

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 Studierenden und Dozentinnen 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 fundierte Kenntnisse im Fach Anatomie unverzichtbar für kompetentes ärztliches Handeln sind, wird mit fortschreitendem Studium immer klarer. Hierzu gehört es auch, Varianten des menschlichen Körpers zu kennen, denn dies kann später im Rahmen der Interpretation von Befunden oder bei Operationen hochrelevant sein und dazu beitragen, Fehler zu verhindern. PROMETHEUS berücksichtigt daher in besonderem Maße auch Varianten in der Anatomie des Menschen, wie z. B. zusätzliche oder nicht „regelkonform“ verlaufende Blutgefäße oder Lageanomalien von Organen.

Dabei vergessen die Autoren nicht, dass gerade die Anatomie – und hier besonders die makroskopische – die 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 Studierende zu schaffen. Eine Lernumgebung, die auf die genannten Schwierigkeiten gezielt Rücksicht nimmt und durch ihren Aufbau gleichzeitig Lernhilfe ist. Diesem Ziel diene 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 der späteren Ärztin/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 erläutert der Text schrittweise die Bilder und ermöglicht so ein tiefergehendes Verständnis auch komplexer Zusammenhänge. 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 tiefes 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 den Studierenden als zuverlässige Informationsquelle, der Ärztin wie 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 2022

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 Univ.-Prof. Dr. med. Christoph Düber (Univ.-Med. Mainz), 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. Daniel Haag-Wackernagel (Basel), Herr Dr. med. Johannes-Martin Hahn (Tübingen), Herr Prof. Dr. med. Stefan Müller-Hülsbeck (DIAKO Krankenhaus gGmbH Flensburg), Herr Dr. Róbert Késmárszky, MD, Frau Prof. Susanne Klutmann (UKE Hamburg), Herr Michael Kriwat (Kiel), Herr Prof. Dr. Paul Peter Lunkenheimer (Westfälische Wilhelms-Universität Münster), Herr Prof. Dr. Janos Mester (UKE Hamburg), Herr Priv.-Doz. Dr. Jörg Detlev Moritz (Klinik für Radiologie und Neuroradiologie Kiel), Herr Priv.-Doz. Dr. Thomas Müller (Univ.-Med. Mainz), Herr Priv.-Doz. Dr. med. Dan mon O'Dey (Luisenhospital Aachen), Herr Dr. Kai-Hinrich Olms, Fußchirurgie Bad Schwartau, Herr Dr. med. Dipl.-Phys. Daniel Paech (Deutsches Krebsforschungszentrum Heidelberg), Herr OA Dr. Thilo Schwalenberg (Urologische Klinik des Universitätsklinikums Leipzig), Herr Dr. med. Hans-Peter Sobotta (Stiftung Herzogin Elisabeth Hospital Braunschweig), Frau Prof. Dr. em. Katharina Spanel-Borowski (Universität Leipzig), Herr Dr. Jürgen Specht (Orthopaedicum Frankfurt), Herr Prof. Dr. Christoph Viebahn (Georg-August-Universität Göttingen), Frau Dr. med. Imke Weyers (Univ. Lübeck).

Für aufwändige Korrekturarbeiten, insbesondere im Rahmen der 1. Auflage, danken wir Frau Dipl.-Biologin Gabriele Schünke, Herrn Dr. med. Jakob Fay sowie Frau cand. med. Claudia Dücker, cand. med. Simin Rasouli, 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 Lühje, 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. Seit Herr Dr. Jürgen Lühje 2018 in den Ruhestand gegangen ist, hat Herr Dr. Jochen Neuberger PROMETHEUS mit großem Engagement übernommen und mit dem bisherigen Team zusammen weitergeführt und weiterentwickelt.

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/er (Noch-)Nicht-Mediziner/in – denn dies sind Studierende 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, bei Erscheinen der 1. Auflage Verlagsleiter Studium und Lehre, war, als der für das Projekt aus Verlagsicht 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 aufzählen, die in irgendeiner Weise an der Fertigstellung von PROMETHEUS beteiligt waren. Wir beschränken uns daher auf einige Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, 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 Yvonne Straßburg, Michael Zepf und Laura Diemand, die dafür gesorgt haben, dass PROMETHEUS termingerecht gedruckt, gebunden und auf seinem gesamten Entstehungsweg mit bestem herstellerischem Know-how begleitet wurde; bei Susanne Tochtermann-Wenzel und Anja Jahn für die Unterstützung bei technischen Fragen rund um die Bebilderung, bei Julia Fersch, die dafür gesorgt hat, dass PROMETHEUS auch über eRef zugänglich ist, bei Almut Leopold und Dr. Wilhelm Kuhn für das ausgezeichnete Register; bei Marie-Luise Kürschner und Nina Jentschke für die ansprechende Gestaltung des Umschlags sowie bei Dr. Thomas Krimmer, Liesa Arendt, Birgit Carlsen, Stephanie Eilmann, Marion Hamm und Anne Döbler stellvertretend für alle, die PROMETHEUS im Hinblick auf Marketing, Verkauf und Öffentlichkeitsarbeit betreuen oder betreut haben.

Die Autoren im August 2022

Die Menschen hinter PROMETHEUS

Ein Werk wie PROMETHEUS kann nur entstehen, wenn die Menschen, die daran beteiligt sind, Hand in Hand zusammenarbeiten. Erst der rege Austausch zwischen den Anatomieprofessoren Michael Schünke, Erik Schulte und Udo Schumacher einerseits und den anatomischen Illustratoren Markus Voll und Karl Wesker andererseits führte zu dem didaktischen und künstlerischen Gesamtwerk, wie es jetzt vor Ihnen liegt.

Lerneinheiten zu schaffen, die ein Thema konsequent auf zwei gegenüberliegenden Seiten abhandeln, ist schon an sich eine besondere Herausforderung. Die Autoren müssen die Inhalte präzise auswählen, zusammenstellen und mit erläuternden Legenden versehen. Wie sich diese Inhalte dann jedoch im Atlas präsentieren, wie ansprechend und einprägsam sie sind, hängt maßgeblich von den Bildern ab – im PROMETHEUS sind es inzwischen gut 5000! Um sie zu zeichnen,



Foto: privat

Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Michael Schünke

Anatomisches Institut der Universität Kiel
Studium der Biologie und Medizin in
Tübingen und Kiel
Intensive Lehrtätigkeit bei Medizin-
studierenden und Physiotherapeuten
Autor und Übersetzer weiterer Lehrbücher



Foto: Kristina Schäfer

Prof. Dr. med. Erik Schulte

Institut für Funktionelle und Klinische
Anatomie der Universitätsmedizin Mainz
Studium der Medizin in Freiburg
Intensive Lehrtätigkeit bei Medizin-
studierenden
Preis für herausragende Leistungen in
der Lehre in Mainz



Foto: privat

Prof. Dr. med. Udo Schumacher

MSB Medical School Berlin
Studium der Medizin in Kiel sowie einjähriger
Studienaufenthalt am Wistar Institute of
Anatomy and Biology, Philadelphia
Intensive Lehrtätigkeit bei Medizinstudierenden,
Physiotherapeuten/innen und Facharztkandi-
daten/innen (FRCS). Mehrjähriger Aufenthalt in
Southampton, dort Erfahrungen in fächerüber-
greifendem, integriertem Unterricht

haben Markus Voll und Karl Wesker jahrzehntelange Erfahrungen in der anatomischen Illustration gesammelt, anatomische Sammlungen besucht, Präparate studiert und alte und neue Werke der Anatomie durchgearbeitet. Auf dieser Basis entstand der PROMETHEUS.

Er führt Sie Schritt für Schritt sicher durch die Anatomie und zeigt, welche bedeutende Rolle die Anatomie in der späteren praktischen

Tätigkeit spielt: Ob Darmoperation bei einem Tumor, Trommelfellpunktion bei einer Mittelohrentzündung oder Untersuchung einer Schwangeren – immer sind profunde anatomische Kenntnisse notwendig. Ohne sie ist niemand eine gute Ärztin oder ein guter Arzt.

Das Lernen kann Ihnen auch PROMETHEUS nicht ersparen, aber er macht es schöner. Dafür garantieren Autoren und Grafiker.



Foto: privat

Markus Voll

Freiberuflicher Illustrator und Grafiker in München
Grafikausbildung an der Blochererschule für Gestaltung in München
Studium der Medizin an der LMU München
Jahrzehntelange Tätigkeit als wissenschaftlicher Illustrator für zahlreiche Buchprojekte



Foto: privat

Karl Wesker

Freiberuflicher Maler und Grafiker in Berlin
Lehre als Klischeeätzer und Lithograph
Studium der Visuellen Kommunikation an der FH Münster und an der Hochschule der Künste Berlin sowie der Kunstwissenschaft an der TU Berlin
Jahrzehntelang tätig in der freien Malerei und in der wissenschaftlichen Grafik, u. a. Buchprojekte für Anatomie

Inhaltsverzeichnis

A Aufbau und Embryonalentwicklung der Organsysteme im Überblick

1	Organsysteme und Entwicklung der Körperhöhlen		
1.1	Definitionen, Übersicht und Evolution der Körperhöhlen	2	
1.2	Keimblatt differenzierung (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	

B 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	Sonografische Darstellung des Herzens: Echokardiografie	112
3.10	Magnetresonanztomografie 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 Koronarangiografie (Herzkatheteruntersuchung): Prinzip und Durchführung	126
3.17	RAO- und LAO-Projektionen der Koronararterien	128
3.18	Koronarangiografie mittels Mehrschicht-Spiral-Computertomografie (MSCT)	130
3.19	Ballondilatation, aortokoronarer Venen- und arterieller IMA-Bypass	132
3.20	Lymphabfluss des Herzens	134
3.21	Innervation des Herzens	136

4 Organe des Atmungssystems und ihre Leitungsbahnen

4.1	Lunge (Pulmo): Lage im Thorax	138
4.2	Pleurahöhle (Cavitas pleuralis)	140
4.3	Pleura- und Lungengrenzen	142
4.4	Luftröhre (Trachea)	144

4.5	Lunge: Form und Aufbau	146
4.6	Segmente	148
4.7	Funktioneller Aufbau des Bronchialbaums	150
4.8	Arterien und Venen der Lunge (Aa. und Vv. pulmonales = Vasa publica)	152
4.9	Arterien und Venen der Bronchien (Aa. und Vv. bronchiales = Vasa privata)	154
4.10	Funktioneller Aufbau des Gefäßbaums	156
4.11	Innervation und Lymphabfluss von Trachea, Bronchialbaum und Lungen	158
4.12	Atemmechanik	160
4.13	Röntgenanatomie von Lunge und Gefäßsystem	162
4.14	Computertomografie von Lunge und Mediastinum (Thorax-CT)	164

5 Oesophagus und Thymus und ihre Leitungsbahnen

5.1	Speiseröhre (Oesophagus): Lage und Gliederung	166
5.2	Ein- und Ausgang, Öffnung und Verschluss	168
5.3	Wandaufbau und Schwachstellen	170
5.4	Arterien und Venen des Oesophagus	172
5.5	Lymphabfluss des Oesophagus	174
5.6	Innervation des Oesophagus	176
5.7	Thymus	178

6 Topografische Anatomie

6.1	Oberflächenanatomie, topografische Regionen und tastbare Knochenpunkte	180
6.2	Orientierung am knöchernen Thorax (Projektion der Organe)	182
6.3	Aufbau der vorderen Thoraxwand und ihre Leitungsbahnen	184
6.4	Thoraxorgane in situ: Ansicht von ventral, lateral und kaudal	186
6.5	Ansicht von dorsal	188
6.6	Herz: Cavitas pericardiaca	190
6.7	Mediastinum als Ganzes	192
6.8	Hinteres Mediastinum (Mediastinum posterius)	194
6.9	Oberes Mediastinum (Mediastinum superius)	196
6.10	Aortenbogen und obere Thoraxapertur	198
6.11	Klinische Aspekte: Aortenisthmusstenose	200
6.12	Aortenaneurysma	202

7 Schnittbildanatomie

7.1	Thoraxquerschnitte Höhe 1.–2. Brustwirbelkörper	204
7.2	Thoraxquerschnitte Höhe 3.–4. Brustwirbelkörper	206
7.3	Thoraxquerschnitte Höhe 5.–6. Brustwirbelkörper	208
7.4	Thoraxquerschnitte Höhe 6.–7. Brustwirbelkörper	210
7.5	Thoraxquerschnitte Höhe 8. Brustwirbelkörper	212
7.6	Thoraxquerschnitte Höhe 9.–10. Brustwirbelkörper	214
7.7	Thoraxquerschnitte Höhe 10.–11. Brustwirbelkörper	216

C Abdomen und Becken

1 Architektur der Bauch- und Beckenhöhle im Überblick

- 1.1 Bauprinzip, beteiligte Wandstrukturen und funktionelle Aspekte 220
- 1.2 Gliederung der Bauch- und Beckenhöhle 222
- 1.3 Zuordnung der inneren Organe zu den Räumen der Bauch- und Beckenhöhle 224

2 Systematik der Leitungsbahnen im Überblick

- 2.1 Äste der Aorta abdominalis:
 - Überblick und paarige Äste 226
- 2.2 unpaare und indirekt paarige Äste 228
- 2.3 Unteres Hohlvenensystem (V. cava inferior) 230
- 2.4 Pfortadersystem (V. portae hepatis) 232
- 2.5 Venöse Anastomosen in Abdomen und Becken 234
- 2.6 Lymphstämme und Lymphknoten 236
- 2.7 Lymphabfluss der Organe 238
- 2.8 Vegetative Ganglien und Plexus 240
- 2.9 Organisation von Sympathikus und Parasymphathikus ... 242

3 Organe des Verdauungssystems und ihre Leitungsbahnen

- 3.1 Magen (Gaster):
 - Lage, Form, Gliederung und Innenansicht 244
- 3.2 Wandaufbau und Histologie 246
- 3.3 Dünndarm (Intestinum tenue):
 - Zwölffingerdarm (Duodenum) 248
 - Jejunum und Ileum (sog. Dünndarmkonvolut) 250
- 3.5 Dickdarm (Intestinum crassum):
 - Kolonabschnitte 252
- 3.6 Wandaufbau, Caecum und Appendix vermiformis 254
- 3.7 Lage, Form und Innenansicht des Rectum 256
- 3.8 Kontinenzorgan:
 - Aufbau und Bestandteile 258
- 3.9 Funktion 260
- 3.10 Erkrankungen des Analkanals:
 - Hämorrhoidalleiden, Analabszesse und Analfisteln 262
- 3.11 Kolorektale Tumoren:
 - Häufigkeit, Risikofaktoren und Vorsorgeuntersuchungen 264
- 3.12 Bildgebende Diagnostik und operative Therapie 266
- 3.13 Leber (Hepar):
 - Lage und Bezug zu Nachbarorganen 268
- 3.14 Peritonealverhältnisse und Form 270
- 3.15 Segmente und Histologie 272
- 3.16 Gallenblase (Vesica biliaris) 274
- 3.17 Extrahepatische Gallenwege und Ductus pancreaticus... 276
- 3.18 Bauchspeicheldrüse (Pancreas) 278
- 3.19 Milz (Splen, Lien) 280
- 3.20 Äste des Truncus coeliacus:
 - Arterien zu Magen, Leber und Gallenblase 282
- 3.21 Arterien zu Pancreas, Duodenum und Milz 284

- 3.22 Äste der A. mesenterica superior:
 - Arterien zu Pancreas, Dünn- und Dickdarm 286
- 3.23 Äste der A. mesenterica inferior:
 - Dickdarmversorgung 288
- 3.24 Versorgung des Rectum 290
- 3.25 V. portae hepatis: venöse Drainage von Magen, Duodenum, Pancreas und Milz 292
- 3.26 V. mesenterica superior und inferior:
 - venöse Drainage von Dünndarm und Dickdarm 294
- 3.27 Äste der V. mesenterica inferior:
 - venöse Drainage des Rectum 296
- 3.28 Lymphabfluss von Magen, Milz, Pancreas, Duodenum und Leber 298
- 3.29 Lymphabfluss von Dünndarm und Dickdarm 300
- 3.30 Vegetative Innervation von Leber, Gallenblase, Magen, Duodenum, Pancreas und Milz 302
- 3.31 Vegetative Innervation des Darmes:
 - Innervationsbereich des Plexus mesentericus superior .. 304
- 3.32 Innervationsbereich von Plexus mesentericus und hypogastricus inferior 306

4 Organe des Harnsystems und ihre Leitungsbahnen

- 4.1 Harnorgane im Überblick; Nieren in situ 308
- 4.2 Nieren (Renes):
 - Lage, Form und Aufbau 310
- 4.3 Architektur und Feinbau 312
- 4.4 Nierenbecken und Harntransport 314
- 4.5 Nebennieren (Glandulae suprarenales) 316
- 4.6 Harnleiter (Ureter) in situ 318
- 4.7 Harnblase (Vesica urinaria) in situ 320
- 4.8 Harnblase, Blasenhal und Harnröhre:
 - Wandaufbau und Funktion 322
- 4.9 Funktionelle Anatomie der Harnkontinenz 324
- 4.10 Harnröhre (Urethra) 326
- 4.11 Arterien und Venen von Nieren und Nebennieren:
 - Überblick 328
- 4.12 Gefäßvarianten 330
- 4.13 Lymphabfluss von Nieren, Nebennieren, Ureter und Harnblase 332
- 4.14 Vegetative Innervation von Harnorganen und Nebennieren . 334

5 Organe des Genitalsystems und ihre Leitungsbahnen

- 5.1 Übersicht über das Genitalsystem 336
- 5.2 Inneres weibliches Genitale:
 - Überblick 338
- 5.3 Form, Aufbau und Peritonealverhältnisse 340
- 5.4 Wandaufbau und Funktion des Uterus 342
- 5.5 Stellungen des Uterus und Vagina 344
- 5.6 Epithelverhältnisse an der Cervix uteri 346
- 5.7 zytologischer Abstrich, Konisation; Zervixkarzinom ... 348

5.8 Inneres weibliches Genitale:
 Eierstock (Ovarium) und Follikelreifung 350

5.9 Gravidität und Geburt 352

5.10 Männliches Genitale: akzessorische Genitaldrüsen 354

5.11 Tumoren der Prostata: Prostatakarzinom und
 Prostatahyperplasie; Vorsorgeuntersuchungen 356

5.12 Männliches Genitale:
 Scrotum, Testis und Epididymis 358

5.13 ableitende Samenwege und Ejakulat 360

5.14 Äste der A. iliaca interna: Arterien zu Beckenorganen
 und Beckenwand im Überblick 362

5.15 Gefäßversorgung der Beckenorgane beim Mann 364

5.16 Gefäßversorgung der Beckenorgane bei der Frau 366

5.17 Gefäßversorgung des inneren Genitales und der
 Harnblase bei der Frau 368

5.18 Lymphabfluss des männlichen und des
 weiblichen Genitales 370

5.19 Vegetative Innervation des männlichen Genitales 372

5.20 Vegetative Innervation des weiblichen Genitales 374

6 Topografische Anatomie

6.1 Oberflächenanatomie, topografische Regionen
 und tastbare Knochenpunkte 376

6.2 Lage der Organe in Abdomen und Becken und
 ihre Projektion auf die Rumpfwand 378

6.3 Topografie der eröffneten Peritonealhöhle
 (Pars supra- und infracolica) 380

6.4 Drainageräume und Recessus innerhalb der
 Peritonealhöhle 382

6.5 Übersicht über die Mesenterien 384

6.6 Topografie der Bursa omentalis 386

6.7 Topografie der Oberbauchorgane:
 Leber, Gallenblase, Duodenum und Pancreas 388

6.8 Magen und Milz 390

6.9 Schnittbildanatomie Oberbauchorgane 392

6.10 Topografie von Dünn- und Dickdarm 394

6.11 Bildgebende Diagnostik von Dünn- und Dickdarm:
 Abdomenübersichtsaufnahmen und
 Doppelkontrastverfahren 396

6.12 Darmsonografie, Computertomografie und
 MR-Enterografie 398

6.13 Topografie des Rectum 400

6.14 Situs retroperitonealis:
 Übersicht und Einteilung 402

6.15 Peritonealverhältnisse 404

6.16 Organe des Retroperitonealraums 406

6.17 Lage der Nieren 408

6.18 Peritonealverhältnisse an der Rückseite der Bauchdecke .. 410

6.19 Peritonealverhältnisse im kleinen Becken 412

6.20 Topografie des Beckenbindegewebes,
 Etagen des Beckenraumes und des Beckenbodens 414

6.21 Halteapparat der Gebärmutter 416

6.22 Weiblicher Beckensitus 418

6.23 Männlicher Beckensitus 420

6.24 Schnittbildanatomie des weiblichen Beckens 422

6.25 Schnittbildanatomie des männlichen Beckens 424

**D Systematik der
 Organversorgung**

1.1 Thymus 428

1.2 Oesophagus 429

1.3 Cor 430

1.4 Pericardium 431

1.5 Pulmo, Bronchi und Trachea 432

1.6 Diaphragma 433

1.7 Hepar, Vesica biliaris und Splen 434

1.8 Gaster 435

1.9 Duodenum und Pancreas 436

1.10 Jejunum und Ileum 437

1.11 Caecum, Appendix vermiformis sowie
 Colon ascendens und transversum 438

1.12 Colon descendens und Colon sigmoideum 439

1.13 Rectum 440

1.14 Ren, Ureter und Glandula suprarenalis 441

1.15 Vesica urinaria, Prostata und Glandula vesiculosa 442

1.16 Testis, Epididymis und Ductus deferens 443

1.17 Uterus, Tuba uterina und Vagina 444

1.18 Tuba uterina und Ovarium 445

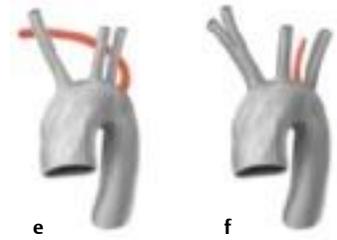
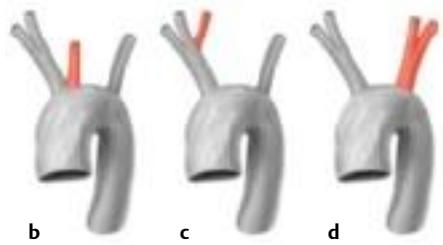
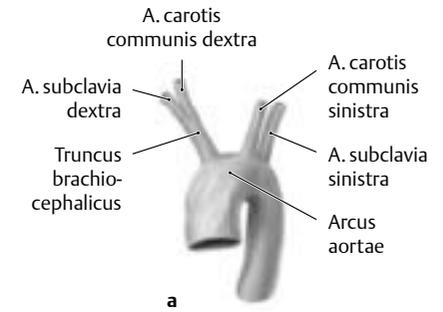
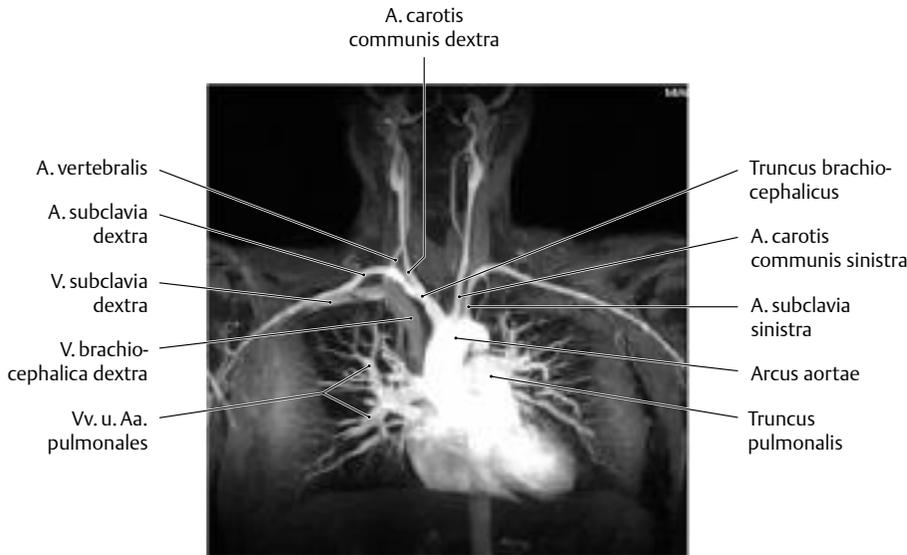
E Organsteckbriefe

1.1	Bries (Thymus)	448
1.2	Herzbeutel (Pericardium)	449
1.3	Herz (Cor)	450
1.4	Luftröhre (Trachea), Bronchien (Bronchi) und Lunge (Pulmo)	452
1.5	Speiseröhre (Oesophagus)	454
1.6	Magen (Gaster)	455
1.7	Dünndarm (Intestinum tenue): Zwölffingerdarm (Duodenum)	456
1.8	Leerdarm (Jejunum) und Krummdarm (Ileum)	457
1.9	Dickdarm (Intestinum crassum): Caecum mit Appendix vermiformis und Colon	458
1.10	Mastdarm (Rectum)	459
1.11	Leber (Hepar)	460
1.12	Gallenblase (Vesica biliaris) und Gallenwege	461
1.13	Bauchspeicheldrüse (Pancreas)	462
1.14	Milz (Splen, Lien)	463
1.15	Nebennieren (Glandulae suprarenales)	464
1.16	Nieren (Renes)	465
1.17	Harnleiter (Ureter)	466
1.18	Harnblase (Vesica urinaria)	467
1.19	Harnröhre (Urethra)	468
1.20	Scheide (Vagina)	469
1.21	Gebärmutter (Uterus) und Eileiter (Tubae uterinae)	470
1.22	Vorsteherdrüse (Prostata) und Bläschendrüse (= Samenbläschen; Glandula vesiculosa)	472
1.23	Nebenhoden (Epididymis) und Samenleiter (Ductus deferens)	473
1.24	Hoden (Testis, Didymis)	474
1.25	Eierstock (Ovarium)	475

Anhang

Literaturverzeichnis	479
Sachverzeichnis	481

6.10 Aortenbogen und obere Thoraxapertur



A Kontrastmittelverstärkte MR-Angiografie der herznahen Gefäße

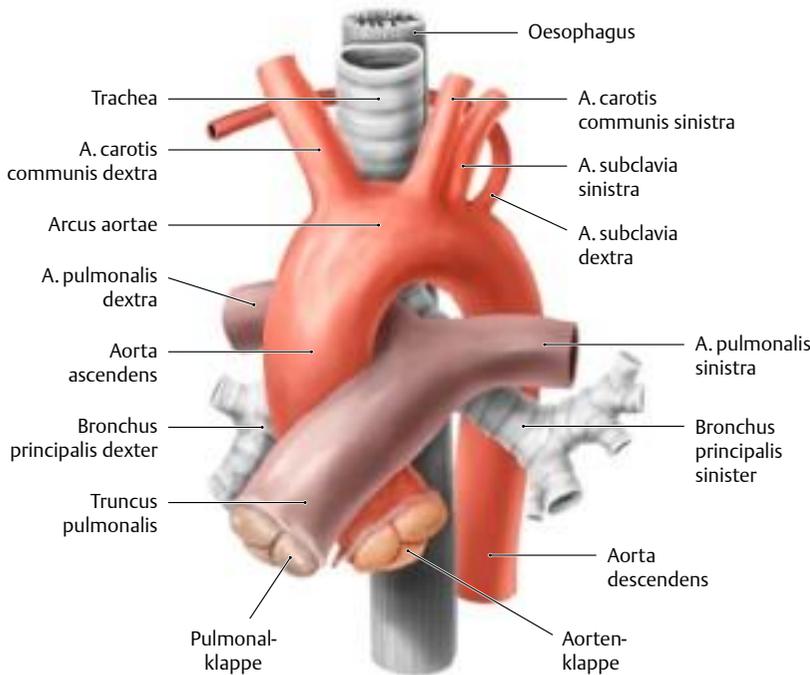
Darstellung der normalen Anatomie der herznahen Gefäße mittels MR-Angiografie (Kontrastmittelgabe intravenös über die Ellenbeuge) mit der sog. MIP-(Maximum-Intensity-Projektions)-Methode. Grundlage dieser Technik sind schnelle 3D-Gradienten-Echosequenzen, die vor und nach Kontrastmittelgabe an identischer 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, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, DIAKO Krankenhaus gGmbH, Flensburg.)

C Ursprung der Aortenbogenäste: Regelfall und Varianten (nach Lippert u. Pabst)

Ansicht von ventral.

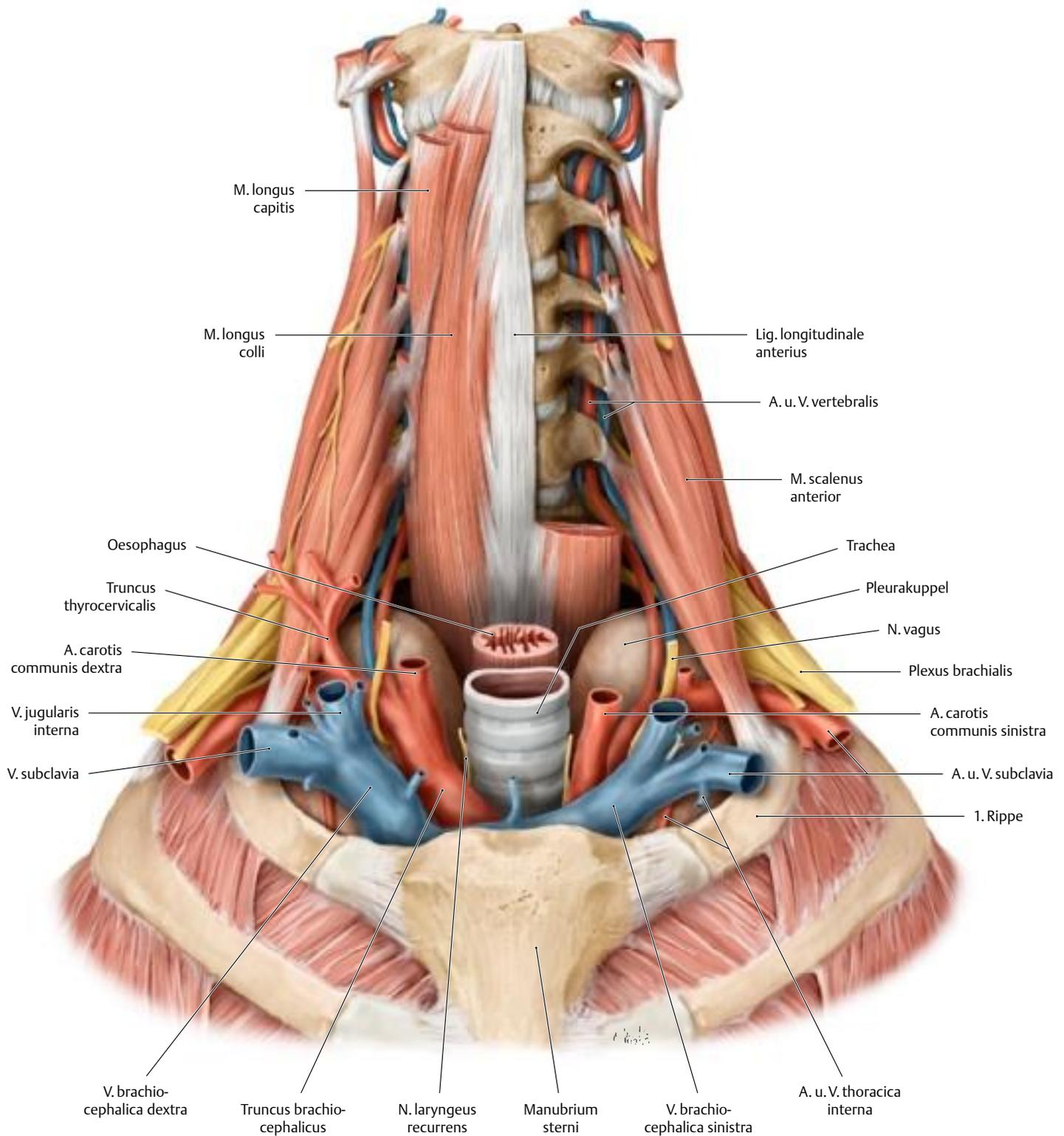
- a** Regelfall (70% der Fälle): A. subclavia dextra und A. carotis communis dextra entspringen gemeinsam dem Truncus brachiocephalicus, der seinerseits aus dem Aortenbogen hervorgeht; A. carotis communis sinistra und A. subclavia sinistra entspringen dagegen direkt dem Aortenbogen.
- b** Variante 1 (13% der Fälle): Truncus brachiocephalicus (mit seinen beiden Verzweigungen A. subclavia dextra und A. carotis 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.



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 Tra-

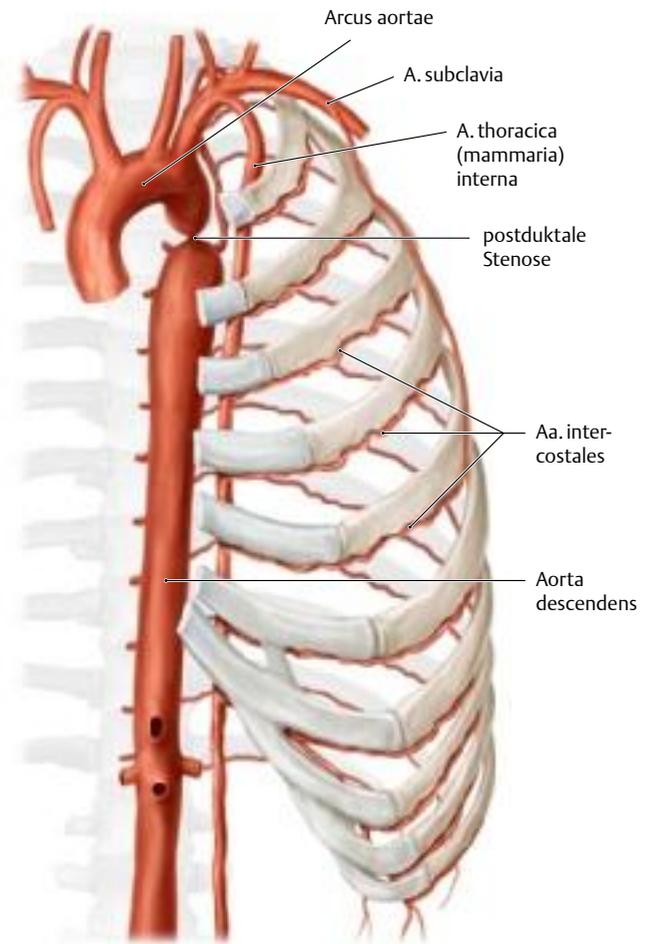
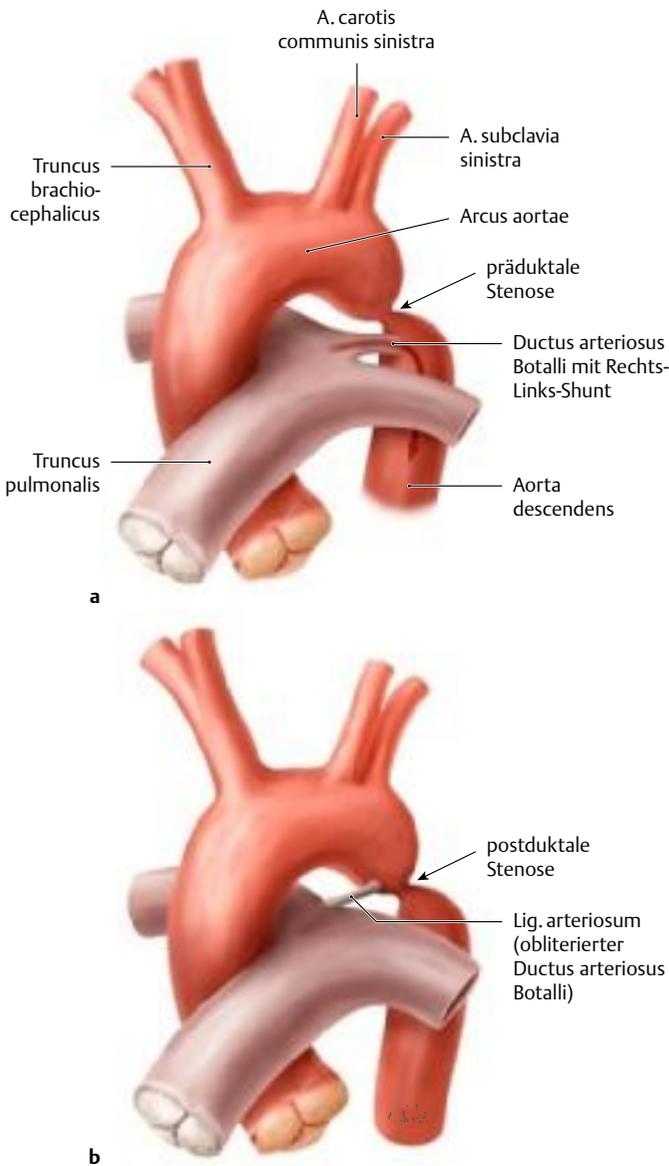
chea und Oesophagus auf die rechte Seite, spricht man von einer A. lusoria (s. auch C). Eine Operationsindikation besteht jedoch nur bei vorhandener klinischer Symptomatik (Dysphagie, Dyspnoe und Stridor).



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:

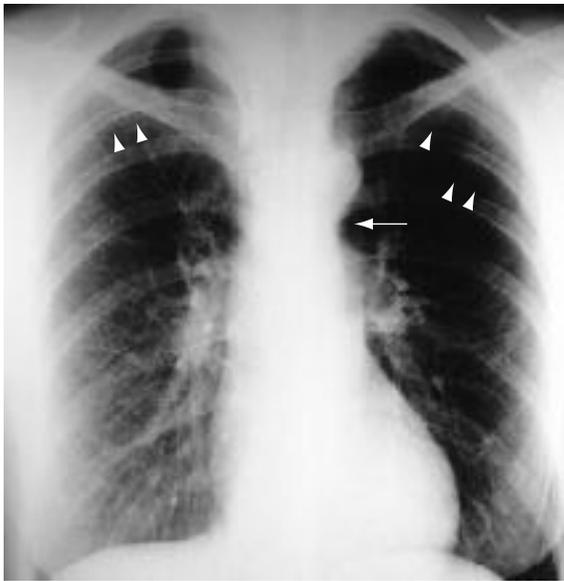
- präduktale Form: die Stenose liegt proximal eines in der Regel offen gebliebenen Ductus arteriosus Botalli und
- postduktale Form: die Stenose liegt distal eines in der Regel obliterierten Ductus arteriosus Botalli (= Lig. arteriosum).

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.

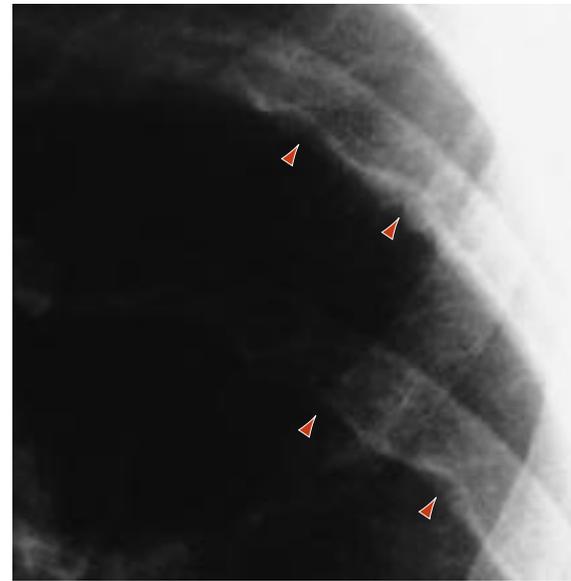
B Pathophysiologie und klinische Symptome

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 **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 Interkostalararterien). 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 Hypertonie der oberen Körperhälfte (linksventrikuläre Myokardhypertroie, koronare Herzerkrankung, zerebrale Blutungen) dominiert.



a



b

C Konventionelle Röntgendiagnostik

a u. b Postduktale Aortenisthmusstenose im anterior-posterioren Strahlengang (aus: Reiser M, Kuhn F, Debus J, Hrsg. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017).

Die thorakale Aorta zeigt geringgradige Konturveränderungen in Form einer dilatierten Aorta ascendens, eines schmalen Aortenbogens sowie einer deutlichen Kerbe am Außenrand der Aorta auf Höhe der Stenose (Pfeil). Typischerweise erkennt man am Unterrand der Rippen sog.

Rippenusuren (s. Ausschnittsvergrößerung **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 angiografisch mit der MRT oder Spiral-CT einschließlich dreidimensionaler Rekonstruktion dargestellt (s. S. 164).



a



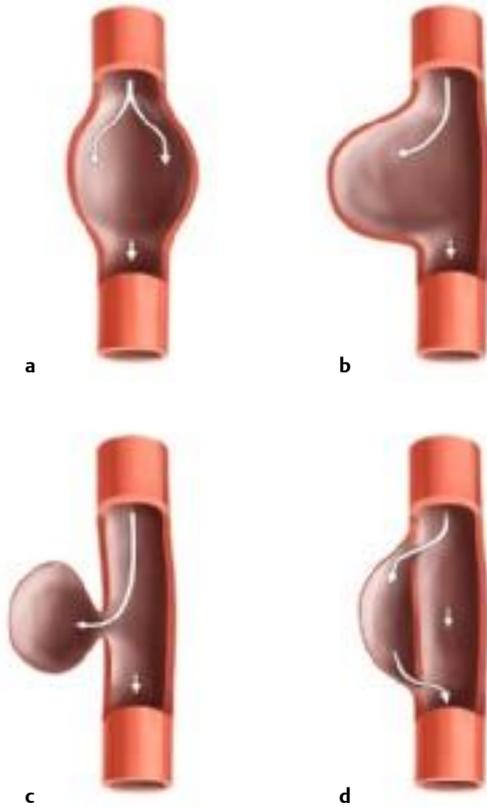
b

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 Stent-Implantation) therapiert.

a 3D-MIP-Rekonstruktion einer kontrastmittelgestützten MR-Angiografie einer adulten Aortenisthmusstenose mit hochgradiger Stenose (*) und ausgeprägten Kollateralen vor Implantation; **b** 3D-Volume-Rendering einer CT-Angiografie nach Stent-Implantation (aus: Gutberlet M. Bildgebende Diagnostik angeborener Herzfehler. Stuttgart: Thieme; 2017).

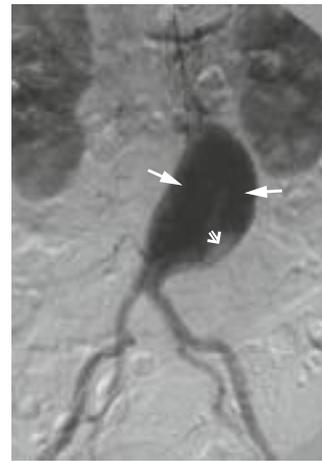
6.12 Klinische Aspekte: Aortenaneurysma



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.



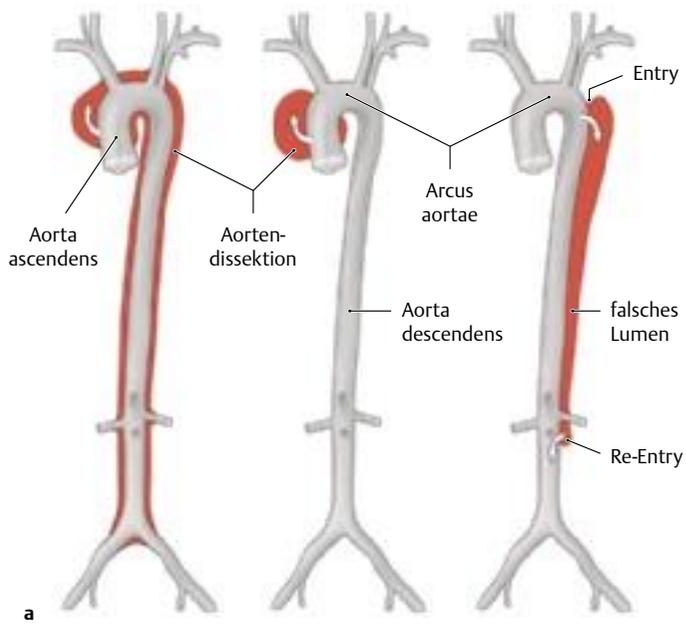
B Infrarenales Aortenaneurysma: Symptome, Diagnostik und Therapie

- a Nachweis eines infrarenalen sackförmigen Aortenaneurysmas mit Hilfe der digitalen Subtraktionsangiografie (DSA) ohne Beteiligung der Nieren- und Beckenarterien. Im Bereich der Wand des Aneurysmas sind thrombotische Ablagerungen sichtbar (aus: Reiser M, Kuhn F, Debus J, Hrsg. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017);
- b Schema einer Gefäßprothese zur Überbrückung infrarenaler Aortenaneurysmen (sog. „aortoiliakale Bifurkationsinterpositionsprothese“).

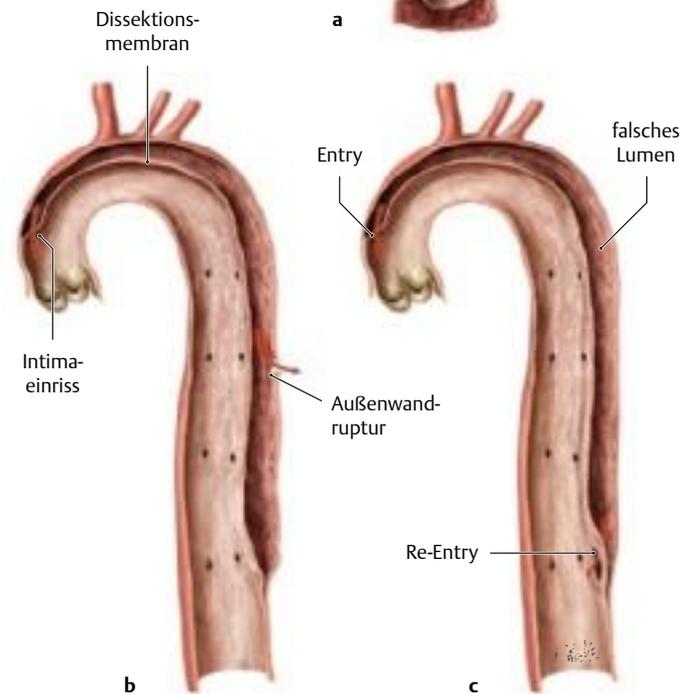
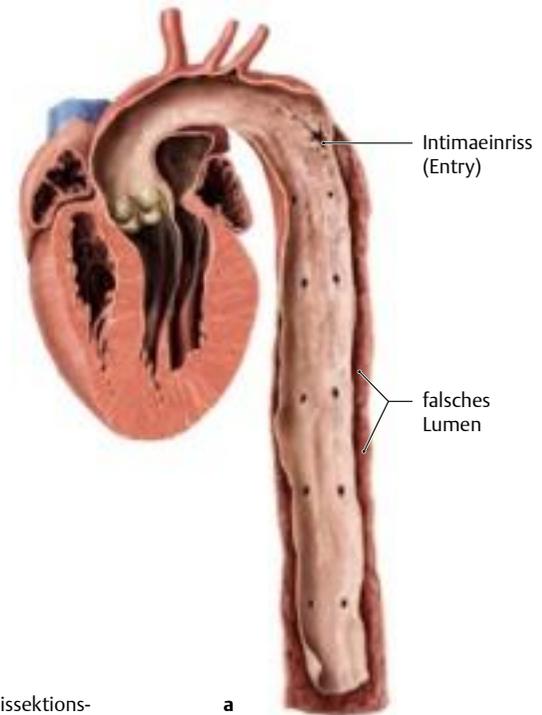
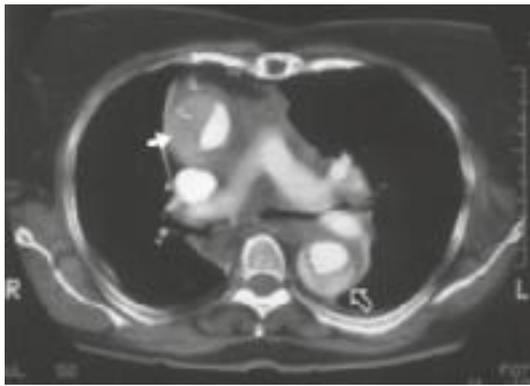
Symptome: Abdominelle Aortenaneurysmen verursachen Symptome, wenn das erweiterte Gefäß andere Strukturen (benachbarte Wirbelkörper) bzw. Organe (Ureter, Nerven etc.) komprimiert (typisch sind Thorax- und/oder Bauchschmerzen sowie gürtelförmige ausstrahlende Rückenschmerzen) oder wenn wandständige Thromben 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).



DeBakey:	I	II	III
Stanford:	Typ A		Typ B



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).

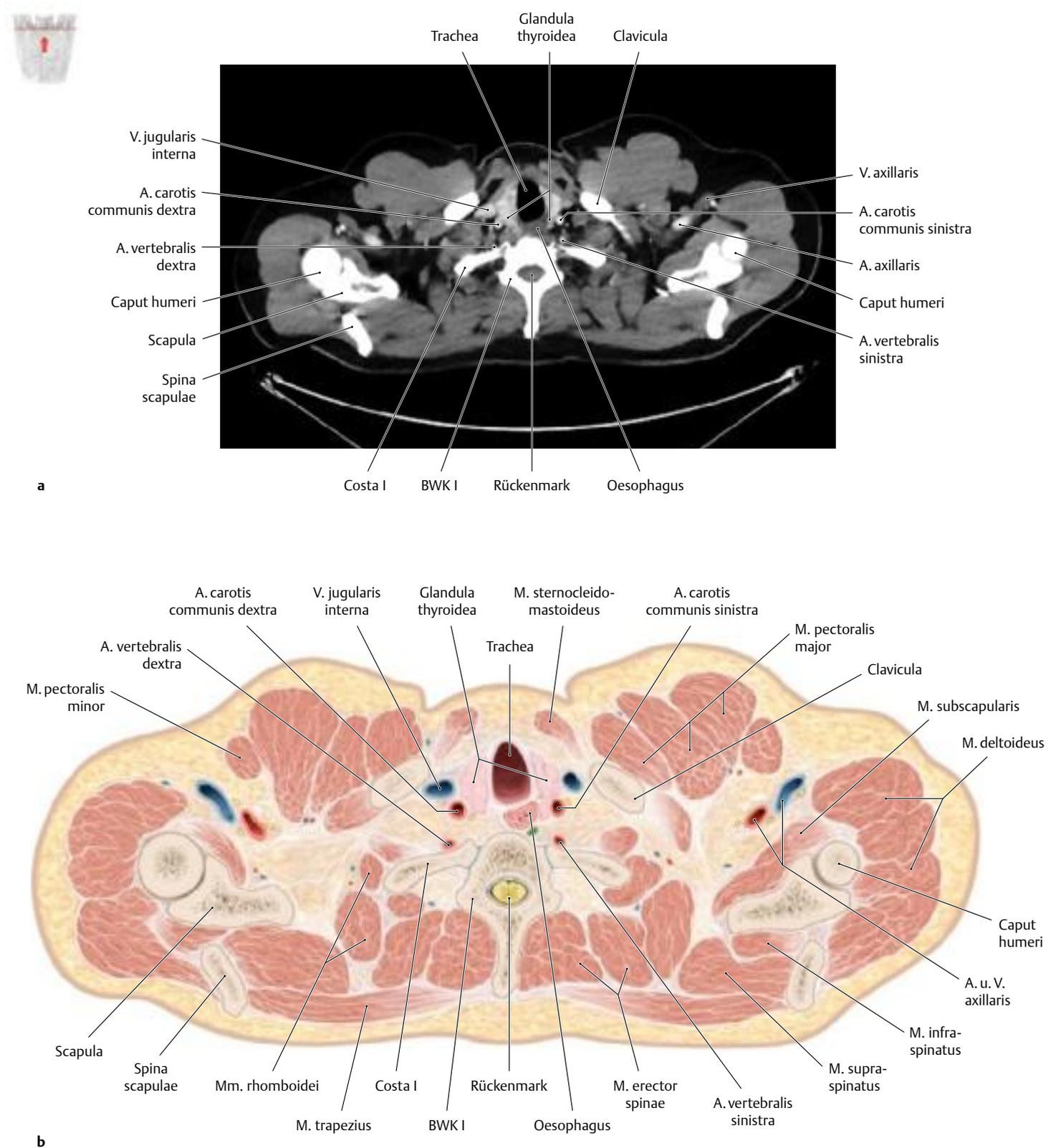
b Axiales Computertomogramm (Ansicht von kaudal) einer Aortendissektion Typ I nach DeBakey (Stanford Typ A) mit Beteiligung der Aorta ascendens (weißer Pfeil) und descendens (offener Pfeil): Das falsche Lumen wird verzögert gefüllt und stellt sich daher weniger dicht dar als das wahre Lumen (aus: Reiser M, Kuhn F, Debus J, Hrsg. Duale Reihe Radiologie. 4. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2017).

D Pathophysiologie der Aortendissektion

a Aortendissektion mit Intimaeinriss und falschem Lumen; **b** Aortendissektion mit Intimaeinriss und Außenwandruptur; **c** Aortendissektion mit Intimaeinriss (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 initialen 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.

7.1 Thoraxquerschnitte auf Höhe des 1.–2. Brustwirbelkörpers

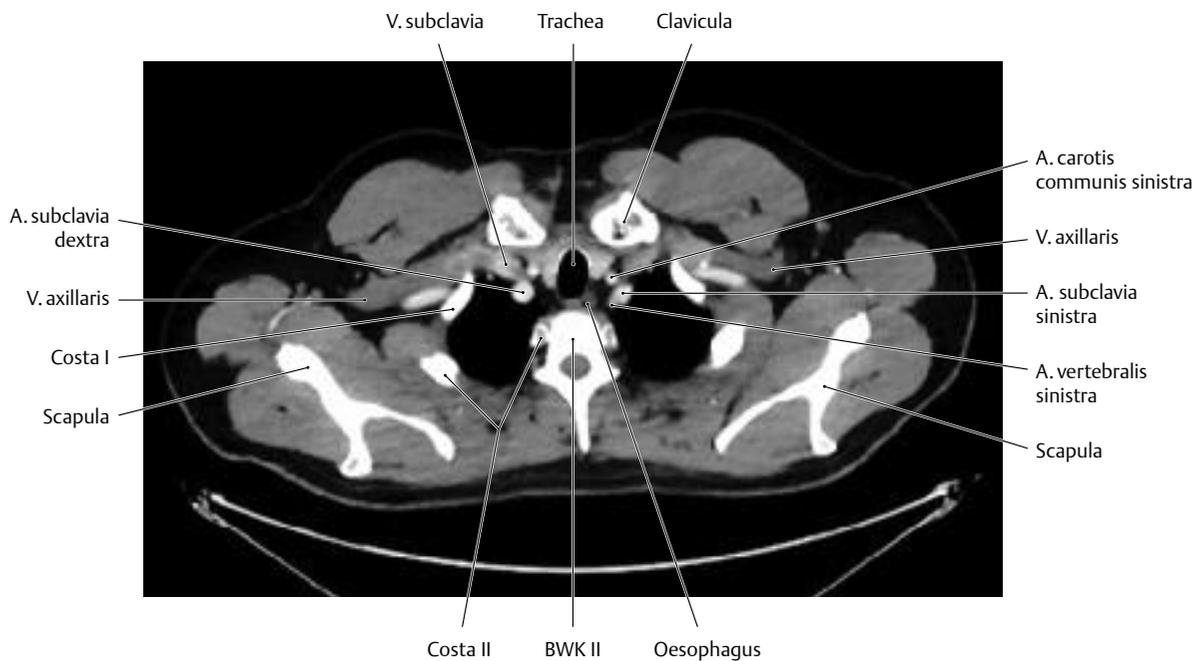


A Thoraxquerschnitt auf Höhe des 1. Brustwirbelkörpers

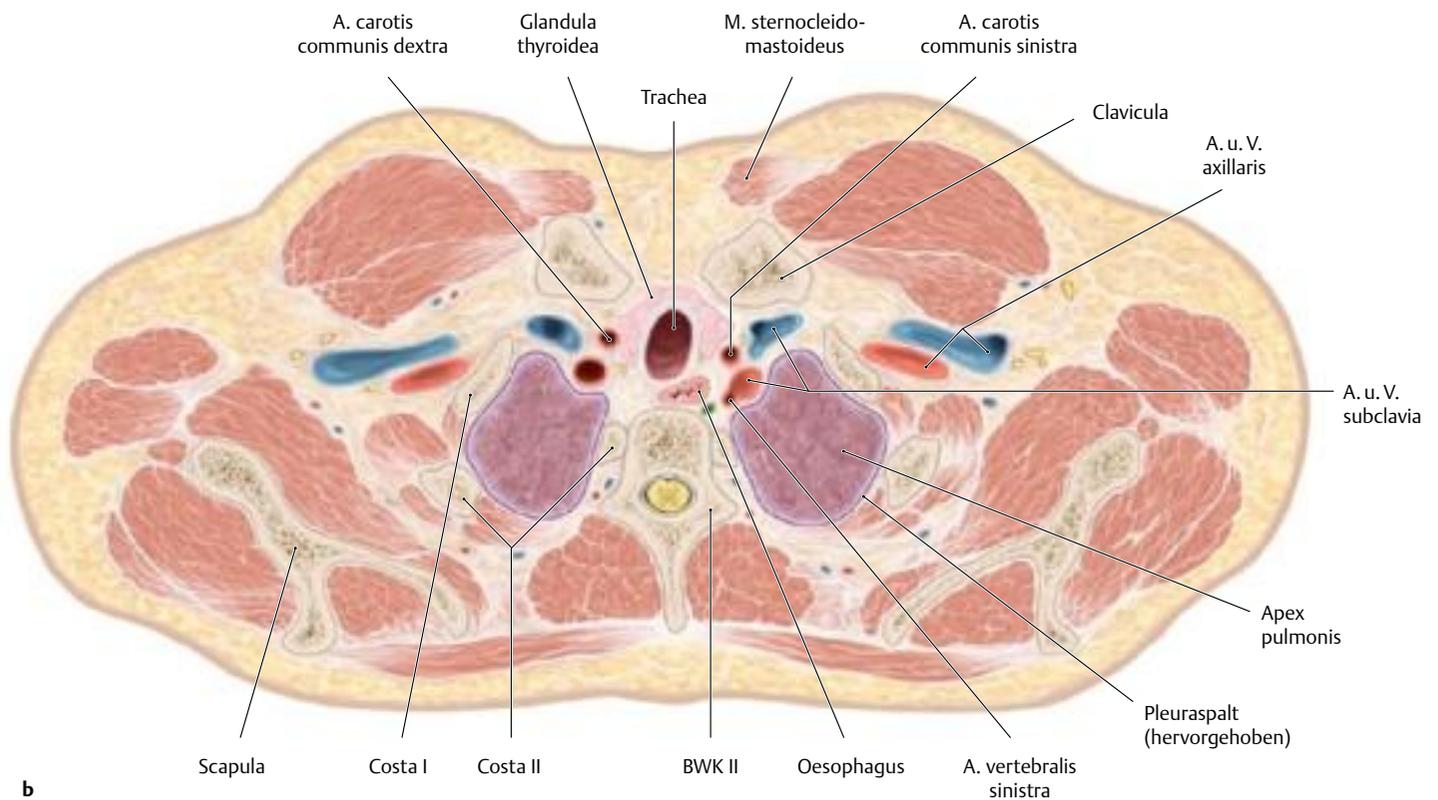
a Horizontales (axiales) CT-Schnittbild (Weichteilfenster); **b** Horizontalschnitt, Ansicht jeweils von kaudal. In dieser Schnittebene sind Humeruskopf und Scapula angeschnitten. Da die Verbindung der Spina scapulae mit der Scapula als Ganzem unterhalb der hier gewählten Schnittebene erfolgt, erscheint die Spina scapulae hier als eigener Knochen. Von den Halseingewei den sieht man ventral die beiden Schilddrüsenlappen, die sich um die Trachea legen. An ihrer Dorsalseite zieht bei-

derseits die A. carotis communis nach kranial. Hinter der Trachea verläuft die Speiseröhre. Dieser Eingeweideraum wird ventral von beiden Mm. sternocleidomastoidei begrenzt.

Wir danken Herrn Prof. Dr. med. S. Müller-Hülsbeck, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie/Neuroradiologie, DIAKO Krankenhaus gGmbH Flensburg, für die Überlassung der CTs in Kap. 7.



a



b

B Thoraxquerschnitt auf Höhe der Oberkante des 2. Brustwirbelkörpers

a Horizontales (axiales) CT-Schnittbild (Weichteilfenster); **b** Horizontalschnitt, Ansicht jeweils von kaudal. Clavicula sowie 1. und 2. Rippe sind aufgrund der Thorakalkyphose angeschnitten, das Sternum jedoch nicht. Wir befinden uns also im oberen Abschnitt der schräg verlaufenden Ebene der oberen Thoraxapertur. Der untere Pol der beiden Schilddrüsenlappen wird ventral beiderseits von den Mm. sternocleidomasto-

idei bedeckt. Von beiden Lungen sind jeweils die Apices pulmonis, die beiderseits die obere Thoraxapertur überragen, angeschnitten. Die A. und V. subclavia ziehen von medial nach lateral. Etwas oberhalb dieser Ebene zieht die V. subclavia direkt über die Lungenspitzen, die dort nur durch die Sibson-Faszie von der V. subclavia getrennt sind. Diese enge topografische Beziehung bedingt, dass bei etwa jeder 10. Subklaviapunktion ein Pneumothorax gesetzt wird (deshalb Röntgenkontrolle nach Legen des Subklaviakatheters!).