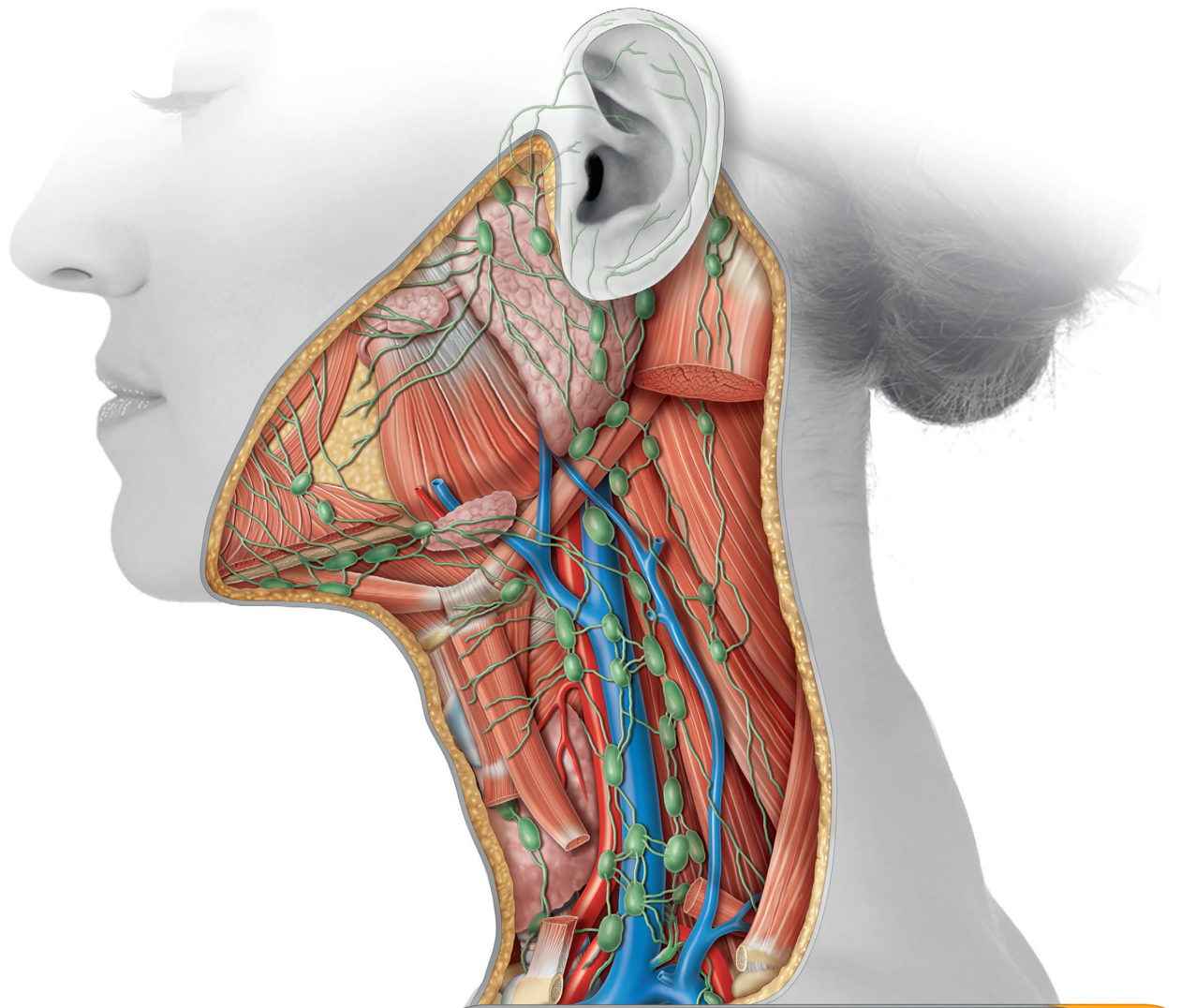


Sobotta



Leseprobe

Friedrich Paulsen Jens Waschke

ANATOMIE ATLAS



für Studierende der
Human- und Zahnmedizin



Urban & Fischer



Prof. Dr. Friedrich Paulsen

Präparierkurse für Studierende

In der Lehre legt Friedrich Paulsen größten Wert darauf, dass Studierende im Präparierkurs tatsächlich an Körperspendern arbeiten können. „Das eigene Präparieren ist nicht nur außerordentlich wichtig für das dreidimensionale Verständnis der Anatomie und bildet die Basis für praktisch jedes medizinische Fach, im Präparierkurs erfährt man auch erstmals die Haptik des Körpers, der Organe und der einzelnen Gewebe und setzt sich in den meisten Fällen auch zum ersten Mal intensiv mit dem Thema Tod und Sterben sowie den klinischen Ursachen des Todes auseinander. Man lernt im Team nicht nur Anatomie, sondern auch den Umgang mit einer besonderen Situation. So einen engen Kontakt hat man später nie wieder zu seinen Kommiliton*innen und zu seinen Lehrenden.“

Friedrich Paulsen wurde 1965 in Kiel geboren und absolvierte nach dem Abitur in Braunschweig zunächst eine Ausbildung als Krankenpfleger. Anschließend studierte er Humanmedizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Nach Stationen als Arzt in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie sowie in der HNO wurde er 1998 Assistent am Anatomischen Institut der CAU, wo er sich 2001 habilitierte.

2003 folgten Rufe nach München und Halle-Wittenberg; in Halle gründete er ein Weiterbildungszentrum für Klinische Anatomie. Weitere Rufe folgten an die Universität des Saarlands, nach Tübingen, Wien und an die Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, wo er seit 2010 Professor für Anatomie und Institutsdirektor ist. Von 2006 bis 2026 war er Herausgeber der *Annals of Anatomy* und ist seit 2014 Mitglied der Sachverständigenkommission des IMPP. Er ist Ehrenmitglied mehrerer internationaler Fachgesellschaften, war von 2016 bis 2022 Vizepräsident der FAU und wurde mit zwei Ehrendoktorwürden sowie zahlreichen Lehr- und Wissenschaftspreisen ausgezeichnet. Zudem war er unter anderem Generalsekretär der International Federation of Associations of Anatomy und Präsident der European Federation of Experimental Morphology. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Augenoberfläche, Tränensystem, Mikro- und Nanoplastik und Klinische Anatomie.

Prof. Dr. med. Dr. h. c. Friedrich Paulsen
Institut für Anatomie, Lehrstuhl Funktionelle und Klinische Anatomie
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Erlangen



Prof. Dr. Jens Waschke

Mehr Klinisches in der Lehre

Jens Waschke (geb. 1974 in Bayreuth) hat an der Universität Würzburg Medizin studiert und 2000 in der Anatomie promoviert. Nach dem AiP in der Anatomie und Inneren Medizin habilitierte er sich 2007 für das Fach Anatomie und Zellbiologie. Zwischen 2003 und 2004 verbrachte er einen neunmonatigen Forschungsaufenthalt in der Physiologie an der University of California in Davis. Von 2008 an war er Inhaber des neu gegründeten Lehrstuhl III an der Universität Würzburg, bevor er an die Ludwig-Maximilians-Universität in München berufen wurde. Dort leitet er seit 2011 an der Anatomischen Anstalt den Lehrstuhl I. Weitere Rufe und Angebote nach Wien (MUW), Hannover (MHH) und Würzburg lehnte er ab. Seit 2012 leitet er mit Dr. Andreas Dietz die Software-Firma quoWADIs-Anatomie. Im Jahr 2018 wurde Jens Waschke zum Präsidenten der Anatomischen Gesellschaft gewählt und war bis 2022 Mitglied in deren Vorstand. Momentan ist er Ehrenmitglied der Anatomischen Gesellschaften von Äthiopien und Chile sowie Mitglied der Sachverständigenkommission des IMPP und des DFG-Fachkollegiums.

In den Jahren 2019 und 2024 veröffentlichte Jens Waschke die Bücher „Mensch – einfach genial“ und „Cutting Edge, Anatomie – Woher? Wohin?“, um die Anatomie und deren Geschichte für eine breite Leserschaft verständlich zu erklären. In den Jahren 2021 und 2023 erschienen die ersten beiden Teile der Anatomie-Krimi-Trilogie um Professor Nodus „Einbein“ und „Waidmannsheil“.

In seiner Forschung untersucht Jens Waschke mit seinem Team als Zellbiologe die Mechanismen, die die Haftung zwischen Zellen und die Schrankenfunktion an den äußeren und inneren Barrieren des menschlichen Körpers kontrollieren. Hier stehen Desmosome als Zellkontakte und die Mechanismen, über die diese bei der blasenbildenden Hauterkrankung Pemphigus, der arrhythmogenen Kardiomyopathie oder bei Morbus Crohn zu einer gestörten Zellhaftung führen, im Zentrum seines Interesses. Sein Ziel ist es, die Zellhaftung besser zu verstehen und neue Therapieansätze zu entdecken. Daher hat Jens Waschke 2026 den Sonderforschungsbereich TRR 425 DEFINE als Co-Sprecher mitbegründet.

Prof. Dr. med. Jens Waschke
Anatomische Anstalt der LMU München
Lehrstuhl Anatomie I – vegetative Anatomie
München

Inhalt

Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat

1 Allgemeine Anatomie

Orientierung am Körper	2
Bewegungsapparat	9
Leitungsbahnen	24
Haut und Hautanhangsgebilde	34

2 Rumpf

Oberfläche	38
Skelett	42
Gelenke	56
Muskulatur	64
Leitungsbahnen	88
Weibliche Brust	98
Topographie, dorsale Rumpfwand	100
Topographie, ventrale Rumpfwand	107

3 Obere Extremität

Oberfläche	116
Skelett	117
Muskulatur	130
Leitungsbahnen	154
Topographie	174

4 Untere Extremität

Oberfläche	192
Skelett	193
Muskulatur	222
Leitungsbahnen	242
Topographie	256

Innere Organe

5 Organe der Brusthöhle

Topographie	270
Herz	284
Atemwege und Lungen	306
Speiseröhre	316

6 Organe der Bauchhöhle

Topographie	326
Magen	346
Darm	352
Leber und Gallenblase	364
Bauchspeicheldrüse	375
Milz	382
Leitungsbahnen	385

7 Retroperitonealraum und Beckenhöhle

Topographie	388
Niere und Nebenniere	402
Ableitende Harnwege	416
Mastdarm und Analkanal	422
Weibliche Geschlechtsorgane	430
Männliche Geschlechtsorgane	444
Beckenboden und Dammregion	458
Schnitte	472

Kopf, Hals und Neuroanatomie

8 Kopf

Übersicht	476
Skelett und Gelenke	478
Haut	505
Muskulatur	506
Topographie	514
Leitungsbahnen	520
Nase	522
Mundhöhle und Zähne	530

9 Auge

Skelett	574
Augenhöhleneingang und Lider	575
Tränendrüse und Tränenapparat	579
Muskulatur und Leitungsbahnen	584
Topographie	588
Augapfel	594
Sehbahn	600

10 Ohr

Äußeres Ohr	604
Mittelohr	608
Ohrtrompete	615
Innenohr	618
Hören und Gleichgewicht	623

11 Hals

Oberflächenanatomie	630
Muskulatur	631
Rachen	638
Kehlkopf	646
Schilddrüse	657
Topographie	660

12 Gehirn und Rückenmark

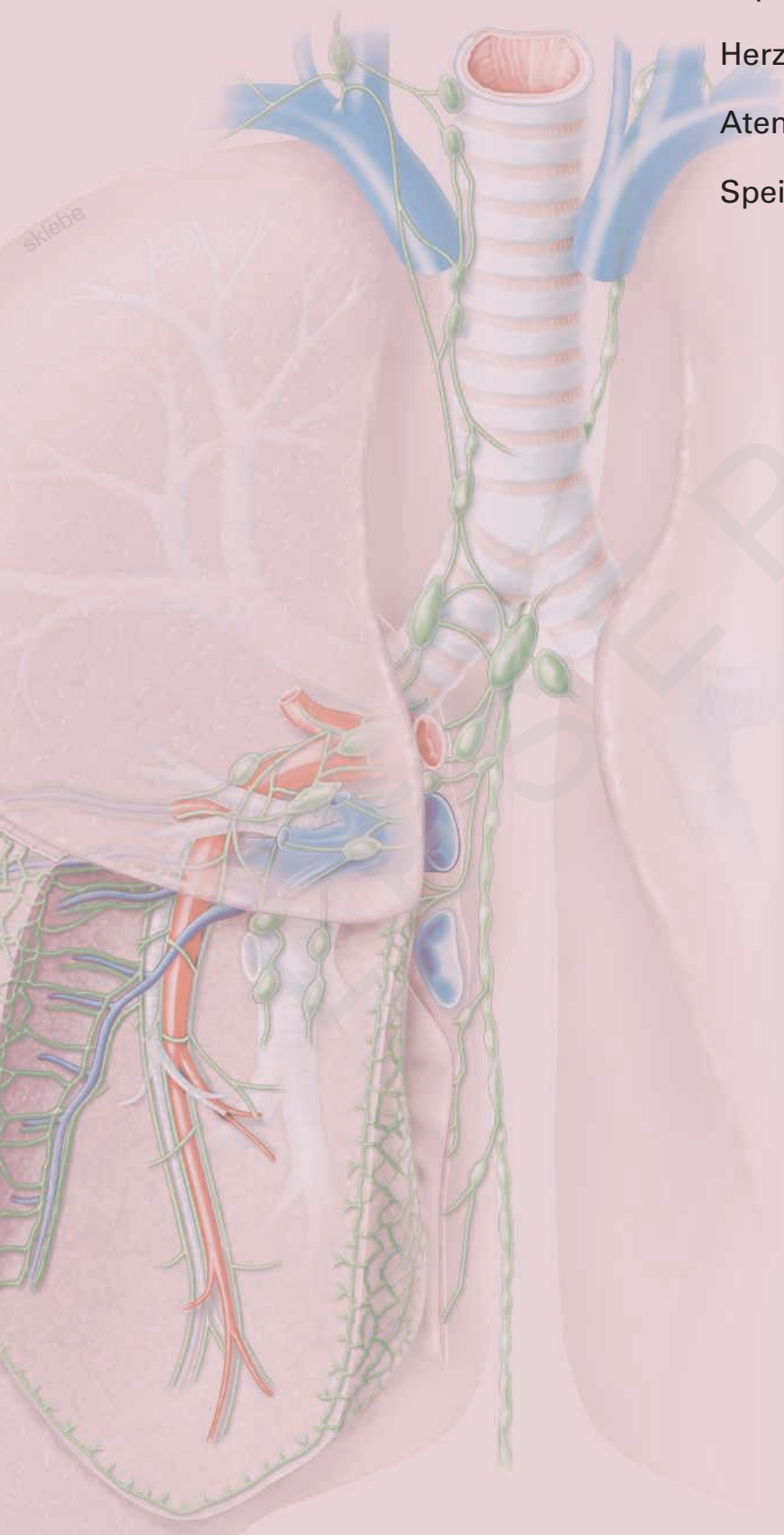
Allgemeines	674
Gehirn	675
Hirnhäute und Liquorsystem	684
Blutversorgung	690
Hirnareale	704
Hirnnerven	721
Rückenmark	758
Schnitte	779

Anhang

Abbildungsnachweis	784
Register	786

Organe der Brusthöhle

Topographie	270
Herz	284
Atemwege und Lungen	306
Speiseröhre	316



5

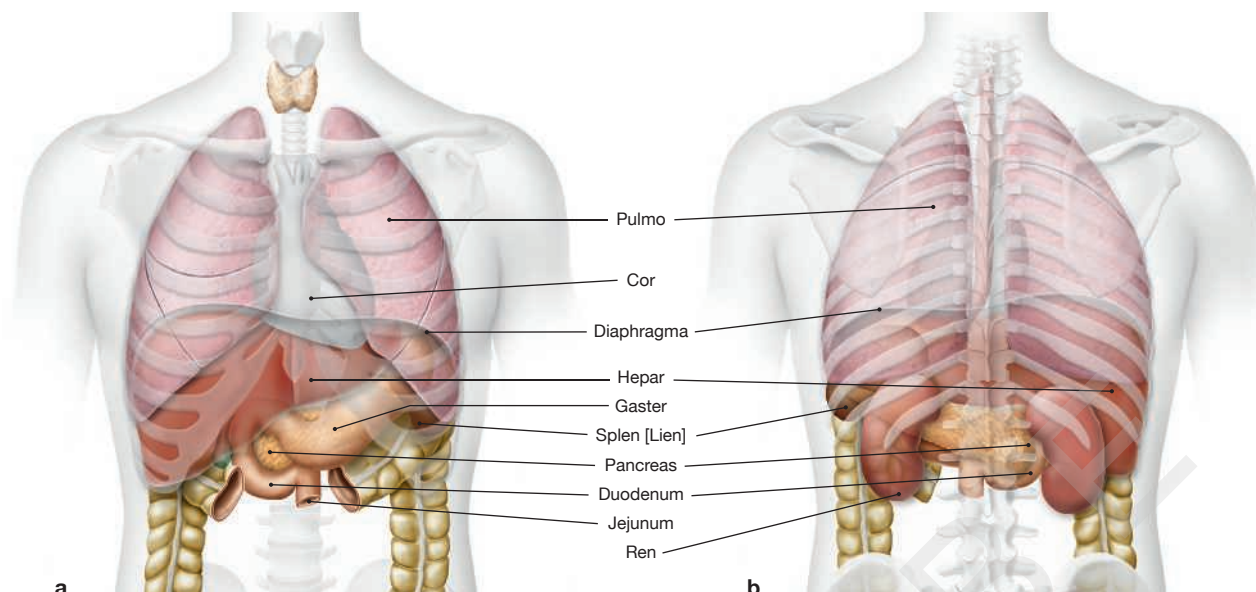


Abb. 5.1a und b Brusthöhle, Cavitas thoracis, und Organe des Oberbauchs; schematische Darstellung. [S700-L275]

a Ansicht von ventral.

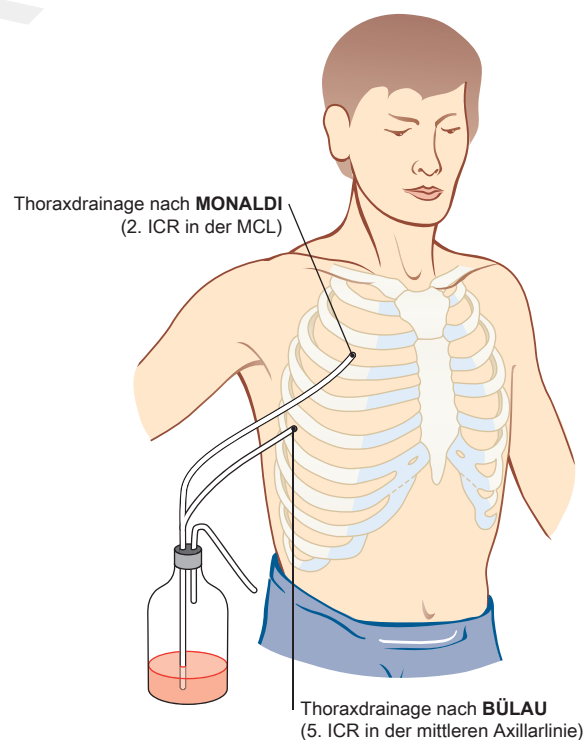
b Ansicht von dorsal.

In der Brusthöhle liegt das **Herz, Cor**, in seinem Herzbeutel im **Mittelfell, Mediastinum**, und damit zwischen den beiden **Pleurahöhlen, Cavitates pleurales**, welche die rechte und linke **Lunge, Pulmo dexter**

und **Pulmo sinister**, beherbergen. Da die Zwerchfellkuppeln relativ hoch stehen (rechts bei Expiration im 4. Interkostalraum, ICR, links einen halben bis ganzen ICR tiefer), bedecken die Rippen neben den Organen der Brusthöhle auch die **Organe des Oberbauchs** (rechts Leber und Gallenblase, links Magen und Milz, beidseits dorsal Nieren und Nebennieren). Diese Organe sind damit relativ gut vor mechanischen Einwirkungen geschützt.

Abb. 5.2 Thoraxdrainage; Ansicht von rechts ventral; schematische Darstellung. [S702-L126]

Bei der Thoraxdrainage unterscheidet man 2 Zugangswege: Nach **MONALDI** wird die Punktion im 2. Zwischenrippenraum (2. ICR) in der Medioklavikularlinie (MCL) angelegt, bei der Anlage nach **BÜLAU** im 5. ICR in der mittleren Axillarlinie.



Klinik

Wenn durch Blutansammlung in der Pleurahöhle (Hämatothorax) oder durch Stauung von Luft in der Pleurahöhle (Spannungspneumothorax) die Lungenexkursion beeinträchtigt oder bei einem Pneumothorax die Lunge kollabiert ist, wird eine **Thoraxdrainage** angelegt, um das Blut abzusaugen und die Lunge wieder zu entfalten. Dazu gibt es 2 Zugangswege, bei denen die Gefahr der Schädigung umliegender Organe möglichst gering ist:

- **MONALDI-Drainage:** im 2. ICR in der MCL. Weiter medial sollte nicht eingestochen werden, um die parasternal verlaufende

A./V. thoracica interna nicht zu schädigen. Lateral dagegen liegen die axillären Leitungsbahnen und die Nn. intercostobrachiales.

- **BÜLAU-Drainage:** im 5. ICR in der mittleren Axillarlinie. Hier darf nicht die Leber punktiert werden, die sich unter der rechten Zwerchfellkuppel befindet. Letztere kann sich bei maximaler Expiration bis in den 4. ICR erstrecken.

In der präklinischen Notfallversorgung sind beide Zugangswege sinnvoll, bei einem Pneumothorax wird in der Klinik dagegen der MONALDI-Zugang gewählt.

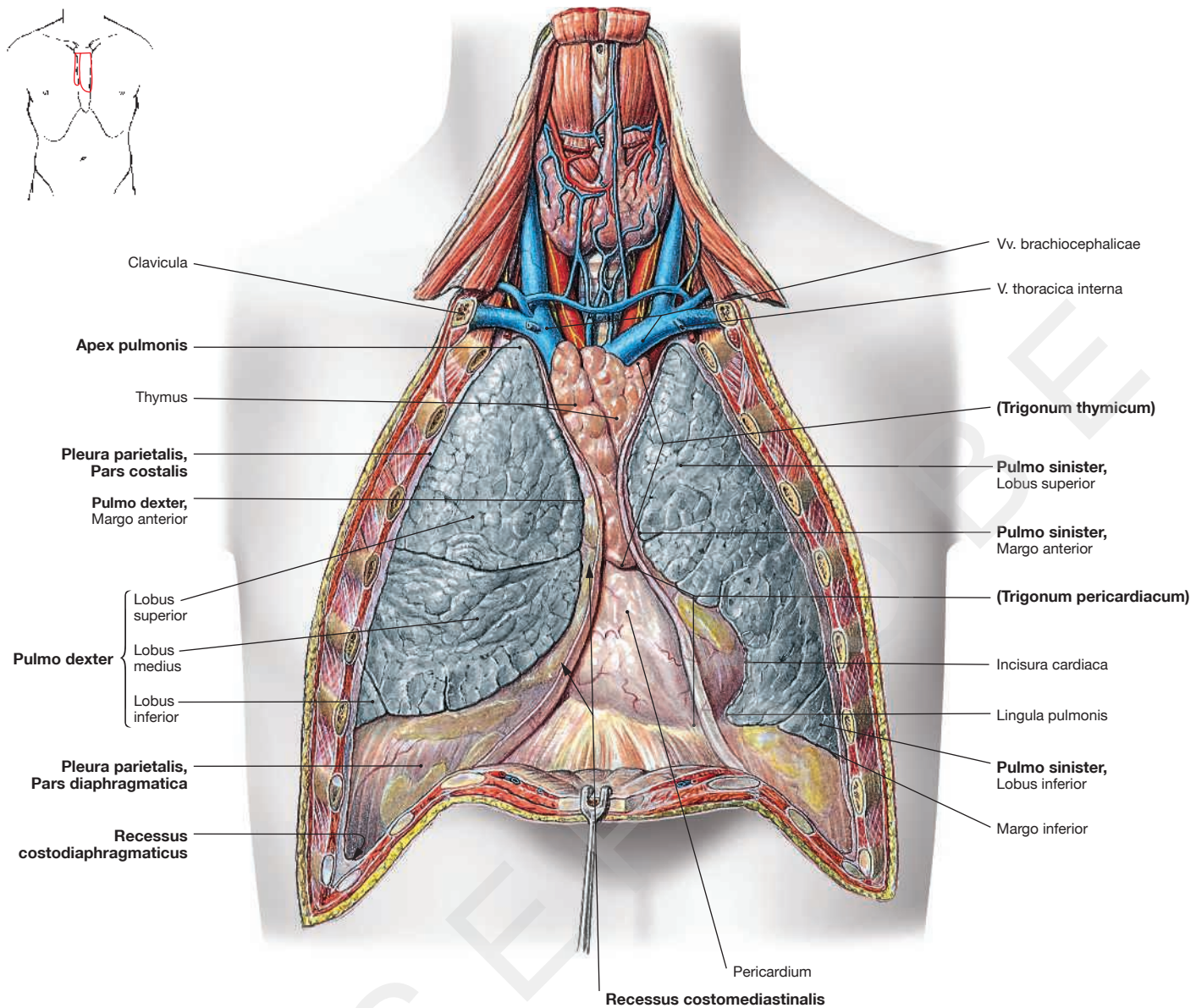


Abb. 5.3 Mittelfell, Mediastinum, und Pleurahöhlen, Cavitates pleurales, eines Jugendlichen; Ansicht von ventral; nach Entfernung der Brustwand. [S700]

Nach Eröffnung der **Brusthöhle, Cavitas thoracis**, werden die beiden Pleurahöhlen sichtbar, in denen die beiden Lungen gelegen sind. Die Pleurahöhlen werden in der Mitte durch einen Bindegewebsraum getrennt, der als **Mittelfell (Mediastinum)** bezeichnet wird. Das Mediastinum enthält das Herz, das in den **Herzbeutel, Pericardium**, eingebettet ist, sowie den **Thymus** und eine Reihe von **Leitungsbahnen**, welche die Brusthöhle durch die obere Thoraxöffnung mit dem Hals sowie durch das Zwerchfell mit dem Bauchraum verbinden.

Die Pleurahöhle (Cavitas pleuralis) wird vom Rippenfell (**Pleura parietalis**) bedeckt. Die Pleura parietalis gliedert sich in Pars mediastinalis, Pars costalis und Pars diaphragmatica. Das Lungenfell (**Pleura visceralis**) bedeckt die äußere Oberfläche der Lungen. Beide Pleurablätter bilden

einen kapillären Spaltraum, der insgesamt 5 ml seröse Flüssigkeit enthält, welche die Haftung der Lunge an der Rumpfwand vermittelt.

Oben überragen die Pleurahöhlen auf beiden Seiten mit der Pleurakuppel (**Cupula pleurae**) die obere Thoraxapertur um 2,5 cm bis zu 5 cm. Die medialen Pleuragrenzen lassen oben das Trigonum thymicum und unten das Trigonum pericardiacum zwischen sich frei. Die Pleurahöhlen weisen 4 paarige **Reserveräume (Recessus pleurales)** auf, in die sich die Lunge bei tiefer Inspiration ausdehnt:

- **Recessus costodiaphragmaticus:** lateral, in der mittleren Axillarlinie bis 5 cm tief
- **Recessus costomediastinalis:** beidseits ventral zwischen Mediastinum und Brustwand
- **Recessus phrenicomediastinalis:** kaudal zwischen Zwerchfell und Mediastinum
- **Recessus vertebromediastinalis:** dorsal neben der Wirbelsäule

Klinik

Eine Vermehrung der Flüssigkeit im Pleuraspalt (**Pleuraerguss**) kann bei einer Lungenentzündung durch entzündliche Beteiligung der Pleura (Pleuritis), durch Rückstau bei (Links-)Herzinsuffizienz oder bei Tumoren der Lunge und der Pleura auftreten. Daneben gibt es chylöse Pleuraergüsse, bei denen sich Lymphe aus dem Ductus tho-

racicus in die Pleurahöhle ergießt. Pleuraergüsse verursachen einen dumpfen Klopfeschall. Sie werden im Recessus costodiaphragmaticus punktiert, um die Ursache abzuklären und die Atemexkursion zu verbessern.

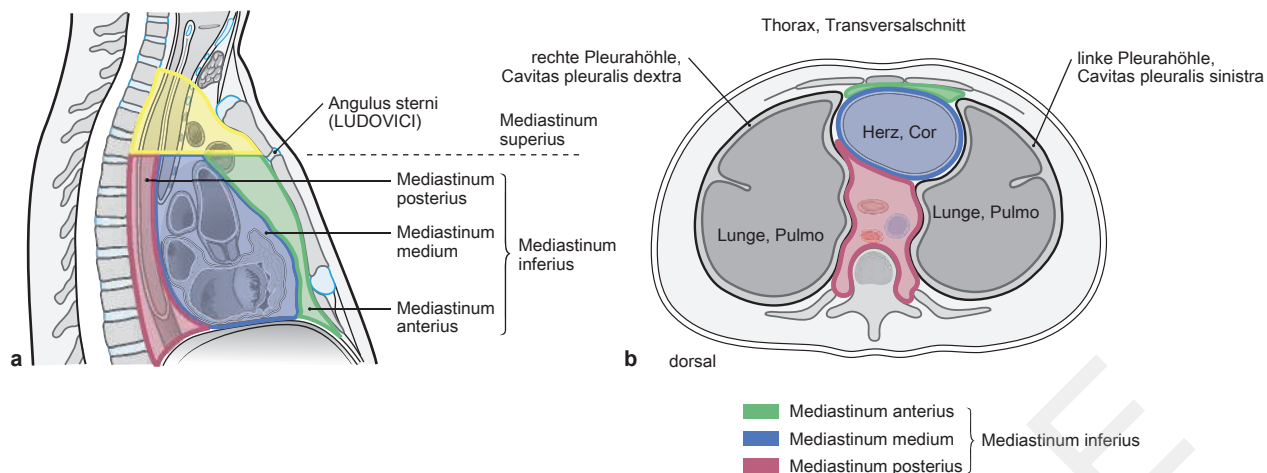


Abb. 5.4a und b Gliederung des Mediastinums; schematische Darstellung.

a Sagittalschnitt mit Ansicht von rechts. [S700-L126]

b Transversalschnitt mit Ansicht von unten. [S701-L126]

Der Bindegewebsraum, der die beiden Pleurahöhlen trennt, wird als **Mittelfell, Mediastinum**, bezeichnet. Das Mediastinum gliedert sich in ein Mediastinum inferius, in dem das Herz liegt, und in ein Mediastinum

superius. Das untere Mediastinum wird weiter in ein Mediastinum anterius vor dem Herzen, in ein Mediastinum medium mit dem Herzbeutel und in ein Mediastinum posterius hinter dem Herzbeutel eingeteilt.

Klinischer Hinweis: Der Angulus sterni (LUDOVICI) ist eine tastbare Oberflächen-Landmarke für die Grenze zwischen oberem und unterem Mediastinum.

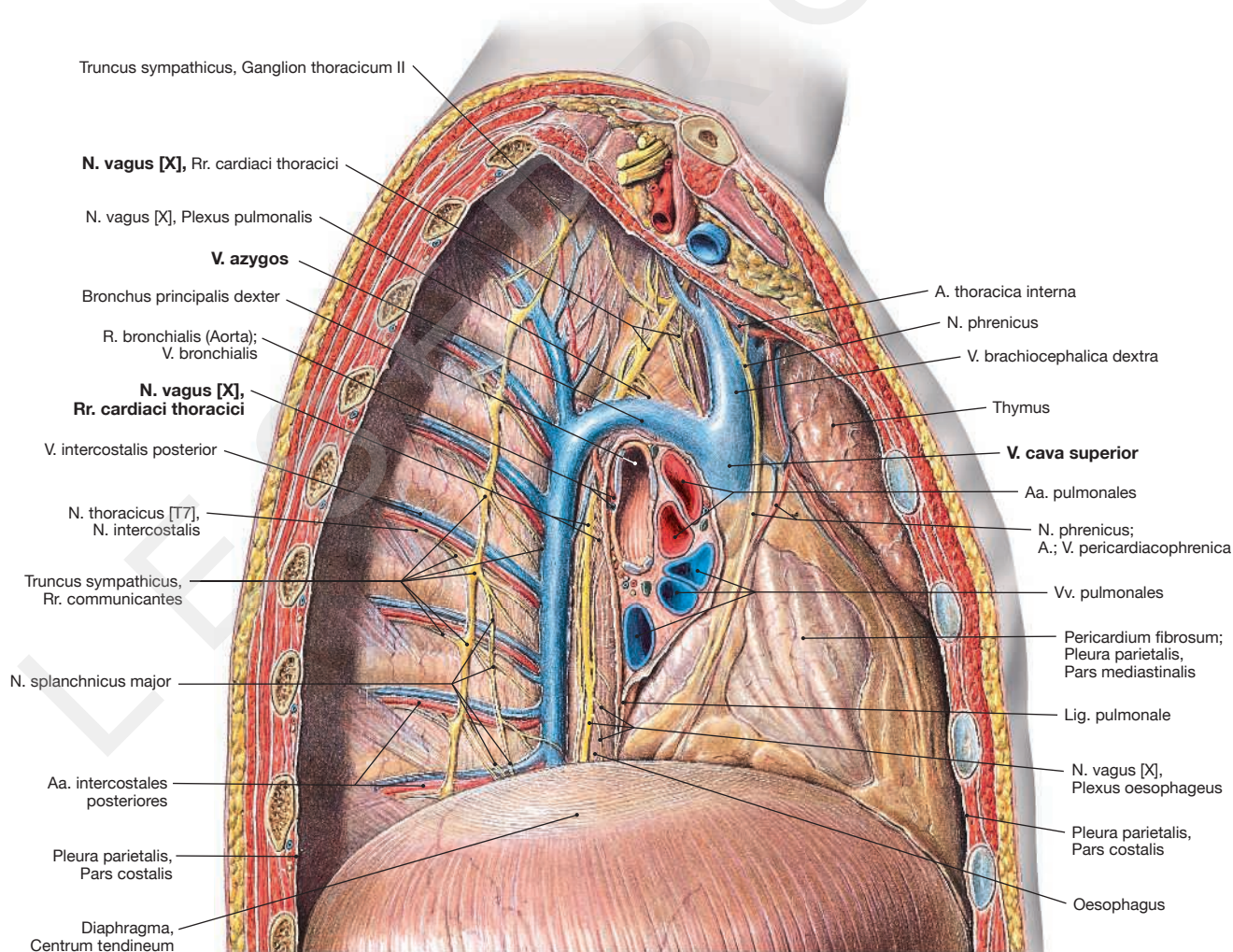


Abb. 5.5 Mediastinum und Pleurahöhle, Cavitas pleuralis, eines Jugendlichen; Ansicht von rechts; nach Entfernung der seitlichen Brustwand und der rechten Lunge. [S700]

Bei Ansicht von rechts fällt im hinteren Mediastinum besonders die **V. azygos** auf, die neben der Wirbelsäule aufsteigt, die rechte Lungenwurzel überquert und dann auf Höhe des 4./5. Brustwirbels von dorsal

in die V. cava superior einmündet. Die übrigen Strukturen sind im Verlauf ähnlich wie in der linken Pleurahöhle (→ Abb. 5.6). Der **N. vagus [X]** zieht hinter dem Hauptbronchus (Bronchus principalis dexter) zum Oesophagus, während der **N. phrenicus** vor der V. cava superior auf den Herzbeutel gelangt.

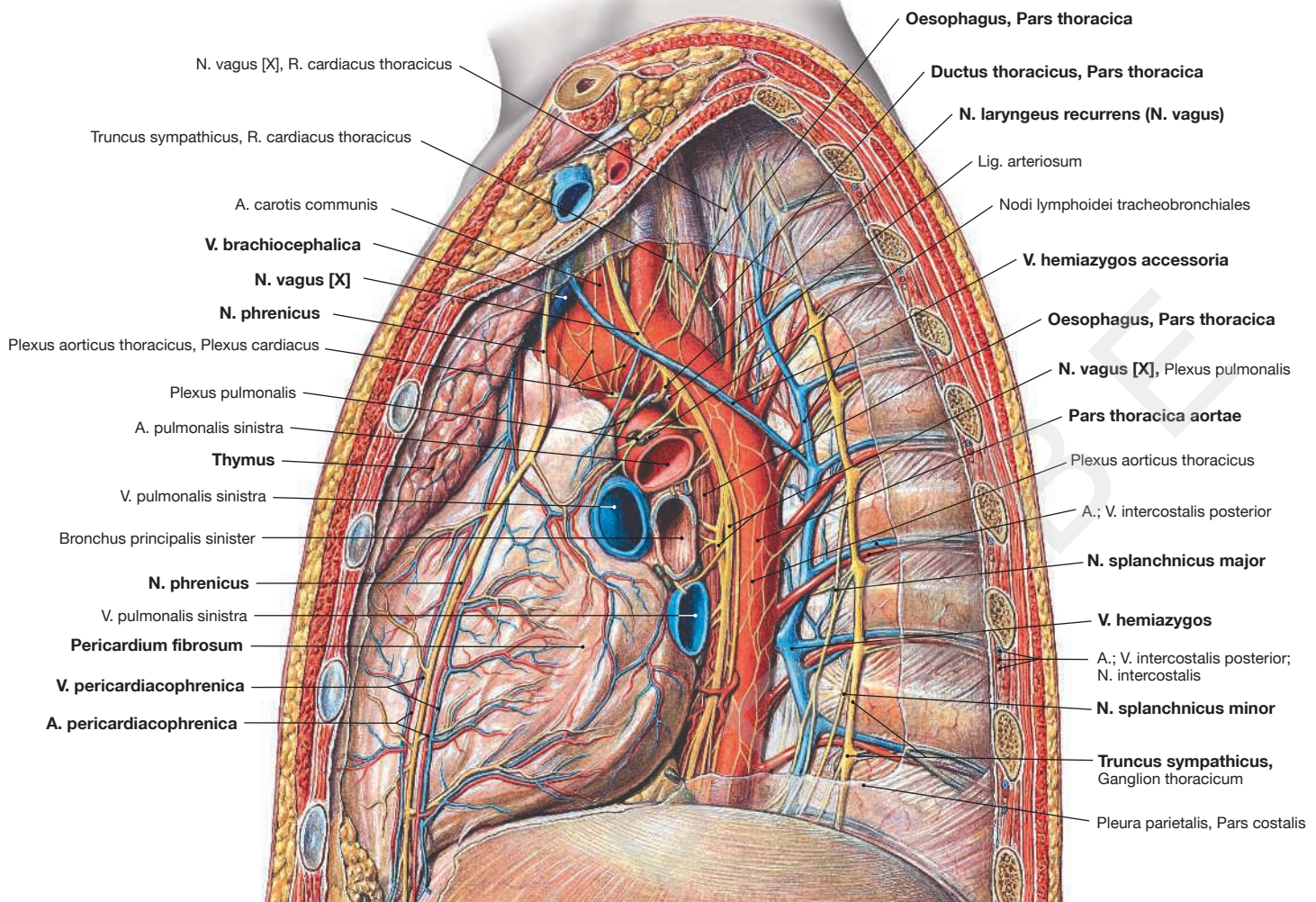


Abb. 5.6 Mediastinum und Pleurahöhle, Cavitas pleuralis, eines Jugendlichen; Ansicht von links; nach Entfernung der seitlichen Brustwand und der linken Lunge. [S700]
Bei Ansicht von links wird das hintere Mediastinum durch die **Aorta (Pars thoracica)** dominiert, die links vor der Wirbelsäule absteigt. Seitlich auf den Wirbelkörpern liegt die **V. hemiazygos**, die zwischen dem 10. und 7. Brustwirbel in die V. azygos mündet. Sie kommuniziert meist mit der **V. hemiazygos accessoria**, die das Blut der oberen Interkostalvenen aufnimmt. Noch weiter lateral, auf den Köpfchen der Rippen,

liegen die Ganglien des **Grenzstrangs** des sympathischen Nervensystems (**Truncus sympathicus**), aus denen die **Nn. splanchnici major und minor** abgehen. Der **N. vagus [X]** zieht hinter der Lungenwurzel an den Oesophagus heran, nachdem er den **N. laryngeus recurrens** abgegeben hat, der sich auf der linken Seite um den Aortenbogen herumschlingt. Im mittleren Mediastinum liegt der Herzbeutel und auf diesem der **N. phrenicus**, der von den **A./V. pericardiacophrenica** begleitet wird. Im oberen Mediastinum bedeckt der Thymus die großen Gefäße von ventral.

Inhalte des Mediastinums

Inhalt des Mediastinum superius

- Thymus
- Trachea
- Oesophagus
- Arcus aortae
- Vv. brachiocephalicae und V. cava superior
- Lymphbahnen: Lymphstämme (Ductus thoracicus, Trunci bronchomediastinales) und mediastinale Lymphknoten
- Vegetatives Nervensystem (Truncus sympathicus, N. vagus [X] mit N. laryngeus recurrens)
- N. phrenicus

Inhalt des Mediastinum inferius

- **Mediastinum anterius:** retrosternale Lymphabflüsse der Brustdrüse, vordere mediastinale Lymphknoten
- **Mediastinum medium:** Herzbeutel mit herznahen Gefäßen (Aorta ascendens, Truncus pulmonalis, V. cava superior), N. phrenicus mit Vasa pericardiacophrenica, mittlere mediastinale Lymphknoten
- **Mediastinum posterius:** Aorta descendens, Oesophagus mit Plexus oesophageus des N. vagus, N. vagus (Truncus vagalis anterior und posterior), Ductus thoracicus, Truncus sympathicus mit Nn. splanchnici, V. azygos und V. hemiazygos sowie interkostale Leitungsbahnen, hintere mediastinale Lymphknoten

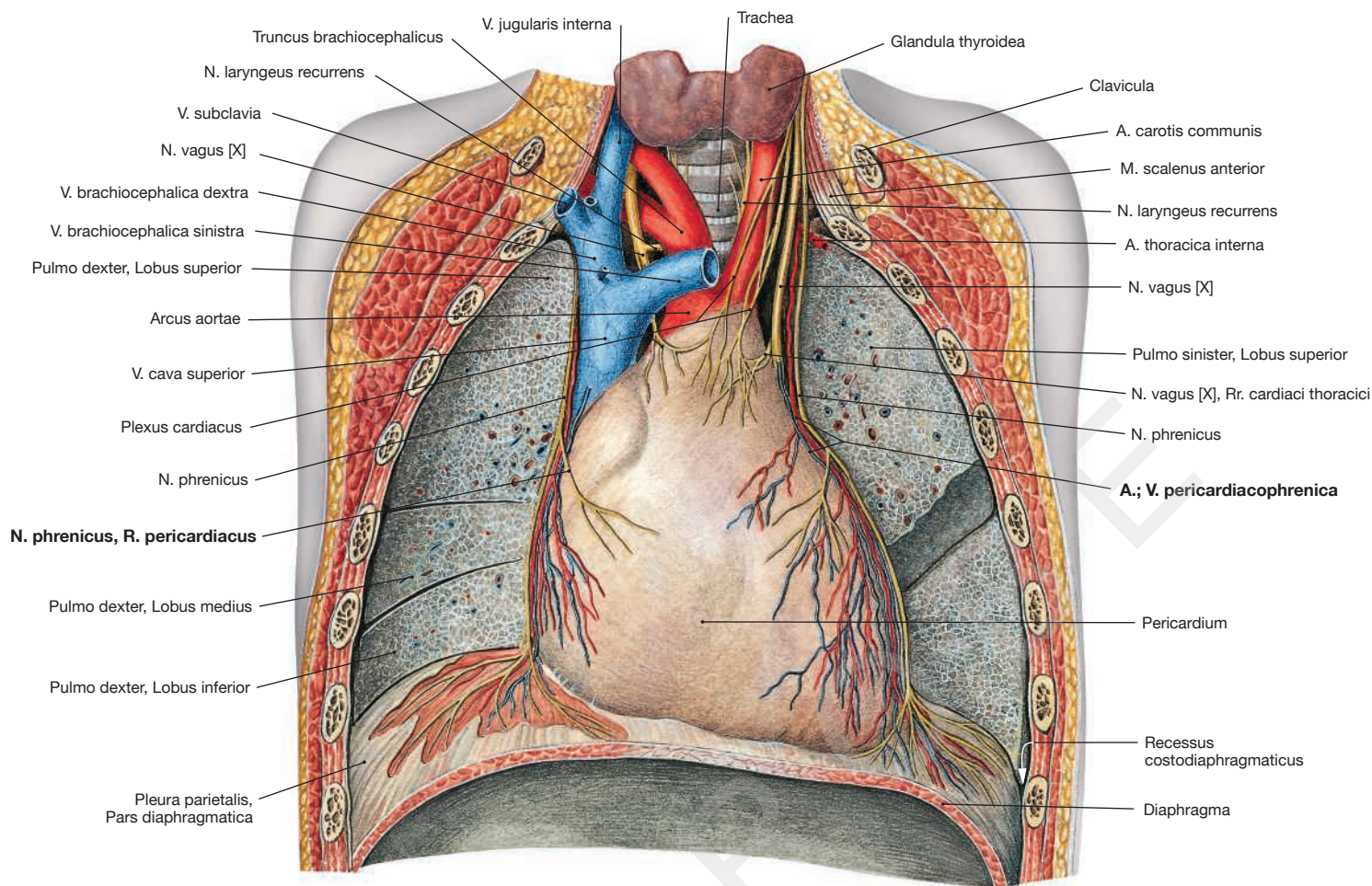


Abb.5.7 Mittleres Mediastinum; Ansicht von ventral; nach Entfernung der vorderen Brustwand, Lungen in der Frontalebene durchgeschnitten. [S700-L301]

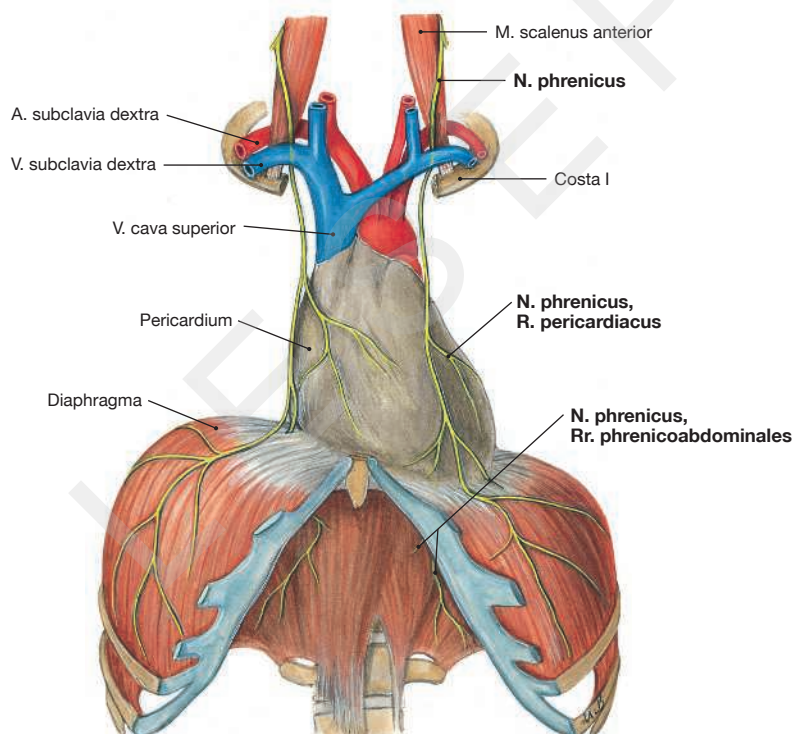


Abb.5.8 Verlauf des N. phrenicus. [S700-L301]

Der **N. phrenicus** entspringt den Segmenten C3 bis C5 (hauptsächlich C4) des Plexus cervicalis, zieht am Hals auf dem M. scalenus anterior nach kaudal (Leitmuskel!) und gelangt dann im unteren **mittleren Mediastinum** vor der Lungenwurzel auf den Herzbeutel (**Pericardium**), wo er in Begleitung der Vasa pericardiacophrenica, bedeckt von der Pleura mediastinalis, zum Zwerchfell absteigt, das er motorisch innerviert. Daneben besitzt er sensorische Äste zum Herzbeutel (R. pericardiacus), für die Pleura diaphragmatica sowie das Peritoneum parietale auf der Unterseite des Zwerchfells (Rr. phrenicoabdominales). Die Rr. phrenicoabdominales innervieren auch das Peritoneum viscerales auf Leber und Gallenblase.

Klinik

Der entwicklungsgeschichtlich bedingte Verlauf des N. phrenicus hat bei **Querschnittslähmungen** klinische Bedeutung. Bei Schädigungen des Rückenmarks kaudal von C4 ist die Atmung nicht gestört, während eine Verletzung des Segments C4 zum Ersticken führen kann.

Die Innervation von **Leber und Gallenblase** durch die Rr. phrenicoabdominales kann zu einer **Schmerzübertragung in die rechte Schulter** (bei Leberpunktion, Entzündung der Gallenblase) führen. Bei Rupturen der Milz gibt es eine ähnliche Schmerzausstrahlung in die linke Schulter.

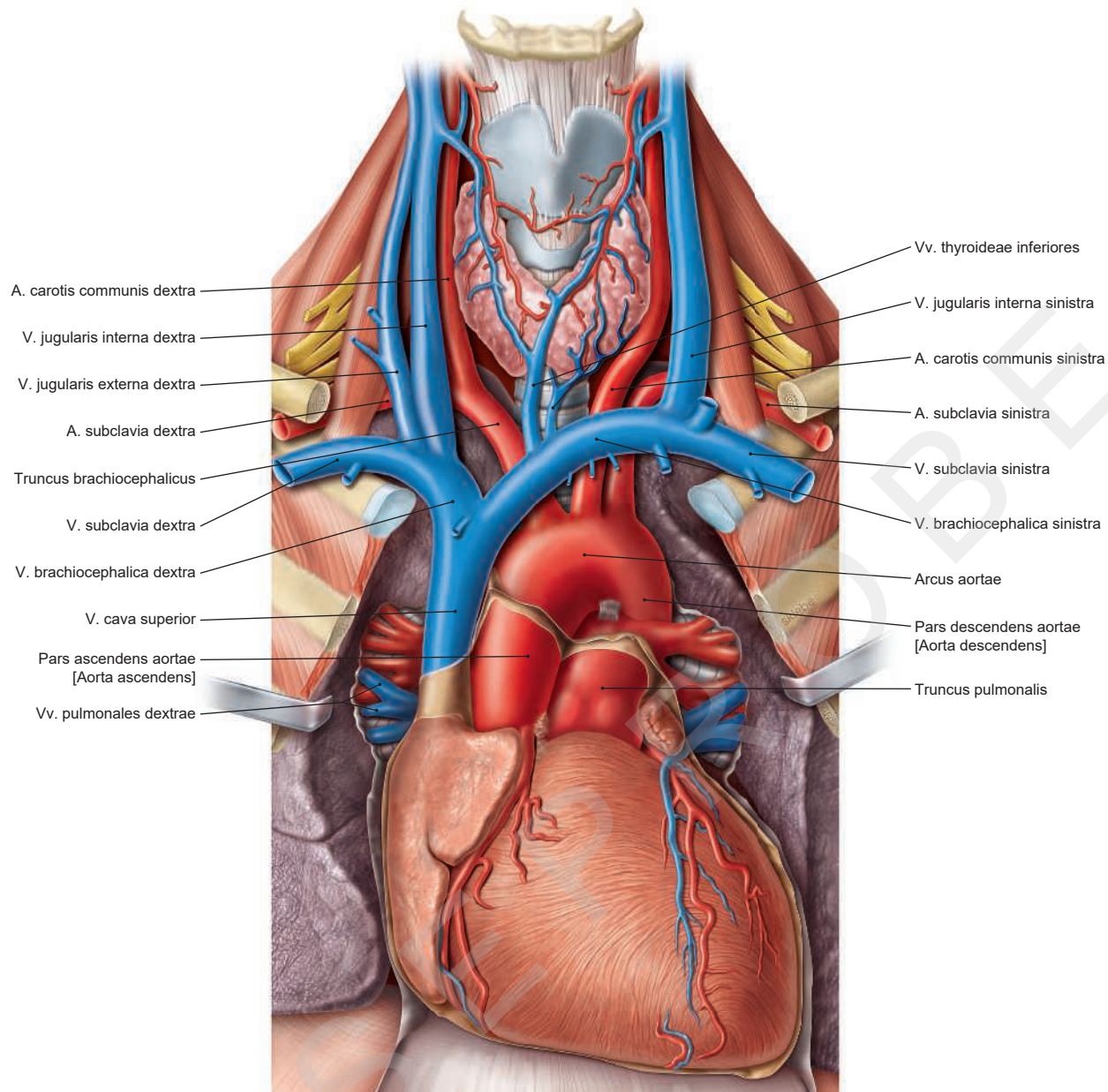


Abb. 5.9 Blutgefäße des oberen Mediastinums und obere Thoraxapertur, Apertura thoracis superior; Ansicht von ventral. [S701-L238]
Die A. subclavia tritt beidseits zusammen mit dem Plexus brachialis durch die **Skalenuslücke**, die zwischen dem M. scalenus anterior und

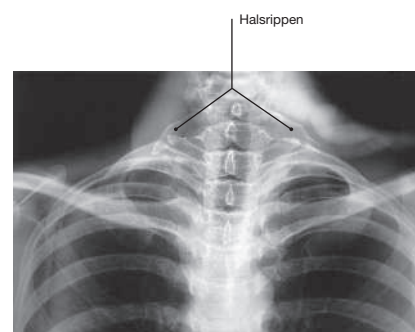
dem M. scalenus medius gelegen ist und unten durch den Ansatz der Muskeln an der I. Rippe begrenzt wird.

Klinik

Die Skalenuslücke kann zu eng sein, wenn eine zusätzliche Halsrippe am 7. Halswirbel vorhanden ist (→ Abbildung). Dabei ist der Proc. transversus des Wirbels verlängert, dessen Fortsätze am Ende Rippenrudimente darstellen. Alternativ kann ein zusätzlicher M. scalenus minimus die Lücke einengen.

Mögliche Folge ist ein **Thoracic-Outlet-Syndrom**, bei dem der Plexus brachialis und die A. subclavia besonders bei Elevation des Arms komprimiert werden, was zu einem Pulsdefizit und Taubheit im Arm führen kann.

[E402]



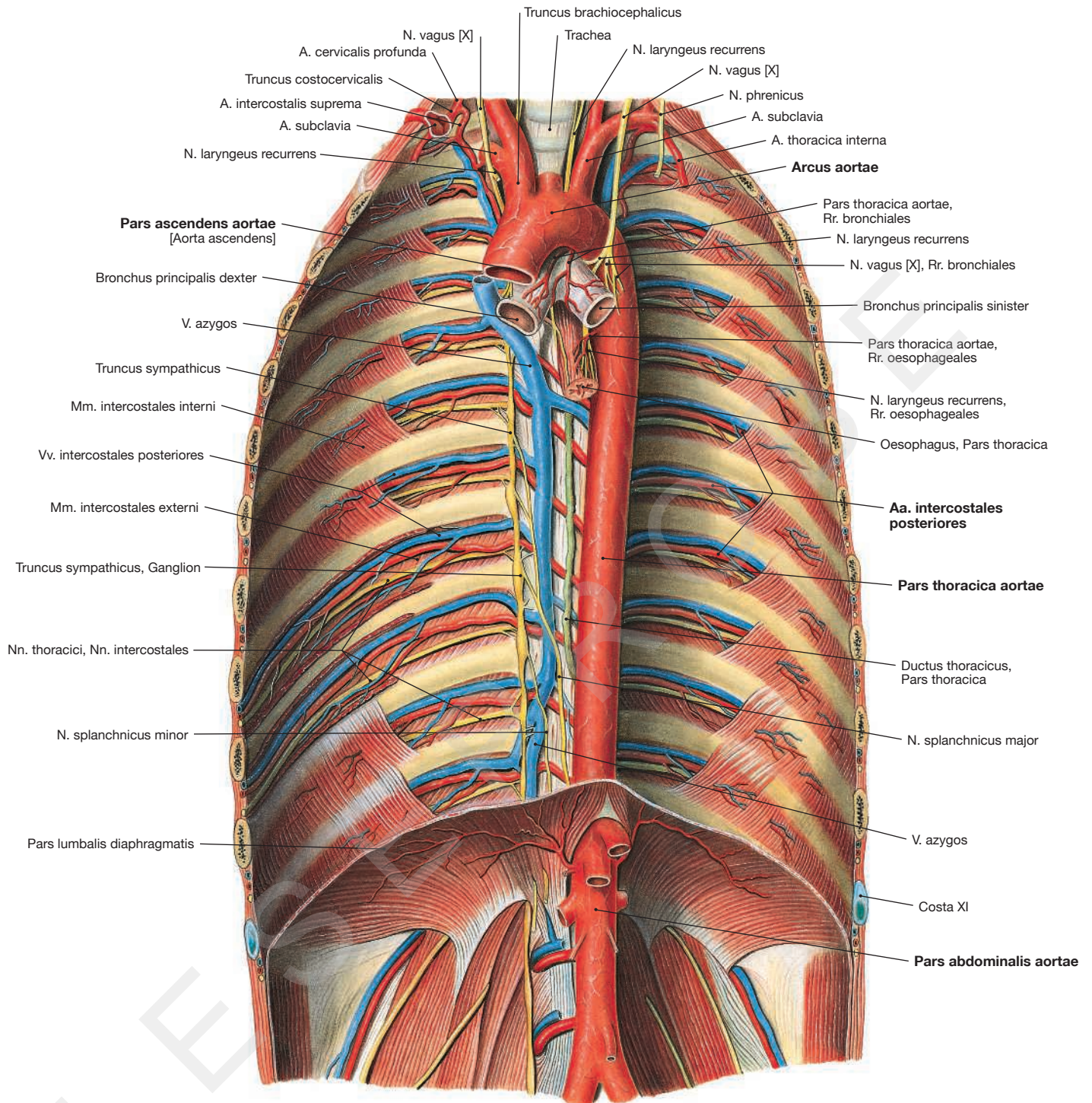


Abb. 5.10 Aorta descendens im Brustabschnitt; Ansicht von ventral auf die hintere Rumpfwand. [S700]

Die Pars descendens der Aorta steigt im hinteren Mediastinum ab (**Pars thoracica aortae**) und tritt dann durch das Zwerchfell (**Pars abdominalis aortae**).

Äste der Pars thoracica aortae [Aorta thoracica]

Äste	Arterien im Einzelnen
parietale Äste zur Rumpfwand	- Aa. intercostales posteriores: 9 Paare (die ersten beiden sind Äste des Truncus costocervicalis der A. subclavia) A. subcostalis: das letzte Paar unter der XII. Rippe A. phrenica superior: zur Oberseite des Zwerchfells
viszerale Äste zu den Brusteingeweiden	- Rr. bronchiales: Vasa privata der Lunge (rechts meist aus der A. intercostalis posterior dextra III) - Rr. oesophageales: 3–6 Äste zur Speiseröhre - Rr. mediastinales: kleine Äste zu Mediastinum und Perikard

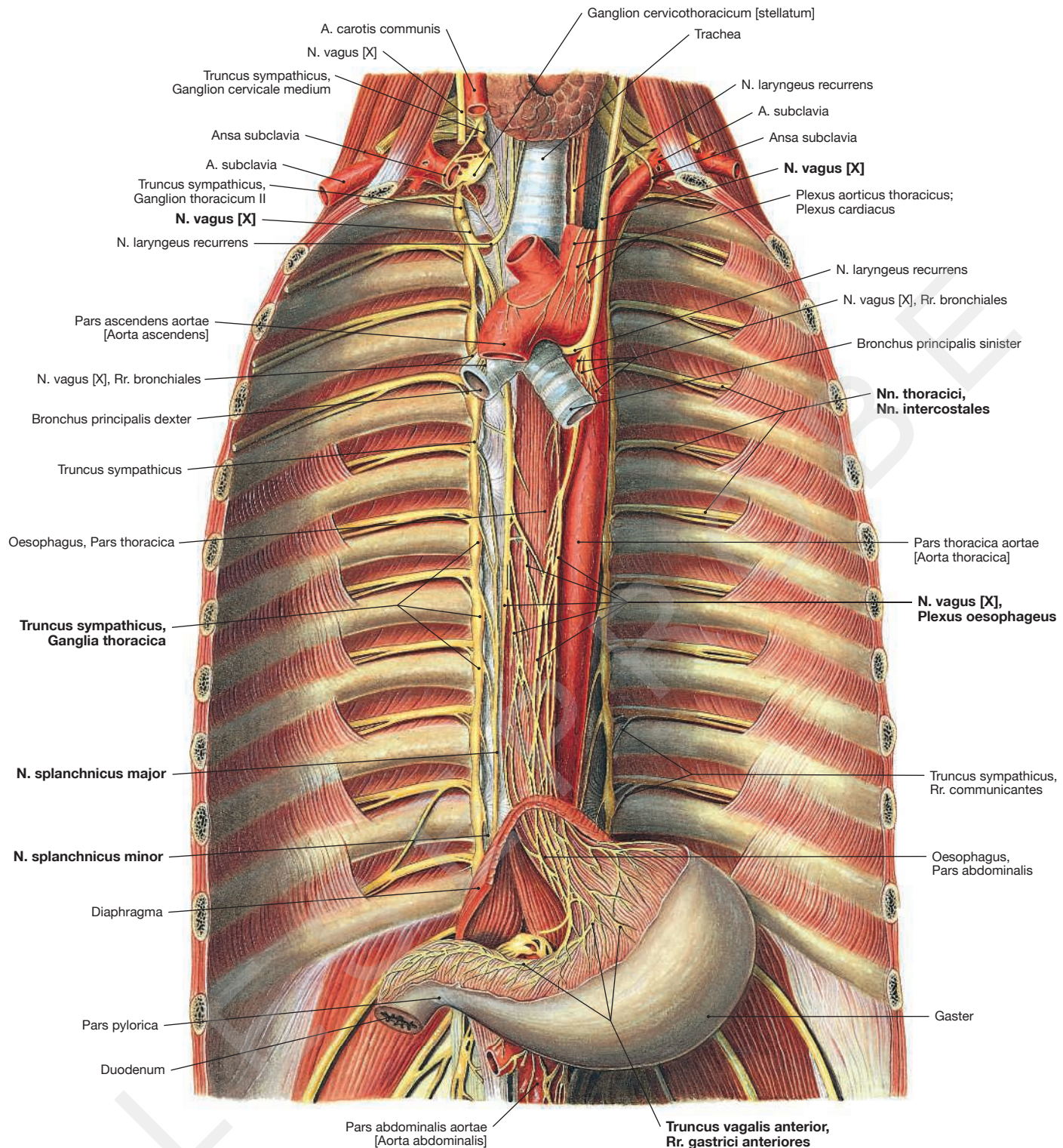


Abb. 5.11 Nerven des hinteren Mediastinums; Ansicht von ventral auf die hintere Rumpfwand; nach Entfernung des Zwerchfells. [S700]
Im hinteren Mediastinum liegen zum einen die Interkostalnerven (Nn. intercostales) des **somatischen Nervensystems** und zum anderen Abschnitte des Sympathicus (Truncus sympathicus) und des Parasympathicus (Nn. vagi) als Bestandteile des **vegetativen Nervensystems**. Der **Grenzstrang** (Truncus sympathicus) bildet im hinteren Mediastinum eine paravertebrale Kette aus 12 thorakalen Ganglien, die über Rr. interganglionares verbunden sind. Die präganglionären Neurone des Sympathicus sitzen in den Seitenhörnern (C8–L3) des Rückenmarks und treten mit den Spinalnerven aus dem Wirbelkanal aus. Die Rr. communicantes albi führen die Fasern zu den Ganglien des Truncus sympathicus, in denen die Perikarya der postganglionären Neurone sit-

zen. Deren Axone gelangen über Rr. communicantes grisei zu den Spinalnerven und ihren Ästen zurück. Einige präganglionäre Neurone werden nicht im Grenzstrang umgeschaltet, sondern ziehen mit den Nn. splanchnici major und minor zu den Nervenplexen auf der Aorta abdominalis, wo die Umschaltung erfolgt. Die präganglionären Neurone der **Nn. vagi** ziehen hinter der Lungenwurzel an die Speiseröhre heran und bilden hier den Plexus oesophageus. Aus diesem formieren sich 2 Stämme (Trunci vagales anterior und posterior), die mit der Speiseröhre durch das Zwerchfell zu den vegetativen Nervenplexen der Bauchhöhle verlaufen. Hier erfolgt allerdings keine Verschaltung, da die postganglionären Neurone meist in der Umgebung der jeweiligen Organe liegen.

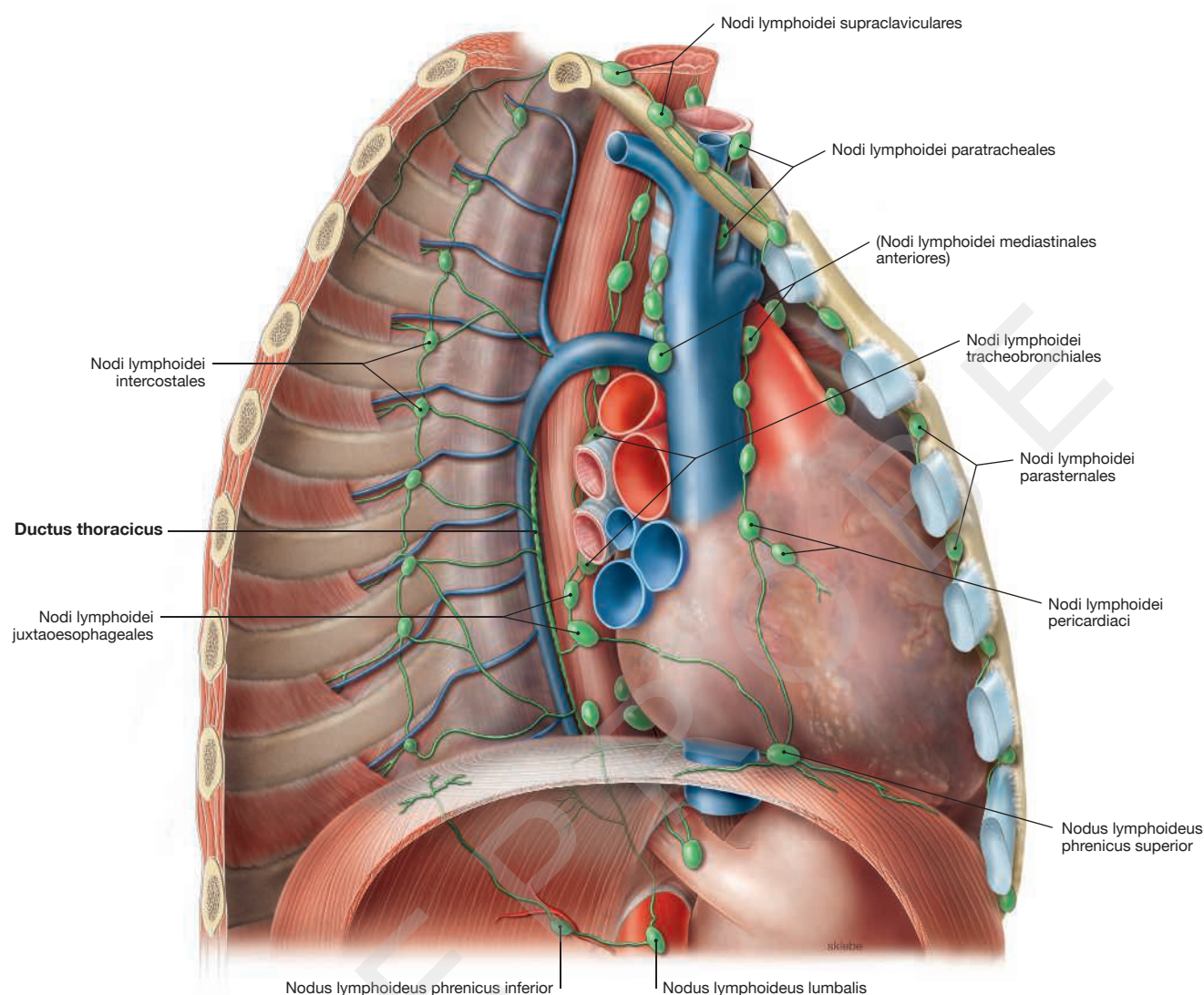


Abb. 5.12 Lymphgefäße und Lymphknoten des Mediastinums; Ansicht von rechts ventrolateral nach Entfernung der seitlichen Brustwand. [S700-L238]/[C155]

Im Mediastinum liegen verschiedene Gruppen von Lymphknoten, die man in parietale Lymphknoten (Drainage der Rumpfwände) und viszerale Lymphknoten (Drainage der Brusteingeweide) einteilen kann. Von dort fließt die Lymphe in die großen Lymphstämme.

Parietale Lymphknoten:

- **Nodi lymphoidei parasternales:** beidseits des Brustbeins. Sie nehmen Lymphe aus der vorderen Rumpfwand, der Brustdrüse und vom Zwerchfell auf. Von ihnen gelangt die Lymphe in den Truncus subclavius.

- **Nodi lymphoidei intercostales:** zwischen den Rippenköpfchen. Sie filtern Lymphe der hinteren Brustwand. Die efferenten Lymphbahnen münden direkt in den Ductus thoracicus.

Viszerale Lymphknoten mit Anschluss an die Trunci bronchomediastinales:

- **Nodi lymphoidei mediastinales anteriores:** beidseits der großen Gefäße, Zufluss aus Lungen und Pleura, Zwerchfell (Nodi lymphoidei phrenici superiores), Herz und Perikard (Nodi lymphoidei pericardiaci) sowie Thymus
- **Nodi lymphoidei mediastinales posteriores:** an Bronchien und Trachea (Nodi lymphoidei tracheobronchiales und paratracheales) und Oesophagus (Nodi lymphoidei juxtaoesophageales)

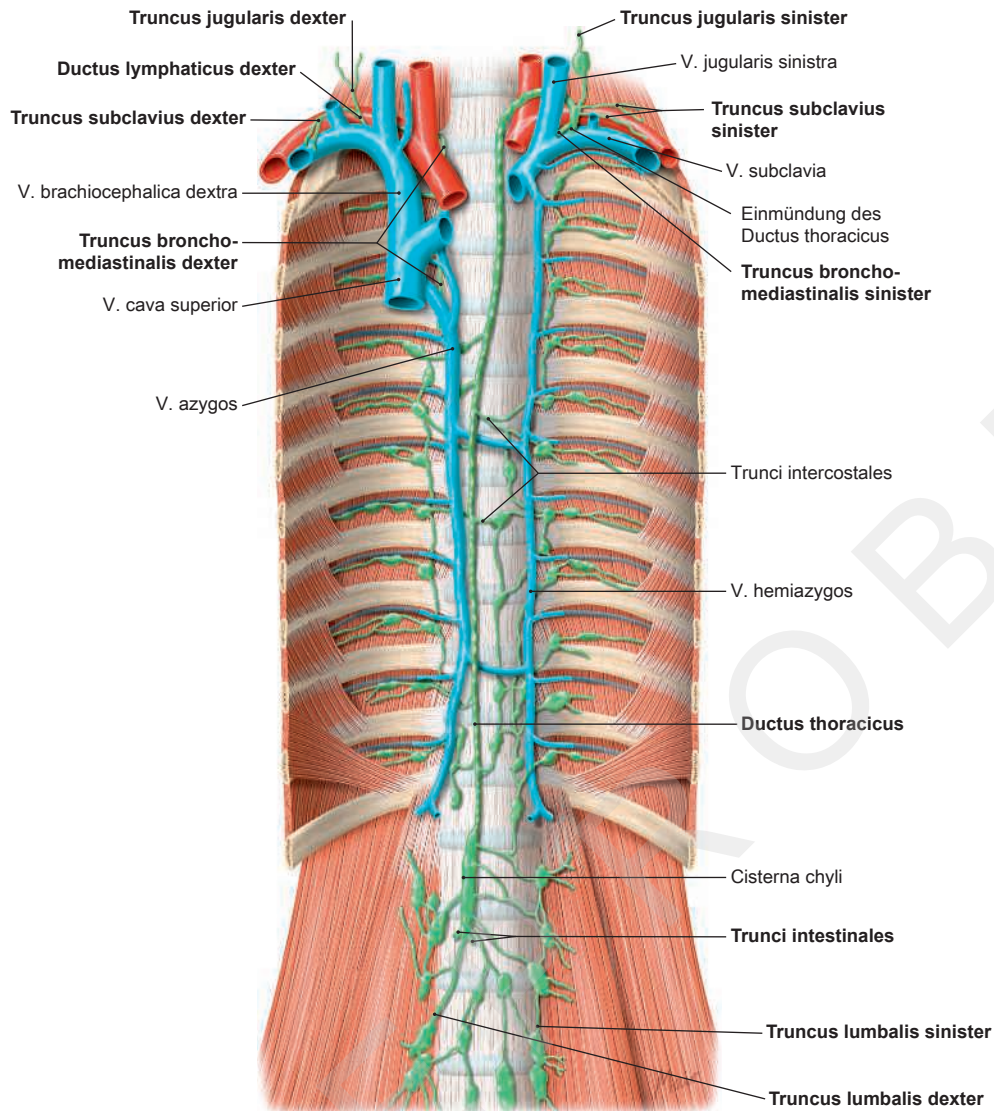


Abb.5.13 Lymphstämme der Brusthöhle, Cavitas thoracis; Ansicht von ventral auf die hintere Rumpfwand nach Entfernung des Zwerchfells. [S702-L127]/[G210]

Der **Ductus thoracicus** bildet sich unter dem Zwerchfell durch die Vereinigung der **Trunci intestinales** mit den **Trunci lumbales**. Die Vereinigungsstelle ist oft zur **Cisterna chyli** erweitert, die in der Lage sehr variabel, aber meist auf Höhe des 2. Lendenwirbels gelegen ist. Der Ductus thoracicus tritt vorne auf der Wirbelsäule auf Höhe des 12. Brustwirbels durch das Zwerchfell und steigt im hinteren Mediastinum zunächst hinter der Aorta und dann hinter dem Oesophagus bis zum

4. Brustwirbel auf, überquert die linke Pleurakuppel und mündet von dorsal im Bereich des linken Venenwinkels (zwischen V. subclavia und V. jugularis interna). Er übersteigt dabei die Clavicula um 3–4 cm. Kurz vor seiner Einmündung nimmt er den **Truncus bronchomediastinalis sinister** auf, der eigenständig im Mediastinum verläuft, sowie den **Truncus subclavius sinister** (vom Arm) und den **Truncus jugularis sinister** (vom Hals). Rechts vereinigt meist ein kurzer (1 cm) **Ductus lymphaticus dexter** die entsprechenden Lymphstämme und mündet in den rechten Venenwinkel.

Klinik

Wenn der Ductus thoracicus bei Operationen an Oesophagus oder Aortenbogen oder durch Tumoren des Oesophagus oder Lymphome im hinteren Mediastinum verletzt wird, tritt die Lymphe aus dem Bauchraum in die Pleurahöhlen aus. Es bildet sich dann ein **chylöser Pleuraerguss (Chylothorax)**, der die Fette aus der im Darm aufgenommenen Nahrung enthält und daher milchig trüb ist. Daher wird

der Ductus thoracicus auch „Milchbrustgang“ genannt. Da jeden Tag 1–2 Liter Lymphe den Ductus thoracicus passieren, bilden sich die Pleuraergüsse meist täglich nach und müssen punktiert werden. Zusätzlich ist für die Patienten belastend, dass sie bis zum Verheilen des Lecks im Ductus thoracicus wochenlang parenteral ernährt werden müssen und oral keine Nahrung zu sich nehmen dürfen.

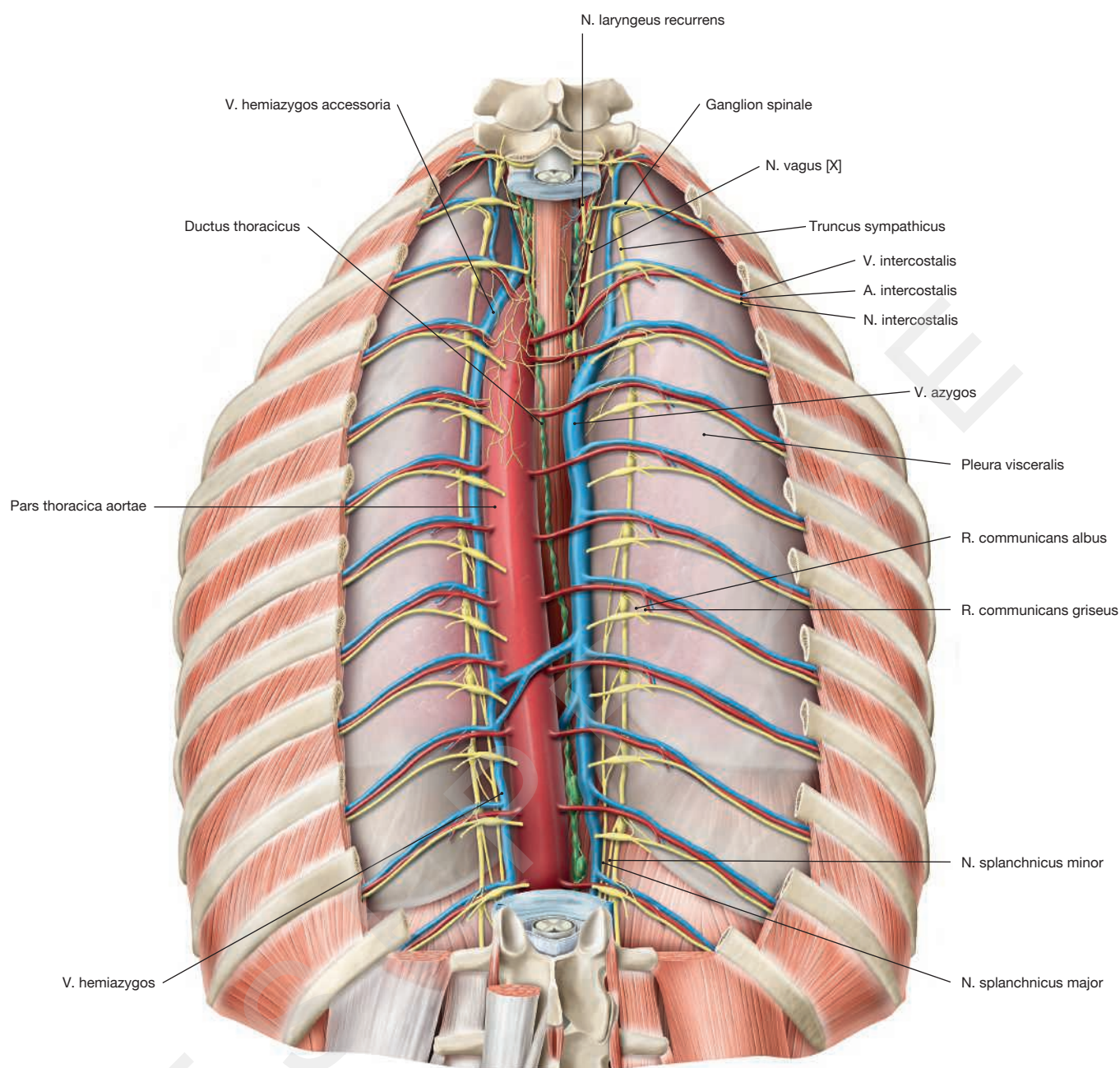


Abb. 5.14 Hinteres Mediastinum, Mediastinum posterius; Ansicht von dorsal; nach Entfernung der hinteren Rumpfwand einschließlich der Wirbelsäule. [S700-L275]/[Q300], M. Hoffmann aus Paulsen/Waschke. Sobotta Atlas der Anatomie. 25. A. 2022 nach Vorlage des Pernkopf-Archivs © Elsevier GmbH

Diese Ansicht erläutert die Topographie der Leitungsbahnen im hinteren Mediastinum. Weil diese Darstellung in der Regel nicht im Präparierkurs eingesetzt wird, ist sie für das Verständnis der Lageverhältnisse besonders nützlich. Die interkostalen Leitungsbahnen (von kranial nach kaudal: **V.** intercostalis, **A.** intercostalis, **N.** intercostalis; **VAN**), die am Unterrand der jeweiligen Rippen gelegen sind, verlaufen dorsal der Pleura costalis nach lateral. Die Aa. intercostales entspringen segmental aus

der **Aorta descendens**, die links von der Medianebene verläuft. Rechts der Wirbelsäule, die im Lumbal- und Zervikalbereich abgesetzt wurde, steigt die **V. azygos** auf, die die Vv. intercostales aufnimmt. Ihr entsprechen auf der linken Seite die **V. hemiazygos**, die hier auf Höhe der VIII. und IX. Rippe Anastomosen mit der V. azygos aufweist, und kranial die **V. hemiazygos accessoria**. Die Nn. intercostales entsprechen den Rr. anteriores der Spinalnerven. Von den Spinalnerven ziehen die Rr. communicantes als Verbindungsäste zum Grenzstrang des vegetativen Nervensystems (**Truncus sympathicus**). Zwischen Aorta und V. azygos steigt der Hauptlymphstamm des menschlichen Körpers, der **Ductus thoracicus**, ventral der Wirbelsäule auf. Im oberen Mediastinum liegt der Oesophagus direkt der Wirbelsäule an.

Klinik

Eine **operative Unterbrechung (Sympathikotomie)** oder **Resektion (Sympathektomie)** des thorakalen Grenzstrangs wird in seltenen Fällen vorgenommen, wenn eine medikamentöse Therapie des starken Schwitzens (Hyperhidrose) an Gesicht, Hals oder Arm nicht anschlägt oder eine überschießende Vasokonstriktion bei RAYNAUD-

Syndrom zu schmerzenden Fingern bei Kälte führt. Dies ist möglich, weil die **sudomotorischen Neurone**, die über den Grenzstrang zu den Schweißdrüsen verlaufen, aus den Segmenten T2–7 aufsteigen, und dann mit den **vasokonstriktorischn Fasern** verlaufen. Auch viszerosensitive Fasern verlaufen in den Grenzsträngen.

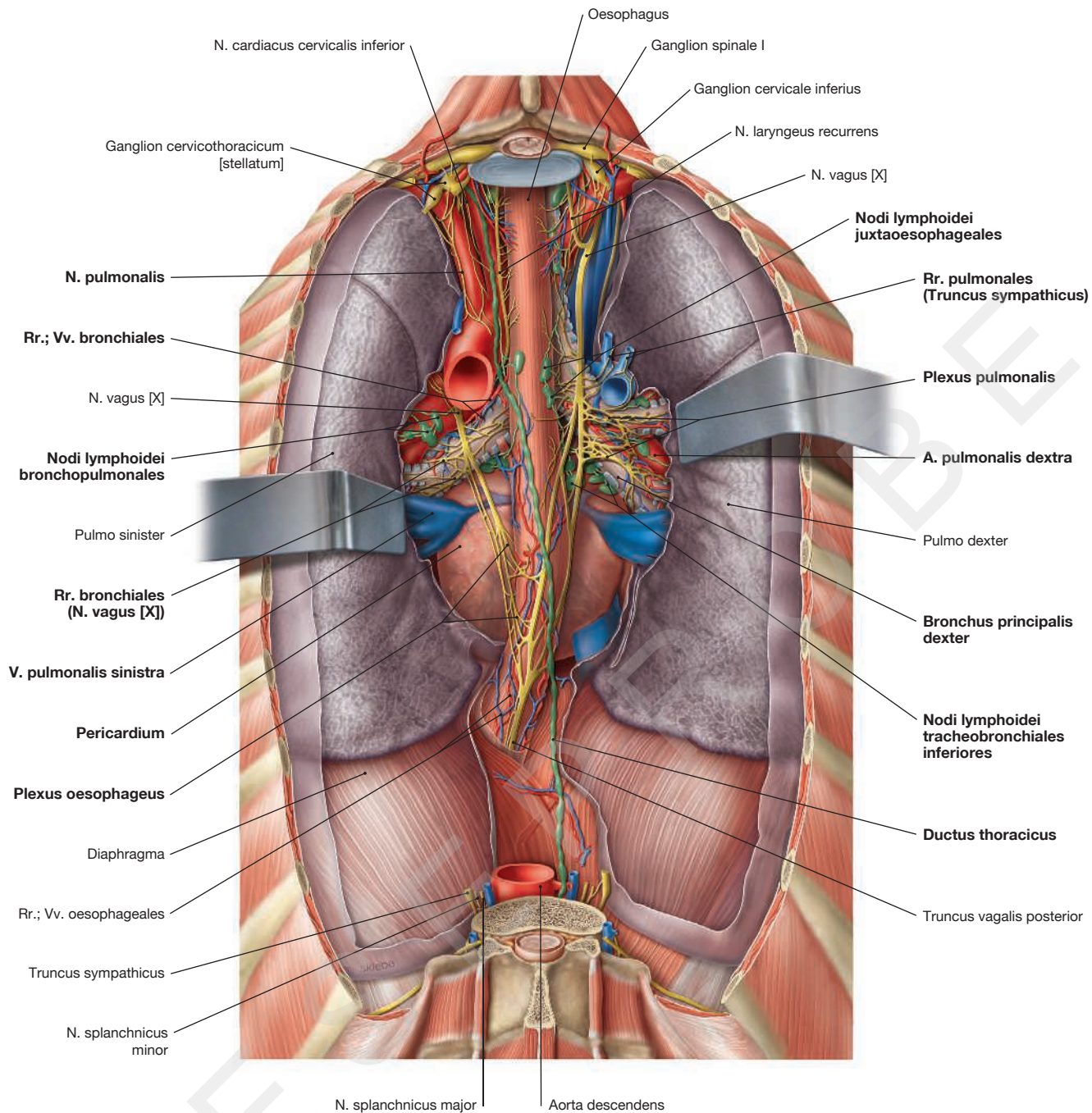


Abb. 5.15 Hinteres Mediastinum, Mediastinum posterius; Ansicht von dorsal; nach Entfernung der hinteren Rumpfwand einschließlich der Wirbelsäule. Die Pleura costalis ist eröffnet, und die Lungen werden beidseits nach lateral fixiert. Zusätzlich sind die Aorta descendens und das Azygos-System sowie der Grenzstrang an ihrem Durchtritt durch das Zwerchfell abgesetzt worden. [S700-L238]/[Q300], S. Klebe aus Paulsen/Waschke. Sobotta Atlas der Anatomie. 25. A. 2022 nach Vorlage des Pernkopf-Archivs © Elsevier GmbH

Der **Ductus thoracicus** steigt ventral der Wirbelsäule auf. Er wird unter dem Zwerchfell aus den Trunci lumbales und intestinales gebildet und tritt rechts dorsal der Aorta durch den Hiatus aorticus. Durch die Darstellung sind der gesamte Brustabschnitt des **Oesophagus** und ventral

von diesem der **Herzbeutel (Pericardium)** und die **Lungenwurzel (Radix pulmonis)** sichtbar. Der Oesophagus tritt durch den Hiatus oesophageus im lumbalen Abschnitt des Zwerchfells. Dabei wird er von einem vegetativen Nervenplexus (**Plexus oesophageus**) begleitet, dessen parasympathische Anteile sich oberhalb des Hiatus oesophageus zu den **Trunci vagales** verdichten. Der hier sichtbare Truncus vagalis posterior geht aufgrund der Magendrehung bei der Entwicklung überwiegend aus Fasern des rechten N. vagus hervor. Der vegetative **Plexus pulmonalis** ist besonders dorsal stark ausgebildet und begleitet die Hauptbronchien zum Lungenhilum. Er erhält seine parasympathischen Fasern von den Nn. vagi und seine sympathischen Neurone vom Grenzstrang (hier nicht dargestellt).

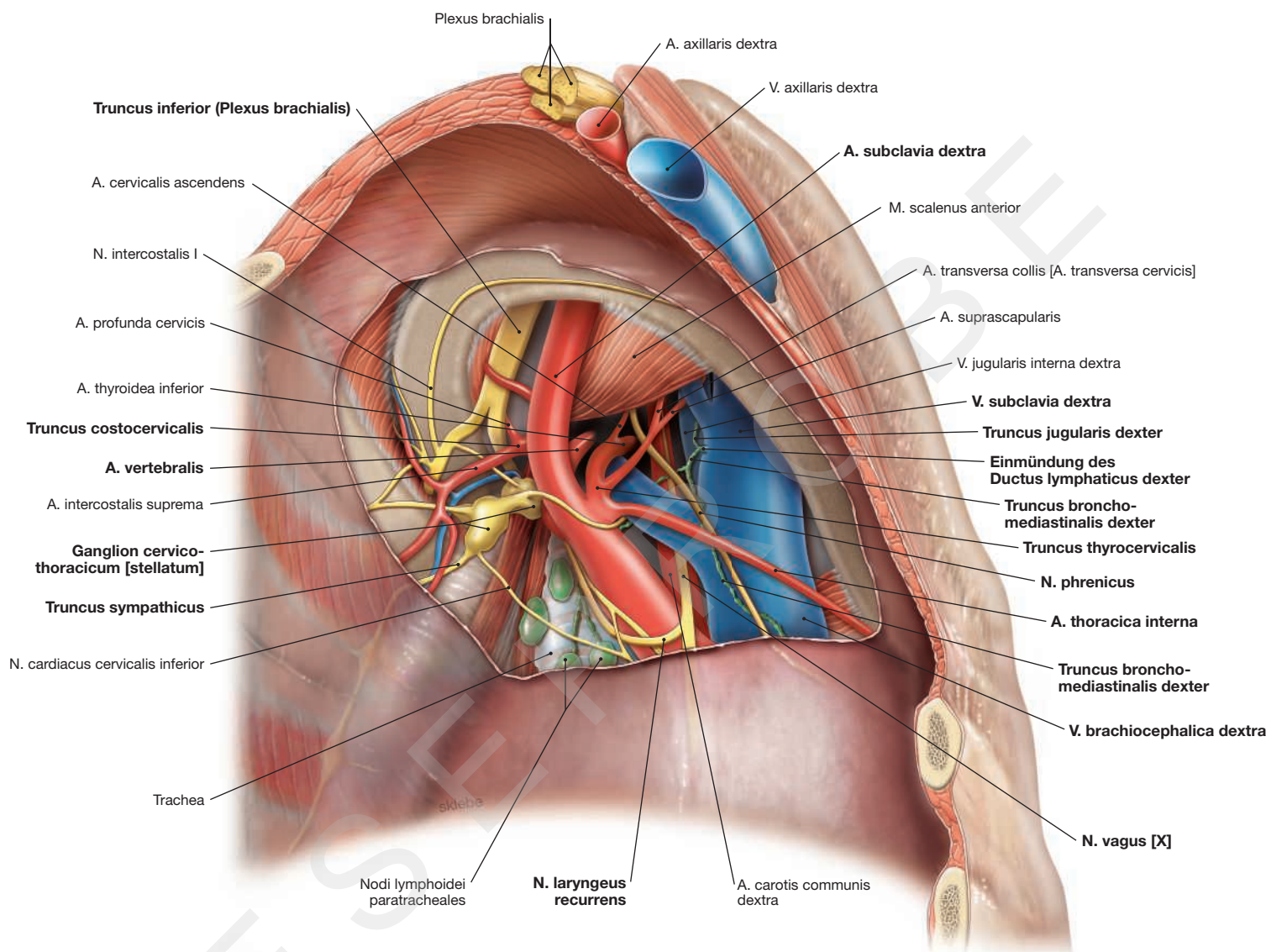


Abb. 5.16 Leitungsbahnen der oberen Thoraxapertur, rechts; Ansicht von kaudal; nach Entfernung der Pleurakuppel. [S700-L238]/ [Q300], S. Klebe aus Paulsen/Waschke. Sobotta Atlas der Anatomie. 25. A. 2022 nach Vorlage des Pernkopf-Archivs © Elsevier GmbH Die Pleurakuppel wird vor dem M. scalenus anterior von der V. subclavia und hinter dem Muskel (**Skalenuslücke**) von der A. subclavia und dem Plexus brachialis überbrückt. Der A. subclavia entspringen die **A. thoracica interna**, die zur Seitenfläche des Brustbeins absteigt, die **A. vertebralis** sowie der **Truncus thyrocervicalis** mit seinen Ästen. Dorsal des M. scalenus anterior geht der **Truncus costocervicalis** her-

vor, der sich in die A. profunda cervicis und die A. intercostalis suprema teilt. Der **N. phrenicus** liegt ventral auf der V. brachiocephalica. Weiter dorsal gibt der **N. vagus** auf seinem Verlauf den **N. laryngeus recurrens** ab, der sich auf der rechten Seite um die A. subclavia herumschlingt, bevor er wieder zum Hals aufsteigt. Hinter der A. subclavia liegt der **Truncus sympathicus** mit seinem **Ganglion cervicothoracicum** (stellatum). Am schwierigsten zu identifizieren ist der kurze **Ductus lymphaticus dexter**, der nach Vereinigung des Truncus bronchomediastinalis und des Truncus subclavius in den rechten Venenwinkel (zwischen V. subclavia und V. jugularis interna) einmündet.

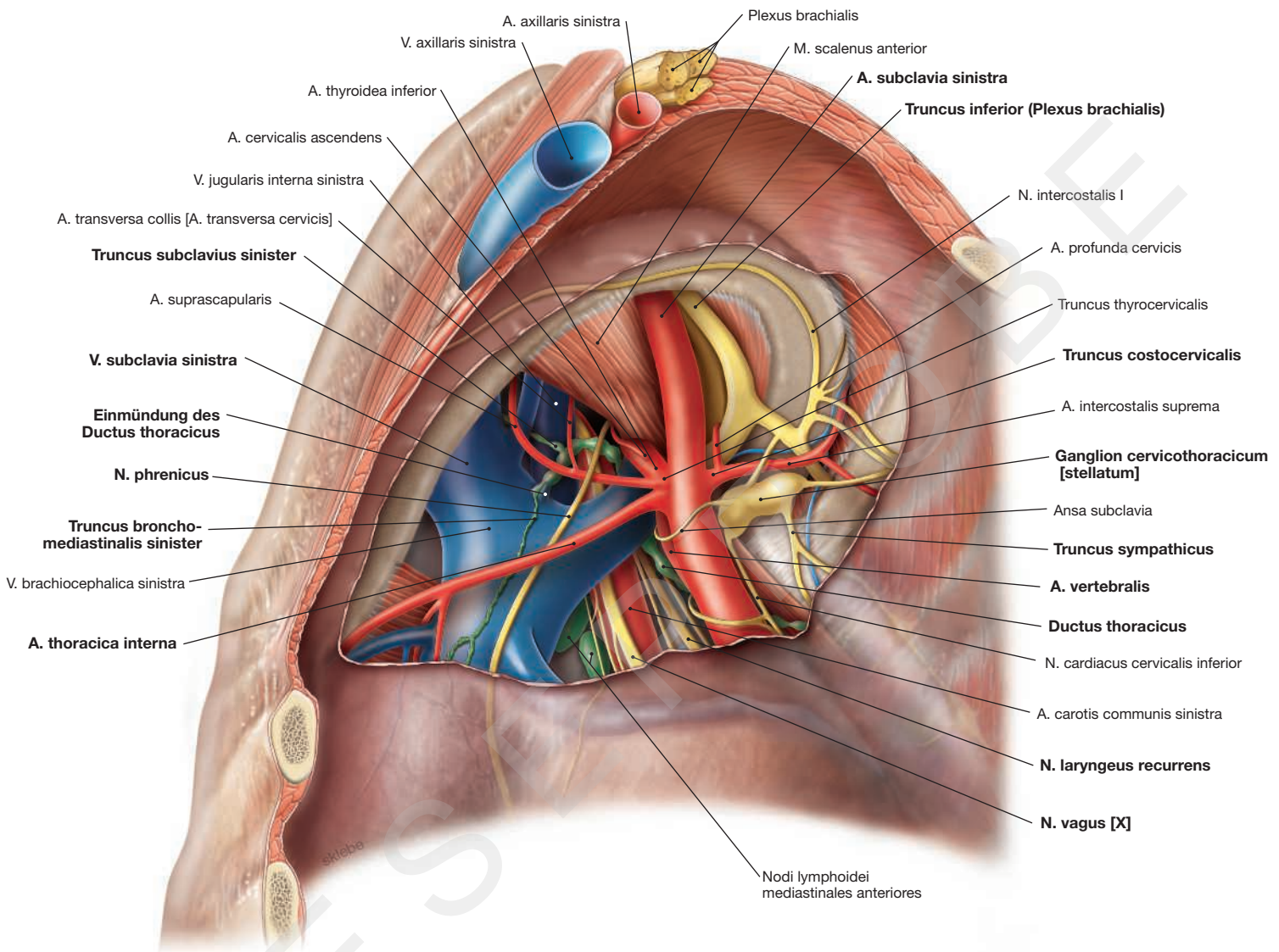


Abb. 5.17 Leitungsbahnen der oberen Thoraxapertur, links; Ansicht von kaudal; nach Entfernung der Pleurakuppel. [S700-L238]/ [Q300], S. Klebe aus Paulsen/Waschke. Sobotta Atlas der Anatomie. 25. A. 2022 nach Vorlage des Pernkopf-Archivs © Elsevier GmbH Hier werden nur die Strukturen beschrieben, die sich im Verlauf von den Leitungsbahnen der rechten Seite (→ Abb. 5.16) unterscheiden. Auf der linken Körperseite steigt der **N. vagus [X]** weiter nach kaudal ab, bevor er seinen **N. laryngeus recurrens** abgibt, der sich um den Aortenbogen

herumschlingt (nicht zu sehen), bevor er wieder zum Hals aufsteigt. Auf den Verlauf des **Ductus thoracicus** ist besonders zu achten, da er bei der Präparation in diesem Gebiet oft verletzt wird. Der **Ductus thoracicus** steigt im hinteren Mediastinum auf und zieht über die linke Pleurakuppel, bevor er von dorsal in den linken Venenwinkel (zwischen V. subclavia und V. jugularis interna) einmündet. Vor seiner Mündung nimmt er den Truncus bronchomediastinalis, den Truncus subclavius und den Truncus jugularis (nicht zu sehen) auf.

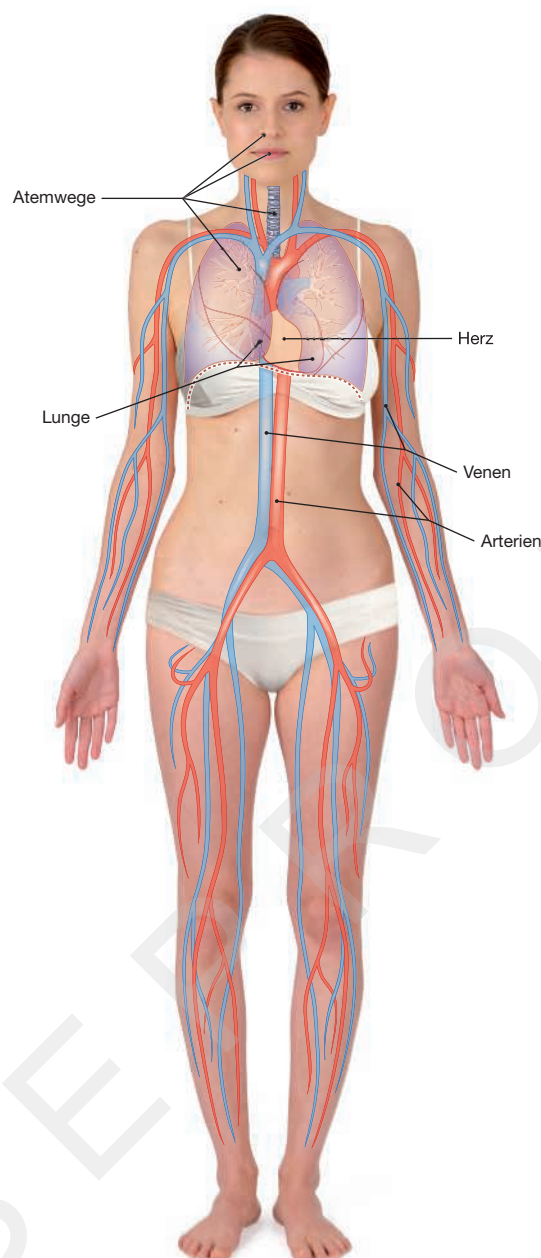


Abb. 5.18 Das kardiorespiratorische System; blau: sauerstoffarmes Blut, rot: sauerstoffreiches Blut. [S701-J803/L126]

Herz und Blutgefäße (**kardiovaskuläres System**) bilden mit Lunge und Atemwegen (**respiratorisches System**) eine Funktionseinheit, die man als **kardiorespiratorisches System** zusammenfassen kann.

Das Herz fungiert als Pumpe, die über die Blutgefäße an alle Organe und Körperteile angeschlossen ist. Es pumpt das aus der Körperperipherie kommende Blut in die Lungen, wo es mit Sauerstoff beladen wird, und versorgt den Körper mit diesem sauerstoffreichen Blut. Das beim Stoffwechsel in den Organen und der Muskulatur entstehende Kohlendioxid (CO₂) wird aus der Körperperipherie zur Lunge zurücktransportiert und dort an die Atemluft abgegeben.

Das Herz pumpt in diesem System durch **Arterien** Blut vom Herzen weg zu den Organen, von denen es über **Venen** wieder zum Herzen zurückgelangt. Die Einteilung in Arterien und Venen richtet sich damit rein nach der Richtung des Blutflusses in Bezug auf das Herz!

Arterien und Venen bezeichnet man als Gefäße der **Makrozirkulation**, da sie mit dem bloßen Auge sichtbar sind. In der Körperperipherie und den Organen sind zwischen Arterien und Venen die Gefäße der **Mikrozirkulation** geschaltet: In den **Arteriolen** wird der Blutdruck gesenkt, damit in den **Kapillaren** der Stoff- und Gasaustausch stattfinden kann. Die **Venulen** sammeln das Blut wieder und vereinigen sich zu Venen.

Klinik

Bei Verschluss von Arterien durch verschleppte Blutgerinnsel (**Embolie**) oder durch Arterienverkalkung (**Arteriosklerose**) kommt es zu einem **Durchblutungsmangel (Ischämie)** in den an die Arterie angeschlossenen Organen (**Infarkte**) oder Körperabschnitten. Verschlüsse von Venen durch lokale Blutgerinnsel (**Thrombosen**) können zu einem Rückstau des Blutes mit Schwellungen (**Ödeme**) führen oder bei einer Abschwemmung der Gerinnsel (Thromben) in die Lunge bei einer **Embolie** zu einer Überlastung des Herzens.

Wenn die Gefäße der Mikrozirkulation geschädigt sind, kann es auch zu Erkrankungen kommen, die sich teilweise ähnlich äußern. Eine Versteifung von Arteriolen kann zu hohem Blutdruck (**Hypertonie**) führen. Bei Thrombosen oder Störungen der Blutzusammensetzung tritt in den Kapillaren vermehrt Flüssigkeit aus den Blutgefäßen aus und führt zur **Ödembildung**. Dagegen entstehen Schwellungen bei **Entzündungen** durch Flüssigkeitsaustritt aus den Venulen.

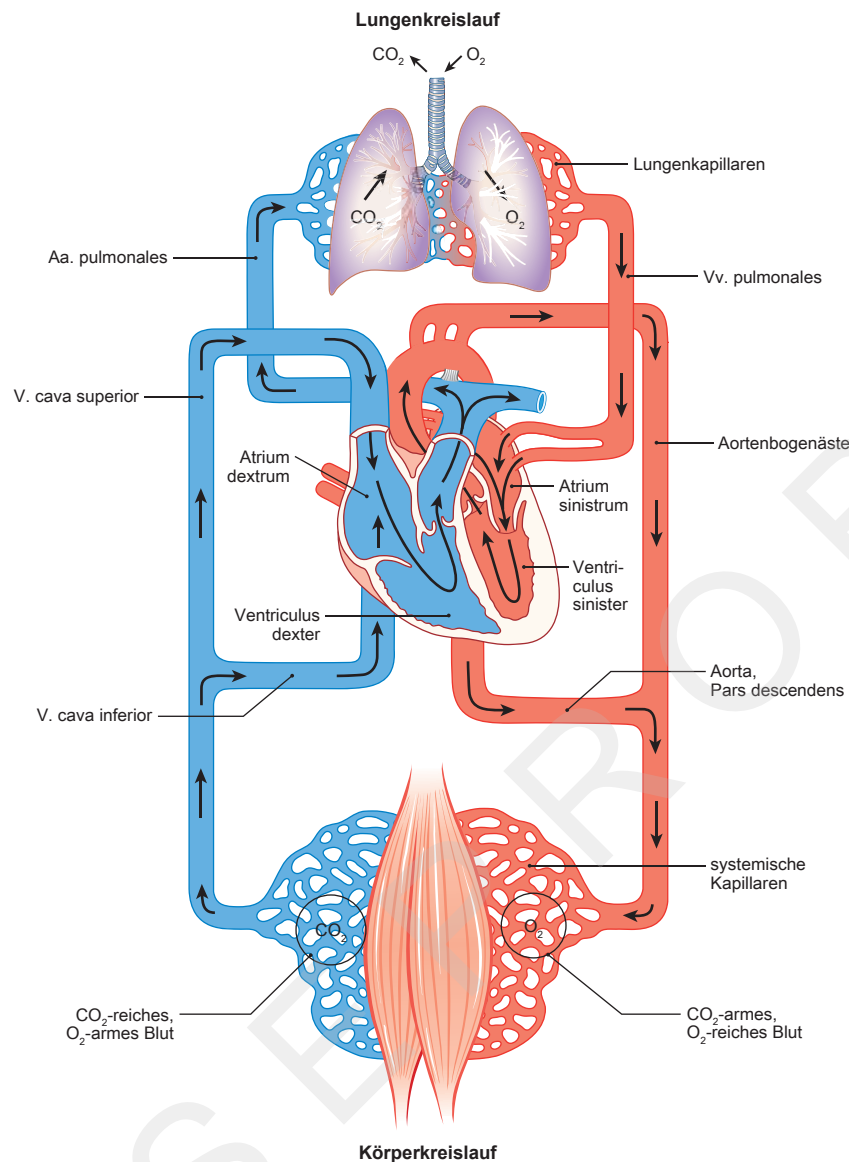


Abb. 5.19 Organisation des Herz-Kreislauf-Systems; blau: sauerstoffarmes Blut, rot: sauerstoffreiches Blut. [S701-L126]
Man unterscheidet einen **Körperkreislauf** (= großer Kreislauf) und einen **Lungenkreislauf** (= kleiner Kreislauf), die hintereinandergeschaltet sind. Das Herz ist das übergeordnete Organ des Herz-Kreislauf-Systems und treibt den Kreislauf als Saug- und Druckpumpe an. Dementsprechend ist das Herz in 2 Hälften geteilt, die wiederum aus einem Vorhof (Atrium) und einer Kammer (Ventriculus) bestehen. Dabei wird das Blut vom Herz in **Arterien** gepumpt und über **Venen** wieder zum Herz zurückgeführt. Für diese Einteilung ist der Sauerstoffgehalt unerheblich! Im Körperkreislauf wird sauerstoffreiches Blut vom linken Ventrikel (Ventriculus sinister) über die Hauptschlagader (Aorta) und nachgeschaltete Arterien in die Peripherie geleitet, wo der Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxid aufgenommen wird. Das venöse Blut ist entsprechend sauerstoffarm und wird über die Venen zum Herz zurückgebracht, die sich vor ihrer Einmündung in den rechten Vorhof (At-

rium dextrum) zur oberen und unteren Hohlvene (Vv. cavae superior und inferior) vereinigen. Dieses Blut wird dann von der rechten Kammer (Ventriculus dexter) über den Truncus pulmonalis und die Lungenarterien in den Lungenkreislauf gepumpt, wo die erneute Sauerstoffaufnahme in das Blut und die Abatmung stattfinden. Die Lungenvenen bringen das sauerstoffreiche Blut wieder in den linken Vorhof (Atrium sinistrum), sodass der Kreislauf geschlossen ist. Da das Herz der Verteilung des Bluts im Körper dient, sind seine Funktionen mit denen des Bluts identisch. Die **wichtigsten Funktionen** des Herz-Kreislauf-Systems sind:

- Sauerstoff- und Nährstoffversorgung des Organismus (Transport von Atemgasen und Nährstoffen)
- Thermoregulation (Wärmetransport im Blut)
- Abwehrfunktion (Transport von Abwehrzellen und Antikörpern)
- Hormonelle Steuerung (Transport von Hormonen)
- Blutstillung (Transport von Blutplättchen und Gerinnungsfaktoren)

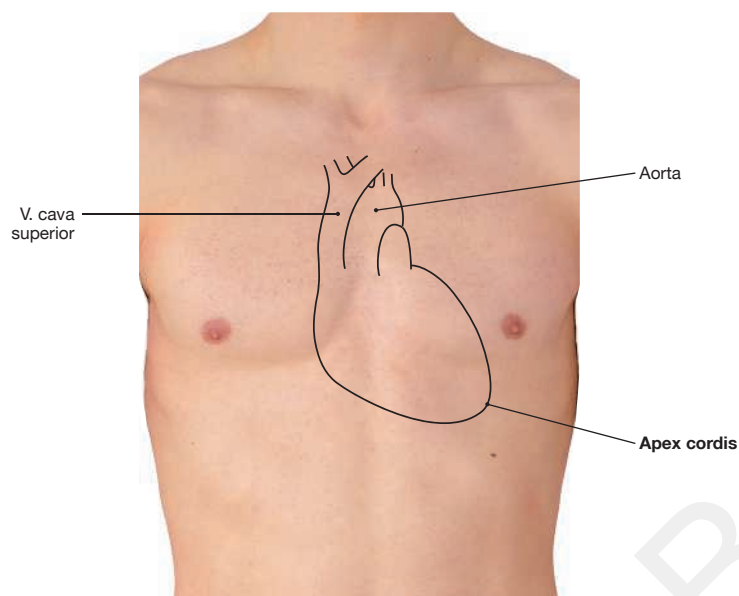


Abb.5.20 Projektion der Herzkontur auf die vordere Brustwand. Das Herz ist zur linken Seite verlagert und liegt daher nicht mittig in der Brusthöhle. [S700-J803/L126]

Der rechte Herzrand projiziert sich vom III.–VI. Rippenknorpel auf eine Linie 2 cm lateral vom rechten Sternalrand. **Der linke Herzrand** projiziert sich auf eine Verbindungslinie zwischen dem Unterrand der III. Rippe (2–3 cm parasternal) und der Medioklavikularlinie links.

ziert sich auf eine Verbindungslinie zwischen dem Unterrand der III. Rippe (2–3 cm parasternal) und der Medioklavikularlinie links.

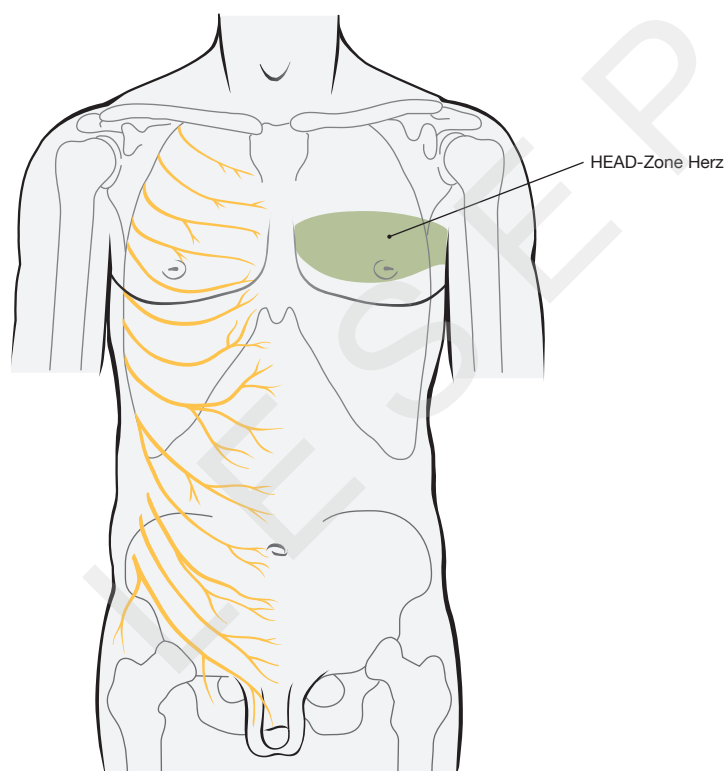


Abb.5.21 Zone des übertragenen Schmerzes (HEAD-Zone) des Herzens. [S700-L126]/[G1071]

Die afferenten Nervenbahnen aus dem Herz, über die Reize an das zentrale Nervensystem übermittelt werden, laufen in den jeweiligen Rückenmarksegmenten mit den Nervenfasern zusammen, die aus den zugeordneten Hautgebieten (Dermatomen) stammen. Beim Herz sind dies die **Dermatome T3 und T4**. Dieses organbezogene Hautareal, in dem der Schmerz wahrgenommen wird, bezeichnet man als **HEAD-Zone** des Herzens.

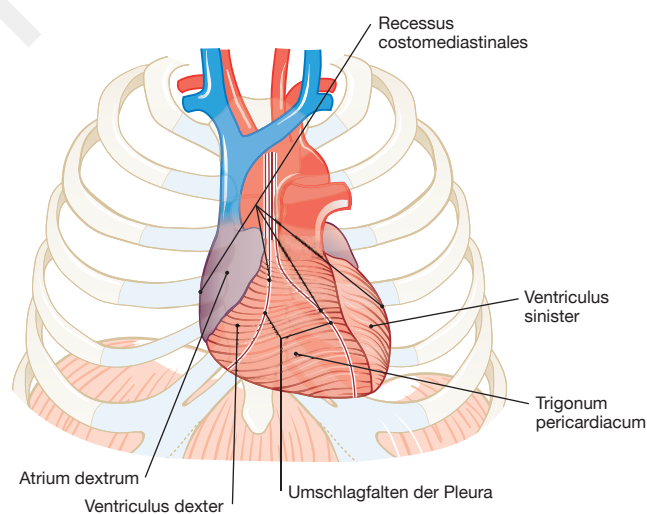


Abb.5.22 Projektion des Herzens auf den Thorax; Schemazeichnung. [S700-L126]/[B500-M282/L132]

Klinik

In der HEAD-Zone verursachen Erkrankungen des Herzens wie z.B. ein Durchblutungs-mangel bei **Angina pectoris** oder **Herzinfarkt** gelegentlich Schmerzen und Überempfindlichkeit bei Berührung, die in den entsprechenden Dermatomen T3 und T4 wahrgenommen werden (= übertragener Schmerz).

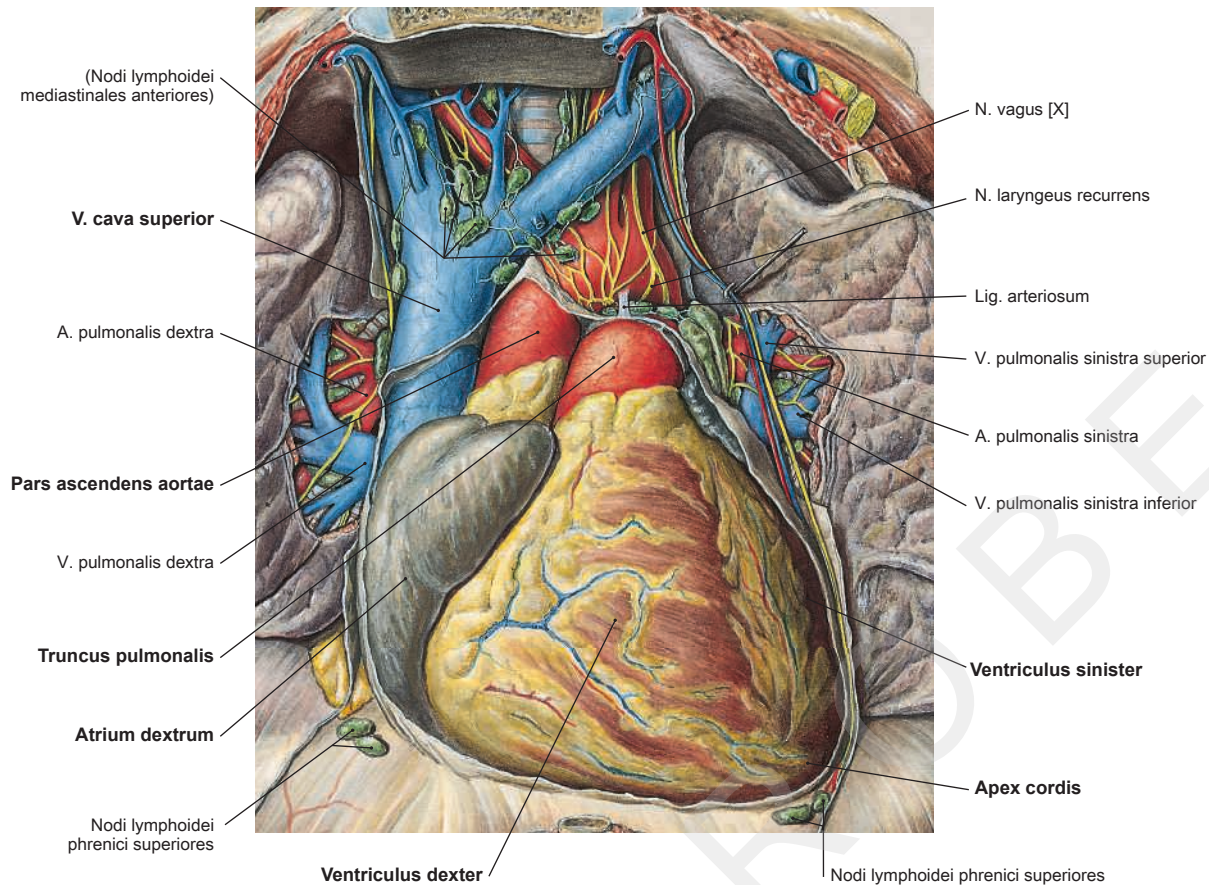


Abb. 5.23 Lage des Herzens, Cor, im Thorax, Situs cordis; Ansicht von ventral; nach Eröffnung des Herzbeutels. [S700]
Das Herz liegt in der Perikardhöhle (Cavitas pericardiaca) im unteren mittleren Mediastinum. Das Herz hat 4 Seiten. Die Vorderseite des Herzens (**Facies sternocostalis**) wird überwiegend vom rechten Ventrikel gebildet. Die Unterseite liegt dem Zwerchfell auf (**Facies diaphragma-**

tica) und besteht aus Anteilen des rechten und linken Ventrikels. Die Unterseite entspricht dabei klinisch der „Hinterwand“ in der EKG-Diagnostik, wenn z. B. von einem Hinterwandinfarkt die Rede ist. Die **Facies pulmonalis** wird rechts vom rechten Vorhof und links vom linken Ventrikel eingenommen.

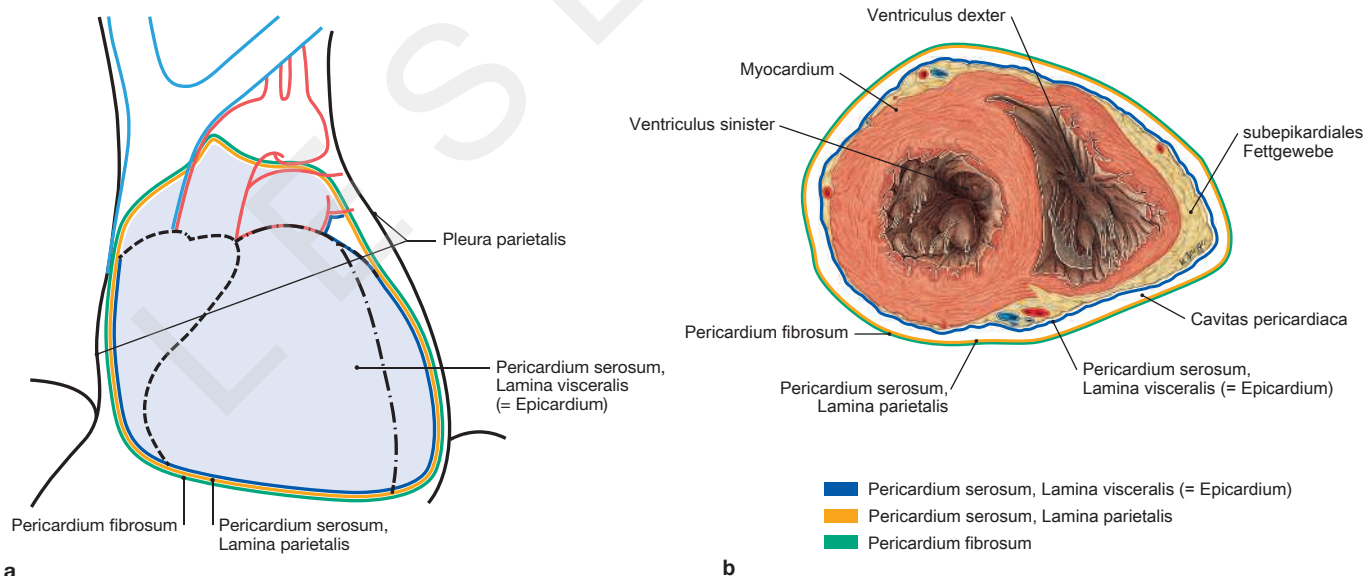


Abb. 5.24a und b Schichten des Herzbeutels, Pericardium; schematische Darstellung. [S701-L231]

a Ansicht von ventral.

b Querschnitt durch das Herz mit Ansicht von kaudal.

Die äußere Schicht des **Pericardium fibrosum** besteht aus straffem kollagenem Bindegewebe. Innen schließt sich eine Tunica serosa mit einem einschichtigen Verband aus Deckzellen (Mesothel) als **Pericardium serosum** an. Dabei liegt das parietale Blatt (Lamina parietalis) des

serösen Perikards direkt innen dem fibrösen Perikard auf. Oben geht es auf der Vorderseite des Herzens im Bereich der herznahen Abschnitte der großen Gefäße in das viszerale Blatt (Lamina visceralis) über, das die gesamte Oberfläche des Herzens bedeckt und die äußere Schicht der Herzwand, das **Epikard**, bildet. Daher liegen Aorta ascendens, Truncus pulmonalis und der letzte Abschnitt der V. cava superior innerhalb des Herzbeutels und damit definitionsgemäß im unteren mittleren Mediastinum.

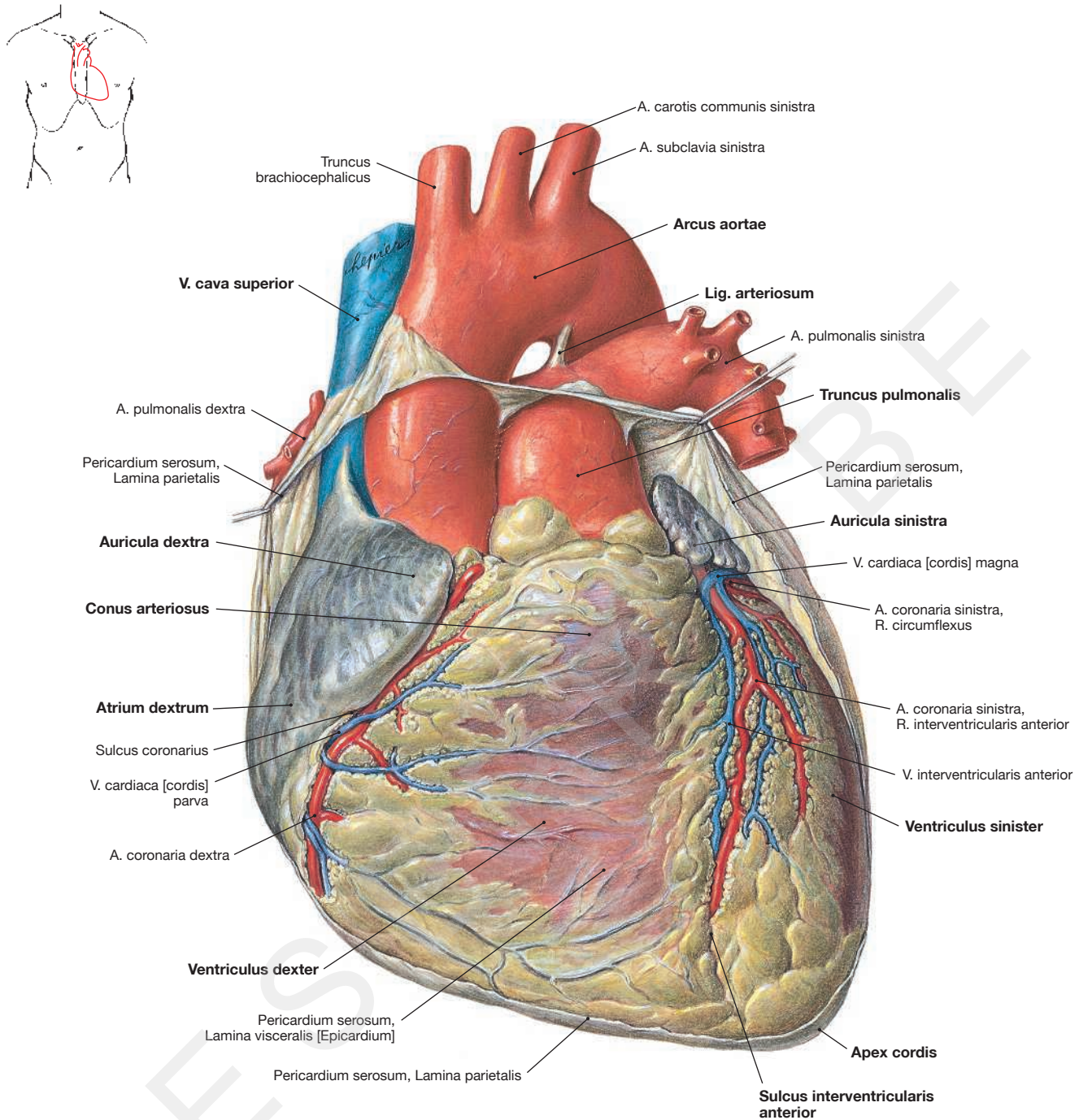


Abb. 5.25 Herz, Cor; Ansicht von ventral. [S700]

Das Herz wiegt 250–300g und hat ungefähr die Größe der Faust der betreffenden Person. Das Herz hat eine breite Basis, die nach oben rechts gerichtet ist und der Klappenebene am Ursprung der großen Gefäße entspricht. Sie stimmt mit der Lage des **Sulcus coronarius** überein, in dem unter anderem die A. coronaria dextra verläuft. Die Herzspitze (Apex cordis) weist nach links unten und vorne. Basis und Spitze werden durch die **Längsachse** (12 cm) verbunden, die im Thorax schräg von rechts dorsal oben nach links ventral unten verläuft und damit **mit allen 3 Raumebenen** einen **Winkel** von ca. 45° bildet. Das Herz besteht auf der rechten und linken Seite jeweils aus einer Kammer (Ventrikel) und einem Vorhof (Atrium). Auf der Vorderseite (Facies sternocostalis) ist die Lage der Herzscheidewand (Septum interventriculare) am **Sulcus interventricularis anterior** zu erkennen, in dem der

R. interventricularis anterior der A. coronaria sinistra verläuft. Auf der Unterseite (Facies diaphragmatica) liegt die Grenze der Ventrikel im **Sulcus interventricularis posterior** (→ Abb. 5.26). Der rechte Ventrikel ist vor dem Übergang in den Truncus pulmonalis zum Conus arteriosus erweitert. Der Ursprung der Aorta aus dem linken Ventrikel ist dagegen aufgrund des spiraligen Verlaufs der Aorta hinter dem Truncus pulmonalis von außen nicht erkennbar. Daher entspringt die Aorta rechts vom Truncus pulmonalis. Dieser ist mit dem Aortenbogen durch das Lig. arteriosum verbunden, das ein Relikt des Ductus arteriosus des Fetal-kreislaufs darstellt. Beide Vorhöfe weisen einen Blindsack auf, der als Herzohr (Auriculae dextra und sinistra) bezeichnet wird. In den rechten Vorhof münden die Vv. cavae superior und inferior, in den linken Vorhof die 4 Lungenvenen.

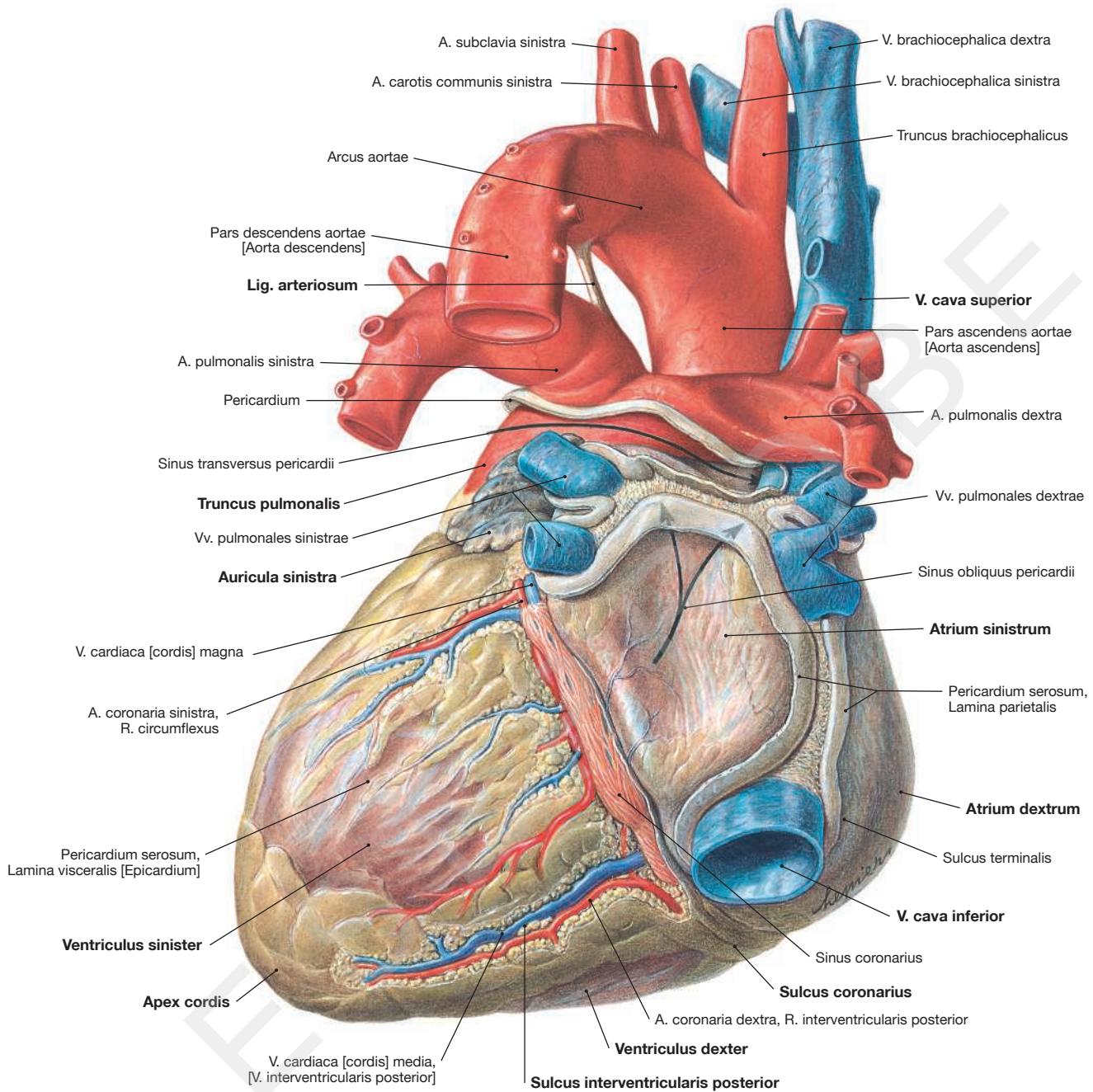


Abb. 5.26 Herz, Cor; Ansicht von dorsal (Erläuterung → Abb. 5.25). [S700]

Klinik

Die meisten Herzen, die man im Präparierkurs zu Gesicht bekommt, sind vergrößert. Dies deutet an, wie häufig Erkrankungen sind, die mit einer **Hypertrophie** (z. B. Hypertonie) oder **Dilatation** (z. B. Alkoholabusus, Viruserkrankungen, genetische Ursachen) des Herzens einhergehen.

Bei Leistungssportlern (durch Training, Anabolika) kann das Herzgewicht 500g erreichen. Dies wird als **kritisches Herzgewicht** angesehen, da ab diesem Gewicht eine ausreichende Durchblutung nicht gewährleistet ist und es zu Herzinfarkten kommen kann.

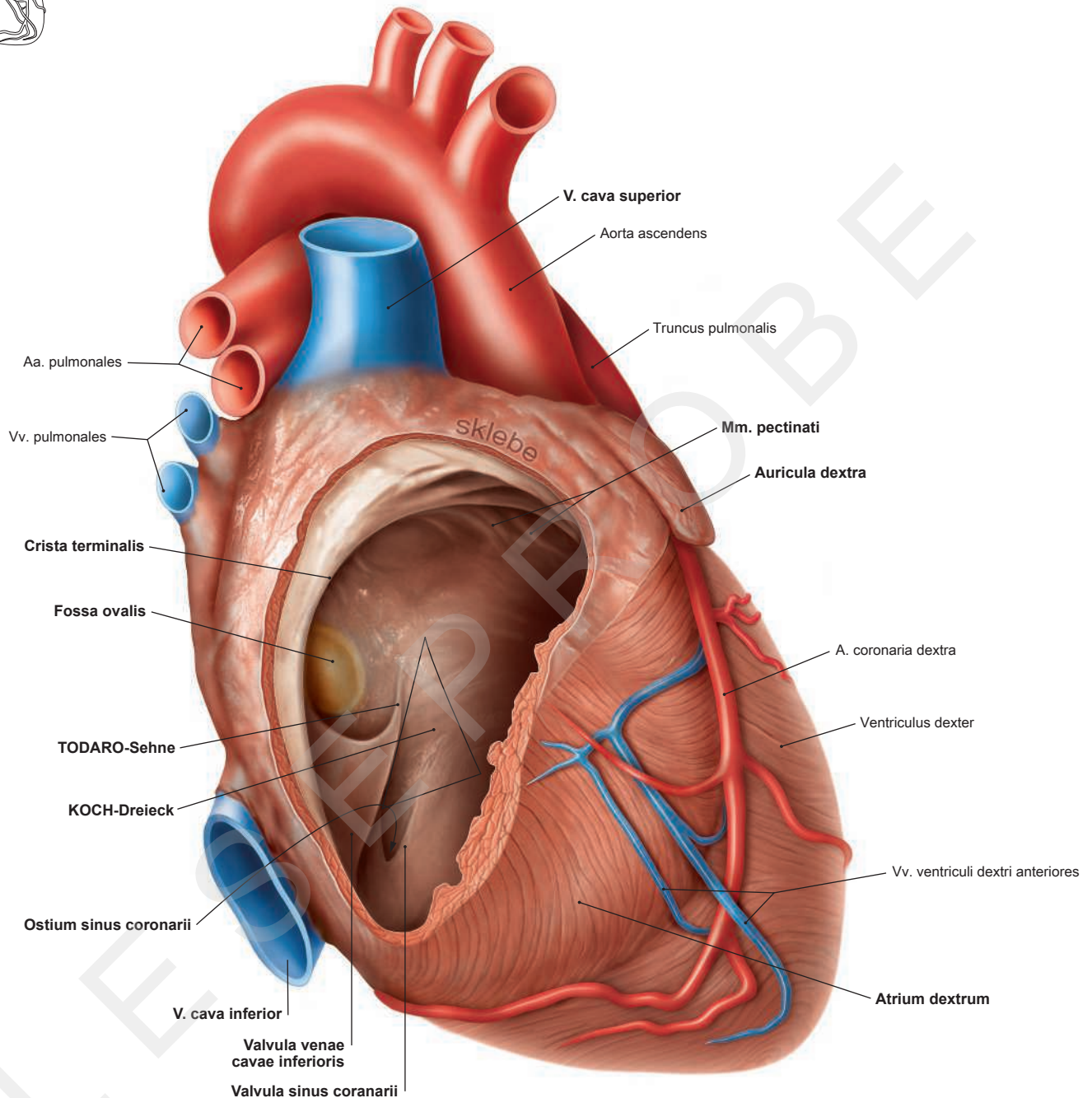
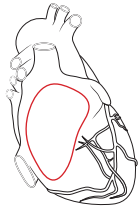


Abb. 5.27 Rechter Vorhof, Atrium dextrum; Ansicht von rechts nach Fensterung des rechten Vorhofs. [S700-L238]

Der **rechte Vorhof (Atrium dextrum)** ist die komplizierteste Herzhöhle, da in den rechten Vorhof verschiedene Gefäße einmünden und viele Strukturen im Innenrelief erkennbar sind. In den rechten Vorhof münden die obere und untere Hohlvene (**V. cava superior** und **V. cava inferior**) sowie der **Sinus coronarius**, der die große Herzvene darstellt. Die untere Hohlvene und der Sinus coronarius weisen jeweils eine sichelförmige Klappe auf, welche die Einmündung begrenzen (**Valvula venae cavae inferioris** und **Valvula sinus coronarii**). Die Klappe der unteren Hohlvene setzt sich als **TODARO-Sehne** (Tendo valvulae venae cavae

inferioris) fort, die unter dem Endokard in das Herzskelett einstrahlt. Die TODARO-Sehne und die Klappe des Sinus coronarius begrenzen zusammen mit dem septalen Segel der Atrioventrikularklappe das **KOCH-Dreieck**, in dem der AV-Knoten des Reizleitungssystems gelegen ist. In der Verlängerung der unteren Hohlvene ist die **Fossa ovalis** zu sehen, die ein Relikt des Fetalkreislaufs darstellt. Im Unterschied zu vielen anderen Darstellungen zeigt diese Abbildung sehr deutlich die **Crista terminalis**, die als kammartige Vorwölbung den glatten Abschnitt des Vorhofs zwischen den beiden Hohlvenen von dem mit **Mm. pectinati** besetzten Anteil abgrenzt. Vorne ist der Vorhof zum **rechten Herzohr (Auricula dextra)** ausgezogen.

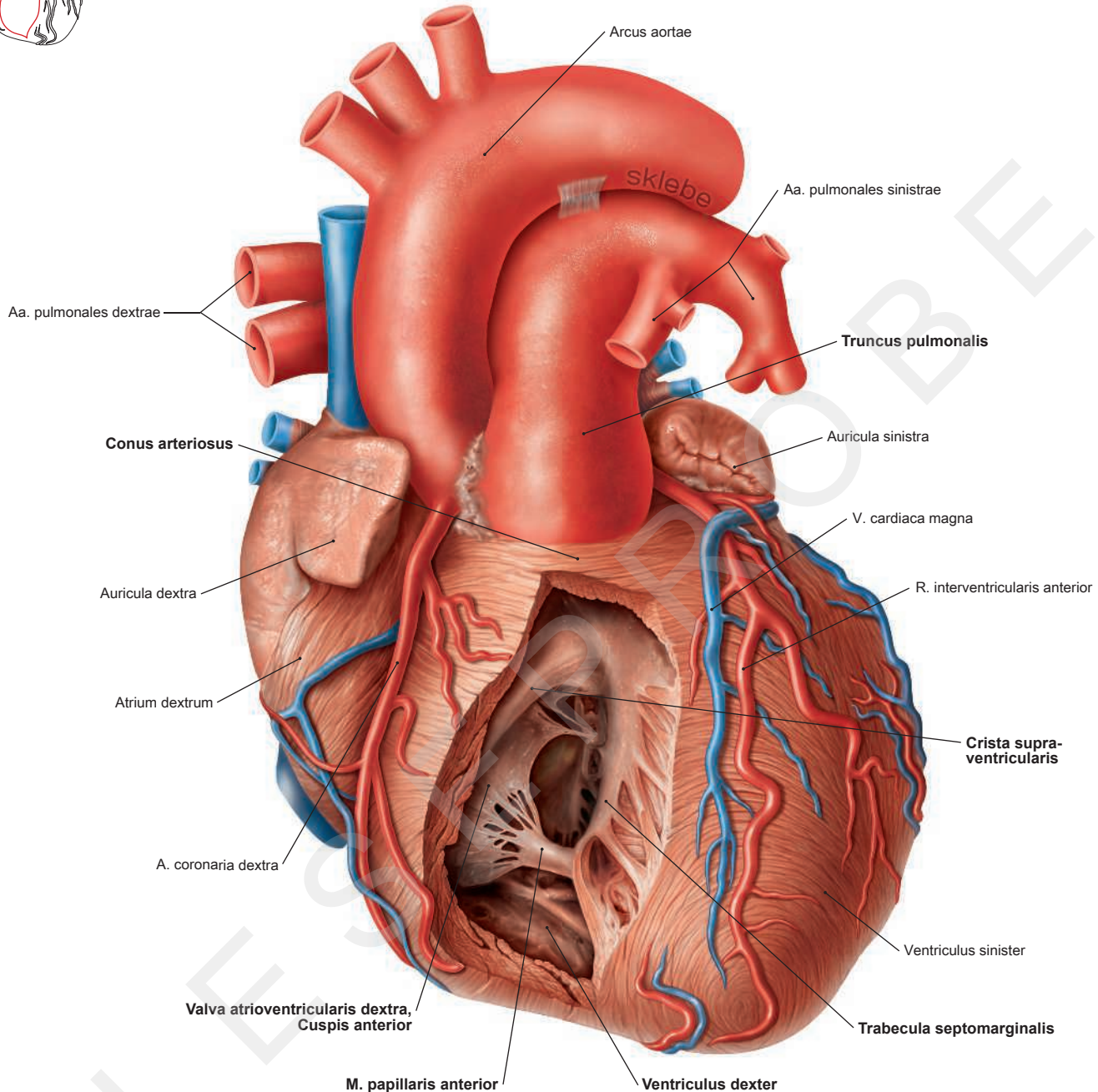
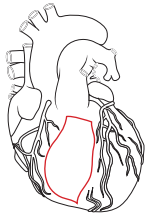


Abb. 5.28 Rechter Ventrikel, Ventriculus dexter; Ansicht von ventral nach Fensterung der rechten Kammer. [S700-L238]

Das Fenster im **rechten Ventrikel (Ventriculus dexter)** erlaubt es, die Strukturen auf der Innenseite darzustellen, ohne ihre Lage zu verändern. Die **rechte Atrioventrikularklappe (Valva atrioventricularis dextra)** stellt die Verbindung zum rechten Vorhof dar. Von dort strömt das Blut in den Ventrikel hinein (Einflussbahn) und gelangt dann unter Umlenkung um die wulstartige **Crista supraventricularis** in den erwei-

terten **Conus arteriosus** und weiter in den **Truncus pulmonalis** (Ausstrombahn).

Sehr gut erkennbar ist die **Trabecula septomarginalis** als Verbindung der Kammerscheidewand zum **vorderen rechten Papillarmuskel (M. papillaris anterior)**. In diesem Muskelbalken der Trabecula verlaufen Fasern des Reizleitungssystems (Moderator-Band von LEONARDO DA VINCI).

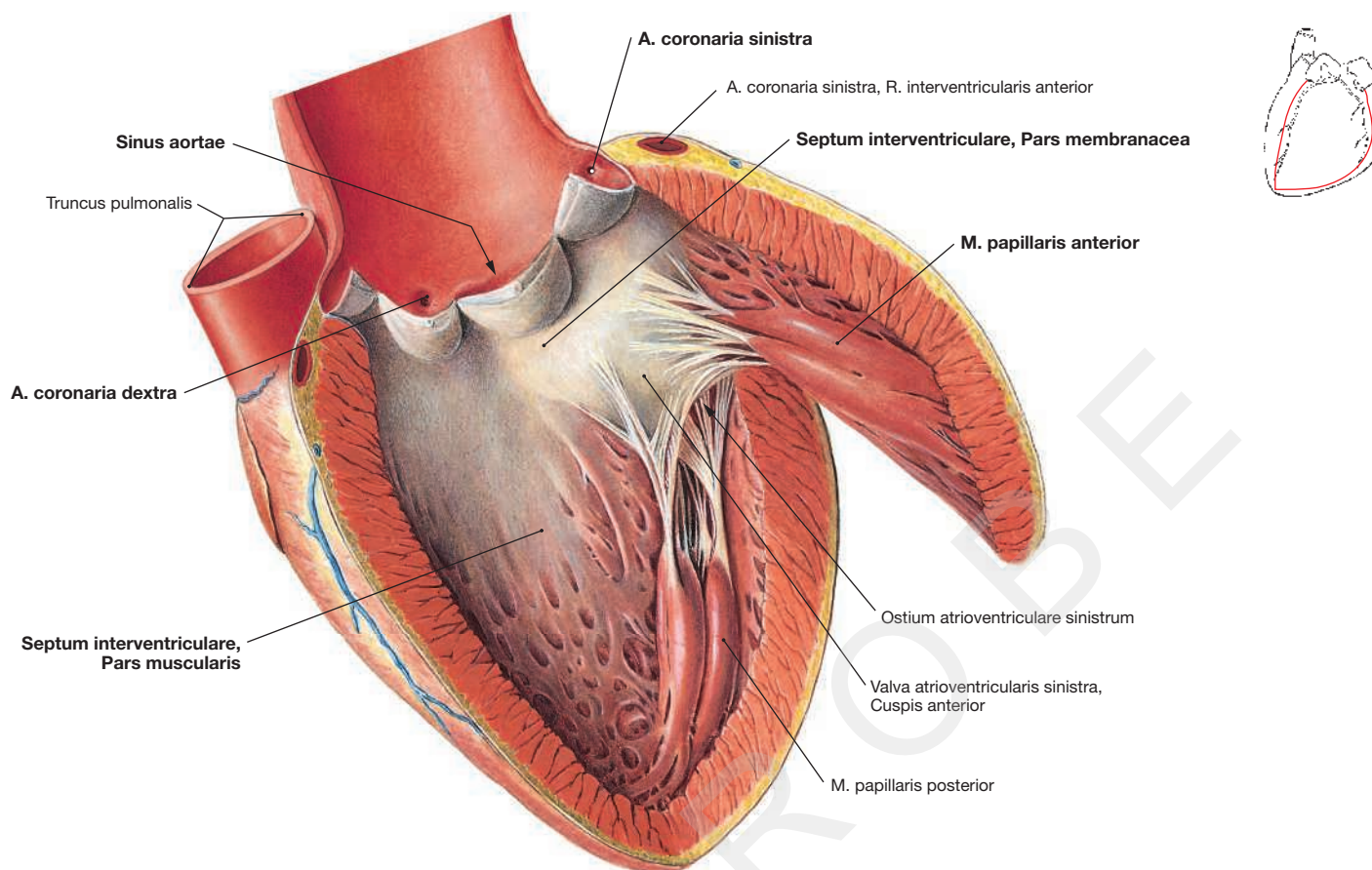


Abb. 5.29 Linke Kammer, Ventriculus sinister; Ansicht von lateral. [S700-L301]

Unter der linken Atrioventrikularklappe liegt das ca. 1 cm² große Areal der **Pars membranacea** des Ventrikelseptums. Der größte Teil der Herzscheidewand besteht dagegen aus Muskulatur (Pars muscularis).

Hinter den Taschenklappen der Aortenklappe liegen als Ausbuchtungen die **Sinus aortae (VALSALVIA)**, in denen rechts und links die beiden **Koronararterien** (Aa. coronariae dextra und sinistra) entspringen.

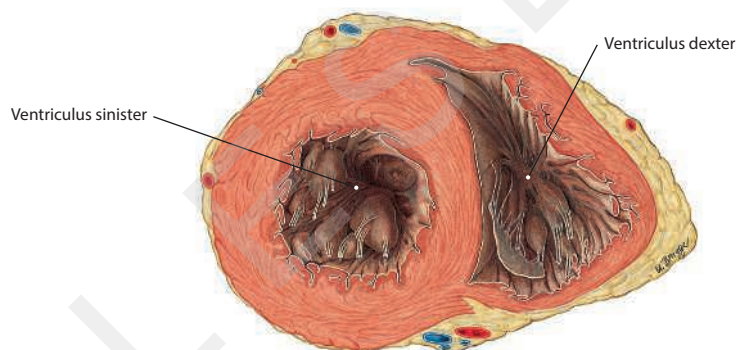


Abb. 5.30 Linke und rechte Kammer, Ventriculus sinister und Ventriculus dexter; Querschnitt, Ansicht von kranial. [S700-L301]

Die Wand des linken Ventrikels ist aufgrund der stärkeren Muskulatur viel dicker als die Wand des rechten Ventrikels. Die Anordnung der Herzmuskelzellen zeigt, dass das Septum interventriculare funktionell ein Teil des linken Ventrikels ist.

Klinik

Beim Abhören des Herzens mit dem Stethoskop (**Auskultation**) hört man an den verschiedenen Stellen **Herztöne**, die sich aus der Herzaktion ergeben:

- Der **1. Herzton** entsteht zu Beginn der Systole durch Ventrikelkontraktion und Zurückschlagen der Segelklappen.
- Der **2. Herzton** wird zu Beginn der Diastole durch Schluss der Taschenklappen hervorgerufen.

Herzgeräusche kommen dagegen beim Gesunden nicht vor und entstehen durch Fehlfunktion der Klappen. Sowohl Engstellen (Stenosen) als auch mangelnder Schluss (Insuffizienz) der Klappen können zu Geräuschen führen. Der Zeitpunkt des Geräuschs und die Lokalisation geben Aufschluss über die Fehlfunktion der jeweiligen Klappe.

Die Geräusche sind an den jeweiligen Auskultationsstellen der Klappen am lautesten. Wenn während der **Systole** (also zwischen dem 1. und 2. Herzton) ein Geräusch über einer **Segelklappe** auftritt, spricht dies für eine **Insuffizienz**, da die Klappe in dieser Phase geschlossen sein sollte. Ist das Geräusch in der **Diastole** über einer Segelklappe zu hören, deutet dies auf eine **Stenose** hin, da die Klappe in der Füllungsphase offen sein sollte. Bei den **Taschenklappen** verhält es sich genau **umgekehrt**. Stenosen können angeboren oder erworben (rheumatische Erkrankungen, bakterielle Endokarditis) sein. Insuffizienzen sind meist erworben und können auch durch Herzinfarkte bedingt sein, wenn die Papillarmuskeln geschädigt werden, die die Segelklappen verankern.

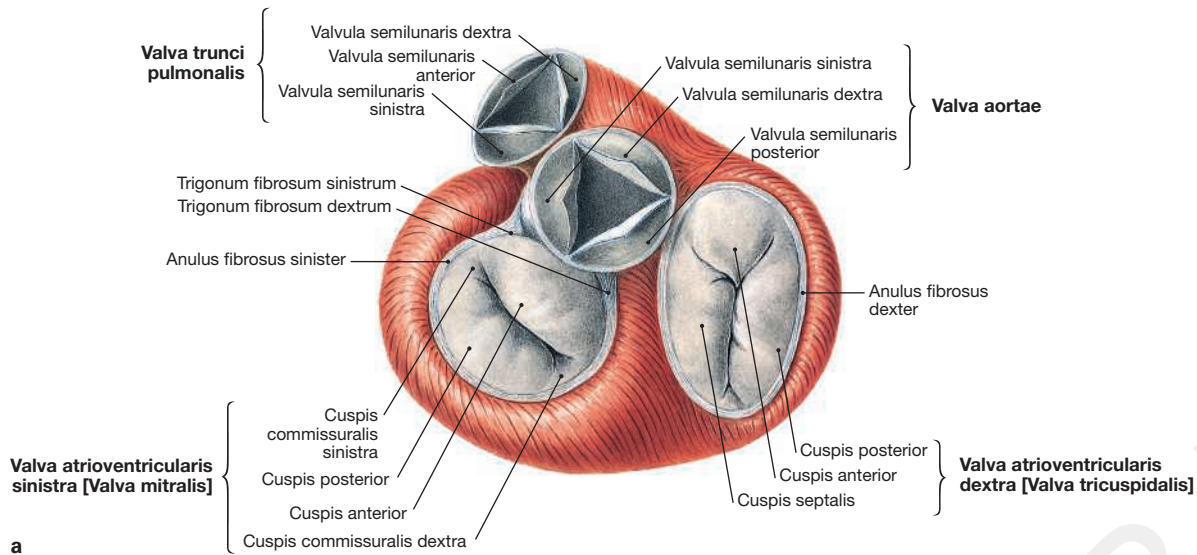


Abb. 5.31a und b Herzklappen, Valvae cordis; Ansicht von kranial; nach Entfernung von Vorhöfen, Aorta und Truncus pulmonalis.

a Ansicht mit geöffneten Taschenklappen während der Systole. [S700]

b Ansicht mit geöffneten Segelklappen während der Diastole. [S701-L285]

Das Herz besitzt 2 **Segelklappen** (Valvae cuspidales), je eine zwischen Vorhöfen und Kammern. Die rechte Atrioventrikularklappe (Valva atrioventricularis dextra) besteht aus 3 Segeln (**Trikuspidalklappe**). Die linke Atrioventrikularklappe (Valva atrioventricularis sinistra) setzt sich aus 2 Segeln zusammen (**Mitralklappe**). Beide Atrioventrikularklappen bestehen aus einer dünnen peripheren (atrialen) Zone und einer dickeren zentralen Koaptationszone, die für den dichten Klappenschluss verantwortlich ist. Die Segelklappen werden über Sehnenfäden (Chordae tendineae) an den Papillarmuskeln verankert, die ein Durchschlagen der Klappen verhindern. Daneben gibt es zwischen Ventrikeln und großen Gefäßen links die **Aortenklappe** (Valva aortae) und auf der rechten Seite die **Pulmonalklappe** (Valva trunci pulmonalis), die aus jeweils 3 Taschenklappen (Valvulae semilunares) gebildet werden. Die Taschenklappen weisen an den Verschlussrändern als Verstärkung eine halbmondförmige Lunula mit einem zentralen knötchenförmigen Nodus auf. In der Austreibungsphase der **Systole**, in der das Blut aus den Ventrikeln in die großen Gefäße ausgeworfen wird, sind die **Taschenklappen geöffnet** und die Segelklappen geschlossen. In der Füllungsphase der **Diastole** sind die **Segelklappen offen**, um das Blut aus den Vorhöfen in die Ventrikel aufzunehmen. Die Taschenklappen sind geschlossen.

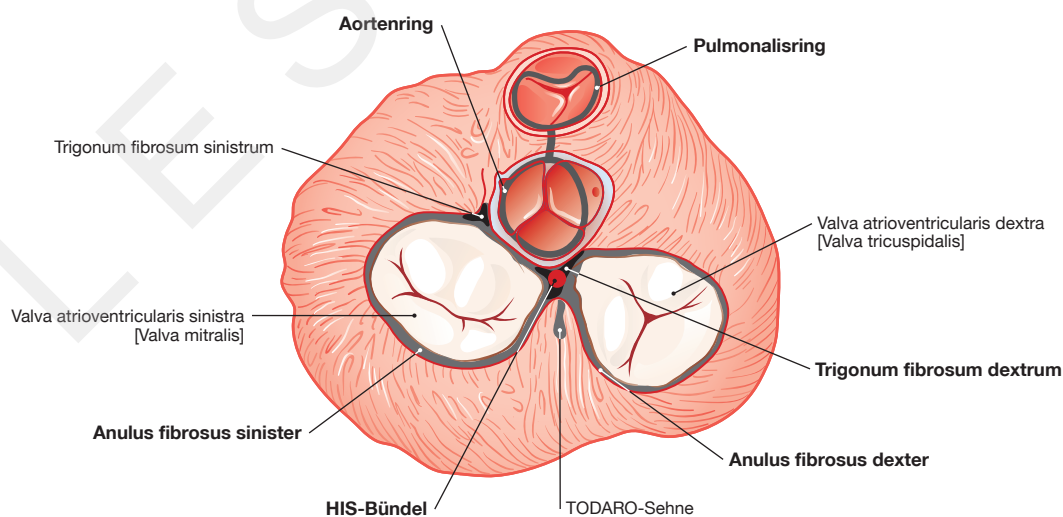
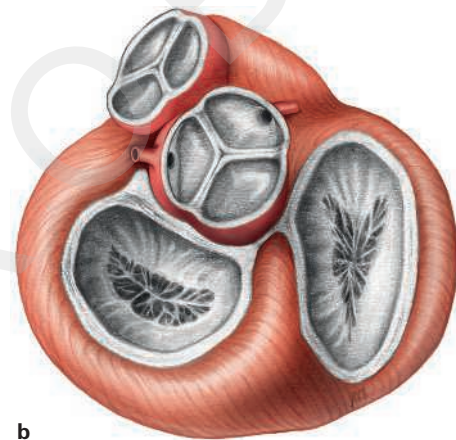


Abb. 5.32 Herzskelett; Ansicht von kranial, schematische Darstellung. [S700-L126]/[B500-M282/L132]

Die Herzklappen sind am Herzskelett fixiert. Dieses besteht aus Bindegewebe, das jeweils einen Ring (Anuli fibrosi dexter und sinister) um die Atrioventrikularklappen (Valvae atrioventriculares) sowie einen Faserring um die Taschenklappen bildet. Zwischen den Anuli fibrosi liegt das Trigonum fibrosum dextrum, durch das das HIS-Bündel des Reiz-

leitungssystems vom rechten Vorhof in das Interventrikularseptum übertritt. Neben der **Stabilisierung der Herzklappen** dient das Herzskelett auch der **elektrischen Isolierung der Vorhöfe und Kammern**, da alle Herzmuskelzellen am Herzskelett befestigt sind und damit nicht von den Vorhöfen auf die Kammern übergreifen. Damit wird die Erregung nur über das HIS-Bündel auf die Kammern fortgeleitet.

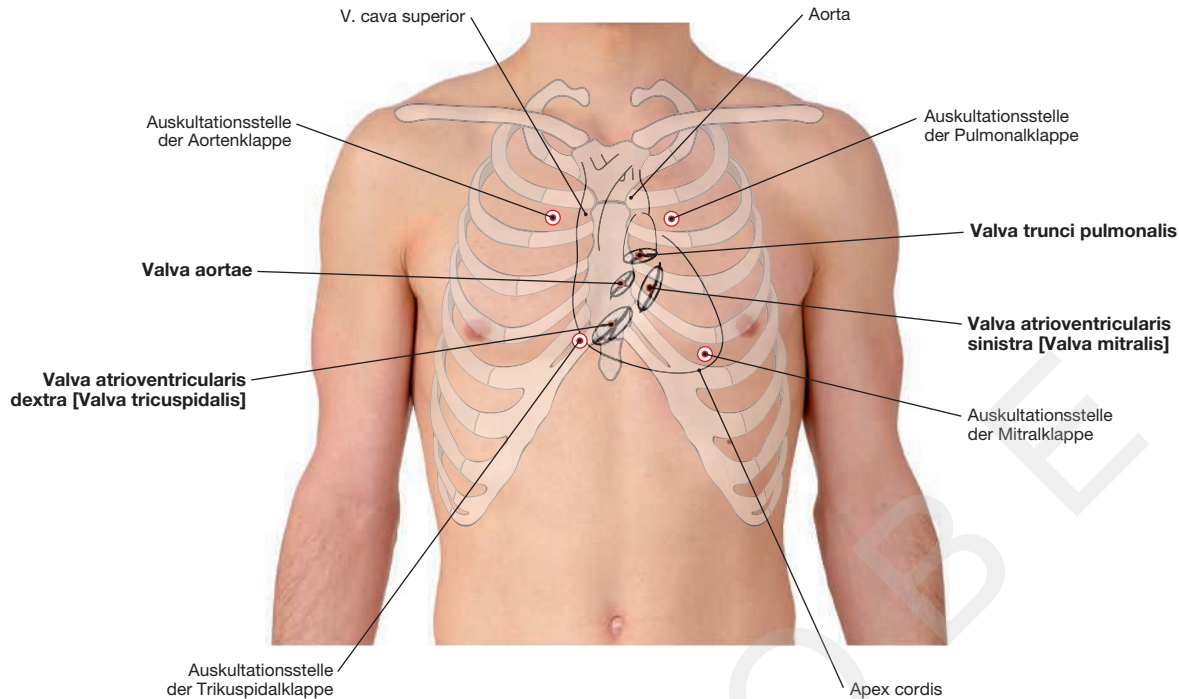


Abb. 5.33 Projektion der Herzklappen und der Auskultationsstellen auf die vordere Brustwand. [S701-J803/L126]
Die **Projektion der 4 Herzklappen** bildet ein leicht aus der Medianebene nach links verschobenes Kreuz. Die Projektion der Klappen ist von

untergeordneter praktischer Bedeutung, da die im Bereich der Klappen entstehenden Herztöne und ggf. die Herzgeräusche mit dem Blutstrom zu den Auskultationsstellen fortgeleitet werden, an denen das Herz abgehört (auskultiert) wird.

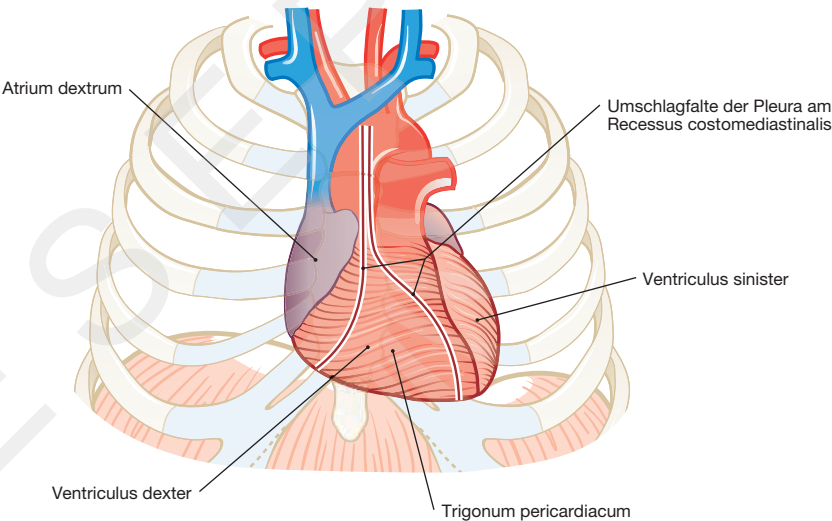


Abb. 5.34 Projektion des Herzens auf den knöchernen Brustkorb; Ansicht von ventral. [S701-L126]/[B500-L240~M282]

Der rechte Vorhof weist nach rechts, während der rechte Ventrikel vorne und damit direkt hinter dem Sternum gelegen ist. Der linke Vorhof und der linke Ventrikel liegen auf der linken Körperseite.

Projektions- und Auskultationsstellen der Herzklappen		
Herzklappe	Projektionsstellen	Auskultationsstellen
Pulmonalklappe	linker (!) Sternalrand, III. Rippenknorpel	2. ICR links parasternal
Aortenklappe	linker Sternalrand, 3. ICR	2. ICR rechts parasternal
Mitralklappe	IV.–V. Rippenknorpel links	5. ICR links in der Medioklavikularlinie
Trikuspidalklappe	hinter dem Sternum, V. Rippenknorpel	5. ICR rechts parasternal
ICR = Zwischenrippenraum		

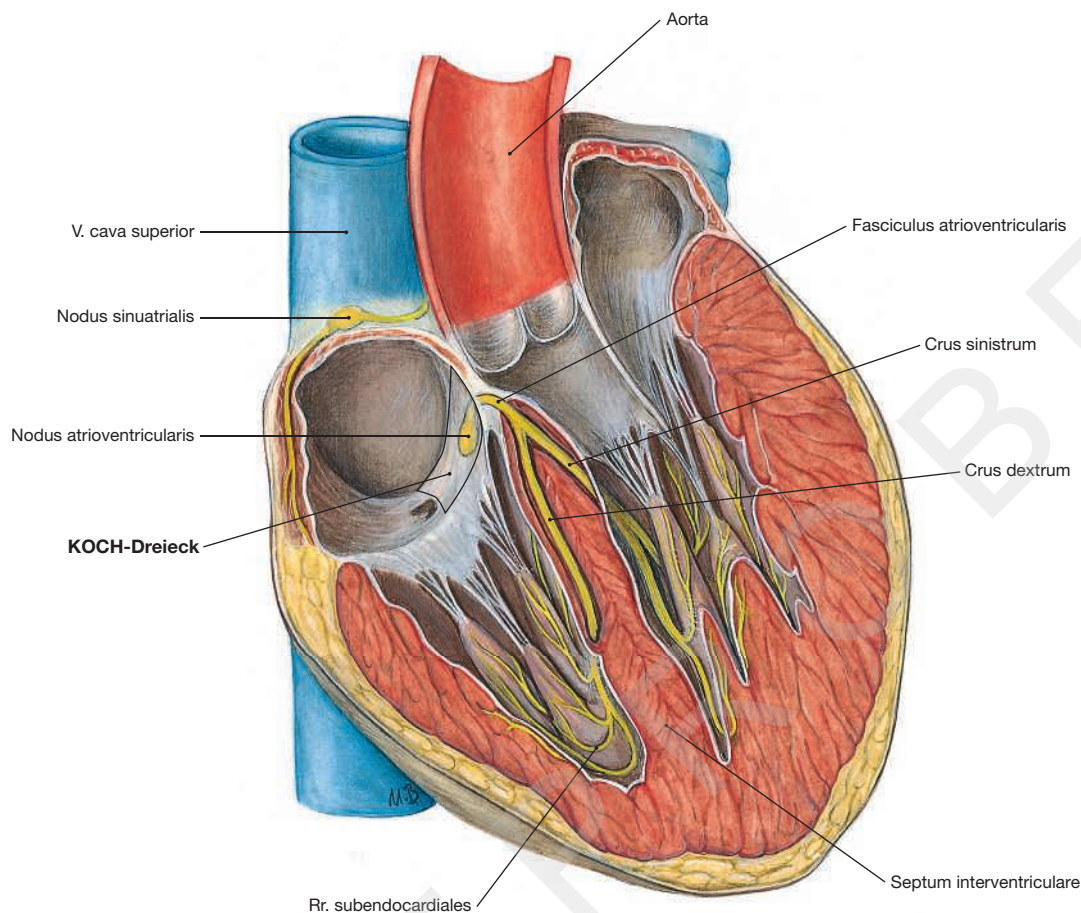


Abb. 5.35 Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem entlang der Herzachse am aufgeschnittenen Herzen. [S700-L301]

Das Herz hat ein Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem, das aus modifizierten Herzmuskelzellen (keine Nervenfasern!) aufgebaut ist. Es gliedert sich in 4 Abschnitte:

- **Sinusknoten** (Nodus sinuatrialis, KEITH-FLACK-Knoten)
- **AV-Knoten** (Nodus atrioventricularis, ASCHOFF-TAWARA-Knoten)
- **Atrioventrikulärbündel** (Fasciculus atrioventricularis, HIS-Bündel)
- **Kammerschenkel** (Crura dextrum und sinistrum, TAWARA-Schenkel)

Die Erregung entsteht selbstständig im Sinusknoten durch spontane Depolarisation der Muskelzellen mit einer Frequenz von ca. 70/min. Der **Sinusknoten** ist ca. 3×10 mm groß und liegt in der Wand des rechten Vorhofs subepikardial zwischen der Einmündung der V. cava superior und dem rechten Herzhorn in einer Rinne (Sulcus terminalis cordis), der innen die Crista terminalis entspricht. Manchmal ist er von subepikardialen Fett bedeckt, sodass er mit dem bloßen Auge sichtbar ist. Zum Sinusknoten zieht eine eigene Arterie (R. nodi sinuatrialis), die meist aus der A. coronaria dextra entspringt. Vom Sinusknoten wird die Erregung über das Myokard des Vorhofs zum AV-Knoten geleitet, der sie geringfügig verzögert, um eine ausreichende Füllung der Ventrikel zu ermöglichen.

Der **AV-Knoten** ist ca. 5×3 mm groß und liegt an der Spitze des KOCH-Dreiecks, eingebettet in das Myokard des atrioventrikulären Septums. Das KOCH-Dreieck wird von der TODARO-Sehne, der Einmündung des Sinus coronarius und dem septalen Segel der Trikuspidalklappe begrenzt. Auch der AV-Knoten besitzt eine eigene Arterienversorgung (R. nodi atrioventricularis), die der dominanten Arterie (meist der A. coronaria dextra) am Abgang des R. interventricularis posterior entspringt. Vom AV-Knoten aus wird die Erregung vom **HIS-Bündel** (ca. 4×20 mm), das durch das Trigonum fibrosum dextrum hindurchtritt, in das Kammerseptum weitergeleitet.

In der Pars membranacea des Septums teilt sich das HIS-Bündel in die **Kammerschenkel**. Der linke TAWARA-Schenkel verzweigt sich in einen vorderen, einen septalen und einen hinteren Faszikel zu den jeweiligen Abschnitten des Myokards einschließlich der Papillarmuskeln sowie zur Herzspitze. Der rechte Schenkel steigt subendokardial im Septum zur Herzspitze ab und erreicht den vorderen Papillarmuskel über die Trabecula septomarginalis (→ Abb. 5.37).

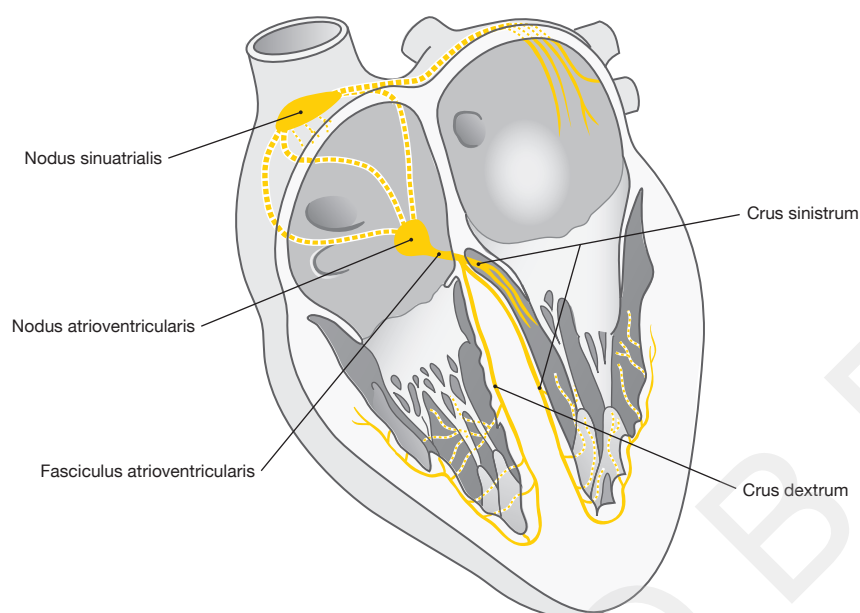


Abb. 5.36 Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens; schematische Darstellung. [S700-L126]

Die gestrichelten Linien im Bereich der Vorhöfe deuten an, dass die Erregungsausbreitung hier nicht über spezialisiertes Herzmuskelgewebe, sondern durch das normale Arbeitsmyokard geschieht.

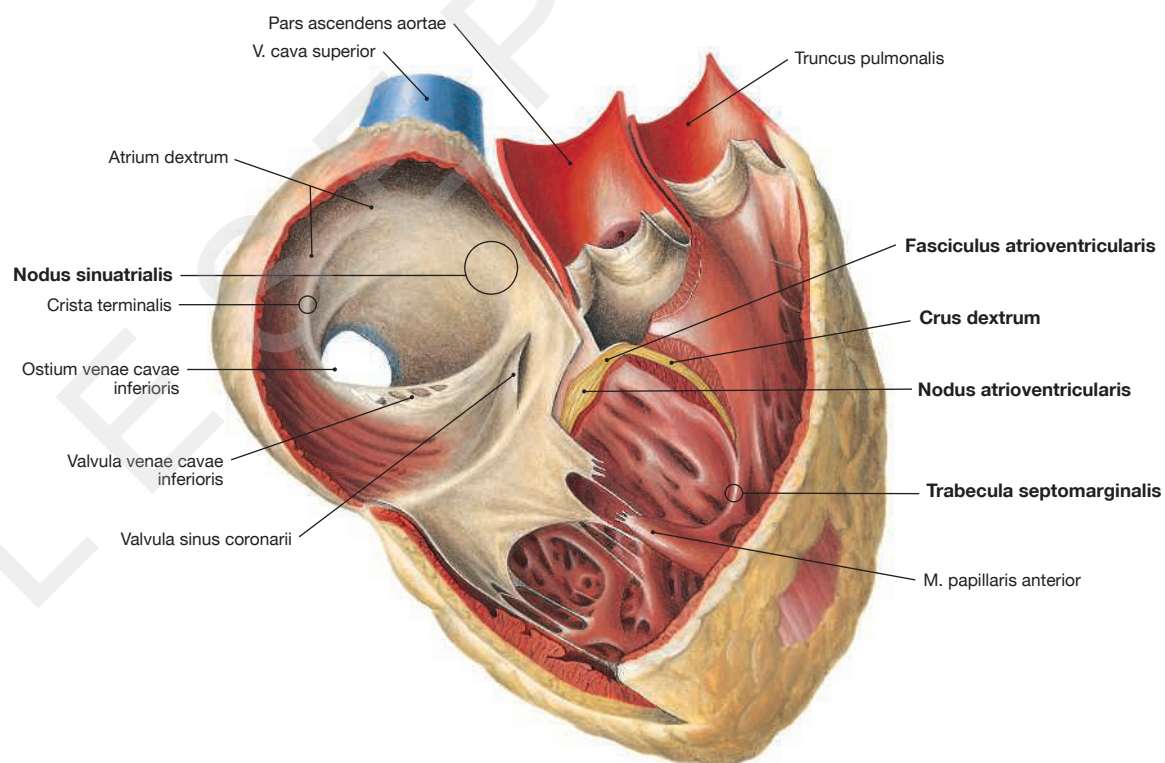


Abb. 5.37 Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens. [S700-L301]
Das Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem gliedert sich in **4 Abschnitte** (→ Abb. 5.35).

In der Abbildung ist gut sichtbar, wie ein Teil des rechten Kammerchenkels (**Crus dextrum**) über die **Trabecula septomarginalis** den rechten vorderen Papillarmuskel erreicht.

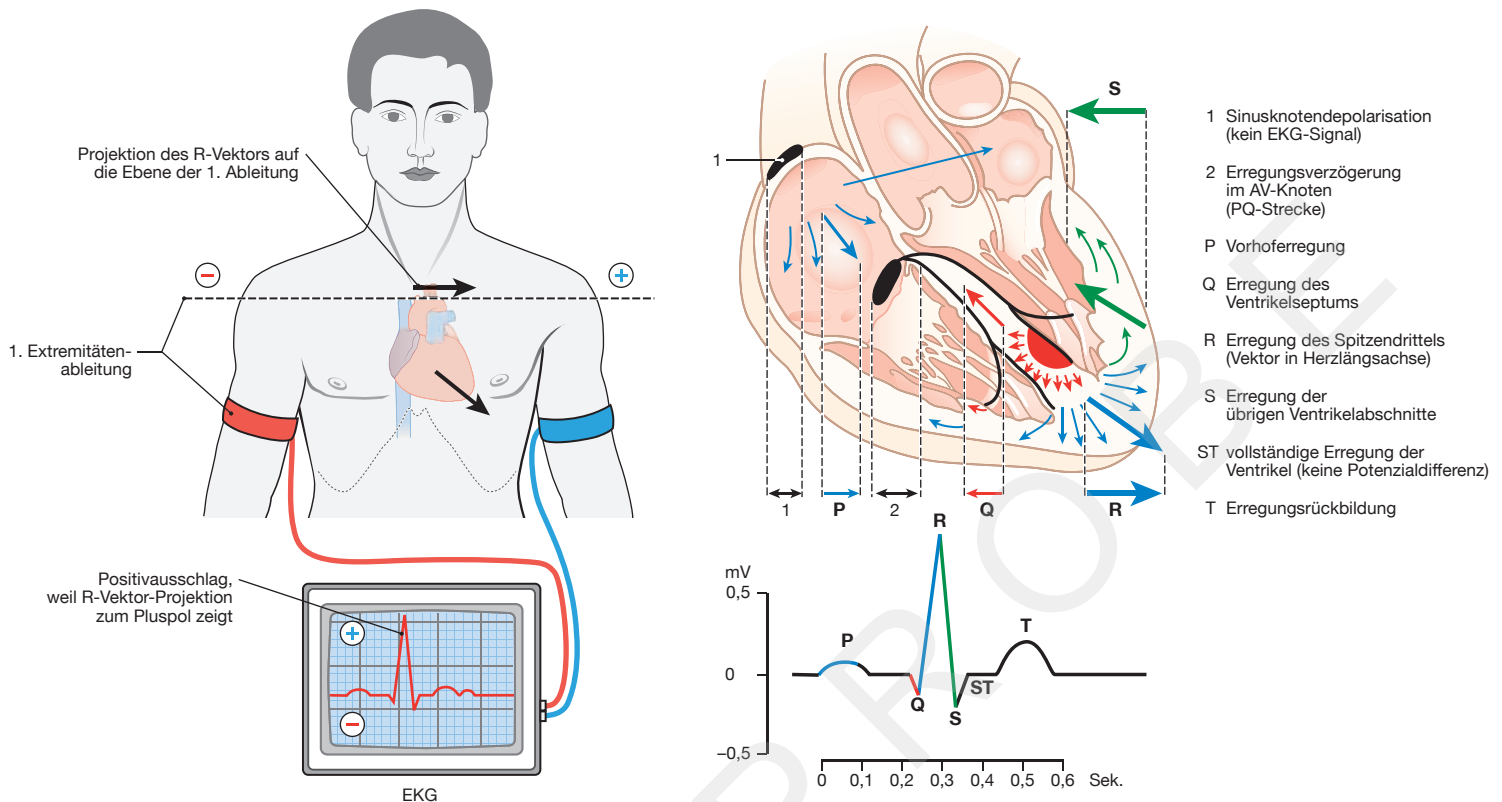


Abb. 5.38 Anatomische Grundlagen des Elektrokardiogramms (EKG). [S700-L126]/[B500-M282/L132, Feldlinien oben/H368-003]

Die Erregung breitet sich vom Sinusknoten aus und wird nach Leitungsverzögerung im AV-Knoten durch das HIS-Bündel auf das Kammerseptum übertragen. Die Kammerschenkel verzweigen sich und erregen schließlich die Ventrikelmuskulatur. Diese Erregungsausbreitung lässt sich durch Elektroden an der Körperoberfläche ableiten. Wenn die Erregung auf die Elektroden an der Körperoberfläche zuläuft, kommt es zu einem positiven Ausschlag nach oben. Die Sinusknoten-Erregung ist aufgrund des geringen Volumens des Knotens nicht erkennbar. Der Erregung der Vorhöfe entspricht die **P-Welle**. Die Erregungsverzögerung im AV-Knoten fällt in die PQ-Strecke, in der das gesamte Vorhofmyokard erregt ist und daher keine Potenzialänderung nachweisbar ist. Die **Q-**

Zacke ergibt sich durch eine kurzfristige rückläufige Erregungsausbreitung im Ventrikelseptum. Der aufsteigende Schenkel der **R-Zacke** entsteht durch die Erregungsausbreitung zur Herzspitze, der absteigende Schenkel und die **S-Zacke** durch die Ausbreitung von der Herzspitze weg. Während der ST-Strecke ist das gesamte Ventrikelmyokard erregt. Da die Erregungsrückbildung in umgekehrter Reihenfolge abläuft, ergibt sich für die **T-Welle** wieder ein positiver Ausschlag im EKG. Da typischerweise mindestens 3 Extremitätenableitungen aufgenommen werden, lässt sich aus der Ableitung mit der größten R-Zacke die elektrische Herzachse und damit der Lagetyp bestimmen. Die elektrische Herzachse ist allerdings nicht mit der anatomischen Herzachse identisch, da auch die Muskelmasse der beiden Ventrikel und die Erregbarkeit des Gewebes einen Einfluss haben.

Klinik

Mit dem EKG lassen sich **Herzrhythmusstörungen** nachweisen, bei denen das Herz zu schnell (**Tachykardie, > 100/min**), zu langsam (**Bradykardie, < 60/min**) oder einfach unregelmäßig (**Arrhythmie**) schlägt. Daneben beeinflussen aber auch Durchblutungsstörungen bei koronarer Herzkrankung (z. B. Herzinfarkt) und andere Erkrankungen, wie Entzündungen des Myokards, die Erregungsausbreitung. Das EKG ist für den Nachweis von Herzinfarkten von besonderer Bedeutung.

Wenn Vorhoffasern den AV-Knoten umgehen und direkt an das HIS-Bündel oder die Kammermuskulatur Anschluss erhalten (KENT-Bündel), kann es ebenfalls zu Herzrhythmusstörungen kommen (**WOLFF-PARKINSON-WHITE-Syndrom**). Wenn diese Rhythmusstörungen unangenehm symptomatisch werden und sich nicht medikamentös behandeln lassen, müssen die akzessorischen Leitungsbündel per Herzkatheter unterbrochen werden.

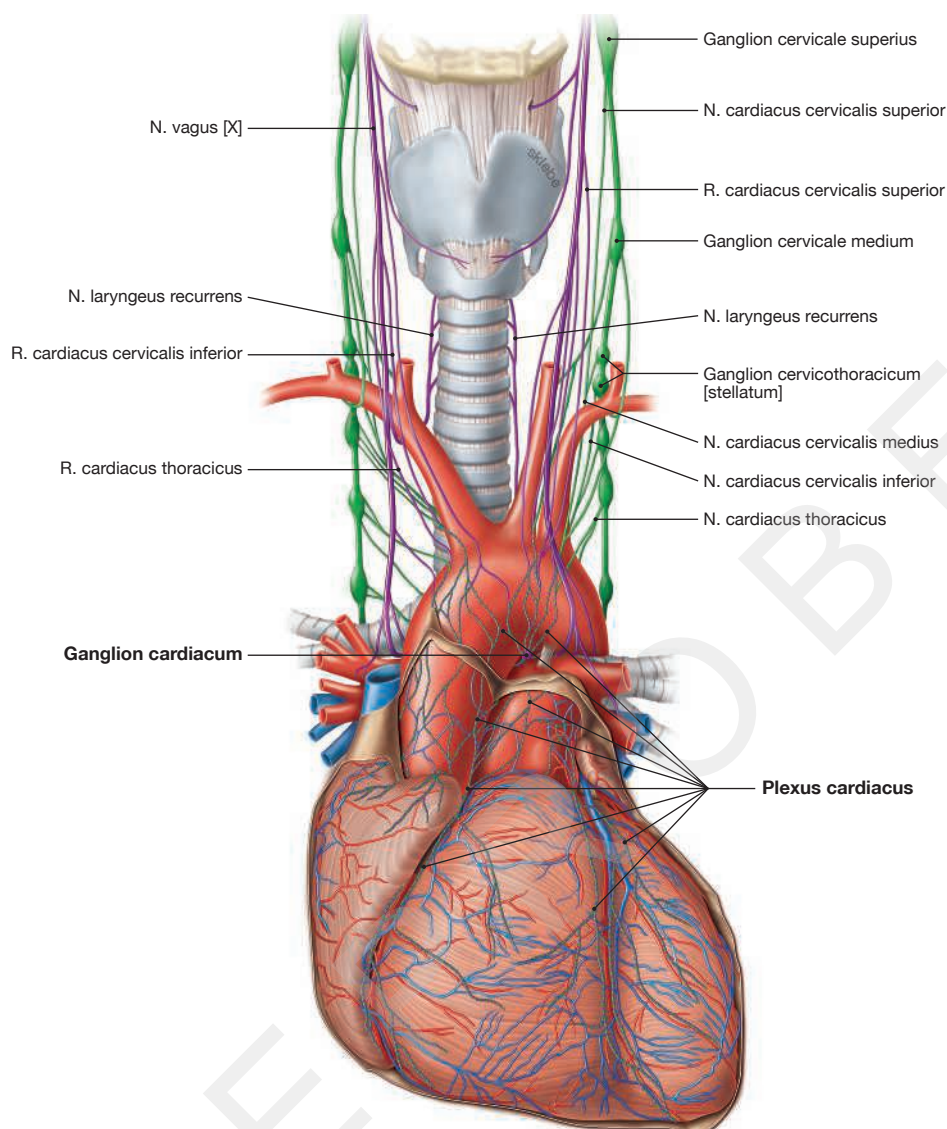


Abb. 5.39 Innervation des Herzens: Plexus cardiacus mit sympathischen (grün) und parasympathischen (violett) Nervenfasern; schematische Darstellung. [S700-L238]

Die Funktion des Erregungsleitungssystems und des Arbeitsmyokards kann durch vegetative Innervation an die Bedürfnisse der Leistungsfähigkeit des gesamten Körpers angepasst werden. Dieser Teil des vegetativen Nervensystems ist der **Plexus cardiacus**, der sowohl sympathische als auch parasympathische Nervenfasern enthält. Bei den **sympathischen Fasern** handelt es sich um postganglionäre Nervenfasern, deren Zellkörper (Perikarya) in den Halsganglien des Grenzstrangs (Truncus sympathicus) lokalisiert sind und den Plexus cardiacus über 3 Nerven (Nn. cardiaci cervicales superior, medius und inferior) erreichen. Der **Sympathicus** steigert die Herzfrequenz (positiv chronotrop), die Erregungsleitung (positiv dromotrop) und die Erregbarkeit (positiv

bathmotrop) der Herzmuskelfasern. Daneben wird auch die Kontraktionskraft erhöht (positiv inotrop), die Erschlaffung beschleunigt (positiv lusitrop) und der Zusammenhalt der Zellen gesteigert (positiv adhäsotrop). Der **Parasympathicus** wirkt negativ chrono-, dromo- und bathmotrop und auch negativ inotrop. Während lange Zeit beschrieben wurde, dass nur die Vorhöfe parasympathisch innerviert wären, ist inzwischen eindeutig geklärt, dass das Myokard aller 4 Herzhöhlen von vagalen Fasern erreicht werden.

Die **parasympathischen Nervenfasern** sind präganglionäre Nervenfasern aus dem N. vagus [X] und erreichen als Rr. cardiaci cervicales superior und inferior bzw. als Rr. cardiaci thoracici den Plexus cardiacus, wo sie in bis zu 500 meist mikroskopisch kleinen Ganglien (Ganglia cardiaca) auf postganglionäre Neurone verschaltet werden.

Klinik

Ein erhöhter Sympathikotonus, z. B. durch Stress bedingt, geht mit einer erhöhten Herzfrequenz (**Tachykardie**) und einer Steigerung des Blutdrucks (**Hypertonie**) einher. Auch eine Schädigung der parasympathischen Nervenfasern kann zu einer Tachykardie führen. Die

Steigerung der Herzleistung erhöht den Sauerstoffbedarf der Herzmuskelzellen und kann bei Verengung der Herzkranzgefäße (koronare Herzkrankheit) zu Angina pectoris und Herzinfarkten führen.

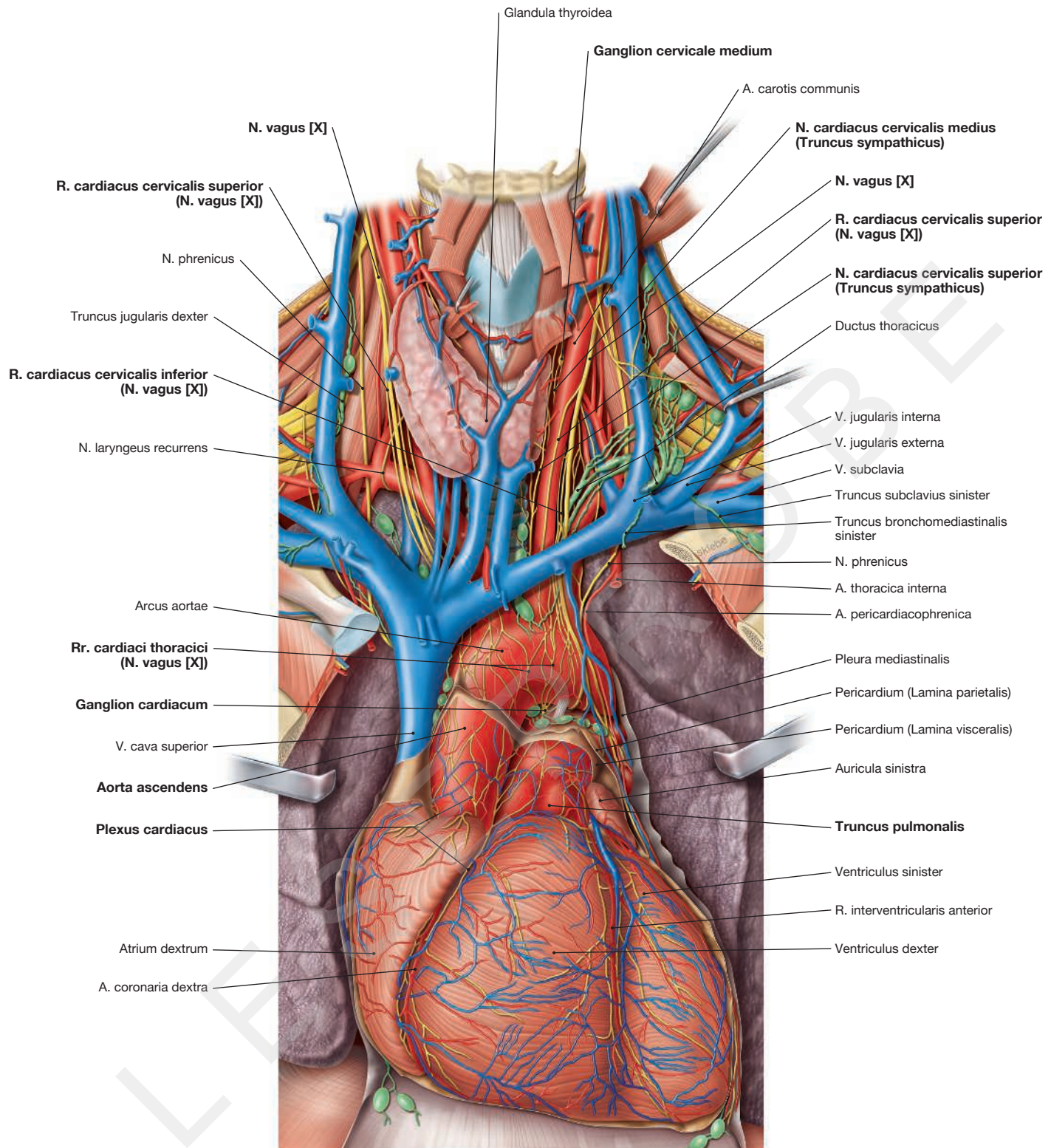


Abb. 5.40 Plexus cardiacus in situ; die vordere Brustwand ist entfernt, das Mediastinum und der Herzbeutel wurden eröffnet, um das Herz freizulegen; Ansicht von ventral. [S700-L238]/[Q300], S. Klebe aus Paulsen/Waschke. Sobotta Atlas der Anatomie. 25. A. 2022 nach Vorlage des Pernkopf-Archivs © Elsevier GmbH
Die Abbildung zeigt einen Blick auf das obere (Mediastinum superius) sowie das untere mittlere Mediastinum (Mediastinum medium). Zentral ist die Darstellung des **Plexus cardiacus** in seiner natürlichen Lage (in situ) einschließlich des Verlaufs der vegetativen Neurone. Die postganglionären **sympathischen Neurone** ziehen als **Nn. cardiaci cervicales superior, medius und inferior** vom Grenzstrang (Truncus sympathicus) zum Plexus cardiacus. Der oberflächliche, anteriore Abschnitt

des Plexus breitet sich vorne auf der Aorta ascendens und dem Truncus pulmonalis aus. Dann folgen die Neurone zunächst den Ästen der Herzkranzgefäße und breiten sich von dort auf die Oberfläche des Herzens aus. Bei den **parasympathischen Neuronen** handelt es sich dagegen um präganglionäre Nervenfasern aus dem N. vagus [X] und seinem N. laryngeus recurrens. Sie erreichen als **Rr. cardiaci cervicales superior und inferior** bzw. als **Rr. cardiaci thoracici** den Plexus cardiacus, wo sie in bis zu 500 meist mikroskopisch kleinen Ganglien (**Ganglia cardiaci**) auf postganglionäre Neurone verschaltet werden. Ein größeres Ganglion ist rechts neben dem Lig. pulmonale zwischen Truncus pulmonalis und Aortenbogen erkennbar.

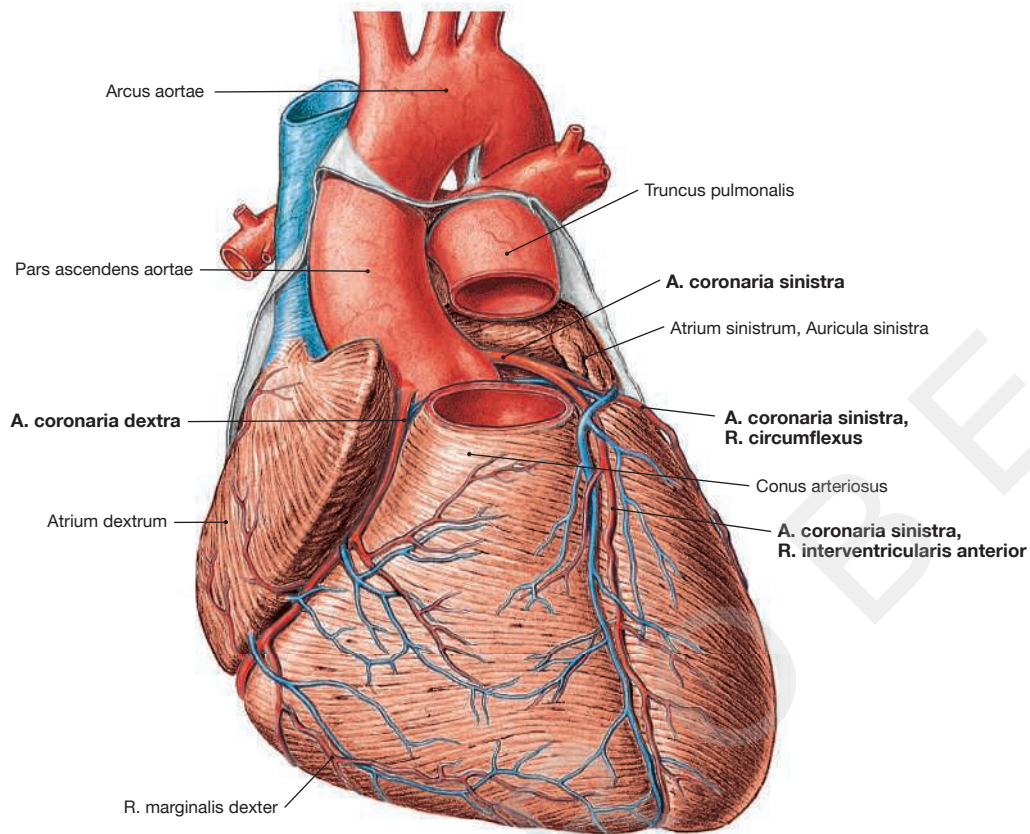


Abb. 5.41 Herzkranzarterien, Aa. coronariae; Ansicht von ventral. [S700]

Die **rechte Herzkranzarterie** (A. coronaria dextra) entspringt im rechten Klappensinus der Aorta, verläuft im Sulcus coronarius zum unteren Rand (Margo dexter) und geht auf die Facies diaphragmatica über, an der meist der **R. interventricularis posterior** als Endast entspringt. Die **linke Herzkranzarterie** (A. coronaria sinistra) geht aus dem linken Klappensinus der Aorta hervor und verzweigt sich nach 1 cm in den

R. interventricularis anterior, der zur Herzspitze zieht, und den **R. circumflexus**, der im Sulcus coronarius um den linken Herzrand auf die Rückfläche läuft.

Üblicherweise wird diejenige Herzkranzarterie als „dominant“ bezeichnet, die den R. interventricularis posterior abgibt. Daher ist meist (beim ausgeglichenen Versorgungstyp (→ Abb. 5.46a und b, → Abb. 5.44, → Abb. 5.45a) und Rechtsversorgungstyp (→ Abb. 5.46 e und f, → Abb. 5.45c), zusammen in 75 % der Fälle (→ Abb. 5.45), die rechte Herzkranzarterie dominant.

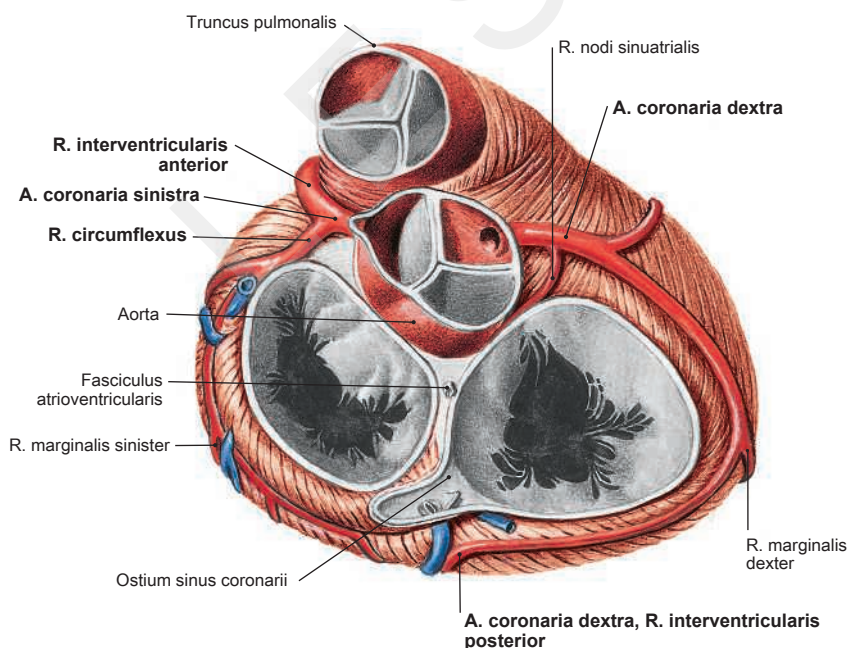


Abb. 5.42 Herzkranzarterien, Aa. coronariae; Ansicht von kranial. [S700]

Äste der Herzkranzarterien

Herzkranzarterie	Äste
rechte Herzkranzarterie (A. coronaria dextra)	• R. conii arteriosi • R. nodi sinuatrialis (zwei Drittel der Fälle): zum Sinusknoten • R. marginalis dexter • R. posterolateralis dexter • R. nodi atrioventricularis: zum AV-Knoten (bei Dominanz) • R. interventricularis posterior (bei Dominanz) und Rr. interventriculares septales versorgen HIS-Bündel
linke Herzkranzarterie (A. coronaria sinistra)	R. interventricularis anterior: • R. conii arteriosi • R. lateralis (klin.: R. diagonalis) • Rr. interventriculares septales R. circumflexus: • R. nodi sinuatrialis (ein Drittel der Fälle): zum Sinusknoten • R. marginalis sinister • R. posterior ventriculi sinistri

Abb.5.43 Äste der Herzkranzarterien, Aa. coronariae. [S700-L238]/[B500-O1107~M282/L132]

Die **rechte Kranzarterie (A. coronaria dextra)** steigt im Sulcus coronarius nahezu senkrecht ab. Hier zweigt als erster Ast nach rechts der **R. nodi sinuatrialis** ab, der zunächst bedeckt vom rechten Herzohr zum Sinusknoten zieht. Daneben versorgen weitere Äste auf der Facies sternocostalis den rechten Vorhof und Ventrikel. Bevor die rechte Kranzarterie auf die Facies diaphragmatica übergeht, entspringt der **R. marginalis dexter**. Auf der kaudalen Fläche des Herzens läuft die A. coronaria dextra im Regelfall (ausgeglichener Versorgungstyp, →Abb.5.45a) im **R. interventricularis posterior** aus. Dort, wo dieser fast senkrecht in den Sulcus interventricularis posterior einbiegt, entspringt der **R. nodi atrioventricularis**.

Im Unterschied zur rechten Kranzarterie teilt sich die **A. coronaria sinistra** bald in ihre beiden Hauptstämme: Der **R. interventricularis anterior** setzt auf der Facies sternocostalis den Verlauf nach kaudal fort und gibt den **R. lateralis** in Richtung Herzspitze ab. Der **R. circumflexus** versorgt mit dem **R. marginalis sinister** die linke Facies pulmonalis, bevor er sich auf die Facies diaphragmatica wendet. Dort bildet der R. circumflexus als Endast den **R. posterior ventriculi sinistri**.

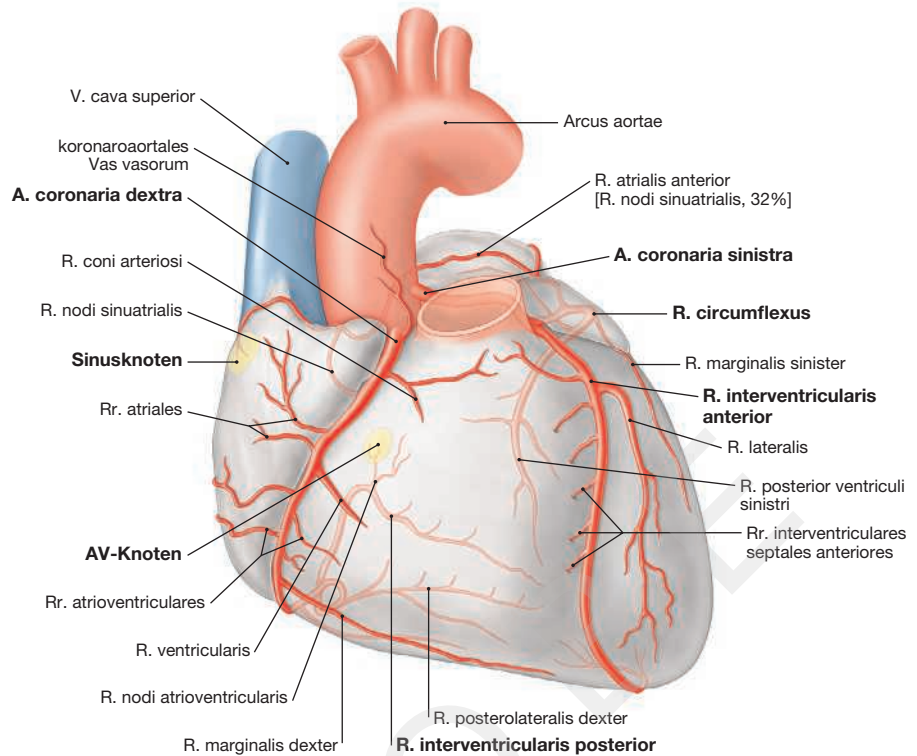


Abb.5.44 Arterielle Versorgung des Kammerseptums, Septum interventriculare, ausgeglichener Versorgungstyp; Ansicht von ventral. [S700-L238]/[B500-O1107~M282/L132]

Die vorderen **zwei Drittel des Kammerseptums** einschließlich des Moderatorbands und des rechten vorderen Papillarmuskels werden von den septalen Ästen des **R. interventricularis anterior** versorgt. Nur das **hintere Drittel** erhält sein Blut aus den septalen Ästen des **R. interventricularis posterior**, der beim ausgeglichenen Versorgungstyp (Normalversorgungstyp) und beim Rechtsversorgungstyp aus der rechten Kranzarterie hervorgeht. Daher gibt es neben der Unterscheidung der Versorgungstypen noch eine vor allem klinische Einteilung nach der „Dominanz“ einer Koronararterie, je nachdem, welche Kranzarterie den **R. interventricularis posterior** abgibt und damit an der Versorgung des hinteren Teils des Kammerseptums und des sich anschließenden Teils des linken Ventrikels auf der Facies diaphragmatica („Hinterwand“ der Kliniker) beteiligt ist. Beim Normal- und beim Rechtsversorgungstyp ist die dominante Arterie die A. coronaria dextra, was in über 80 % der Fälle gegeben ist. Nur in bis zu 20 % der Fälle ist die A. coronaria sinistra dominant.

Die **dominante Arterie** versorgt auch den **AV-Knoten** und das **HIS-Bündel**. Der Ast zum AV-Knoten dringt meist dort in die Herzwand ein, wo der **R. interventricularis posterior** aus dem Sulcus coronarius in den Sulcus interventricularis posterior abzweigt. Das HIS-Bündel wird von den proximalen septalen Ästen des **R. interventricularis posterior** ernährt. Damit werden meist („Regelfall“) sowohl der Sinusknoten als primärer Schrittmacher der Herzerregung als auch der AV-Knoten und das HIS-Bündel von der rechten Kranzarterie versorgt.

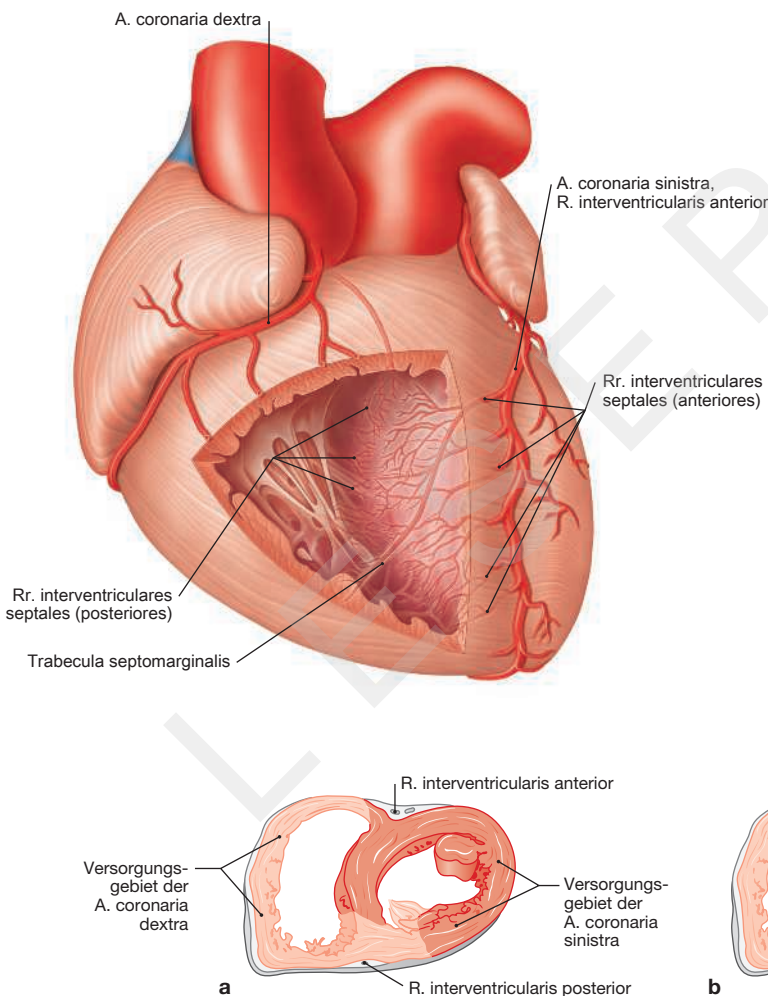


Abb.5.45a–c Versorgungsgebiete der A. coronaria dextra (hellrot) und der A. coronaria sinistra (dunkelrot) im Querschnitt; Ansicht von kaudal. [S700-L126]/[B500~M282/L132]/[E1120]

a Ausgeglichener Versorgungstyp: Die linke Herzkranzarterie versorgt über die **Rr. interventriculares septales** aus dem **R. interventricularis anterior** ungefähr die vorderen zwei Drittel des Septums. Entsprechende Äste aus dem **R. interventricularis posterior** der rechten Herzkranzarterie erreichen das hintere Drittel der Kammerwand.

b Linksversorgungstyp: Die linke Herzkranzarterie versorgt das gesamte Septum und auch den AV-Knoten.

c Rechtsversorgungstyp: Zwei Drittel des Septums und große Teile der Rückseite des linken Ventrikels werden von der A. coronaria dextra mit Blut versorgt. Dieses Verteilungsmuster hat Auswirkungen auf den Schweregrad eines Herzinfarkts bei Verschluss einer der Herzkranzarterien.

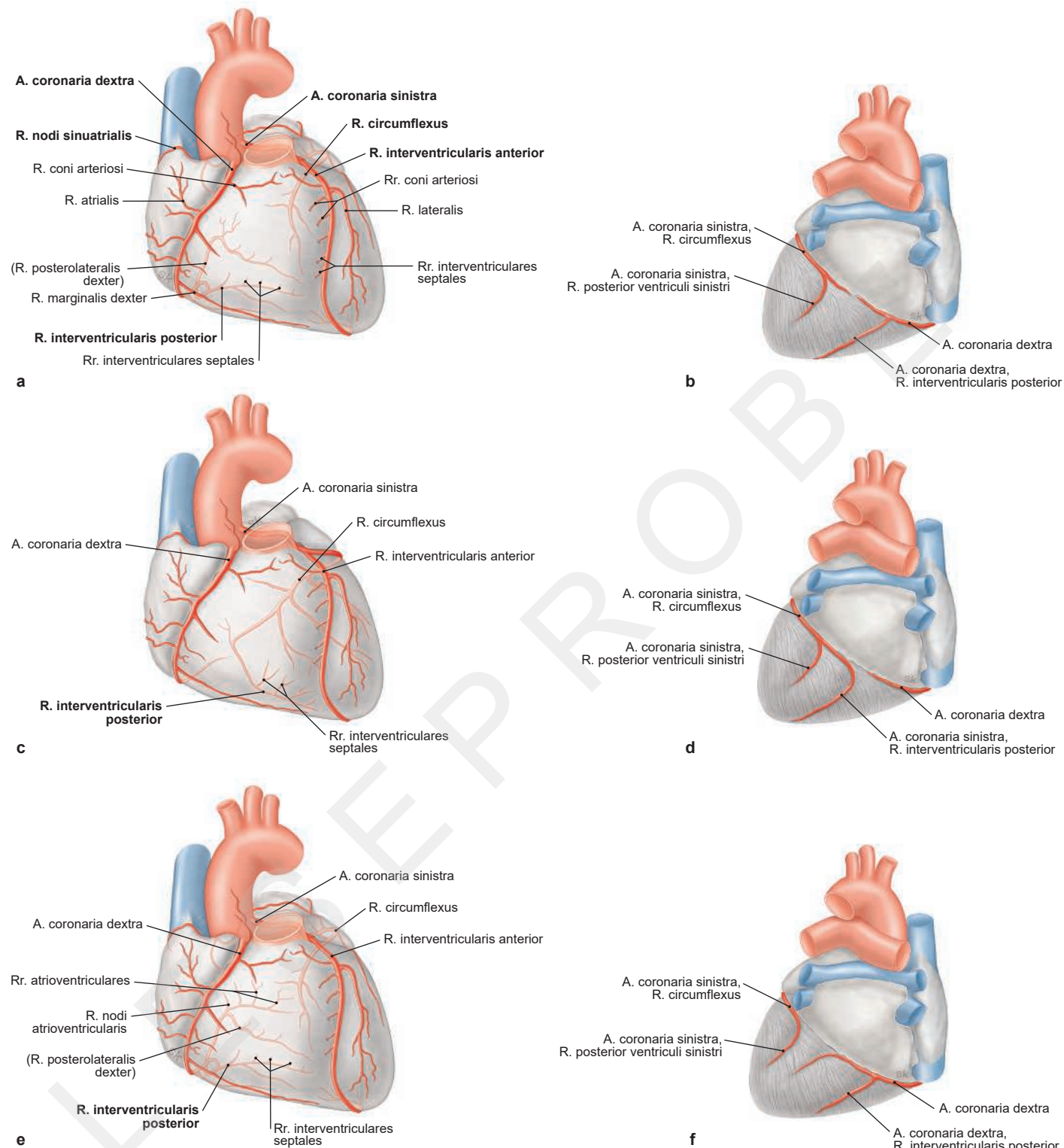


Abb. 5.46a–f Versorgungstypen der Herzkranzarterien, Aa. coronariae. [S700-L238]

a, c, e Ansicht von ventral.

b, d, f Ansicht von dorsal.

Die Versorgungstypen der Herzkranzarterien haben großen Einfluss auf den Schweregrad und die klinische Symptomatik beim Herzinfarkt.

a, b Meist (in 55–75 % der Fälle) entspringt der R. interventricularis posterior aus der A. coronaria dextra, greift aber nicht auf die Rückseite des

linken Ventrikels über. Das bezeichnet man als **Normalversorgungstyp (ausgeglichenen Versorgungstyp)**.

c, d In 11–20 % der Fälle entspringt der R. interventricularis posterior aus der A. coronaria sinistra, was einem **Linksversorgungstyp** entspricht.

e, f In 14–25 % der Fälle gibt die A. coronaria dextra nicht nur den R. interventricularis posterior ab, sondern versorgt auch Teile der Rückseite des linken Ventrikels. Es handelt sich dann um einen **Rechtsversorgungstyp**.

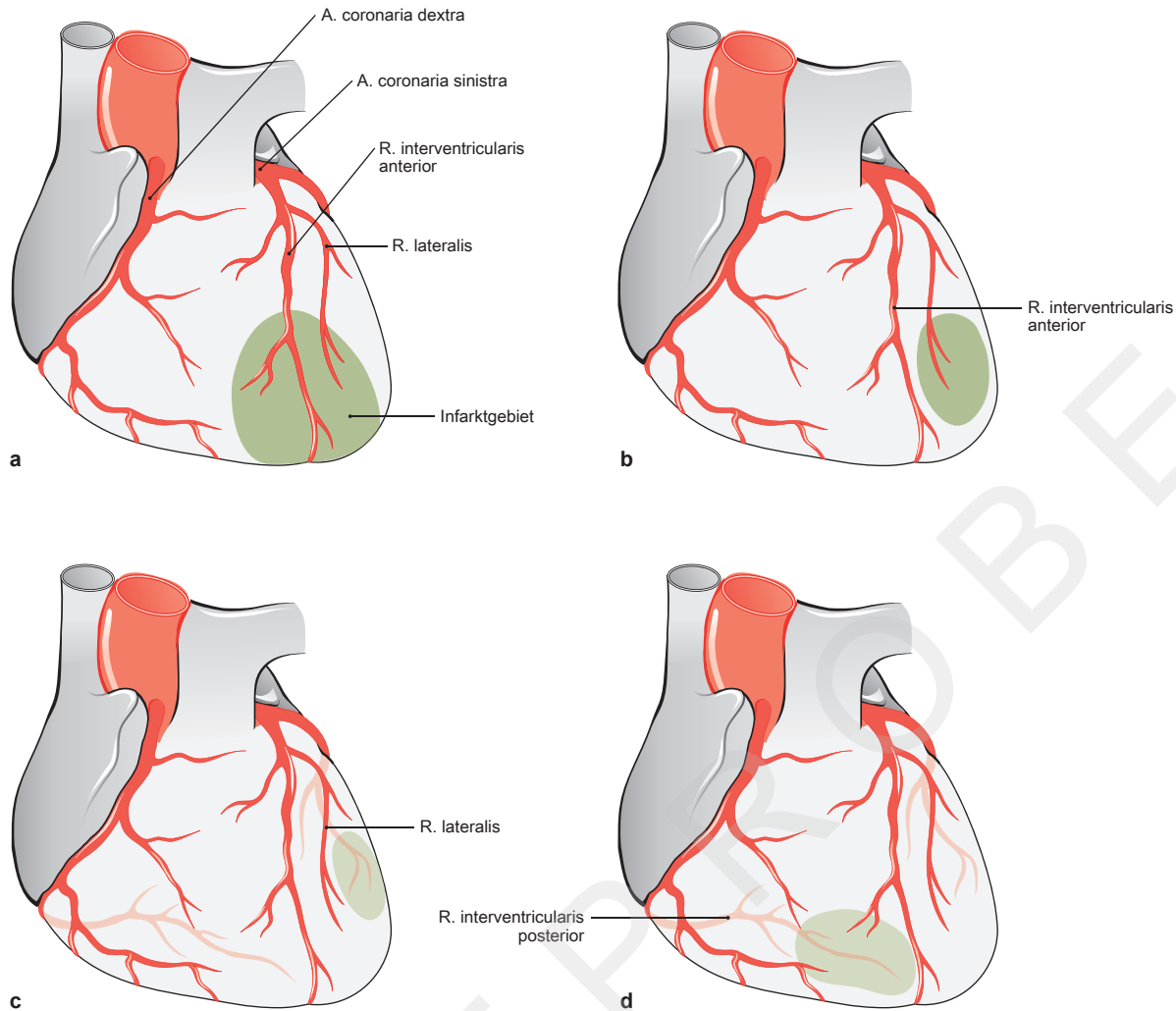


Abb. 5.47a–d Infarktmuster bei Verschluss der Herzkranzarterien. [S700-L126]/[G1060-002]

a Bei isoliertem Verschluss des R. interventricularis anterior kommt es zum **Vorderwandinfarkt**.

b Wenn nur der R. lateralis betroffen ist, führt dies zum **Seitenwandinfarkt**.

c Ein Verschluss des R. circumflexus verursacht einen Infarkt auf der unten gelegenen Facies diaphragmatica, der als **Hinterwandinfarkt** bezeichnet wird.

d Wichtig ist, dass auch ein Verschluss des R. interventricularis posterior zu einem Hinterwandinfarkt führt.

Klinik

Da die Herzkranzarterien funktionelle Endarterien sind, führt ein Verschluss einzelner Äste zu bestimmten Infarktmustern. Diese können häufig bereits im EKG in den verschiedenen Ableitungen festgestellt werden. Der sicherste Nachweis gelingt durch eine Herzkatheteruntersuchung mittels Röntgenkontrastmittel. Bei einem Verschluss des R. interventricularis anterior kommt es zu einem **Vorderwandinfarkt**.

Beim **Hinterwandinfarkt** ist typischerweise auch die Versorgung des AV-Knotens beeinträchtigt, da die versorgende Arterie meist am Abgang des R. interventricularis posterior entspringt (→ Abb. 5.43). Dies kann zusätzlich zu bradykarden Rhythmusstörungen führen. Da die Muskelwand des rechten Ventrikels aufgrund der Druckverhältnisse einen geringeren Sauerstoffbedarf aufweist als die des linken Ventrikels, kommt es auch bei einem proximalen Verschluss der A. coronaria dextra häufig zu einem isolierten Hinterwandinfarkt. In diesem Fall kann die Bradykardie aufgrund der zusätzlichen Minderversorgung des Sinusknotens sehr ausgeprägt sein. [H081]



Koronarangiografie mit Darstellung eines Verschlusses des R. interventricularis anterior. [H081]

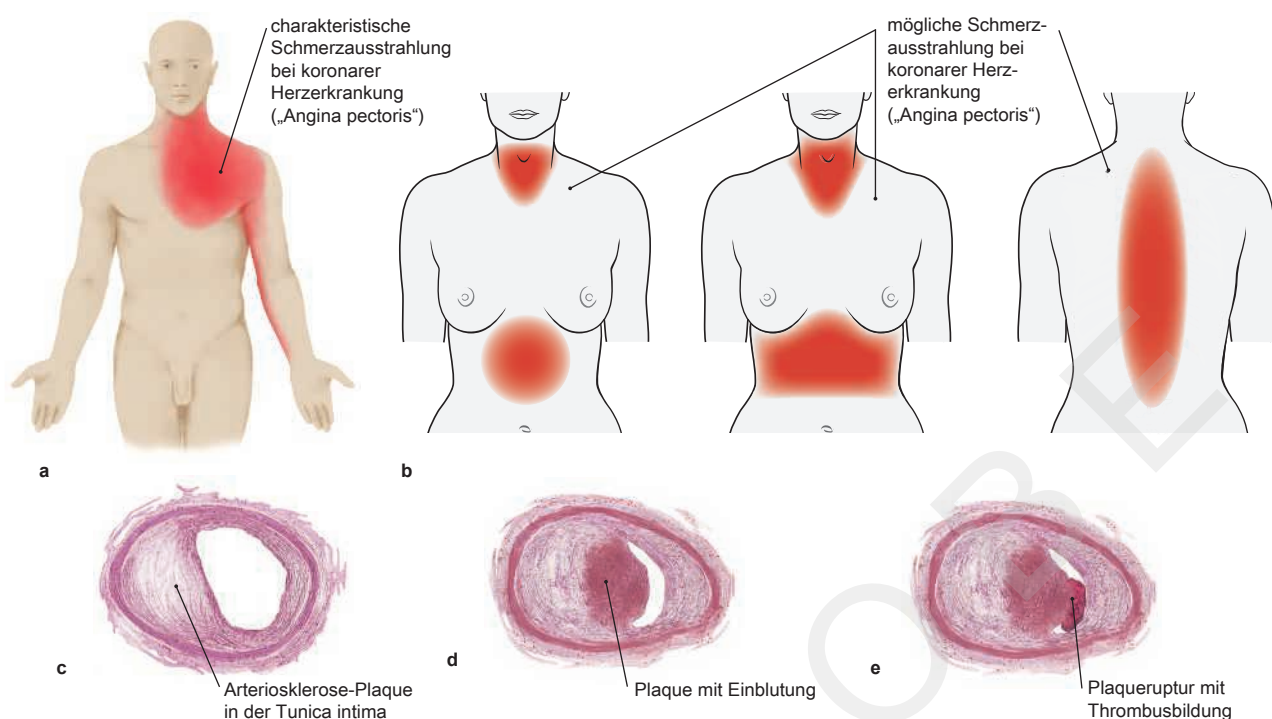


Abb. 5.48a–e Koronare Herzkrankheit (KHK). a, c–e [S702-L266]; b [S702-L126]

a, b Symptomatik: Wenn es bei der koronaren Herzkrankheit (KHK) zu einer plötzlichen Unterversorgung (Ischämie) des Myokards (akutes Koronarsyndrom) kommt, tritt oft ein Engegefühl in der Brust auf, das als **Angina pectoris** bezeichnet wird. Diese Symptomatik lässt keine Unterscheidung zu, ob eine geringfügige Versorgung des Myokards noch möglich ist oder ob bei einem vollständigen Verschluss ein Untergang (Nekrose) von Muskelzellen droht. Wenn Myokard zugrunde geht, liegt ein **Herzinfarkt (Myokardinfarkt)** vor, der sogar zum plötzlichen Herztod führen kann. Entsprechend der Zone des übertragenen Schmerzes (HEAD-Zone) wird der Schmerz bei Männern überwiegend in der linken Brustregion wahrgenommen und strahlt in den linken Arm sowie die linke Hälfte des Halses aus. Es muss aber berücksichtigt werden, dass auch Schmerzausstrahlungen zur rechten Seite möglich sind oder aber keine Schmerzen empfunden werden, da die Risikofaktoren, die zur KHK führen (z. B. die „Zuckerkrankheit“, Diabetes mellitus), häufig ebenfalls die afferenten Nervenfasern schädigen. Bei Frauen ist eine Ausstrahlung nach kaudal in den Oberbauch häufiger, sodass z. T. „Bauchschmerzen“ angegeben werden. Auch geben Frauen häufiger Schmerzen im Hals oder im Rücken an. Ein Ausschluss eines Herzinfarkts ohne eingehende Diagnostik ist daher unmöglich!

c–e Arteriosklerose als Ursache der KHK: Meist wird eine KHK durch **Arteriosklerose** der Kranzarterien und deren Äste verursacht. Risikofaktoren sind dabei Diabetes mellitus, hoher Blutdruck (Hypertonie), erhöhte Cholesterinspiegel im Blut (Hypercholesterinämie) und Rauchen. Dabei entsteht ein entzündlicher Prozess in der Tunica intima der Herzkranzgefäße, der durch Cholesterin enthaltende Lipideinlagerungen ausgelöst wird. Durch den **chronisch entzündlichen Prozess** bilden sich Arteriosklerose-Plaques (**c**), die das Gefäßlumen einengen und in die es zu Einblutungen kommen kann (**d**). Aufgrund der Strömungsverhältnisse sind häufig vor allem die Abgänge der Herzkranzarterien aus der Aorta ascendens oder die Abgangsstellen von Ästen aus den Koronararterien von der Plaquebildung betroffen. Wenn diese Plaques rupturieren, geht die schützende Schicht aus Endothelzellen verloren, sodass sich Blutgerinnsel (Thromben) bilden (**e**), die das Lumen verlegen können. Wenn der Verschluss vollständig ist und eine Rekanalisierung nicht spontan auftritt, geht Herzmuskelgewebe zugrunde, und es kommt zum **Myokardinfarkt**. Wichtig ist, dass die Arteriosklerose oft eine **systemische Erkrankung** ist und den ganzen Körperkreislauf betrifft, in dem der Blutdruck hoch ist. Daher haben Herzinfarktpatienten ein erhöhtes Risiko für Schlaganfälle, Nieren- oder Darminfarkte oder die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK), bei der das Gehen aufgrund des Durchblutungsmangels schmerzhaft eingeschränkt ist.

Klinik

Für die Diagnostik und die Therapie der koronaren Herzkrankheit (KHK) sind die Äste der Koronararterien mit ihren Versorgungsgebieten sowie die Versorgungstypen (→ Abb. 5.46) von großer Bedeutung. Dabei ist zu beachten, dass die **klinischen Bezeichnungen der Arterienäste** als Abkürzungen aus dem Englischen übernommen wurden und daher von den anatomischen Bezeichnungen abweichen. Folgende Bezeichnungen sollten bekannt sein:

- Die A. coronaria sinistra wird als **LCA** („left coronary artery“) und die A. coronaria dextra als **RCA** („right coronary artery“) bezeichnet.
- Der R. interventricularis anterior (**RIVA**) entspricht dem **LAD** („left anterior descending coronary artery“) und der R. interventricularis posterior entspricht dem **RPD** („right posterior descending coronary artery“).
- Der R. circumflexus wird **RCX** genannt.

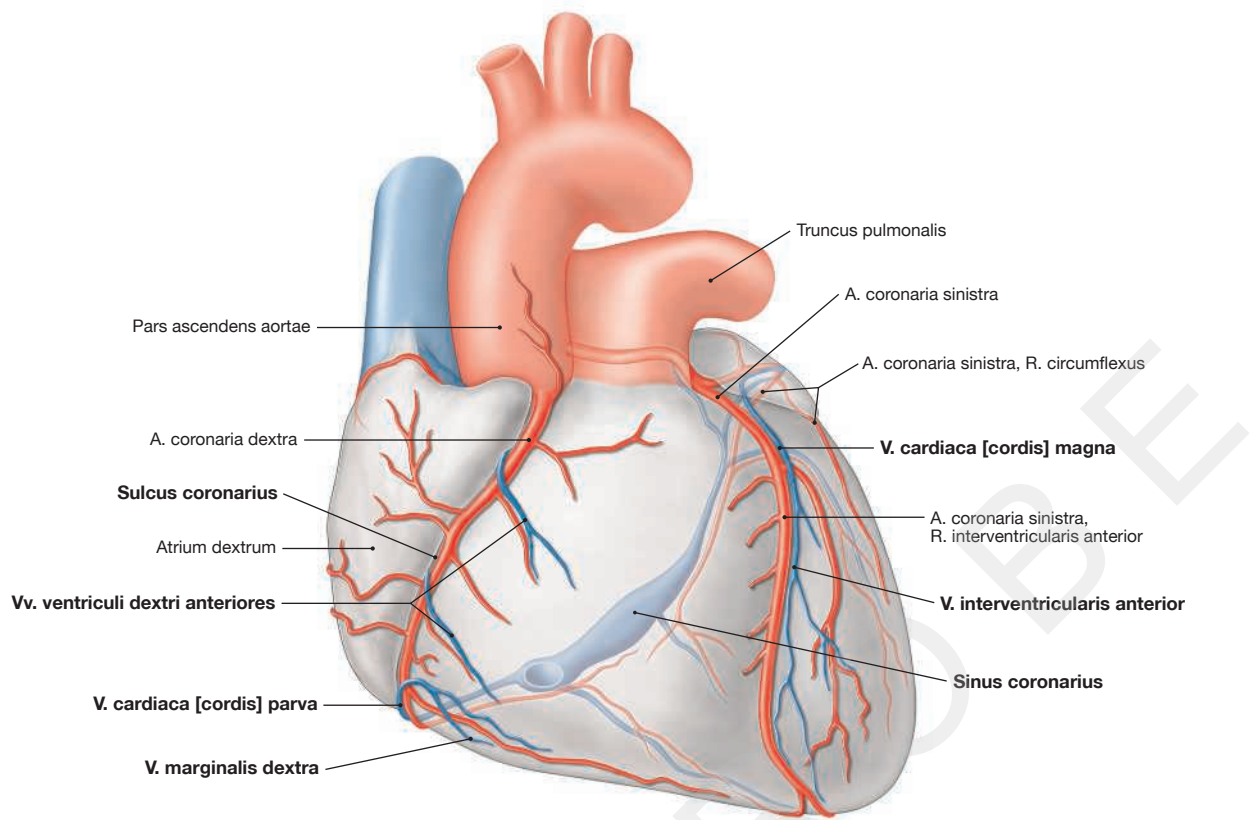


Abb. 5.49 Herzvenen, Vv. cordis; Ansicht von ventral. [S700-L238]
Das venöse Blut des Herzens fließt über **3 Venensysteme** ab. 75 % des Blutes werden vom **Sinus coronarius** aufgenommen und in den rech-

ten Vorhof befördert. Die übrigen 25 % gelangen über das **transmurale** und das **endomurale System** direkt in die Vorhöfe und Kammern.

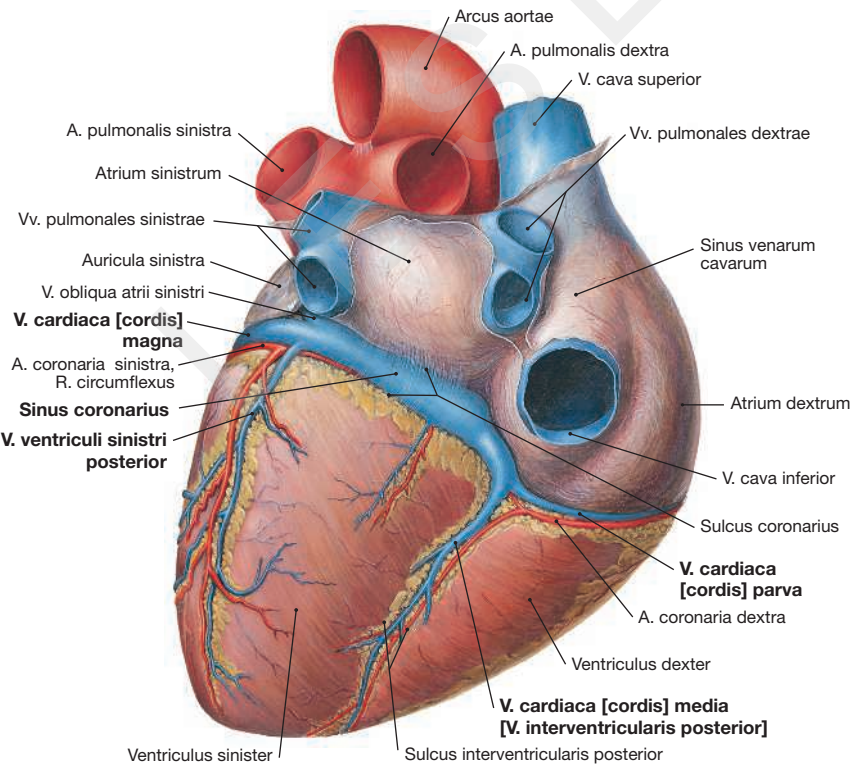
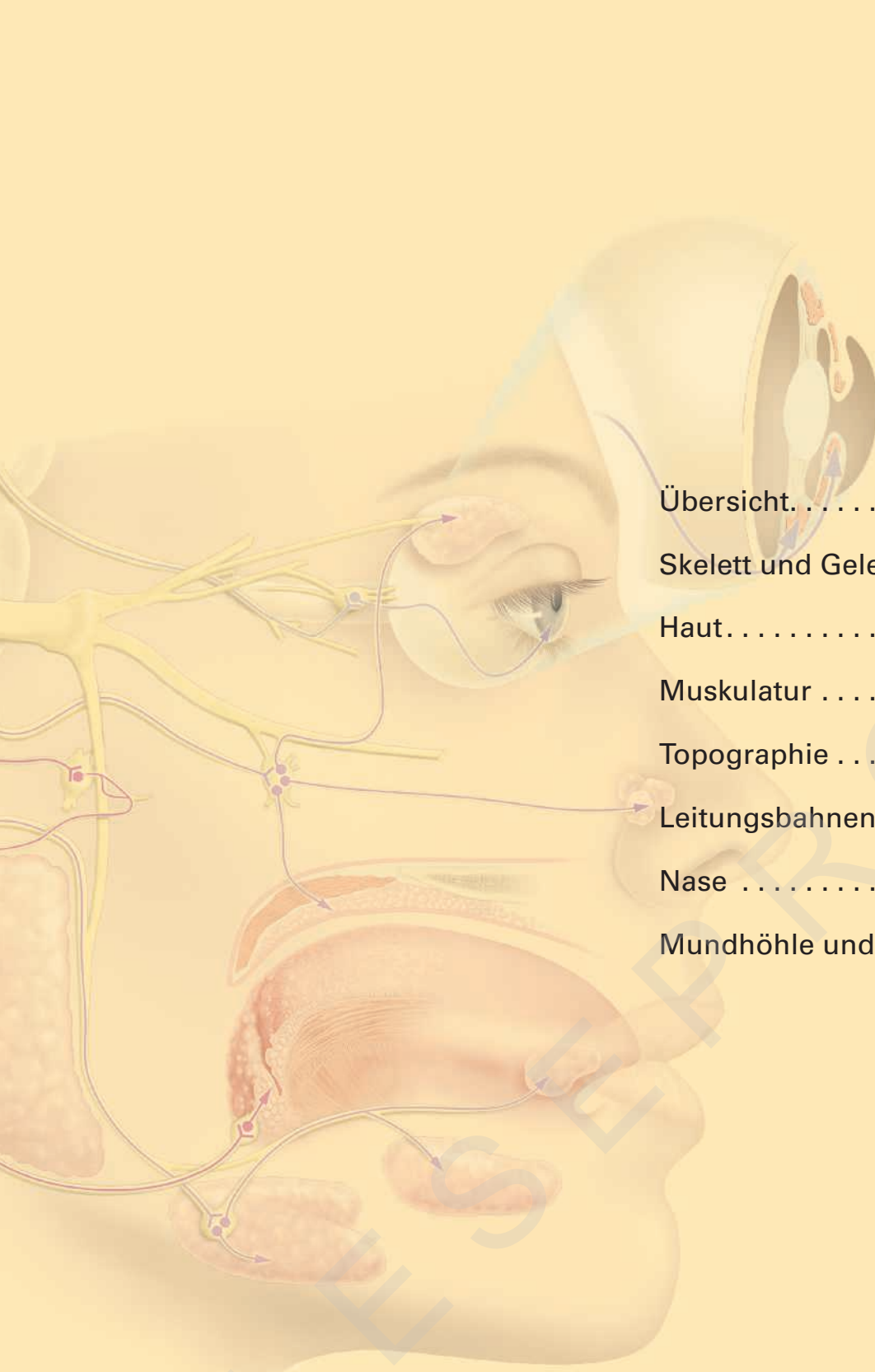


Abb. 5.50 Herzvenen, Vv. cordis; Ansicht von dorsal kaudal. [S700]

Herzvenen (Vv. cordis)	
System	Venen
Sinus-coronarius-System	• V. cardiaca magna: entspricht dem Versorgungsgebiet der A. coronaria sinistra • V. interventricularis anterior • V. marginalis sinistra • Vv. ventriculi sinistri posteriores • V. cardiaca media: im Sulcus interventricularis posterior • V. cardiaca parva: im rechten Sulcus coronarius, in 50 % vorhanden • V. obliqua atrii sinistri
transmurales System	• Vv. ventriculi dextri anteriores • Vv. atriales
endomurales System	• Vv. cardiaca minimae (Vasa THEBESII)



Kopf

Übersicht.....	476
Skelett und Gelenke.....	478
Haut.....	505
Muskulatur	506
Topographie	514
Leitungsbahnen	520
Nase	522
Mundhöhle und Zähne	530

8

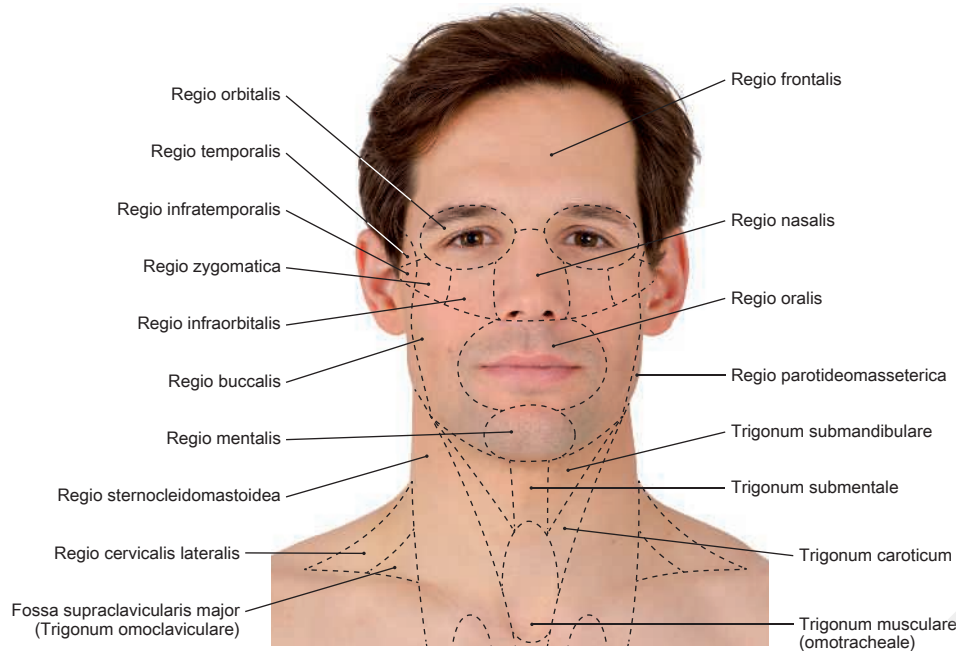


Abb. 8.1 Regionen von Kopf und Hals, Regiones capitis und colli;

Ansicht von vorne. [S700-J803]

Am **Kopf** unterscheidet man folgende topographische Regionen:

- Regio frontalis
- Regio temporalis
- Regio orbitalis
- Regio nasalis
- Regio infraorbitalis
- Regio zygomatica
- Regio oralis
- Regio buccalis
- Regio mentalis
- Regio parietalis
- Regio occipitalis
- Regio parotideomasseterica

Abb. 8.2 Regionen von Kopf und Hals, Regiones capitis und colli; Ansicht von lateral. [S700-J803]

Am **Hals** unterscheidet man folgende topographische Regionen:

- Regio cervicalis anterior, bestehend aus Trigonum submentale, Trigonum submandibulare, Trigonum caroticum und Trigonum musculare (omotracheale)
- Regio sternocleidomastoidea mit Fossa supraclavicularis minor
- Regio cervicalis lateralis mit Trigonum omoclaviculare
- Regio cervicalis posterior

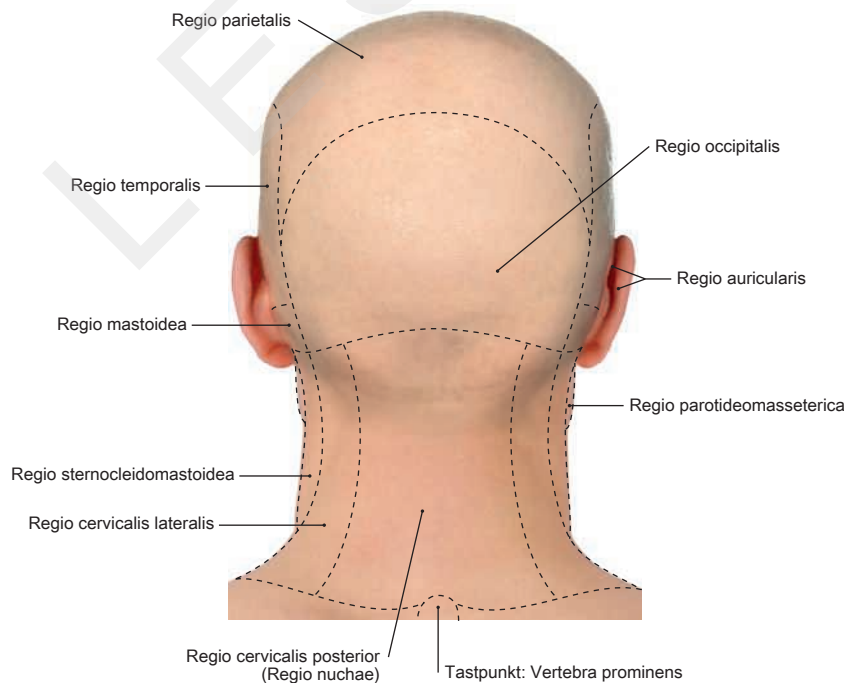
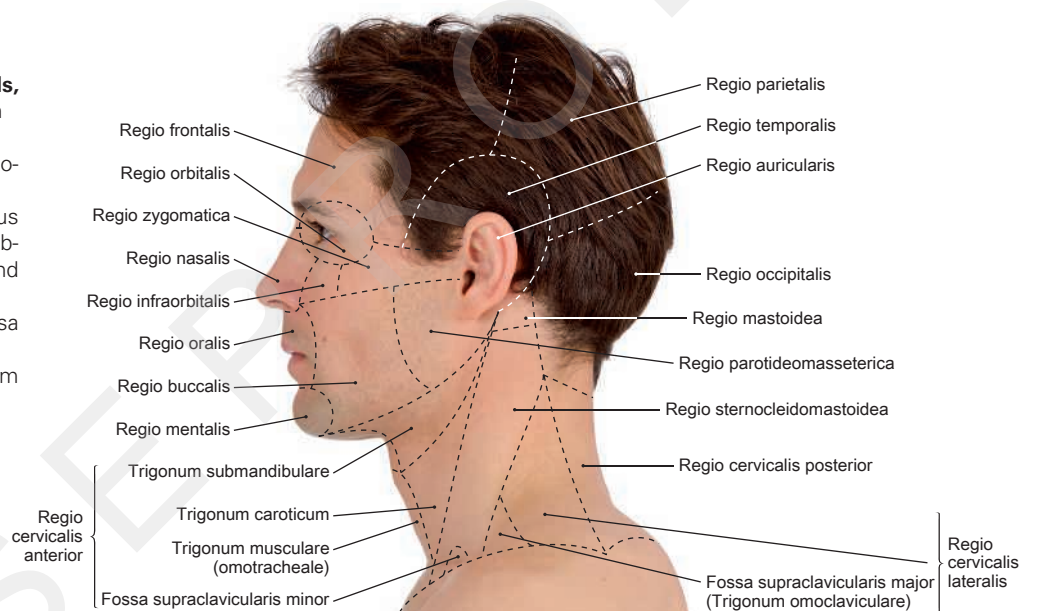


Abb. 8.3 Regionen von Kopf und Hals, Regiones capitis und colli; Ansicht von hinten. [S700-J803/L271]

Der gesamte Nackenbereich wird oft auch als Regio nuchae bezeichnet.

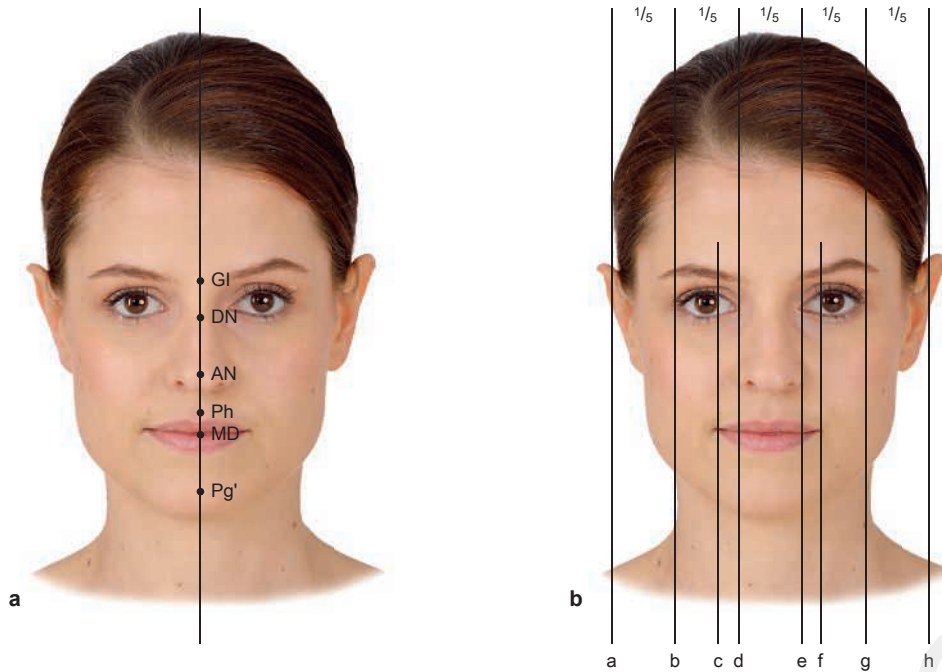


Abb. 8.4a und b Gesichtsmorphometrie und Proportionen; Ansicht von vorne; vertikale Proportionen. [S700-J803]/[E1043]

a Bei idealen Proportionen verläuft die Mittellinie des Gesichts entlang einer Linie, welche die Glabella (Gl), den Nasenrücken (Dorsum nasi, DN), die Nasenspitze (Apex nasi, AN), das Philtrum (Ph) und das Weichgewebspogonion (Pg') umfasst. Auch die Mitte des Zahnbogens (Medietas dentium, MD) liegt auf dieser Linie.

b Bei idealer Symmetrie kann das Gesicht durch vertikale Linien in 5 gleich große Abschnitte geteilt werden. Diese Linien verlaufen am äußersten Rand der Ohrmuscheln (a, h) sowie an den lateralen (b, g) und medialen (d, e) Augenwinkeln entlang. Die Mundwinkel liegen üblicherweise auf einer vertikalen Linie mit dem medialen Rand der Iris (c, f).

Abb. 8.5 Gesichtsmorphometrie und Proportionen; transversale Proportionen. [S700-J803]/[E1043]

Ansicht von vorne.

Bei idealer Symmetrie kann das Gesicht horizontal in 3 gleich große Abschnitte geteilt werden. Durch gleich große Abstände zwischen Haaransatz (Trichion, Tri) und Glabella (Gl), zwischen Glabella und Subnasion (Sn) sowie zwischen Subnasion und Kinn (Menton, Me') wird das Gesicht in Obergesicht, Mittelgesicht und Untergesicht unterteilt. Das Untergesicht ist durch die Mundspalte (St) ebenfalls in 3 Drittel geteilt. Ein Drittel liegt oberhalb der Mundspalte, während die Kinnregion 2 Drittel einnimmt. Die Bipupillarlinie (PP) kann der transversalen Orientierung dienen, wenn die Augen genau auf gleicher Höhe liegen.

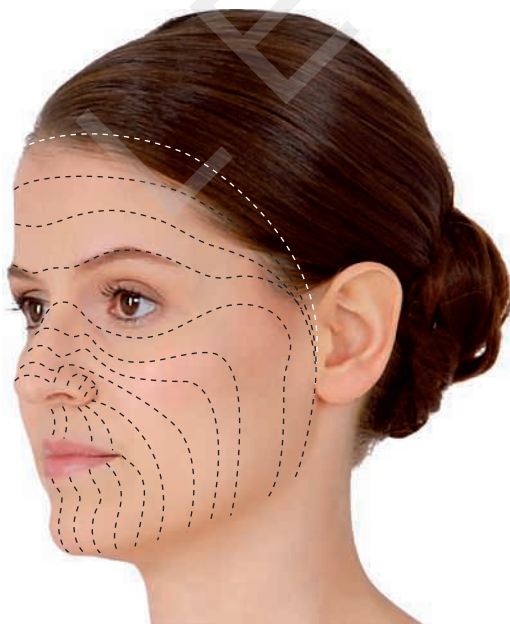
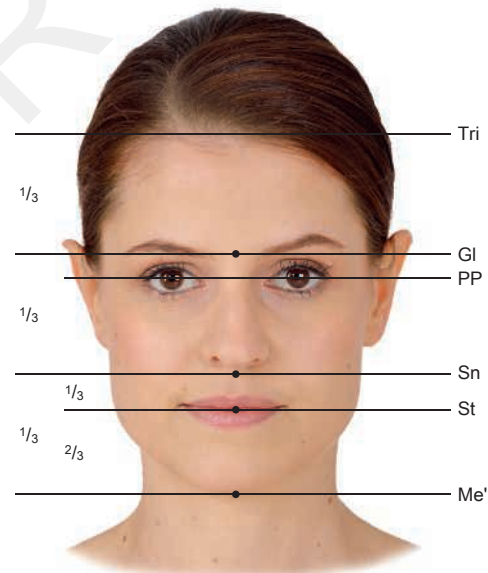


Abb. 8.6 Spannungslinien der Gesichtshaut; Ansicht von rechts vorne. [S700-J803]/[E1043]

Bei allen operativen Eingriffen im Gesicht mit Inzision der Gesichtshaut müssen die Spannungslinien beachtet werden. Sie entstehen durch den Verlauf der Kollagenfibrillen und die Lage der mimischen Muskulatur. Inzisionen entlang der Linien und Hautfalten sind günstig, da sie die geringsten Spannungen in der Haut erzeugen und damit am wenigsten zur Narbenbildung führen.

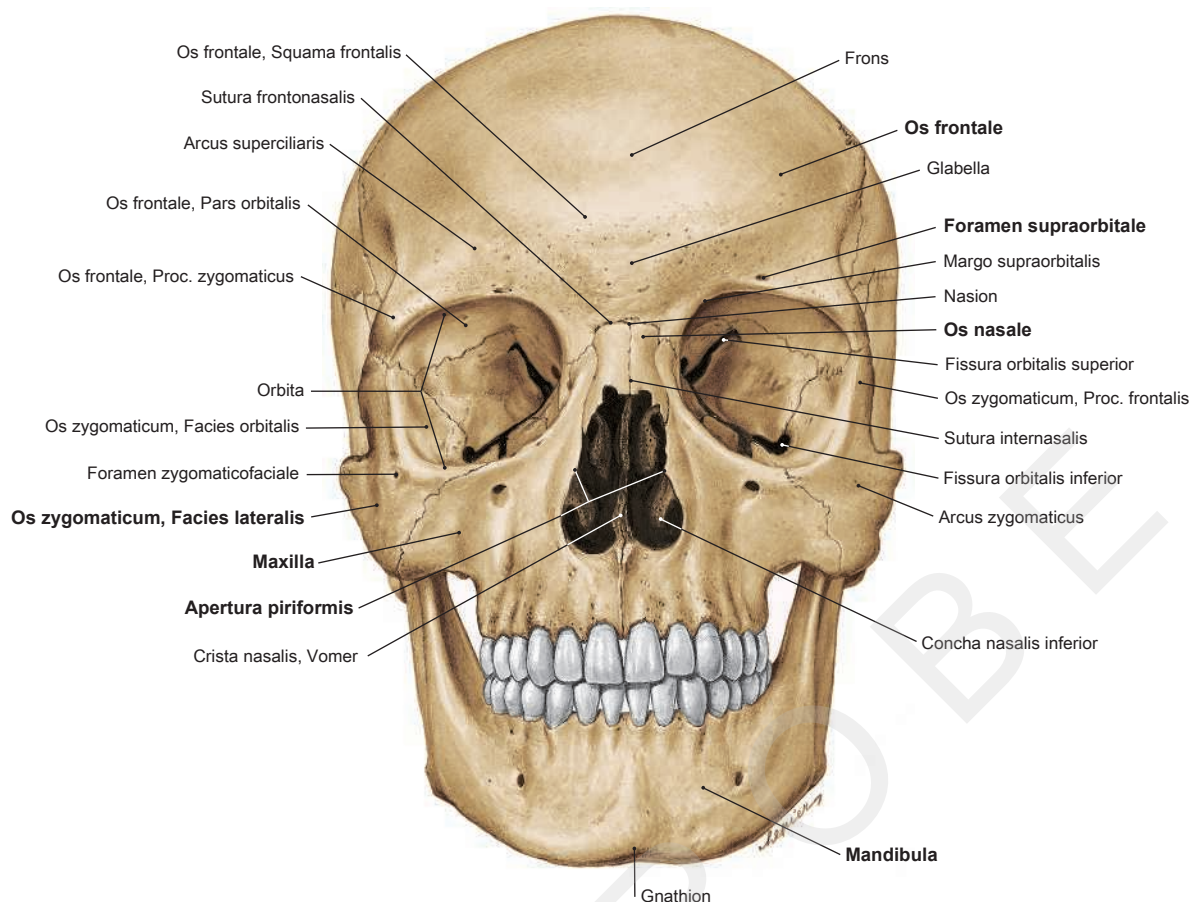


Abb. 8.7 Schädel, Cranium; Ansicht von vorne. [S700]

Von unten nach oben sieht man den Unterkiefer (Mandibula), die beiden Oberkiefer (Maxillae), die Nasenbeine (Ossa nasalia) zwischen Oberkiefer und Augenhöhle (Orbita) sowie oberhalb der Orbita das Stirnbein (Os frontale).

Das Stirnbein (**Os frontale**) besteht aus 4 Anteilen (→ Abb. 8.23). Oberhalb des Orbitarands (Margo supraorbitalis) wölbt sich beidseits ein Arcus superciliaris vor. Ein Fortsatz des Os frontale ragt medial nach un-

ten und formt einen Teil des medialen Orbitarands. Lateral steht der Proc. zygomaticus mit dem Proc. frontalis des Os zygomaticum in Kontakt. Beide bilden gemeinsam den lateralen Orbitarand.

Das Jochbein (**Os zygomaticum**) bildet den größten Teil des lateralen und des unteren Orbitarands.

Das Nasenbein (**Os nasale**) steht beidseits über die Sutura frontonasalis mit dem Os frontale in Verbindung, während die Sutura internasalis beide Nasenbeine miteinander verbindet.

Struktur und Funktion

Die Schädelknochen bilden um das Gehirn den Hirnschädel (Neurocranium, blau) sowie als Gesichtsschädel (Viscerocranium oder Splanchnocranium, orange) die knöcherne Grundlage des Gesichts (→ Abbildung). Unter morphologischen Gesichtspunkten wird der Hirnschädel in Calvaria (Schädelkalotte) und Schädelbasis unterteilt. Knochen des **Neurocraniums** sind: 1. Os ethmoidale (Siebbein), 2. oberer Teil des Os frontale (Stirnbein), 3. Os sphenoidale (Keilbein), 4. Os temporale (Schläfenbein, paarig), 5. Os parietale (Scheitelbein, paarig), 6. Os occipitale (Hinterhauptbein).

Das **Viscerocranium** wird gebildet durch: 1. den unteren Teil des Os frontale (Stirnbein), 2. Maxilla (Oberkiefer, paarig, beinhaltet auch das mit ihm vor der Geburt verschmolzene Os incisivum (Prämaxillare)), 3. Os zygomaticum (Jochbein, paarig), 4. Mandibula (Unterkie-

fer), 5. Os nasale (Nasenbein, paarig), 6. Os conchale inferius (Nasenmuschelbein, paarig), 7. Os lacrimale (Tränenbein, paarig), 8. Os palatinum (Gaumenbein, paarig), 9. Vomer (Pflugscharbein).



[S701-L127]

Klinik

Nach größerer Gewalteinwirkung von außen kann es zu **Schädelfrakturen** kommen. Man unterscheidet dabei Linearfrakturen mit deutlicher Bruchlinie, Berstungsfrakturen mit multiplen Fragmenten (Impressionsfraktur, falls nach innen gekippt, mit Kompression oder Riss der Dura mater und Verletzung des Hirngewebes), Diastasen (Nahtsprengungen) und **Schädelbasisfrakturen**. Jede Fraktur, die mit einer Riss-/Platzwunde der Kopfhaut einhergeht oder mit den Nasennebenhöhlen oder dem Mittelohr in Verbindung steht, gilt als offene Fraktur, die einer operativen Behandlung bedarf, da sie potenziell infiziert sein kann.

Frakturen des Nasenbeins oder des Nasengerüsts gehören zu den häufigsten Frakturen im Gesichtsbereich. Man unterscheidet geschlossene von offenen Nasenfrakturen, bei denen infolge von Haut- und Weichteilverletzungen Knochen frei liegt. Zusätzlich können das Nasenseptum und die Conchae nasales verletzt sein. Nasengerüstfrakturen sind typische Verletzungsmuster bei tätlichen Auseinandersetzungen, Verkehrsunfällen, Kampfsportarten wie Karate und Boxen sowie bei zahlreichen Mannschaftssportarten.

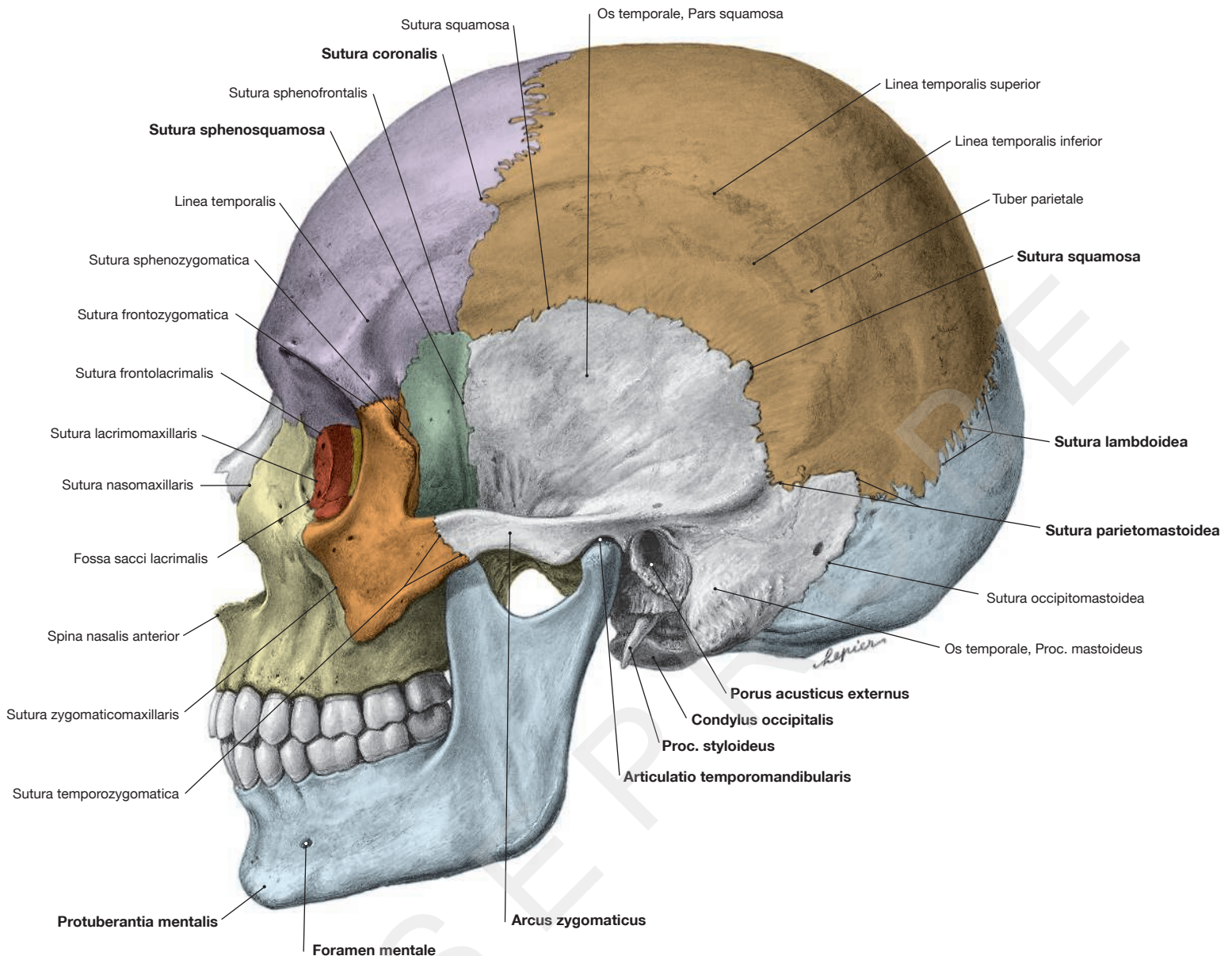


Abb. 8.8 Schädelknochen, Ossa cranii; Ansicht von lateral; Farbtafel siehe S. XII. [S700]

Die Seitansicht zeigt Teile der Ossa frontale, parietale, occipitale, sphenoidale und temporale, Teile des Gesichtsschädels (Os nasale, Os lacrimale, Maxilla und Os zygomaticum) sowie die laterale Seite des Unterkiefers (Mandibula).

Im Bereich des Viscerocraniums grenzt das **Os nasale** oben an das Os frontale und hinten an die Maxilla. Zwischen Maxilla und Os ethmoidale bildet der obere Abschnitt des Tränenbeins (**Os lacrimale**) die Fossa sacci lacrimalis. Der Proc. alveolaris der Maxilla trägt die Oberkieferzähne. Medial steht die **Maxilla** mit dem Os frontale in Verbindung, lateral mit dem Os zygomaticum. Vorne wölbt sich die Spina nasalis anterior vor. Das **Os zygomaticum** ist für die Kontur der Wangenregion verantwortlich.

Das Mandibulaköpfchen (Caput mandibulae) artikuliert mit dem Os temporale im Kiefergelenk (Articulatio temporomandibularis).

Vorne oben steht das **Os frontale** über die Sutura coronalis mit dem Scheitelbein (**Os parietale**) und mit dem Keilbein (**Os sphenoidale**) in Verbindung. Das Os parietale grenzt über die Sutura lambdoidea an das Hinterhauptsbein (Os occipitale). Den größten Teil der lateralen Schädelfwand bildet die Pars squamosa des Os temporale.

Os temporale und Os zygomaticum bilden den Jochbogen (Arcus zygomaticus), der die Fossa temporalis überbrückt.

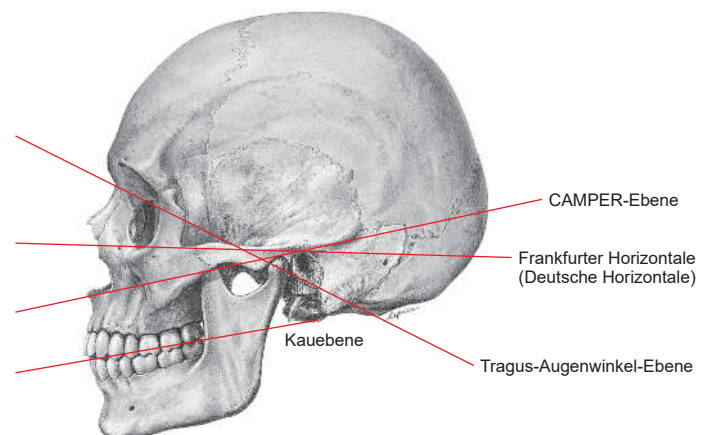


Abb. 8.9 Bezugsebenen des Gebisses. [S700]

Frankfurter Horizontale (Deutsche Horizontale, Ohr-Augen-Ebene [OAE]): Unterkante Orbita – Oberkante Meatus acusticus externus

CAMPER-Ebene: tiefster Punkt Spina nasalis anterior – höchster Punkt Meatus acusticus externus

Kauebene: verläuft parallel zur CAMPER-Ebene

Tragus-Augenwinkel-Ebene: verläuft durch Tragus und äußeren Augenwinkel

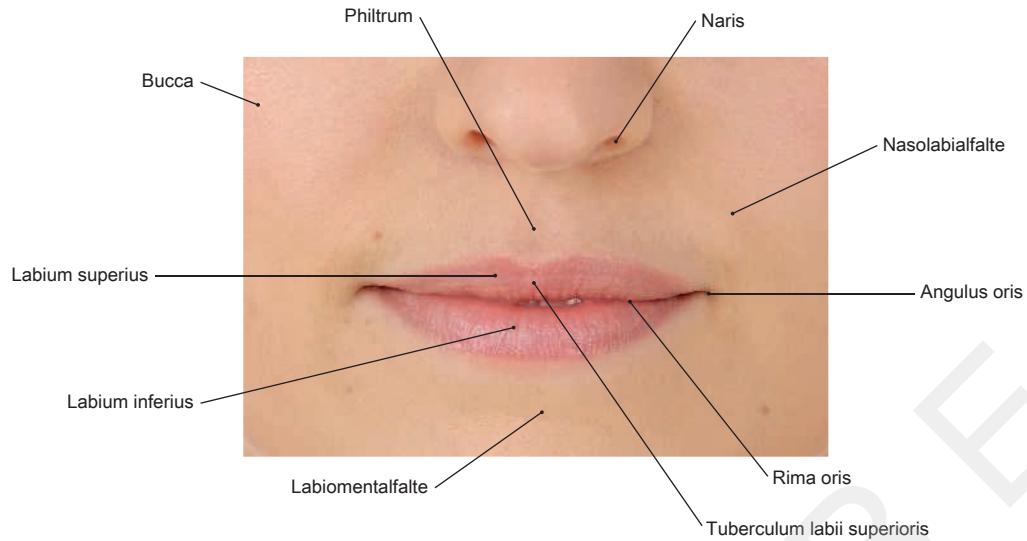


Abb. 8.90 Mundöffnung, Rima oris; Ansicht von vorne. [S700-J803]
Der Mundeingang wird von den Lippen verschlossen. Da das Epithel der Lippen dünn und nicht pigmentiert ist und sich reich kapillarisierete Bindegewebspapillen bis nahe an die freie Oberfläche erstrecken,

schimmert das Blut in den Papillen durch die Haut und bedingt die Rotfärbung der Mundöffnung (Lippenrot). Die Oberlippe besitzt eine unterhalb der Columella der Nase liegende Vertiefung, das Philtrum, das als Lippenwulst, Tuberculum labii superioris, endet.

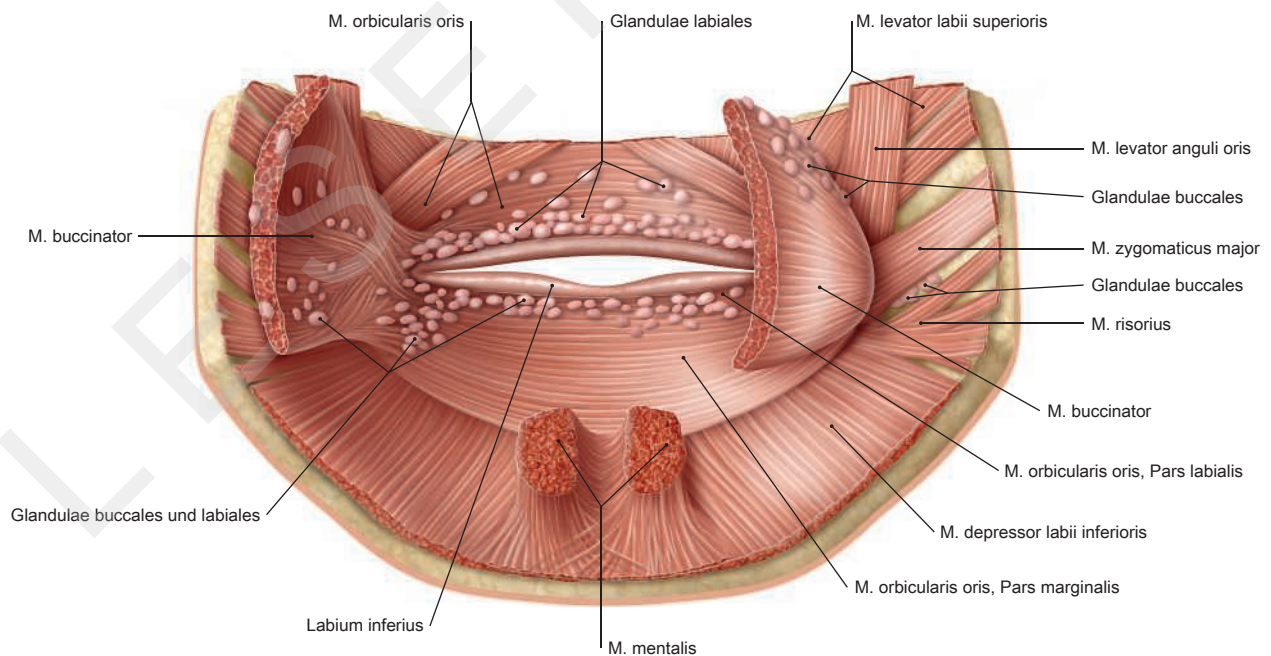


Abb. 8.91 Muskeln der Mundgegend, Regio oralis; Ansicht von oral. Die Schleimhaut ist entfernt; kleine Speicheldrüsen sind z.T. erhalten. [S700-L275]
Grundlage der Lippen ist die Pars labialis des quergestreiften mimischen M. orbicularis oris. Seine Pars marginalis biegt unter dem Lippen-

rot nach außen unter die Haut um und verzweigt sich mit anderen mimischen Muskeln. In der Submucosa liegen unterhalb des M. orbicularis oris zahlreiche kleine, gemischte seromuköse Speicheldrüsen (Glandulae labiales). Im Gegensatz dazu bilden die kleinen Glandulae buccales um den M. buccinator ein mukoseröses Sekret.

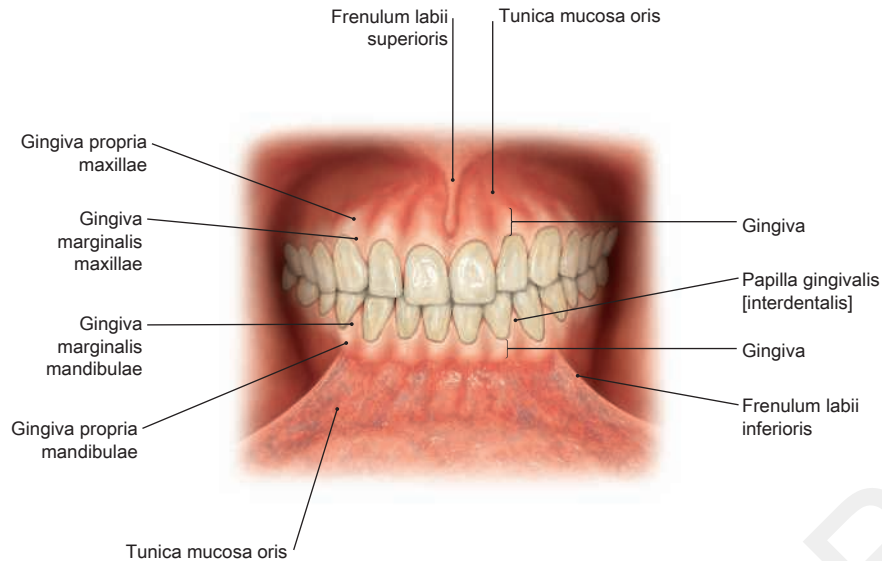


Abb. 8.92 Mundvorhof, Vestibulum oris, mit Zahnfleisch, Gingiva, und Mundschleimhaut, Mucosa oralis; Ansicht von vorne. [S702-L266]/[G1089]

Die Lippen werden über Bindegewebszüge fixiert. Die Oberlippe wird dabei über das in der Mittellinie verlaufende Frenulum labii superioris, die Unterlippe über das paarige Frenulum labii inferioris befestigt, das

auf beiden Seiten zur oralen Schleimhaut meist zwischen Eckzahn und 1. Prämolare zieht. Bis an die Zahnhälse reicht das Zahnfleisch als Gingiva marginalis, die beweglich ist und zwischen den Zähnen jeweils den Sulcus gingivalis bildet. An die Gingiva marginalis schließt die unverschiebbliche Gingiva propria an, die den Proc. alveolaris von Maxilla und Mandibula bedeckt. Sie geht in die Mundschleimhaut über.

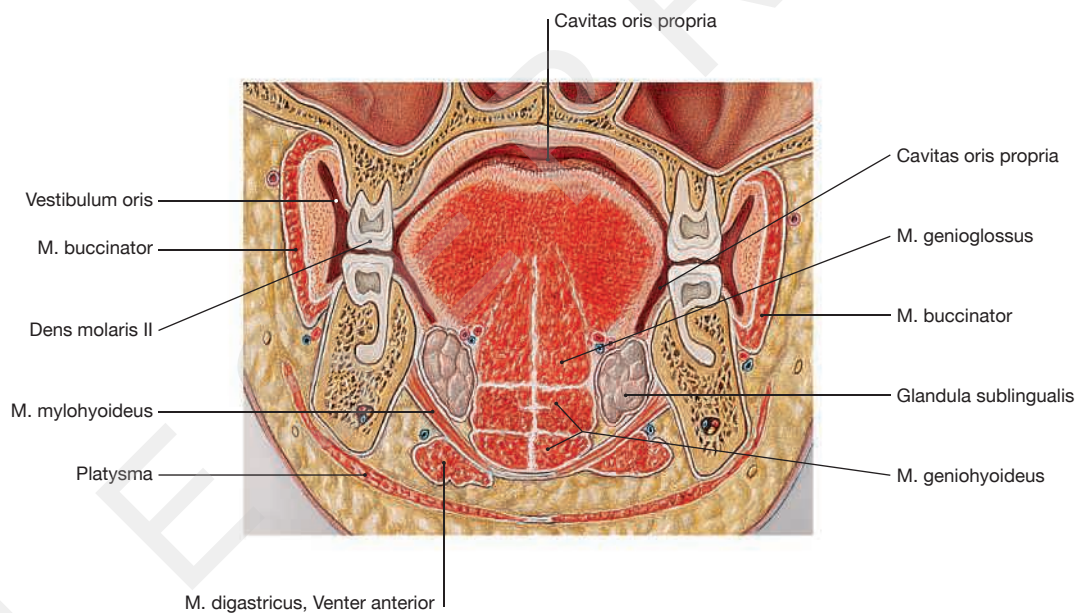


Abb. 8.93 Frontalschnitt durch die Mundhöhle, Cavitas oris, auf Höhe des zweiten oberen Mahlzahns; Ansicht von vorne. [S700-L238] Der Mundvorhof (Vestibulum oris) wird vorne von den Lippen, seitlich von den Wangen und außen sowie innen von den Alveolarfortsätzen

und den Zähnen begrenzt. Die eigentliche Mundhöhle ist die Cavitas oris propria. Bei geschlossenem Mund wird sie praktisch vollständig vom Zungenkörper ausgefüllt. Ihr Dach ist der Gaumen, ihr Grund der Mundboden.

Klinik

Zur Erstellung eines genetischen Fingerabdrucks, z. B. im Rahmen von Abstammungsgutachten (Vaterschaftstest) oder zur Aufdeckung krimineller Vergehen, wird ein **Mundschleimhautabstrich** entnommen. Dazu werden mit einem sterilen Watteträger von der Wangeninnenseite Schleimhautzellen gewonnen, aus denen DNA für eine Analyse extrahiert werden kann. Keratinisierungsstörungen mit zellulären und epithelialen Atypien der normalerweise rosafarbenen Mundschleimhaut imponieren als weiß-

liche Schleimhautveränderungen (**Leukoplakien**). Sind sie nicht abwischbar, spricht man von **Präkanzerosen**, die den prä malignen Erkrankungen der Mundschleimhaut zugerechnet werden und einer umgehenden histopathologischen Abklärung und ggf. chirurgischen Entfernung bedürfen. Sind die weißen Belege hingegen abwischbar, handelt es sich meist um **Pilzinfektionen** (am häufigsten mit *Candida albicans*), die medikamentös therapiert werden können.

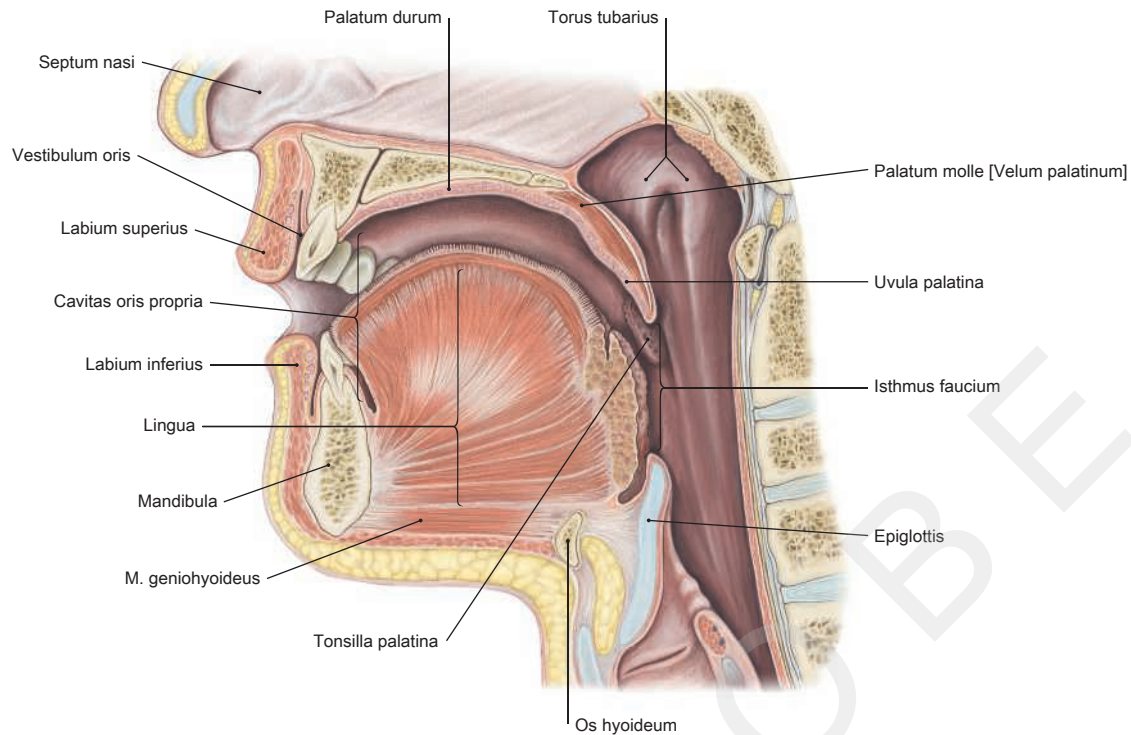


Abb. 8.94 Mundhöhle, Cavitas oris, rechts; Ansicht von links. Mediansagittalschnitt. [S700-L285]

Die Cavitas oris propria wird vom Zungenkörper ausgefüllt. Er grenzt vorne und seitlich an die Zähne und oben an den harten und weichen

Gaumen. Unten liegt die Zunge auf dem Mundboden. Teile der Zungenmuskulatur sind vorne an der Mandibula befestigt.

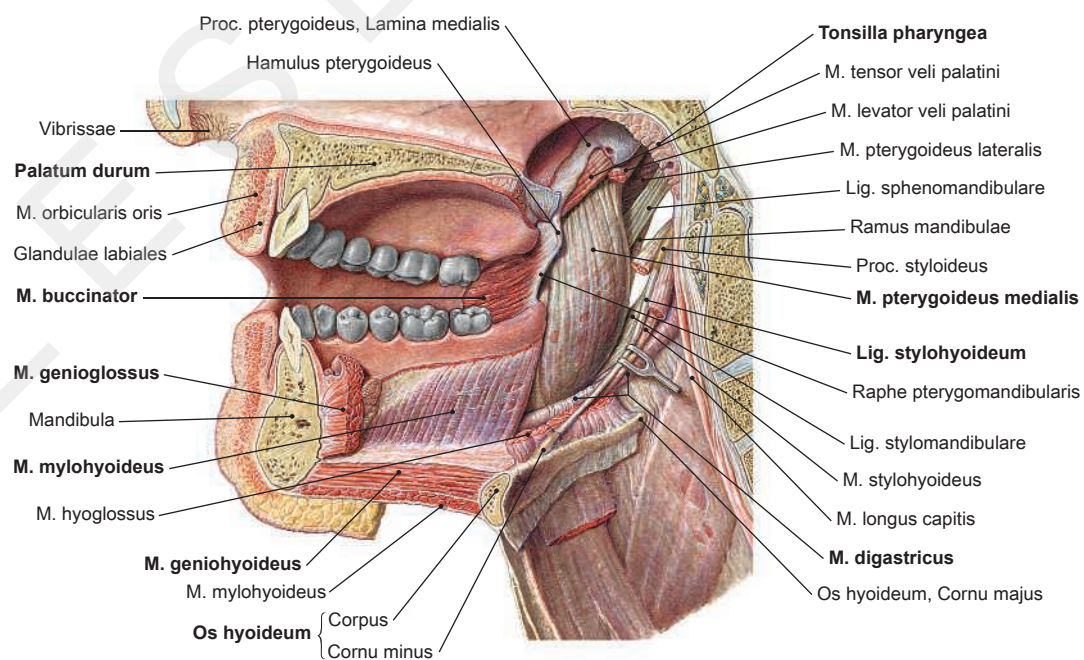


Abb. 8.95 Mundhöhle, Cavitas oris, rechts; Ansicht von links. Sagittalschnitt auf Höhe des mittleren Schneidezahns. [S700]

Seitlich wird die Mundhöhle von den Wangen, oben durch den Gaumen und unten durch die Mundbodenmuskulatur begrenzt.

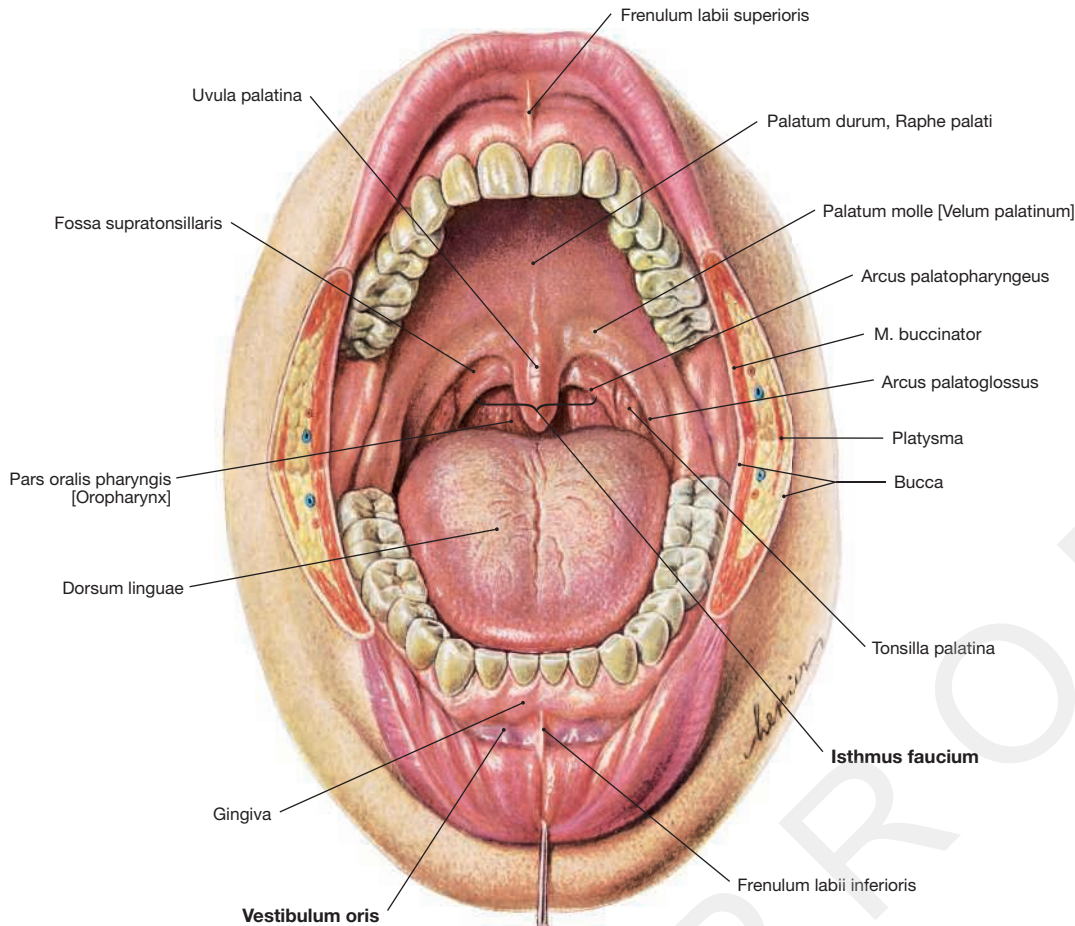


Abb. 8.96 Mundhöhle, Cavitas oris; Ansicht von vorne. Mund geöffnet. [S700]

Die Mundöffnung (Rima oris) bildet den Eingang in den Verdauungstrakt und in die Mundhöhle. Diese gliedert sich in den Mundvorhof (Vestibulum oris) und in die eigentliche Mundhöhle (Cavitas oris propria). Das **Vestibulum oris** wird außen von Lippen und Wangen und innen von Alveolarfortsätzen und Zähnen begrenzt. Bei geschlossener Zahnreihe besteht jeweils hinter dem letzten Zahn eine Verbindung zur Mundhöhle (Spatium retromolare). Im Bereich der Schlundenge (**Isthmus faucium**) geht die Mundhöhle in die Pars oralis des Pharynx [Oropharynx] über. In das Vestibulum oris und in die Cavitas oris propria münden die Ausführungsgänge zahlreicher kleiner (500–1.000) und der 3 paarigen großen Speicheldrüsen. Das Innere der Mundhöhle wird zum größten Teil vom Zungenkörper (Corpus linguae) ausgefüllt.

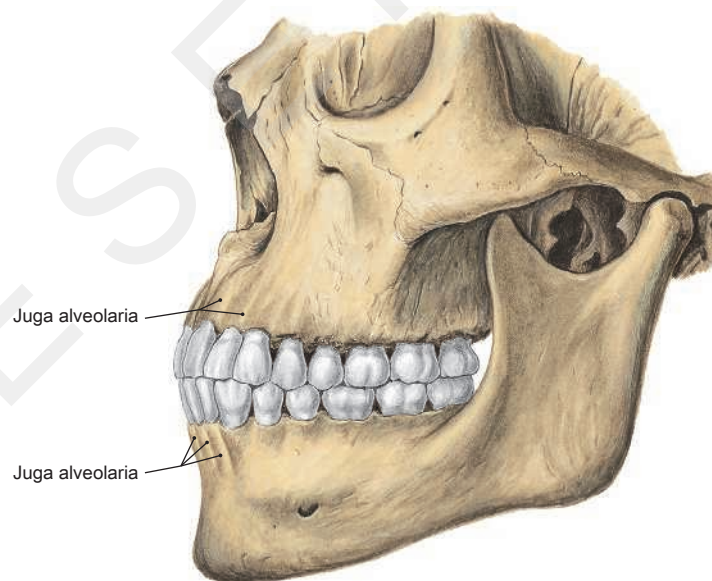


Abb. 8.97 Voll bezahnte Kiefer mit Darstellung der Juga alveolaria; Gesichtsschädel eines 28-Jährigen; Zähne in Okklusionsstellung; Ansicht von lateral. [S700]

Die Zahnwurzeln rufen im Alveolarfortsatz gratförmige, vertikal verlaufende Ausbuchtungen (Juga alveolaria) hervor. Die Zähne des Oberkiefers stehen in **Okklusionsstellung** über denen des Unterkiefers. Sie sind so angeordnet und gegeneinander verschoben, dass die Höcker des einen Zahns in den Vertiefungen der beiden gegenüberliegenden Zähne zu liegen kommen (Höcker-Fissuren-Verzahnung). Im **Oberkiefer** besteht jeder Quadrant aus einem mittleren Schneidezahn und einem kleineren seitlichen Schneidezahn, die häufig ausgeprägte Randleisten

besitzen. Der Eckzahn hat die längste Wurzel und ist einhöckrig. Die 2 Prämolaren sind zweihöckrig; der zweite (distale) ist meist etwas kleiner. Der jeweils größte Zahn ist der 1. Molar. Er ist durch einen mesio-palatalen Höcker gekennzeichnet (Tuberculum CARABELLI [30%]). Der 2. Molar entspricht nahezu dem 1., ist aber kleiner. Der 3. Molar (Weisheitszahn, Dens serotinus) ist sehr unterschiedlich gestaltet und kann auch fehlen (nicht angelegt oder nicht durchgebrochen). Im **Unterkiefer** sind Schneide- und Eckzähne kleiner. Es kommen ebenfalls je 2 Prämolaren vor. Der 1. Molar besitzt meist 5 Höcker, der 2. Molar 4 und der 3. Molar (Weisheitszahn, Dens serotinus) ist wie im Oberkiefer sehr variabel gestaltet und kann ebenso fehlen.

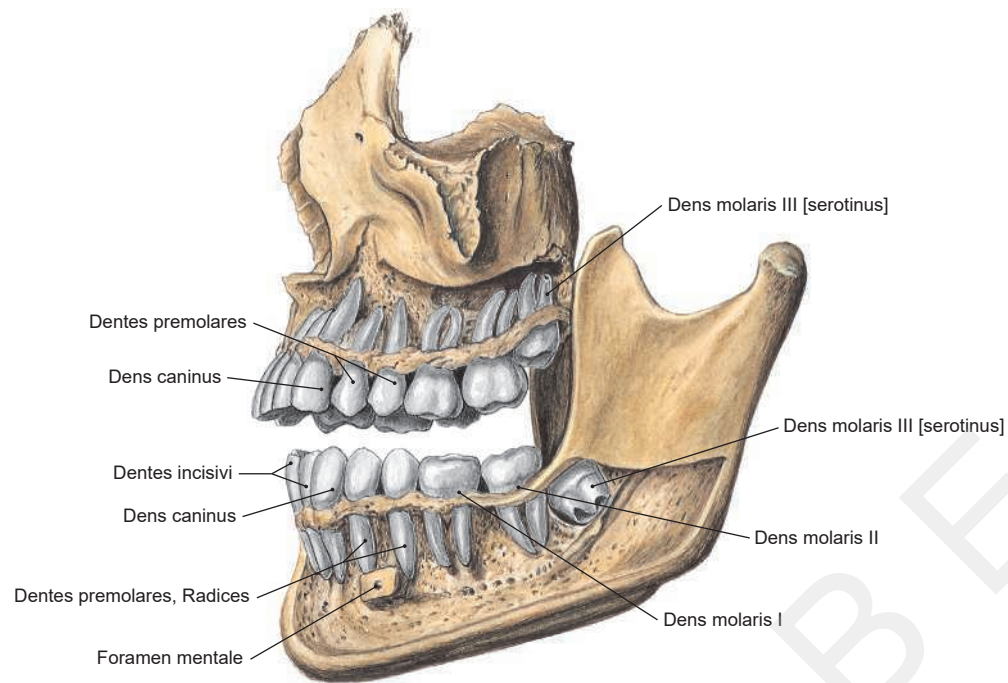


Abb. 8.98 Oberkiefer, Maxilla, und Unterkiefer, Mandibula, eines 20-Jährigen. [S700]

Nach dem Zahnwechsel besteht das Gebiss aus bis zu 32 bleibenden Zähnen (Dentes permanentes). Der 3. Molar (Dens molaris tertius, Weisheitszahn, Dens serotinus) ist im Unterkiefer noch nicht durchgebrochen. Er kann sich zurückbilden oder gar nicht angelegt sein (Apla-

sie). Die Mahlzähne erscheinen bei Mädchen durchschnittlich ca. 7 Monate früher als bei Jungen. Bei beiden Geschlechtern brechen die Molaren des Unterkiefers früher durch als die des Oberkiefers. Milchzahnwurzeln benötigen weitere 16–26 Monate; die Wurzeln bleibender Zähne sind erst nach weiteren 1,7–3,5 Jahren voll ausgebildet.

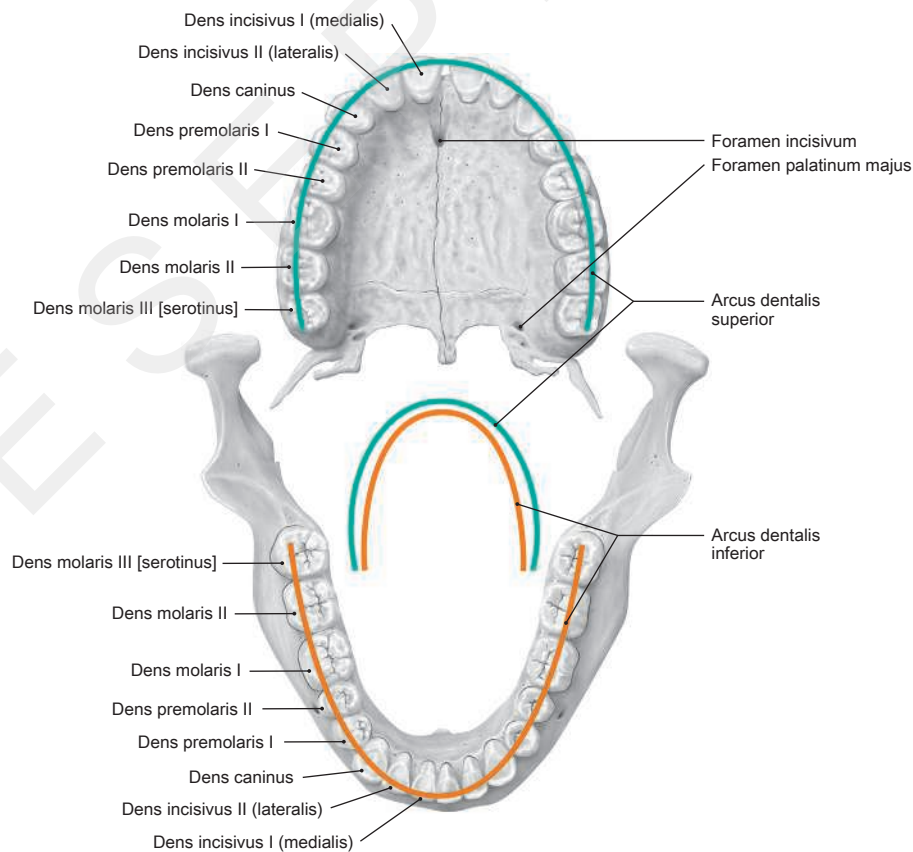


Abb. 8.99 Zahnbögen, Arcus dentalis superior und Arcus dentalis inferior, Ansicht von kaudal bzw. kranial. [S703-L127]

Der Arcus dentalis superior hat die Form einer offenen Ellipse, der Arcus dentalis inferior hat Parabelform. Die Zahnbögen besitzen jeweils einen Scheitelpunkt zwischen den beiden mittleren Schneidezähnen an der Maxilla und der Mandibula. Im Idealfall (Norm) übergreifen die

Oberkieferzähne die Zähne im Unterkiefer; dadurch ist der Arcus dentalis superior etwas größer als der Arcus dentalis inferior (türkise und orange Linie in der Mitte). Die Zahnbögen mit Alveolarknochen und Zähnen grenzen den Mundvorhof (Vestibulum oris) von der Mundhöhle (Cavitas oris) ab.

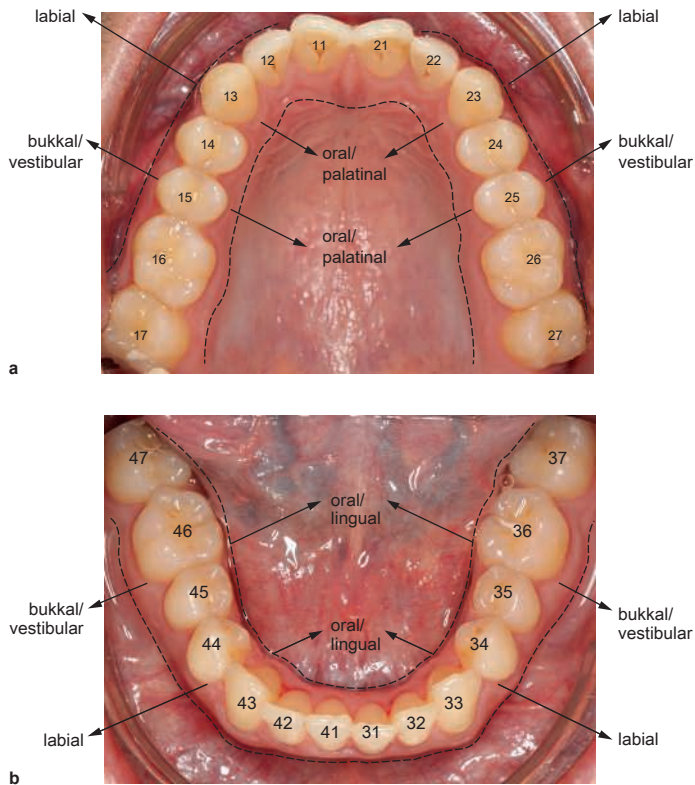


Abb. 8.100a und b Richtungsbezeichnungen in der Mundhöhle. Fotos eines voll bezahnten Ober- und Unterkiefers vor Durchbruch der Weisheitszähne. [S703-M1129]

a Maxilla, Ansicht von kaudal.

b Mandibula, Ansicht von kranial.

Als anatomische Richtungsbezeichnungen in der Mundhöhle werden die Begriffe **labial**, **vestibular** (klinisch meist vestibulär), **bukkal**, **palatinal** (nur an der Maxilla), **oral** und **lingual** (nur an der Mandibula) verwendet (→ Tabelle).

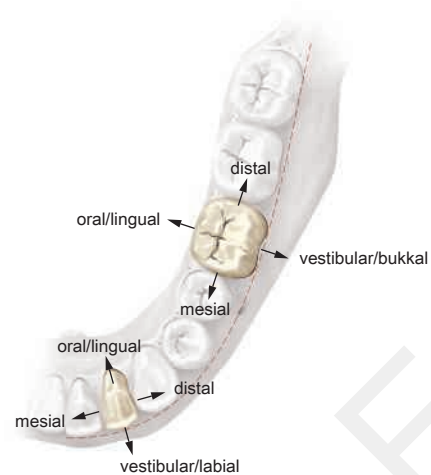


Abb. 8.101 Richtungsbezeichnungen am Zahnbogen. Ansicht von kranial auf einen halbierten Zahnbogen der Mandibula, links. [S703-L127]

Als anatomische Richtungsbezeichnungen am Zahnbogen werden die Begriffe **mesial**, **distal**, **vestibular/bukkal**, **vestibular/labial** und **oral/lingual** verwendet (→ Tabelle). In der Klinik wird statt vestibular meist vestibulär gesagt.

Struktur und Funktion

Bei der **Benennung der Oberflächen** des Zahns geht man von der Mitte des Zahnbogens aus. Der näher zu dieser Mitte gelegene, also im Zahnbogen nach vorne gerichtete Teil wird als **mesial**, der entfernter gelegene, also im Zahnbogen nach hinten gerichtete Teil als **distal** bezeichnet (→ Tabelle).

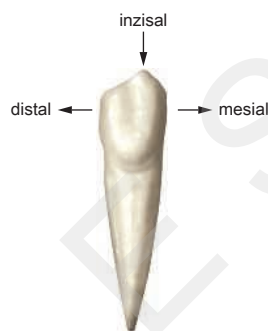


Abb. 8.102 Richtungsbezeichnungen am unteren Eckzahn, Dens caninus. [S703-L127]

Beispiel für einen einwurzeligen Zahn (→ Tabelle).

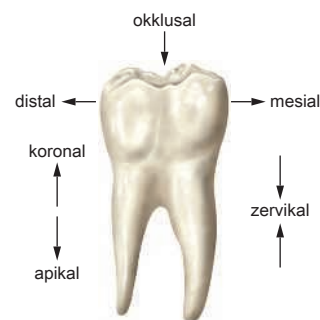


Abb. 8.103 Richtungsbezeichnungen am ersten unteren Mahlzahn, Dens molaris I. [S703-L127]

Beispiel für einen zweiwurzeligen Zahn (→ Tabelle).

Anatomische Richtungsbezeichnungen des Zahns		
in Bezug auf die Mundhöhle (→ Abb. 8.100)	in Bezug auf den Zahnbogen (→ Abb. 8.101)	weitere Bezeichnungen
- Labial: zur Lippe gerichtet - Vestibular/vestibulär: zum Mundvorhof gerichtet - Palatinal: zum Gaumen gerichtet (nur Maxilla) - Bukkal: zur Wange gerichtet - Oral: zur Mundhöhle gerichtet - Lingual: zur Zunge gerichtet (nur Mandibula)	- Mesial: im Zahnbogen zur Mittellinie bzw. nach vorne gerichtet - Distal: zum Ende des Zahnbogens bzw. im Zahnbogen nach hinten gerichtet - Vestibular/bukkal: zum Mundvorhof/zur Wange gerichtet - Vestibular/labial: zum Mundvorhof/zur Lippe gerichtet - Oral/lingual: zur Mundhöhle/zur Zunge gerichtet	- Koronal: zur Zahnkrone gerichtet - Apikal: zur Zahnwurzelspitze gerichtet - Zervikal: zum Zahnhals gerichtet - Okklusal: auf der Kaufläche gelegen - Approximal: zwischen 2 Zahnkrone gelegen - Inzisal: zur Schneidekante hin - Pulpal: zur Zahnpulpa hin - Fazial: zur Gesichtsseite gerichtet

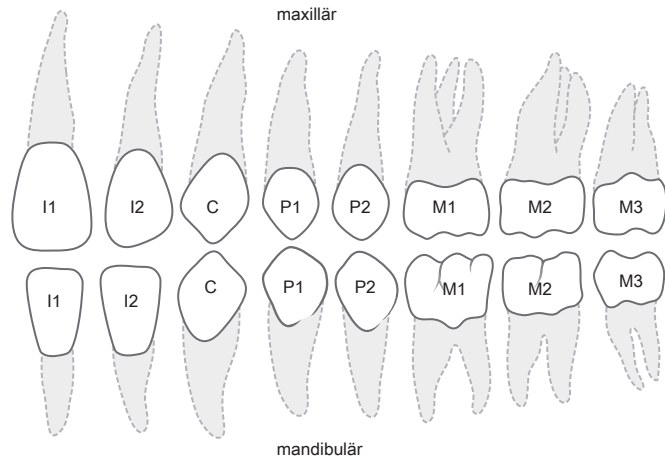


Abb. 8.104 Zahnformen der Dentes permanentes. [S703-L126]

Das Gebiss des Erwachsenen besteht sowohl in der Maxilla als auch in der Mandibula auf jeder Körperseite aus 8 unterschiedlich geformten Zähnen, die ausgehend von der Mittellinie hintereinander angeordnet sind. Dies sind:

I1 – Dens incisivus I (medialis), mittlerer Schneidezahn

I2 – Dens incisivus II (lateralis), seitlicher Schneidezahn

C – Dens caninus, Eckzahn

P1 – Dens premolaris I, 1. Prämolare

P2 – Dens premolaris II, 2. Prämolare

M1 – Dens molaris I, 1. Molar

M2 – Dens molaris II, 2. Molar

M3 – Dens molaris III [serotinus], 3. Molar, Weisheitszahn

Die Molaren sind durch Zahnhöcker (Cuspides dentis; Tubercula dentis) und Vertiefungen (Fossae dentis) gekennzeichnet (→ Abb. 8.109, → Tabelle bei Abb. 8.108). Der 1. Molar besitzt häufig einen akzessorischen Höcker (Cuspis dentis accessorium; Tuberculum dentis accessorium), der als Tuberculum CARABELLI bezeichnet wird.

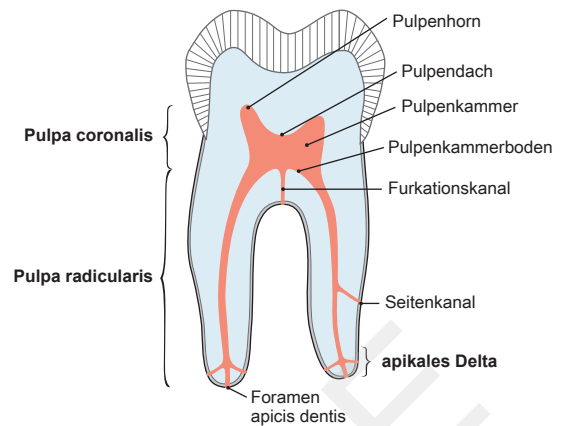


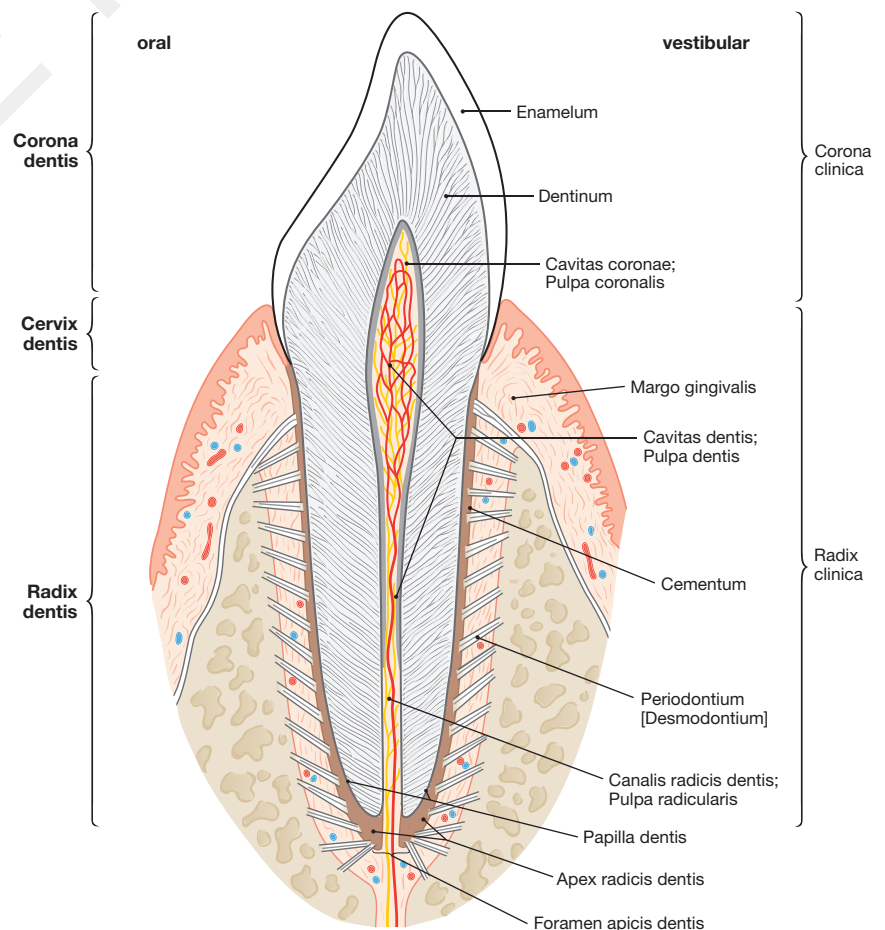
Abb. 8.105 Molar, Dens molaris. [S703-L126]

In der Morphologie des Pulpencavums unterscheidet man zwischen **Kronenpulpa (Pulpa coronalis)** und **Wurzelpulpa (Pulpa radicularis)**. Bei der Kronenpulpa lassen sich Pulpenkammer, Pulpenkammerboden, Pulpdach und Pulpenhöcker differenzieren. Vom Pulpenkammerboden und von der Wurzelkammer können Furkationskanäle und Seitenkanäle abgehen, die sich im Bereich der Zahnwurzel als Foramina apicalia in den Desmodontalspalt öffnen. Häufig liegt nicht nur ein apikales Foramen vor, sondern es kommen mehrere akzessorische Öffnungen von Wurzelkanälen vor, die hier ein **apikales Delta** bilden.

Abb. 8.106 Zahnaufbau am Beispiel eines Schneidezahns, Dens incisivus. [S700-L126]

An den wesentlichen Teilen aus Dentin (Dentinum, Substantia eburnea) bestehenden Zähnen unterscheidet man Zahnkrone (Corona dentis), Zahnhals (Cervix dentis) und Zahnwurzel (Radix dentis). Die **Zahnkrone** ist der sichtbare Teil des Zahns. Sie überragt das Zahnfleisch (Gingiva) und wird von Schmelz (Enamelum, Substantia adamantinea) überzogen. Die **Zahnwurzel** steckt in der Alveole (Alveolus dentalis), dem Wurzelfach, einer Vertiefung im Proc. alveolaris der Maxilla oder der Mandibula und ist von Zement (Cementum) überzogen. Über das Periodontium (Wurzelhaut, Desmodontium) ist sie im Alveolarknochen verankert. Der **Zahnhals** ist der Bereich, an dem Schmelz und Zement aneinandergrenzen. Hier ist die Gingiva am Zahn befestigt.

Der tiefste Punkt der Zahnwurzel ist die **Wurzelspitze** (Apex radicis dentis). Die Wurzelpapille (Papilla dentis) wird am Foramen apicis dentis vom Wurzelkanal (Canalis radicis dentis) durchbohrt, durch den Gefäße und Nerven in die Pulpahöhle (Cavitas dentis), bestehend aus Cavitas pulparis (Wurzelbereich) und Cavitas coronae (Kronenbereich), ein- und austreten. Innerhalb der Pulpahöhle liegt die **Zahnpulpa** (Pulpa dentis), ein Blutgefäß, Lymphgefäße und Nerven enthaltendes Bindegewebe, das den Zahn ernährt. Auch hier unterscheidet man zwischen Wurzelbereich (Pulpa radicularis, Wurzelpulpa) und Kronenbereich (Pulpa coronalis, Kronenpulpa). Zement, Wurzelhaut, Alveolarknochen und Teile der Gingiva werden gemeinsam als Parodontium bezeichnet.



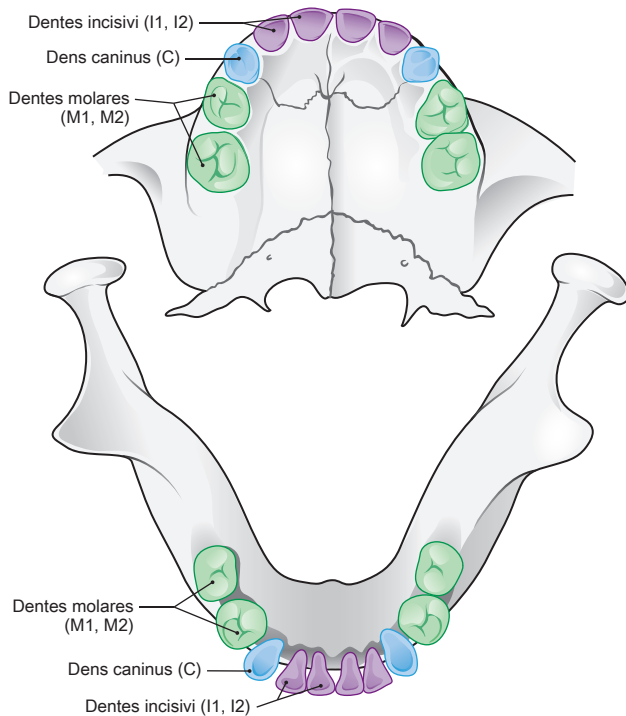


Abb. 8.107 Gebiss, 1. Generation, Milchzähne, Dentes decidui; Ansicht von unten auf die Maxilla bzw. von oben auf die Mandibula. [S700-L126]

Das Milchgebiss besteht aus $4 \times 5 = 20$ Zähnen, Dentes: 4×2 Schneidezähne, Dentes incisivi (violett); 4×1 Eckzahn, Dens caninus (blau); 4×2 Mahlzähne, Dentes molares (grün).

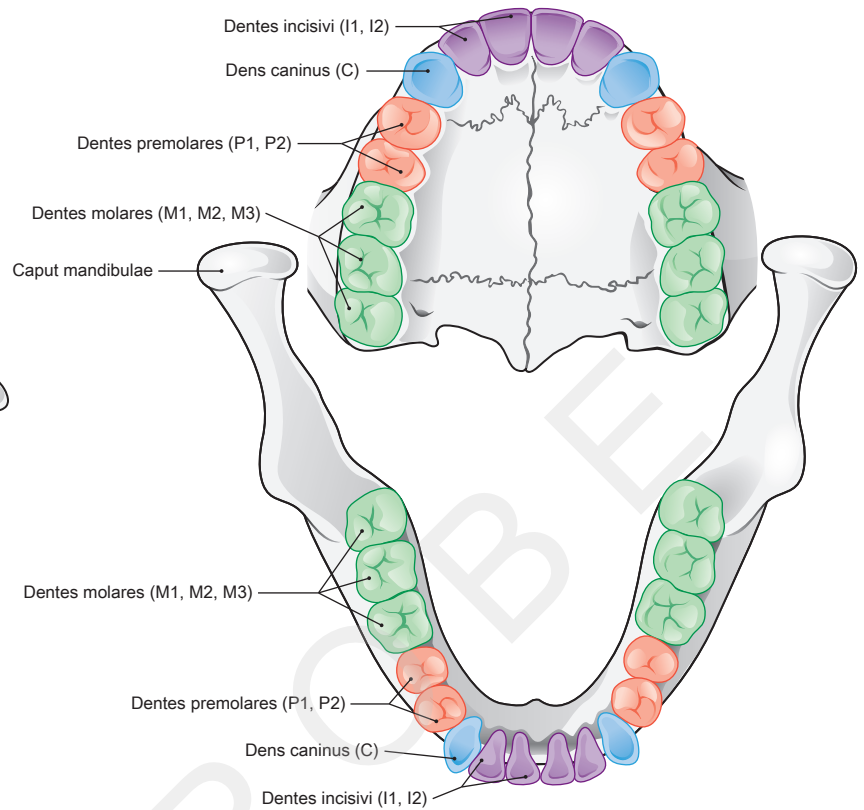


Abb. 8.108 Gebiss, 2. Generation, bleibende Zähne, Dentes permanentes; Ansicht von unten auf die Maxilla bzw. von oben auf die Mandibula. [S700-L126]

Das bleibende Gebiss besteht aus $4 \times 8 = 32$ Zähnen, Dentes: 4×2 Schneidezähne, Dentes incisivi (violett); 4×1 Eckzahn, Dens caninus (blau); 4×2 Vormahlzähne, Dentes premolares (rot); 4×3 Mahlzähne, Dentes molares (grün).

Anzahl der Höcker, Wurzeln und Wurzelkanäle der Dentes permanentes von Maxilla und Mandibula (nach Wenz und Hellwig 2018 sowie Kern et al. 2022)

Dens	Cuspidis dentis (Höcker)	Radix dentis (Wurzel)	Canalis radialis dentis (Wurzelkanal)
Maxilla			
I1 (11/21)	Schneidekante	1	1
I2 (12/22)	Schneidekante	1	1
C (13/23)	1 (Kauspitze)	1	1
P1 (14/24)	2	1 (ca. 40 %); 2 (ca. 60 %); 3 (selten)	1 (ca. 20 %); 2 (ca. 80 %); 3 (selten)
P2 (15/25)	2	1 (ca. 90 %); 2 (ca. 10 %)	1 (ca. 60 %); 2 (ca. 40 %)
M1 (16/26)	4*	3	3 (ca. 45 %); 4 (ca. 55 %)
M2 (17/27)	4	3	3 (ca. 55 %); 4 (ca. 45 %)
M3 (18/28)	meist 3 (variabel)	Wurzeln häufig verschmolzen**	unregelmäßig
Mandibula			
I1 (31/41)	Schneidekante	1	1 (ca. 70 %); 2 (ca. 30 %); 3 (selten)
I2 (32/42)	Schneidekante	1	1 (ca. 70 %); 2 (ca. 30 %)
C (33/43)	Kauspitze	1	1 (ca. 80 %); 2 (ca. 20 %)
P1 (34/44)	2 (75 %); 3 (25 %)	1	1 (ca. 75 %); 2 (ca. 25 %); 3 (selten)
P2 (35/45)	3 (lingualer Höcker meist zweigeteilt)	1	1 (ca. 95 %); 2 (ca. 5 %); 3 (selten)
M1 (36/46)	5	2	2 (ca. 25 %); 3 (ca. 75 %); 4 (selten)
M2 (37/47)	4	2	2 (ca. 30 %); 3 (ca. 70 %); 4 (selten)
M3 (38/48)	meist 4 (sehr variabel)	meist 2 (sehr variabel)	unregelmäßig

* ohne Tuberculum CARABELLI (ein akzessorischer Zusatzhöcker am mesiopalatinalen Höcker)

** sog. Pfahlwurzel

Struktur und Funktion

Die Beziehungen zur Nachbarschaft werden bei Zähnen als **Flächen, Facies**, dargestellt.

Anzahl, Stärke und Form der **Wurzeln, Radices**, sind funktionell auf die Zahnkrone abgestimmt. Dabei ist die Morphologie der Wurzeln der einzelnen Zähne des Milchgebisses und des bleibenden Gebisses recht unterschiedlich und variabel. Einwurzelige Zähne sind die Schneidezähne, Eckzähne und Prämolaren (Ausnahme: 1. oberer Prämolare). Zweiwurzelige Zähne sind der 1. obere Prämolare und die unteren Molaren. Dreiwurzelige Zähne sind die oberen Molaren. Die 3. Molaren besitzen variable Wurzelanzahlen.

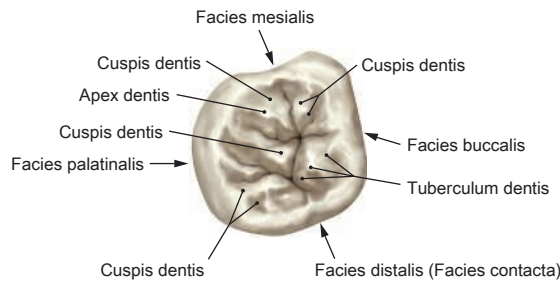


Abb. 8.109 Kauflächen am 1. oberen bleibenden Prämolare, Dens premolaris permanens I. [S703-L127]

Kaufläche eines Prämolars mit Bezeichnung der einzelnen Kauflächen.

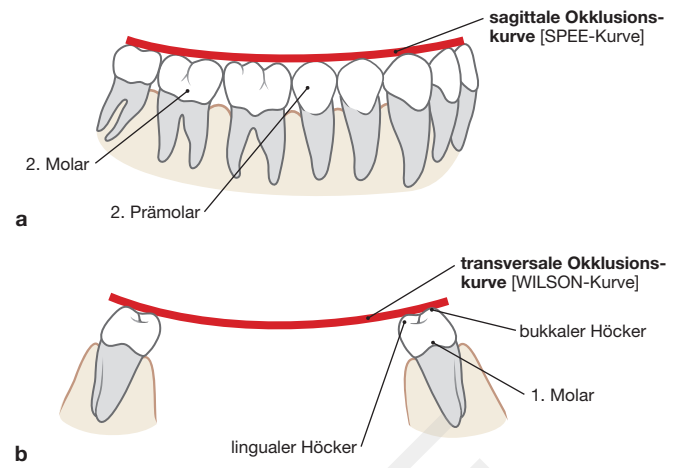


Abb. 8.110a und b Okklusionskurven, Ansicht von rechts vestibular (a) und von frontal (b). [S703-L126]

a Die Höckerspitzen der Unterkieferzahnreihe liegen von vestibular betrachtet auf einer Verbindungslinie, die eine Kurve beschreibt. Ihr tiefster Punkt liegt in Höhe des 1. Molars (M1). Diese Kurve wird als **sagittale Okklusionskurve** bezeichnet. Verläuft die Verlängerung dieser Kurve durch das Kiefergelenk, wird sie **SPEE-Kurve** genannt (und ist dann eine Sonderform der sagittalen Okklusionskurve).

b Werden die Höcker der entsprechenden Zähne im Zahnbogen in transversaler Richtung verbunden, ergibt sich ebenfalls eine Kurve, die als **transversale Okklusionskurve (WILSON-Kurve)** bezeichnet wird. Sie kommt dadurch zustande, dass die lingualen Höcker der Unterkieferseitenzähne im Mund niedriger liegen als die bukkalen.

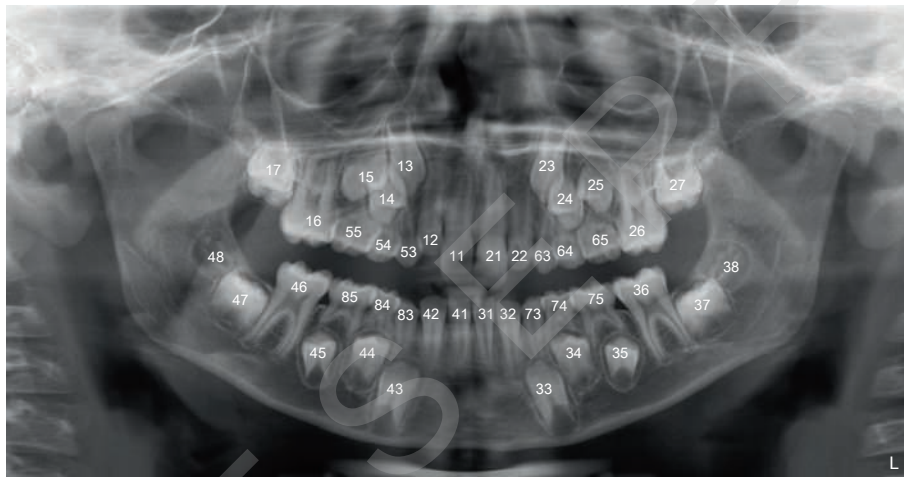


Abb. 8.111 Oberkiefer, Maxilla, und Unterkiefer, Mandibula, eines fünfjährigen Kindes; Panoramaröntgenaufnahme (Panoramaschichtaufnahme). [S703-M1129]

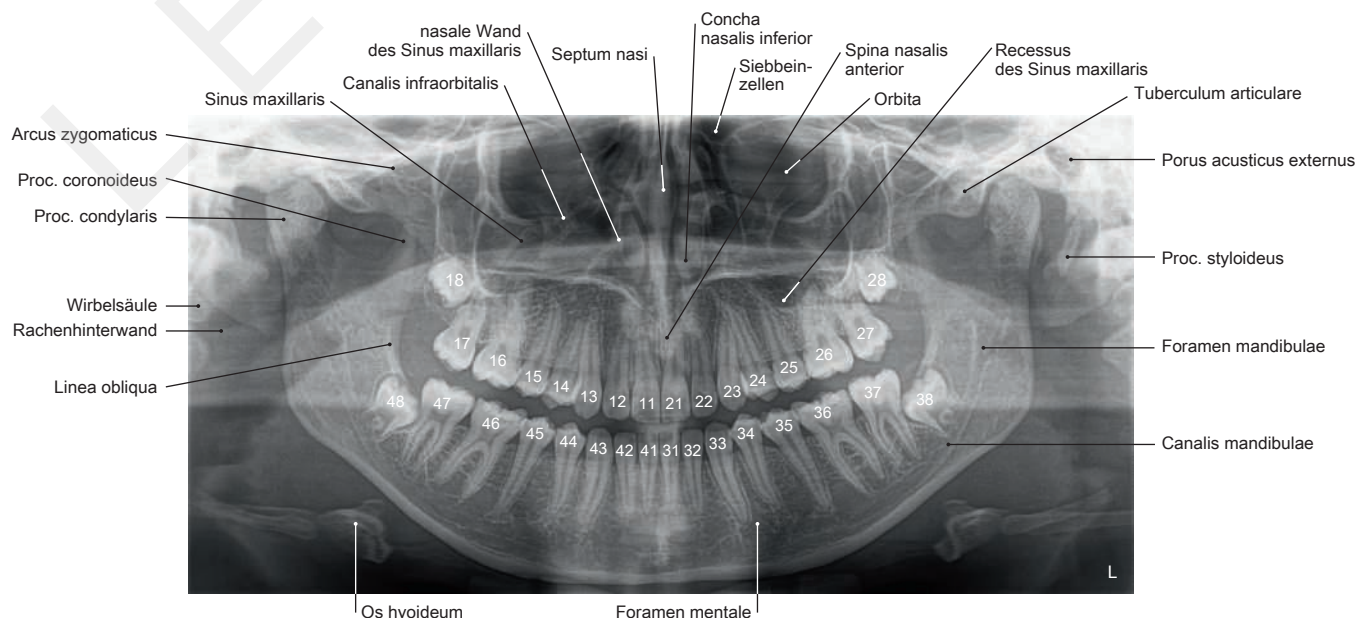


Abb. 8.112 Oberkiefer, Maxilla, und Unterkiefer, Mandibula, mit Weisheitszähnen; Panoramaröntgenaufnahme (Panoramaschichtaufnahme). [S703-M1129]

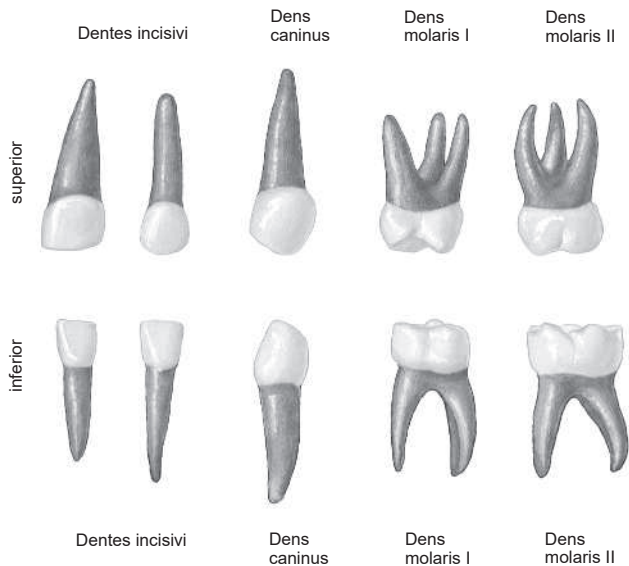


Abb. 8.113 Milchzähne, *Dentes decidui*, eines dreijährigen Kindes; Ansicht von vestibular. [S700]

Die Zahnanlagen entwickeln sich bereits vor der Geburt. Ab dem 6. Monat nach der Geburt brechen die ersten Milchzähne, Dentes decidui, in die Mundhöhle durch. Mit 30 Monaten sind normalerweise alle 20 Milchzähne durchgebrochen. Diese behält das Kind so lange, bis es mit etwa 6 Jahren die ersten bleibenden Zähne, Dentes permanentes, bekommt. Die Milchzähne haben dabei eine wichtige Platzhalterfunktion für den Durchbruch der bleibenden Zähne.

Obwohl die Milchzähne ausgetauscht werden, sollten sie immer gut gepflegt werden, da sie aufgrund eines dünneren Zahnschmelzes anfälliger für Karies sind und wegen einer größeren Pulpahöhle auch empfindlicher sind als die bleibenden Zähne.

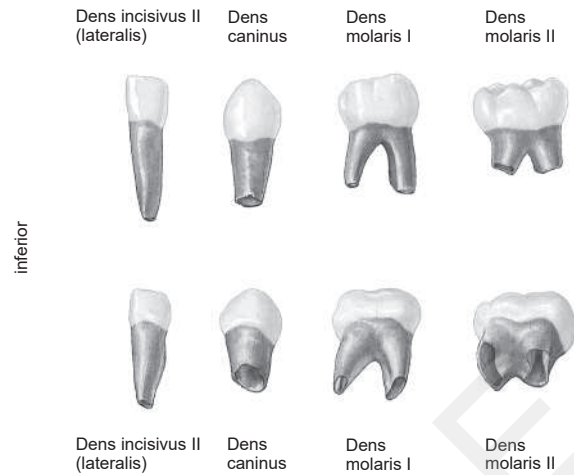


Abb. 8.114 Milchzähne, *Dentes decidui*, eines zweijährigen Kindes; obere Reihe Ansicht von vestibular, untere Reihe Ansicht von schräg unten. [S700]

Die medialen Schneidezähne sind nicht mit dargestellt. Man sieht an den Zähnen des zweijährigen Kindes, dass die Wurzelbildung bei vielen Zähnen noch nicht abgeschlossen ist. Diese geschieht größtenteils erst nach dem Zahndurchbruch.

Klinik

Zahnformel

International wird in der zahnmedizinischen Praxis eine Zahnformel (Zahnschema, → Abb. a, → Abb. b) verwendet. Dabei werden die Kieferhälften (**Quadranten**) mit einer Zahl versehen. Die **Zähne** des Dauergebisses (→ Abb. c) und des Milchgebisses (→ Abb. d) werden, von der Mittellinie ausgehend, nach hinten fortlaufend von 1 bis 8 (bleibendes Gebiss) bzw. von 1 bis 5 (Milchgebiss) durchnummeriert. Die Ziffer des Quadranten wird vorangesetzt, es folgt die Ziffer des Zahns. So bezeichnet z. B. die Angabe 11 (sprich: eins eins) den 1. Schneidezahn im rechten Oberkiefer des bleibenden Gebisses; die

Zahnformel des Erwachsenen

	Oberkiefer																
rechts	18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28	links
	48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38	
	Unterkiefer																

a

Zahnformel im Milchgebiss

Oberkiefer														
rechts	55	54	53	52	51	61	62	63	64	65	links			
	85	84	83	82	81	71	72	73	74	75				
Unterkiefer														

b

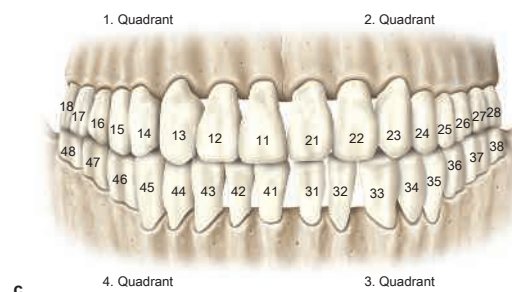
Ziffer 52 (sprich: fünf zwei) den 2. Schneidezahn im rechten Oberkiefer des Milchgebisses.

a Zahnformel für das Dauergebiss. [S700]

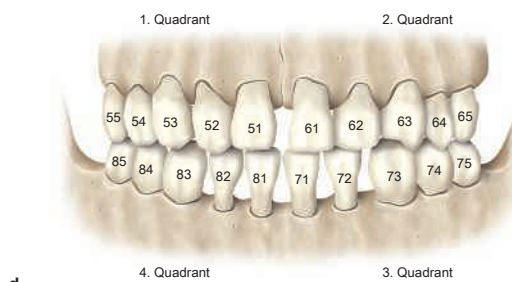
b Zahnformel im Milchgebiss. [S700]

c Schema Dauergebiss. [S703-L127]

d Schema Milchgebiss. [S703-L127]



C



d

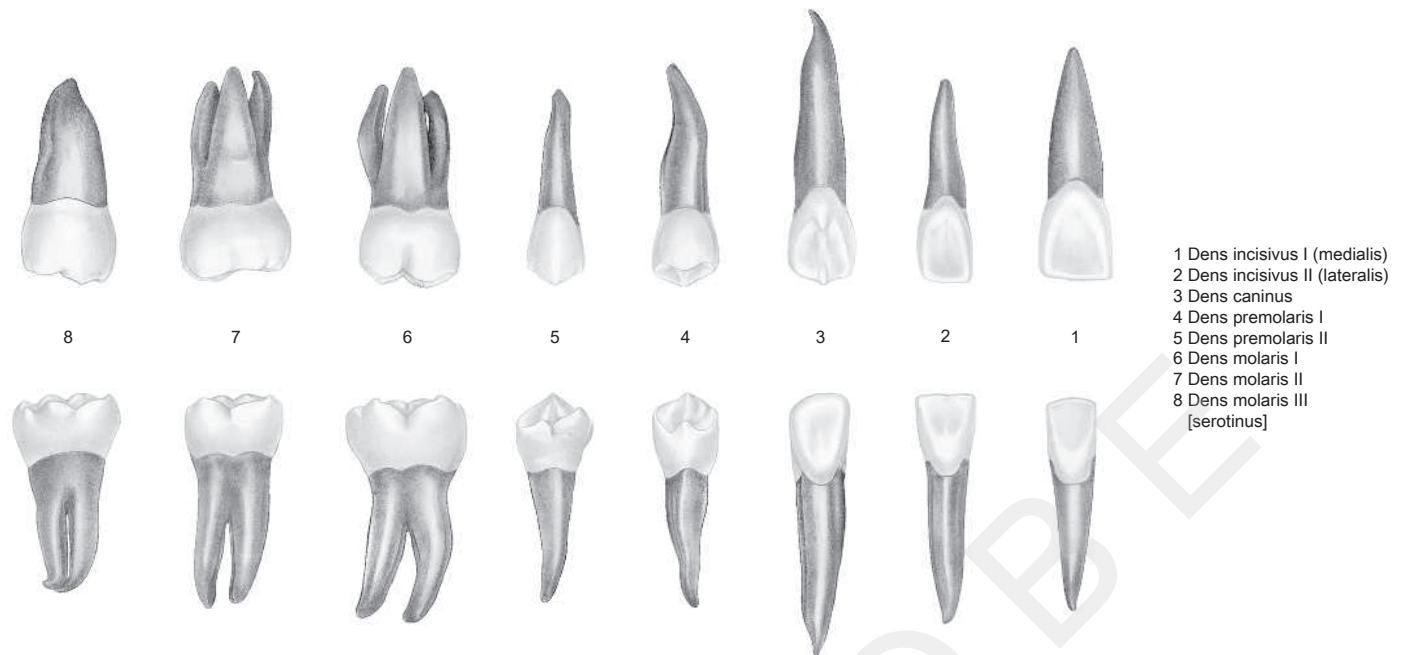


Abb. 8.115 Bleibende Zähne, Dentes permanentes; Ansicht von oral. [S700]

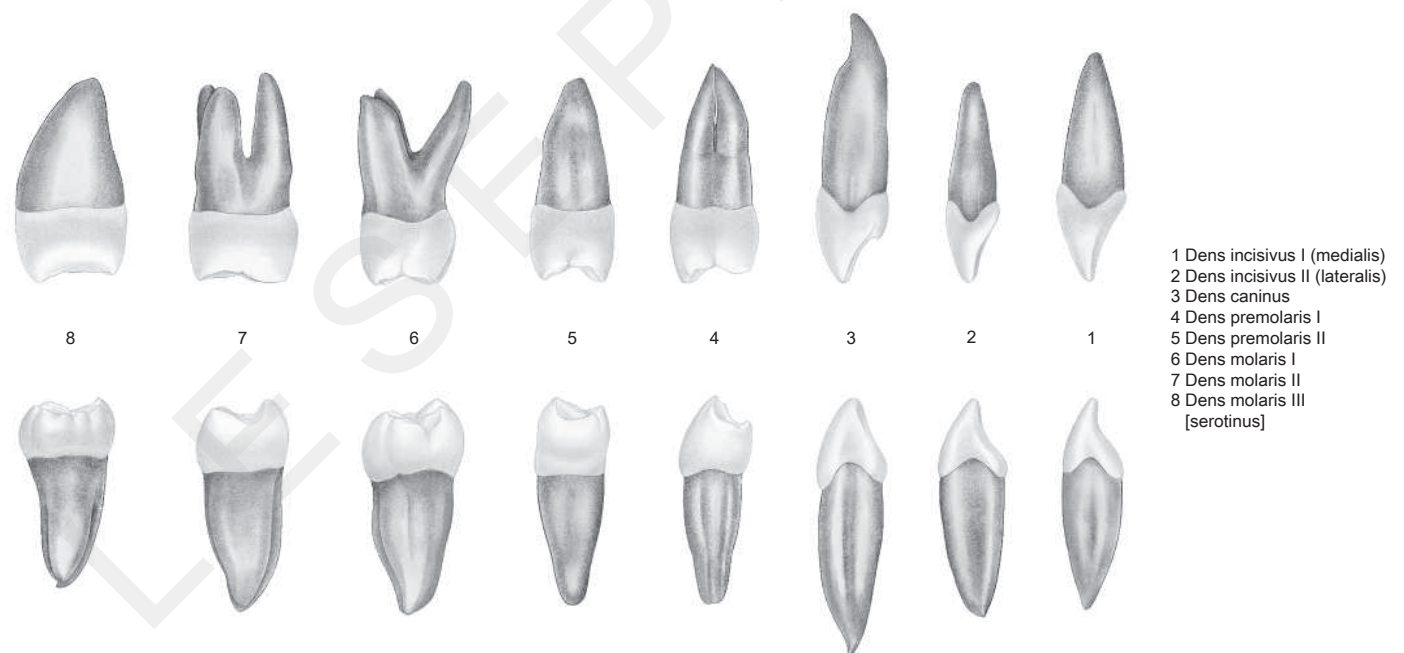


Abb. 8.116 Bleibende Zähne, Dentes permanentes; Ansicht von distal. [S700]

Ab etwa 6 Jahren beginnt der Zahnwechsel und die ersten Milchzähne, Dentes decidui, fallen aus. Dadurch wird für die bleibenden Zähne, Dentes permanentes, Platz geschaffen. Die bleibenden Zähne sind wie die Milchzähne bereits seit der Geburt angelegt und im Kiefer herangereift. Sie brechen nun nach und nach in die Mundhöhle durch. Dabei wird die Wurzel des Milchzahns durch Stoffe, die von den neuen Zähnen abgegeben werden, langsam aufgelöst. Die Milchzähne fangen nach und nach an zu wackeln und fallen schließlich aus. Ihren Platz nehmen die bleibenden Zähne ein.

Die unteren 1. Molaren brechen üblicherweise als sog. **Sechsjahresmolaren** als erste durch und sind damit die ersten bleibenden Seitenzähne (die Sechser im Erwachsenengebiss). Sie besitzen darüber hinaus eine wichtige Funktion, da sie die Zähne von Ober- und Unterkiefer zueinander stabilisieren und so für eine gute Bisslage sorgen. Danach folgen die Schneidezähne und die Seitenzähne. Zuletzt mit etwa 11–13 Jahren brechen die oberen Eckzähne und die **Zwölfjahresmolaren** (Siebener) als 2. Mahlзähne durch. Die letzten Zähne des bleibenden Gebisses, wenn sie überhaupt durchbrechen, sind die Weisheitszähne (Achter) mit einer Durchbruchzeit zwischen 16 und 25 Jahren.

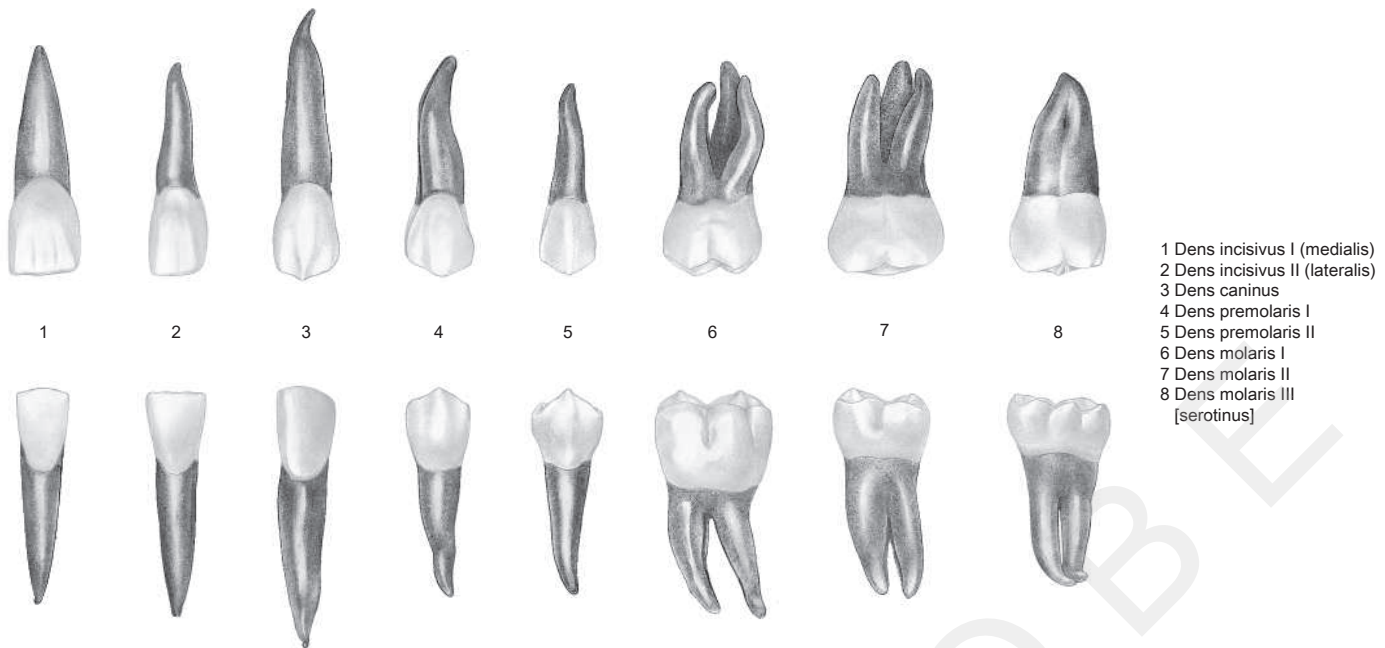


Abb. 8.117 Bleibende Zähne, *Dentes permanentes*; Ansicht von vestibular. [S700]

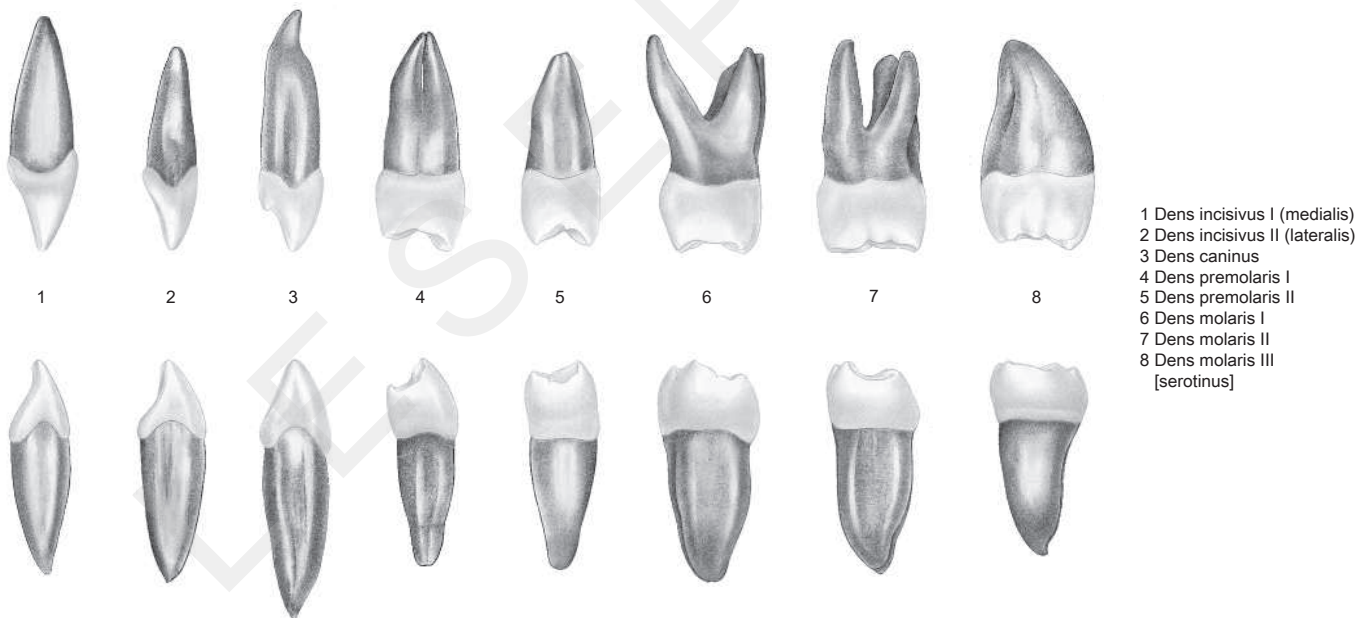


Abb. 8.118 Bleibende Zähne, *Dentes permanentes*; Ansicht von mesial. [S700]

Klinik

Da die Zähne die widerstandsfähigsten Organe des Körpers und damit besonders dauerhaft sind, spielen sie in der **forensischen Medizin** bei der Identifizierung von Opfern eine wichtige Rolle.

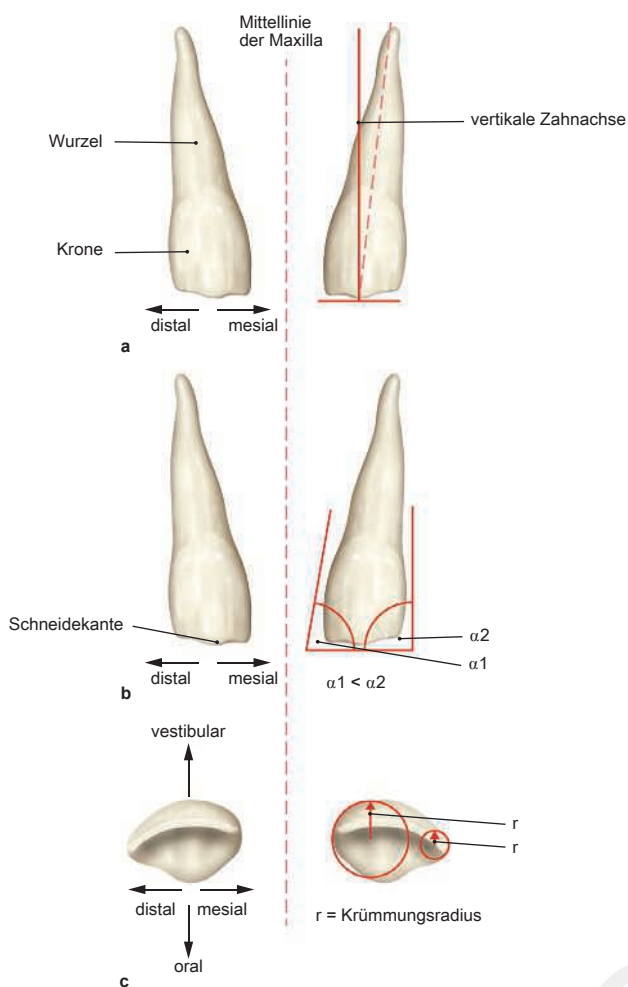


Abb. 8.119a–c Gemeinsame Zahnmerkmale (Wurzelmerkmal, Winkelmerkmal, Krümmungsmerkmal/Massenmerkmal). [S703-L127] Kennzeichen, die allen Zähnen gemeinsam sind, werden als Zahnmerkmale bezeichnet. Mit ihrer Hilfe können Zähne der rechten oder linken Kieferhälfte zugeordnet werden. Diese Zahnmerkmale sind:

a Das **Wurzelmerkmal**: Bei Betrachtung des Zahns von vestibular weicht die Zahnwurzel geringfügig von der vertikalen Zahnachse nach distal ab.

b Das **Winkelmerkmal**: Bei Betrachtung des Zahns von vestibular geht die Schneidekante (Kaufläche) mesial in einem spitzeren Winkel in die Approximalfäche über als distal.

c Das **Krümmungsmerkmal/Massenmerkmal**: Die vestibuläre Zahnfläche hat mesial einen größeren Krümmungsradius als distal. Dadurch liegt der größte Zahndurchmesser weiter mesial und nicht genau mittig. Der Zahn ist somit mesial massiger als distal (vor allem im Unterkiefer). Andere Unterscheidungsmerkmale sind die **Kronenflucht** (Winkel zwischen Achse der Zahnkrone und Wurzelachse), der **Kronenäquator** (anatomischer Zahnäquator, angenommene Linie auf der Zahnkrone, die den größten Umfang vom Zahn markiert mit der größten Vorwölbung der Seitenflächen), die **Zahnhalslinie** (Schmelz-Zement-Linie) und der **Wurzelquerschnitt** (selten rund, sondern meist oval, dadurch ist der mesiodistale Durchmesser stets kleiner als der vestibuloorale).

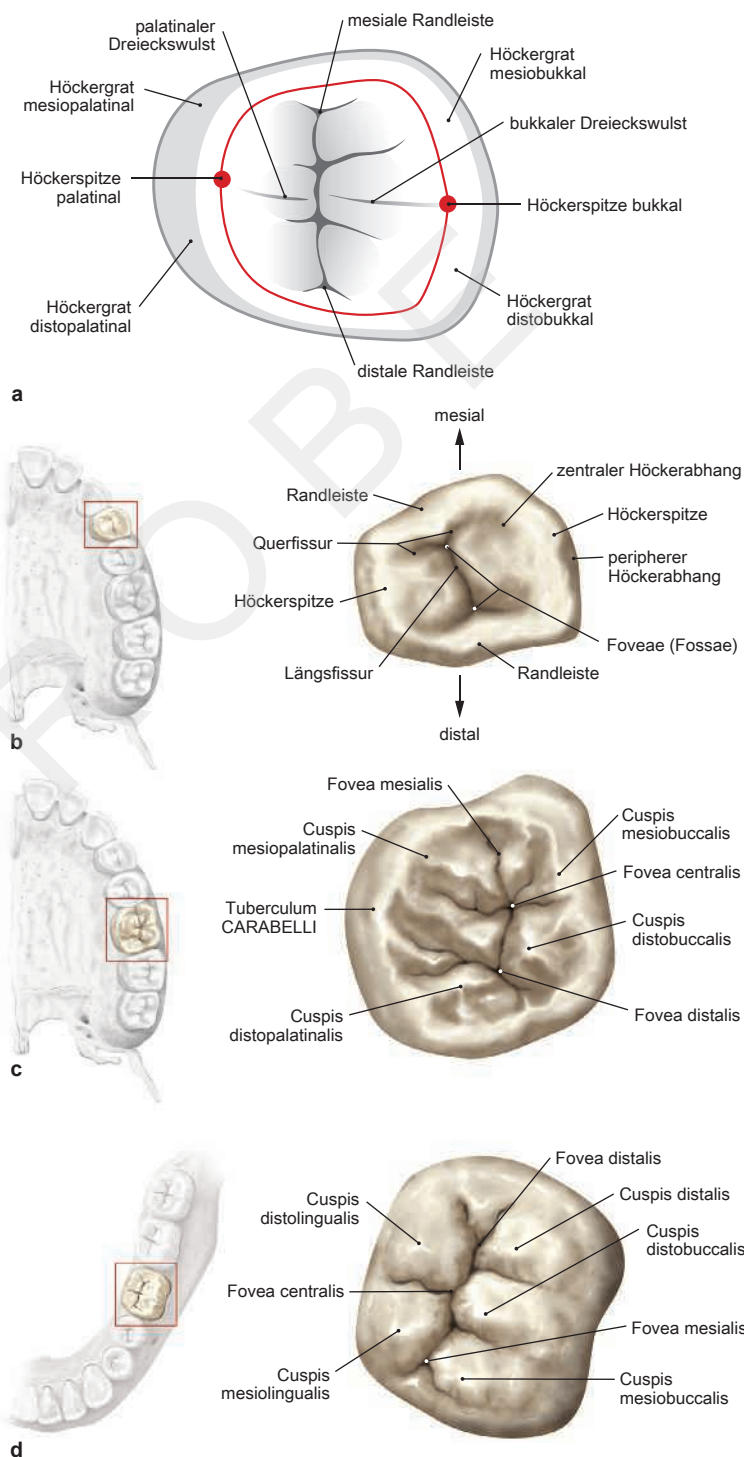


Abb. 8.120a–d Kauflächen von Seitenzähnen.

Die Kauflächen von Seitenzähnen setzen sich aus individuell geformten **Höckern** (Cuspides dentis; Tubercula dentis) mit **Höckerabhängen**, aus **Randleisten** und aus **Fissuren** zusammen (a–d). Höckerabhängen, die von der Höckerspitze nach mesial oder distal verlaufen, werden Höckergrate genannt; der von der Höckerspitze direkt nach zentral verlaufende Höckerabhang ist der **Dreieckswulst**.

a Kauflächenbestandteile eines Oberkieferprämolars (Schema). [S703-L126]

b Kauflächenbestandteile eines Oberkieferprämolars (P1, 14). [S703-L127]

c Kauflächenbestandteile eines Oberkieferprämolars (M1, 16). [S703-L127]

d Kauflächenbestandteile eines Unterkiefermolars (M1, 46). [S703-L127]

Die **anatomische Kaufläche** wird von den mesial und distal liegenden Randleisten begrenzt, die ohne Übergang in die angrenzenden Höcker-

grate übergehen. Die **funktionelle Kaufläche** greift im Gegensatz dazu auf die Außenflächen (äußere Höckerabhängen) der tragenden Höcker über. Dies sind die palatinalen Abhänge der palatinalen Höcker der Maxilla und die bukkalen Abhänge der bukkalen Höcker der Mandibula (a). Einzelne Höcker einer Kaufläche sind durch Hauptfissuren und durch Nebenfissuren (Parafissuren) voneinander abgegrenzt.

Die Kauflächen des Dauergebisses besitzen bis zu 5 Höcker (Ausnahme: Dentes incisivi). Dabei findet man bei den Dentes canini eine geteilte Schneidekante in Form einer Kauspitze; sie sind somit einhöckerig. Die Dentes premolares und molares weisen dagegen zwei- oder mehrhöckerige Kauflächen auf.

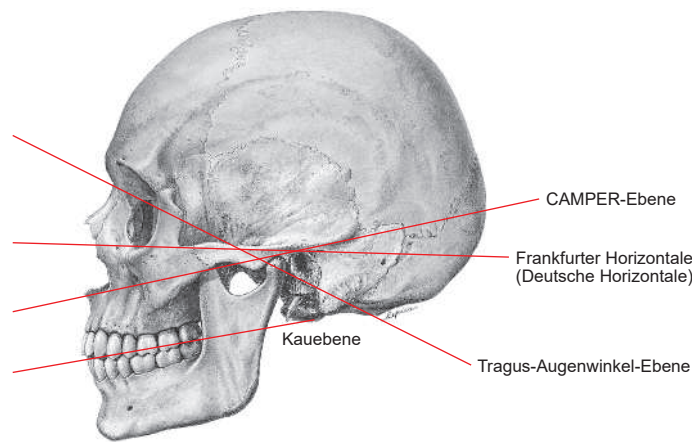


Abb. 8.121 Okklusale Bezugslinien des Gebisses. [S700]

Die Bezugslinien dienen der Beurteilung der Lage der Zähne im jeweiligen Kiefer und zur Orientierung am Gesichtsschädel:

- Die **Kauebene (Okklusionsebene)** verläuft durch den Inzisalpunkt sowie den höchsten Punkt der distobukkalen Höckerspitze von M2 auf jeder Seite (→ Abb. 8.122a).
- Die **Frankfurter Horizontale** (Deutsche Horizontale, Ohr-Augen-Ebene [OAE]) verbindet den Oberrand des Porus acusticus externus mit dem tiefsten Punkt der knöchernen Orbita.
- Die **CAMPER-Ebene** verbindet den höchsten Punkt des Meatus acusticus externus mit der Spina nasalis anterior. Klinisch wird sie heute über die beiden dorsalen (Tragus rechts und links) und den anterioren Weichteilpunkt (Subnasion oder Subnasalpunkt) definiert.
- Die **Tragus-Augenwinkel-Ebene** verbindet den Unterrand des Porus acusticus externus, den Tragus und den äußeren Augenwinkel miteinander und verläuft durch das Caput mandibulae.

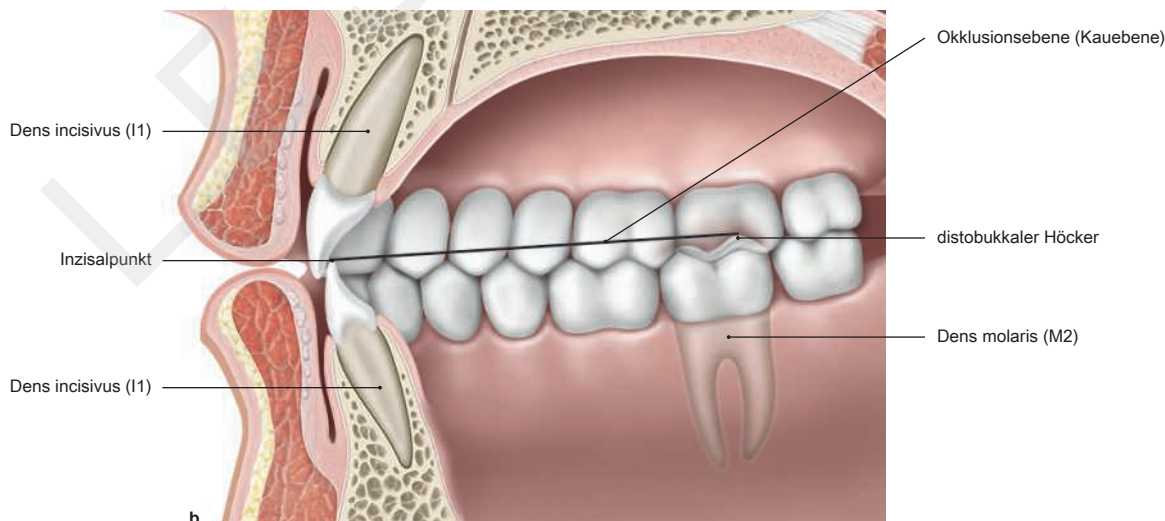
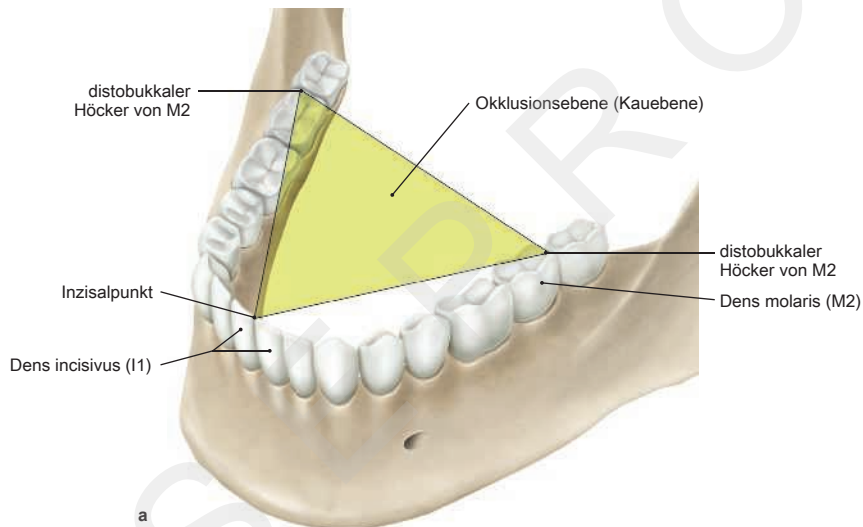


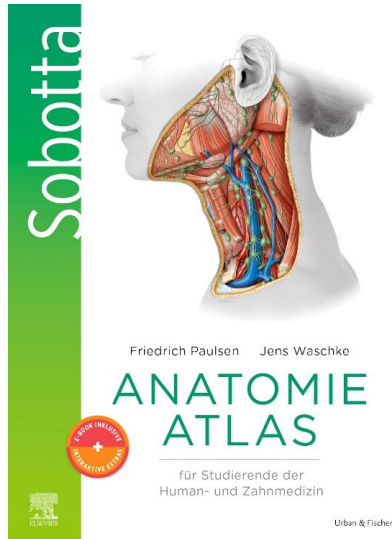
Abb. 8.122a und b Kauebene (Okklusionsebene).

a Ansicht von links vorne oben: Die Kauebene ist die Ebene zwischen dem **Inzisalpunkt** (Berührungspunkt der mesialen Schneidekanten der mandibulären ersten Schneidezähne) und den distobukkalen Höckern der 2. Unterkiefermolaren (M2, 37, 47). [S703-L275]

b In der Seitensicht von links bei sagittalisierter Mundhöhle sieht man, dass die Kauebene genau in Höhe der **Lippenschlusslinie** und parallel zur CAMPER-Ebene (→ Abb. 8.121) verläuft. [S703-L127]

Sobotta Anatomie Atlas für Studierende der Human- und Zahnmedizin + E-Book mit interaktiven Inhalten

Peter Proff / Friedrich Paulsen / Jens Waschke (Hrsg.)



2026.
834 Seiten, 1155 farb. Abb., Kartoniert
€ (D) 99,00
ISBN 9783437414459

Anatomie fürs Studium in einem Band – verlässlich und prüfungsrelevant

Kompakt, verständlich und perfekt zum Lernen für die Prüfung. Dieser *Sobotta Anatomie Atlas* bündelt das anatomische Wissen, das Studierende der Human- und Zahnmedizin brauchen, in einem praktischen Band.

Das Wichtige auf einen Blick – im Buch findest du:

- alle relevanten Inhalte zum Aneignen anatomischer Kenntnisse für die Human- und Zahnmedizin
- über 1.200 detailreiche Abbildungen zeigen alle wichtigen Strukturen, z.B. Darstellungen der Leitungsbahnen mit übersichtlichen Abbildungen von Arterien, Venen und Nerven
- übersichtliche Muskeltabellen zum schnellen und erfolgreichen Lernen

Interaktiv und jederzeit verfügbar

Zum *Sobotta Anatomie Atlas* erhältst du das E-Book mit zusätzlichen interaktiven Features:

- Prüfungsfragen mit Antworten
- Abbildungen, deren Beschriftungen ein- und ausgeblendet werden können
- Videos in 3-D-Anatomie aus Complete Anatomy

Mit dem *Sobotta Anatomie Atlas* hast du den idealen Lernbegleiter: anschaulich, zuverlässig und auf dem neuesten Stand der Wissenschaft – perfekt für dein Studium vom ersten Semester bis in die klinischen Semester.

Sobotta Anatomie Atlas und *Sobotta Anatomie Lehrbuch*: das perfekte Match.

Stand: Sept.-26, Irrtümer und Preisänderungen vorbehalten.
€-Preise gültig in Deutschland inkl. MwSt., ggf. zzgl. Versandkosten.



ELSEVIER

elsevier.de