte 342
Ejakulation 226, 355
– retrograde, Verhinderung 304, 306
EKG s. Elektrokardiogramm
Ektoderm 4, 34
– Entwicklung des Magen-Darm-Traktes **40**
– Respirationstraktentwicklung **34**
Ektozervix
– Abstrich, zytologischer **330**
– Ektropion 329
Elektrokardiogramm **117**
– Brustwandableitung **117**
– Erregungszyklus 117
– Extremitätenableitung
– – bipolare **117**
– – unipolare **117**
Embolie 431
– gekreuzte (paradoxe) 21
Embryo
– Abfaltung **40**
– – kraniokaudale 5
– – laterale 5
– Haftstiel 5
– männlicher, Genitalwegedifferenzierung 60
– weiblicher
– – Genitalwegedifferenzierung 60
– – Urogenitalleistenverschmelzung **61**
Embryonalentwicklung 4
– kardiogene Zone 14
Enddarm 38
Endharn 50, 295
Endharnspeicherung 447
Endoderm 4, 34
– Entwicklung des Magen-Darm-Traktes **40**
– Respirationstraktentwicklung **34**
Endokard 14, 101, 105, 431
– Lymphabfluss **132**
Endokarditis 108
Endokardkissen 19
– dorsales 16

– ventrales 16
– verschmolzene 16
Endokrines System **66**
– diffuses 66
– Organe 3, 66
– Regelkreis **68**
Endometrium 323, **324**, 326, 328, 334, 450
– Aufbau **325**
– Basalis 325, 450
– Funktionalis 325, 450
– Stratum compactum 325
– Stratum spongiosum 325
– zyklische Veränderungen **325**
Endometriumkarzinom 451
Endoskopie, Divertikelnachweis 169
Endosonografie
– anale 249
– rektale 249
Endothel 11
Endozervix, Abstrich, zytologischer **330**
Endstrombahn 12
Energiegewinnung, myokardiale, bei Ischämie 124
Enteritis 437, 438
Enterokystom 49
Entgiftung, Leberfunktion 440
Entry
– Aneurysma 200
– Aortendissektion 201
Enzyme, duodenale 436
Eosin **25**
Epididymis (Nebenhoden) 2, 56, 308, 318, **340**, 342, 453
– arterielle Versorgung 423, 453
– Aufbau 453
– Embryonalentwicklung 453
– Funktion 56, 453
– Innervation 354, 423, 453
– Lage 453
– Lymphabfluss 223, **352**, 423, 453
– Sympathikuswirkung **355**
– venöse Drainage 423, 453
Epididymitis 453
Epigastrium 179, 359
Epiglottis (Kehldeckel) 33
Epikard 96, **98**, 101, 429, 431
– Entwicklung 14
– Lymphabfluss **132**
Epiorchium **340**
Epithel
– laryngeales, Embryonalentwicklung **34**
– respiratorisches 432
– trachealbronchiales 143
– Vagina 328
– Zervixkanal 328
Epithelkörperchen s. Nebenschilddrüse
Epoophoron 55, 59, 64, 323
ERCP (endoskopische retrograde Cholangiopankreatikografie) 258
Erektion 355
Erregung, elektrische, kardiale, elektrische Isolation 107, 116
Erregungsbildung, kardiale 431
Erregungsbildungssystem, kardiales **116**
Erregungsleitung, kardiale 107, 431
Erregungsleitungssystem, kardiales 107, **116**
Erythroblast 27
Erythropoese 24, 26
Erythropoetin 50, 69
Erythrozyten 22, **24**
– Durchmesser **24**
– Lebensdauer **23**, 24
Erythrozytenabbau 443
Erythrozytenmauserung 263
Excavatio
– rectouterina **302**, **320**, 326, 351, 392, 394, 398
– – im Horizontalschnitt 402
– – im Mediansagittalschnitt **403**
– rectovesicalis **302**, 336, 364, 392, 400
– – im Horizontalschnitt 207
– – im Mediansagittalschnitt 206, 405
– – Peritonealüberzug 209
– vesicouterina **302**, **320**, 326, 392, 394, 402
Exspiration **158**
– forcierte 158
– Thoraxwandstellung 33
– Zwerchfellstellung 33
Externus s. Musculus sphincter urethrae (Externus)
Extraperitonealraum 207, **209**
Extremitas
– anterior splenica **263**, 443
– inferior renis **293**, **294**, 296, 445
– posterior splenica **263**, 443
– superior renis 262, **293**, **294**, 296, 445
– tubaria ovarii **322**, **332**, 455
– uterina ovarii **322**, **332**, 455
Extremität
– obere
– – arterielle Versorgung **86**
– – venöse Drainage **88**
– untere, Lymphabfluss 91, 223
Extremitätenableitung
– bipolare, EKG **117**
– unipolare, EKG **117**
Exzision
– abdominoperineale, Rektumkarzinom 249
– mesorektale, totale **249**, 380
– – nervenorientierte 249

F

Facies
– anterior glandulae suprarenalis 298, 444
– anterior renis 293, **294**, 445
– colica splenica **263**
– colomesocolica des Magens 372
– costalis pulmonis 432
– costalis pulmonis dextri **144**
– – Pars vertebralis 145
– diaphragmatica cordis (Herzhinterwand) 101, **188**, 430
– diaphragmatica hepatis **253**
– – Pars superior **252**
– diaphragmatica pulmonis 432
– diaphragmatica pulmonis dextri **145**
– diaphragmatica pulmonis sinistri **145**
– diaphragmatica splenica **263**, 443
– epigastrica des Magens 372
– gastrica splenica **263**, **367**, 370, 372, 443
– hepatica des Magens 372
– interlobaris pulmonis 145, 432
– mediastinalis pulmonis 432
– mediastinalis pulmonis dextri **145**
– mediastinalis pulmonis sinistri **145**
– pancreatica des Magens 372
– phrenica des Magens 372
– posterior cordis* (Herzhinterfläche) 101
– posterior corporis uteri **322**
– posterior glandulae suprarenalis 444
– posterior renis 293, **294**, 445
– pulmonalis cordis dextra 430
– pulmonalis cordis sinistra 430
– pulmonis (Lungenoberfläche) 145
– renalis des Magens 372
– renalis glandulae suprarenalis 298, 444
– renalis splenica **263**
– sternocostalis cordis **100**, 430
– suprarenalis des Magens 372
– visceralis hepatis **252**, 441
– – Berührungsflächen 370
Fallot-Tetralogie 18, **21**
Fascia
– abdominis superficialis (oberflächliche Körperfaszie) 341
– cervicalis, Lamina pretrachealis 79
– cremasterica 340, 343
– diaphragmatica, Verwachsung mit dem Pericardium fibrosum **98**
– diaphragmatis pelvis inferior **395**
– diaphragmatis pelvis superior **395**
– diaphragmatis urogenitalis inferior **395**
– diaphragmatis urogenitalis superior **395**
– endothoracica 182
– investiens superficialis abdominis 336
– musculi levatoris ani 307
– obturatoria 321
– pelvis 394
– pelvis parietalis 249, 303, 309, 380, 394, 399
– pelvis visceralis 249, 303, 309, 392, 394, 399, 447
– – des Rectums 380
– – der Urogenitalorgane 380
– penis profunda 308, 336
– penis superficialis 308, 336
– perinei 303, 309
– perinei superficialis 321
– phrenicopleuralis 182
– recti 249, **380**, 400
– – Magnetresonanztomografie 405
– rectoprostatica 336, 394
– rectovaginalis 394
– renalis **292**
– – prärenales Blatt 291, **292**
– – retrorenales Blatt **292**
– spermatica externa **340**, 343
– spermatica interna **340**, 343
– superior diaphragmatis pelvis 303
– transversalis 205, 341, 390
Fasciculus atrioventricularis (His-Bündel) 107, **116**, 431
– Crus dextrum **116**
– Crus sinistrum **116**
Fatty Streaks 125
Fauces 38
Feinkontinenz, rektale 243
Fenster, aortopulmonales 110
Fettgewebe, mesorektales 400
– Magnetresonanztomografie 405
Fettkörper, retrosternaler 194
Fettresorption 38, 257
Fettsäurederivate, Hormone 69
Fettzellen, Hormonbildung 66
Fibrae obliquae 435
– Magenmuskulatur 230
Fibrinogen 22
Fimbriae tubae uterinae 323, 332
First-pass-Effekt 279
Fissura
– horizontalis pulmonis dextri **144**, 432
– – im Horizontalschnitt 185
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– obliqua pulmonis dextri **144**, 432
– – dorsales Ende, Projektion auf die Brustwirbel 180
– – im Horizontalschnitt 185
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– obliqua pulmonis sinistri **144**, 432
– – im Horizontalschnitt 185
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
Fistel, ösophagotracheale 37, 165
Flankenregion 383
Flexio uteri **326**
Flexura
– coli dextra 237, 366, 370
– coli sinistra 237, 262, 269, 362, 366, 370

Flexura
– duodeni inferior 232
– duodeni superior 232
– duodenojejunalis 232, 367, 437
– – Engstelle 234
– – im Horizontalschnitt 387
– – Projektion auf die Wirbelsäule 361
– perinealis recti 240, 242, 405, 439
– sacralis recti 240, 405, 439
– splenica s. Flexura coli sinistra
Flimmerepithel, respiratorisches 148, 432
Fluchtreaktion 71
Flüssigkeit, interstitielle 28
Folliculi lymphatici
– Appendix vermiformis 239
– Colonwand 239
Follikel 455
Follikelentwicklungsstörung 455
Follikelepithel 63, 455
– Entwicklung 59
Follikelkapillaren, Milz 263
Follikelsprung 325, 333
Follitropin (follikelstimulierendes Hormon) 69, **325**
Follkelreifung 333
Foramen
– interventriculare
– – persistierendes **21**
– – Verschluss 19
– ischiadicum majus
– – Pars infrapiriformis 345
– – Pars suprapiriformis 345
– omentale **364**, 367, 370
– – im Mediansagittalschnitt 206
– ovale cordis 20
– – Entstehung 18
– – persistierendes 18, 21
– – Verschluss 18
– primum 16, 18
– secundum 18
– – zu großes 21
– venae cavae 81, **82**, 89, 205
– – durchtretende Strukturen 83
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
Fornix
– gastricus (Magenkuppel) 435
– vaginae (Scheidengewölbe) 61
– – Pars anterior 326, **403**
– – Pars lateralis 323
– – Pars posterior 326, **403**
Fossa
– cubitalis, Oberflächenrelief 178
– infraclavicularis 179, 359
– inguinalis lateralis 390, 393
– – Hernie 391
– inguinalis medialis 390
– – Hernie 391
– ischioanalis 240, 395, 397, 404
– jugularis, Oberflächenrelief 178
– navicularis urethrae 308, 336, 448
– ovalis **104**, 391, 431
– ovarica 320
– paravesicalis 393
– rectovesicalis 400
– supraclavicularis, Oberflächenrelief 178
– supravesicalis 390, 393
– – Hernie 391
– vesicae biliaris 257
Foveolae gastricae (Magengrübchen) 231
Frankenhäuser-Plexus 357
Fremdkörper im Dünndarm 437
Frenulum ostii ilealis **238**
Fruchthalter 318
Frühläsion, arteriosklerotische, koronare 125
FSH (follikelstimulierendes Hormon) 69, **325**
Fundus
– gastricus (Magengrund) 167, **228**, 230, 435
– – Lymphabfluss **280**
– uteri 302, 320, **321**, 323, 326, 351, 386, 450
– – Lymphabfluss **353**
– – im Mediansagittalschnitt 403
– – Muskelzüge **324**
– – Stand im Schwangerschaftsverlauf 334
– vesicae biliaris **253**, **258**, 441
– – Projektion auf die Wirbelsäule 361
– vesicae urinariae 303, 304, 447
Funiculus spermaticus (Samenstrang) **340**, **342**
– im Horizontalschnitt 404
– Inhalt 342
– Venenerweiterung 311
Funktionalis, Endometrium **325**, 450
F-Zellen 261

G

Galle (Gallenflüssigkeit) 39, 256, 440
– Funktion 257, 440
– Sekretion 257
– Speicherung 441
– Zusammensetzung 257
Gallekanälchen 256
Gallenblase 2, 38, 39, 250, 252, **256**, **258**, 264, 364, 370, 441
– arterielle Versorgung 414, 441
– Druckschmerz 256
– Embryonalentwicklung 441
– Funktion 441
– Head-Zone 73, **284**
– im Horizontalschnitt 374
– Innervation **284**, 441
– Lage 208, 253, **256**, 441
– Lymphabfluss **281**, 414, 441
– Peritonealüberzug 256, 441
– venöse Drainage 414, 441
Gallenblasenanlage 43, 44
Gallenblasenentfernung s. Cholezystektomie
Gallenblasenentzündung 258, 441
Gallenblasenfundus **253**, **258**, 441
– Projektion auf die Wirbelsäule 361
Gallenblasengrund 441
Gallenblasenhals 441
Gallenblasenstein 441
Gallenentleerung ins Duodenum 259
Gallenflüssigkeit s. Galle
Gallengang 232, 251, **256**, 386, 441
– Ligamentum hepatoduodenale 371
– Topografie 370
Gallengangsatresie 49
Gallensalze, enterohepatischer Kreislauf 257
Gallensäurenbildung 39
Gallenstein 257, 436
Gallensteinentfernung, endoskopische 258
Gallenwege 441
– Embryonalentwicklung **42**
– extrahepatische **258**, 441
– – Beziehung zu Nachbarorganen 257
– – Projektion
– – – auf das Skelett 256
– – – auf die Leberoberfläche 256
– – Verletzung 256
– intrahepatische 441
– – Projektion auf die Leberoberfläche 256
– Lymphabfluss **281**
– Peritonealüberzug 441
– Röntgenkontrastdarstellung 258
– Topografie, Magendrehungseinfluss 44
Ganglia (s. auch Ganglien; s. auch Ganglion)
– aorticorenalia 224, 226, 287, **316**, 421, 445
– – Verschmelzung mit dem Ganglion coeliacum 317
– cervicalia 410
– coeliaci **70**, 224, 226, **284**, **286**, 316, 357, 414, 416, 435, 437, 440, 445
– lumbalia 224, 286, 288, **316**, 354, 356
– pelvica 225, **288**
– renalia 225, **317**, 355, 356
– sacralia 224, 286, 288, **316**
– thoracica **95**, 134, 156, 175, 409
– – Rami cardiaci thoracici 410
– – Rami pulmonales 412
– – Rami tracheales 412
Ganglien (s. auch Ganglia; s. auch Ganglion) 70
– intramurale 227
– parasympathische **70**
– – organnahe 70
– prävertebrale 70
– sympathische **70**, 72
– – lumbale 226
– – organnahe 70
– – paravertebrale 226
– – periphere 226
– – thorakale 226
– vegetative 70, **224**
Ganglion (s. auch Ganglia; s. auch Ganglien) 435
– cervicale inferius **70**, 135, 408
– cervicale medium **70**, **94**, 134, 156, 408
– cervicale superius **70**, **94**, 408
– cervicothoracicum **94**, 156
– coeliacum, Verschmelzung mit den Ganglia aorticorenalia 317
– impar 224
– inferius nervi glossopharyngei 75
– inferius nervi vagi 72, 75
– mesentericum inferius 70, 224, **286**, **288**, 305, **316**, 357, 419, 422, 438
– mesentericum superius 70, 224, 226, 284, **286**, **288**, **316**, 357, 416, 418, 425, 436, 442
– pelvica 380
– spinale 72
– stellatum **70,** 135, 408
– superius nervi vagi 72
Gangsysteme, indifferente 318
Gartner-Gang 58, 64
Gasaustausch 32
– alveolokapillärer 150, 433
– – Diffusionsstrecke 155
– pränataler 20
Gaster s. Magen
Gastrin 69, 231
Gastritis 435
Gastrointestinaltrakt
– Hormonbildung 66
– Parasympathikuswirkung 227
– Sympathikuswirkung 226
Gastroskopie, Ösophagusengen 164
Gebärmutter s. Uterus
Gebärmutterhals s. Cervix uteri
Geburt **335**
Geburtskanal **335**
Gefäßbaum, tracheobronchialer **154**
Gefäße
– embryonale 14
– retroperitoneale 383
Gefäßklappen, kardiale **108**, 430
Gefäßstraßen, große 13
Gefäßstütze, koronare, perkutane transluminale Implantation **131**
Gefäßtrias, hepatische 440
Gehirn, Blutversorgung 12
Gelbkörper 325, 333
Genexpression, Hormonwirkung 67
Genitaldrüsen, akzessorische, männliche 56, 318, **336**
– Gefäßversorgung 346
– Lymphabfluss **352**
– vegetative Innervation 354
Genitale, Innervation 70
Genitalfalten 62

– Abkömmlinge 58, 64
Genitalhöcker 62
– Abkömmlinge 58, 64
Genitalleiste 52, **58**, **62**
Genitalorgane
– äußere, Entwicklung 58
– definitive Struktur
– – bei der Frau 64
– – beim Mann 64
– Embryonalanlage 64
– – Residuen
– – – bei der Frau 64
– – – beim Mann 64
– männliche **318**, **336**, **340**
– – akzessorische Drüsen 56, 318, **336**
– – – Gefäßversorgung 346
– – – Lymphabfluss **352**
– – – vegetative Innervation 350
– – äußere 56, **318**
– – – Entwicklung **62**
– – Funktion 56, **318**
– – innere 56, **318**
– – Lymphabfluss **352**
– – vegetative Innervation **354**
– – venöse Drainage **347**
– weibliche **318**
– – äußere 56, **318**
– – Funktion 56, **318**
– – innere 56, **318**, **320**, **324**
– – – arterielle Versorgung **350**
– – – Aufbau **322**
– – – Bänder **322**
– – – Form **322**
– – – Peritonealduplikaturen **322**
– – – Peritonealverhältnisse **322**
– – – Projektion auf das Becken 320
– – – in situ **321**
– – – venöse Drainage **350**
– – – zytologischer Abstrich **330**
– – Lymphabfluss **353**
– – vegetative Innervation **356**
Genitalplatte 403
Genitalsystem **56**, 56, **318**
– Entwicklung
– – Bezug zum Harnsystem 62
– – Geschlechtervergleich 62
– Organe 3
Genitalwege
– Entwicklung 60
– Entwicklungsstörung 61
– indifferente Embryonalanlage **60**
Genitalwülste 62
– Abkömmlinge 58, 64
Gerinnungsfaktoren 440
Gerota-Faszie 292, 387
Geruchswahrnehmung 32
Gesäßgegend, Regionen **359**
Geschlechtsdifferenzierung 58
Geschlechtshormone
– männliche 454
– weibliche 455
Gestagene 69, 325
– Scheidenmilieu 328
Gewebe
– Definition 2
– Hormon bildendes 69
Gewebsflüssigkeitstransport 28
Gewebshormone 69
Glandula **298**
– bulbourethralis 56, 64, 242, 303, **308**, 318, **336**, 342
– – Maße 337
– – im Mediansagittalschnitt 405
– – Sympathikuswirkung **355**
– – vegetative Innervation 354
– intestinalis 239
– parathyroidea 69
– parotis 38
– prostatica s. Prostata
– seminalis 242
– sublingualis (Unterzungenspeicheldrüse) 38
– submandibularis (Unterkieferspeicheldrüse) 38
– suprarenalis (Nebenniere) 69, 223, 233, **292**, **298**, 386, 444
– – Facies anterior 298
– – Facies renalis 298
– – im Horizontalschnitt 374
– – Lage 208
– – Margo medialis 298
– – Margo superior 298
– – Projektion auf die Rumpfwand 361
– suprarenalis dextra 291, **298**, **310**, 316, 371
– suprarenalis sinistra 181, 262, 291, **298**, **310**, 371
– thyroidea (Schilddrüse) 2, 69
– vesiculosa (Bläschendrüse) 54, 56, 64, **308**, 318, **336**, 342, 354, 380, 401, 452
– – arterielle Versorgung 422
– – Embryonalanlage 54, 60, 452
– – Entwicklung 62
– – Funktion 452
– – im Horizontalschnitt 404
– – Innervation **317**, 422
– – Lymphabfluss 223, **352**, 422
– – Maße 337
– – Sympathikuswirkung 226, **355**
– – vegetative Innervation **354**
– – venöse Drainage 422
– vestibularis major 56, 64, **318**
– vestibularis minor 56, 64, 318
Glandulae
– oesophageae 168, 434
– salivariae 38
– tracheales 432
– urethrales 308, 448
– uterinae 325
Glans
– clitoridis 64
– penis 64, **308**, **319**, 336, 340, 358
Gleithernie 83
Glia, periphere 75
Glisson-Trias **255**, 256
Glomerulonephritis 445
Glomerulus 54, **294**
– Gefäßpol 294
– Harnpol 294
– der Urniere 52
Glomus
– aorticum 74
– caroticum 74
– jugulare 74
Glomusorgane 75
Glossus (Zunge) 39
Glucocorticoide 69, 298
Glukagon 69, 442
Glukagonproduktion 261
Glukokortikoide 69, 298
Glykogen 328
Glykolyse, anaerobe 24
GnRH-Analogsubstanz 338
Goldberger-EKG-Ableitung **117**
Gonade (Keimdrüse) 56
– Entwicklung 58
Gonadenanlage
– Abkömmlinge 58
– indifferente 58, **62**, 64, 318
– Keimzelleneinwanderung 58
G-Protein 67
Graaf-Follikel 332
Granula, chromaffine 74
Granulosazellen 333
Granulozyten
– basophile **25**, 27
– eosinophile **25**, 26
– neutrophile 23, **24**, 27
– – jugendliche 24
– polymorphkernige 24
Granulozytopoese 26
Gravidität **334**
– extrauterine **334**
– Uterusstand **334**
Gravidität (Schwangerschaft) 56
Grenzdivertikel 169
Grenzstrang, sympathischer s. Truncus sympathicus
Grenzstrangganglien s. Ganglien, sympathische
Grimmdarm s. Colon; s. Kolon
Gubernaculum
– ovarii 322
– testis 64
Gummibandligatur, Hämorrhoiden 247
Gurtung des Oesophagus 434

H

Hals
– arterielle Versorgung **86**
– venöse Drainage **88**
Halslymphknoten 28
Hämatokrit 22
Hämatopoese 26
Hämoglobin 22, **24**
Hämorrhoidalleiden 243, **246**, 273, 439
– Schweregradeinteilung 246
– Therapie 247
– – konservative 247
– – operative 247
– – semioperative 247
Hämorrhoidektomie 247
Hämorrhoiden
– äußere 246
– Gummibandligatur 247
– innere 246
– Sklerosierungsbehandlung 247
Hämorrhoidopexie 247
Harnableitungssystem, intrarenales **295**
Harnblase 2, 50, 64, 300, **304**, 319, 386, 447
– arterielle Versorgung 422, 447
– Auflagefläche auf dem Diaphragma pelvis 303
– äußere Morphologie 304
– Embryonalentwicklung 47, 447
– Entwicklung 54
– Form 447
– Funktion 304, **304**, 447
– Harnröhrenaustritt 447
– Head-Zone 73, **317**
– Innendruckerhöhung 305
– Innervation 70, **316**, 422, 447
– Lage 51, **302**, 447
– – bei der Frau 302
– – beim Mann 302
– Längsmuskelschicht, äußerste 304
– Lymphabfluss 223, **315**, 422, 447
– Magnetresonanztomografie 405
– maximale Füllung 304
– im Mediansagittalschnitt 206
– Muskulatur **304**, 304
– Parasympathikuswirkung 227
– Peritonealüberzug **209**, **302**, 351, 392, 398, 447
– Schleimhautepithel 304
– in situ **302**
– Sympathikuswirkung 226
– Topografie 380
– Ureteranschluss 55
– Uretermündung 447
– venöse Drainage **347**, 422, 447
– Verankerung 304
– Verschlusssystem 304
– Wandaufbau **304**, 304, 447
– Wanddicke 304
Harnblasenboden 447
Harnblasendreieck 303, 305, 447
Harnblasenentleerer **304**
Harnblasenentleerung 305
– restharnfreie 305
Harnblasenentzündung 447
– aufsteigende 446
Harnblasengrund 304
Harnblasenhals **304**
– dynamische Aufhängung 306, **307**
– Funktion 304
– Muskulatur 306
Harnblasenkarzinom 447
Harnblasenkatheterisierung, transurethrale, beim Mann **309**
Harnblasenkörper 304
Harnblasenpunktion, suprapubische 302, 392
Harnblasenscheitel 304

Harnblasenschleimhaut 305, 447
Harnblasenschließmuskel **304**, 306
Harnblasensenkung 302
Harnblasenstein 301
Harnblasenverschluss 447
Harndrang 304, 447
Harninkontinenz 447
– funktionelle Anatomie 306
– senkungsbedingte 302, 305
Harnkontinenz 305, 306
Harnleiter s. Ureter
Harnorgane 50, **290**
– Embryonalentwicklung **52**
– Funktion 50
– Projektion
– – auf innere Organe 290
– – auf das Skelett 290
– in situ **291**
– vegetative Innervation **316**
Harnpflichtige Substanzen 50
Harnproduktion 50
Harnröhre s. Urethra
Harnrückfluss 300
Harnsamenröhre s. Urethra masculina
Harnstein, Vorzugslokalisation 301
Harnsteinbildung 301
Harnsystem **50**
– Embryonalentwicklung **52**
– Fehlbildung 55
– Organe 3
Harntrakt, unterer, Innervation 305
– somatische 305
– vegetative 305
Hassall-Körperchen 176
Hauptbronchus 35, **142**, 148, **432**
– Embryonalentwicklung 35
– linker 32, 432
– rechter 32, 432
– – Verzweigung **163**
– Wandaufbau **143**, 432
Hauptzelle
– Magendrüse 231
– Paraganglion 75
Haustra coli **236**, **239**, 438
Haustren **236**, **239**, 438
Haut
– Lymphabfluss 29
– perianale 241, 242
– – Fistelöffnung 247
Häute, seröse, Entwicklung 4
Hautschnitt, chirurgischer **361**
Head-Zone 73
– Dickdarm **286**
– Dünndarm **286**
– Gallenblase **284**
– Harnblase **317**
– Herz 73
– Hoden 73, **355**
– Leber **284**
– Magen **284**
– Niere **317**
– Oesophagus 174
– Ovarium **356**
– Pancreas **284**
Helicobacter pylori 231, 435
Henle-Schleife 54, **295**, 445
Hepar s. Leber
Heparin, granulozytäres 25
Hepatitis 440
Hepatozyten 255, 440
Hernia
– femoralis 391
– inguinalis 343, 390
– – direkte 391
– – indirekte 391
– supravesicalis 391
Hernie
– Entstehung 204
– innere 233, 365
– suprapubische 391
Herz 2, 10, 70, 78, 181, 430
– arterielle Versorgung **86**, 410
– Arterien 431
– Aufbau 100
– Ausstrombahn
– – Entwicklung 16, 19
– – Septierung 19
– – – asymmetrische 21
– Blutstrom **119**
– CT-Ebenen **128**
– Deszensus 14
– dreidimensionale CT-Rekonstruktion **129**
– Druckbelastung 108
– Embryonalentwicklung 14, 16, 18, 431
– Form 100
– Funktion 431
– Gefäßklappen **106**, **108**
– Head-Zone 73, **135**
– Innervation **94**, **134**, **410**, 431
– – parasympathische **135**
– – sympathische **135**
– – vegetative 70, **135**
– Lage **96**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– Längsachse 96
– linkes, Entwicklung 16
– Linksversorgungstyp **123**
– Lymphabfluss 91, **410**, 431
– Magnetresonanztomografie **114**
– – Dreikammerblick 114
– – Kurzachsenschnitt 114
– – Längsachse, septumparallele 114
– – Schnittebene 114
– – – axiale 115
– – – koronare 115
– – – sagittale 115
– – – transversale 114
– – Vierkammerblick 114
– Normalversorgungstyp **122**
– Öffnungen 430
– Organvolumen 431
– Parasympathikuseinfluss 71, 431
– Plexusbildung, vegetative **134**
– postnatales **21**
– Projektion auf die Thoraxwand **86**, 96
– rechtes, Entwicklung 16
– Rechtsversorgungstyp **123**
– Röntgenbild **110**
– Schrittmacher, physiologischer 116
– Septierung 18
– Sonografie s. Echokardiografie
– Sympathikuseinfluss 71, 431
– vegetative Reaktionsareale **135**
– Venen 431
– venöse Drainage 410
– Ventilebene **106**, 431
– Verschiebung bei Pneumothorax 159
– Versorgungstyp **122**
– Volumenbelastung 108
– Vorhof-Kammer-Klappe s. Valva atrioventricularis
– Wandbau 101
– Wandschichten 431
Herzachse, anatomische 430
Herzaktion
– elektrische Isolation 107
– mechanische **118**
– – Druckverlauf 118
– – Volumenverlauf 118
Herzanlage 4, 14, 40
Herzbasis 96, 100, 107, 430
– Plexus cardiacus 135
Herzbeutel s. auch Pericardium
Herzbeutelanlage 14
Herzbeutelhöhle 9
Herzbeuteltamponade 98, 431
Herzbinnenräume **104**
– CT-Ebene 128
– Entstehung 16
Herzdämpfung
– absolute 97
– relative 97
– bei Thoraxperkussion 97
Herzfehlbildung 18
– Inzidenz 18
Herzfehler, angeborener **21**
– primär nicht zyanotischer 21
– sekundär zyanotischer 21
– teratogenetisch sensible Phase 21
Herzfrequenz 117
Herzgallerte 14, 16
Herzgewebe, Herkunft 14
Herzgrenzenbestimmung, perkutorische 97
Herzhinterfläche 101
Herzhinterwand **188**
– arterielle Versorgung 122
– – kodominante 122
– Linksversorgungstyp 123
– Normalversorgungstyp 122
– Rechtsversorgungstyp 123
Herzhöhlen 430
– Blutfluss 430
– Leisten **431**
Herzkammer s. Ventriculus cordis
Herzkammerschenkel s. Kammerschenkel
Herzkatheteruntersuchung **126**
– Zugang
– – transbrachialer 126
– – transfemoraler 126
Herzklappen **106**, 430
– Auskultationsorte **109**
– Funktion 107
– Geräuschentstehung 109
Herzklappenausbildung 19
Herzklappenfehler 431
Herzklappeninsuffizienz **108**, 431
Herzklappenmechanik, Störung 108
Herzklappenring 431
Herzklappenstenose **108**, 431
– mit Klappeninsuffizienz **108**
Herzkrankheit, koronare s. Koronare Herzkrankheit
Herzkranzgefäße 430
Herz-Kreislauf-System 10
– Blutdruckverhältnisse 11
– terminale Strombahn 11
Herzlängsachse 430
Herzmuskulatur s. Myocardium
Herzohr 430
– linkes 96, 104
– – im Röntgenbild 110
– rechtes 96, 104
Herzperiode 117
Herzrhythmusstörung 431
Herzschatten (Herzsilhouette) 110
Herzschlauch 14, 431
– Abschnitte 15
– arterielle Ausflussbahn 15
– Entstehung der Doppelläufigkeit 18
– Entwicklung 14
– Schichten 14
– venöse Einflussbahn 15
Herzschleife 14, 16
– entstehende Herzabschnitte 16
– kaudaler Abschnitt 15
– kranialer Abschnitt 15
– Porta venosa 15
– Schenkel
– – absteigender 16
– – aufsteigendder 16
Herzseptenbildung, Störung 18
Herzsilhouette (Herzschatten) 110
Herzskelett 107, **431**
Herzspitze 86, 96, 100, 104, 430
– Kontraktion 116
– im Röntgenbild 110, 136
Herzspitzenstoß 96, 180
Herztod, plötzlicher 125
1. Herzton 118
2. Herzton 118
– gespaltener 118
Herztöne 431
Herzunterfläche 101
Herzvenen **120**
Herzventrikel, embryonale 6
Herzvorderfläche **100**
Herzvorhof 18
– Gruben **431**
– Hormonbildung 66, 69
– linker
– – CT-Ebene 128
– – koronararterielle Versorgung 122

– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – im Röntgenbild 110, 160
– Lymphabfluss 133
– primitiver 15
– rechter
– – koronararterielle Versorgung 122
– – im Mediansagittalschnitt 185
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – im Röntgenbild 110, 160
– Septierung 18
– Wandabschnitte
– – glattwandige 17
– – trabekuläre 17
Herzvorwölbung, embryonale 34
Herzwand
– Lymphabfluss **132**
– Schichten 132
Hesselbach-Dreieck 390
– Hernie 391
Hiatus
– aorticus 80, **82**, 87, 89, **90**, 205
– – durchtretende Strukturen 83
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
– levatorius 205
– oesophageus 81, **82**, 89, **165**, 167, 205
– – durchtretende Strukturen 83
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
– saphenus 391
Hiatushernie 83
– axiale 83
Hilum
– pulmonis (Lungenhilum) **145**, 186
– – Lymphknoten 157
– renale **292**, 388, 445
– – Projektion auf die Wirbelsäule 361
– splenicum 263, 443
– – Projektion auf die Wirbelsäule 361
Hilumlymphknoten 157
Hinterdarm 5, **40**
– Differenzierung 41
– Embryonalentwicklung 46, 48
– Organentwicklung 46
Hinterdarmderivate des Mastdarms 439
Hinterhauptslage, vordere 335
Hinterwandinfarkt 124
Hirnanhangdrüse s. Hypophyse
Hirnstamm, Kerngebiete, parasympathische 70
Hirschsprung-Krankheit 288
His-Bündel (Atrioventrikularbündel; Fasciculus atrioventricularis) 107, **116**, 431
His-Winkel 167
Histamin 69
Hoden 2, 56, 64, 66, 308, 318, **340**, 342, 454
– arterielle Versorgung 423, 454
– Aufbau 341, 454
– Embryonalentwicklung 58, 454
– Funktion 56, 454
– Head-Zone 73, **355**
– Hormonbildung 69, 454
– Innervation 354, 423, 454
– linker, venöse Drainage **347**
– Lymphabfluss **223**, **352**, 423, 454
– Maße 341
– rechter, venöse Drainage **347**
– reifer **62**
– Sympathikuswirkung **355**
– unreifer **62**
– venöse Drainage 423, 454
Hodenhüllen 318, **340**
Hodenkanälchen 60, 340, 454
Hodendack s. Scrotum
Hodenstränge 59, 62
Hodenteratom 454
Hodentumor, bösartiger 454
Hohlraum, Körperhöhle 9
Hormon (s. auch Hormone) 66
– adrenokortikotropes 69
– Erfolgsorgan **68**
– follikelstimulierendes 69, **325**
– Funktion 69
– luteinisierendes 69, **325**
– melanozytenstimulierendes 69
– somatotropes 69
– thyroideastimulierendes 69
– Typ-I-Rezeptor 67
– Typ-II-Rezeptor 67
– Typ-III-Rezeptor 67
Hormonähnliche Substanz, Bildungsorte **69**
Hormonbehandlung, antiandrogene 338
Hormondrüsen 66, 69
Hormone s. auch Hormon
– Bildungsorte **69**
– glanduläre, Regelkreis 68
– hydrophile 67
– immunmodulierende 176, 428
– lipophile 67
Hormonproduktion 318
Hormonregulation, hypothalamisch-hypophysäre Achse **69**
Hormonrezeptor 67
Hormonsekretion
– autokrine 66
– endokrine 66
– parakrine 66
Hormonsystem
– Regelkreis **68**
– Stoffwechsel **68**
Hormonwirkung über Genexpression 67
Horzontalebene, transpylorische 360
Hufeisenniere 55
Hüllfaszien, mesorektale **380**, 400
Hüllzellen 75
Hülsenkapillaren, Milz 263
Hyalbogen 34
Hydrozele 340
Hymen 61, 64
Hyperlipidämie 125
Hypertension, portale 255
Hypertonie
– arterielle 125
– – der oberen Körperhälfte 198
– pulmonale 21
Hypertrophie, rechtsventrikuläre, Fallot-Tetralogie 21
Hypogastrium 383
Hypopharynxdivertikel 169, 434
Hypophyse, Hormonbildung 69
Hypophysenhinterlappen 69
Hypophysenstiel 69
Hypophysenvorderlappen 66, 69
– Regelkreis 68
Hypospadie 448
Hypospermie 342
Hypothalamisch-hypophysäre Achse **69**
Hypothalamus 66
– Hormonbildung 69
– Regelkreis 68
Hypoxie, Paraganglienfunktion 74

I

Ikterus 255
Ileum 2, 38, **234**, 362, **437**
– arterielle Versorgung 417, 437
– Embryonalentwicklung **41**, **46**, 437
– Funktion 437
– Innervation **286**, 417, 437
– Länge 437
– Lymphabfluss 417, 437
– im Mediansagittalschnitt 206
– Muskulatur **234**
– Pars terminalis 237, 238
– Peritonealüberzug 209
– in situ 235
– terminales 238, 437
– venöse Drainage 417, 437
– Wandaufbau **234**
Ileumfalten 437
Ileumgeschwür 437
Ileumzotten 437
Ileus 365
– mechanischer 437
– – Abdomenübersichtsaufnahme 378
– bei Treitz-Hernie 232
Iliolumballinie, Lage der Beckenlymphknoten **315**
Iliosakrallinie, Lage der Beckenlymphknoten **315**
IMA-Bypass (Internal-mammary-artery-Bypass) **131**
Immunabwehr 28
Immunität
– adaptive 23, 25
– humorale 23
– spezifische 23, 25
– zelluläre 23, 25
Immunreaktion
– humorale 28
– zelluläre 28
– – fehlende 428
Immunsystem
– angeborenes 23
– erworbenes 23
– spezifisches 23, 25
– unspezifisches 23, 24
Impressio
– cardiaca pulmonis dextri 97, **145**
– cardiaca pulmonis sinistri 97, **145**
– colica hepatis **253**, 370
– duodenalis hepatis 370
– gastrica hepatis **253**, 370
– renalis hepatis **253**, 370
– suprarenalis hepatis 370
Incisura
– angularis **229**, 230, 435
– cardiaca pulmonis sinistri **145**
– cardialis 435
– ischiadica minor 404
– jugularis sterni, Projektion auf die Brustwirbel 180
Incus 34
Infektion, bakterielle, Neutrophilenzahl 24
Infektionsbarriere, vaginale 328
Infertilität 454
Infundibulum
– tubae uterinae 323, 450
– vesicae biliaris 258
Inguinallinie, Lage der Beckenlymphknoten **315**
Inselapparat **261**, 442
Inselorgan 39, 66
– Hormonbildung 69
Inspiration **158**
– indirekte Nierensenkung 292
– Thoraxwandstellung 33
– Zwerchfellstellung 33
Insula pancreatica 261
Insulin 69, 442
Insulinproduktion 261
Insulinrezeptor 67
Interkostalgefäße, lymphatische **90**, 92
Interkostalräume, Lymphabfluss 90
Interlobien, Computertomogramm 162
Intermediärtubulus 295
Intermediärzellen, vaginale 325
Internus s. Musculus sphincter vesicae (Internus)
Intersectiones tendineae 178, 358
Interspinalebene 360
Intertuberkularebene 360
Intestinalatresie 49
Intestinalstenose 49
Intestinum
– crassum s. Dickdarm
– tenue s. Dünndarm
Intima 11
Intrinsic factor 231, 435
Iodprobe nach Schiller 331
Ionenkanal 67
Isthmus
– aortae, Einengung 87, 198
– prostatae 337

Isthmus
– tubae uterinae 323, 450
– uteri 323, 326, **328**, 450

J

Jejunum 2, 38, **234**, **363**, 366, **437**
– arterielle Versorgung 417, 437
– Embryonalentwicklung **41**, **46**, 437
– Funktion 437
– Innervation **286**, 417, 437
– Länge 437
– Lymphabfluss 417, 437
– im Mediansagittalschnitt 206
– Muskulatur **234**
– Peritonealüberzug 209
– in situ 235
– venöse Drainage 417, 437
– Wandaufbau **234**
Jejunumfalten 437
Jejunumzotten 437
Junctio anorectalis **241**, 242

K

Kammerschenkel
– linker **116**
– – Faszikel 116
– rechter **116**
Kapazitätsgefäß 11
Kapillaren 10, 12
– Durchblutungsregulation 12
Kapillargebiet
– Körperhälfte
– – obere 10
– – untere 10
– des Pfortaderblutes 13
– pulmonales 10
Kapillarkreisläufe, hintereinander geschaltete 12
– venöse 12
Kappe, fibröse, arteriosklerotische Spätläsion 125
Kardia 435
– Lymphabfluss **280**
Kardianalvene, linke, Stamm 17
Kardianalvenen, vordere, Anastomose 17
Kardioglia 14
Karzinom, kolorektales **248**
– Lokalisation 237
– Vorsorgeuntersuchung 248
Kastration, funktionelle 338
Kava-Gallenblasen-Linie **254**
Kehldeckel 33
Kehlkopf 2, 32
– Embryonalentwicklung **34**
Keimblattdifferenzierung 4
Keimblätter, Respirationstraktentwicklung **34**
Keimdrüse 56
Keimdrüsenanlage 52, 454
Keimepithel 322
– Hoden 455
– Ovarium 455
Keimscheibe 4
Keimstrang, primärer **58**, 62
– Hoden 59
– Ovarium 59
Keimzellen 56
– Wanderung in die Gonadenanlage 58
Keimzellproduktion 318
Keith-Flack-Knoten s. Nodus sinuatrialis; s. Sinusknoten
Kerckring-Falten **232**, 436
– endoskopische Ansicht 233
Kerngebiete, parasympathische
– Hirnstamm 70
– Sakralmark 70
Kiemenbogenarterien 15
Kiemenbogenmesoderm, Respirationstraktentwicklung **34**
Killian-Dreieck 168
Kinoziliensaum, Tracheobronchialepithel 143
Kloake 41, 52
– Entwicklung 47, 48
– Harnblasenentwicklung 54
– Harnröhrenentwicklung 54
Kloakenmembran 40, 47
Knickverschluss, rektaler 243
Knochen, Lymphabfluss 29
Knochenmark 26, 28
– Funktion 24
– Histologie 26
– Punktat 26
– Stammzellen 22
– Zytologie 26
Knochenmarkbiopsie 26
Knochenmarkzellen
– Chromatinstruktur 26
– Granula 26
– Zytoplasmastruktur 26
Knorpelspangen, tracheale 34
Kohlendioxid 32
Kohlendioxidpartialdruckdifferenz 32
Kohlrausch-Falte (Plica transversa recti media) 241
Kolik
– Gallenstein 441
– Harnstein 445
– Ureterstein 446
Kolonanastomose 212
Kolondivertikel, Röntgendarstellung 379
Kolonpolypen 438
– Röntgendarstellung 379
Koloskopie, Rektumkarzinomnachweis 248
Kolposkopie 329
Kommunikation, interzelluläre 66
– hormonelle 66
Kompartiment, periproktisches **380**
Komplement 23
Konisation **331**
Kontinenz
– anale 439
– Harnblase 447
Kontinenzorgan
– funktionelles 439
– rektales 240, **242**
– – Funktion **244**
– – Innervation 242, **244**
– – – somatomotorische 244
– – – somatosensible 244
– – – unwillkürliche 243
– – – viszeromotorische 244
– – – viszerosensible 244
– – – willkürliche 243
– – Muskulatur
– – – glatte 243
– – – quergestreifte 243
– – Verschluss
– – – muskulärer 242
– – – vaskulärer 242
Konuswülste 19
Konzeption 56, 318, 334
Kopf
– arterielle Versorgung **86**
– venöse Drainage **88**
Kopffalte 5
Kopfneuralleiste 4
Kopfspeicheldrüsen 38
Kopulation 56
Kopulationsorgan 318
Koronarangiografie
– invasive 128
– konventionelle **126**
– – selektive 126
– Mehrschicht-Spiral-Computertomografie **128**
– weniger invasive 128
Koronarangioplastie, perkutane transluminale **130**
Koronararterien **120**, 410
– Arteriosklerose 125
– – Frühläsion 125
– – initiale Endothelläsion 125
– – Plaqueeinriss 125
– – Spätläsion 125
– Innervation 410
– Linksversorgungstyp **123**
– Mehrschicht-Spiral-Computertomografie **128**
– Normalversorgungstyp **122**
– Plexus cardiacus 135
– Rechtsversorgungstyp **123**
– Segmenteinteilung **126**
– Versorgungstyp **122**
Koronararterienabgang
– CT-Anatomie 129
– Mehrschicht-Spiral-Computertomografie **128**
Koronararterienstenose
– arterieller IMA-Bypass **131**
– Ballondilatation **130**
– Stent-Implantation, perkutane transluminale **131**
– Venenbypass, aortokoronarer **131**
– – bei 3-Gefäß-Erkrankung **131**
Koronararterienthrombose, Pathogenese 125
Koronararterienveränderung, arteriosklerotische **125**
– Pathogenese 125
Koronararterienverengung 122
Koronararterienverschluss **124**
Koronare Herzkrankheit **124**
– Definition 125
– Leitsymptom 125
– Mehrgefäßkrankheit 124
– Risikofaktoren 125
Koronarintervention **130**
Koronarreserve 125
– verminderte 125
Koronarrevaskularisation, operative **131**
Koronarsklerose 125
Körperfaszie, oberflächliche 341
Körperhöhle
– einheitliche 3
Körperhöhlen 2, 8
– Architektur 9
– Evolution 3
– Organe 9
Körperkreislauf 10
– großer 10
– Hochdrucksystem 10
– intraembryonaler 15
– kleiner 10
– Niederdrucksystem 10
Kortisolrezeptor, intrazellulärer 67
Kranzfurche 100, 102, 104, **120**, 430
Kreislauf
– enterohepatischer, der Gallensalze 257
– frühembryonaler 15
– postnataler 20
– pränataler 20
Kreislaufsystem, Organe 3
Krummdarm s. Ileum
Krypten 239, 438
– Zervixkanal 328
Kryptorchismus 454
Kurvatur, große, Entstehung 43
Kurzachsenschnitt
– Echokardiografie 112
– Magnetresonanztomografie 114

L

Labium
– anterius ostii uteri **327**
– majus pudendi (große Schamlippe) 56, 64, 303, 309, **318**, 321
– minus pudendi (kleine Schamlippe) 56, 64, 303, 309, **318**, 321, 327
– posterius ostii uteri **327**
Labrum
– ileocaecale **238**
– ileocolicum **238**
– inferius ostii ilealis **238**
– superius ostii ilealis **238**
Lactobacillus acidophilus 328
Lacuna
– musculorum retroinguinalis 345

– vasorum retroinguinalis 345
Laimer-Dreieck 166
Lamina
– epithelialis mucosae
– – Colonwand **239**
– – Oesophagus 168
– – Uterus **324**
– muscularis mucosae
– – Colonwand **239**
– – Dünndarmwand 73
– parietalis pericardii serosi **98**, 429
– parietalis tunicae vaginalis testis **340**
– posterior vaginae musculi recti abdominis 182, 390
– pretrachealis fasciae cervicalis 79, 177
– propria mucosae
– – Colonwand **239**
– – Oesophagus 168
– – Uterus **324**
– visceralis pericardii serosi 96, **98**, 101, 429, 431
– – Entwicklung 14
– – Lymphabfluss 132
– visceralis tunicae vaginalis testis **340**
Langerhans-Inseln 261
– Hormonbildung 69
Längsachsenschnitt
– Echokardiografie 112
– Magnetresonanztomografie 114
Längsmuskulatur
– Dünndarm 73
– Magen 230
– Ureter 297
Lanz-Punkt 239
Laparotomie
– mediane
– – mittlere 361
– – obere 361
– – untere 361
Lappenbronchien **142**
Lappenbronchus 33, 35, 148, 150, **432**
– Wandaufbau 432
Large granular Lymphocytes 25
Larrey-Spalte (Trigonum sternocostale) 81, 83
Laryngotrachealschlauch **35**
Larynx (Kehlkopf) 2, 32
– Oberflächenrelief beim Mann 178
LCA s. Arteria coronaria sinistra
LCS s. Sinus aortae, linkskoronarer
LDL-Cholesterin 125
Leber 2, 10, 38, 181, 209, 264, 440
– arterielle Versorgung **265**, 414, 440
– Blutbildung 22
– Drüsenfunktion
– – endokrine 440
– – exokrine 440
– Embryonalentwicklung **41**, **42**, 440
– Entgiftungsfunktion 440
– Facies visceralis **252**, 441
– – Berührungsflächen 370
– Form **252**
– Funktion 39, 440
– Gefäßtrias 440
– Gefäßversorgung, doppelte 12, 440
– Head-Zone 73, **284**
– im Horizontalschnitt 374
– Hormonbildung 69
– Innervation 70, **284**, 440
– Kapsel 252
– Lage **250**, 370
– Lymphabfluss 91, 221, **222**, **281**, 414, 440
– – transdiaphragmaler 440
– im Mediansagittalschnitt 206
– Nachbarorgane 250
– Palpation 250
– Peritonealüberzug 48, 209, **252**
– Projektion auf die Rumpfwand 250, 361
– Segmente **254**, 440
– Segmentgrenzen, Projektion auf die Leberoberfläche 254
– in situ **250**
– Topografie **250**, 370
– – Magendrehungseinfluss 44, 368
– Vas privatum 12, 216
– Vas publicum 12, 216
– venöse Drainage 414, 440
– Verwachsungsstelle mit dem Zwerchfell 79, 185, **252**, **292**, 440
– – Entstehung 44
– – im Mediansagittalschnitt 185, 206
Leberanlage 6, 42, 44
Leberarterien 12
– Varianten **265**, 440
Leberazinus 440
Leberdämpfung 97
Leberentzündung 440
Lebergalle 257
Leberknospe 40
Leberläppchen **255**, 440
Leberlappen 253
Lebermetastasen 278, 440
Lebernische des Zwerchfells 44, 233, 364, 371
Leberoberfläche, Projektion der Segmentgrenzen 254
Leberparenchym, Feinarchitektur 440
Leberrand, oberer, Projektion auf die Brustwirbel 180, 361
Leberschall 136
Leberschwellung 251
Lebervenen, Mündung in die Vena cava inferior 251
Lebervergrößerung 250
Leberzellbälkchen 255
Leberzellkarzinom 440
Leberzirrhose 219, **255**, 434
Leerdarm s. Jejunum
Leistenhernie 343, 390
– angeborene 340
– direkte 391
– indirekte 391
Leistenhoden 341, 454
Leistenlymphknoten 28
– Metastasen 450
Leistenregion, Bruchpforten, innere 391
Leistenring, innerer 340
Leistenschnitt 361
Leukozyten 22
– Diapedese 23
Leukozytenadhäsionskaskade 23
Levator-Tor 449
Leydig-Zellen 59, 62, 341, 454
LGL (Large granular Lymphocytes) 25
LH (luteinisierendes Hormon) 69, **325**
Liberin 68, 69
Lieberkühn-Krypten 239
Lien s. Milz
Ligamenta anularia 142, 432
Ligamentum 43
– arcuatum laterale 81, 82, 389
– arcuatum mediale 81, 82
– arcuatum medianum 81, 82
– arteriosum 20, 86, 96, 98, **100**, 102, 188, 193, **198**
– cardinale (Ligamentum transversum cervicis) 321, **322**, 328, **396**
– coronarium hepatis 252, **253**
– cricothyroideum medianum 166
– falciforme hepatis 42, 43, 44, 250, **253**, 262, 390
– gastrocolicum 43, 47, 368
– gastrophrenicum 43
– gastrosplenicum 43, 44, 262, 367, **370**, 384
– hepatoduodenale 43, 233, 251, 252, 260, 264, 364, **367**, 370, 441
– – Inhalt 371
– hepatogastricum **228**, 253, 262, 367, 370
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – Pars flaccida 43
– – Pars tensa 43
– hepatooesophageale **228**, 434
– inguinale 220, 315, 345, 351
– latum uteri 61, **322**, 328, **332**, 350, 351, 393, 398, 450
– – Lymphgefäße **353**
– longitudinale anterius 83
– ovarii proprium 64, **322**, **332**, 351, 393, **396**, 398
– – im Mediansagittalschnitt 403
– pectineum 391
– phrenicocolicum 43, 262
– phrenicosplenicum 43, 233
– puboprostaticum 306, **307**
– pubourethrale 306, **307**
– pubovesicale **309**, **396**
– pulmonale **145**, 432
– rectouterinum 396, 402
– rotundum (Ligamentum teres uteri) 64, 309, 319, **321**, **322**, 348, 350, 392, **396**, 398, 403, 450
– sacrospinale 345, 402
– sacrotuberale 345
– sacrouterinum 396
– splenocolicum 262, 443
– splenorenale 43, 44, 262
– stylohyoideum 34
– suspensorium duodeni 232
– suspensorium ovarii 65, **319**, 321, **322**, **332**, 350, 393, 455
– suspensorium penis 405
– teres hepatis 20, 42, 43, 44, 228, 250, 252, 361, 362, 367, 390
– teres uteri (Ligamentum rotundum) 64, 309, 319, **321**, **322**, 348, 350, 392, **396**, 398, 403, 450
– thyrohyoideum 166
– transversum cervicis (Ligamentum cardinale) 321, **322**, 328, **396**
– transversum perinei 303, 327
– triangulare dextrum 252
– triangulare sinistrum 252
– umbilicale mediale 20
– umbilicale medianum 302, 308, 319, 351, 390
– venae cavae 153, **187**, **253**
– venosum 20
– vesicouterinum 396
LIMA-Bypass (Left-internal-mammary-artery-Bypass) **131**
Limbus fossae ovalis **104**
Linea
– alba 205
– – Oberflächenrelief 178, 358
– anocutanea 241, 242
– arcuata 205, 362, 390
– arcuata vaginae musculi recti abdominis 235
– dentata 241, 242
– mediana anterior 180
– mediana posterior 180
– medioclavicularis 180
– parasternalis 180
– paravertebralis 180
– scapularis 180
– semilunaris 178, 358
– sternalis 178, 180, 358
– supratransitionalis 242
– terminalis pelvis 204, **207**, **335**
Lingula pulmonis sinistri **144**
Links-Rechts-Kurzschluss 223
– Sinus venosus 17
Links-Rechts-Shunt, angeborener Herzfehler 21
Linksherzkatheter **126**
Lipidakkumulation
– arteriosklerotische Läsion 125
– vulnerable Plaque 125
Lobuli
– hepatis (Zentralvenenläppchen) **255**
– pulmonis (Lungenläppchen) 144, 148, 432

Lobuli pulmonis
– – Bindegewebssepten 154
– testis **340**, 454
– thymici 176, 428
Lobus
– caudatus hepatis 252, 254, 368, 440
– – Gallenwege 256
– dexter thymici 177
– hepatis dexter **253**, 370, 440
– – Facies visceralis **252**
– – Gallenwege 256
– – im Horizontalschnitt 374
– hepatis sinister **253**, 262, 368, 370, 440
– – Facies diaphragmatica **252**
– – Facies visceralis **252**
– – Gallenwege 256
– – im Horizontalschnitt 374
– inferior pulmonis dextri 96, **144**, 183, 432
– – Segmente **146**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– inferior pulmonis sinistri **144**, 183, 432
– – Segmente **146**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– medius pulmonis dextri 96, **137**, **144**, 183, 432
– – Segmente **146**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– prostatae dexter 337
– prostatae sinister 337
– pulmonis (Lungenlappen) **144**, **146**, 432
– quadratus hepatis 252, **253**, 256, 440
– sinister thymici 177
– superior pulmonis dextri 96, **144**, 183, 432
– – Segmente **146**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– superior pulmonis sinistri **137**, **144**, 183, 432
– – Segmente **146**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– thymi dexter 428
– thymi sinister 428
Luft-Flüssigkeits-Spiegel, intraabdominelle 378
Luftleitung 433
Luftröhre s. Trachea
Lunge 2, 32, 136, **432**, 433
– Arterien **150**, 412
– Aufbau **144**, 432
– Ausdehnung 137
– Computertomografie **162**
– Embryonalentwicklung **35**, **36**, 41, 433
– – Störung 37
– Entwicklungsphase
– – alveoläre 36
– – kanalikuläre 36
– – pseudoglanduläre 36
– – terminale 36
– Exspirationsstellung 33
– Farbe 144
– fetale 20
– Flüssigkeit, aspirierte, intrauterine 37
– Form **144**
– Funktion 433
– Gefäßversorgung, doppelte 12
– Innervation 70, **156**, 412, 433
– Klopfschall, sonorer 137
– Klopfschallfeld 136
– kollabierte 159
– Lage 136
– Lappenresektion **147**
– Leitungsbahnen 433
– Lymphabfluss 91, 92, **157**, 412, 433
– Lymphknoten **156**
– postnatale 20
– Projektion auf den Thorax 136
– reife 433
– Röntgenaufnahme 136, **160**
– – Befundterminologie 161
– Rückstellkraft bei Ausatmung 149
– Segment **146**
– – bronchoarterielles **146**, 150
– – bronchopulmonales 146
– Segmentresektion **147**
– in situ 137
– Überblähung 433
– Vas publicum 12, 150, 412
– Vasa privata 12, 150, 412
– Volumen 144
– Volumenänderung 433
Lungenarterien 32, **150**, 433
– Projektion auf den Thorax 151
– im Röntgenbild 161
– Sauerstoffgehalt im Blut 150, 154
Lungenarterienverschluss, embolischer 152, 433
Lungenazinus 148, 432
Lungenbasis **144**, 432
Lungenbläschen 32, 35
Lungendivertikel **35**, 433
Lungenembolie 152, 433
Lungenemphysem 433
Lungenentzündung, rezidivierende 165
Lungenepithel, Hormonproduktion 66
Lungenfell 33, **138**, 144, 182, 432
Lungenflächen 432
Lungengefäße im Röntgenbild 161
Lungenhilum **145**
– Lymphknoten 157
Lungenhinterrand 432
Lungenknospe 6, **35**, 40, 433
Lungenkreislauf 10
– Volumenbelastung 21
Lungenläppchen 144, 148, 432
Lungenlappen 35, **144**, **146**, 432
Lungenlappenarterien 150
Lungenlappenspalten, Computertomogramm 162
Lungenlappenverschattung 161
Lungenmetastasen 278
Lungenoberfläche 145
Lungenrand 145, 432
– unterer, atmungsbedingte Verschiebung 159
Lungenreifung 35, **37**
Lungenresektion, totale **147**
Lungenschall, sonorer 137
Lungensegmentarterien 150
Lungensegmente 35, **146**, 150, 432
Lungenspalte 432
Lungenspitze 137, **144**, 181, 432
Lungenteilentfernung, operative **147**
Lungenvenen **150**, 412, 433
– Projektion auf den Thorax 151
– im Röntgenbild 161
– Sauerstoffgehalt im Blut 150, 154
Lungenverschattung 161
Lungenvolumen, respiratorische Änderung **158**
Lungenwurzel 6
– Mesenchym 6
Lunula valvulae semilunaris 108
Lutropin (luteinisierendes Hormon) 69, **325**
Lymphabfluss 221, 434
– Quadranteneinteilung 30, **91**
– thorakaler **91**
– transdiaphragmaler 92, 172
– Verdauungsorgane **280**, **282**
Lymphabflusswege 29, **30**
– thorakale 91
Lymphatisches System **60**, 28
Lymphbahnen 28
Lymphdrainage, überlappende 91
Lymphe (Lymphflüssigkeit) 10, 38
– Entstehung
– – arterieller Schenkel 29
– – venöser Schenkel 29
Lymphfollikel 38
– Colonwand **239**, 438
– im Ileum 28, 437
Lymphgefäße 28
– Embryonalentwicklung 31
– interkostale 90
– Netzwerk 220
– ösophageale 173
– periphere, zuführende 28
– rektale 381
– thorakale **90**
Lymphgefäßentzündung 29
Lymphgefäßnetz
– myokardiales 132
– peribronchiales 157
– subendokardiales 132
– subepikardiales 132
– subpleurales 157
Lymphgefäßsystem 10
– oberflächliches 29
– tiefes 29
Lymphkapillaren 10, 28
Lymphknoten (s. auch Nodi lymphoidei; s. auch Nodus lymphoideus) 10, 28, 91
– bronchopulmonale **92**
– epikolische **283**
– Flussrichtung 31
– hiläre 93
– iliakale 220
– inguinale 220
– intrapulmonale **92**
– Lage zum inneren Organ 31
– mediastinale 91, **92,** 173
– mesenteriale 438
– ösophageale 173, 434
– parakolische **283**
– parasternale 93
– paratracheale 93, 173, 412
– parietale
– – Abdomen 31, 220
– – Becken 31, 220, **223**
– preperikardiale 93
– prevertebrale 93
– primäre **31**
– regionäre **31**, 221, 222
– sekundäre **31**
– Thoraxwandgruppe **92**
– tracheobronchiale 93, 412
– Tributargebiet **31**
– viszerale 220
– – Becken **223**
Lymphknotenmetastasen 29
Lymphknotenstationen
– im Thorax **92**
– Tributargebiete 221
Lymphkollektoren 28
– Ösophaguswand 172
– subseröse **282**
Lymphografie 315
Lymphokine 69
Lymphozyten 25, 26, 28, 428
– azurgranulierte 25
– weiße Milzpulpa 263
Lymphozytopoese 26
Lymphpräkollektoren 28
Lymphrückfluss, atmungsabhängiger 90
Lymphstämme 28
– Abdomen 221
– Becken 221
– thorakale **90**
Lysosomen 24

M

Mackenroth-Band s. Ligamentum cardinale (Ligamentum transversum cervicis)
Macula densa 294
Magen 2, 38, 264, 362, **435**
– Abschnitte 435
– arterielle Versorgung **265**, 415, 435
– Berührungsfelder mit Nachbarorganen 372
– Embryonalentwicklung **41**, **42**, 435
– Facies colomesocolica 372
– Facies epigastrica 372
– Facies hepatica 372

– Facies pancreatica 372
– Facies phrenica 372
– Facies renalis 372
– Facies splenica **263**, **367**, 370, **372**, 443
– Facies suprarenalis 372
– Form 229
– Funktion 435
– Gliederung 229
– Head-Zone 73, **284**
– Innervation 70, **284**, 415, 435
– Lage 208, **228**
– – zur Bursa omentalis 368
– Längsmuskelschicht 230
– Leitungsbahnen 435
– Lymphabfluss 221, **222**, **280**, 415, 435
– Lymphknoten, regionäre **280**, 435
– im Mediansagittalschnitt 206
– Muskelschicht, schräge, innerste 230
– Paries anterior im Horizontalschnitt 374
– Pars cardiaca **228**, 230, 435
– Pars pylorica 370, 435
– – im Horizontalschnitt 374
– Peritonealüberzug 209
– Projektion auf die Rumpfwand 228, 361
– Ringmuskelschicht 230, 435
– in situ **228**
– Topografie **228**, 372
– venöse Drainage **274**, 415
– Volumen 435
Magen-Darm-Trakt, Durchblutungsstörung 213
Magenanlage 42, 44
Magenarterien **265**, 415, 435
Magen-Darm-Trakt 38
– Differenzierung 41
– Entwicklung 40
– Entwicklungsstörung 49
– histologischer Aufbau 39
– lymphatisches Gewebe 38
– Malrotation 49
Magendrehung 43, 48, 262, 435
– Bursa-omentalis-Lage 368
– Topografie der Organe 44
Magendrüsen **231**
Magenfalten **229**, 230
Magengeschwür 231, 435
Magengrübchen 231
Magengrund 435
Magenkarzinom 435
– Lymphfluss in thorakale Lymphknoten 172
Magenkippung 43, 45
Magenkörper **228**, 230, 435
– im Horizontalschnitt 387
Magenkuppel 435
Magenkurvatur
– große **228**, 230, 435
– – arterielle Versorgung 435
– – Lymphknoten **280**, 435
– – venöse Drainage 274
– kleine **228**, 230, 435
– – arterielle Versorgung 435
– – Lymphknoten **280**, 435
– – venöse Drainage 274
Magenmund 435
– unterer 435
Magenmuskulatur 435
Magenpförtner 39, 435
Magensaftproduktion 435
Magensäureproduktion 435
Magenschleim 435
Magenschleimhaut **229**, 435
– endoskopische Ansicht 231
Magenschleimhautentzündung 435
Magenstraßen 229, 230
Magenvenen **274**, 415, 435
Magenwand 435
– Aufbau 230, 435
– – Histologie 231
– Schaukelbewegung 435
Magenwandvenen 171
Magnetresonanztomografie (s. auch MR)
– Becken
– – männliches 405
– – weibliches 402
– Herz **114**
Makrophagen 25, 27
Maldigestion **261**, 442
Malleus 34
Malpighi-Körperchen 263
Mamille 178, 358
Mamma 178
Mandibularbogen 34
Manubrium sterni 158, 179, 181
– Projektion auf die Brustwirbel 180
Margines pulmonis (Lungenränder) 145
Margo 443
– anterior pulmonis 432
– anterior pulmonis dextri **144**
– anterior pulmonis sinistri **144**
– inferior hepatis **253**
– inferior pulmonis 432
– inferior pulmonis dextri **144**
– inferior pulmonis sinistri **144**
– inferior splenica **263**, 443
– lateralis medialis 296
– lateralis renis 293, **294**, 445
– liber ovarii 323, 332
– medialis glandulae suprarenalis 298
– medialis renis 293, **294**, 445
– medialis scapulae 179, 358
– – Oberflächenrelief 178
– mesovaricus ovarii 323, 332
– superior glandulae suprarenalis 298
– superior scapulae
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
– superior splenica **263**, 367, 370, 443
Marisken 246
Markstrahlen **294**
Mastdarm s. Rectum
Mastzelle 27
McBurney-Punkt 239
Meckel-Divertikel 49
Meckel-Knorpel 34
Media 11
Mediastinalflattern 159
Mediastinalorgane 9
Mediastinalverschiebung 159
Mediastinum 9, **78**, 181, **190**, 432
– anterius 78, 98, 136, 184
– – Lymphabfluss 91
– – im Mediansagittalschnitt 185
– von dorsal **187**
– im Horizontalschnitt 185
– inferius 78, 98
– – Verbindung
– – – zum Abdomen 78
– – – zur Lunge 78
– Inhalt **78**
– Leitungsstrukturen **139**
– im Mediansagittalschnitt 185
– medium 78, 136, 184
– posterius 78, 136, **192**
– – Entstehung 36
– – Topografie 193
– Rechts-links-Bewegung, atemsynchrone 159
– superius 184, **194**
– – Leitungsbahnen **78**
– – Lymphabfluss 91
– – Verbindung zum Hals 78
– testis **340**
Medikamentenapplikation
– First-pass-Effekt 279
– rektale 279
Medioklavikularlinie 117
Medulla
– glandulae suprarenalis (Nebennierenmark) **298**, 444
– ovarii 63, 333, 455
– – Entwicklung 59
– renalis (Nierenmark) **294**
Medusenhaupt 219
Megakaryozyten 22, 27
Mehrhöhlenverletzung 181, 250
Mehrschicht-Spiral-Computertomografie, Koronarangiografie **128**
Meissner-Plexus 73, **288**
Melanom, malignes, Metastasierung 444
Melanotropin (melanozytenstimulierendes Hormon) 69
Melatonin 69
Membrana
– elastica externa 11
– elastica interna 11
– obturatoria 345, 404
– perinei 303, 327
Menarche 56
Menopause 449
Menstruation **325**, 450
Menstruationszyklus **325**
Mesangiumzellen
– extraglomeruläre 294
– intraglomeruläre 294
Mesenchym 34
– Genitalsystementwicklung 58, **62**
Mesenterialwurzel 233, 364, 382, 384
Mesenteriendifferenzierung 45
Mesenteriendrehung 45
Mesenterium 9, 39, **209**, 237, **366**, 370
– dorsales 42
– embryonales 42
– im Mediansagittalschnitt 206
– ösophageales, dorsales 7
– im reifen Organismus 43
– ventrales 42
Meso s. Mesenterium
Mesoappendix vermiformis 42, 237, **238**, **366**, 384
Mesocaecum 42
Mesocolon 48
– ascendens 42, 47
– descendens 42, 47
– sigmoideum 42, 237, **366**, 382
– transversum 42, 237, 363, **366**, 368
– – Anheftung, Projektion auf die Wirbelsäule 361
– – im Horizontalschnitt 387
– – im Mediansagittalschnitt 206, 209
– – Radix 266, **367**
– – Wurzelverlauf 371, 384
Mesoderm 4
– Entwicklung des Magen-Darm-Traktes **40**
– extraembryonales 5
– intermediäres 4, 52
– – Nierenentwicklung 52
– Mesenterienentwicklung 42
– paraxiales 4, 52
– parietales, Pleura-parietalis-Entwicklung 36
– präkordales 4
– viszerales
– – Pleura-visceralis-Entwicklung 36
– – Respirationstraktentwicklung **34**
Mesoduodenum 436
– dorsale 42
– ventrale 42
Mesogastrium
– dorsale 42, 44, 362, 435
– – Verlagerung 43
– Drehung 435
– ventrale 42, 44, 435
– – Verlagerung 43
Mesohepaticum 252
– dorsale 42, 44, 253
– ventrale 42, 44
Mesokard 14
Mesometrium **322**, 450
Mesonephros (Urniere) 52
Mesooesophageum, embryonales 434
Mesorectum 42, 48, **366**, **380**, 400, 404
– Karzinominfiltration 249
– Magnetresonanztomografie 405
Mesosalpinx **322**, 398, 450

Mesosigmoideum **366**
Mesosplenicum
– dorsale 43
– ventrale 43
Mesothel 4
Mesovarium **322**, **332**, 450
Metamyelozyt 27
Metanephros (Nachniere) 52
Metarteriole 12
Metastasierung, lymphatische, transdiaphragmale 92
Michaelis-Raute 358
Mikrophagen 24
Mikrozirkulation 12
Miktion 305, 306, 447
– schmerzhafte 448
Miktionszentrum
– pontines 305
– sakrales 305
Milchsäure 449
Milchsäurebakterien 328
Milz 2, 28, 181, **262**, 264, 443
– arterielle Versorgung **266**, 414, 443
– Blutbildung 22
– Embryonalentwicklung 31, 42, 443
– Facies diaphragmatica 443
– Facies gastrica **367**, 443
– Form **263**, 443
– histologischer Aufbau **263**, 443
– Innervation **284**, 414, 443
– Lage 208, 228, 233, 251, **262**, 443
– Lymphabfluss 221, **222**, **281**, 414, 443
– Marginalzone 263
– Margo superior 367, 370
– Maße 443
– Oberfläche **263**
– Peritonealverhältnisse 48, **262**, 443
– Projektion
– – auf die Rumpfwand 360
– – auf das Skelett 262, 373
– – auf die Wirbelsäule 361
– Topografie 372
– – Magendrehungseinfluss 44
– venöse Drainage 215, **275**, 414, 443
Milzanlage 42, 44
Milzentfernung 263
Milzkapsel 263
– Sympathikuswirkung 226
Milzknötchen 263
Milznische 262, 372
Milzpulpa
– rote 263
– weiße 263
Milzschwellung 443
Milzsinus 263
Milztrabekel 443
Mineralocorticoide 69
Mitralklappe s. Valva atrioventricularis sinistra
Mitteldarm **40**
– Differenzierung 41
– Embryonalentwicklung 46, 48
– Organentwicklung 46
Mittelfellraum s. Mediastinum
Mittellappenbrochus 35
Moderatorband 116
Mononukleäres phagozytotisches System 25
Monozyten 23, **25**, 27
Mons pubis 318, 358
Morgagni-Hydatide 64
Morula 334
MPS (Mononukleäres phagozytotisches System) 25
MR-Angiographie (Magnetresonanz-Angiographie), Aortenisthmusstenose 199
MR-Koronarangiografie (Magnetresonanz-Koronarangiographie) 126
MSCT (Mehrschicht-Spiral-Computertomografie), Koronarangiografie **128**
MSH (melanozytenstimulierendes Hormon) 69
Mukosa (Schleimhaut; s. auch Tunica mucosa) 39, 73
– Magen **229**, 435
– Oesophagus 434
– Tuba uterina 450
– Uterus 450
Müller-Gang 52, **58**, 451
– Abkömmlinge 58, 64
– Differenzierung 58, **60**, 63
– Rückbildung 62
Müller-Geschlechtshöcker 60, 64
Mundbucht 40
– Differenzierung 41
Mundhöhle 38
– Entwicklung 41
Musculi s. auch Musculus
– intercartilaginei, Funktion 158
– intercostales 75
– intercostales externi, Funktion **158**
– intercostales interni, Funktion 158
– pectinati 104, 431
– pubovesicales 303
– scaleni, Funktion **158**
Musculus s. auch Musculi
– arytenoideus posterior 166
– arytenoideus transversus 166
– bulbospongiosus 303, 309, 321, 336, 395
– – im Mediansagittalschnitt 206, 405
– bulbovesicalis 309
– canalis analis 243
– coccygeus 205, 344
– constrictor pharyngis inferior 166
– – Pars cricopharyngea 168
– – Pars thyropharyngea 168
– corrugator ani 241, **243**
– – Endosonografie 249
– cremaster 340, 343
– detrusor vesicae (Harnblasenentleerer) **304**
– – Stratum longitudinale externum 304
– – Stratum longitudinale internum 304
– – Stratum circulare 304
– dilatator urethrae 305, 306
– ejaculatorius 306
– erector spinae 81, 205
– – Oberflächenrelief 178, 358
– iliacus 205, 389, 391
– iliococcygeus 205, 245
– iliopsoas 391
– intercostalis
– – externus 182
– – internus 182
– – intimus 182
– interuretericus 305
– ischiocavernosus 303, 309, 321, 327, 395
– latissimus dorsi 205
– levator ani 204, **205**, **240**, 242, 303, 307, 309, 321, 381, 395, 397, 403
– – Arteriae-rectales-Verlauf 272
– obliquus externus abdominis 204, 362
– obliquus internus abdominis 204, 341, 362
– obturatorius 321
– obturatorius internus 303, 344, 397
– papillaris (Papillarmuskel) 103, 106, 431
– – Lage 107
– papillaris anterior 104, **109**, 431
– – Innervation 116
– papillaris posterior 104, **108**, 431
– papillaris septalis **104**, 109, 431
– pectoralis major, Oberflächenrelief 178, 358
– piriformis 205, **345**
– psoas major 81, 82, 204, 291, 300, 391
– – im Horizontalschnitt 387
– psoas minor 82, 205
– pubococcygeus 205, 243
– puborectalis 205, 242
– pubovesicalis 303, 304, 306, **307**
– – aponeurotischer Ansatz 307
– quadratus lumborum 81, 82, 204
– rectus abdominis 182, 204, 235, 362, 390
– – im Mediansagittalschnitt 206
– scalenus anterior 84
– serratus posterior inferior 158
– serratus posterior superior 158
– sphincter ampullae hepatopancreaticae 259
– sphincter ani externus **240**, 242, **243**, 395, 403
– – Endosonografie 249
– – Innervation 244
– – Pars profunda 241, **243**
– – Pars subcutanea 241, **243**
– – Pars superficialis 241, **243**
– sphincter ani internus **240**, 242, **243**, 381
– – Dauertonus 243, 244
– – Endosonografie 249
– – Innervation 244
– sphincter calicis 297
– sphincter ductus choledochi 259
– sphincter ductus pancreatici 259
– sphincter fornicis 297
– sphincter Oddi 259
– sphincter pelvicis 297
– sphincter pylori **229**, 230, 232
– sphincter urethrae (Externus) 303, 305, 306, **307**, 327, 395
– – glattmuskulärer Anteil 303, 305, 306, **307**
– – quergestreifter Anteil 303, 305, **307**
– – Verankerungszone 306, **307**
– sphincter urethrae glaber 303, 306, 309
– sphincter urethrae internus 448
– sphincter urethrae transversostriatus 306
– sphincter vesicae (Internus) **304**, **306**, 306, 309
– – Doppelfunktion beim Mann 304, 306
– sternocleidomastoideus, Oberflächenrelief 178
– subcostalis 158
– trachealis 143, 432
– transversus abdominis 204, 362
– – Aponeurose 205
– transversus perinei profundus 303, 308, 321, 327, 336, **395**, 403, 405
– transversus thoracis 158
– trapezius, Oberflächenrelief 178
– vesicoprostaticus 304
– vesicovaginalis 304
Muskeln, Lymphabfluss 29
Muskelzellen, glatte
– Arterien 11
– Venen 11
Muskularis s. auch Tunica muscularis
– Harnblase 447
– Magen-Darm-Trakt 39
– Magenwand 435
– Ösophaguswand 172
– Tuba uterina 450
– Uterus 450
Mutterkuchen s. Placenta
Muttermund
– äußerer 328
– innerer 328
Muzin 231
Myasthenia gravis 428
Mydriasis, linksseitige, bei kardialer Durchblutungsstörung 135
Myeloblast 26
Myelozyten 26, 27
– basophile 27
– eosinophile 26

Myocardium (Herzmuskulatur) 14, 101, 431
– Aufbau 102
– Innervation 410
– Lymphabfluss **132**
– mittlere Schicht 103
– oberflächliche Schicht 102
– tiefe Schicht 102
– um Einmündung der Vena cava inferior 103
Myoepithelzellen 294
Myoidzelle 176
Myokard s. Myocardium
Myokardinfarkt 431
– akuter **124**
– Lokalisation **124**
– Papillarmuskelbeteiligung 109
– Schmerzausstrahlung 135
Myokardischämie 124
– Pathogenese 125
Myokardnekrose, akute 124
Myom 324, 451
Myometrium **323**, **324**, 326, 328, 334, 450
Myotom 4

N

Nabelbruch, physiologischer 46
Nabelfistel 49
Nabelschleife
– Drehung **42**, **46**, 48
– Malrotation 49
– Organentwicklung **46**
Nabelschnur 6, 20
Nabelvene 15, 17, 219, 253
– linke 17
Nachniere 52, 62, 445
Nahrungsbestandteile, Resorption 38
Nahrungsbreieindickung 438
Nahrungslipide, Abtransport 28
Nahrungsverwertung 38
Nahrungszerkleinerung 38
Nares (vordere Nasenlöcher) 32
Nase, äußere 32
Nasenhöhle 32
Nasenloch
– hinteres 32
– vorderes 32
Nasennebenhöhlen 32
Nasus externus 32
Natural-Killer-Zellen 25, 27
NCS (nichtkoronarer Sinus aortae) 128
Nebenhoden s. Epididymis
Nebenniere 181, 292, **298**, 444
– arterielle Versorgung 421, 444
– Durchblutung 444
– Embryonalentwicklung 444
– Form 298, 444
– Funktion 444
– im Horizontalschnitt 374
– Hormonbildung 69, 444
– Innervation **316**, 421, 444
– Lage 208, 298, 444
– Lymphabfluss **223**, **314**, 421, 444
– Überfunktion 298, 444
– Unterfunktion 298, 444
– venöse Drainage 421, 444
Nebennierenarterie 210, 293, 298, **310**, 444
– Varianten **312**
Nebennierenhormone 298
Nebennierenmark 66, 74, 227, **298**, 444
– sympathische Fasern 71, **316**, 444
Nebennierenmetastase 444
Nebennierenrinde 66, **298**, 444
– Ausfall 444
– Überfunktion 444
Nebennierenvene **310**, 444
– Varianten **312**
Nebenphrenikus 84
Nebenschilddrüse 66
– Hormonbildung 69
Nebenzelle, Magendrüse 231
Nekrozoospermie 342
Neoplasie, intraepitheliale, Cervix uteri 331
Nephritis 445
Nephron 50, **295**
– Embryonalanlage 54
– Embryonalentwicklung 54
Nerven
– Lymphabfluss 29
– retroperitoneale 383
– thorakale **95**
Nervenfasern
– parasympathische 225
– – 1. efferentes Neuron 227
– – 2. efferentes Neuron 227
– – postganglionäre 284
– – präganglionäre 227, 284
– sympathische 225, 226
– – 1. efferentes Neuron 226
– – 2. efferentes Neuron 226
– – postganglionäre 284
– – präganglionäre 284, 316
– – zum Nebennierenmark 298, 316
– viszeromotorische 225
– viszerosensible 225
Nervensystem
– autonomes s. Nervensystem, vegetatives
– enterisches 38, 70, 73, 231, **288**
– intramurales **288**
– Organe 3
– vegetatives (s. auch Parasympathikus; s. auch Sympathikus) **70**
– – Abdomen **224**
– – Afferenzen **72**
– – Becken **224**
– – Hormonbildung 69
– – intramurales **175**
– – 1. Neuron 225
– – 2. Neuron 225
– – Oesophagus **175**
– – Schaltschema 71
– – Transmitter **71**
– – Transmitterrezeptor 71
– zentrales, Hormonproduktion 66
Nervi s. auch Nervus
– cardiaci cervicales 78, **94**, 408, 410, 428, 431
– cardiaci thoracici 431
– intercostales 75, **95**, 134, 413
– – Pleurainnervation 139
– levatores 244
– lumbales, Rami anteriores **354**, **356**
– pelvici 316
– rectales inferiores 244, 354
– scrotales posteriores **354**
– splanchnici 71, 380, 400, 438
– – Schmerzfasern **72**
– splanchnici lumbales 226, **286**, **288**, 305, 316, 354, 356, 419, 420, 422, 439
– splanchnici pelvici 224, 226, 227, **244**, **286**, **288**, 305, 316, 354, 356, 419, 420, 422, 425, 438, 439, 445
– splanchnici sacrales 354
Nervus (s. auch Nervi) 78, 435, 439
– cardiacus cervicalis inferior 431
– cardiacus cervicalis medius 431
– cardiacus cervicalis superior 431
– cavernosi penis 354
– cutaneus femoris lateralis 291, 386, 389
– dorsalis clitoridis 327
– dorsalis penis 308, 354
– femoralis 386, 389
– – Rami cutanei anteriores 389
– genitofemoralis 291, 386
– – Ramus femoralis 389
– – Ramus genitalis 343, 389
– glossopharyngeus 75
– hypogastricus 400
– hypogastricus dexter **289**, 316, 354, **356**, 381
– hypogastricus inferior 380, 400
– hypogastricus sinister **224**, **289**, 316, **354**, 356, 381
– iliohypogastricus 291, 299, 386
– – innerviertes Hautareal 389
– – Nähe zur Niere 389
– – Ramus cutaneus lateralis 389
– ilioinguinalis 291, 299, 386, 389, 408
– – Funiculus spermaticus 343
– – innerviertes Hautareal 389
– – Nähe zur Niere 389
– intercostalis 182, 190
– laryngeus recurrens 78, 94, **95**, 156, 308, 408, 428, 434
– – Rami tracheales 412
– laryngeus recurrens dexter **95**, 134, 174
– laryngeus recurrens sinister **95**, 134, 174
– laryngeus superior 94, 134, 156
– obturatorius 346, 354, 356, 390
– phrenicus 6, 7, 75, 78, 83, **84**, 85, 95, 139, 183, 184, 190, 411, 413, 429
– – afferente Fasern 84
– – beidseitiger Ausfall 84
– – auf dem Diaphragma 134
– – efferente Fasern 84
– – Innervationsgebiet 84
– – Pleurainnervation 139
– – Rami pericardiaci 84, 99, 134
– – Ramus phrenicoabdominalis 84
– phrenicus accessorius 84, 413
– phrenicus dexter 96, 134
– phrenicus sinister 134, 188
– pudendus 242, 244, 305, 344, **354**, 356, 448, 449
– sacralis 1 224
– – Ramus anterior **316**, 356
– spinalis 72, 380
– – Radix anterior 71
– – Radix posterior 71
– – Ramus dorsalis 71, 380
– – Ramus ventralis 71
– splanchnicus imus 226, **286**, **288**, 316, 355, 356, 421, 425, 445
– splanchnicus major 70, 85, **94**, 224, **284**, **286**, **288**, 298, 414, 416, 425, 435, 436, 440
– splanchnicus minor **94**, 224, 285, **286**, **288**, 298, 316, 355, 356, 414, 416, 425, 436, 445
– splanchnicus thoracicus major 226
– splanchnicus thoracicus minor 226
– subclavius 413
– subcostalis **95**, 299, 386, 389, 413
– vagus 70, 72, 75, 78, 94, 224, 227, 297, 408, 409
– – am Aortenbogen 134
– – Herzinnervation 70, 134, 431
– – Leberinnervation 440
– – Ösophagusinnervation 174
– – Rami bronchiales 186
– – Rami cardiaci 94
– – Rami cardiaci cervicales 408, 410, 431
– – Rami cardiaci thoracales 135
– – Rami oesophagei 94
– – Rami thoracici 430
– – Rami tracheales 94
– – thorakaler Verlauf **95**
– – Tracheainnervation 156
– vagus dexter 134
– – Rami bronchiales 412
– vagus sinister 134, 192, 412
– – Arcus-aortae-Region 96
Netz 43
– großes 251, 262, 264, 274, **362**, 370
– – im Mediansagittalschnitt 206
– kleines 43, 44, 228, 262, 264, **365**, **367**, 368, 370, 435
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – im Sagittalschnitt 368

Netztasche s. Bursa omentalis
Neuralleiste 4, 74
Neuralleistenzellen, Herzausflussbahnentwicklung 19
Neuralplatte 4, 14
Neuralrinne 4, 14
Neuralrohr 4, 15
Neuralrohrschluss 4
Neuralwülste 4, 14
Neuroektoderm 4, 74
Neurohypophyse 69
Neuron
– adrenerges 71
– cholinerges 71
– intramurales 71
– pseudounipolares 71, 72
Neurosekretion 66, 69
Neurulation 4
Neutrophile **24**
Nidation 334
Niere 50, **290**, **292**, 445
– arterielle Versorgung 421, 445
– Aufbau 293
– Ausscheidungsfunktion 301
– Beweglichkeit 290
– – pathologische 290
– Blutzustrom **295**, 445
– Embryonalentwicklung **52**, 445
– Feinbau 445
– Form 293, 445
– Funktion 50, 445
– Funktionsstörung bei Diabetes mellitus 445
– gefäßfreie Zone **312**
– Head-Zone 73
– im Horizontalschnitt 374, 387
– Hormonbildung 66, 69
– Innervation 70, **316**, 317, 421, 445
– inspirationsbedingte Absenkung 292
– Lage 51, 208, 292, **388**, 445
– – Beziehung zum Duodenum 233
– linke 386
– – Head-Zone **317**
– – Kontaktfläche
– – – zum Colon descendens 388
– – – zum Magen 388
– – – zur Milz 388
– – – zum Pancreas 388
– – Lage **290**
– Lymphabfluss **223**, **314**, 421, 445
– Projektion auf die Rumpfwand 361
– rechte 386
– – Kontaktfläche
– – – zum Duodenum 388
– – – zur Flexura coli dextra 388
– – – zur Leber 388
– – Lage **290**, 371
– Rindenzone 445
– Topografie **388**
– venöse Drainage 421, 445
Nierenarterie 291, **294**, **296**, **310**, 386, 421, 445
– aberrante **313**
– akzessorische **313**
– Äste zu den Nierensegmenten **313**
– Projektion auf die Wirbelsäule 211, **311**
– Ursprung, Projektion auf die Wirbelsäule 361
– Varianten **312**
Nierenarterieneinengung 445
Nierenarteriole
– abführende 50
– zuführende 50
Nierenaszensus 52, 445
Nierenbecken 53
– ampulläres 296
– dendritisches 296
– Embryonalentwicklung **52**
– lineares 296
– Verschluss 297
Nierenbeckenausgussstein 296, 301, 445
Nierenbeckenentzündung 297
Nierenbeckenstein 301
Nierenbläschen 54
Nierenbucht **293**
Nierenentzündung 445
Nierenfaszie **292**
Nierenfettkapsel **292**
Nierengefäße **295**
– Autoregulation 227
Nierenhilum **292**, 388, 445
– Projektion auf die Wirbelsäule 361
Nierenkapsel **292**
Nierenkelch 53, 445
– Verschluss 297
Nierenkelchstein 296
Nierenkelchsystem 295, **296**
Nierenkolik 297
Nierenkörperchen **294**, 445
Nierenlager **292**
Nierenleiste 52, **62**
Nierenmark **294**
– äußeres **295**
– inneres **295**
Nierenparenchym 294
Nierenpyramiden **294**
Nierenrinde **294**
Nierenschwellung 292
Nierensegmente **313**
– Arterienzurordnung **313**
Nierenstein 445
Nierenvene **296**, **310**
– akzessorische **313**
– Projektion auf die Wirbelsäule **311**
– Varianten **312**
Nierenvergrößerung, Nervenläsion 389
Nikotinabusus 125
Nischenzellen, alveoläre 155
Nodi lymphoidei (Lymphknoten; s. auch Nodus lymphoideus)
– aggregati **234**, 437
– aortici laterales 220, 222, **314**, 352
– appendiculares 222, 418
– brachiocephalici 79, 91, 92, 132, 190, 408, 410, 428, 431
– bronchopulmonales 91, 93, 133, **156**, 412, 433
– cavales laterales 220, 223, **314**
– cervicales profundi 156, 172, 434
– coeliaci 92, 172, 220, **222**, **280**, **282,** 409, 414, 435, 440, 441
– colici dextri 222, 283, 418
– colici medii 222, 283, 418
– colici sinistri 222, 283, 419, 438
– epicolici 283
– epigastrici inferiores 31, 223
– gastrici **222**
– gastrici dextri 415
– gastrici sinistri **280**, **281**, 409, 415, 434
– gastroomentales **222**, **280**, 415, 435
– gluteales inferiores 223
– gluteales superiores 223
– hepatici **222**, **280**, **281**, 414, 440, 441
– ileocolici 222, **282**, 418
– iliaci 221, **352**
– iliaci communes 31, 220, 223, **223**, **315**, 352, 420, 422
– iliaci externi 31, 220, **223**, 283, 314, **352**, 420, 424
– iliaci intermedii 223
– iliaci interni 31, 220, **223**, **283**, 314, **352**, 420, 422, 424, 439, 446
– iliaci laterales 223
– iliaci mediales 223
– inguinales profundi 220, **223**, **315**, **352**
– inguinales superficiales 220, **223**, **283**, **315**, **352**, 420, 424, 439, 449
– – Tractus horizontalis* 220, **315**, **352**
– – Tractus verticalis* 220, **315**, **352**
– interiliaci 223
– intermedii 31
– intrapulmonales 91, **156**, 412, 433
– juxtaintestinales 222, **282**
– juxtaoesophageales 91, 93, **172**, 409, 434
– lacunares intermedii 220, **223**
– lacunares laterales **223**
– lacunares mediales **223**
– lumbales 425, 445, 446
– lumbales dextri 31, 221, **223**, **314**, 352, 422, 424
– lumbales intermedii 220, **223**, **314**, 352, 422, 424
– – im Horizontalschnitt 374
– lumbales sinistri 31, 221, **222**, **314**, 352, 419, 420, 421, 422, 424, 438
– mediastinales 414, 440
– mesenterici inferiores 221, **222**, **283**, 315, 419, 420, 438, 439
– mesenterici intermedii **282**
– mesenterici juxtaintestinales 417, 437
– mesenterici superiores 220, **222**, **281**, **282**, 315, 416, 417, 418, 437, 442
– mesocolici **222**, 283
– pancreatici **280**, 436
– pancreatici inferiores **222**, **281**, 416, 442
– pancreatici superiores **222**, **281**, 416, 442
– pancreaticoduodenales 436
– pancreaticoduodenales inferiores **222**, **281**, 416, 442
– pancreaticoduodenales superiores **222**, **281**, 416, 442
– paracolici 283
– paramammarii 91
– pararectales 223, 420, 439
– parasternales 91, 411
– paratracheales 91, 92, **156**, 173, 412, 433
– parauterini 223, 353, 424, 449, 450
– paravaginales 223, 353
– paravesicales **315**
– parietales 31
– pericardiaci laterales 91, 132, 411, 429
– phrenici inferiores 31, 84, **156**, 172, 220, 223, 314, 412
– phrenici superiores 79, 84, 91, 92, 132, 172, 412, 429
– – Drainagegebiet 84
– preaortici 220, 222, 281, **314**, 352
– precaecales 222, 418
– precavales 223, **314**
– prepericardiaci 91, 92, 132, 411, 429
– prerectales 283
– prevertebrales 91, 92
– prevesicales 223, **315**, 422, 452
– promontorii 223, 314, 352
– pylorici **222**, 415, 435
– rectales superiores 222, **283**, 419, 420, 439
– retroaortici 220, 223, **314**
– retrocaecales 222, 418
– retrocavales 220, 223, **314**
– retropylorici 222, **281**, 435
– retrovesicales 223, **315**, 422, 452
– sacrales 220, 223, **352**, 420, 439
– sigmoidei 222, **283**, 419, 438
– splenici **222**, **280**, 414, 443
– subaortici 223
– subpylorici 222, **280**
– suprapylorici 222, **280**
– tracheobronchiales 79, 91, 92, 410, 429, 431, 433
– tracheobronchiales inferiores 133, **156**, 173, 412
– tracheobronchiales superiores 156, 412
– vesicales laterales 223, **315**, 422, 446
Noduli lymphoidei aggregati 437
Nodulus valvulae semilunaris 108

Nodus
– atrioventricularis (Atrioventrikularknoten; Aschoff-Tawara-Knoten) 431
– – arterielle Versorgung 122
– lymphoideus (Lymphknoten; s. auch Nodi lymphoidei) **31**, 91
– – cysticus 222, **281**, 414, 441
– – foraminalis 222, 414
– – iliacus communis 400
– – ligamenti arteriosi 132
– sinuatrialis (Sinusknoten; Keit-Flack-Knoten) **116**, 135, 431
– – arterielle Versorgung 122
– vesicae urinariae 304
Noradrenalin 69, 71, 74, 298, 444
Normoblast 27
Normospermie 342
Normozoospermie 342
Nucleus
– ambiguus 434
– dorsalis nervi vagi 135, 175, 227, 434
– intermediolateralis 227
– solitarius 75

O

Oberbauch, Organzuordnung **208**
Oberbauchbeschwerden, postprandiale 271
Oberbauchorgane 364
– Schnittbildanatomie **374**
– Topografie **370**
Oberflächenanatomie
– der Frau **358**
– des Mannes **358**
Oberflächenektoderm 4
Oberkieferwulst 34
Oberlappenatelektase, Röntgenbild 161
Oberlappenbronchus
– linker 35
– rechter 35
Obturatorlinie, Lage der Beckenlymphknoten **315**
Oesophagus (Speiseröhre; s. auch Ösophagus) 38, 78, 190, 228, 409, **434**
– Aortenenge 434
– arterielle Versorgung
– Arterien 86, **170**
– blind endender 37
– von dorsal 187
– dorsal des linken Vorhofs 189
– Einengung durch Aortenaneurysma 87
– Embryonalentwicklung 6, **35**, **41**, 42, 434
– Funktion 39
– Gurtung 434
– Head-Zone 73, 174
– Innervation **174**, 409, 434
– Lage 164
– Lagebeziehung
– – zur Aorta thoracica 165
– – zum Arcus aortae 165
– Leitungsbahnen 434
– Lymphabfluss 91, 92, **172**, 434
– – Wasserscheide 172
– im Mediansagittalschnitt 206
– Mesenterium 7
– Pars abdominalis 38, **164**, 170
– – arterielle Versorgung 170, 409
– – Lymphabfluss 172, 409
– – venöse Drainage 170, 409
– Pars cervicalis 38, 79, **164**, 170
– – arterielle Versorgung 170, 409
– – Lymphabfluss **172**, 409
– – im Mediansagittalschnitt 185
– – venöse Drainage 170, 409
– Pars thoracica 38, 79, 137, 139, **164**, 170
– – arterielle Versorgung 170, 409
– – Lymphabfluss **172**, 409
– – im Mediansagittalschnitt 185
– – venöse Drainage 170, 409
– Plexusbildung, vegetative 175
– im Thoraxhorizontalschnitt 97
– Topografie **165**
– Venen 88, **170**
– Venenplexus, submuköser 171
– Zwerchfellenge 434
Ohrspeicheldrüse 38
Oligozoospermie 342
Omentum 43
– majus (großes Netz) 43, 44, 228, 235, 237, 251, 262, 264, 274, **362**, 370, 435
– – im Mediansagittalschnitt 206, 209
– – Verklebung der Blätter 47
– minus (kleines Netz) 43, 44, **228**, 262, 264, **364**, **367**, 368, 370, 435
– – im Mediansagittalschnitt 206
Omphalozele 49
Oogonien 59
Oozyten 63, 56, 333
OPSI-Syndrom (Overwhelming-post-Splenectomy-Infection-Syndrom) 443
Organ
– Definition 2
– lymphatisches, sekundäres 263
– lymphoepitheliales 176
– lymphoretikuläres 443
Organa
– digestoria s. Verdauungsorgane
– genitalia s. Genitalorgane
Organanlage 45
Organapparat s. Organsystem
Organe
– abdominelle
– – Lymphabfluss 221
– – Parasympathikus **227**
– – Sympathikus **226**
– – venöse Drainage **216**
– endokrine 66
– innere 2
– – extraperitoneale 9, **209**
– – intraperitoneale 9, **209**
– – – Aufhängeband **209**
– – primär extraperitoneale 209
– – retroperitoneale 208
– – – Lymphabfluss 223
– – sekundär extraperitoneale 209
– – Zuordnung
– – – zur Bauchhöhle **208**
– – – zur Beckenhöhle **208**
– Lymphabfluss 29
– lymphatische 28
– – Embryonalentwicklung 31
– – primäre 28, 428
– – sekundäre 28
– primär retroperitoneale **382**
– retroperitoneale **383**, **386**
– sekundär retroperitoneale **382**
– Versorgung **408**
Organogenese 4
Organsystem, Definition 2
Organvene **216**
Organversorgung, doppelte 12
Oropharyngealmembran 5, 14
Os
– coccygis 335, 404
– pubis, Ramus inferior 327
Ösophagitis 434
Ösophagotrachealfistel 165
Ösophagus s. auch Oesophagus
Ösophagusausgang **167**
Ösophagusbreischluck
– Divertikelnachweis 169
Ösophagusdivertikel 434
– Entstehung 169
– epiphrenisches 169
– Nachweis
– – Breischluck 169
– – endoskopischer 169
– parabronchiales 169
– parahiatales 169
Ösophaguseingang 79, **164**, **166**, 434
Ösophagusenge
– mittlere 434
– obere 434
– untere 434
Ösophagusengen **164**
– Projektion auf die Wirbelsäule 164
Ösophaguskarzinom 434
Ösophaguskrümmungen **164**
Ösophagus-Magen-Schleimhautgrenze 167
Ösophagusmund 79, **164**, **166**, 434
Ösophagusmuskulatur **166**, 230, 434
– funktionelle Anordnung **168**
Ösophagusperistaltik
– Parasympathikuseinfluss 174
– Sympathikuseinfluss 174
Ösophagusschleimhaut **166**, **168**, 434
Ösophagusschleimhautentzündung 434
Ösophagusvarizen **171**, 219, 434
Ösophaguswand
– Aufbau **168**, 434
– Lymphabfluss **172**
– Nervenplexus, autonomer **175**
– Schwachstellen **169**
Ösophaguswandvenen 171, 434
Ostium
– abdominale tubae uterinae 60, 323, 450
– – Infektionsausbreitung 451
– anatomicum uteri internum 323
– aortae 430
– appendicis vermiformis 238
– atrioventriculare dextrum **104**, 430
– atrioventriculare sinistrum 430
– cardiacum 370
– externum urethrae femininae **309**
– ileale **238**, 437
– – Engstelle 234
– pyloricum **229**, 232, 435, 437
– – Engstelle 234
– – Weite 229
– sinus coronarii **104**
– trunci pulmonalis 430
– ureteris 303, 305, 319, 447
– – funktioneller Verschluss 305
– urethrae externum 303, **308**, 327, 448
– urethrae internum 303, 305, **308**, 447, 448
– – Erweiterung 305, 306
– uteri externum (äußerer Muttermund) 321, 323, **327**, 328, **397**, 450
– uteri internum (innerer Muttermund) 328
– uterinum tubae uterinae 323, 450
– vaginae **309**, **321**, 327
– venae cavae inferioris **104**
Östrogene 69, 325
– Scheidenmilieu 328
Ovarialkarzinom 455
Ovarialtumor, Metastasierung 223
Ovarium (Eierstock) 56, 64, 66, 291, 302, 318, **321**, **322**, **332**, 334, 386, 398, 450, 455
– arterielle Versorgung **350**, 425, 455
– – doppelte 455
– Eiabnahmemechanismus **332**
– Embryonalentwicklung 58, 455
– Feinbau 333
– Funktion 56, 455
– Gefäßversorgung, doppelte 332
– Head-Zone **356**
– Hormonbildung 69, 455
– Innervation **356**, 425, 455
– Kapsel 455
– Lage 320
– Lymphabfluss **223**, **353**, 425, 455
– Margo
– – liber 323
– – mesovaricus 323

Ovarium
– Markentwicklung 59
– Markzone 455
– im Mediansagittalschnitt 403
– Peritonealverhältnisse **322**, 332, 455
– Projektion auf das Becken 320
– reifes **63**
– Rindenzone 455
– Stigma 332
– unreifes **63**
– venöse Drainage **350**, 425
Overwhelming-post-Splenectomy-Infection-Syndrom 443
Ovula Nabothi 329
Ovulation (Follikelsprung) 325, 333
Ovum (Eizelle) 59
Oxytocin 324, 450
Oxytocinfreisetzung 69

P

Palpation, rektale, digitale 338, **339**
Pancreas (Bauchspeicheldrüse) 2, 38, 66, **260**, 264, 299, 367, 372, 386, 442
– anulare 49
– arterielle Versorgung **266**, **268**, 416, 442
– Ausführungsgang 39
– chirurgischer Zugang 368
– divisum 259
– Embryonalentwicklung **41**, 442
– endokrines **261**, 442
– exokrines **261**, 442
– Funktion 39, 442
– Head-Zonen **284**
– Histologie 261
– Innervation 70, **284**, 416, 442
– Lage 208, 232, 251, **260**, **371**, 375, 442
– – zum Magen 372
– Lymphabfluss 221, **222**, **281**, 416, 442
– im Mediansagittalschnitt 206
– Parasympathikuswirkung 227
– Peritonealüberzug 209, 371
– Projektion
– – auf die Rumpfwand 361
– – auf das Skelett 373
– – auf die Wirbelsäule 361
– sekundäre Retroperitonealisierung 44
– in situ **260**
– Sympathikuswirkung 226
– Topografie 371
– – Magendrehungseinfluss 44, 368
– venöse Drainage **275**, 416, 442
Pankreasanlage 44
– dorsale 42, 44
– ventrale 42
– – Wanderung 43
Pankreasanlagenvereinigung 43
Pankreasarkade 267, 442
Pankreasentzündung 442
Pankreaserkrankung, Duodenumpassagestörung 233
Pankreasgang 441, 442
– akzessorischer 43, 442
– – Mündung 436
– Lage 261
– Varianten 261
– Verlauf 261
Pankreashauptgang 261
Pankreaskopf 275, 299, 442
Pankreaskopfkarzinom 442
Pankreaskopftumor 258, 275
Pankreaskörper 262, 367, 442
Pankreasschwanz 262, 299, 442
Pankreastumor 266
– Gefäßbeteiligung 260
Pankreasvenen 275
Pankreatitis 258, 436, 442
Panzerherz 429
PAP-Färbung (Papanicolaou-Färbung) 330
Papanicolaou-Färbung 330
Papilla
– duodeni major **232**, 257, **258**, 436
– – endoskopische Ansicht 233
– duodeni minor **232**, **258**, 436
– ilealis **238**
– mammaria 178, 358
– renalis **294**, **296**
– Vateri s. Papilla duodeni major
Papillarmuskel 431
– Funktion **109**, 431
– Innervation 116
– Lage 107
Papillarmuskelabriss 109
Papilloma-Virus, humanes 331
Papillotomie, endoskopische 258
Paracolpium **321**, 353, 394, **397**
Paracystium 303, 394, 447
– Lymphknoten 315
Paradidymis (Beihoden) 64
Paraganglien **74**
– Aufbau 75
– retroperitoneale 74
– thorakale 74
Paragangliom 75
Parakolpium **321**, 353, 394, **397**
Parametrium 322, 353, 394, **397**
Paraophoron 55
Paraproctium 240, 394
Pararektalschnitt 361
Parasympathikus 70, **227**
– Abdomen 227
– Becken 227
– Colon-transversum-Innervation 418
– Dickdarminnervation 227, **286**, **288**, 438
– Dünndarminnervation 227, **286**, 417, 436
– Duodenuminnervation 227, **284**, 416
– Funktion **71**
– Gallenblaseninnervation **284**, 441
– Genitalorgane
– – männliche **354**
– – weibliche **356**
– Harnblaseninnervation 227,305, **316**
– Harnleiterinnervation **316**, 421, 446
– Herzinnervation **135**, 410
– kranialer Teil 227
– Leberinnervation 227, **284**, 414, 440
– Lungeninnervation 70, 433
– Mageninnervation 227, **284**, 415, 435
– Milzinnervation **284**, 414
– Nebenniereninnervation **316**
– Neuron
– – postganglionäres **71**
– – präganglionäres **71**
– Niereninnervation **316**, 421, 445
– Organisation **94**
– Ösophagusinnervation **174**, 409, 434
– Pankreasinnervation 227, **284**, 416, 442
– Rami cardiaci 94
– Rectuminnervation 439
– sakraler Teil 227
– Schmerzfasern **72**
– Stimulationswirkung **71**
– Thorax **94**
– Thymusinnervation 408
– Tracheainnervation 156, 412
– Transmitter 71
– Tuba-uterina-Innervation 425
– viszeroafferente Fasern 70
– viszeroefferente Fasern 70
– Wirkung 227
Parathormon 69
Parazervix 322, 402
Paries
– anterior gasteris 435
– membranaceus trachealis 142, 432
– posterior gasteris 435
– posterior vaginae 321, **322**, **327**
Parietalzelle, Magendrüse 231, 285, 435
Paroophoron (Nebeneierstock) 59, 64
Pars
– abdominalis oesophagi 38, 170, 409
– abdominalis ureteris 446
– ascendens duodeni **232**, 436
– cardiaca gasteris 435
– cavernosa urethrae femininae 448
– cervicalis oesophagi 38, 79
– – im Mediansagittalschnitt 185
– cervicalis tracheae 432
– costalis diaphragmatis 81, 205
– costalis pleurae parietalis 85, 96, 137, **138**, 182
– descendens duodeni **232**, 257, 258, 436
– – Projektion auf die Wirbelsäule 361
– diaphragmatica pleurae parietalis 84, 96, 137, **138**, 182
– hepatis dextra 254
– hepatis posterior 254
– hepatis sinistra 254
– horizontalis duodeni **232**, 367, 370, 436
– – im Mediansagittalschnitt 206
– inferior duodeni s. Pars horizontalis duodeni
– infrapiriformis foraminis ischiadici 345
– intramuralis ureteris 446
– intramuralis urethrae femininae 448
– intramuralis urethrae masculinae 308, 448
– laryngis pharyngis 38
– lumbalis diaphragmatis 80, 205
– mediastinalis pleurae parietalis 96, 137, **138**, 183, 184
– membranacea septi interventricularis 107, 109, 430
– membranacea urethrae masculinae 308, 337, 448
– muscularis septi interventricularis 109, 430
– occlusa arteriae umbilicalis 20, 344, 351, 390
– oralis pharyngis 38
– patens arteriae umbilicalis 20, 344
– pelvica ureteris 446
– prostatica urethrae 242, 303, 308, 404, 448
– pylorica gasteris 370, 435
– – im Horizontalschnitt 374
– spongiosa urethrae masculinae 303, 308, 336, 448
– sternalis diaphragmatis 80, 205
– superior duodeni **232**, 370, 436
– suprapiriformis foraminis ischiadici 345
– terminalis ilei 237
– thoracica oesophagi 38, 79, 137, 139
– – im Mediansagittalschnitt 185
– thoracica tracheae 79, 432
– uterina tubae uterinae 323, 450
Payer-Plaques 28
PDA (persistierender Ductus arteriosus) **21**, 200
Pelvis s. auch Becken
– renalis 53, 64, **293**, 294, **296**, 312, 445
Penis 56, **308**, **318**, 358
– Lymphabfluss 315, **352**
– Parasympathikuswirkung **355**
– Sympathikuswirkung **355**
– vegetative Innervation **354**
Penisschaft 308
Pepsin 435
Pepsinogen 435
Peptid, natriuretisches, atriales 69, 430
Peptidhormone 69

Perforansgefäße, lymphatische 29
Perianalhaut 241, 242
– Fistelöffnung 247
– bei Hämorrhoidalleiden 246
Perianalthrombose 246
Perianalvenen 243, 278
Pericardium (s. auch Herzbeutel) 78, **98**, 100, **429**, 431
– arterielle Versorgung 411
– Aufbau **98**
– Embryonalentwicklung 429
– Entzündung 98
– fibrosum 92, 96, 98, **98**, 139, 165, 188, 189, 429
– – Entwicklung 6
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– – Verwachsung mit der Fascia diaphragmatica **98**, 189
– Innervation 99, 429
– Kalkeinlagerung 429
– Lage **98**
– Lymphabfluss 91, 92, **132**, 411
– Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– Öffnungen 99, 189, 429
– sensible Innervation 411
– serosum 9, **98**, 429
– – Lamina parietalis **98**, 429
– – Lamina visceralis 96, **98**, 101, 429
– Umschlagstellen auf das Epikard 189
– venöse Drainage 411
– Verwachsung mit dem Zwerchfell 189
Perikard s. Pericardium
Perikardhöhle 8, 14, 15, **98**
– Abtrennung von der Pleurahöhle 6
– Einblutung 98
– embryonale 6
– Entstehung 36
– Entwicklung 5
Perikardioperitonealkanal 6, 36
Perikarditis 98, 429
– tuberkulöse 429
Perimetrium **320**, **324**, 326, 450
Periorchium **340**
Periportalfeld **255**
Periportalläppchen 440
Periproktisches Kompartiment **380**
Perirektalvenen **278**
Peristaltik 38
Peritonealdialyse 363
Peritonealduplikaturen 362, 367
– weibliche Genitalorgane **322**
Peritonealfalten **390**
Peritonealflüssigkeit 364
Peritonealgruben **390**
Peritonealhöhle 9, 44, 51, 207, **209**
– bakterielle Infektion 363
– Drainageräume **364**
– embryonale 6
– Entwicklung 5
– Recessus **364**
Peritonealisierung 48
Peritoneum (Bauchfell) 207, **209**, 341, 363
– parietale 9, 44, **209**, 262, 362, 390
– – im Mediansagittalschnitt 206
– urogenitale **302**, 320, 351, 447
– viscerale 9, **209**, 231, 362
Peritonitis 238, 363
Peyer-Plaques **234**, 437
Pfannenstiel-Schnitt 361
PFO (persistierendes Foramen ovale cordis) 18, 21
Pfortader s. Vena portae hepatis
Pfortaderblut, Kapillargebiet 13
Pfortaderkreislauf 10, 12
Pfortadersystem, hypophysäres 69
Phagozytose 24
Phallus (Genitalhöcker), Abkömmlinge 64
Phäochromozytom 75
Pharmakametabolisierung 440
Pharynx (Rachen) 32, 38
– Entwicklung 15, 41
– Pars laryngea 39
– Pars oralis 39
Pinselarteriole 263
Placenta 20
– Chorionplatte 15
– Hormonbildung 69
Plakoden, ektodermale 4
Planum
– interspinale 360
– intertuberculare 360
– subcostale 360
– supracristale 360
– transpyloricum 228, 360
– – Projektion
– – – auf die Brustwirbel 180
– – – auf die Wirbelsäule 361
– xiphosternale 360
Plaque, fibromuskuläre
– koronararterielle 125
– vulnerable 125
Plasma 22
Plasmaproteine 22
Plasmazellen 27
Plattenepithel, vaginales 328
Plattenepithelkarzinom, anales 242
Pleura 33
– cervicalis 139
– Innervation 139
– Lymphabfluss 91
– parietalis 78, **138**, 145, 432
– – Entwicklung 36
– – Grenzverlauf 181
– – Innervation 84, 139
– – Pars costalis 85, 96, 137, **138**, 182
– – Pars diaphragmatica 84, 96, 137, **138**, 182
– – Pars mediastinalis 84, 85, 96, 137, **138**, 183, 184
– pulmonalis (Lungenfell) 33, **138**, 145, 182, 432
– visceralis (Lungenfell) 33, **138**, 144, 182, 432
– – Entwicklung 36
Pleurablätter 138
Pleuraerguss, basaler, Röntgenbild 161
Pleurahöhle 8, **78**, **138**
– Abtrennung von der Peritonealhöhle 7
– Ausdehnung 138
– Embryonalentwicklung 5, 6, 36
– Überdruck 159
Pleurakuppel 137, **138**
Pleuraspalt 159
Pleuroperikardialfalte 6
Pleuroperikardialmembran 6
Pleuroperitonealfalten 6
Pleuroperitonealkanäle 7
Pleuroperitonealmembran 6
Plexus
– aorticus 194
– aorticus abdominalis 357
– aorticus thoracicus 94, 134
– brachialis 95, 134
– cardiacus 94, 134, **135**, 410
– – Herzbasis 135
– – Koronararterien 135
– caroticus
– – communis **94**
– – externus **94**
– – internus **94**
– cervicalis 411, 413
– coeliacus **225**, 416, 423
– – Äste zum Duodenum 284
– – Rami pylorici 415
– deferentialis 225, 354
– entericus **288**
– gastricus 134, 225
– gastricus anterior 95, 175, 284
– gastricus posterior 175, 284
– haemorrhoidalis 243, 273
– hepaticus 225, 284, 287, 414
– hypogastricus inferior 70, 224, **225**, 227, **288**, **316**, 354, 356, 380, 400, 419, 420, 422, 424, 438, 445, 449
– – Äste zum Colon **289**
– – Harntraktinnervation 305
– – Innervationsbereich **288**
– hypogastricus superior 224, **225**, 286, **316**, 354, 356, 400, 420, 422, 424
– iliacus **316**, 354, 357
– intermesentericus 224, 288, **316**, 354, 356, 423
– mesentericus inferior **225**, **288**, 316, 354, 356, 419, 420
– – Innervationsbereich **288**
– mesentericus superior **225**, **286**, 356, 416, 425
– – Äste
– – – zum Duodenum 284
– – – zum Pancreas 284
– – Innervationsbereich **286**
– mucosus, Lymphgefäße 172
– muscularis **282**
– – Lymphgefäße 172
– myentericus 73, 231, **288**
– oesophageus 94, 174, 409, 434
– ovaricus 224, 287, 356, 425
– pampiniformis 340, **343**, 346, 423, 453, 454
– – Erweiterung 454
– pancreaticus 225, **284**, 416
– pharyngeus 94
– prostaticus 225, **316**, **354**, 422
– pulmonalis 94, 134, **135**, **156**, 433
– – Rami bronchiales 156
– rectalis inferior 225, **288**, **354**, 420, 439
– rectalis medius 225, **288**, **316**, **354**, **356**, 420, 439
– rectalis superior 225, **288**, 420, 439
– renalis 224, **225**, 287, **316**, 421, 425
– sacralis 210, 224, 300, 356, 401
– – Lagebeziehung zur Arteria iliaca interna 344
– – Ramus ventralis 380
– santorini 303
– serosus **282**
– splenicus 225, 284, 287, 414
– subclavius 94
– submucosus 73, 231, **288**
– submucosus externus 73
– submucosus internus 73
– subserosus 73, **288**
– suprarenalis 224, **225**, **316**
– testicularis 224, 287, **316**, 340, 343, 355, 423
– uretericus 224, **316**, 354, 356
– uterovaginalis 225, 356, 424
– vegetative **224**
– – afferente Fasern 225
– – efferente Fasern 225
– venosus, submuköser, ösophagealer 171
– venosus oesophagi 168
– venosus ovaricus **350**, 425, 455
– venosus prostaticus **347**, 422, 448
– venosus rectalis 214, 219, **278**, 349
– venosus uterinus 321, **348**, **350**, 424, 449, 450, 455
– venosus uterovaginalis 402
– venosus vaginalis **321**, **348**, **350**, 424, 449
– venosus vertebralis 422
– venosus vesicalis 214, **303**, 309, **347**, 422, 446, 448, 453
– vertebralis 94
– vesicalis 225, **316**, 354, 356, 422
Plica
– aryepiglottica 166
– epigastrica 362, 390
– interureterica 305
– rectouterina 240, **322**, 351, 393, 398
– semilunaris coli 236, **239**, 438
– transversa recti 240, 439
– transversa recti inferior 241

Plica
– transversa recti media 241
– transversa recti superior 241
– umbilicalis lateralis 235, 362, 390, 393, 400
– umbilicalis medialis 235, 302, 351, 362, 390, 393, 400
– umbilicalis mediana 235, 304, 362, 390, 393, 400
– vesicalis transversa 302, 393
Plicae
– circulares
– – Dünndarm 436
– – Dünndarm-Röntgendarstellung 378
– – Duodenum **232**, 436
– – – endoskopische Ansicht 233
– gastricae (Magenfalten) **229**, 230, 231
– palmatae 328
Pneumothorax, Atemmechanik 159
Pneumozyten Typ I/II 155, 432
Podozyten 294
Polkissen 294
Polypen 379
– adenomatöse **248**
– Colon 438
– tubuläre 248
– tubulovillöse 248
– villöse 248
Polypeptid, pankreatisches 69
Porta
– arteriosa pericardiaci 189, 429
– venosa, Herzschleife 15
– venosa pericardiaci 189, 429
Portalkreislauf, hypophysärer 69
Portalläppchen 440
Portalvenensystem (s. auch Vena portae hepatis) **216**
Portio
– supravaginalis cervicis uteri **323**, 326, 328, 397, 450
– vaginalis cervicis uteri **319**, 321, **323**, 326, 328, 450
– – Abstrich, zytologischer **330**
– – Epithel 330
– – Iodprobe nach Schiller 331
– – Position **326**
– – Zelldysplasie 331
Positio uteri **326**
Postmenopause, Cervix uteri 329
Potenzialdifferenz, EKG 117
PQ-Intervall, EKG 117
Prächordalplatte 14
Prelum abdominale (Bauchpresse) 204
Preputium 308, 336
Primärharn 50, 294, 445
Primitivgrube 4
Primitivknoten 4, 14
Primitivrinne 14
Primitivstreifen 4
Primordialfollikel 333
PRL (Prolactin) 69
Processus
– caudatus lobi caudati hepatis **252**
– coracoideus 179
– spinosus 179
– – Th III 180
– – Th VII 180
– – Th XII 180
– styloideus 34
– uncinatus pancreatis 260, 442
– – im Mediansagittalschnitt 206
– vaginalis peritonei 340
– – obliterierter 343
– xiphoideus sterni 80, 181, 359
– – Projektion auf die Brustwirbel 180
Proctodeum (Analgrube) 40
Progesteron 69, 325
Proktodealdrüsen 241, 242, 243, 381
Proktodealdrüseninfektion 247
Prolactin 69
Prolaps 326
Promonozyt 27
Promontorium ossis sacralis 326, 335
Promyelozyten 26
Pronephros (Vorniere) 52
Prosencephalon 15
Prostaglandine 69
Prostata 2, 55, 56, 64, 242, 303, **308**, 318, **336**, 354, 401, 452
– arterielle Versorgung **347**, 422, 452
– Aufbau 452
– Embryonalentwicklung 58, 452
– Funktion 452
– Histologie 337
– im Horizontalschnitt 404
– Innervation 422, 452
– Lage 303, 452
– – periurethrale 337
– Lymphabfluss 223, **352**, 422, 452
– Magnetresonanztomografie 405
– Mantelzone, periurethrale 337
– Maße 337
– im Mediansagittalschnitt 206, 405
– operative Entfernung 307
– in situ **336**
– Sonografie, transvesikale 404
– Sympathikuswirkung **355**
– Topografie 380
– Transitionszone 337
– vegetative Innervation **354**
– venöse Drainage 422, 452
– Zone
– – drüsenfreie, anteriore 337
– – periphere 337
– – zentrale 337
Prostatabiopsie **339**
– Ultraschall gesteuerte **339**
Prostatahyperplasie 308
– benigne 337, **338**, 447, 452
– – Palpationsbefund 339
Prostatakarzinom 337, **338**, 452
– Lokalisation 338
– Palpationsbefund 339
– subkapsuläres 338
– Therapiekonzept 338
Prostatasekret 337
Prostatastanzbiopsie, transrektale 339
Prostatatumor **338**
Proteohormone, hydrophile 67
Prothymozyt 27
PSA (prostataspezifisches Antigen) 337, **339**
Psoasarkade 81, 82
PTCA (perkutane transluminale Koronarangioplastie) **130**
Pubertät, Cervix uteri 329
Puborektalisschlinge 241
Pudendum femininum 318
Pulmo (Lunge) 2, 136, 432
– dexter 32, 78, 96, 136, **137**, **144**, 181, 184
– – Basis **144**
– – Facies costalis **144**, **145**
– – Facies diaphragmatica **145**
– – Facies mediastinalis **145**
– – Fissura horizontalis **144**
– – Fissura obliqua **144**
– – Impressio cardiaca **145**
– – Lobus inferior **144**
– – Lobus medius **144**
– – Lobus superior **144**
– – Margo anterior **144**
– – Margo inferior **144**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– – Vasa publica **150**
– sinister 32, 78, 136, **137**, **144**, 181, 184
– – Facies costalis **144**
– – Facies diaphragmatica **145**
– – Facies mediastinalis **145**
– – Fissura obliqua **144**
– – Incisura cardiaca **145**
– – Lingula **144**
– – Lobus inferior **144**
– – Lobus superior **144**
– – Margo anterior **144**
– – Margo inferior **144**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– – Vasa publica **150**
Pulmonalarterie s. Arteria pulmonalis
Pulmonalarterienkanal 19
Pulmonalisknopf 151
Pulmonalisstenose 21
Pulmonalklappe s. Valva trunci pulmonalis
Pulmonektomie **147**
Pulpavene 263
Pulsionsdivertikel 169
Purkinje-Fasern **116**, 431
P-Welle, EKG 117
Pyelonephritis 445
– bakterielle, eitrige 297
Pylorus (Magenpförtner) 39, 435
– Lage 228, 360
– Lymphknoten 435
– vegetative Innervation 285
Pyramis renalis **294**, 312

Q

QRS-Komplex, EKG 117
QT-Intervall, EKG 117
Quadratusarkade 81, 82, 389
Querschnittslähmung 317
Querschnittsläsion, hohe 84

R

Rachen 32, 38
Rachenmembran 40
RAD (Rami atriales arteriae coronariae dextrae) 121
Radii medullares (Markstrahlen) **294**
Radix
– anterior nervi spinalis 71, 380
– mesenterii 233, 364, 382, 384
– posterior nervi spinalis 72, 380
Rami
– atriales arteriae coronariae dextrae 120
– atriales sinistri arteriae coronariae sinistrae 120
– bronchiales aortae thoracicae 86, 87, **152**, 433
– bronchiales arteriae intercostalis posterior **152**, 433
– bronchiales nervi vagi 186
– cardiaci cervicales nervi vagi 408, 410, 431
– duodenales arteriae gastroduodenalis 436
– duodenales arteriae pancreaticoduodenalis inferioris 436
– helicini arteriae uterinae **350**
– intercostales anteriores arteriae thoracicae internae 86
– interventriculares septales arteriae coronariae dextrae 121
– interventriculares septales arteriae coronariae sinistrae 120
– mediastinales arteriae thoracicae internae 86
– oesophageales aortae thoracicae 86, 87, **170**, 409, 434
– oesophageales arteriae gastricae sinistrae **170**, 213, 409, 434
– oesophageales arteriae thyroideae inferioris 86, **170**, 409, 434
– oesophageales trunci sympathici 175
– pancreatici arteriae splenicae **266**
– pericardiaci aortae thoracicae 86
– pericardiaci arteriae pericardiacophrenicae 184
– pericardiaci nervi phrenici 84, 184
– scrotales posteriores arteriae pudendae internae 344
– thoracici nervi vagi 431

– thymici arteriae thoracicae internae 86, 428
– tracheales aortae thoracicae 86, 152
– tracheales arteriae thoracicae internae 152
– tracheales arteriae thyroideae inferioris 86
– tracheales trunci thyrocervicalis 152
Ramus
– atrioventricularis arteriae coronariae dextrae 120
– atrioventricularis arteriae coronariae sinistrae 120
– caecalis anterior arteriae iliocolicae 212
– caecalis posterior arteriae iliocolicae 212
– circumflexus arteriae coronariae sinistrae **120**, 123, 431
– – Segmenteinteilung **120**
– – Stenose **126**
– coeliacus trunci vagalis anterioris 284
– coeliacus trunci vagalis posterioris 224, 287
– communicans albus 71
– communicans griseus 71, 224, 354, 356
– coni arteriosi arteriae coronariae dextrae 121
– coni arteriosi arteriae coronariae sinistrae 120
– dorsalis nervi spinalis 71, 380
– genitalis nervi genitofemoralis 343
– hepaticus trunci vagalis anterioris 284, 287
– hepaticus trunci vagalis posterioris 284
– ilealis arteriae iliocolicae 212
– inferior ossis pubis 404
– interventricularis anterior arteriae coronariae sinistrae 96, **120**, 129, 431
– – Segmenteinteilung **126**
– – Verschluss **124**
– interventricularis posterior arteriae coronariae dextrae 120, 129, 431
– interventricularis posterior arteriae coronariae sinistrae 123
– lateralis distalis arteriae coronariae sinistrae 120
– lateralis proximalis arteriae coronariae sinistrae 120
– marginalis arteriae coronariae dextrae 120
– marginalis arteriae coronariae sinistrae 120
– nodi atrioventricularis arteriae coronariae dextrae 120
– nodi sinuatrialis arteriae coronariae dextrae 120
– – dreidimensionale CT-Rekonstruktion 129
– obturatorius arteriae epigastricae inferioris 344
– ovaricus arteriae uterinae **350**, 425, 455
– phrenicoabdominalis nervi phrenici 84
– posterior ventriculi sinistri arteriae coronariae sinistrae 120
– posterolateralis arteriae coronariae dextrae 120, 123
– posterolateralis arteriae coronariae sinistrae 121
– pyloricus trunci vagalis anterioris 284, 287
– pyloricus trunci vagalis posterioris 284
– tubarius arteriae ovaricae 350, 450
– tubarius arteriae uterinae 350, 424, 450
– vaginalis arteriae uterinae 350, 449
– vaginalis arteriae vesicalis inferior 351
RAS (Rami atriales arteriae coronariae sinistrae) 121
Raum
– interstitieller 29
– mesorektaler 399
– periproktischer 380
RAVD (Ramus atrioventricularis arteriae coronariae dextrae) 121
RAVS (Ramus atrioventricularis arteriae coronariae sinistrae) 121
RCA s. Arteria coronaria dextra
RCS s. Sinus aortae, rechtskoronarer
RCX (Ramus circumflexus arteriae coronariae sinistrae) 121
– Segmenteinteilung (qu) **126**
RDS (Respiratory Distress Syndrome; Atemnotsyndrom) 37
Re-Entry
– Aneurysma 200
– Aortendissektion 201
Recessus
– costodiaphragmaticus 96, **137**, **138**, 182, **183**
– – bei Exspiration 159
– – bei Inspiration 159
– – in der Thoraxsagittalaufnahme 160
– – in der Thoraxseitaufnahme 160
– costomediastinalis **183**
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– Dünndarmschlingeneinklemmung 365
– duodenalis inferior 233, **364**
– duodenalis superior 233, **364**
– hepatorenalis 364
– ileocaecalis inferior 364
– ileocaecalis superior 364
– intersigmoideus 364
– der Peritonealhöhle **364**
– piriformis 166
– pleurae 159
– retrocaecalis 364
– splenicus bursae omentalis 228, 262, 369
– subhepaticus 364
– subphrenici 364
Rechtsherzdekompensation bei angeborenem Herzfehler 21
Rechtsherzinsuffizienz 251
Rechts-Links-Shunt 21
– Ductus arteriosus Botalli, persistierender 198
– bei persistierendem Foramen ovale 21
– pränataler 20
Rectum (Mastdarm) 2, 38, **236**, 327, 377, 386, 404, 439
– angiomuskulärer Verschlussmechanismus 242
– arterielle Versorgung 270, **271**, **272**, 420
– – Anteil der Arteria mesenterica inferior 271
– – Beckenbodenversorgungstyp 439
– – iliakaler Typ 439
– – unterer mesenterialer Typ 439
– Beckenbodenderivate 439
– Dehnungsrezeptoren 242
– Embryonalentwicklung **41**, 240, 439
– Fascia pelvis visceralis 392
– Form **240**
– Funktion 439
– ganglienzellfreie Zone 240, 243, 288
– Hinterdarmderivate 439
– Innenrelief **241**
– Innervation 70, **286**, **289**, 420, 439
– konstruktiv enges Segment 242
– Krümmungen 240, 405
– Lage **240**, 377, 439
– Lymphabfluss 221, **223**, **283**, 420, 439
– im Mediansagittalschnitt 206
– Muskulatur 241
– neurovaskuläres Bündel 380, 399, 401
– Peritonealüberzug 241, 392
– Projektion
– – auf die Rumpfwand 361
– – auf die Wirbelsäule 361
– in situ 240
– Topografie **380**
– tumorchirurgischer Eingriff 380
– venöse Drainage 277, **278**, 420, 439
– Zona columnaris 283
– Zona cutanea 283
Referred pain 73
Reflex
– autonomer 73
– inhibitorischer, rektoanaler 244
Reflux, vesikoureteraler, Schutzmechanismus 305
Refluxösophagitis 434
Regelkreis, Hormonsystem **68**
Regenschirmzellen 304
Regio
– abdominalis lateralis **359**
– abdominalis lateralis dextra 360
– abdominalis lateralis sinistra 360
– analis 359
– axillaris 179, 359
– deltoidea 179, 359
– epigastrica 179, **359**, 360
– glutealis 358
– hypochondriaca 179, **359**
– hypochondriaca dextra 360
– hypochondriaca sinistra 360
– inframammaria 179, 359
– infrascapularis 179, 359
– inguinalis **359**
– inguinalis dextra 360
– inguinalis sinistra 360
– interscapularis 179, 359
– pectoralis 179, 359
– pectoralis lateralis 179, 359
– presternalis 179, 359
– pubica **359**, 360
– sacralis 359
– scapularis 179, 359
– suprascapularis 179, 359
– umbilicalis 359
– urogenitalis 360
– vertebralis 179, 358, 359
Reichert-Knorpel 34
Reizleitung, kardiale **116**
Rektoanalatresie 49
Rektoskopie 248
Rektumampulle s. Ampulla recti
Rektumaustastung, digitale 248
Rektumkarzinom 241, 242, **248**, 249, 439
– Endosonografie 249
– Exzision
– – abdominoperineale 249
– – mesorektale, totale 249, 380
– präoperatives Staging 249
– Vorsorgeuntersuchung 248
Rektumtumor, maligner, Metastasierung 277
Rektumvorderwand, Peritoneumschlagrand 237
Rektusscheide 182
– Lamina posterior 182, 390
Ren (Niere) 50, **292**, 445
– dexter 51, 181, 233, **290**, **292**, 298
– Extremitas inferior **293**, **294**, 296
– Extremitas superior **293**, **294**, 296
– Facies anterior 293, **294**
– Facies posterior 293, **294**
– Margo lateralis 293, **294**, 296
– Margo medialis 293, **294**, 296
– sinister 51, 181, 233, **290**
– – Extremitas superior 262
Renin 50
Reproduktionsphase, Cervix uteri 329

RES (Retikuloendotheliales System) 444
Resorption der Nahrungsbestandteile 38
Respirationstrakt
– Embryonalentwicklung **34**
Respiratory Distress Syndrome (Atemnotsyndrom) 37
Restharn 308
Rete testis 64, 340, 342
– Entwicklung 59, 60, 62
Retikuloendotheliales System 444
Retikulozyten 24, 27
Retikulozytenkrise 24
Retikulum
– endoplasmatisches
– – glattes 67
– – raues 24, 67
– Milz 443
Retroflexio uteri 326, 396
Retrokardialraum 110
Retroperitonealraum 8, 51, 207, **209**, **382**
– im Horizontalschnitt 207
– Organe **386**
– Organzuordnung 208
– Zonen 383
Retroperitoneum, zentrales 383
Retrosternalraum 110
Retroversio uteri 326, 396
Rezeptorprotein 67
RIMA-Bypass (Right-internal-mammary-artery-Bypass) **131**
Rindenstränge, Ovarentwicklung **59**, 60, 63
Ringknorpel 34, 142, 166
Ringmuskulatur
– Dünndarm 73
– Magen 230
– ösophageale **166**
– – Ösophagusausgang 167
– Ureter 297
Riolan-Anastomose 438
Riolan-Bogen **213**
1. Rippe 181
2. Rippe 180
12. Rippe 181
Rippen 179, 359
– Exspirationsstellung **158**
– Inspirationsstellung **158**
Rippenbogenrandschnitt
– linksseitiger 361
– rechtsseitiger 361
Rippenfell 33
Rippenusuren 199
RIVA (Ramus interventricularis anterior arteriae coronariae sinistrae) 121
– Segmenteinteilung **126**
RIVP (Ramus interventricularis posterior arteriae coronariae dextrae) 121
RMD (Ramus marginalis arteriae coronariae dextrae) 121
RMS (Ramus marginalis arteriae coronariae sinistrae) 121
RNAV (Ramus nodi atrioventricularis arteriae coronariae dextrae) 121
RNS (Ramus nodi sinuatrialis arteriae coronariae dextrae) 121
RPLD (Ramus posterolateralis arteriae coronariae dextrae) 121
RPLS (Ramus posterolateralis arteriae coronariae sinistrae) 121
Rücken, Regionen **359**
Rückenmark, Seitenhorn 70
Rückenmuskulatur, autochthone 204
Rückenschmerzen beim älteren Mann 452
Rugae vaginales **321**, 327
Rumpf
– Oberflächenrelief **359**
– tastbare Knochenpunkte **359**
Rumpfneuralleiste 4
Rumpfwand
– dorsale
– – Anastomosen, kavokavale 218
– – Lymphknoten 220
– Quadranteneinteilung **360**
– ventrale
– – Anastomosen
– – – kavokavale 218
– – – portokavale 218
– – Horizontalebenen **360**
– – Lymphknoten 220
– – Mittelebene 360
– vordere
– – arterielle Versorgung 182
– – Leitungsbahnen **182**
Rumpfwandregionen **359**, 360
Rumpfwandverletzung, perforierende 181, 250
Rundherd, pulmonaler 161

S

Sacculus alveolaris 35, 37, **148**, 154, 432
– Gefäße 155
Sakraldreieck 358
Sakralmark, Kerngebiete, parasympathische 70
Salpinx s. Tuba uterina
Salzsäurekonzentration im Magen 435
Samenbläschen s. Glandula vesiculosa
Samenkanälchen, Entwicklung 59
Samenleiter s. Ductus deferens
Samenstrang s. Funiculus spermaticus
Samenwege, ableitende **342**
Samenzellenbildung **342**
Samenzellentransportweg **342**
Sammellymphknoten 31, 221, 222
Sammelrohr 50, 54, **295**
Sammenzellen **341**
– reife **341**
Sauerstoff 32
Sauerstoffmangel 74
Sauerstoffpartialdruckdifferenz 32
Saumepithel, Colon 239
Säure-Basen-Haushalt 433
– Nierenfunktion 50, 445
Scapula 180, 181, 358
Schabadasch-Plexus 73
Schallfenster
– apikales 112
– parasternales 112
– rechts-parasternales 112
– subkostales 112
– suprasternales 112
Schallkopf 112
Schamlippe
– große 57
– kleine 57
Schaumzellen 125
Scheide, weibliche s. Vagina
Scheidengewölbe 61, 323
– hinteres 327
– vorderes 327
Schenkelhernie 391
Schenkelregion, Bruchpforten, innere 391
Schenkelring 391
Schilddrüse 2, 66
– Hormonbildung 69
Schildknorpel 34, 142
Schiller-Iodprobe 331
Schleimhaut, Magen-Darm-Trakt 39
Schleimhautgrenze Oesophagus-Magen 167
Schleimpfopf, zervikaler 450
Schluckakt 168, 434
Schluckimpfung 437
Schlundbogen (1.-6.) 34
Schlundbogenarterien 34
– frühembryonaler Kreislauf 15
Schlundbogennerv 34
Schlunddarm 41
Schlundeingang 38
Schlundfurche 34
1. Schlundfurche 34
Schlundtasche 15, 34
Schmerz
– im Dermatom 73
– retrosternaler **125**
– somatischer 73
– viszeraler 73
– weitergeleiteter 73
Schmerzbahn 72
Schmerzfasern 71
– Parasympathikus **72**
– Sympathikus **72**
Schock, Feinregulation der Kapillardurchblutung 12
Schultergürtelmuskeln als Atemhilfsmuskeln 158
Schwangerschaft 56
Schwanzfalte 5
Schwellkörpermuskeln 395
Scrotum (Hodensack) 56, 308, 318, **340**, 358
– Lymphabfluss **352**
– im Mediansagittalschnitt 206
Segelklappe **106**, 430
Segmentbronchien **142**
Segmentbronchus 35, **146**, 148, **432**
– Wandaufbau 432
Segmentum
– anterius inferius renis **313**
– anterius laterale dextrum hepatis 254
– anterius laterale sinistrum hepatis 254
– anterius mediale dextrum hepatis 254
– anterius pulmonis dextri **146**
– anterius pulmonis sinistri **146**
– anterius superius renis **313**
– apicale pulmonis dextri **146**
– apicoposterius pulmonis sinistri **146**
– basale anterius pulmonis dextri **146**
– basale anterius pulmonis sinistri **146**
– basale laterale pulmonis dextri **146**
– basale laterale pulmonis sinistri **146**
– basale mediale pulmonis dextri **146**
– basale mediale pulmonis sinistri **146**
– basale posterius pulmonis dextri **146**
– basale posterius pulmonis sinistri **146**
– bronchopulmonale **147**, 432
– inferius renis **313**
– laterale pulmonis dextri **146**
– lingulare inferius pulmonis sinistri **146**
– lingulare superius pulmonis sinistri **146**
– mediale pulmonis dextri **146**
– mediale sinistrum hepatis 254
– posterius laterale dextrum hepatis 254
– posterius laterale sinistrum hepatis 254
– posterius mediale dextrum 254
– posterius pulmonis dextri **146**
– posterius renis **313**
– superius pulmonis dextri **146**
– superius pulmonis sinistri **146**
– superius renis **313**
Seitenplattenmesoderm 4
Seitenstechen 262
Seitenwandinfarkt
– hinterer 124
– vorderer 124
Sekretin 69
Sekretstrom, tracheobronchialer 143
Sekundärfollikel 333
Semilunarklappen **106**, **108**
Semilunarklappenentwicklung 19
Semilunarklappenschluss 118
Seminom 454
Sepsis nach Splenektomie 443
Septulum testis 340
Septum

– aorticopulmonale 19
– atriale 18
– femorale 391
– interalveolare 149, 155
– interatriale **104**, 109, 430
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– interlobulare 144, 149
– interventriculare 102, 104, 430
– – Entwicklung 16, 18
– – im Horizontalschnitt 185
– – koronararterielle Versorgung 122
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – Pars membranacea 19, 105, 107, 109, 430
– – Pars muscularis 19, 105, 109, 430
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– oesophagotracheale **35**
– penis 308
– primum 16, 18, 105
– – fehlendes 21
– rectovaginale 320, **327**, 394
– rectovesicale (Denonvilliers-Faszie) **249**, **380**, 394, 400, 404
– – Magnetresonanztomografie 405
– scroti 206, 336, **340**, 405
– secundum 18, 105
– transversum 6, 14, 36
– – Entstehung 7
– urorectale 47
– – Fehlentwicklung 49
– uteri, Reste 61
– vesicovaginale 320, 327
Septum-primum-Defekt 21
Septum-secundum-Defekt 21
Septumdefekt, atrialer s. Vorhofseptumdefekt
Serosa 39
Sertoli-Stützzellen 59, 62
Serum 22
Serumelektrolyte 22
Sexualhormone 56
Shuntumkehr 21
Sigmadivertikulose, Röntgendarstellung 379
Sigmoid s. Colon sigmoideum
Sigmoidoskopie 248
Sinistropositio uteri 326
Sinus
– analis 241
– – Fistelöffnung 247
– aortae 106, 120
– – linkskoronarer 128
– – nichtkoronarer 128
– – rechtskoronarer 128
– coronarius 101, 103, 105, **106**, 121, 188, 431
– – Entwicklung 17
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– obliquus pericardii **98**, 189, 429
– paranasales (Nasennebenhöhlen) 32
– renalis **293**, **296**
– transversus pericardii **98**, 429
– trunci pulmonalis 106
– urogenitalis 47, 52, 61, 62, 318, 447
– – Abkömmlinge 58, 64
– – Entwicklungsstörung 61
– venosus 15, 17
– – Einmündung 16
– – Links-Rechts-Kurzschlüsse 17
– – Umgestaltung 17
Sinus splenici 443
Sinus-coronarius-System 121
Sinus-venosus-Defekt 21
Sinushorn
– linkes 17
– rechtes 17
Sinusknoten **116**, 135, 431
– arterielle Versorgung 122
– Innervation 410
– Lage 116
Sinusknotenarterie 120
– dreidimensionale CT-Rekonstruktion 129
Sinusoid 255
Situs retroperitonealis **382**, **385**
– im Horizontalschnitt **387**
– Peritonealverhältnisse **384**
– transperitoneale Sicht 385
Sklerosierungbehandlung, Hämorrhoiden 247
Sklerotom 4
Small-meal-Syndrom 271
Sodbrennen 83
Somatomedine 69
Somatopleura 4, 429
Somatostatin 69
Somatotropin (somatotropes Hormon) 69
Somitenbildung 4
Sonografie
– transrektale, Prostatauntersuchung 404
– transvesikale, Prostatauntersuchung 404
Spalt
– mesenteriokolischer
– – linker 364
– – rechter 364
– parietokolischer
– – linker 364
– – rechter 364
Spannungspneumothorax, Atemmechanik 159
Spatium
– extraperitoneale abdominis 9, **209**
– extraperitoneale pelvis 9, **209**, 303, 309, **321**, 439, 447, 448
– prerectale 249, 380
– presacrale 249, 399
– profundum perinei 395
– rectovaginale 399
– rectovesicale 447
– retroinguinale 394
– retroperitoneale 8, 42, 44, 51, 207, **209**, 292, **382**, 394, 399
– – abdominis 444
– – im Horizontalschnitt 207
– – Organzuordnung 208
– – Zonen 383
– retropubicum 394, 399, 405, 447
– rectorectale 249, **380**, 381, 399
– subperitoneale 8, 207
– – im Horizontalschnitt 207
– superficiale perinei 395
– urethrovaginale 394
– vesicovaginale 394, 399
Speiseröhre s. Oesophagus; s. Ösophagus
Spermatogenese (Samenzellenbildung) **340**, 342
Spermatogonien 56, 59, 62
Spermatozoenzahl 342
Spermatozyten 56
Spermienbeweglichkeit 337
Spermienbewegung, positiv rheotaktische 450
Spermienproduktion 454
Spermienreifung 453
Spermienspeicherung 453
Spermientransport 453
Spermium (Spermien; Samenzelle/n) **341**
– Speicherorgan 318
– Transportorgan 318
Sphinkter s. auch Musculus sphincter
– präkapillärer 12
– ringmuskulärer 230
Spina
– iliaca anterior superior 358
– – Horizontalebene 360
– iliaca anterior superior dextra 239
– iliaca anterior superior sinistra 239
– ischiadica 335
– scapulae 179, 180
– – mediale Begrenzung, Projektion auf die Brustwirbel 180
– – Oberflächenrelief 178
Spinae scapulae, Verbindungslinie 180
Spinalganglien, sakrale 72
Spinalganglion 72
Spinalnerv 72
Spiralarterien 325
Splanchnopleura 4, 14, 429
Splen s. Milz
Splenektomie 443
Stabkernige 26
Stammzelle 22
– Magendrüse 231
– maligne 27
– pluripotente 26
– – lymphatische 27
– – myeloische 27
Standard-Oberflächen-EKG 117
Stanford-Klassifikation, Aortendissektion 201
Stanzbiopsie, transrektale, Prostata 339
Stapes 34
Stapler-Hämorrhoidopexie 247
Statin 68, 69
Stauungsikterus 260
Stent-Expansion 131
Stent-Implantation, perkutane transluminale, bei Koronararterienstenose **131**
Sternum, Projektion auf die Brustwirbel 180
Steroidhormone 67, 69
– Stoffwechsel **68**
Steuerhormone 69
STH (somatotropes Hormon) 69
Stigma 332
Stimmbildung 33
Stomatodeum (Mundbucht) 40
Strang, nephrogener 52
Stratum
– basale endometrii 325, 450
– circulare tunicae muscularis
– – Appendix vermiformis 239
– – Caecum 238
– – Darm 233
– – Dünndarm 437
– – Duodenum 232, 259, 436
– – Ileum **234**
– – Jejunum **234**
– – Magen 230
– – Oesophagus **166**, **168**
– – Rectum 241, 439
– compactum endometrii 325
– functionale endometrii 325, 450
– longitudinale tunicae muscularis
– – Appendix vermiformis 239
– – Caecum 238
– – Darm 233
– – Duodenum 232, 259
– – Ileum **234**, **238**, 437
– – Jejunum **234**, 437
– – Magen 230, 435
– – Oesophagus **166**, **168**, 230
– – Rectum 241, 439
– musculare, Magenmuskulatur 435
– spongiosum endometrii 325
– subvasculare tunicae muscularis uteri **324**
– supravasculare tunicae muscularis uteri **324**
– vasculare tunicae muscularis uteri **324**
Stroma
– funiculi spermatici 343
– ovarii 64
Stuhl 38
Stuhldrang 244
Stuhlsäulenaustreibung 244
Stuhlspeicherung 439
Subcutis, Lymphabfluss 29
Subkostalebene 360
Submukosa 39, 73
– Ösophaguswand 172
Subsegmentbronchus 148, 432
– großer 35
– kleiner 35
Sulci paracolici 364, 384
Sulcus
– coronarius (Kranzfurche) 100, 102, 104, **120**, 430

Sulcus
– costae 182
– glutealis 358
– inguinalis 358
– intersphincticus analis 241
– interventricularis 16
– interventricularis anterior 100, 102, 105, 120, 430
– interventricularis posterior 101, 103, 105, 430
– venae cavae **252**
Superfizialzellen, vaginale 325
Suprakristalebene 360
Surfactant 37, 155
Surfactant-Mangel, angeborener 37, 155
Surfactant-Zufuhr 37
Suspensionsapparat, vesikourethraler, ventraler 304, 306, **307**
Sympathikoblast 74
Sympathikus 70, **226**
– Abdomen 226
– Becken 226
– Colon-ascendens-Innervation 418
– Colon-descendens-Innervation 419
– Colon-sigmoideum-Innervation 419
– Colon-transversum-Innervation 418
– Dickdarminnervation 226, **286**, **288**, 438
– Dünndarminnervation 226, **286**, 417, 436
– Duodenuminnervation 226, **284**, 416
– Funktion **71**
– Gallenblaseninnervation **284**, 441
– Genitalorgane
– – männliche **354**
– – weibliche **356**
– Harnblaseninnervation **316**, 422
– Harnleiterinnervation **316**, 421, 446
– Herzinnervation **135**, 410
– Leberinnervation **284**, 414, 440
– Lungeninnervation 70, 412, 433
– Mageninnervation **284**, 415, 435
– Milzinnervation **284**, 414
– Nebenniereninnervation **316**, 421
– Neuron
– – intramurales 71
– – postganglionäres **71**
– – präganglionäres **71**
– Niereninnervation **316**, 421, 445
– Organisation **94**
– Ösophagusinnervation **174**, 409, 434
– Pankreasinnervation **284**, 416, 442
– Rektuminnervation 420, 439
– Schmerzfasern **72**
– Stimulationswirkung **71**
– Testisinnervation 423
– Thorax **94**
– Thymusinnervation 408
– Tracheainnervation 156, 412
– Transmitter 71
– Tuba-uterina-Innervation 425
– Uterusinnervation 424
– viszeroafferente Fasern 70
– viszeroefferente Fasern 70
– Wirkung 226
Symphyse 51
Symphysis pubica 308, **327**, 334, 336, 359, 398, 403, 404
Synchondrosis xiphosternalis, Projektion auf die Brustwirbel 180
Systema
– cardiovasculare 10
– conducens cordis 116
– digestorium (Verdauungssystem) 38
– genitale (Genitalsystem) **56**
– lymphoideum (Lymphatisches System) **60**
– respiratorium (Atmungssystem) **32**
– urinarium (Harnsystem) **50**
Systole 103, 431

T

T3 (Trijodthyronin) 69
T4 (Thyroxin) 69
Tachea
– Lagebeziehung
– – zum Azygos-System 89
– – zur Vena cava superior 89
Taenia
– coli **236**, 239
– libera 235, **236**, 238, 362, 438
– mesocolica **236**, 438
– omentalis **236**, 438
Tänien **236**, 438
Taschenklappe 106, 430
– Embryonalentwicklung 19
Tawara-Schenkel s. Kammerschenkel
TEE (transösophageale Echokardiografie) **112**
Tela
– submucosa
– – Appendix vermiformis 239
– – Colonwand **239**
– – Dünndarmwand **234**
– – Magenwand 231
– – Oesophagus 168
– – Ureterwand 297
– subserosa
– – Appendix vermiformis 239
– – Caecumwand 239
– – Colonwand 239
– – Dünndarmwand 234
– – Magenwand 231
– – Tuba uterina 323
Telarche 56
Tendo infundibuli 107
Teratozoospermie 342
Tertiärfollikel 333
Testis s. Hoden
Testosteron 62, 340
– Genitalwegedifferenzierung 60
Testosteronproduktion 59, 454
Theca
– externa 333
– folliculi 59, 63, 455
– interna 333
Thecazellen 333
Thorax
– Exspirationsstellung **158**
– Inhalt 181
– Inspirationsstellung **158**
– knöcherner 181
– – Orientierung **180**
– Lymphknotenstationen **92**
– männlicher, Oberflächenrelief **178**
– Nerven **95**
– Parasympathikus **94**
– Regionen **359**
– Röntgenbild 136
– Sympathikus **94**
– tastbare Knochenpunkte 179
– topografische Regionen beim Mann 179
– Venenkreuz, asymmetrisches 151
– weiblicher, Oberflächenrelief **178**
Thoraxapertur
– obere 79, 137, 194, **196**, 432
– – Horizontalschnitt 195
– – Schnittbildanatomie 195
– untere 81
Thoraxerweiterung
– Longitudinalachse 158
– Sagittalachse 158
– Transversalachse 158
Thoraxhöhle 181
– Gliederung **78**
– Volumenänderung 433
Thoraxorgane 9
– arterielle Versorgung **86**
– in situ **184**
– – von dorsal **186**
– venöse Drainage **88**
Thoraxperkussion
– Herzdämpfung 97
– Lungenklopfschallfeld 136
Thorax-Röntgenaufnahme **160**
– Befundterminologie 161
– Schrägaufnahme 111
– schräglinke, vordere 111
– schrägrechte, vordere 111
– Strahlengang
– – sagittaler 110, **160**
– – seitlicher 110, **160**
Thoraxverkleinerung
– Longitudinalachse 158
– Sagittalachse 158
– Transversalachse 158
Thoraxwand
– Bindegewebe 181
– Exspirationsstellung 33
– Inspirationsstellung 33
– Knochen 181
– laterale 182
– Lymphabfluss 91, 92
– Muskeln 181
– venöse Drainage **88**
– vordere **182**
Thrombozyten 22, **24**, 27
– Lebensdauer **23**, 24
Thrombus, intrakardialer 430, 431
Thymom 428
Thymopoetin 176, 428
Thymosin 176, 428
Thymozyten 176
Thymulin 176, 428
Thymus 28, 66, 78, 98, 176, 190, 194, **428**
– arterielle Versorgung 408
– Embryonalentwicklung 31, 428
– Form 177
– Funktion 428
– Größe 177
– – beim Kleinkind 177
– – beim Neugeborenen 177
– histologischer Aufbau 176
– Hormonbildung 428
– Innervation 408, 428
– Lage 428
– Lymphabfluss 408
– im Mediansagittalschnitt 185
– Projektion auf die Rumpfwand 176
– venöse Drainage 408
Thymusaplasie 176, 428
Thymusdreieck 428
Thymushormone 69, 428
Thymusmark 176
Thymusrinde 176
Thyroxin 69
Tight junction, Alveolarepithelzellen 155
T-Lymphoblast 27
T-Lymphozyten 25, 28, 176, 428
TME (totale mesorektale Exzision) 249
Tonsilla
– lingualis 28
– palatina 28
– pharyngea 28
Tonsillen 38
– Embryonalentwicklung 31
Trabecula septomarginalis 104, 109
– rechter Kammerschenkel 116
Trabeculae carneae 103, 104, 430, 431
Trabekel
– Milz 443
Trachea (Luftröhre) 2, 32, 78, **142**, **432**
– arterielle Versorgung **86**
– Aufbau **142**
– Embryonalentwicklung **35**, **36**, 41, 165, 433
– Form 142
– Funktion 433
– Innervation **156**

– Lymphabfluss 91, 92, **157**, 412, 433
– Lymphknoten **156**
– Paries membranaceus 142, 432
– Pars cervicalis 79, **142**, 432
– Pars thoracica 79, **142**, 432
– Projektion
– – auf den Hals 142
– – auf den Thorax 142
– venöse Drainage **88**, 412
– Wandaufbau **143**, 432
Trachealepithel 143
Trachealschleimhaut **143**, 432
Trachealspange **142**, 432
– erste 432
Trachearückwand 432
Tractus
– horizontalis* 220, **315**, **352**
– verticalis* 220, **315**, **352**
Traktionsdivertikel 169
Transducer, neuroendokrine 69
Transmission, synaptische 66
Transmitterrezeptor 71
Transmittersekretion 66, 69
Transposition der großen Gefäße 18
Transsudation, Peritonealflüssigkeit 364
Transversalebenen der Rumpfwand **360**
Treitz-Band (Ligamentum suspensorium duodeni) 232
Treitz-Hernie 232
Trias
– periportale **255**
– portale 254, 440
Triglyceride 28
Trigonum
– clavipectorale 179, 359
– cystohepaticum 256
– femoris 359
– lumbale 179, 359
– lumbocostale 80, 83
– sternocostale 81, 83
– – durchtretende Strukturen 83
– vesicae urinariae (Harnblasendreieck) 303, 305, 306, 447
Trijodthyronin 69
Trikuspidalklappe s. Valva atrioventricularis dextra
Tripus Halleri s. Truncus coeliacus
Trochanter major 359
Tropine 68
Truncus 434
– anterior arteriae iliacae internae 213, **447**
– arteriosus 15, 16, 19
– brachiocephalicus 13, 78, 86, 87, 90, 100, 170, 196
– bronchomediastinalis 433
– coeliacus 13, 85, 90, 170, 210, **211**, 212, **264**, 372, 373, 386, 409, 414, 415, 435, 440, 442
– – Anastomose mit Arteria mesenterica superior 213
– – Äste **264**, **266**
– – im Mediansagittalschnitt 206
– – Projektion auf die Wirbelsäule 211, 265
– – Ramus pancreaticus 265
– – Ursprung, Projektion auf die Brustwirbel 180, 361
– – Varianten 265
– – Verengung 271
– – Versorgungsgebiete **267**
– gastropancreaticocolicus 275
– – Einmündung in die Vena mesenterica superior 275
– – Varianten 275
– – Zuflüsse 275
– lumbosacralis **354**, 356
– lymphaticus 28, 221
– lymphaticus bronchomediastinalis 30, 90, 92, **156**, 172, 408, 410, 412, 431, 434
– – Abflussgebiete 30, 132
– lymphaticus coronarius dexter 133
– lymphaticus coronarius sinister 133
– lymphaticus intestinalis **30**, 220, **222**, **280**, 283, 414, 416, 418, 438
– – Abflussgebiete 30
– – Unterstämme 30
– lymphaticus jugularis 30, 90, **156**, 172, 409
– – Abflussgebiete 30
– lymphaticus lumbalis **30**, 90, **90**, 220, 412, 425
– – Abflussgebiete 30
– lymphaticus lumbalis dexter **223**, 283, **315**, 422
– lymphaticus lumbalis sinister **222**, 283, 314, **315**, 421, 422
– lymphaticus subclavius 30, 90, **156**
– – Abflussgebiete 30
– posterior arteriae iliacae internae 213, **447**
– pulmonalis 19, 20, 78, 86, 96, 100, 102, 104, 137, **150**, 181, 188, 198, 412, 430, 433
– – Blutstrom 119
– – CT-Ebene 128
– – Lage 151
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Öffnung im Pericardium **98**
– – Projektion
– – – auf die Thoraxwand **86**
– – Projektion auf den Thorax 151
– – verengter 21
– Rami cardiaci 94
– sympathicus (sympathischer Grenzstrang) **70**, 78, **94**, 224, 226, **226**, **284**, **286**, **288**, 316, **354**, **356**, 408, 410
– – Rami cardiaci 135
– – Ramus interganglionaris 224
– – thorakaler **95**, 134, 190
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– thyrocervicalis 197, 409
– – Rami oesophageales **170**
– – Rami tracheales 152
– vagalis 414
– vagalis anterior 94, **95**, 174, 224, 284, **287**, **316**
– – Rami gastrici 415
– – Ramus coeliacus 284
– – Ramus hepaticus 284, 287, 414
– – Ramus pyloricus 284, 287
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– vagalis posterior 94, **95**, 186, 224, 284, **286**, **288**, 316, 416, 418, 421, 425, 436, 442
– – Rami gastrici 415
– – Ramus coeliacus 224, 287
– – Ramus hepaticus 284
– – Ramus pyloricus 284
Trunk of Henle 275
Trunkuswülste 19
TRUS (transrektaler Ultraschall) **339**
TSH (thyroideastimulierendes Hormon) 69
T-Stammzelle 27
TTE (transthorakale Echokardiografie) **112**
Tuba uterina (Eileiter) 56, 64, 291, 302, 318, **321**, **323**, 334, 348, 386, 398, 450
– Ampulla 323, 334
– arterielle Versorgung 424, 450
– Aufbau 323
– Eigenbewegung 323
– Embryonalanlage **60**, 451
– Entwicklung 61, 63
– Entzündung 451
– Form 323
– Funktion 56, 451
– Infundibulum 323, 450
– Innervation **356**, 424, 450
– Lage 320, 450
– Lumenverklebung 451
– Lymphabfluss **223**, **353**, 424, 450
– im Mediansagittalschnitt 403
– Muskelzüge **324**
– Parasympathikuswirkung **357**
– Pars uterina 323, 450
– Peritonealverhältnisse **322**, 450
– Projektion auf das Becken 320
– Querschnitt 323
– Sympathikuswirkung **357**
– Tela subserosa 323
– Tunica mucosa 323
– Tunica muscularis 323
– Tunica serosa 323
– venöse Drainage 424
Tubargravidität 334
Tubenwandriss 334
Tuber ischiadicum 359
Tuberculum
– corniculatum 166
– cuneiforme 166
– iliacum
– – Horizontalebene 360
– majus humeri 179
– minus humeri 179
– pubicum 335, 359
Tubuli 50
– contorti 445
– seminiferi 59, 62, 64
– – contorti 342
– – recti 342, 445
Tubulus
– distaler 54
– proximaler 54
– renalis **295**
– renalis colligens **295**
– renalis
– – distaler
– – – Pars convoluta **295**
– – – Pars recta **295**
– – proximaler
– – – Pars convoluta **295**
– – – Pars recta **295**
Tubulussystem, renales 50, **295**
– Entwicklung 54
Tubus laryngotrachealis **35**
Tumor, ACTH produzierender 444
Tunica
– adventitia 231
– – Ductus deferens 342
– – Gefäße 11
– – Harnblase 309
– – Oesophagus 167, **168**, 230
– – Trachea 143
– – Ureter 297
– albuginea corporis spongiosi 308
– albuginea corporum cavernosorum 308
– albuginea ovarii 332, 455
– albuginea testis 59, **340**
– dartos **340**
– externa (Tunia adventitia) 11
– fibromusculocartilaginea 143
– intima 11
– media 11
– mucosa
– – Appendix vermiformis 239
– – Caecum 239
– – Colon 239
– – Ductus deferens 342
– – Dünndarmwand **234**
– – Duodenum 232
– – Harnblase 309
– – Lamina epithelialis 231, 239
– – Lamina muscularis 231, 239
– – Lamina propria 231, 239
– – Magen 231
– – Oesophagus 167, **168**
– – Trachea **143**, 432
– – Tuba uterina 323
– – Ureter 297
– – Urethra 448
– – Uterus **323**, **324**, 326, 334, 450
– muscularis
– – Appendix vermiformis 239
– – Caecumwand 238
– – Colonwand **239**
– – Darm 233
– – Ductus deferens 342
– – Duodenum 232, 259

Tunica muscularis
– – Harnblase 309
– – Ileum **234**
– – Jejunum **234**
– – Magenwand 167, 230
– – Oesophagus **166**, **168**, 230
– – Rectum 241
– – Stratum circulare s. Stratum circulare tunicae muscularis
– – Stratum longitudinale s. Stratum longitudinale tunicae muscularis
– – Tuba uterina 323
– – Ureterwand 297
– – Urethra feminina 309
– – Uterus **323**, **324**, 326, 334, 450
– serosa
– – Appendix vermiformis 239
– – Colonwand 239
– – Dünndarmwand 234
– – Magenwand 231
– – Tuba uterina 323
– – Uterus **320**, **324**, 326, 450
– serosa testis **340**
– – Lamina parietalis 340
– – Lamina visceralis 340
– vaginalis testis 454
T-Welle, EKG 117
Tyrosinkinase 67
T-Zellen 23, 27

U

Übergang, ösophagogastraler 167
Übergangsepithel 304, 447
Übergewicht 125
Ulcus
– duodeni 436
– ventriculi 231, 435
Ultrafiltration, kapilläre 29
Ultraschall, transrektaler **339**
Umbilicus 20, 358, 390
– Projektion auf die Wirbelsäule 239, 361
– Quadranteneinteilung der Rumpfwand 360
Umbrella cell 304
Umgehungskreisläufe, portokavale 274, 434
Unterbauch, Organzuordnung **208**
Unterkieferspeicheldrüse 38
Unterlappenbrochus
– linker 35
– rechter 35
Unterzungenspeicheldrüse 38
Urachus, obliterierter 304, 362
Ureter (Harnleiter) 2, 50, 64, 214, **290**, 293, 294, 296, 305, **310**, 312, **319**, 398, 445, 446
– Anschluss an die Harnblase 55
– arterielle Versorgung **313**, 421, 446
– atypisch mündender 55
– Embryonalentwicklung **52**, 60, 446
– Engstellen 301
– Funktion 446
– Innervation **317**, 421, 446
– Lage 51, 208, 446
– Lagebeziehung zur Arteria uterina 351
– Länge 446
– Lymphabfluss **314**, 421, 446
– nierennaher, Innervation 316, **317**
– Parasympathikuswirkung 297
– Pars abdominalis **300**, 314, 316, 446
– Pars intramuralis **300**, 305, 446
– Pars pelvica **300**, 314, 316, 446
– Segment
– – lumbales 300
– – renales 300
– – vesikales 300
– in situ **300**
– überzähliger 55
– venöse Drainage 421, 446
– Verlauf 291, 346, 386
– – in der Blasenwand 305
– – im männlichen Becken 343, 346
– – im weiblichen Becken 322, 348, 398, 446
– Wandaufbau 297
Ureterdoppelbildung 300
Ureterenge 305
– Gefäßkreuzung 446
– intramurale 446
– durch unteren Nierenpol 446
Ureterfehlbildung 300
Ureterhals 301
Ureteritis 446
Ureterknospe 52
Ureterkolik 297, 446
Uretermündung 304, 447
Ureterschleimhaut 297
Ureterspaltung 55, 300
Ureterstein 301, 446
Ureterverdoppelung 55
Urethra (Harnröhre) 304, **308**, 448
– Embryonalentwicklung 54, 309, 448
– Entwicklung 58
– Entzündung 448
– feminina 51, 57, 64, **309**, 319, 327, 448
– – arterielle Versorgung 448
– – Entwicklung 58, 63
– – Ostium externum **309**
– – Pars cavernosa 448
– – Pars intramuralis 448
– – Tunica muscularis 309
– – venöse Drainage 448
– Fistelbildung 448
– Hypermobilität 306
– Innervation 448
– Lage 51, 448
– Längsmuskulatur 306
– Lymphabfluss **315**, 448
– masculina 50, 56, 64, **308**, 319, 448
– – arterielle Versorgung 448
– – Curvatura infrapubica **308**, 448
– – Curvatura prepubica **308**, 448
– – Engstellen 308, 448
– – Entwicklung 58, 62
– – Funktion 56
– – Kompression bei Prostatatumor 338
– – Krümmungen 448
– – Lage 308
– – Pars intramuralis 308, 448
– – Pars membranacea 303, 308, 337, 448
– – Pars prostatica 242, 303, 308, 404, 448
– – Pars spongiosa 303, 308, 336, 448
– – proximale 306
– – venöse Drainage 448
– – Weiten 308, 448
– Muskulatur, Funktion 306
– Schließmuskel 306
– Tunica mucosa 448
– Venenplexus, submuköser 305, 307
– Winkel gegen den Blasenboden 305
Urethrastein 301
Urethritis 309, 448
Urethrovaginalfistel 309, 448
Urkeimzellen **58**, 62
Urniere 52, 62
Urnierengang 52, **58**, **60**, 446
– Abkömmlinge 64
Urnierenkanälchen 59, 52, **58**, **60**, 64
Urnierenleiste **58**
Urogenitalleiste 52, **62**, 454
Urogenitalleistenverschmelzung, weiblicher Embryo **61**
Urogenitalmembran 47
Urogenitalorgane 50
– Fascia pelvis visceralis 380
Urogenitalsystem **319**
Urogenitaltrakt, weiblicher, arterielle Versorgung 398
Urogramm, intravenöses 301
Urothel 304, 447, 448
Uterovaginalkanal 60
Uterus (Gebärmutter) 56, 64, 291, 318, 320, **322**, 357, 450
– arterielle Versorgung 346, **348**, **350**, 424, 450
– Aufbau 323
– Doppelbildung 61
– Entwicklung **60**, **63**, 451
– Facies posterior 351
– Form 323, 450
– Funktion 56, **324**, 451
– Halteapparat **396**
– Höhe im Becken 326
– Innervation **356**, 424, 450
– Korpus-Zervix-Grenze 323
– Krümmung 326
– Lage 326, 450
– – Beziehung zu den Beckenorganen 320
– – physiologische Veränderung 326
– Lageveränderung 396
– Lymphabfluss 223, **353**, 424, 450
– Magnetresonanztomografie 403
– Parasympathikuswirkung **357**
– Peritonealverhältnisse 320, **322**, 398
– Position 326, 450
– Projektion auf das Becken 320
– Rückbildung, postpartale 335
– Sympathikuswirkung 226, **357**
– Tunica mucosa **323**, **324**, 326, 334, 450
– Tunica muscularis **323**, **324**, 326, 334, 450
– Tunica serosa **324**
– venöse Drainage **350**, 424, 450
– Wandaufbau **324**, 450
Uterushalsatresie 61
Uterushorn 61
Uteruskorpuslumen, Sondenlänge 323
Uterusmuskeltumor 324, 451
Uterusmuskulatur **324**
– Funktion 324
– Kontraktion 324
Uterusmyom 324, 451
Uterusschleimhaut **324**
Uterussenkung 326
Uterusstand im Schwangerschaftsverlauf **334**
Uterus-Tuben-Winkel 450
Utriculus prostaticus 61, 64, 337
Uvula vesicae (Blasenzäpfchen) 303, 309, 447

V

Vagina 56, 61, **318**, **322**, **327**, 397, 449
– arterielle Versorgung **348**, 424, 449
– Doppelbildung 61
– Embryonalentwicklung 309, 449
– Entwicklung **61**, 63
– fibromuskuläre Anlage 64
– Fistelbildung 449
– Funktion 56
– Gefäßversorgung 346
– Innervation 424, 449
– Lage 449
– – im Becken 320, **327**
– – im Beckenboden **327**
– – Beziehung zu den Beckenorganen 320
– Lymphabfluss 223, **353**, 424, 449
– im Mediansagittalschnitt 403
– musculi recti abdominis (Rektusscheide) 182
– – Lamina posterior 182, 390
– Parasympathikuswirkung **357**

– Paries anterior 323, **327**
– Paries posterior 321, **322**, **327**
– Projektion auf das Becken 320
– Schutzmechanismen 328
– Sympathikuswirkung **357**
– venöse Drainage 424, 449
– Wandaufbau 449
Vaginalatresie 61
Vaginalepithel 64, 330, 449
– Atrophie 449
Vaginalkarzinom 449
Vaginalmilieu 328
Vaginalmilieustörung 449
Vaginalplatte 61, 449
Vaginalschleimhaut 327, 449
Vagotomie, proximale, selektive 285
Valva
– aortae (Aortenklappe) 105, **106**, **108**, 430
– – Auskultationspunkt 109
– – Echokardiografie 113
– – Faserring 107
– – geöffnete 107
– – geschlossene 107
– – im Mediansagittalschnitt 185
– atrioventricularis (Vorhof-Kammer-Klappe) **106**, 430
– – Entwicklung 16
– – Papillarmuskelfunktion 109
– atrioventricularis dextra (Trikuspidalklappe) **104**, **106**, 109, 430
– – Auskultationspunkt 109
– – Entwicklung 16, 19
– – geöffnete 107
– – geschlossene 107
– atrioventricularis sinistra (Mitralklappe) 105, **106**, 109, 430
– – Auskultationspunkt 109
– – Echokardiografie 112
– – Entwicklung 16, **19**
– – geöffnete 107
– – geschlossene 107
– cuspidalis (Segelklappe) 106, 430
– trunci pulmonalis (Pulmonalklappe) **104**, **106**, 430
– – Auskultationspunkt 109
– – Embryonalentwicklung 19
– – Tendo infundibuli 107
Valvae cordis (Herzklappen) **106**, 430
Valvula
– foraminis ovalis 105, 431
– semilunaris anterior valvae trunci pulmonalis **106**, **108**, 430
– semilunaris dextra valvae aortae **106**, **108**, 430
– semilunaris dextra valvae trunci pulmonalis **106**, **108**, 430
– semilunaris posterior valvae aortae **106**, **108**, 430
– semilunaris sinistra valvae aortae **106**, **108**, 430
– semilunaris sinistra valvae trunci pulmonalis **106**, **108**, 430
– sinus coronarii **104**
– venae cavae inferioris **104**
Valvulae anales 241
Varikozele 311, 343, 347, 454
Vas publicum
– Leber 12, 216, 440
– Lunge 12, 150, 412, 433
Vasa
– ovarica 322
– privata
– – bronchiale 150, **152**, 412, 433
– – Leber 12, 150, 440
– uterina, Rami tubarii **322**
– vasorum 11
Vasopressinfreisetzung 69
Vater-Papille s. Papilla duodeni major
Vena (s. auch Venae) 433
– anterior pulmonis dextri 151
– anterior pulmonis sinistri 151
– apicalis pulmonis 151
– apicoposterior pulmonis 151
– appendicularis **277**, 279, 377, 418
– arcuata renis **294**
– atrialis 121
– axillaris 13, 218
– azygos 13, 17, 78, 85, **88**, **90**, 152, 170, 190, 215, 218, 409, 412, 433, 434
– – Einmündung in die Vena cava superior 187
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– – in der Thoraxsagittalaufnahme 152
– basalis anterior pulmonis dextri 151
– basalis anterior pulmonis sinistri 151
– basalis communis pulmonis dextri 151
– basalis communis pulmonis sinistri 151
– basalis inferior pulmonis dextri 151
– basalis inferior pulmonis sinistri 151
– basalis superior pulmonis dextri 151
– basalis superior pulmonis sinistri 151
– basilica 13
– brachialis 13
– brachiocephalica 13, 17, 78, 90, 170, 218, 408, 411
– – im Horizontalschnitt 195
– brachiocephalica dextra 88, 96, 181, 190
– brachiocephalica sinistra 88, 96, 181, 190
– – im Mediansagittalschnitt 185
– cardiaca magna **121**, 410, 431
– cardiaca media **121**, 410, 431
– cardiaca parva **121**, 410, 431
– cardinalis caudalis 15
– cardinalis communis 15
– cardinalis communis dextra 6
– cardinalis communis sinistra 6
– cardinalis cranialis 15
– cava inferior 7, 10, 13, 20, 51,**88**, 100, 210, **214**, 233, 268, 274, 276, **310**, 314, 372, 386, 421, 430
– – Anastomosen 218
– – embryonale 42
– – Entwicklung 17
– – im Horizontalschnitt 374, 387
– – Kompression bei Schwangerschaft 334
– – Lebervenenmündung 251
– – Öffnung im Pericardium **98**
– – Projektion
– – – auf das Skelett 88
– – – auf den Thorax 151
– – – auf die Wirbelsäule 215
– – Teilung, Projektion auf die Wirbelsäule 361
– – Zuflüsse **214**
– – – direkte **215**
– – – indirekte **215**
– cava sinistra **313**
– cava superior 10, 13, 19, 20, 78, **88**, 90, 96, 100, 171, 181, 184, 188, 215, 408, 409, 430
– – Anastomosen 218
– – Entwicklung 6, 17
– – Lagebeziehung zur Trachea 89
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Öffnung im Pericardium **98**
– – paarige Äste **88**
– – Projektion
– – – auf das Skelett 88
– – – auf den Thorax 151
– – – auf die Thoraxwand **86**
– – im Röntgenbild 110, 136
– centralis hepatis 255, 440
– cephalica 13
– circumflexa ilium profunda 214, 390
– circumflexa ilium superficialis 218
– colica dextra 216, **276**, 279, 376, 418
– colica dextra superior 275
– colica media 216, 262, 274, 275, **276**, 279, 372, 376, 418
– colica sinistra 216, 277, 279, 419, 438
– corticalis radiata renis **295**
– cremasterica 343
– cystica 216, 276, 279, 414, 441
– dorsalis profunda clitoridis 327
– dorsalis profunda penis 308, 346
– dorsalis superficialis penis 308, 336
– ductus deferentis **343**
– epigastrica inferior 214, 218, 300, 362, 390
– – Ductus-deferens-Verlauf 343
– epigastrica superficialis 218
– epigastrica superior 182, 218
– femoralis 13, 218, 390
– gastrica dextra 216, 219, 274, 276, 279, 372, 415, 435
– gastrica sinistra 170, 216, 219, 276, 279, 372, 376, 409, 415, 434, 435
– gastroomentalis dextra 216, **274**, 275, 276, 279, 372, 377, 415, 435
– gastroomentalis sinistra 216, **274**, 279, 372, 415, 435
– glutea inferior 214, 278
– glutea superior 214, 278
– hemiazygos 78, **88**, **90**, 170, 191, 215, 218, 409, 412, 434
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97
– hemiazygos accessoria 78, **88**, 152, 170, 191, 218, 433
– hepatica 10, 13, 214, 274, 414, 440
– hepatica dextra 252
– hepatica intermedia 252
– hepatica sinistra 252
– ileocolica 216, **276**, 279, 376, 417, 418, 437
– iliaca communis 13, 214, 218, 278, 386
– – im Mediansagittalschnitt 206
– iliaca externa 13, 218, 321, 386, 398
– iliaca interna 13, 214
– intercostalis 182, 190
– intercostalis superior dextra 88
– intercostalis superior sinistra 88, 191
– interlobaris renis **294**
– interlobularis hepatis **255**, 440
– interlobularis renis 295
– interventricularis anterior 100, **121**, 410
– interventricularis posterior **121**
– jugularis externa 13, 88
– jugularis interna 13, 28, 88, 90
– lingularis 151
– lobi medii pulmonis 151
– lumbalis II 214
– lumbalis III 214
– lumbalis ascendens 85, 214, 218, 291, 422
– lumbalis ascendens dextra 89
– lumbalis ascendens sinistra 89
– marginalis dextra **121**
– marginalis sinistra **121**
– mesenterica inferior 13, **216**, 219, **274**, **276**, **278**, 376, 386, 414, 420, 438, 439
– – Äste **278**
– – Mündung in die Vena splenica 275
– – Projektion auf die Wirbelsäule 216
– – Zuflüsse **277**
– mesenterica superior 13, 171, **216**, 219, 232, **266**, **274**, **276**, 279, 372, 376, 386, 414, 416, 417, 418, 435
– – im Horizontalschnitt 374

Vena mesenterica superior
– – Projektion auf die Wirbelsäule 216
– – Zuflüsse 275, **276**
– musculophrenica 88, 413
– obturatoria 214, 346, 347, 390
– omphalomesenterica 15
– ovarica 13, 214, **310**, 332, **350**, 386, 398, 445, 455
– – Verlauf 291
– ovarica dextra 291, 425
– ovarica sinistra 291, 425
– pancreaticoduodenalis 216, **274**, 276, 279, 416, 436, 442
– pancreaticoduodenalis superior anterior 275
– pancreaticoduodenalis superior posterior 216, 274, 279, 372
– paraumbilicales 216, 219
– pericardiacophrenica 78, 85, 88, 183, 184, 190, 411, 413, 429
– periumbilicales 219
– phrenica inferior 85, 214, 299, 413
– phrenica inferior sinistra, Anastomose mit der Vena suprarenalis 299, **310**
– phrenica superior 85, 88, 413
– poplitea 13
– portae hepatis 10, 12, 13, 215, 251, 252, 254, 264, 266, 268, **274**, 274, 276, 372, 386, 409, 414, 415, 416, 418, 440
– – Abfluss der Vena rectalis superior 279
– – Blutstau 171
– – Entwicklung 17
– – Ligamentum hepatoduodenale 371
– – postnatale 20
– – pränatale 20
– – Projektion auf die Wirbelsäule 216
– – Umgehungskreisläufe **219**
– – Zuflüsse **216**, **275**, 415
– – – Strömungsumkehr 219
– – Zuflussgebiete **217**
– prepylorica 216, **274**, 372, 415
– pudenda interna 214, **278**, 346, 348, 420, 439
– pulmonalis 10, 32, 78, 412, 433
– – Aufteilung 150
– – Pars intersegmentalis 150
– – Pars intrasegmentalis 150
– – postnatale 20
– – pränatale 20
– – primitive 17
– pulmonalis dextra 101, 103, 145
– – Äste **151**
– – Projektion auf den Thorax 151
– pulmonalis dextra inferior 150, **151**
– pulmonalis dextra superior 150, **151**
– pulmonalis inferior sinistra 153
– pulmonalis sinistra 100, 102, 145
– – Äste **151**
– – Projektion auf den Thorax 151
– pulmonalis sinistra inferior 150, **151**
– pulmonalis sinistra superior 150, **151**, 153
– radialis 13
– rectalis inferior 219, 278, 349, 420, 439
– – infradiaphragmaler Verlauf 278
– – Tumor im Drainagegebiet 278
– rectalis media 214, 219, 278, 349, 420, 439
– – supradiaphragmaler Verlauf 278
– – Tumor im Drainagegebiet 278
– rectalis superior 216, 219, 277, 278, 349, 419, 420, 439
– – Abfluss in die Pfortader 279
– – peritonealer Verlauf 278
– – Tumor im Drainagegebiet 278
– renalis 13, 291, **294**, **296**, **310**, 386, 445, 446
– – Äste 310
– – Projektion auf die Wirbelsäule **311**
– – Rami capsulares perirenales 310
– – Rami ureterici 310
– renalis dextra 214, **293**, 299, 421
– renalis sinistra 214, 299, **310**, 373, 421, 423, 425
– – Lage 214
– – Verlauf 310, 445
– – Zuflüsse **311**, 445
– sacralis lateralis 214
– sacralis mediana 214, 272, 300
– saphena magna 13
– segmenti renalis 296
– sigmoideae 216, 277, 278, 419, 438
– splenica 13, 171, **216**, 262, 271, **274**, 276, 279, 372, 373, **376**, 414, 416, 435, 443
– – Mündung der Vena mesenterica inferior 275
– – Projektion auf die Wirbelsäule 216
– subclavia 13, 28, 88, 90, 218
– – Projektion auf die Thoraxwand **86**
– superior pulmonis dextri 151
– superior pulmonis sinistri 151
– suprarenalis 291, 373
– suprarenalis dextra 214, 293, 298, **310**, 421
– suprarenalis sinistra 214, 298, **310**, 421
– – Anastomose mit der Vena phrenica inferior 299, **310**
– suprarenalis superior 386
– testicularis 215, **310**, 343, 423, 445, 453, 454
– – Strömungsbehinderung 343
– – Verlauf 300
– testicularis dextra **347**
– testicularis sinistra **347**
– thoracica interna 88, 182, 218, 411, 413
– – im Thoraxhorizontalschnitt 97, 138
– thoracica lateralis 182, 218
– thoracoepigastrica 218
– thyroidea inferior 88, 170, 409
– tibialis anterior 13
– tibialis posterior 13
– ulnaris 13
– umbilicalis 15, 17, 20, 42, 219, 253
– – nicht obliterierte 361
– – obliterierte 43
– – pränatale Anastomose
– – – zur Vena cava inferior 20
– – – zur Vena portae hepatis 20
– – verödete Verbindung zur Vena cava inferior 20
– uterina 214, 348, 424
– ventriculi dextri anterior **121**
– ventriculi sinistri posterior 410, 431
– vertebralis 197
– vesicalis 214, 422
– vesicalis superior 346
Venae s. auch Vena
– bronchiales 88, **152**, 152, 412, 433
– caecales **276**, 377, 418
– cardiacae **120**
– colicae 219
– gastricae breves 171, 216, 279, 372, 415, 435
– ileales 216, **276**, 279, **376**, 417, 437
– iliacae communes, Zusammenfluss 214
– intercostales anteriores 88
– intercostales posteriores 88, 171
– intercostales supremae 88
– jejunales 216, **276**, 279, **376**, 417, 437
– oesophageales 88, **170**, 216, 219, 274, 279, 372, 409, 434
– – Anastomosen **171**
– pancreaticae 216, 279, 416, 442
– pericardiacae 88
– pulmonales 152
– – Sauerstoffgehalt im Blut 150, 154
– pulmonales dextrae 96, 137, 139, 181
– – Öffnung im Pericardium **98**
– pulmonales sinistrae 139, 165, 181
– – Öffnung im Pericardium **98**
– thymicae 88, 408, 428
– tracheales 88
– vesicales 447
– vitellinae 15
Venen 13
– Becken 214
– intrakranielle 13
– paraumbilikale 216, 219
– periumbilikale 218
– präsakrale 380
– transsphinkterische 243
– Wandaufbau 11
Venenarkade 275, **276**
Venenbypass, aortokoronarer **131**
– bei 3-Gefäßkrankheit **131**
Venenklappe 11
Venenkreuz, asymmetrisches 151
Venenplexus
– rektaler 219
– submuköser
– – ösophagealer 171
– – vaginaler 327
Venenwinkel
– linker 28, 30, **90**, 92, 192, 221, 408, 412
– rechter 28, 30, **90**, 408, 412
Venolen 10, 12
Ventilationsstörung, obstruktive 149
Ventilebene, kardiale **106**, 431
Ventilpneumothorax, Atemmechanik 159
Ventriculus
– cordis
– – Ausstrombahn **104**, 430
– – Einstrombahn **104**, 430
– cordis dexter (rechte Herzkammer) 10, 21, 96, **104**, 188, 430
– – Blutstrom 119
– – Entwicklung 16, 19
– – Herzfläche 100
– – im Horizontalschnitt 185
– – koronararterielle Versorgung 122
– – Lymphabfluss 133
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Myocardium 102
– – postnataler 20
– – pränataler 20
– – im Röntgenbild 110
– – Wandstärke 105
– cordis sinister (linke Herzkammer) 10, 21, 96, 105, 188, 430
– – Blutstrom 119
– – Entwicklung 16, 19
– – Herzfläche 100
– – im Horizontalschnitt 185
– – koronararterielle Versorgung 122
– – Lymphabfluss 133
– – im Magnetresonanztomogramm 115
– – Mehrschicht-Spiral-Computertomografie 128
– – Myocardium 103
– – postnataler 20
– – pränataler 20
– – im Röntgenbild 110, 136
– – Topografie 165
– – Wandstärke 105

Ventrikel
– linker s. Ventriculus cordis sinister
– primitiver 15
– rechter s. Ventriculus cordis dexter
Ventrikeldiastole 107, 108, **118**
– Entspannungsphase, isovolumetrische 118
– Füllungsphase 118
Ventrikelkontraktion, Reihenfolge **116**
Ventrikelseptierung 19
Ventrikelseptumdefekt 18, **21**
Ventrikelsystole 106, 107, **118**
– Anspannungsphase, isovolumetrische 118
– Austreibungsphase 118
Venula recta 295
Verdauung 38
– Duodenumfunktion 436
– Magenfunktion 435
– Pankreasfunktion 442
– unterstützende Faktoren 38
Verdauungsapparat 38
Verdauungsorgane 38
– Abschnitte 38
– arterielle Versorgung **266**, **268**
– Embryonalentwicklung 40, 42
– Lymphabfluss 222, **280**, **282**
– vegetative Innervation **284**, **286**, **288**
– venöse Drainage 215
Verdauungssystem 2, **38**
– Aufbau 38
– Embryonalentwicklung 38
– Organe 3
Verschlucken 33
Versio uteri **326**
Vertebra
– lumbalis I
– – im Horizontalschnitt 375
– lumbalis IV 239
– lumbalis V 206, **354**, **356**, 360
– prominens, Oberflächenrelief 178
– thoracica I 181
– thoracica XII 181
Vesica 309
– biliaris (Gallenblase) 2, 38, 39, 250, 252, **256**, **258**, 264, 362, 364, 367, 370, 441
– – Fundus **253**
– – im Horizontalschnitt 374
– – Lage 208
– – Topografie 370
– fellea s. Vesica biliaris
– urinaria (Harnblase) 2, 50, 64, **290**, **300**, 380, 386, 447
– – Fascia pelvis visceralis 392
– – Tunica adventitia 309
– – Tunica mucosa 309
– – Tunica muscularis 309
Vestibulum
– bursae omentalis 369
– vaginae **318**, **321**, 327
Vierkammerblick
– Echokardiografie 113
– Magnetresonanztomografie 114
Vitamin-B_{12}-Resorption 435
Vollblut 22
Volumen, linksventrikuläres 118
Volvulus 49
Vorderdarm 5, **35**, **40**
– Differenzierung 41
– kaudaler
– – Embryonalentwicklung 44
– – Mesenterien 42
– – Topografie der Organe 44
Vorderdarmbucht 14
Vorderwandinfarkt, supraapikaler 124
Vorderwandspitzeninfarkt 124
Vorhof s. auch Atrium
Vorhof-Kammer-Klappe s. Valva atrioventricularis
Vorhof-Kammer-Knoten s. Nodus atrioventricularis
Vorhofseptum **104**, 109, 430
Vorhofseptumdefekt 18, **21**
– Echokardiografie 113
– interventioneller Verschluss 21
Vorhofumgestaltung, embryonale 17
Vorniere 52
Vorsteherdrüse s. Prostata
Vortex cordis 102
VSD (Ventrikelseptumdefekt) 18, **21**
Vulva 318

W

Waldeyer-Faszie 381
Wanderniere 290
Wasserresorption 38
Wechselschnitt 361
Weichteilansatzrohr, Geburtskanal 335
Widerstandsgefäß 11
– postkapillares 11
Wilson-EKG-Ableitung **117**
Windkesselfunktion der Aorta **87**
Windkesselgefäß 11
Winkel
– anorektaler 243
– epigastrische 158
– vesiko-urethraler, hinterer 305
Wirbelsäule, Projektion anatomischer Strukturen 164, 211, 215, 216, 232, 239, 265, 269, 271, 311, **361**
Wolff-Gang 52, **58**, 62, 446
– Abkömmlinge 58, 62, 64
– Differenzierung 58, **60**
Wurmabwehr 25
Wurmfortsatz s. Appendix vermiformis

X

Xiphosternalebene 360

Z

Zelladhäsionsmoleküle 23
Zellen 2
– chromaffine 74
– dendritische 27
– – Thymus 176
– endokrine 66, 69
– – diffuse 66
– – gastrointestinale 69
– – Magen 231
– Katecholamin bildende 74
– leukämische 27
– mononukleäre 25
– zentroazinäre 261
Zelltod, programmierter 428
Zenker-Divertikel **169**, 434
Zentralarterie, Milz 263
Zentralvenen-Leberläppchen **255,** 440
Zentriol 341
Zervikalschleim 328
– Spinnbarkeit 328
Zervixepithel 328
– ektropioniertes 329
Zervixkanal 328
– Abstrich, zytologischer **330**
Zervixkarzinom **331**, 451
– Vorstufen **331**
Zirbeldrüse, Hormonbildung 69
Zölom
– extraembryonales 5
– intraembryonales 4
– – Ausbildung 5
– – Kompartimentierung 6
Zölomepithel **58**, **62**
Zölomkanal 5, 6, 36
Zölompforte 5
Zölomring 5
Zona
– alba **241**, 242
– colorectalis 242
– fasciculata 298, 444
– glomerulosa 298, 444
– pellucida 333
– reticularis 298, 444
– squamosa analis 242
– transitionalis analis 242
Zone, steroidogene 320
Zuckerkandl-Organ 74
Zuckerkandl-Faszie 292, 387
Zunge 39
Zweikammerblick, Echokardiografie 113
Zwerchfell 3, 96, 181, 190, 204, 390
– Ansatz 83
– Arterien 85, 413
– Aufbau **82**
– Durchtrittsstellen **82**
– – funktionelle 83
– Entwicklung 7, 36
– – beteiligte Strukturen 7
– Evolution 3
– Exspirationsstellung 33, 80, 82, **158**
– Frontalschnitt 82
– Funktion 83
– Head-Zone 73
– Innervation 83, **84**, 413
– – motorische 7
– Inspirationsstellung 33, 80, **158**
– Lebernische 44, 233, **252**, 364, 371
– Lymphabfluss **84**, 91, 413
– Mediansagittalschnitt 79, 82
– Projektion auf die Rumpfwand 80
– Ursprung 83
– venöse Drainage **88**, 215, 413
– Verwachsungsstelle mit dem Zwerchfell 79, 185, **252**, **292**, 440
– – Entstehung 44
– – im Mediansagittalschnitt 185, 206
Zwerchfellenge des Oesophagus 434
Zwerchfellhernie 83
– angeborene 7
Zwerchfellkuppel 80
– im Röntgenbild 136
Zwerchfelllähmung, beidseitige 84
Zwerchfelllücken 83
– durchtretende Strukturen 83
Zwerchfellstand 80
Zwölffingerdarm s. Duodenum
Zyanose 21
– sekundäre 21
– der unteren Körperhälfte 198
Zygote 56
– Entwicklungsstadien **334**
– Implantationsorte **334**
– – extrauterine **334**
– Transport 450
Zystitis 447
– aufsteigende 446
Zytokine 23, 69