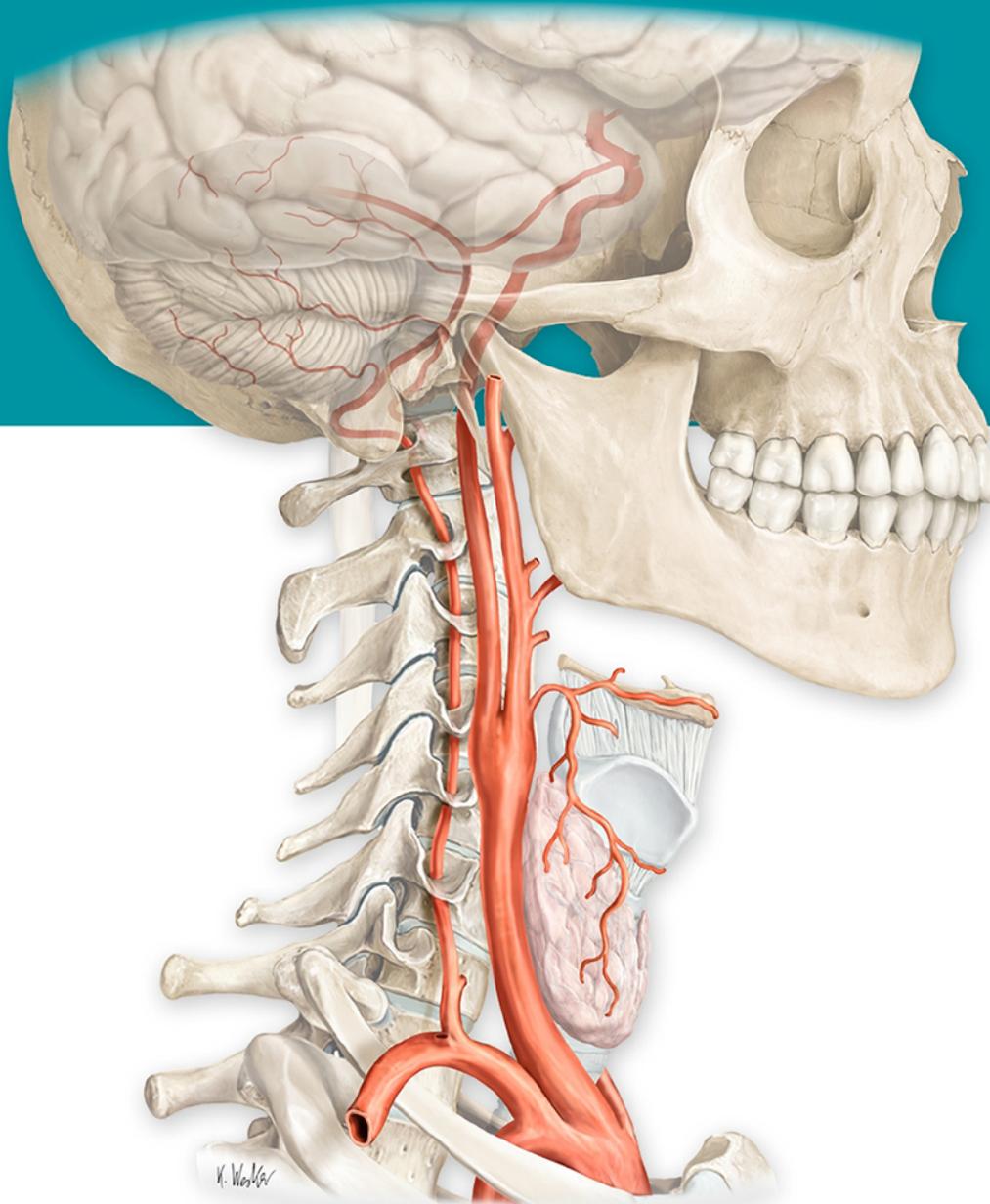


# Anatomie-Atlas für Heilpraktiker

Mit erklärenden Texten für Prüfung und Praxis

Runhild Lucius  
Anna Brockdorff







**Dr. Runhild Lucius**, geb. 1969 in Preetz, studierte von 1989–1994 Zahnheilkunde in Kiel. Nach ihrem Examen arbeitete sie als Ausbildungsassistentin in Marne und bis 1998 als angestellte Zahnärztin in Kiel. Während der sich anschließenden Elternzeit begann sie eine Tätigkeit als freiberufliche Dozentin. Sie unterrichtete an verschiedenen Kieler Heilpraktikerschulen und übernahm Lehraufträge an der Medizinischen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. Seit 2008 ist sie am Anatomischen Institut der CAU als wissenschaftliche Mitarbeiterin und Fachbuchautorin tätig.



**Anna Brockdorff**, Publizistik-Studium in Mainz und Mailand, journalistisches Volontariat beim Hessischen Rundfunk, seit 2006 Redakteurin, Sprecherin und Autorin für verschiedene ARD-Sender. Heilpraktiker-ausbildung bei Dr. Jung, Abschluss 2011. Seit 2014 zusätzlich diplomierte Lehrerin für Rhythmus-Atem-Bewegung nach H. L. Scharing. Weitere Ausbildungen in Fußreflexzonentherapie und Ohrakupunktur.

# Anatomie-Atlas für Heilpraktiker

Runhild Lucius  
Anna Brockdorff

570 Abbildungen

*Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek*

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

## **Anschriften**

Dr. med. dent. Runhild Lucius  
Anatomisches Institut der CAU Kiel  
Otto-Hahn-Platz 8  
24118 Kiel

Anna Brockdorff  
Mechtildstr. 17  
60320 Frankfurt a. M.

© 2016 Karl F. Haug Verlag in Georg Thieme Verlag KG  
Rüdigerstr. 14  
70469 Stuttgart  
Deutschland  
[www.haug-verlag.de](http://www.haug-verlag.de)

Printed in Germany

Zeichnungen: Gay u. Sender, Bremen; Barbara Gay, Bremen; Prof. Jürgen Wirth, Dreieich; anatomische Aquarelle aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. Stuttgart: Thieme  
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe  
Umschlagfoto: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. LernAtlas der Anatomie. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. Stuttgart: Thieme  
Satz: Ziegler und Müller, Kirchentellinsfurt  
Druck: Aprinta Druck GmbH, Wemding

ISBN 978-3-13-219881-4

1 2 3 4 5 6

Auch erhältlich als E-Book:  
eISBN (PDF) 978-3-13-219871-5  
eISBN (epub) 978-3-13-219861-6

**Wichtiger Hinweis:** Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie angeht. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. Jeder Benutzer ist angehalten, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers. Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen ®) werden nicht immer besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handelt.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen oder die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.



Besuchen Sie uns auf Facebook!  
[www.facebook.com/haugheilpraxisleben](http://www.facebook.com/haugheilpraxisleben)

## Vorwort

Als uns, Anna Brockdorff als erfahrener Heilpraktikerin und Lehrbuchautorin und mir als langjähriger Dozentin an zwei Kieler Heilpraktikerschulen sowie am Anatomischen Institut der CAU zu Kiel, vom Haug-Verlag die Autorenschaft für einen Anatomie-Lern- und -Bildatlas für Heilpraktiker angeboten wurde, waren wir sofort begeistert. Die anatomischen Themen haben wir so aufbereitet, dass sie alle vorhersehbaren Informationen für die Heilpraktikerprüfungen enthalten. Wir haben dabei sowohl die Multiple-Choice-Klausuren als auch die mündlichen Prüfungen der letzten Jahre als Grundlage herangezogen. Sich prüfungsrelevantes Wissen anzueignen, ist sicherlich richtig. Dieses Buch erhebt aber darüber hinaus den Anspruch, auch weitere wichtige anatomische Informationen zu liefern, die manchmal über ein reines Prüfungswissen hinausgehen. Wir möchten Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, so auch ein Nachschlagewerk an die Hand geben, das es Ihnen ermöglicht, auftretende Fragen während des Studiums, aber auch in der Zeit nach der bestandenen Prüfung zu beantworten. Das Buch soll Sie durch Ihr gesamtes „Heilpraktiker-Leben“ begleiten.

Um das Lernen zu erleichtern, haben wir nicht nur besonderen Wert auf einen verständlichen Aufbau gelegt, sondern auch die lateinischen (und griechischen) Fachausdrücke mit deut-

lichen Übersetzungen ergänzt. Oftmals lernt es sich leichter, wenn die Lerninhalte Assoziationen wecken. So schlagen wir an geeigneten Stellen Eselsbrücken und Merkhilfen vor. Um die anatomischen Sachverhalte in einen für Heilpraktiker logischen Zusammenhang zu bringen, wurden die aussagekräftigen, realitätsnahen Abbildungen durch eine Vielzahl von Abbildungen zu naturheilkundlichen Topografien erweitert. Viele Hinweise zur Pathologie und zu naturheilkundlichen Therapieansätzen ergänzen die anatomischen Texte. Außerdem sind für Heilpraktiker relevante Hinweise zu bestehenden Behandlungsverböten und zum Infektionsschutzgesetz eingefügt. Dabei war es nicht unser Ziel, ein therapeutisches Werk zu ersetzen. Auf die Beschreibung homöopathischer Wirkstoffe haben wir bewusst verzichtet, da solche Angaben dem Gedanken der Homöopathie nicht entsprechen.

Wir wünschen den Leserinnen und Lesern viel Lernfreude und -erfolg mit dem Buch und bitten ganz ausdrücklich um Rückmeldungen und Verbesserungsvorschläge.

Kiel und Frankfurt a. M., im Juni 2016

Runhild Lucius  
Anna Brockdorff

## Danksagung

Bei unserer Arbeit wurden wir von dem engagierten und hilfsbereiten Team des Karl F. Haug Verlags unterstützt. Unser herzlicher Dank gilt nicht nur unserer Redakteurin Frau Stefanie Teichert, der es mit viel Geschick gelungen ist, die verschiedenen Themenbereiche und Textergänzungen in einen logischen, strukturierten Zusammenhang zu bringen. Sie war stets für alle Fragen offen und zögerte auch nicht, uns zu Kürzungen überladener Passagen zu animieren. Auch Frau Stefanie Westphal, die selber Heilpraktikerin ist, hatte einen guten Blick für das richtige inhaltliche Maß. Ebenso danken wir Frau Ulrike Marquardt für die Organisation der Abläufe im Verlag.

Frau Prof. Renate Lüllmann-Rauch bin ich, Runhild Lucius, zu Dank verpflichtet. Sie war stets bereit, auftretende Fragen,

meist über histologische oder anatomische Definitionen, mit mir zu diskutieren. Als weiterer kritischer Korrekturleser und Ratgeber hat mein Ehemann, Herr Prof. Ralph Lucius, wesentlich zum Gelingen des Buches beigetragen. Herrn Prof. Michael Schünke habe ich zu verdanken, dass ich dieses Buchprojekt überhaupt übernehmen konnte, da auf seinen Vorschlag der Kontakt zum Verlag zustande kam. Nicht nur bei dieser Autorenschaft hat er mich durch seine langjährige Erfahrung als Lehrbuchautor und Anatom begleitet und immer wieder bestätigende Worte gefunden.

Von Herzen danken möchte ich, Anna Brockdorff, Hans-Martin Scholder, der mich von der ersten Idee bis zur Endphase unterstützt hat.

# Inhalt

- Vorwort 5
- Danksagung 6

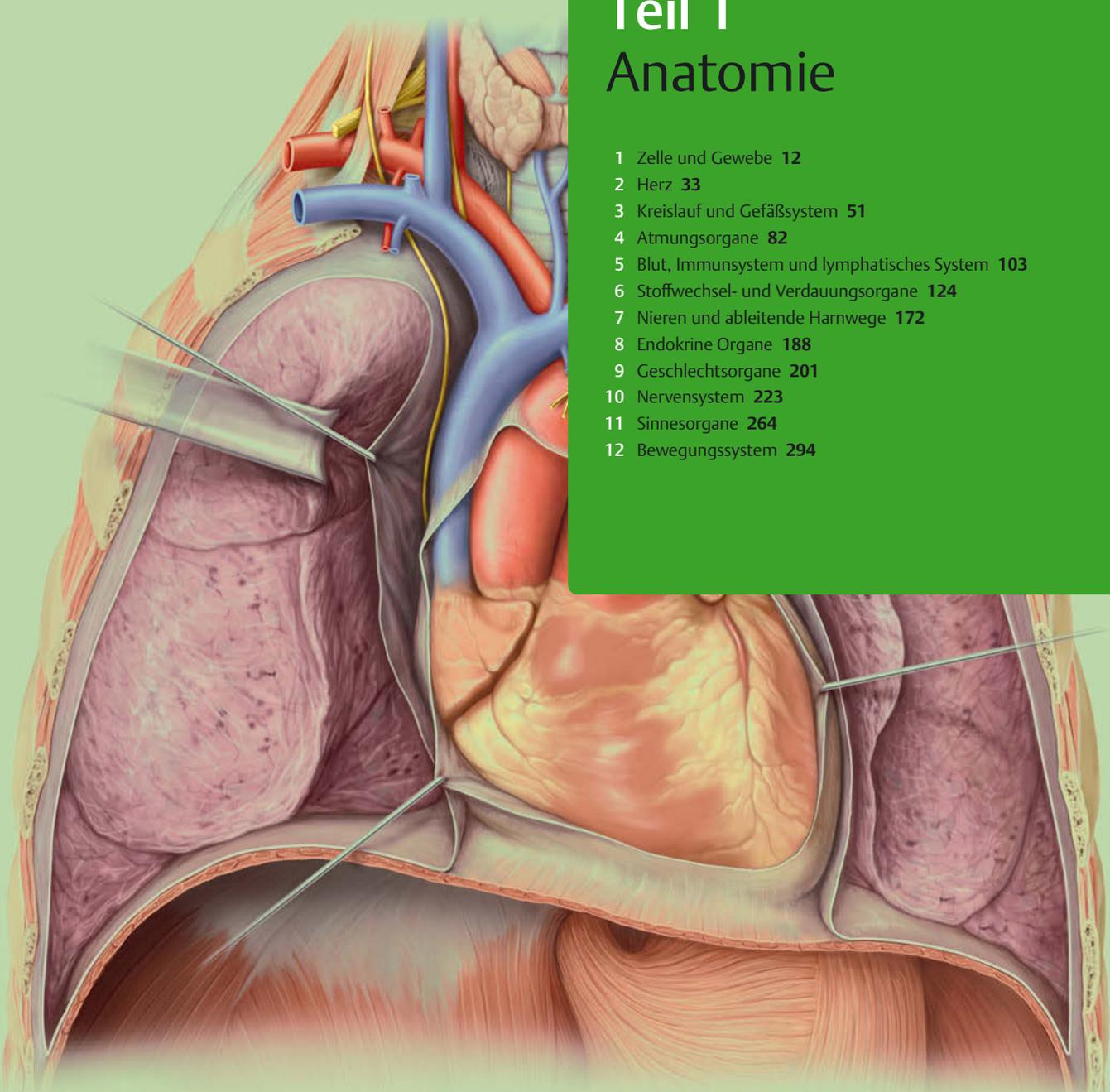
## Teil 1 Anatomie

- 1 Zelle und Gewebe 12**
  - 1.1 Zellen 12**
    - 1.1.1 Intra- und Extrazellularraum 12
    - 1.1.2 Aufbau der Zelle 14
  - 1.2 Gewebe 18**
    - 1.2.1 Epithelgewebe 18
    - 1.2.2 Binde- und Stützgewebe 21
    - 1.2.3 Muskelgewebe 24
    - 1.2.4 Nervengewebe 26
- 2 Herz 33**
  - 2.1 Lage, Form und Aufbau 33**
    - 2.1.1 Inneres Herz 35
    - 2.1.2 Äußeres Herz 36
  - 2.2 Arterielle und venöse Blutgefäße 38**
    - 2.2.1 Arterielle Blutversorgung 38
    - 2.2.2 Venöse Blutgefäße 39
  - 2.3 Herzbeutel und Perikardhöhle 40**
  - 2.4 Herzwand 41**
  - 2.5 Herzklappen 41**
    - 2.5.1 Segelklappen 41
    - 2.5.2 Taschenklappen 43
    - 2.5.3 Auskultation der Herzklappen 44
    - 2.5.4 Ventilebene und Herzskelett 44
  - 2.6 System der Erregungsbildung und -leitung am Herzen 45**
    - 2.6.1 Sinusknoten 46
    - 2.6.2 AV-Knoten 46
    - 2.6.3 His-Bündel 46
    - 2.6.4 Tawara-Schenkel und Purkinje-Fasern 46
  - 2.7 Elektrokardiogramm 47**
  - 2.8 Innervation 48**
  - 2.9 Zusammenfassung: Der Weg des Blutes durch den Lungen- und Körperkreislauf 49**
    - 2.9.1 Vorgeburtlicher (pränataler) Kreislauf 49
    - 2.9.2 Umstellung des Kreislaufs nach der Geburt (postnataler Kreislauf) 50
- 3 Kreislauf und Gefäßsystem 51**
  - 3.1 Überblick über das Kreislauf- und Gefäßsystem 51**
    - 3.1.1 Hoch- und Niederdrucksystem 51
    - 3.1.2 Wandaufbau großer Gefäße 51
  - 3.2 Arterien und Venen 53**
    - 3.2.1 Arterien 54
    - 3.2.2 Venen 56
  - 3.3 Systematik der Blutgefäße 58**
    - 3.3.1 Arteriell System 58
    - 3.3.2 Venöses System 70
    - 3.3.3 Lymphgefäße 79
- 4 Atmungsorgane 82**
  - 4.1 Luftleitende Atemwege 82**
    - 4.1.1 Nase und Nasennebenhöhlen 82
    - 4.1.2 Nasen-Rachen-Raum 87
    - 4.1.3 Kehlkopf 88
    - 4.1.4 Luftröhre und Hauptbronchien 90
  - 4.2 Lunge 90**
    - 4.2.1 Lungenlappen 93
    - 4.2.2 Lungensegmente 93
    - 4.2.3 Bronchialbaum 93
    - 4.2.4 Lungenläppchen 93
    - 4.2.5 Alveolen 95
    - 4.2.6 Gefäße und Innervation der Lunge 98
    - 4.2.7 Pleura 99
    - 4.2.8 Atemmuskeln 100
    - 4.2.9 Lungenvolumina 101
    - 4.2.10 Atemverschieblichkeit 102
    - 4.2.11 Steuerung der Atmung 102
- 5 Blut, Immunsystem und lymphatisches System 103**
  - 5.1 Zusammensetzung des Blutes 103**
    - 5.1.1 Blutplasma und Blutserum 104
    - 5.1.2 Blutzellen 104
    - 5.1.3 Blutgruppen 112
  - 5.2 Immunsystem 112**
    - 5.2.1 Antigen, Antikörper 113
    - 5.2.2 Angeborene (unspezifische) Abwehr 113
    - 5.2.3 Erworbene (spezifische) Abwehr 114
  - 5.3 Lymphatisches System 116**
    - 5.3.1 Primäre lymphatische Organe 116
    - 5.3.2 Sekundäre lymphatische Organe 118
- 6 Stoffwechsel- und Verdauungsorgane 124**
  - 6.1 Weg der Nahrung durch den Verdauungstrakt 124**
  - 6.2 Wandaufbau von Speiseröhre und Magen-Darm-Kanal 126**
  - 6.3 Mundraum 126**
    - 6.3.1 Mundvorhof 127
    - 6.3.2 Lippen 127
    - 6.3.3 Zähne 127
    - 6.3.4 Mundhöhle 131
    - 6.3.5 Zunge 132
  - 6.4 Rachen 133**

- 6.5 Speicheldrüsen** 133
  - 6.5.1 Ohrspeicheldrüse 135
  - 6.5.2 Unterkiefer und Unterzungspeicheldrüse 135
- 6.6 Speiseröhre** 136
  - 6.6.1 Natürliche Engen der Speiseröhre 136
  - 6.6.2 Transport der Nahrung durch die Speiseröhre 138
- 6.7 Lageverhältnisse der Organe im Bauch- und Beckenraum** 139
  - 6.7.1 Bauchfell und Bauchfellhöhle 139
  - 6.7.2 Bursa omentalis und Douglas-Raum 141
- 6.8 Arterielle und venöse Blutgefäße und Lymphabfluss der Verdauungsorgane** 141
  - 6.8.1 Arterielle Blutversorgung 141
  - 6.8.2 Venöse Blutgefäße 141
  - 6.8.3 Lymphsystem 145
- 6.9 Magen** 146
  - 6.9.1 Arterielle Blutversorgung 148
  - 6.9.2 Magenabschnitte 148
  - 6.9.3 Magenschleimhaut 148
- 6.10 Dünndarm** 150
  - 6.10.1 Endokrine Drüsen 151
  - 6.10.2 Darmbewegungen 151
  - 6.10.3 Duodenum 151
  - 6.10.4 Jejunum und Ileum 153
  - 6.10.5 Arterielle Blutversorgung des Dünndarms 153
  - 6.10.6 Besonderheiten von Jejunum und Ileum 153
  - 6.10.7 Darmflora 153
- 6.11 Dickdarm** 155
  - 6.11.1 Blinddarm 156
  - 6.11.2 Kolon 156
  - 6.11.3 Rektum 157
  - 6.11.4 Arterielle Blutversorgung von Kolon und Rektum 158
  - 6.11.5 Kontinenzorgan 159
- 6.12 Bauchspeicheldrüse** 160
  - 6.12.1 Arterielle Blutversorgung 161
  - 6.12.2 Sekrete der Bauchspeicheldrüse 161
- 6.13 Leber** 163
  - 6.13.1 Leberpforte und Blutgefäße der Leber 164
  - 6.13.2 Gliederung und Feinbau der Leber 165
- 6.14 Gallenblase und abführendes Gallengangsystem** 169
- 7 Nieren und ableitende Harnwege** 172
  - 7.1 Nieren** 172
    - 7.1.1 Fett- und Bindegewebshüllen 173
    - 7.1.2 Nierenmark 174
    - 7.1.3 Nierenrinde 174
    - 7.1.4 Nephron 175
    - 7.1.5 Feinbau des Nierenkörperchens 176
    - 7.1.6 Arterielle Blutversorgung 180
    - 7.1.7 Juxtaglomerulärer Apparat 180
  - 7.2 Ableitende Harnwege** 181
    - 7.2.1 Nierenbecken 181
    - 7.2.2 Harnleiter 182
    - 7.2.3 Harnblase 184
    - 7.2.4 Harnröhre 186
- 8 Endokrine Organe** 188
  - 8.1 Bildungsorte der Hormone** 188
  - 8.2 Arten der Informationsübertragung** 189
  - 8.3 Chemische Struktur und Löslichkeit von Hormonen** 190
  - 8.4 Stoffwechsel der Hormone** 190
  - 8.5 Hypothalamus-Hypophysen-System** 190
    - 8.5.1 Hypothalamus 190
    - 8.5.2 Hypophyse 191
    - 8.5.3 Beeinflussung der Adenohypophyse durch die Steuerhormone des Hypothalamus 193
    - 8.5.4 Steuerung der Hormonproduktion durch Rückkopplung 194
  - 8.6 Nebennieren** 195
    - 8.6.1 Nebennierenrinde 195
    - 8.6.2 Nebennierenmark 197
  - 8.7 Schilddrüse** 197
  - 8.8 Nebenschilddrüsen** 199
  - 8.9 Bauchspeicheldrüse** 199
  - 8.10 Zirbeldrüse** 200
  - 8.11 Geschlechtsdrüsen** 200
- 9 Geschlechtsorgane** 201
  - 9.1 Geschlechtsmerkmale** 201
  - 9.2 Geschlechtsorgane des Mannes** 201
    - 9.2.1 Innere männliche Geschlechtsorgane 201
    - 9.2.2 Äußere männliche Geschlechtsorgane 207
  - 9.3 Weibliche Geschlechtsorgane** 209
    - 9.3.1 Innere weibliche Geschlechtsorgane 209
    - 9.3.2 Äußere weibliche Geschlechtsorgane 217
    - 9.3.3 Schwangerschaft 218
    - 9.3.4 Geburt 220
- 10 Nervensystem** 223
  - 10.1 Anteile des Nervensystems** 223
  - 10.2 Zentrales Nervensystem** 223
    - 10.2.1 Gehirn 223
    - 10.2.2 Rückenmark 232
    - 10.2.3 Gehirn- und Rückenmarkshäute 238
    - 10.2.4 Liquorsystem 241
    - 10.2.5 Gefäßversorgung von Gehirn und Rückenmark 243
  - 10.3 Peripheres Nervensystem** 245
    - 10.3.1 Spinalnerven 245
    - 10.3.2 Hirnnerven 253
  - 10.4 Vegetatives Nervensystem** 256
    - 10.4.1 Sympathikus 257
    - 10.4.2 Parasympathikus 260
    - 10.4.3 Head-Zonen 262
    - 10.4.4 Enterisches Nervensystem 262
- 11 Sinnesorgane** 264
  - 11.1 Auge** 264
    - 11.1.1 Augenlider 265
    - 11.1.2 Tränenapparat 265
    - 11.1.3 Augenmuskeln 265
    - 11.1.4 Augapfel 267
    - 11.1.5 Sehbahn 276
    - 11.1.6 Zusammenfassung des Sehvorgangs 277

- 11.2 **Ohr** 277
    - 11.2.1 Hörorgan 277
    - 11.2.2 Gleichgewichtsorgan 284
  - 11.3 **Geruchs- und Geschmackssinn** 285
  - 11.4 **Haut** 286
    - 11.4.1 Hautschichten 287
    - 11.4.2 Hautanhangsgebilde 291
  - 12 Bewegungssystem** 294
    - 12.1 **Unterteilung und allgemeiner Aufbau** 294
      - 12.1.1 Achsen und Ebenen sowie Lage- und Richtungsbezeichnungen 295
      - 12.1.2 Aktiver und passiver Bewegungsapparat 297
    - 12.2 **Knochen- und Gelenktypen** 298
      - 12.2.1 Knochen 298
      - 12.2.2 Gelenke 298
    - 12.3 **Rumpf** 302
      - 12.3.1 Knöcherne Wirbelsäule 302
      - 12.3.2 Rückenmuskulatur 309
      - 12.3.3 Brustkorb 309
      - 12.3.4 Muskulatur der Brustwand 312
      - 12.3.5 Zwerchfell 312
      - 12.3.6 Muskeln der Bauchwand 312
      - 12.3.7 Leistenkanal 315
      - 12.3.8 Beckenboden 316
    - 12.4 **Obere Extremität** 319
      - 12.4.1 Schultergürtel und Oberarm 319
      - 12.4.2 Unterarm und Ellenbogengelenk 330
      - 12.4.3 Hand 332
    - 12.5 **Untere Extremität** 340
      - 12.5.1 Becken 340
      - 12.5.2 Oberschenkel 343
      - 12.5.3 Hüftgelenk 345
      - 12.5.4 Unterschenkel 349
      - 12.5.5 Kniegelenk 351
      - 12.5.6 Sprunggelenke und Fuß 356
    - 12.6 **Hals und Kopf** 365
      - 12.6.1 Kopfgelenke 365
      - 12.6.2 Halsmuskulatur 365
      - 12.6.3 Knöcherner Schädel 367
- Teil 2 Naturheilkundliche Topografien**
- 13 Fußreflexzonen** 376
    - 13.1 Grundlagen 376
    - 13.2 Zonenschema 376
    - 13.3 Formenähnlichkeit 376
    - 13.4 Organschema am Fuß 376
    - 13.5 Zusammenfassung 381
  - 14 Handreflexzonen** 382
    - 14.1 Grundlagen 382
    - 14.2 Organzonen 382
    - 14.3 Solarplexus 416
  - 15 Leitbahnen/Meridiane** 385
    - 15.1 Grundlagen 385
    - 15.2 Hauptleitbahnen und außerordentliche Leitbahnen 385
    - 15.3 Leitbahnumläufe 385
    - 15.4 Yin- und Yang-Leitbahnen 417
  - 16 Zungendiagnose** 390
    - 16.1 Grundlagen 390
    - 16.2 Westliche Zungendiagnose 390
    - 16.3 Zungendiagnose in der TCM 390
    - 16.4 Auffälligkeiten der Zunge 390
  - 17 Pulsdiagnose** 392
    - 17.1 Grundlagen 392
    - 17.2 Pulsstellen 392
    - 17.3 Pulsqualitäten 418
  - 18 Organ-/Leitbahnuhr** 394
    - 18.1 Grundlagen 394
    - 18.2 Organuhr und Leitbahnen 394
  - 19 Ohrakupunktur** 395
    - 19.1 Grundlagen 395
    - 19.2 Organzonen 420
    - 19.3 Ergänzende Punkte 420
    - 19.4 Dominantes Ohr 420
  - 20 Segmenttherapie** 400
    - 20.1 Grundlagen 421
    - 20.2 Dermatomschemata 421
    - 20.3 Maximalpunkte 421
    - 20.4 Besondere Segmentzuordnungen 421
  - 21 Myofasziale Triggerpunkte** 403
    - 21.1 Grundlagen 403
    - 21.2 Differenzierung der Triggerpunkte 403
    - 21.3 Wichtige Triggermuskeln 403
  - 22 Zahnzonen** 408
    - 22.1 Grundlagen 408
    - 22.2 Störfelder 408
    - 22.3 Zuordnungen in der TCM 408
  - 23 Irisdiagnose** 411
    - 23.1 Grundlagen 411
    - 23.2 Zirkuläre Einteilung 411
    - 23.3 Radiäre Einteilung 412
    - 23.4 Blumenschema 412
- Teil 3 Anhang**
- 24 Glossar** 414
  - 25 Abbildungsnachweis** 420
  - 26 Literaturverzeichnis** 423
  - Sachverzeichnis** 425





# Teil 1

## Anatomie

- 1 Zelle und Gewebe 12
- 2 Herz 33
- 3 Kreislauf und Gefäßsystem 51
- 4 Atmungsorgane 82
- 5 Blut, Immunsystem und lymphatisches System 103
- 6 Stoffwechsel- und Verdauungsorgane 124
- 7 Nieren und ableitende Harnwege 172
- 8 Endokrine Organe 188
- 9 Geschlechtsorgane 201
- 10 Nervensystem 223
- 11 Sinnesorgane 264
- 12 Bewegungssystem 294

# 1 Zelle und Gewebe

Die Lehre von der Zelle (griech. zytos) ist die Zytologie. Sie ist ein Teilgebiet der Histologie (Gewebelehre), denn die Zelle ist die kleinste Baueinheit des Körpers. Mehrere gleichartige Zellen im Verbund ergeben ein Gewebe, mehrere Gewebetypen schließlich ein Organ.

- Sie haben einen eigenen Stoffwechsel und sind damit in der Lage, Energie herzustellen.
- Sie haben eine begrenzte Lebensdauer, sind aber in der Lage, sich zu vermehren.
- Sie reagieren auf elektrische oder chemische Reize in zellspezifischer Art und Weise.

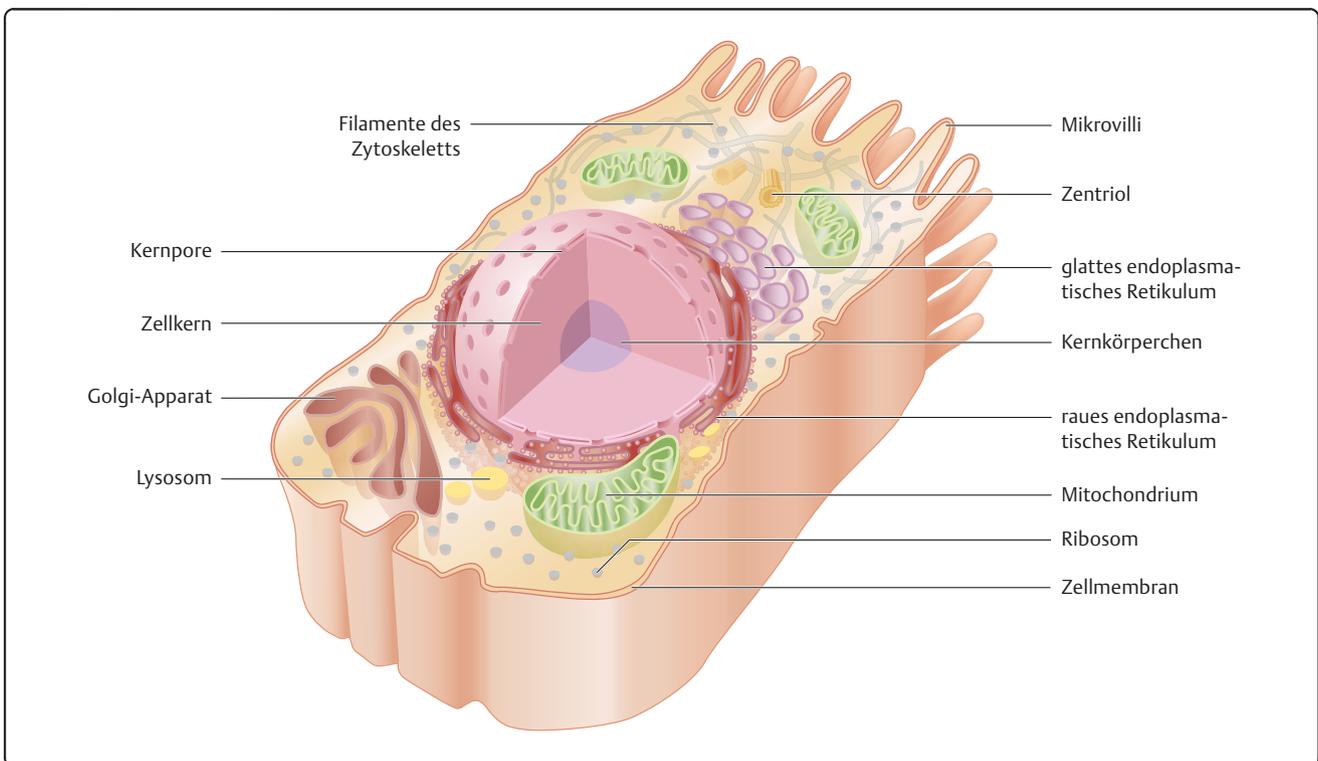
## 1.1 Zellen

Die Zelle (**Abb. 1.1**) ist definitionsgemäß die kleinste selbstständig lebens- und vermehrungsfähige Funktionseinheit des Körpers. Auch wenn sich die jeweiligen Zelltypen aufgrund ihrer Aufgaben differenzieren, zeigen sie folgende genetisch festgelegte Grundeigenschaften:

### 1.1.1 Intra- und Extrazellularraum

#### 1.1.1.1 Extrazellularraum

Alle Zellen bedürfen eines ganz bestimmten Milieus in ihrer Umgebung, die Extrazellularraum (lat. extra = außerhalb) genannt wird (**Abb. 1.2**).



**Abb. 1.1 Aufbau der Zelle.** Die menschliche Zelle besteht aus einem Zellkern und dem Zytoplasma, welche von der Zellmembran (Plasmamembran) umgeben sind. Außerdem sind zahlreiche Zellorganellen im Zytoplasma eingelagert. Filamente des Zytoskeletts geben der Zelle Halt und organisieren Transportwege.

Dieser ist mit **extrazellulärer Flüssigkeit** gefüllt, einer wässrigen Lösung, die einen konstanten pH-Wert und eine gleichbleibende Ionenkonzentration zeigt. Ionen sind elektrisch geladene Teilchen (Elektrolyte). Die extrazelluläre Flüssigkeit liefert außerdem einen angemessenen Sauerstoff- und Nährstoffgehalt. Das ausgewogene Verhältnis in der Zusammensetzung wird als Homöostase bezeichnet und ist für eine optimale Funktion der Zellen notwendig.

#### \* Merke

Definiert ist der pH-Wert als negativer Zehnerlogarithmus der Konzentration der  $H^+$ -Ionen (Protonen). Der pH-Wert gibt also den Säuregehalt einer Lösung an. Ein pH-Wert von 7 ist neutral, ein pH-Wert  $< 7$  sauer und ein pH-Wert  $> 7$  basisch (alkalisch).

Die höchste Konzentration hat mit ca. 9 g/l Kochsalz ( $NaCl$ ,  $Na^+/Cl^-$ ). Weitere vorkommende Stoffe sind:

- Kalium ( $K^+$ )
- Kalzium ( $Ca^{2+}$ )
- Magnesium ( $Mg^{2+}$ )
- Bikarbonat ( $HCO_3^-$ )
- Proteine (negativ geladen)

Die extrazelluläre Flüssigkeit (ca. 14 l) umfasst alle Körperflüssigkeiten, die sich nicht im Inneren der Zellen befinden (**Abb. 1.3**):

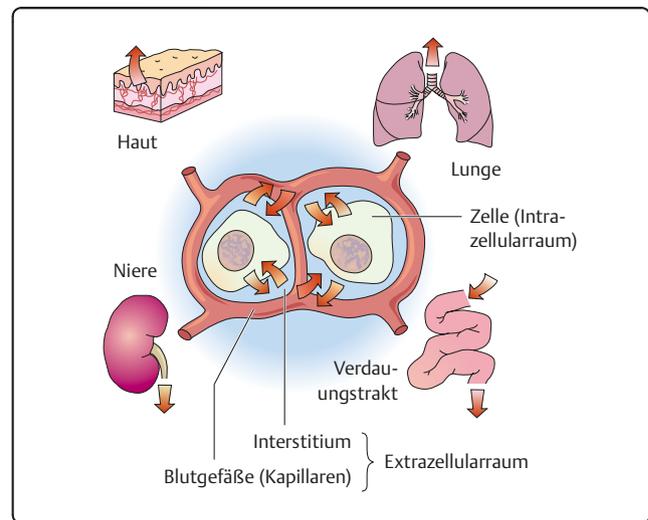
- Blutplasma und Lymphflüssigkeit (25 %)
- interstitielle Flüssigkeit (75 %)

Das Interstitium (lat. inter = zwischen) bezeichnet den Raum zwischen den Zellen.

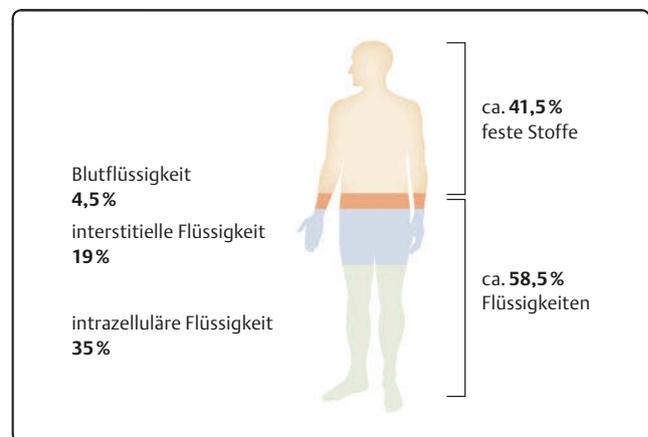
#### 1.1.1.2 Intrazellulärraum

Das Innere der Zelle wird als Intrazellulärraum (lat. intra = innerhalb) bezeichnet. Im Zellinneren hat Kalium ( $K^+$ ) die höchste Konzentration. Außerdem befinden sich im Intrazellulärraum zahlreiche Proteine. Viele davon sind Enzyme, also Funktionseiwieße, die die Aufgabe haben, Stoffwechselfvorgänge zu katalysieren.

Die Konzentration von  $K^+$ -Ionen ist im Intrazellulärraum um ein Vielfaches höher als im Extrazellulärraum, die von  $Na^+$  dagegen im Zellinneren deutlich geringer als außerhalb der Zelle (**Tab. 1.1**). Diese Tatsache hat besondere Bedeutung bei der elektrischen Erregbarkeit von Zellen (v. a. Nerven- und Muskel-



**Abb. 1.2 Intra- und Extrazellulärraum.** Der Intra- und Extrazellulärraum unterscheiden sich bezüglich ihrer Inhaltsstoffe. Das innere Milieu der Zellen wird durch Stoffaustausch aufrechterhalten. Über den Verdauungstrakt werden Nährstoffe aufgenommen und Abbauprodukte über die Nieren und den Darm ausgeschieden. Die Lunge regelt den Sauerstoffgehalt und andere Organe (z. B. Haut und Nieren) den Wassergehalt. Als Transportmittel fungiert das Blutgefäßsystem, welches ebenfalls zum Extrazellulärraum zählt.



**Abb. 1.3 Verteilung der Körperflüssigkeiten.**

zellen). Die unterschiedliche Ionenverteilung zwischen intrazellulärem und extrazellulärem Raum erzeugt an der Zellmembran eine Potenzialdifferenz (**Ruhemembranpotenzial**).

**Tab. 1.1** Vergleich der Ionenkonzentration im Intra- und Extrazellulärraum (Faller u. Schünke, S. 27).

Ion	Konzentration	
	Intrazellulärraum in mM	Extrazellulärraum in mM
$K^+$	139	4
$Na^+$	12	145
$Cl^-$	4	116
organische Anionen <sup>-</sup>	138	34

### 1.1.2 Aufbau der Zelle

Alle Zellen des menschlichen Körpers folgen einem einheitlichen Grundbauplan (**Abb. 1.1**). Sie bestehen aus dem Zellkern (Nukleus) und dem Zytoplasma, welche von der Zellmembran umgeben sind. Zum Zytoplasma gehören das Zytoskelett (Zellskelett) und die Zellorganellen (kleine Funktionsorgane der Zelle).

#### 1.1.2.1 Zytoplasma

Das Zytoplasma (auch: Zytosol) bildet die zähflüssige Innensubstanz der Zelle. Es wird nach außen von der Zellmembran (Plasmamembran) umgeben, vom Zytoskelett durchzogen und beinhaltet die Zellorganellen sowie verschiedene Depotstoffe (z. B. Glykogen, Lipidtropfen) und Enzyme (Biokatalysatoren).

#### 1.1.2.2 Zellmembran

Die Zellmembran grenzt das Zytoplasma zum Extrazellularraum (Interstitium) hin ab und erlaubt aufgrund ihres Aufbaus nur einen streng geregelten Stoffaustausch. Sie besteht aus 2 dicht aneinandergelagerten Phospholipidschichten, die jeweils eine Moleküllage breit sind (**Abb. 1.4**). Jedes Phospholipidmolekül setzt sich zusammen aus:

- Phosphat (P), dieses ist wasseranziehend (hydrophil)
- Fettsäurerest (Lipid), dieser ist wasserabweisend (hydrophob)

Die beiden Phospholipidschichten sind so angeordnet, dass sie eine Phospholipiddoppelschicht bilden. Dabei sind die hydrophoben Enden der Phospholipide aufeinander zu gerichtet. Die hydrophilen Phosphatseiten weisen nach außen, also zum Extrazellularraum und Zytoplasma.

Die Zellmembran ist durch ihren hydrophoben Anteil für Wasser und darin gelöste Stoffe nicht passierbar, aber an ihren Oberflächen (hydrophile Seiten) gut mit Wasser benetzbar. Gase und fettlösliche (lipophile) Stoffe können die Zellmembran problemlos durchdringen.

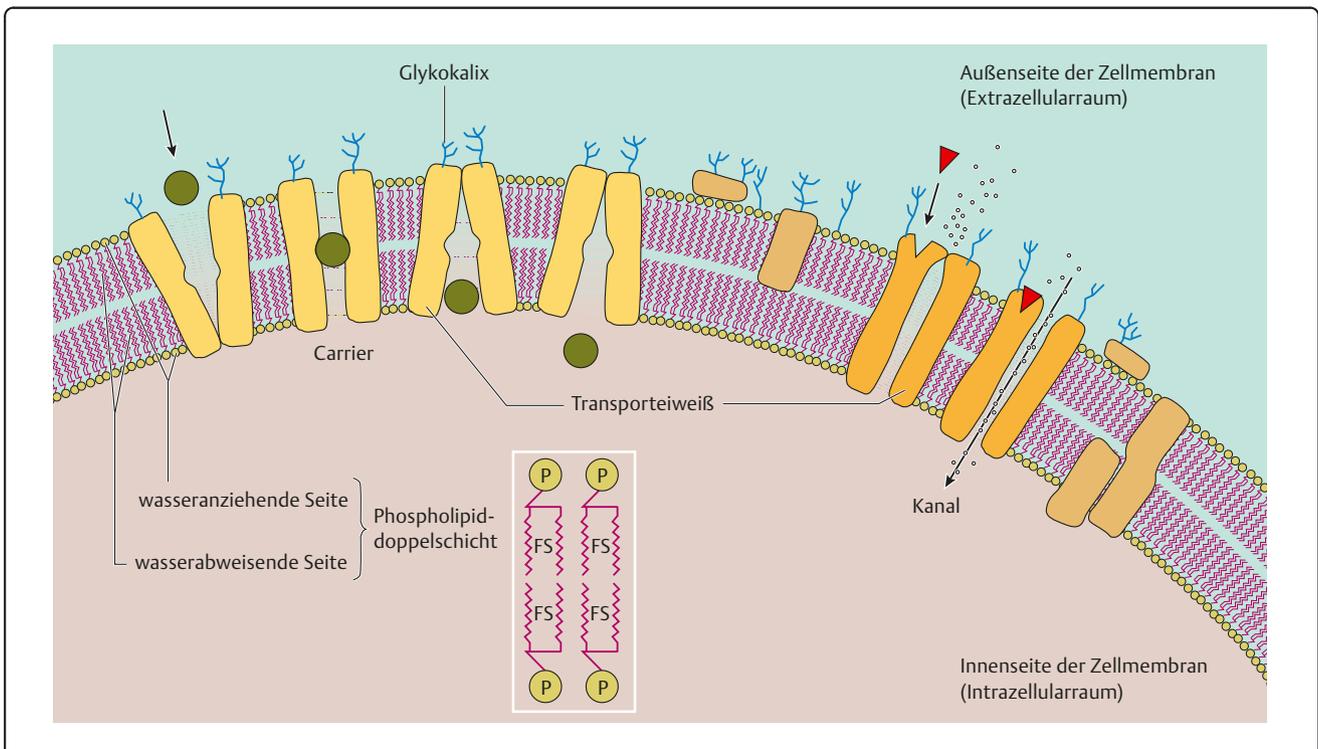
Um dennoch wasserlösliche Stoffe kontrolliert in die Zellen zu bringen, sind zwischen die Phospholipidmoleküle Eiweiße (Membranproteine) eingelagert, die als Transporter (Carrier) oder Kanäle fungieren. Andere Membranproteine können Botenstoffe (z. B. Hormone, Zytokine, Neurotransmitter) binden (Rezeptorproteine).

An der Oberfläche der Membranproteine sind zumeist noch Kohlenhydratketten verankert, die in ihrer Gesamtheit als **Glykokalix** (**Abb. 1.4**) bezeichnet werden. Der Aufbau der Glykokalix ist individuell genetisch festgelegt. Somit bildet sie eine Unterscheidungsgrundlage für körpereigene bzw. -fremde Gewebe.

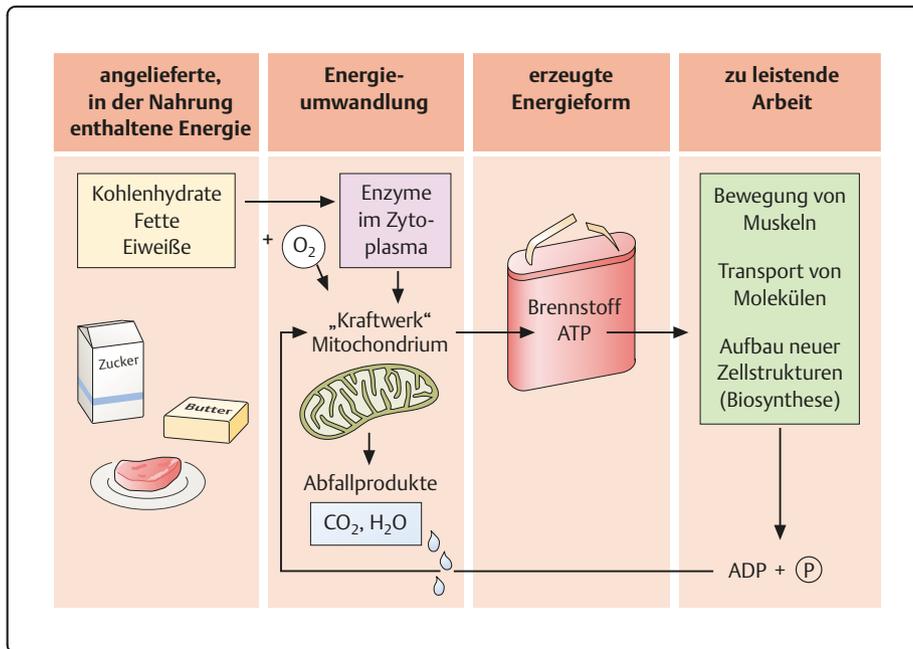
#### 1.1.2.3 Zellorganellen

Die Zellorganellen übernehmen innerhalb des Stoffwechsels der Zelle ganz spezielle Aufgaben. Je nach Typ und Aktivität der Zelle gibt es in unterschiedlicher Anzahl folgende wichtige Organellen:

- Mitochondrien
- Ribosomen und endoplasmatisches Retikulum (raues und glattes)
- Golgi-Apparat
- Lysosomen
- Zentriolen



**Abb. 1.4 Aufbau der Zellmembran.** FS = Fettsäure, P = Phosphor.



**Abb. 1.5 Schematische Darstellung der Energieumwandlung.** ATP = Adenosintriphosphat, ADP = Adenosindiphosphat, CO<sub>2</sub> = Kohlendioxid, O<sub>2</sub> = Sauerstoff, H<sub>2</sub>O = Wasser.

### Mitochondrien

Die Mitochondrien sind für die Energiegewinnung zuständig (**Abb. 1.5**). Sie wandeln aus der Nahrung stammende Energiestoffe in die körpereigene „Energiewährung“ ATP (Adenosintriphosphat) um. Diesen Vorgang bezeichnet man als **Zellatmung**, weil er unter Sauerstoffverbrauch (O<sub>2</sub>) stattfindet und dabei Wasser (H<sub>2</sub>O) und Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) entstehen. Das ATP kann man sich wie einen aufgeladenen Akku vorstellen: Geladen besitzt es 3 Phosphatreste (lat. tri). Gibt es einen Phosphatrest ab, wird es zu Adenosindiphosphat (ADP), das 2 Phosphatreste enthält (lat. di). Dabei wird Energie frei, die für Stoffwechselforgänge zur Verfügung steht. Anschließend wird das ADP im Mitochondrium wieder zu ATP „aufgeladen“. Zellen, die einen hohen Energiebedarf haben, besitzen besonders viele Mitochondrien.

### Ribosomen und endoplasmatisches Retikulum

Ribosomen und endoplasmatisches Retikulum bilden eine Einheit. Das endoplasmatische Retikulum stellt ein System aus flachen Schläuchen dar, welches die Zelle durchzieht und u. a. als Speicher und Transportsystem dient. Die meisten Ribosomen sitzen an der Oberfläche des endoplasmatischen Retikulums, das dann als rau bezeichnet wird (rER). Ihre Aufgabe ist die Eiweißherstellung (**Proteinbiosynthese**). Das glatte endoplasmatische Retikulum (gER) besitzt keine Ribosomen. Hier werden Fette (Lipide) und fetthaltige Hormone (Steroide) hergestellt.

### Golgi-Apparat

Der Golgi-Apparat besteht aus mehreren in der Zelle verteilten Feldern. Er übernimmt die Endkontrolle und -montage bei der Herstellung zelleigener Produkte und „verpackt“ sie und andere Stoffe als membranumgebene Vesikel und „adressiert“ sie entsprechend ihrem Bestimmungsort. Somit hilft er bei deren Transport durch die Zelle.

### Lysosomen

Die Lysosomen (griech. lysis = Lösung) übernehmen die Verdauung in der Zelle. Zu diesem Zweck enthalten sie zahlreiche Enzyme. So können sie aufgenommene Fremdpartikel, eigene zugrunde gegangene Zellbestandteile und anfallende Stoffwechselprodukte abbauen und ggf. einem Recycling zuführen.

### Zentriolen

Die Zentriolen (Zentralkörperchen) bilden das Zentrum für ein zelleigenes Transportsystem. Bestandteile des Zytoskeletts (Mikrotubuli) stellen dabei die Transportschienen, die Zentriolen den Ausgangspunkt (Mikrotubulus-Organisations-Zentrum = MTOC) dar. Besonders deutlich wird diese Aufgabe bei der Zellteilung (Mitose), wo sie die unverzichtbare Mitosespindel aufbauen (S. 18).

### 1.1.2.4 Zytoskelett

Jede Zelle enthält ein mehr oder weniger stark ausgeprägtes Zellskelett (Zytoskelett). Dieses besteht aus 3 unterschiedlichen Komponenten:

- Mikrotubuli
- Aktinfilamente (Mikrofilamente)
- Intermediärfilamente

**Mikrotubuli** Die Mikrotubuli bilden die Schienen für das zelleigene Transportsystem. An ihnen entlang werden z. B. Zellorganellen, Chromosomen oder Vesikel durch die Zelle geleitet. Außerdem findet man die Mikrotubuli in speziellen beweglichen Oberflächenstrukturen der Zelle, u. a. in Kinozilien (Atemwege oder Eileiter) oder Geißeln (Spermien). Kinozilien und Geißeln können mithilfe von Motorproteinen selbstständig schlagende Bewegungen ausführen und so Partikel an der Gewebeerfläche entlang- oder die Zelle selbst fortbewegen.

**Aktinfilamente (Mikrofilamente)** bilden ein passives Stützgerüst für die Zelle. Sie befinden sich überall innen entlang der Zellmembran und ragen auch in Zellausläufer (Mikrovilli) hinein. Die Mikrovilli dienen der Vergrößerung der Zelloberfläche und können sich nicht aktiv bewegen. Besonders viele Aktinfilamente besitzen Muskelzellen (Kap. 1.2.3). Zusammen mit dem Motorprotein Myosin sind sie hier für die Muskelkontraktion (Muskelanspannung) verantwortlich.

**Intermediärfilamente** Die besonders zugfesten Intermediärfilamente stabilisieren die Zelle, indem sie sie komplett durchziehen.

### 1.1.2.5 Zellkontakte

Zellkontakte sind definierte Strukturen, die benachbarten Zellen Befestigungs- und Kommunikationsmöglichkeiten geben. Dazu zählen:

- Adhäsionskontakte (Haftkontakte)
- Verschlusskontakte (Barrierekontakte, Tight-Junctions)
- Kommunikationskontakte (Gap-Junctions, Nexus)

Mittels **Haftkontakten** verankern sich Zellen untereinander oder an der Umgebung und sorgen so für eine mechanische Festigkeit. Zwischen den Zellen gelegene **Tight-Junctions** (Verschlusskontakte) verhindern den Durchtritt von wasserlöslichen Stoffen durch die Zellzwischenräume und trennen gegenüberliegende Räume voneinander ab (Barrierekontakte). **Gap-Junctions** (Kommunikationskontakte) erlauben den Stoffaustausch und die Verständigung benachbarter Zellen.

### 1.1.2.6 Zellkern

Bis auf die roten Blutkörperchen (reife Erythrozyten) besitzen alle Zellen einen Zellkern (Nukleus). Der Zellkern ist von 2 Hüllen umgeben, die Öffnungen (Kernporen) zum Zytoplasma aufweisen, sodass ein Stoffaustausch möglich ist. Die Membranen gehen in das Schlauchsystem des endoplasmatischen Retikulums über (S. 15). Im Inneren enthält der Zellkern die Karyolymphe (Kernsaft) und strukturgebende Kernmatrix. Die meisten Zellkerne enthalten noch ein kleines Kernkörperchen, den Nukleolus. Er produziert die ribosomale Ribonukleinsäure (rRNA), den Baustein der Ribosomen (S. 15).

Der Zellkern enthält die Erbinformation der Zelle, die Gene (Gesamtheit = Genom). Ihre kleinste Einheit ist die Desoxyribonukleinsäure (DNA), die in Form der Chromosomen organisiert ist.

#### Lerntipp

DNA = engl. deoxyribonucleic acid (Desoxyribonukleinsäure);  
RNA = engl. ribonucleic acid (Ribonukleinsäure). Die Abkürzungen DNS/DNA und RNS/RNA finden im Deutschen gleichermaßen Verwendung.

Die Aufgaben des Zellkerns sind:

- Transkription (Kopieren der Baupläne für die Herstellung körpereigener Eiweiße)
- Reduplikation (Verdoppelung der DNA)
- Bildung von Ribosomen

Bei der Transkription (S. 17) wird im Zellkern eine Kopie der Baupläne für die Herstellung körpereigener Eiweiße (**Proteinbiosynthese**) angefertigt und in Form von Botenmolekülen (Messenger-RNA = mRNA) an die beteiligten Zellorganellen, d. h. die Ribosomen, weitergegeben.

Bei der Zellteilung oder Mitose (S. 18) wird die DNA identisch verdoppelt (Reduplikation oder Replikation), damit beide Tochterzellen wieder das vollständige Genom enthalten.

### Chromosomen

Die Gene eines Menschen liegen im Zellkern in den Chromosomen. 46 Chromosomen (diploider Chromosomensatz) enthält die menschliche **Körperzelle**. Da jeweils ein entsprechendes Chromosom von der Mutter und eines vom Vater stammt, bilden sich 23 Chromosomenpaare. 22 Paare enthalten die gleichen Erbmerkmale (homologe Chromosomen). Das 23. Paar ist das Geschlechtschromosom (heterologe Chromosomen): Frauen haben 2 X-Chromosomen (XX), Männer 1 X- und 1 Y-Chromosom (XY).

Die **Keimzellen** (Eizellen und Spermien) enthalten dagegen nur einen einfachen Chromosomensatz (haploider Chromosomensatz), also 23 Chromosomen, die gemischt von der Mutter oder vom Vater stammen.

**Aufbau** Ein Chromosom besteht aus einem langen und kurzen Chromosomenarm, die miteinander durch das Zentromer (primäre Einschnürung) verbunden sind. Während der Zellteilung zeigt ein einzelnes Chromosom den Aufbau aus 2 Chromatiden (**Abb. 1.6**), ansonsten sind diese „entspiralisiert“ und nicht sichtbar. Jedes Chromatid besteht aus einem Strang DNA.

Die **DNA** ist ein Doppelstrang aus Zuckermolekülen, der Desoxyribose, und Phosphaten (ein Zuckermolekül und eine Phosphatgruppe ergeben ein Nukleotid). 4 verschiedene Basen legen sich in genetisch codierender Reihenfolge an die Nukleotidketten:

- Adenin (A)
- Thymin (T)
- Guanin (G)
- Cytosin (C)

Dabei liegen sich in dem Doppelstrang als **Basenpaare** (komplementäre Basen) immer Adenin und Thymin sowie Cytosin und Guanin gegenüber. Somit sind die beiden Stränge der DNA wie ein Positiv und Negativ zueinander komplementär. Sie winden sich in Form einer Spirale umeinander (Doppelhelix).

#### Lerntipp

Merkspruch: „Anton trifft chinesische Gäste.“  
Zuordnung der Basenpaare: Adenin – Thymin;  
Cytosin – Guanin.

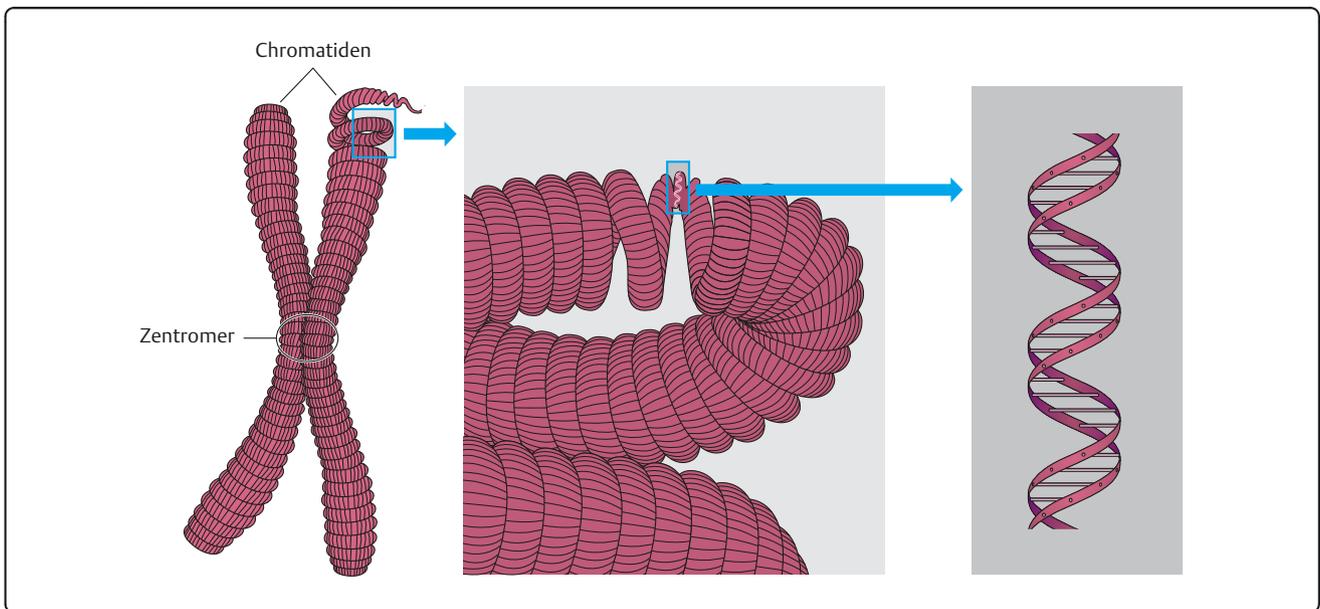


Abb. 1.6 Aufbau eines Chromosoms.

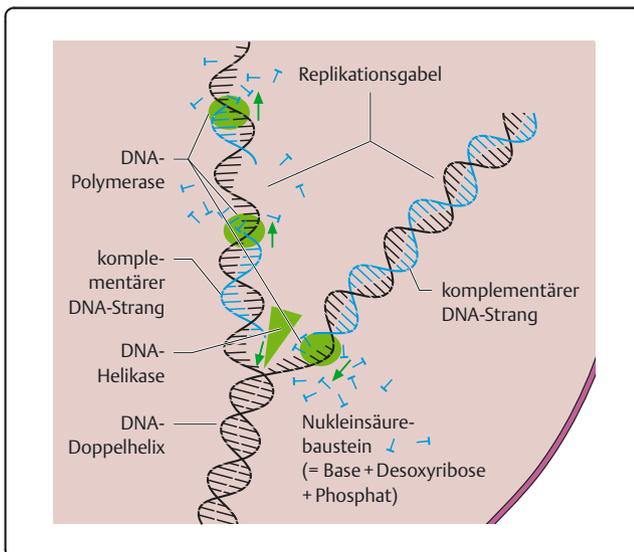


Abb. 1.7 Reduplikation.

### Reduplikation

Bei der Zellteilung muss der genetische DNA-Code identisch kopiert werden. Bei dieser Reduplikation (oder Replikation) wird mithilfe eines Enzyms (Helikase) der Doppelstrang mittig aufgebrochen (Abb. 1.7). Stück für Stück werden nun an beiden offenen Strängen die Basenpaare wieder ergänzt und es entstehen 2 neue identische DNA-Stränge, die in die jeweiligen Tochterzellen wandern.

### Transkription, Translation und Proteinbiosynthese

Die Basenpaare der DNA codieren den Bauplan für die Herstellung der Proteine (**Proteinbiosynthese**). Um diese produzieren zu können, muss die Information zu den Ribosomen (S. 15) gelangen. Dies geschieht in Form der mRNA (Messenger-RNA). Die RNA ähnelt der DNA, besteht aber nur aus einem ein-

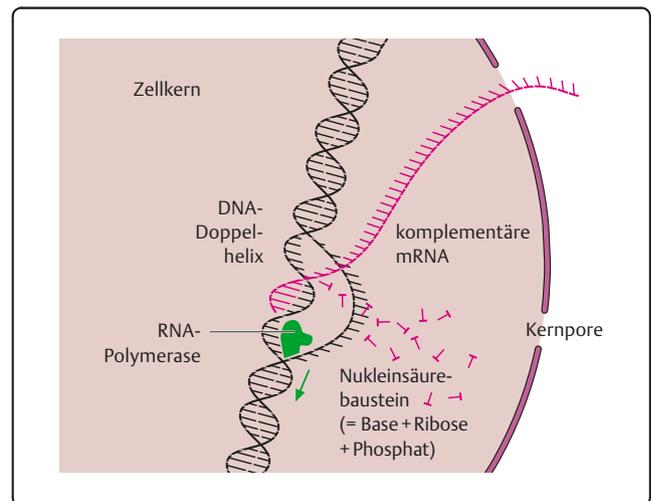


Abb. 1.8 Transkription.

fachen Strang. Ribose stellt hier das Zuckermolekül und die Base Thymin ist durch Uracil ersetzt.

Die mRNA wird gebildet, indem der jeweils benötigte Abschnitt der DNA mithilfe des Enzyms RNA-Polymerase geöffnet und die Basenfolge auf einen mRNA-Strang kopiert wird. Diesen Vorgang bezeichnet man als **Transkription** (Abb. 1.8).

Der mRNA-Strang gelangt zu den Ribosomen des rauen endoplasmatischen Retikulums (rER). Diese lesen ihn ab und setzen dem Bauplan entsprechend Aminosäuren zu Eiweißen zusammen (**Translation**). Die Aminosäuren sitzen wiederum auf einer anderen Form von RNA, der tRNA (Transfer-RNA). 3 Basen (Basentriplett) codieren dabei jeweils eine Aminosäure (Abb. 1.9).

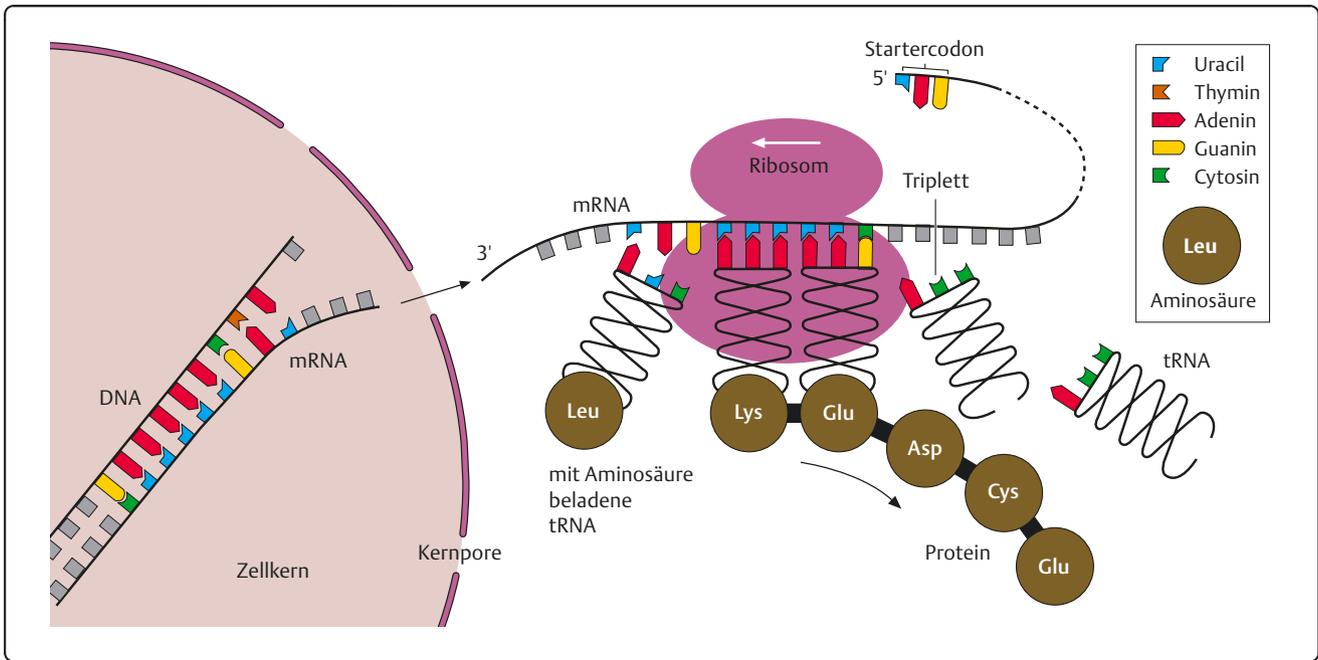


Abb. 1.9 Translation. Aminosäuren: Asp = Asparagin, Cys = Cystein, Glu = Glutamin, Leu = Leucin, Lys = Lysin.

### Mitose

Als Mitose (Abb. 1.10) bezeichnet man die Zellteilung von Körperzellen. Die Chromosomen als Speicher der genetischen Informationen werden vor der Mitose verdoppelt, um die entstehenden Tochterzellen mit dem vollständigen und identischen Genom zu versorgen.

### Meiose

Die Meiose (Abb. 1.11) dient der Produktion der Keimzellen (Eizellen und Spermien/Samenzellen). Sie findet in den Eierstöcken und Hoden statt (Kap. 9.3.1).

Keimzellen enthalten nur einen einfachen Chromosomensatz. Dieser besteht aus zufällig gemischten mütterlichen und väterlichen Erbinformationen. So entsteht später bei einer Befruchtung, also der Verschmelzung von Eizelle und Samenzelle, wieder ein neuer vollständiger Chromosomensatz für den neuen Organismus.

## 1.2 Gewebe

Ein Verband gleichartig entwickelter Zellen bildet ein Gewebe. Folgende Gewebetypen lassen sich im menschlichen Körper unterscheiden:

- Epithelgewebe
- Binde- und Stützgewebe
- Muskelgewebe
- Nervengewebe

### 1.2.1 Epithelgewebe

Typische Merkmale des Epithelgewebes sind enge Zellkontakte, wenig Extrazellularraum, die Verankerung auf einer Basalmembran (Glashaut) und eine polare Bauweise.

Der obere (apikale) und untere (basale) Pol der Zellen ist entgegengesetzt ausgerichtet (**polare Bauweise**). Am apikalen Pol befinden sich manchmal besondere Oberflächenstrukturen der Zellen wie Mikrovilli oder Kinozilien (S. 15). Der basale Pol ist zur Basalmembran gerichtet und ggf. dort verankert.

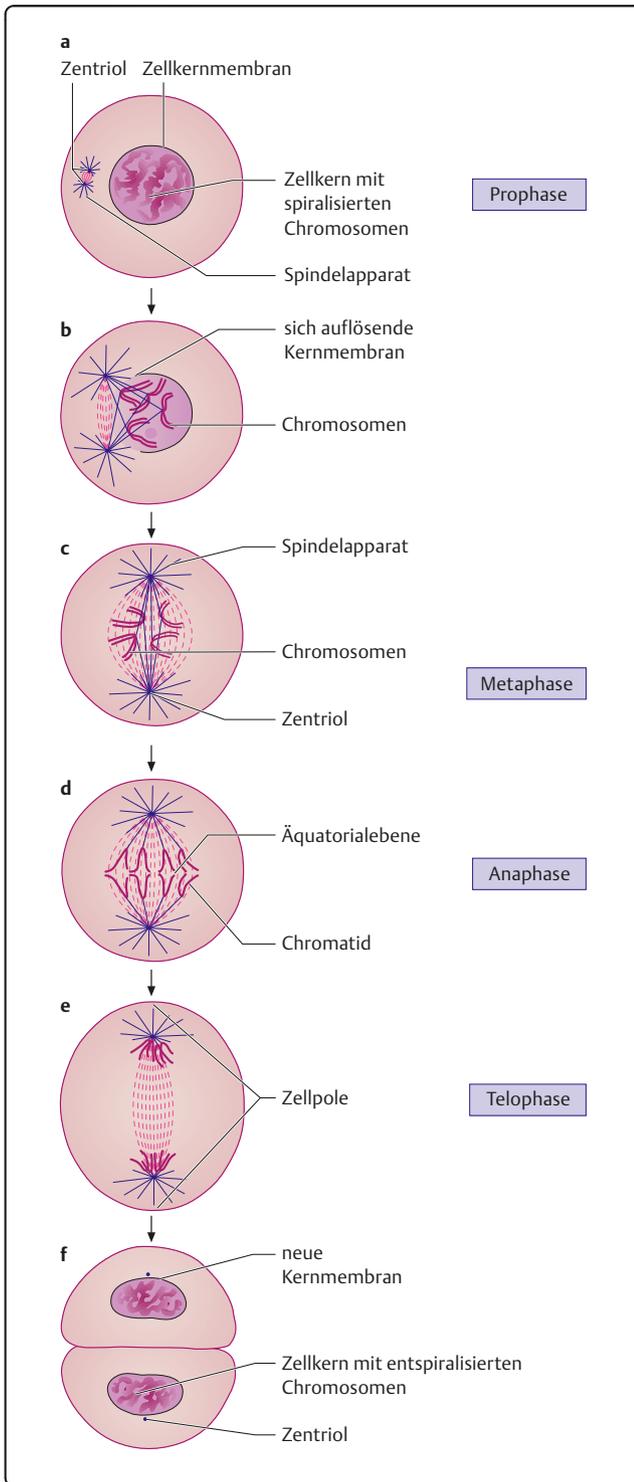
Die **Basalmembran** ist eine Matte aus extrazellulären Fasern und Eiweißzuckerbindungen (Abb. 1.12). Sie ist ein wichtiges Verbindungsglied zwischen dem Epithel und dem darunterliegenden Gewebe. Außerdem stellt sie eine Leitschiene dar, entlang derer sich das Epithel ausbreiten und nach einem Defekt wieder regenerieren kann.

Die Epithelien lassen sich je nach Ort und Funktion 2 Typen zuordnen:

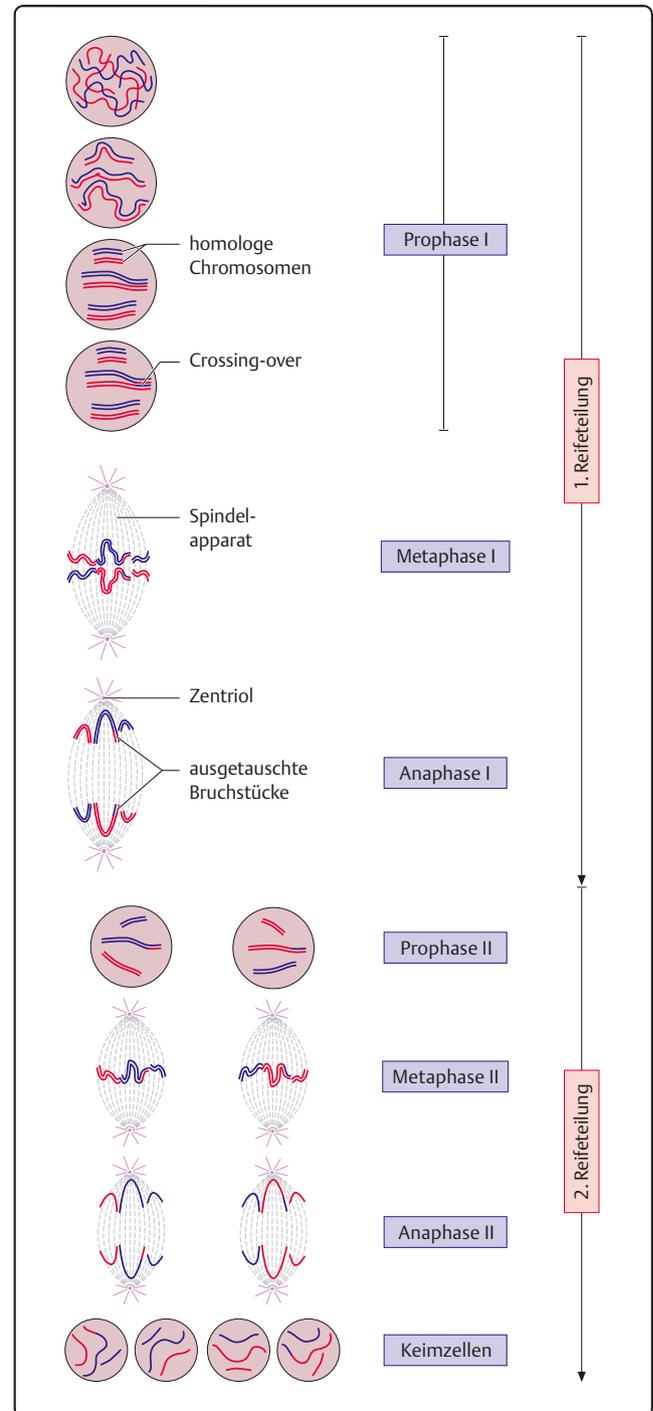
- Oberflächenepithel
- Drüsenepithel

#### 1.2.1.1 Oberflächenepithel

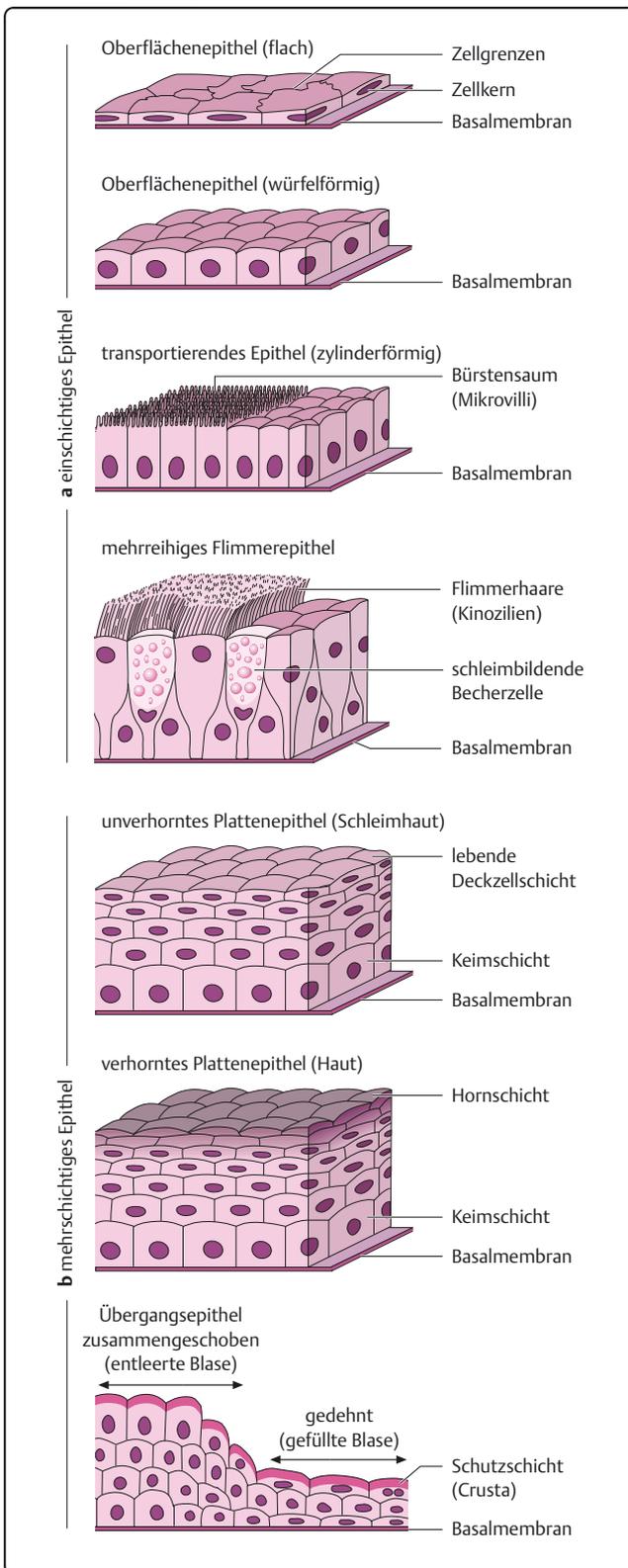
Die Einteilung der Oberflächenepithelien erfolgt nach der Zahl der Zellschichten (einschichtig oder mehrschichtig) und nach der Form der Zellen (flach, würfelförmig = prismatisch oder zylindrisch = hochprismatisch; Abb. 1.12).



**Abb. 1.10 Mitose.** Bei der mitotischen Zellteilung entstehen 2 identische Tochterzellen. In mehreren Phasen werden dabei die zunächst verdoppelten Chromosomen mit erbgleichen Informationen verteilt. **a** Prophase: Die verdoppelte DNA spiralisiert sich zu 46 Chromosomen mit je 2 Chromatiden auf. Mikrotubuli beginnen mit dem Aufbau des Spindelapparates, die Kernmembran löst sich auf. **b, c** Metaphase: Die Chromosomen sammeln sich mithilfe des Spindelapparates auf einer Ebene. **d** Anaphase: Die Mikrotubuli des Spindelapparates ziehen die Chromatiden in entgegengesetzte Richtung auseinander. **e, f** Telophase: Um das Zytoplasma der Tochterzellen – mit dem neuen Zellkern und den gleichmäßig verteilten Organellen – schließt sich die Zellmembran.



**Abb. 1.11 Meiose.** Die Meiose ermöglicht die Herstellung der Keimzellen (Samenzelle, Eizelle) mit einem einfachen Chromosomensatz. Aufgrund dieser Halbierung bezeichnet man sie auch als Reduktionsteilung. Sie gliedert sich in die 1. und 2. Reifeteilung. In jeweils mehreren Phasen entstehen schließlich 4 Keimzellen, auf die die mütterlichen und väterlichen Erbinformationen zufällig verteilt sind. In der Prophase sortieren sich die homologen Chromosomen nebeneinander und es kann zum Austausch von einzelnen Abschnitten kommen (Crossing-over). Auf diese Weise vermischen sich bereits väterliche und mütterliche Erbinformationen (Rekombination der Gene). In der Metaphase I werden die homologen Chromosomen nun zufällig auf die Tochterzellen verteilt, also nicht die sich entsprechenden Chromatiden. In der 2. Reifeteilung teilen sich nun in weiteren Schritten die Chromosomen der 2 Tochterzellen in Chromatiden, wandern zu entgegengesetzten Zellpolen und werden von einer Zellmembran umschlossen. Somit entstehen 4 Tochterzellen (Keimzellen).



**Abb. 1.12 Überblick über die Epithelien.** Bei der Einteilung der Epithelien richtet sich die Benennung immer nach der Form der obersten Zellschicht. Zu den einschichtigen Epithelien gehört auch das mehrschichtige Epithel. Es unterscheidet sich vom mehrschichtigen Epithel dadurch, dass alle Zellen auf der Basalmembran sitzen, aber nicht alle die Oberfläche erreichen. Beim mehrschichtigen Epithel dagegen haben die höheren Schichten keinen Kontakt mehr zur Basalmembran.

Oberflächenepithel bedeckt die Körperoberfläche und kleidet im Körperinneren die Hohlräume aus. In den Blut- und Lymphgefäßen und im Herzen wird es **Endothel** genannt. Eine wichtige Aufgabe der Oberflächenepithelien ist das Abgrenzen von 2 gegenüberliegenden Räumen. Es dient damit u. a. dem Schutz vor

- mechanischer, chemischer und physikalischer Schädigung,
- dem Eindringen von Krankheitserregern,
- Wasserverlust durch Verdunstung.

Bei manchen Oberflächenepithelien steht aber auch der Stofftransport im Vordergrund (transportierende Epithelien). Dazu gehört z. B. das resorbierende (nährstoffaufnehmende) Epithel der Darmschleimhaut.

### 1.2.1.2 Drüsenepithel

Drüsenepithelien produzieren biologisch wirksame Stoffe und geben diese an die Oberfläche oder das Blut ab (Sekretion). Sie können ein- oder mehrzellig sein:

- einzellige Drüsen (v. a. Becherzellen)
- mehrzellige Drüsen (z. B. Speichel-, Schweiß-, Tränen- oder Hormondrüse)

Die einzelligen Becherzellen liegen zwischen den oberflächlichen Epithelzellen, z. B. im Darmepithel oder im Epithel der Atemwege.

Mehrzellige Drüsen (Drüsenorgane) sind aufgrund des erhöhten Platzbedarfs unter das Epithel gewandert. Sie gehören entweder zu den exokrinen Drüsen, die ihr Sekret fast immer über einen Ausführungsgang ausschütten (sezernieren), oder zu den endokrinen Drüsen (Hormondrüsen).

Je nach Zusammensetzung ihres Sekrets teilt man die exokrinen Drüsen außerdem ein in:

- seröse Drüsen (Sekret dünnflüssig, proteinreich)
- muköse Drüsen (Sekret zähflüssig, schleimhaltig = muzinreich)
- gemischte Drüsen

Die Aktivität der exokrinen Drüsen wird überwiegend vom vegetativen (unbewussten) Nervensystem gesteuert (Kap. 10.4).

Je nach vorwiegend produzierter Sekretart unterscheidet sich die Form der Drüsen. Produzieren sie ein zähflüssiges (muköses) Sekret, sind sie kurz und plump (tubulöse Form), z. B. Drüsen in Zwölffingerdarm und Speiseröhre. Drüsen mit dünnflüssigem (serösem) Sekret wie Bauchspeicheldrüse, Ohrspeicheldrüse und Prostata haben dagegen lange, dünnlumige und verzweigte Kanäle (azinöse Form). Gemischte Drüsen (z. B. tubuloazinöse Form: Unterzungen- und Unterkieferspeicheldrüse) können auch bläschenförmige (alveoläre) Anteile haben wie die Brustdrüse und die großen Schweißdrüsen.

### Pathologie

#### Karzinome

Karzinome sind bösartige vom Epithelgewebe ausgehende Tumoren. Sie können in den epithelialen Anteilen aller Organe auftreten und sind die häufigsten bösartigen Tumoren.

### 1.2.2 Binde- und Stützgewebe

Das Binde- und Stützgewebe erscheint recht unterschiedlich gestaltet (**Abb. 1.13**). Alle Zellen dieser Gewebegruppe entstammen aber dem embryonalen Bindegewebe, dem **Mesenchym**. Die unterschiedlichen Arten des Bindegewebes füllen die Räume zwischen den Skelettanteilen, den Organen oder Organanteilen und den Leitungsbahnen (Blut- und Lymphgefäße, Nerven). Auch das Fettgewebe gehört zum Bindegewebe. Die Stützgewebe (Knorpel und Knochen) bilden die geformten Anteile des Skeletts.

Die allgemeinen Funktionen des Bindegewebes sind:

- Ausfüllen und Polsterung von Organen und Leitungsbahnen
- Stoffverteilung zwischen den Gefäßen und den Bindegewebszellen
- Speicherung von Wasser
- Wundheilung
- Ausbildung der Sehnen und des Bandapparates
- Energiespeicher (weißes Fettgewebe) und Wärmeproduktion (braunes Fettgewebe)

Gemeinsam ist allen Binde- und Stützgeweben der relativ geringe Anteil an Zellen (Fibroblasten) im Vergleich zu einem ausgedehnten Extrazellulärraum. Dieser ist mit extrazellulärer Matrix aus verschiedenen Fasern und unterschiedlich fester Grundsubstanz ausgefüllt. Die Zusammensetzung der extrazellulären Matrix bestimmt maßgeblich die jeweiligen Eigenschaften des Gewebes. In der Matrix kommen außerdem regelmäßig verschiedene Abwehrzellen vor.

Zu den in der extrazellulären Matrix vorkommenden Fasern gehören:

- kollagene Fasern
- elastische Fasern
- retikuläre Fasern

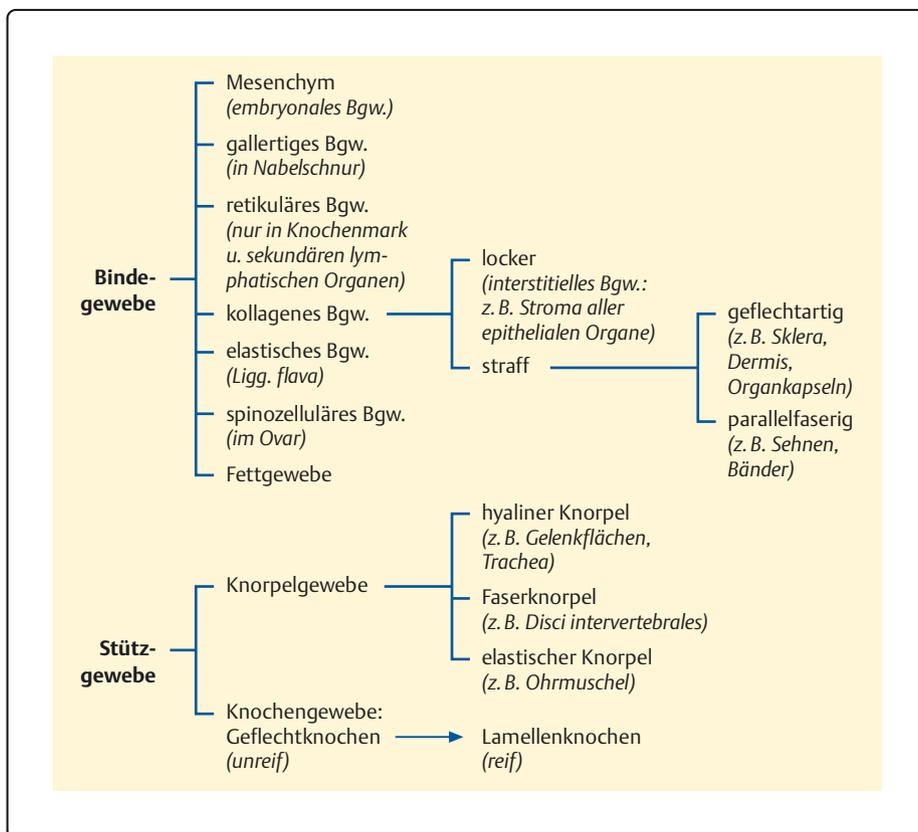
Kollagene Fasern sind besonders zugfest. Sie finden sich daher in Sehnen und Bändern. Elastische Fasern finden sich in reversibel dehnbaren Geweben, z.B. in Arterienwänden, der Haut und der Lunge. Retikuläre Fasern bilden netzartige (lat. rete = Netz) Grundgerüste, in deren Zwischenräumen Zellen Halt finden, z.B. in den Lymphknoten oder im Fettgewebe.

Aufgrund des Anteils der verschiedenen Fasern unterscheidet man im Wesentlichen folgende Bindegewebsarten:

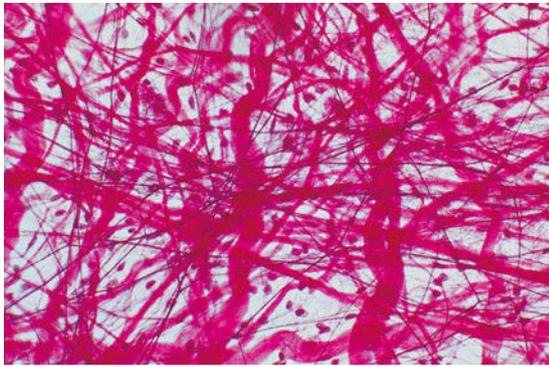
- lockeres kollagenes Bindegewebe
- straffes kollagenes Bindegewebe
- retikuläres Bindegewebe

#### 1.2.2.1 Lockeres kollagenes Bindegewebe

Diesen Bindegewebstyp findet man am häufigsten (**Abb. 1.14**). Er bildet ein stützendes Grundgerüst (Stroma) in den Organen, findet sich in den Wänden von Gefäßen und füllt Lücken zwischen unterschiedlichen Strukturen. Seine kollagenen Fasern verlaufen wellig und lassen so eine gewisse Dehnungsreserve. Meist liegen begleitende elastische und retikuläre Fasern vor. Die elastischen Fasern sorgen für die Rückstellung des Gewebes nach Dehnung.



**Abb. 1.13 Systematik der Binde- und Stützgewebe.** Zusätzlich zu dem kollagenen und retikulären Bindegewebe gibt es noch einige andere sehr spezielle Bindegewebstypen. Ihr Vorkommen ist in der Aufstellung verzeichnet. Bgw. = Bindegewebe.



**Abb. 1.14 Lockeres Bindegewebe.** Dieses Foto zeigt lockeres Bindegewebe im Bereich der Darmaufhängung (Mesenterium). Sie erkennen die rot gefärbten Kollagenfaserbündel, die spinnwebartigen elastischen Fasern (dunkel) und dazwischen die Zellkerne der Bindegewebszellen.

### 1.2.2.2 Straffes kollagenes Bindegewebe

Im straffen kollagenen Bindegewebe (**Abb. 1.15**) liegen die zahlreichen Kollagenfasern dicht gestreckt und streng geordnet vor. Elastische Fasern sind fast keine vorhanden. Diesen Typ findet man überall dort, wo das Gewebe stark durch Zug beansprucht wird. Kommt der Zug aus einer Richtung, liegen die Kollagenfasern parallel (Sehnen und Bänder) angeordnet vor, bei Zug aus verschiedenen Richtungen geflechtartig (harte Hirnhaut, Organ- und Gelenkkapseln, Horn- und Lederhaut des Auges, Muskelfasziën).

### 1.2.2.3 Retikuläres Bindegewebe

Retikuläres Bindegewebe findet man (im Gegensatz zu retikulären Fasern) ausschließlich im Knochenmark und in den sekundären lymphatischen Organen (Kap. 5.3.2). Es besteht aus Retikulumzellen und den von ihnen hier gebildeten speziellen retikulären Fasern. In den Organen bilden sie gemeinsam ein Maschenwerk für die sich entwickelnden freien Zellen (z. B. unreife Blutzellen, lymphatische Zellen).

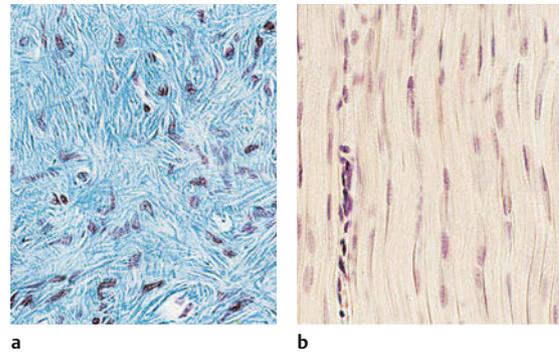
## Pathologie

### Sarkome

Bösartige Tumoren, die von Nachkömmlingen des Mesenchyms (embryonales Bindegewebe) ausgehen, sind Sarkome. Sie gibt es z. B. im Knochen (Osteosarkome), im Knorpel (Chondrosarkome), in den Muskeln (Myosarkome) oder im Fettgewebe (Liposarkome). Sarkome sind wesentlich seltener als Karzinome (S.20).

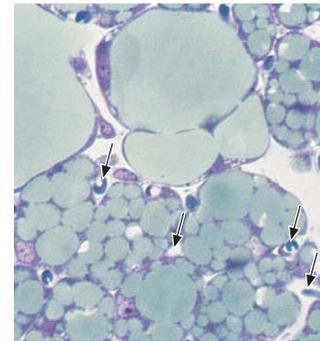
### 1.2.2.4 Fettgewebe

Das Fettgewebe gliedert sich in weißes und braunes Fettgewebe. Die Fettzellen (Adipozyten) werden von retikulären Fasern umspinnen. Sie produzieren und speichern die Fette (Lipide) intrazellulär entweder in einer einzelnen großen Vakuole (univakuolär, weißes Fettgewebe) oder in vielen kleinen Vakuolen (plurivakuolär, braunes Fettgewebe; **Abb. 1.16**).



**Abb. 1.15 Straffes Bindegewebe.**

- a Im straffen geflechtartigen Bindegewebe bilden die dichten Faserbündel, in verschiedene Richtungen verlaufend, ein enges Geflecht. So hält es der mechanischen Beanspruchung besser stand.
- b Die Faserbündel sind im straffen parallelfasrigen Bindegewebe (hier Längsschnitt durch eine Sehne) in eine Richtung ausgerichtet. So können sie die Beanspruchung auf Zug aus einer Richtung aufnehmen.



**Abb. 1.16 Mikroskopische Darstellung von weißem und braunem Fettgewebe.** Weiße Fettzellen beinhalten eine große Vakuole (univakuolär) zur Lipidspeicherung, braune dagegen mehrere kleine (plurivakuolär). Zwischen den braunen Fettzellen sind zahlreiche kleine Blutgefäße (Pfeile) zu erkennen. Sie leiten die Wärme weiter, die die braunen Fettzellen erzeugen.

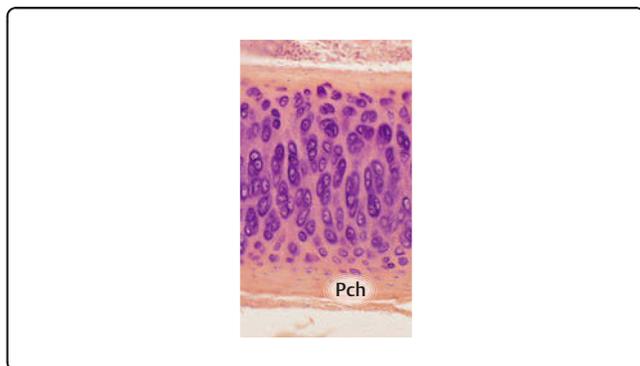
### Weißes Fettgewebe

Weißes Fettgewebe hat einerseits die Aufgabe der Wärmeisolation und des Energiespeichers (**Speicherfett**). Je nach Ernährungszustand ist es als unterschiedlich starke subkutane Fettschicht in der Unterhaut zu finden. Bei Energiebedarf werden die Lipide aus diesen Depots wieder freigegeben und dem Gesamtorganismus zur Verfügung gestellt.

Andererseits dient weißes Fettgewebe als **Baufett** dem Halt von Organen (z. B. Nieren, Augapfel) oder der Polsterung (Hand- und Fußsohlen, in der Umgebung von Leitungsbahnen). Das Bau fett wird nur bei extremem Bedarf abgebaut, z. B. zehrenden Erkrankungen, chronischer Unterernährung.

### Braunes Fettgewebe

Braunes Fettgewebe ist v. a. beim Säugling zu finden. Hier dient das gespeicherte Fett der Wärmegewinnung. Die Fettzellen



**Abb. 1.17 Hyaliner Knorpel.** In der Abbildung erkennen Sie die Knorpelzellen (Chondrozyten) in kleinen Gruppen (Chondrone) in der extrazellulären Substanz. In den Außenbereichen befindet sich die Knorpelhaut. Pch = Perichondrium.

selbst verbrennen das gespeicherte Fett und geben die dabei frei werdende Wärmeenergie über den Blutkreislauf an den ganzen Körper ab. (In der Tierwelt erhalten winterschlafende Tiere auf diese Weise ihre Körpertemperatur aufrecht.) Für die braune Farbe ist der hohe Gehalt an Mitochondrien verantwortlich, die für die Fettverbrennung benötigt werden.

### 1.2.2.5 Stützgewebe

Als Stützgewebe werden Knorpel- und Knochengewebe zusammengefasst.

#### Knorpelgewebe

Die ortsständigen Zellen des Knorpels (**Chondrozyten**) liegen meist in kleinen Gruppen (Chondrone) in der extrazellulären Matrix (**Abb. 1.17**). Diese besteht v. a. aus Kollagenfasern und

Proteoglykanen (Eiweißzuckerverbindungen). Durch diese Komponenten wird der Knorpel druckelastisch, d. h. reversibel komprimierbar.

3 Formen von Knorpelgewebe sind bekannt:

- hyaliner Knorpel (z. B. Gelenkknorpel, Atemwege, Kehlkopfskelett, Rippen, Wachstumszone der Knochen)
- Faserknorpel (z. B. Zwischenwirbelscheiben, Symphyse, Menisken, Gelenkflächen und Diskus des Kiefergelenks)
- elastischer Knorpel (z. B. Ohrmuschel, äußerer Gehörgang, Ohrtrumpete, Kehlkopfdeckel, kleinste Bronchien)

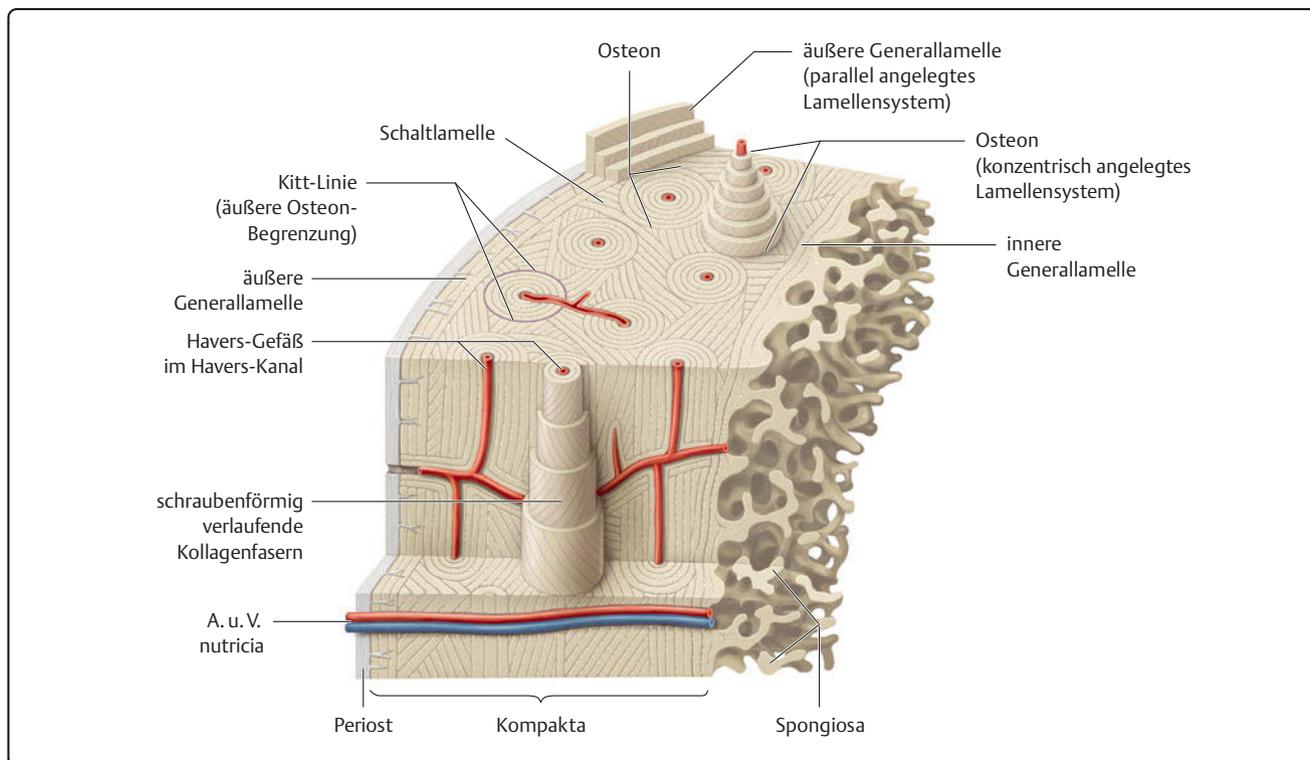
Knorpelgewebe ist gefäßfrei. Die Ernährung der Knorpelzellen geschieht durch Diffusion vom Rand des Knorpels aus der umgebenden Knorpelhaut (**Perichondrium**). Eine Ausnahme bildet der Knorpel der Gelenke, der von der Gelenkflüssigkeit (**Synovia**) versorgt wird.

#### Knochengewebe

Das Knochengewebe erhält durch die Mineralisierung der extrazellulären Matrix seine hohe Biegefestigkeit (sowohl druck- als auch biegefest). Neben den zahlreichen Kollagenfasern befinden sich in der Matrix große Mengen an **Hydroxylapatit**, welches hauptsächlich aus Kalzium-, Phosphat- und Hydroxidionen besteht (mehr als 99% des körpereigenen Kalziums sind im Knochen gespeichert). Knochengewebe enthält außerdem noch etwa 25% Wasser. Hydroxylapatit bildet auch die anorganische Komponente im Schmelz und Dentin der Zähne und verleiht diesen ihre extreme Härte (S. 130).

#### Lamellenknochen

Der Baustein der Knochensubstanz ist das Osteon, welches durch eine Gruppe von Knochenzellen (**Osteozyten**) gebildet wird (**Abb. 1.18**). Diese umgeben konzentrisch



**Abb. 1.18 Feinbau des Knochengewebes.**

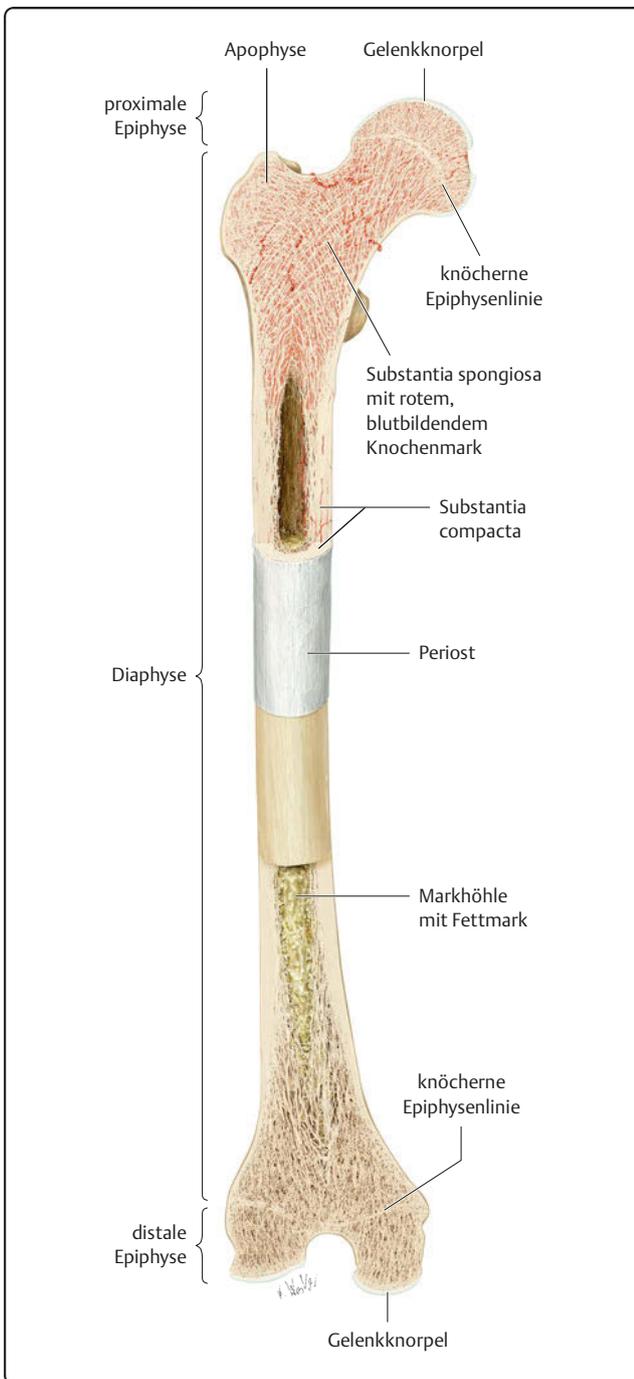


Abb. 1.19 Bau eines typischen Röhrenknochens.

ein kleineres Blutgefäß. Die Osteozyten sind durch die Matrix hindurch über lange Zellausläufer verbunden. Auf diesem Wege können die benötigten Nährstoffe alle Zellen erreichen. Knochengewebe ist gut durchblutet. Die Blutgefäße laufen im reifen Knochen in Kanälen (**Havers-Kanal**), die jeweils von Lamellen aus Osteozyten und mineralisierter extrazellulärer Matrix umgeben (Lamellenknochen) sind. Die Kollagenfasern der Lamellenknochen sind parallel angeordnet. Für den Aufbau der extrazellulären Matrix sind die Knochenzellen selber verantwortlich. Sie heißen in diesem aktiven Zustand noch **Osteoblasten**.

**Geflechtknochen** Fast alle Knochen – mit Ausnahme der meisten Schädel- und Gesichtsknochen sowie des Schlüsselbeins – werden in der Entwicklung zunächst als Knorpelgerüst angelegt. Sie entwickeln sich über eine Vorstufe, den Geflechtknochen, zu reifen Lamellenknochen. Im Geflechtknochen verlaufen die Kollagenfasern noch recht ungeordnet.

#### \* Merke

Auch nach Frakturen des Knochens (Knochenbrüchen) kommt es natürlicherweise zunächst zur Ausheilung über die Bildung von Geflechtknochen. Nur wenn die Bruchenden chirurgisch sehr nahe aneinandergestellt werden (< 1 mm Abstand), ist eine primäre Knochenbruchheilung direkt zu Lamellenknochen möglich.

**Kompakta und Spongiosa** Um das Gewicht der Knochen zu reduzieren und trotzdem eine maximale Belastbarkeit zu erreichen, ist der Außenbereich der Knochen besonders dicht (kompakter Knochen, **Kompakta** oder Kortikalis; Abb. 1.19). Im Inneren ist das Knochengewebe gitterförmig angeordnet (spongioser Knochen, **Spongiosa**). In den entstehenden Zwischenräumen befindet sich in manchen Knochen bzw. Knochenabschnitten rotes (blutbildendes), in anderen gelbes (fetthaltiges) Knochenmark.

Die Knochenbälkchen sind stets in Richtung der größten Belastung ausgerichtet und werden ständig an diese angepasst. Daher ist es auch immer wieder nötig, dass Knochenmaterial abgebaut wird. Diese Aufgabe übernehmen **Osteoklasten** („Knochenfresszellen“), die Abkömmlinge des blutbildenden Systems sind.

#### 📌 Lerntipp

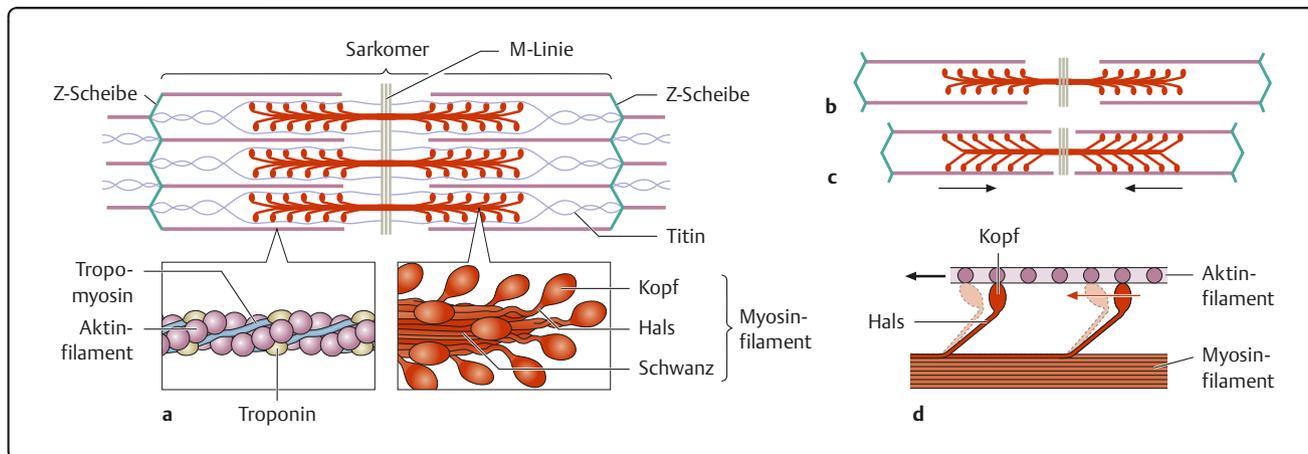
Merkhilfe: Osteoblasten **b**auen, Osteoklasten **k**launen.

## 1.2.3 Muskelgewebe

### 1.2.3.1 Muskelzellen

Das Besondere an den Muskelzellen ist ihre Fähigkeit, sich auf einen nervalen oder chemischen Reiz hin zusammenzuziehen (zu kontrahieren). Dafür verantwortlich ist die große Menge an Aktin- (Mikrofilamenten) und Myosinfilamenten (Motorproteine), die das Zytoplasma der Zellen fast vollständig ausfüllen (Abb. 1.20). Sie sind auf eine ganz bestimmte Art und Weise zu Myofibrillen (Muskelfäden) zusammengesetzt.

Viele Bündel von Myofibrillen durchziehen jede Muskelzelle (Muskelfaser). Der kleinste Baustein der Myofibrille ist das **Sarkomer**. In jeder Myofibrille sind viele Sarkomere hintereinander gereiht (Abb. 1.21). Jedes einzelne Sarkomer wird an beiden Enden durch eine Z-Scheibe (Z-Streifen) begrenzt (Abb. 1.20). In diesen Strukturproteinen ist jeweils eine Gruppe Aktinfilamente fest verankert, die aufeinander zu gerichtet sind, sich aber nicht berühren. Zwischen den Aktinfilamenten (kurz: Aktin) liegt eine Gruppe Myosinfilamente (kurz: Myosin). Sie be-



**Abb. 1.20 Baueinheit der Myofibrille – das Sarkomer.**

- a Schema eines Sarkomers.  
 b Myosinköpfe im Ruhezustand.  
 c Myosinköpfe bei Kontraktion.  
 d Interaktion zwischen Myosinköpfen und Aktin.

sitzen an ihren Enden kleine bewegliche Köpfe mit Bindungsstellen für das Aktin.

**Muskelkontraktion** Auf einen Reiz hin greifen die Myosinköpfe an die umliegenden Aktinfilamente und ziehen diese aufeinander zu. Da das Aktin fest am Z-Streifen verankert ist, nähern sich die Z-Streifen einander, die Muskelzellen verkürzen sich (kontrahieren). Der Kontraktionsvorgang ist energieabhängig. Die Energie wird in Form von ATP geliefert. Ebenfalls wird ATP benötigt, damit sich der Kopf des Myosins wieder vom Aktin lösen kann. Dann kann das Myosinköpfchen entweder erneut an ein Aktinfilament „anpacken“ und den Muskel weiter verkürzen, oder es kehrt in seine entspannte Ausgangslage zurück.

**Bedeutung von Kalzium** Die Bindungsstelle des Myosinköpfchens ist im Ruhezustand mit Platzhaltern (Troponin und Tropomyosin; **Abb. 1.20a**) besetzt. Zur Aktivierung des Myosins ist Kalzium nötig. Bei einer Erregung der Muskelzelle wird deshalb kurzfristig Kalzium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) aus seinem Speicherort, dem endoplasmatischen Retikulum (in der Muskelzelle **sarkoplasmatisches Retikulum** genannt), ausgeschüttet. Danach wird das Kalzium sofort wieder ins sarkoplasmatische Retikulum aufgenommen, um eine Dauerkontraktion zu verhindern.

### Pathologie

#### Totenstarre (Rigor mortis)

Die Muskelzellen benötigen auch für das Lösen der Myosinköpfchen ATP. Fällt die Versorgung mit ATP aufgrund des eintretenden Todes aus, verbleiben die Myosinköpfchen in Bindungsposition und können sich nicht vom Aktin lösen. Folge ist die eintretende Totenstarre, die erst nachlässt, wenn sich die Zellstrukturen aufzulösen beginnen. Die Totenstarre gehört zu den sicheren Todeszeichen – weitere sichere Todeszeichen sind Totenflecken (Livores) und Verwesung (Autolyse).

### 1.2.3.2 Glatte und quergestreifte Muskulatur

Beim Muskelgewebe unterscheidet man folgende Formen (**Tab. 1.2**):

- quergestreifte Muskulatur (Skelett- und Herzmuskulatur)
- glatte Muskulatur (Eingeweidemuskulatur)

#### Quergestreifte Muskulatur

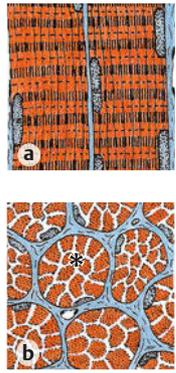
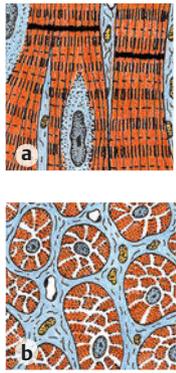
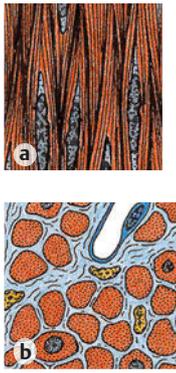
Bei der quergestreiften Muskulatur sind die Myofibrillen so benachbart, dass die Z-Streifen und damit auch die Aktin- und Myosinfilamente jeweils genau nebeneinanderliegen. Im mikroskopischen Bild ergibt sich dadurch das Bild der Querstreifung. Zur quergestreiften Muskulatur gehören die Skelett- und die Herzmuskulatur.

**Skelettmuskulatur** Die Skelettmuskulatur ermöglicht die Bewegungen der Skelettteile gegeneinander. Sie ist willkürlich innerviert. Jede Skelettmuskelzelle durchzieht ihren Muskel von einer Seite zur anderen und geht dann in die Sehne aus straffem Bindegewebe über. Diese Länge von mehreren Zentimetern erreicht die Muskelzelle während ihrer Entwicklung durch einen Zusammenschluss aus vielen einzelnen Muskelzellen. Deshalb haben Skelettmuskelzellen mehrere am Rand liegende Zellkerne und werden auch **Muskelfaser** genannt.

Die Vergrößerung eines Skelettmuskels geschieht durch Zunahme des Zellvolumens, aber auch durch Rekrutierung von **Satellitenzellen** (ruhende Muskelzellen), die als Reserve in den Skelettmuskeln liegen. Diese werden auch bei nötigen „Reparaturen“ aktiviert.

Fast jeder Skelettmuskel (Ausnahme: mimische Muskulatur des Gesichts) ist von einer bindegewebigen Faszie umgeben. Weitere Bindegewebshüllen gliedern die Muskelfasern zu größeren (**Sekundärbündel** = Fleischfasern, mit bloßem Auge sichtbar) und dann kleineren Bündeln (**Primärbündel**). Von außen nach innen sind diese Hüllen das Epimysium, Perimysium und das Endomysium (**Abb. 1.21**). Die Skelettmuskulatur ist gut mit Blut versorgt, welches den benötigten Sauerstoff und Nährstoffe liefert. Das Myoglobin (roter Muskelfarbstoff) dient als Sauerstoffspeicher und bindet einen Teil desselben.

Tab. 1.2 Charakteristika unterschiedlicher Muskelgewebe (Aumüller et al. 2010, S. 60).

	Skelettmuskulatur	Herzmuskulatur	glatte Muskulatur
Lichtmikroskopie	quergestreift		homogen
(Abb. schematisch dargestellt: a: Längsschnitt b: Querschnitt)			
Muskelzelle(n)	Skelettmuskelfaser	verzweigte Zellen <b>Glanzstreifen</b> (Kontaktstellen mit vielen Gap-Junctions)	spindelförmige Zellen
Zellkern(e)	viele Kerne in <b>randständiger</b> Lage	meist ein Kern, <b>zentral</b> gelegen	
Filamente	Sarkomerstruktur		schräg verlaufende Aktin- und Myosinfilamente mit sarkolem-malen Anheftungsplatten
Innervation	willkürlich (somatisches Nervensystem)	unwillkürlich (vegetatives Nervensystem), zum Teil autonome Steuerung durch Schrittmacherzellen	

**\* Merke**

Muskel > Sekundärbündel > Primärbündel > Muskelfaser (= Muskelzelle) > Myofibrille > aufgebaut aus Sarkomeren > aufgebaut aus Aktin- und Myosinfilamenten

**Herzmuskulatur** Auch die Herzmuskulatur erscheint quergestreift. Ihre Zellen sind allerdings klein und haben nur einen mittig liegenden Zellkern. Untereinander sind die Zellen verzweigt verbunden. Diese Kontaktstellen heißen **Glanzstreifen** und enthalten viele Kommunikationskontakte (Gap-Junctions). Über diese Kontakte wird der Befehl zur Kontraktion weitergegeben. Das Herz besitzt zu diesem Zweck ein eigenes Erregungssystem (Kap. 2.6), das unwillkürlich arbeitet und vom vegetativen Nervensystem nur moduliert wird. Klinisch wichtig ist, dass Herzmuskelzellen nicht mehr teilungsfähig sind. Untergegangene Zellen können also nicht adäquat, sondern nur durch Bindegewebe ersetzt werden.

**Pathologie**

**Angina pectoris**

Herzmuskelzellen reagieren äußerst empfindlich auf die Minderversorgung mit Sauerstoff. Eine vorübergehende Ischämie (Blutleere) wie bei der Angina pectoris führt im Gegensatz zum Myokardinfarkt aber noch nicht zu einem irreversiblen Absterben der Zellen (Kap. 2.2.1).

**Glatte Muskulatur**

In den kleinen, spindelförmigen glatten Muskelzellen liegen die Myofibrillen ungeordnet. Daher erscheinen die Zellen im Mikroskop glatt. Sie finden sich v.a. in der Wand des gesamten Magen-Darm-Traktes und anderer Hohlorgane, in Gefäßwänden und einzeln verteilt als kontraktile Komponente in vielen Geweben. Sie werden vom unwillkürlichen (vegetativen) Nervensystem innerviert, aber auch von chemischen Stoffen (z. B. Hormonen) angeregt. Die glatten Muskelzellen kontrahieren sich nur langsam, halten dafür aber stets eine gewisse Grundspannung aufrecht (Grundtonus). Sie sind engmaschig verbunden, wodurch wellenförmige Kontraktionen möglich werden.

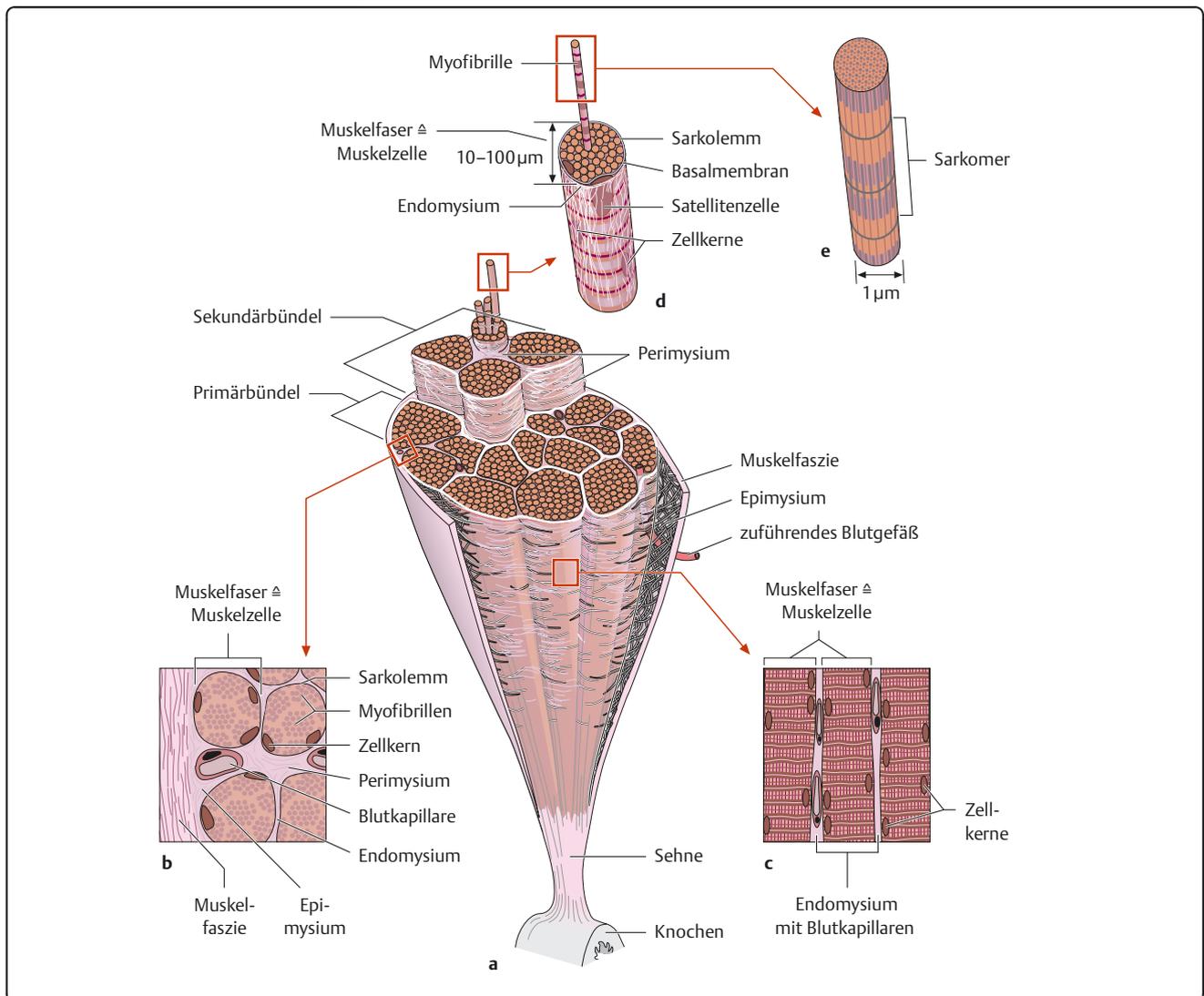
1.2.4 Nervengewebe

Das Nervengewebe besteht aus (Tab. 1.3):

- Nervenzellen (Neurone)
- Gliazellen (Neuroglia)

Die **Neurone** empfangen, verarbeiten und versenden Informationen in Form von elektrischen Impulsen. Untereinander geben sie die Reize an bestimmten Kontaktstellen weiter, den Synapsen.

Die **Gliazellen** kann man als eine Art Nervenbindegewebe verstehen. Sie übernehmen Stütz-, Ernährungs- und Abwehrfunktionen und ersetzen untergegangene Neurone (Glianarbe). Außerdem bilden bestimmte Gliazellen eine Membranhülle (Marscheide, Myelinscheide) um die Nervenfasern (Axone) und isolieren sie so gegen das umgebende Gewebe.



**Abb. 1.21 Aufbau eines Skelettmuskels.**

- a Querschnitt.  
 b Ausschnittsvergrößerung aus **a** (Querschnitt).  
 c Ausschnittsvergrößerung aus **a** (Längsschnitt).  
 d Aufbau einer Muskelfaser.  
 e Aufbau einer Myofibrille.

#### 1.2.4.1 Neuron

Der Zellkörper des Neurons mit Zellkern, Mitochondrien und den übrigen Zellorganellen heißt **Soma** oder Perikaryon. Eine typische Nervenzelle (**Abb. 1.22**) trägt an ihrer Oberfläche Fortsätze:

- mehrere Dendriten (Eingangsseite)
- 1 Axon (Ausgangsseite)

Die **Dendriten** bilden ein oft reich verzweigtes Netzwerk, um Informationen anzunehmen (afferente Signale).

Zur Informationsabgabe (efferente Signale) dagegen dient ein einziges **Axon** (auch: Neurit). Das Axon mündet dann entweder an einer Effektorzelle (z. B. Muskel- oder Drüsenzelle) oder überträgt die Informationen auf eine weitere Nervenzelle. Das Axon der Nervenzelle hat eine sehr variable Länge. Sehr

lange Axone ziehen z. B. vom Rückenmark ohne Unterbrechung in die Zehen oder die Finger.

Im Zytoplasma der Neurone erkennt man im mikroskopischen Bild oft eine deutliche Felderung, die **Nissl-Schollen**. Dies sind Ansammlungen von rauem endoplasmatischem Retikulum (rER) und Zeichen einer ausgeprägten Proteinsynthese, da hier die an den Synapsen benötigten Botenstoffe (Neurotransmitter) hergestellt werden.

#### Aktionspotenzial

Das Besondere an der Nervenzelle ist ihre elektrische Erregbarkeit, die sie als Impuls weiterleiten kann. Grundlage dieser Fähigkeit ist das Ruhemembranpotenzial (auch: Ruhepotenzial), das sich durch die unterschiedliche Verteilung der Ionen im Intra- bzw. Extrazellularraum aufbaut (Kap. 1.1.1). Es beträgt ca.  $-60$  mV.

Tab. 1.3 Zellen des zentralen (ZNS) und peripheren Nervensystems (PNS) und deren funktionelle Bedeutung (Schünke et al. 2014, S. 81).

Zelltyp	Funktion
<b>Neurone</b>	
(ZNS und PNS)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erregungsbildung</li> <li>• Erregungsleitung</li> <li>• Informationsverarbeitung</li> </ul>
<b>Gliazellen</b>	
Astrozyten (nur ZNS) (auch Makroglia genannt)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstanterhaltung des inneren Milieus im ZNS</li> <li>• Beteiligung am Aufbau der Blut-Hirn-Schranke</li> <li>• Phagozytose von abgestorbenen Synapsen</li> <li>• Narbenbildung im ZNS, z. B. nach Hirninfarkt, bei multipler Sklerose</li> </ul>
Mikrogliazellen (nur ZNS)	Phagozytose („Makrophagen der Gehirns“)
Oligodendrozyten (nur ZNS)	Bildung der Myelinscheide im ZNS
Schwann-Zellen (nur PNS)	Bildung der Myelinscheide im PNS
Satellitenzellen (nur PNS)	modifizierte Schwann-Zellen; umhüllen den Zelleib von Neuronen in Ganglien des PNS

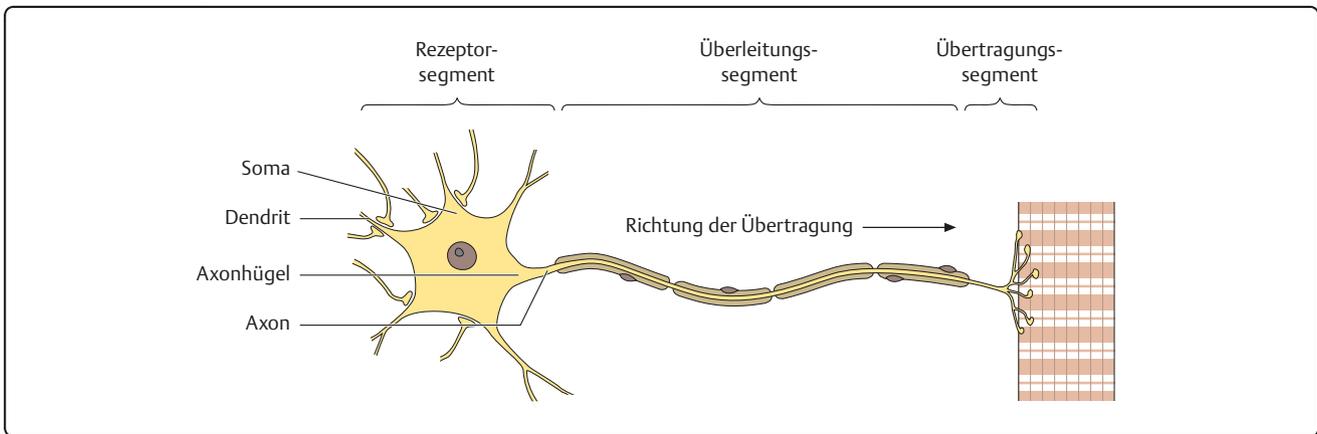


Abb. 1.22 Nervenzelle (Neuron).

Eine Erregung der Zelle entspricht nun einem Aktionspotential (Abb. 1.23): Es kommt durch eine kurzfristige, vorübergehende Öffnung der Ionenkanäle zu einer Spannungsänderung an der Zellmembran. Das Membranpotenzial wird positiv (20–30 mV = Aktionspotential). Schon nach etwa 1 ms ist die ursprüngliche Ionenverteilung allerdings wiederhergestellt. Die Zelle ist damit – nach einer kurzen Refraktärzeit – erneut erregbar.

**Synapsen und Neurotransmitter**

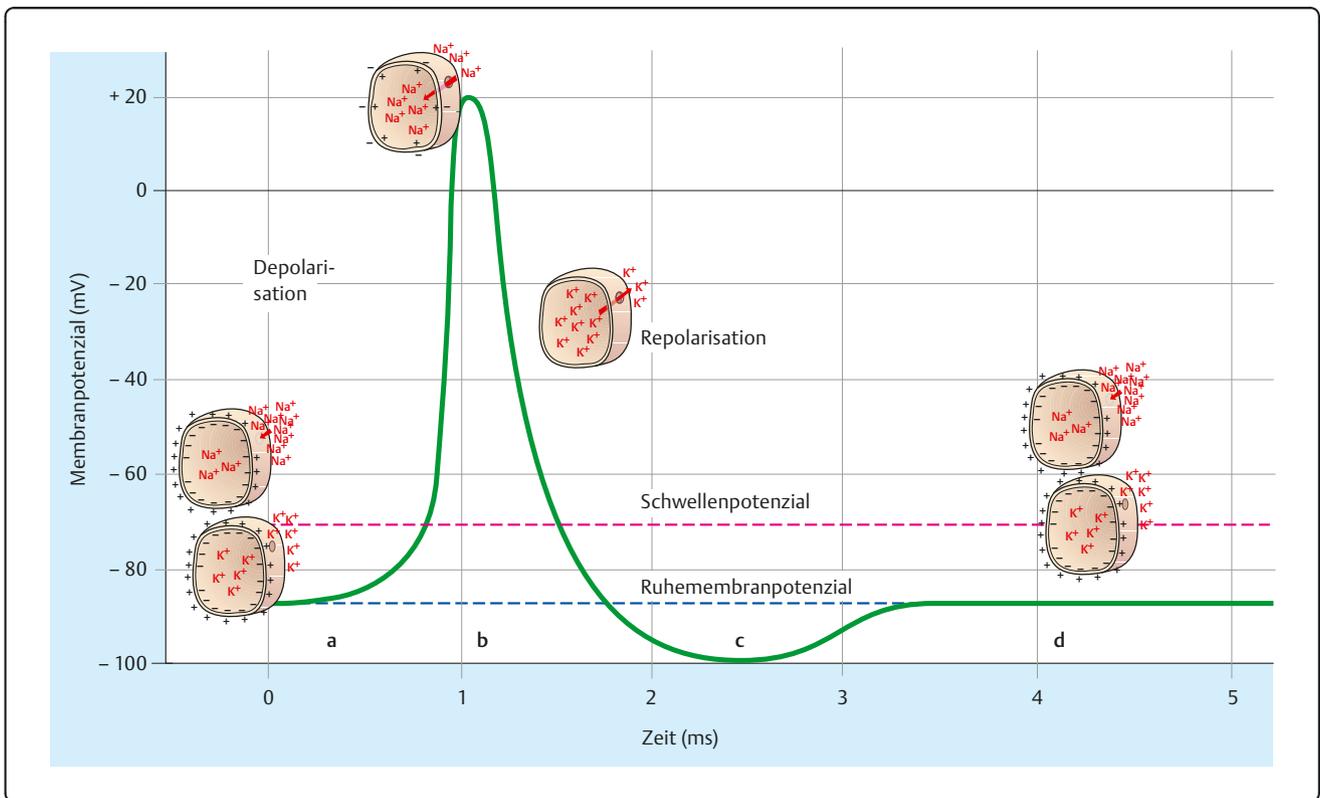
An den Kontaktstellen der Nervenzellen (Synapsen) wird die elektrische Reizübertragung unterbrochen und auf chemischem Weg mithilfe von Neurotransmittern (Botenstoffen) weitergeführt (Abb. 1.24).

Am Ende eines Axons befindet sich gewöhnlich eine kolbenförmige Auftreibung (**synaptisches Endknöpfchen**), in der in Vesikeln verpackt die Neurotransmitter lagern. Ein elektrischer Reiz führt an der Membran (präsynaptische Membran) des synaptischen Endknöpfchens zum Ausschütten des Transmitters. Dieser durchquert den Spalt (**synaptischer Spalt**) zwischen den eng benachbarten Nervenzellen und bindet an Rezeptoren der gegenüberliegenden Membran (**postsynaptische Membran**).

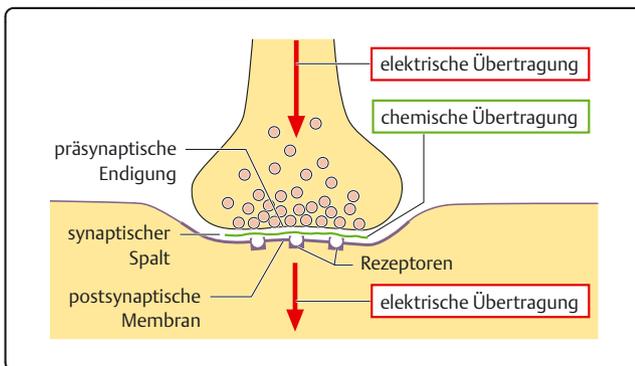
Hier löst die Bindung erneut eine elektrische Erregung aus, die über das Axon dieser Nervenzelle weitergeleitet werden kann. Danach wird der Neurotransmitter schnell wieder aus dem synaptischen Spalt entfernt.

Die Wirkung der Neurotransmitter kann, je nach Art des Neurotransmitters und des Rezeptors, erregende oder hemmende Wirkung auf die Zielzelle haben. Wichtige erregende Neurotransmitter sind Acetylcholin und Glutamat, wichtige hemmende Neurotransmitter Glyzin und  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA). Zu den Neurotransmittern, die beide Wirkungen haben können, gehören Noradrenalin, Dopamin, Serotonin und endogene Opiode (z. B. Endorphine).

**\* Merke**  
Die Synapsen bieten einen Ansatzpunkt für medikamentöse Therapien. So kann beispielsweise durch Verzögerung der Wiederaufnahme eines Transmitters seine hemmende oder erregende Wirkung verlängert werden. So wirken z. B. einige Antidepressiva durch eine Serotonin-Wiederaufnahmehemmung.



**Abb. 1.23 Ablauf eines Aktionspotenzials.** **a** Ausgelöst durch einen Reiz werden Ionenkanäle geöffnet und Natrium kann sehr schnell eindringen. Die elektrische Ladung der Zellmembran kehrt sich dadurch kurzzeitig um, die Innenseite der Zelle wird positiv geladen. **b** Den Vorgang der Ladungsumkehr bezeichnet man als Depolarisation. Mit dem Erreichen des Schwellenpotenzials folgt die Auslösung eines Aktionspotenzials nach dem Alles-oder-nichts-Gesetz. Dieses besagt, dass ein Aktionspotenzial immer den gleichen Verlauf nimmt oder gar nicht erst auftritt. **c, d** Die Repolarisationsphase bringt das Membranpotential nach einer kurzen Refraktärphase wieder auf seinen Ruhewert zurück. Für „schnelle Zellen“ wie Nerven- oder Skelettmuskelzellen ist es wichtig, dass eine Erregung schnell wieder abklingt, damit durch eine erneute Erregung rasche Bewegungsabläufe möglich werden.



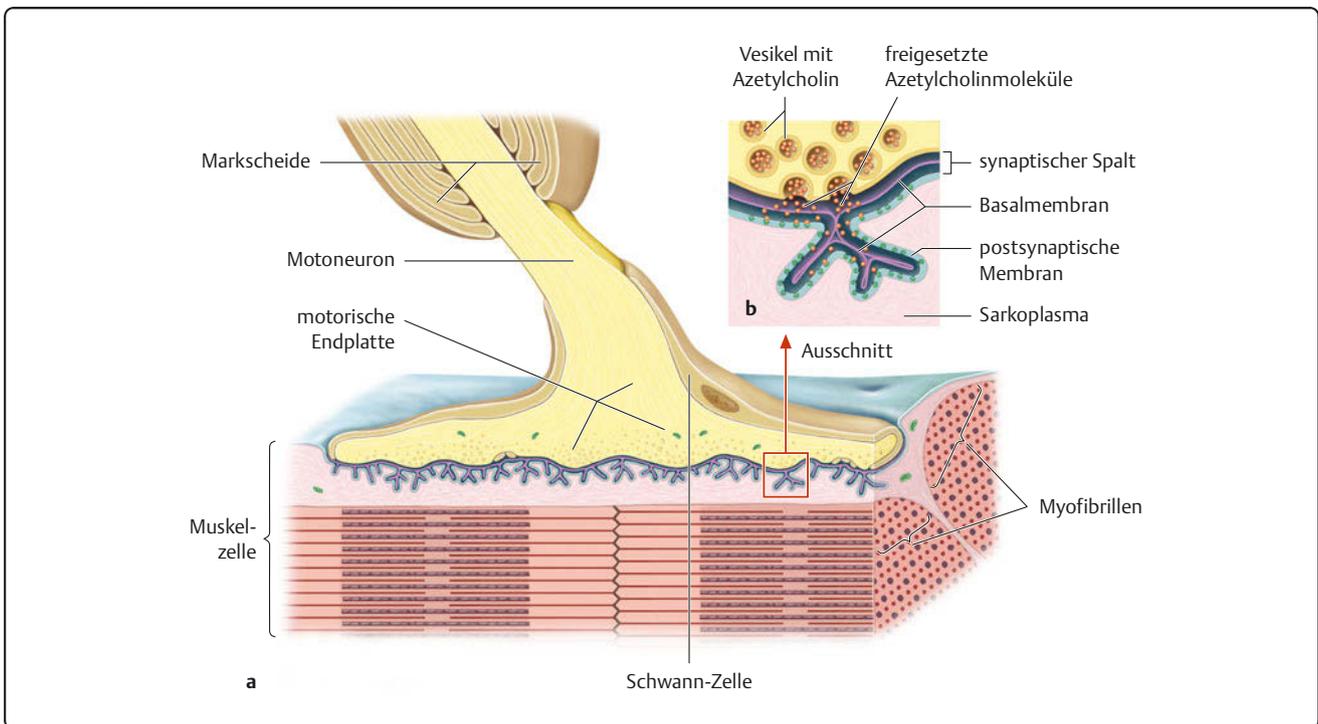
**Abb. 1.24 Schematischer Aufbau einer Synapse.**

### Pathologie

#### Botulismus

Durch das Neurotoxin (Nervengift), welches das Bakterium *Clostridium botulinum* produziert, wird die Freigabe des Neurotransmitters Acetylcholin an den Synapsen blockiert. Betroffen sind besonders die Muskulatur und das vegetative Nervensystem. Es kommt zu Allgemeinsymptomen (z. B. Übelkeit, Schwindel und Erbrechen) und diversen neurologischen Ausfällen. Lebensgefahr besteht v. a. durch Lähmung der Atemmuskulatur, wenn die peripheren Nerven angegriffen werden. Zur Intoxikation (Aufnahme des Giftes) kommt es meist durch den Verzehr von nicht ausreichend konservierten Lebensmitteln. In kleinen Dosen wird das Botulinumtoxin (kurz: Botox) auch therapeutisch oder kosmetisch eingesetzt. Es wird dann lokal injiziert.

**Wichtig:** Die Erkrankung ist nach § 6 des Infektionsschutzgesetzes (IfSG) bei Verdacht, Erkrankung und Tod meldepflichtig. Für Heilpraktiker besteht zudem ein Behandlungsverbot.



**Abb. 1.25 Motorische Endplatte.**

- a Schematischer Aufbau einer motorischen Endplatte.
- b Bestandteile des synaptischen Kontaktes (Ausschnitt aus a).

### Motorische Endplatte

Am Übergang zwischen Nerven- und Muskelzellen befindet sich als Sonderform einer Synapse die motorische Endplatte (**Abb. 1.25**). Elektrische Impulse erregen über Neurotransmitter die Muskelzellen, die mit einer Kontraktion reagieren (elektromechanische Kopplung). Eine einzelne Nervenfasern kann sehr wenige (bei Muskeln, die sehr präzise arbeiten) oder sehr viele Muskelzellen innervieren.

#### 1.2.4.2 Gliazellen

Die Gliazellen unterscheiden sich je nachdem, ob sie zum ZNS (bestehend aus Gehirn und Rückenmark) oder dem PNS (alle Nervengewebsstrukturen außerhalb des ZNS) gehören.

Gliazellen des ZNS sind folgende (**Tab. 1.3**):

- Astrozyten
- Oligodendrozyten
- Mikrogliazellen
- Ependymzellen

Die **Astrozyten** sind die Stütz- und Füllzellen des ZNS, erfüllen Stoffwechsel- und Ernährungsfunktionen und sind am Aufbau der Blut-Hirn-Schranke beteiligt. Diese stellt eine Barriere für wasserlösliche Stoffe zwischen Blutgefäßen und den Neuronen des Gehirns dar. **Oligodendrozyten** bilden im ZNS Myelinscheiden (Markscheide) um die Axone. Daher befinden sie sich v. a. in der weißen Substanz (Kap. 10.2.1). Während die **Mikrogliazellen** Abwehrfunktion haben, kleiden die **Ependymzellen** als spezialisierte Epithelzellen Hohlräume (Hirnventrikel, Zentralkanal) im Gehirn und Rückenmark aus.

Im PNS besteht die Neuroglia aus **Schwann-Zellen**, die Markscheiden für die peripheren Nervenfasern bilden.

### Myelinscheide

Die Myelinscheiden dienen dem Axon als Schutz- und Isolationsschicht. Im ZNS umhüllt ein Oligodendrozyt mit seinen Ausläufern mehrere Axone. Im PNS setzen sich viele Schwann-Zellen hintereinander um ein Axon. Nur bei unmyelinisierten Axonen im PNS sind ebenfalls einzelne Schwann-Zellen für mehrere Axone verantwortlich (**Abb. 1.26**).

Die Zelleiber der Schwann-Zellen wickeln sich mehrfach um das Axon und bilden in ihrer Gesamtheit die lipidhaltige Markscheide. An den Kontaktstellen der Schwann-Zellen (Ranvier'sche Schnürringe) ist die Myelinscheide unterbrochen. Da die Axonmembran hier besonders leicht erregbar ist, kann die elektrische Erregung direkt von einem Schnürring auf den nächsten übergehen (saltatorische Erregungsübertragung). So wird eine sehr schnelle Impulsfortleitung erreicht. Je stärker die Myelinisierung ausgeprägt ist, umso besser sind die Axone isoliert und umso schneller gelingt die Fortleitung.

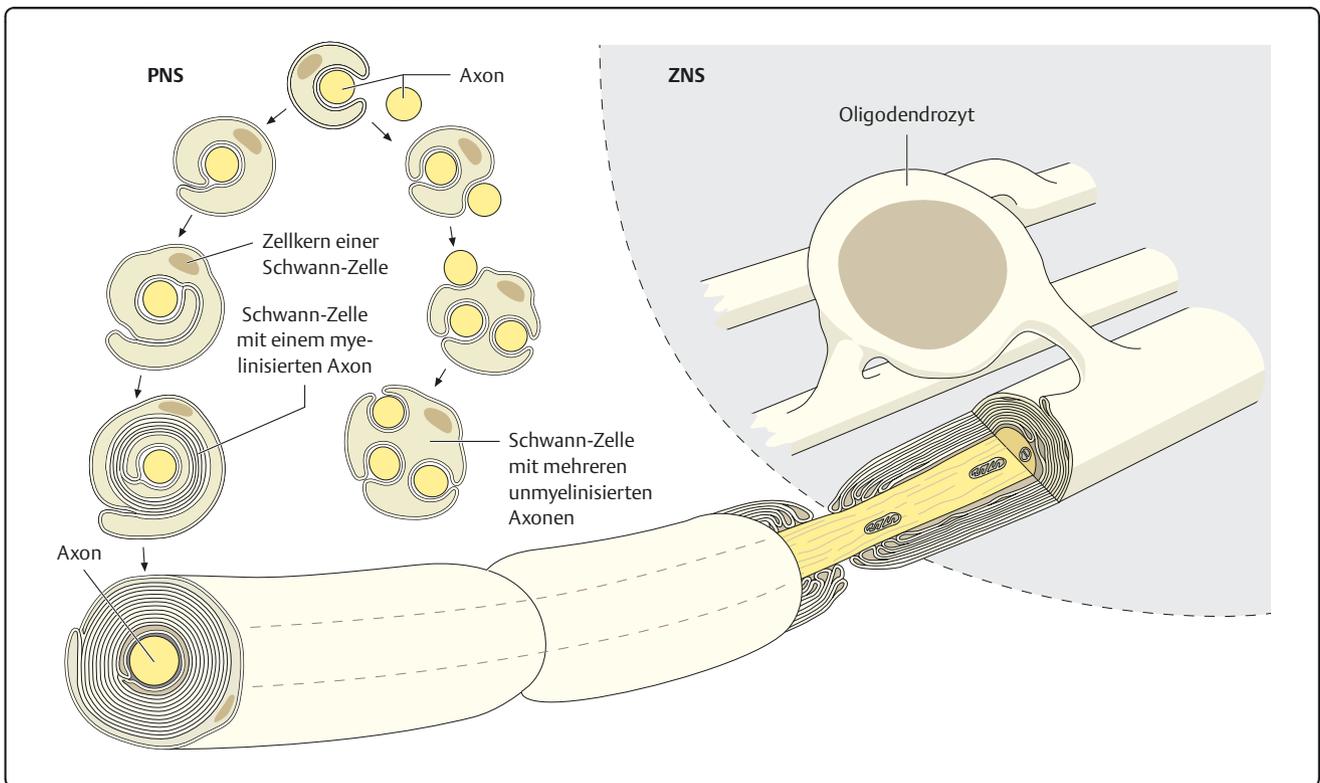


Abb. 1.26 Unterschiede im Aufbau der Myelinscheide im ZNS und PNS.

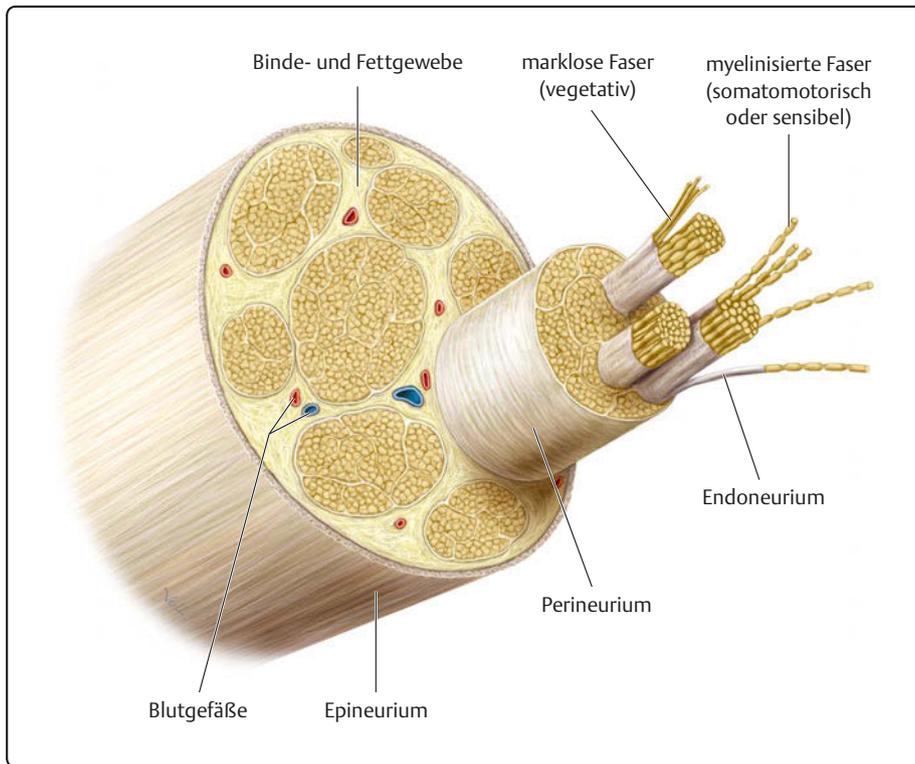
### Pathologie

#### Multiple Sklerose

Bei der multiplen Sklerose gehen die Myelinscheiden im Bereich des Gehirns und Rückenmarks durch chronische Entzündungsprozesse nach und nach zugrunde. Die Bedeutung der Myelinscheiden wird an dieser Erkrankung offensichtlich, denn es kommt durch die gestörte Impulsleitung der Nerven zu immer ausgedehnteren Empfindungsstörungen und Lähmungserscheinungen (Kap. 10.2.1).

#### Periphere Nerven

In ihrem Verlauf zu den Erfolgszellen sind die Axone zu Bündeln zusammengefasst. Einzelne Bündel werden durch Bindegewebshüllen gegliedert. Zusammen mit Blutgefäßen werden sie von Fettgewebe gepolstert und ziehen so als peripherer Nerv (Abb. 1.27) zu den Zielorganen.



**Abb. 1.27 Aufbau eines peripheren Nervs.** Marklose und myelinisierte Axone verlaufen in gemeinsamen Faserbündeln. Durch bindegewebige Hüllen (Endoneurium, Perineurium und Epineurium) werden sie gegliedert und gemeinsam mit Blutgefäßen geschützt.

## 2 Herz

Das Herz ist als muskuläre Pumpe in den Blutkreislauf eingebaut. Mit ca. 100 000 Schlägen pro Tag hält es einen ununterbrochenen zirkulierenden Transport des Blutes durch die Gefäße des Lungen- und des Körperkreislaufs aufrecht. Dabei wirken die Herzklappen als Ventile und sorgen dafür, dass die Richtung des Blutstroms eingehalten wird. Beim Pumpvorgang des Herzens wechseln sich 2 Aktionszustände (4 Phasen) ab: die Diastole = Entspannungs- und Füllungsphase und die Systole = Anspannungs- und Austreibungsphase. Die Hauptaufgabe des Herzens besteht in seiner Pumpleistung zur Aufrechterhaltung des Blutkreislaufs. Das Herz ist aber auch Produzent eines Hormons, des ANP (atriales natriuretisches Peptid), welches es bei starker Dehnung der Vorhöfe ausschüttet. Das ANP nimmt Einfluss auf die Wasser- und Salzausscheidung in der Niere und reguliert darüber letztlich den Blutdruck.

### 2.1 Lage, Form und Aufbau

**Lage** Das Herz (Cor) liegt gut geschützt im knöchernen Brustkorb hinter dem Brustbein (Sternum). Es befindet sich zwischen den beiden Lungenflügeln im Mittelfellraum (Mediastinum) und ist umgeben vom Herzbeutel (**Abb. 2.1, Abb. 2.2**). Seine linke Hälfte ragt deutlich über die Körpermitte, sodass sich etwa  $\frac{2}{3}$  des Herzens auf der linken Seite (die linke Lunge ist deshalb kleiner) und nur  $\frac{1}{3}$  auf der rechten Seite befinden. Hinter dem Herzen verlaufen u. a. die Aorta (Hauptschlagader), die Speiseröhre (Ösophagus) und der Milchbrustgang (Ductus thoracicus; **Abb. 2.3**).

**Form und Aufbau** Das Herz hat die Form eines abgerundeten Kegels und ist etwa so groß wie das  $1\frac{1}{2}$ -Fache der eigenen Faust (Gewicht: 250–350 g).

**Herzbasis** Die Herzbasis ist nicht nach unten (der Begriff Basis legt diese Vermutung nahe), sondern nach rechts oben gerichtet.

**Herzspitze** Die Herzspitze (Apex cordis) zeigt nach links unten. Außerdem liegt die Herzspitze weiter vorne (ventral) als die Basis. Zwischen Brustbein und Herzspitze bleibt nur ein kleiner, mit Bindegewebe gefüllter Spalt. Die Bewegung der Herzspitze ist als feiner Schlag (= Herzspitzenstoß) im 5. Zwischenrippenraum (ICR=Interkostalraum) links in der Medioklavikularlinie (Linie in der Mitte des Schlüsselbeins senkrecht nach unten) zu tasten.

**Herzdämpfung** Die luftgefüllten Lungen erzeugen beim Abklopfen (Perkussion) einen tiefen vollen (=sonoren) Ton. Der Ton des flüssigkeitsgefüllten Herzens dagegen ist heller; er wird als Herzdämpfung bezeichnet (**Abb. 2.4**):

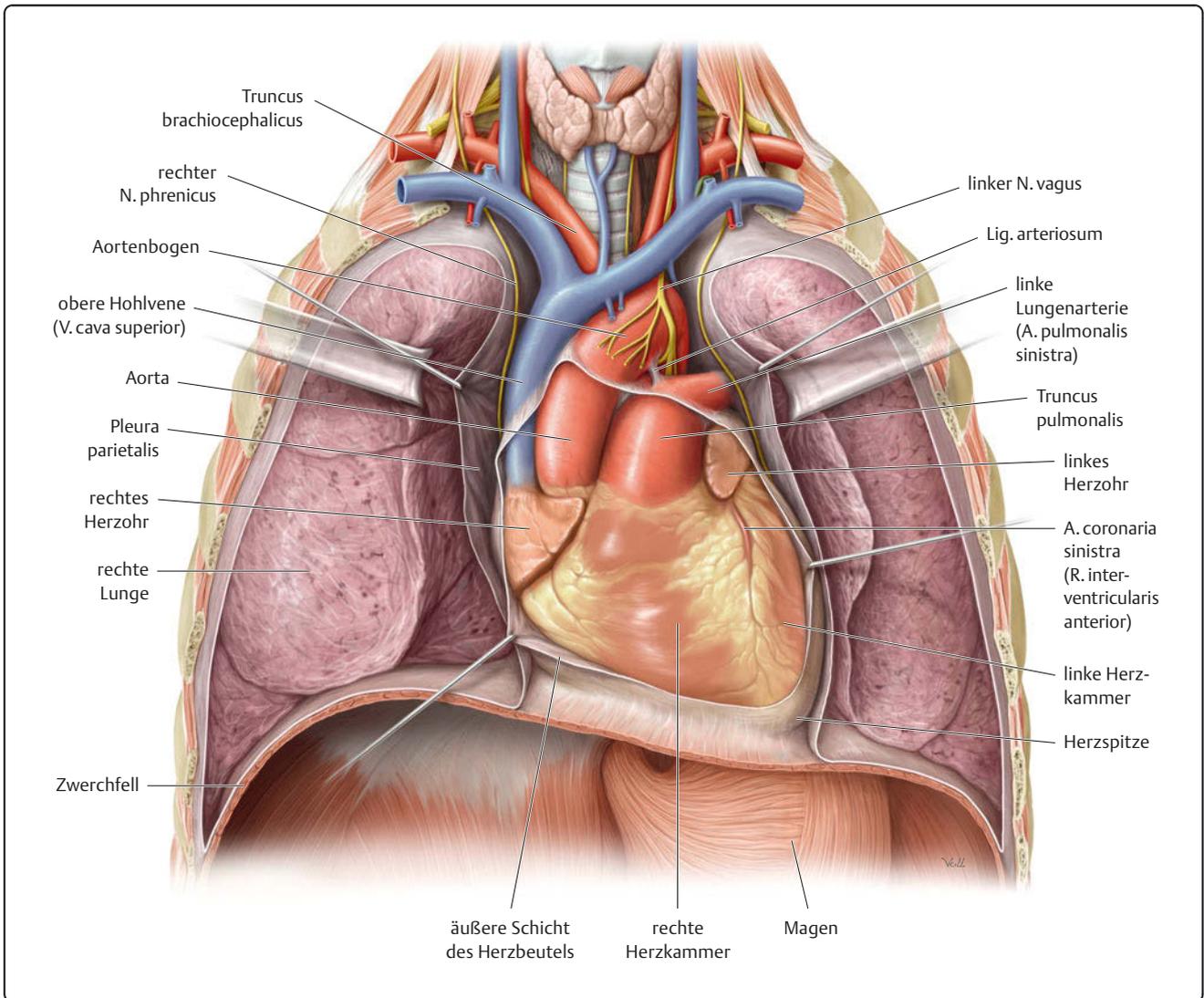
- Dort, wo Lungengewebe das Herz überlagert, ist die Herzdämpfung **relativ**, d. h., die Töne „vermischen“ sich.
- Dort, wo das Herz direkt hinter der Brustwand liegt, bezeichnet man die Herzdämpfung als **absolut**.

Im Oberbauch geht die Herzdämpfung dann in die Leberdämpfung über. Beim Abklopfen gibt die Herzdämpfung also Auskunft über die ungefähren Grenzen des Herzens.

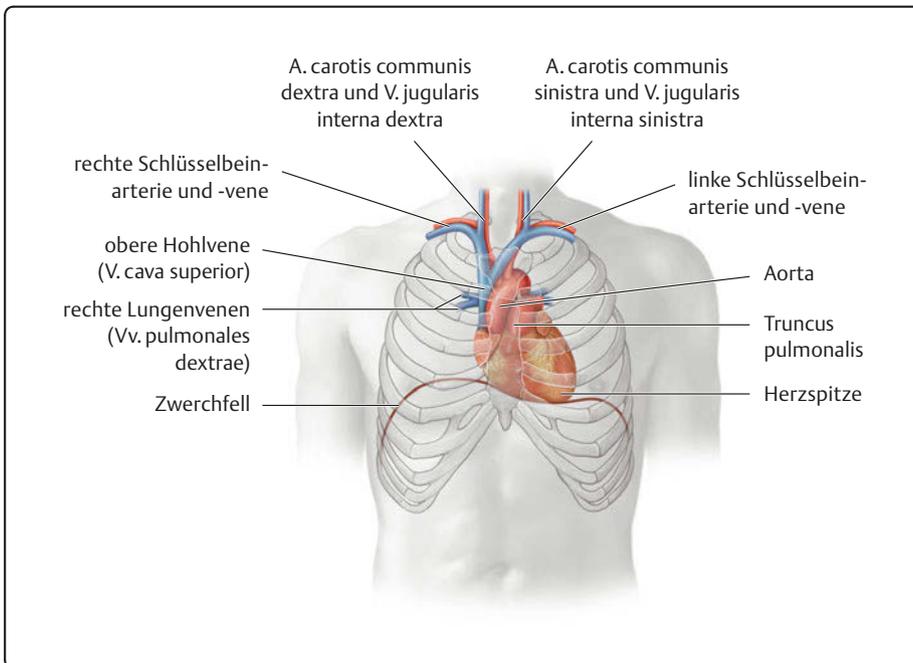
#### Pathologie

##### Herz- und Lungenerkrankungen

Um einen Klangvergleich bei der Beurteilung eines Klopfschalls zu haben, kann man sich an dem matten Geräusch orientieren, das der Oberschenkel als dichtes Gewebe beim Perkutieren erzeugt (= Schenkelton). Einen entsprechenden Ton hört man etwa bei einem Erguss im Herzbeutel (**Perikarderguss**) oder einer Lungenentzündung (**Pneumonie**). Liegt ein **Lungenemphysem** vor, ist durch die Überblähung der Lunge (hypersonorer Klopfeschall bis Schachtelton) die absolute Herzdämpfung verkleinert oder sogar aufgehoben (S. 96).



**Abb. 2.1 Herz in situ.** In der Ansicht von ventral sind der Brustkorb und der Herzbeutel eröffnet und geben den Blick frei auf die Herzvorderseite (Facies sternocostalis). Die aus der Lungen kommenden Venen sind hier nicht zu erkennen, da sie in den linken Vorhof münden, der hinten liegt.



**Abb. 2.2 Projektion von Herz und Gefäßen auf die Thoraxwand.** Ansicht von ventral.

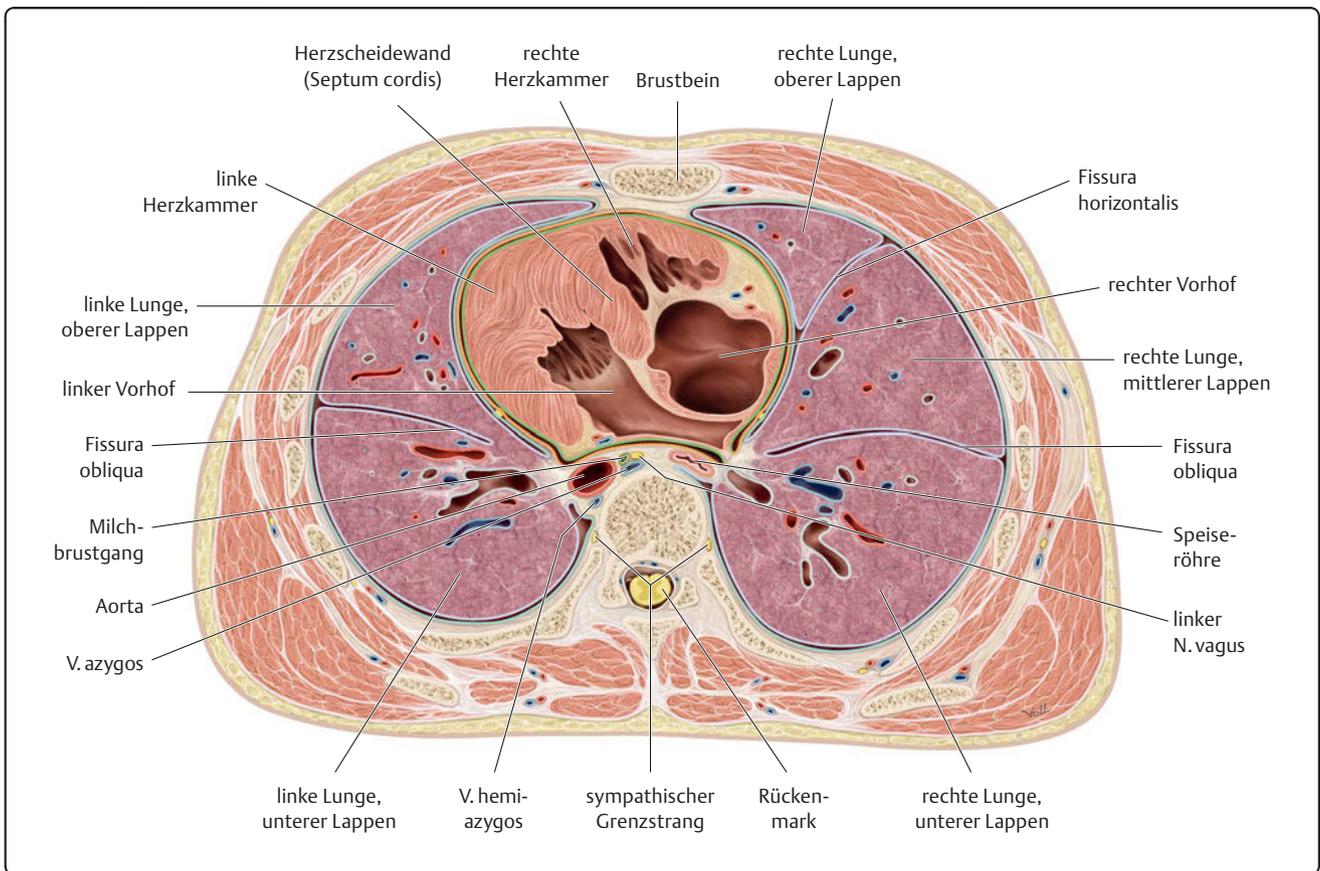


Abb. 2.3 Herz in situ in der Ansicht von kranial. Horizontalschnitt durch den Thorax in Höhe des 8. Brustwirbels.

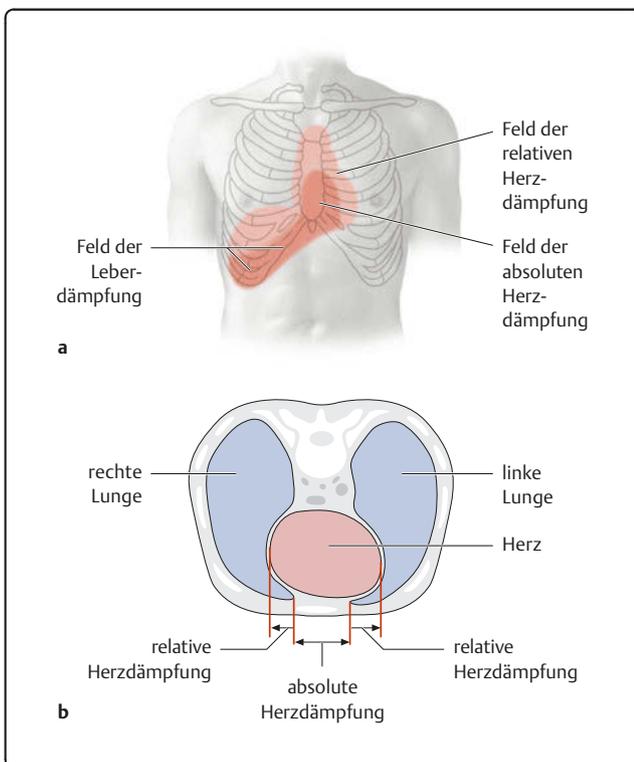


Abb. 2.4 Herzdämpfung bei Thoraxperkussion.

- a Ansicht von ventral.  
b Im Horizontalschnitt von kranial.

### 2.1.1 Inneres Herz

Das Herz ist ein muskuläres Hohlorgan, d.h., seine überwiegend muskuläre Wand umgibt einen in mehrere Bereiche gegliederten Innenraum. Dieser wird von der **Herzscheidewand** (Septum cordis) in 2 vollständig getrennte Hälften unterteilt. Die rechte Herzhälfte pumpt sauerstoffarmes Blut, das aus den Venen des Körpers kommt, über den kleinen Kreislauf (=Lungenkreislauf) zur Lunge. Das linke Herz bringt das von der Lunge zurückgekommene und nun sauerstoffreiche Blut wieder in den großen Kreislauf (=Körperkreislauf).

#### 📌 Lerntipp

Merkhilfe: „LIKÖR“ – denn: Das **linke** Herz pumpt das Blut in den **Körper**kreislauf. (Folglich pumpt das rechte Herz das Blut in den **Lungen**kreislauf.)

Jede Herzhälfte wiederum besteht aus einem **Vorhof** (Atrium) und einer **Kammer** (Ventrikel). Das Blut, das das Herz über die Venen des Lungen- und Körperkreislaufs (also die Pulmonal- und die Hohlvenen) erreicht, fließt zunächst immer in den Vorhof der entsprechenden Herzseite und von dort in die Herzkammer. Zwischen den Vorhöfen und Kammern befinden sich Klappen, die je nach Arbeitszustand des Herzens geöffnet oder geschlossen sind.

### 2.1.2 Äußeres Herz

Am äußeren Herzen sind zu unterscheiden:

- die Herzbasis mit den ein- und austretenden Gefäßen
- die nach links unten gerichtete Herzspitze
- 3 Flächen, deren Namen sich nach ihrer räumlichen Orientierung richten

An der Herzbasis treten als Arterien die Aorta aus der linken Herzkammer und der Truncus pulmonalis (gemeinsamer Lungenarterienstamm) aus der rechten Herzkammer aus. Der Truncus pulmonalis teilt sich bald nach seinem Austritt aus dem Herzen in die A. pulmonalis dextra und sinistra (rechte und linke Lungenarterie).

Als Venen ziehen die Vv. pulmonales (meist 4 Lungenvenen) in den linken Vorhof und die V. cava superior und inferior (obere und untere Hohlvene) in den rechten Vorhof.

**\* Merke**

Definitionsgemäß sind alle (!) Gefäße, die vom Herzen wegziehen, Arterien, und alle (!), die zum Herzen hinführen, Venen, unabhängig davon, ob sie sauerstoffreiches oder sauerstoffarmes Blut führen.

**Vorderfläche** An der zum Brustbein und zu den Rippen hin gerichteten Vorderfläche (Facies sternocostalis; **Abb. 2.5**) erkennt

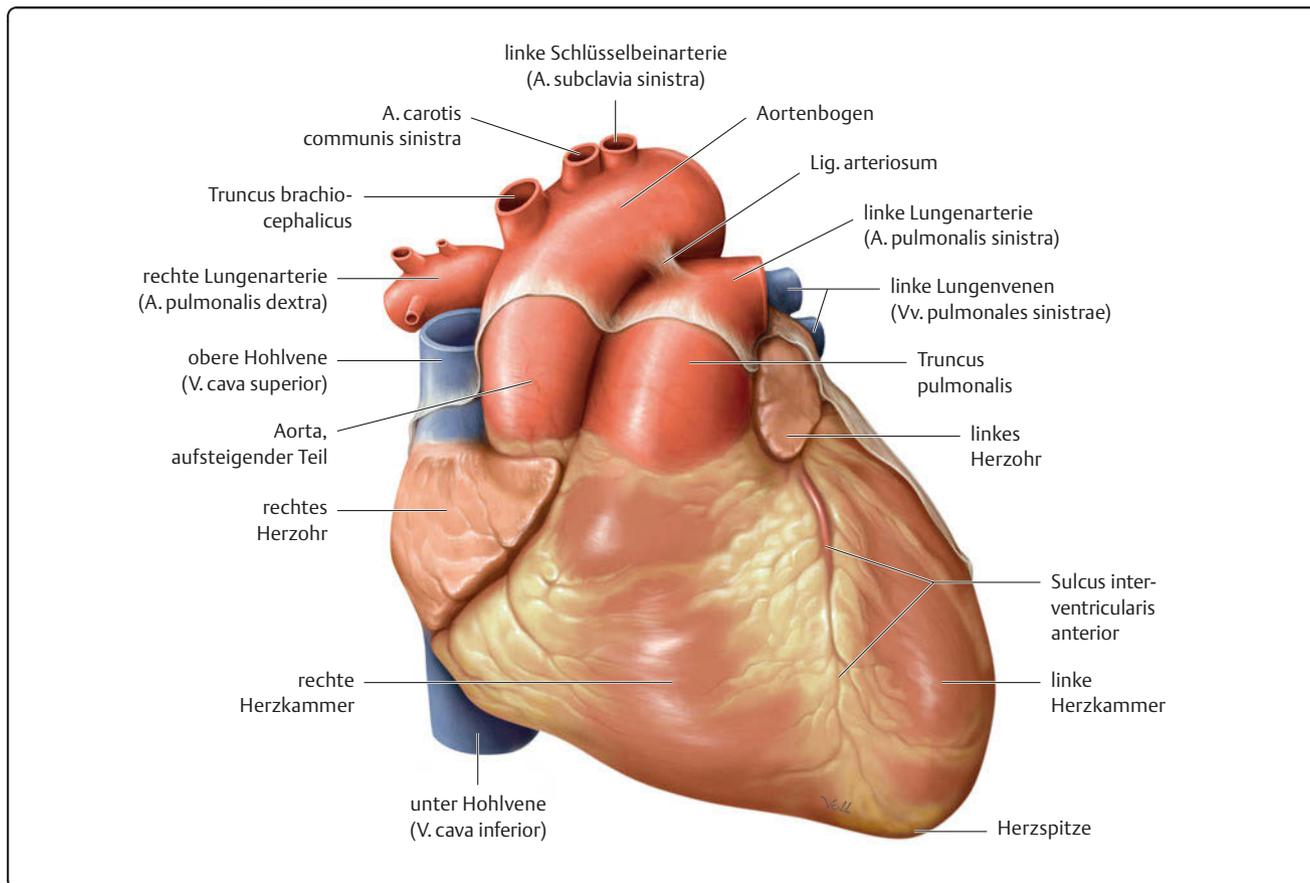
man die Gefäßstämme bis auf die Lungenvenen. Der rechte Vorhof und die rechte Herzkammer bilden den Großteil der Vorderfläche (auch klinisch Vorderwand). Einen kleinen Anteil hat die linke Herzkammer, die die Herzspitze bildet. Auch die Herzohren (Auricula dextra und sinistra) sind nach vorne gerichtet. Sie sind zipfelförmige Ausstülpungen der Vorhöfe und füllen die Nischen zwischen dem Herzen und den Gefäßstämmen.

**Hinterfläche** Die Hinterfläche (Facies posterior; **Abb. 2.6**) bilden der linke Vorhof mit der Mündung der Lungenvenen und die linke Kammer, außerdem der Teil des rechten Vorhofs, in den die V. cava superior und inferior münden.

**Unterfläche** Die Herzunterseite (Facies diaphragmatica), die aber klinisch als Hinterwand bezeichnet wird, liegt dem Zwerchfell auf (**Abb. 2.7**). Sie wird gebildet aus Anteilen beider Herzkammern und dem rechten Vorhof mit dem Eingang der V. cava inferior.

**\* Merke**

Die Vorderfläche des Herzens wird überwiegend von der rechten Herzkammer, die Hinterfläche von der linken Herzkammer gebildet. An der Unterfläche sind beide Herzkammern zu finden.



**Abb. 2.5 Herz (Cor), Facies sternocostalis.** Ansicht von ventral.

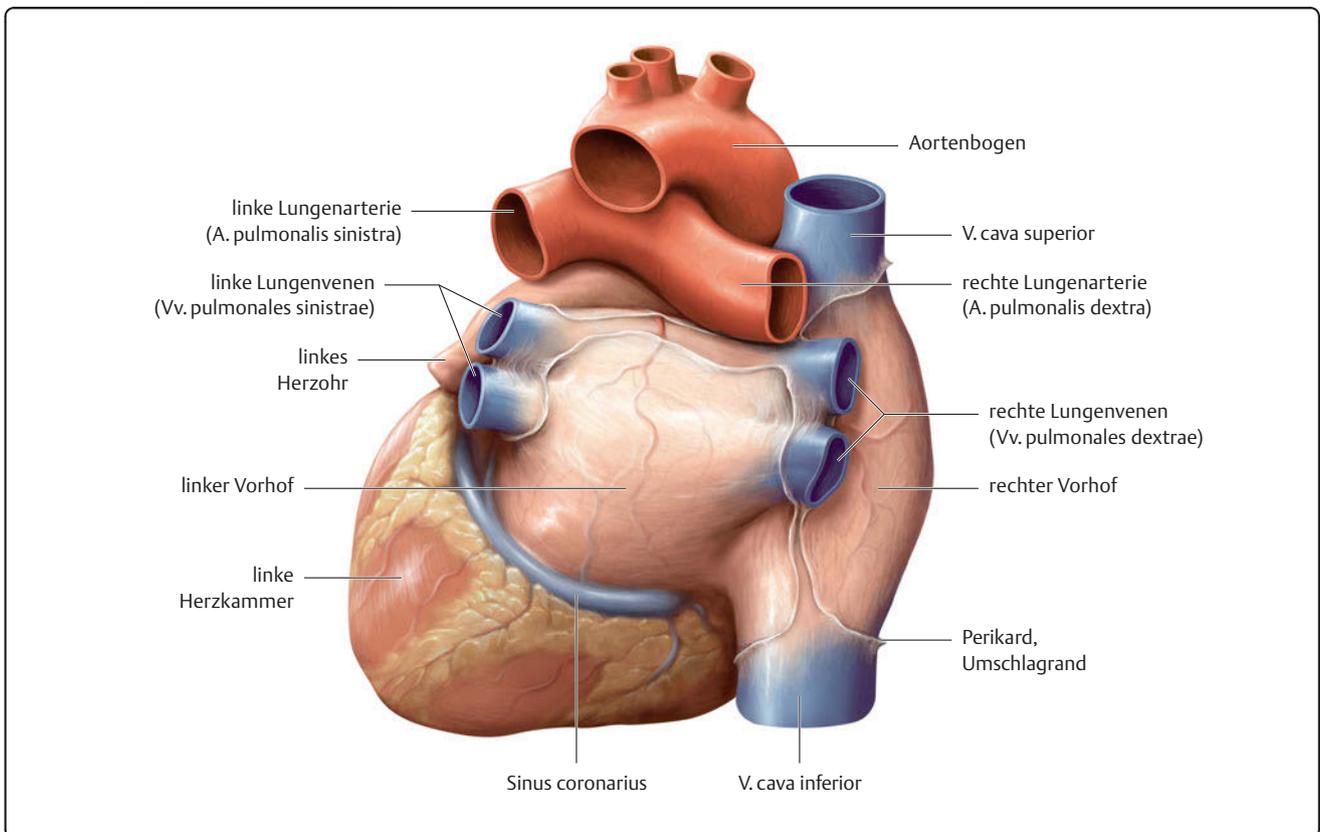


Abb. 2.6 Herz (Cor), Facies posterior. Ansicht von dorsal.

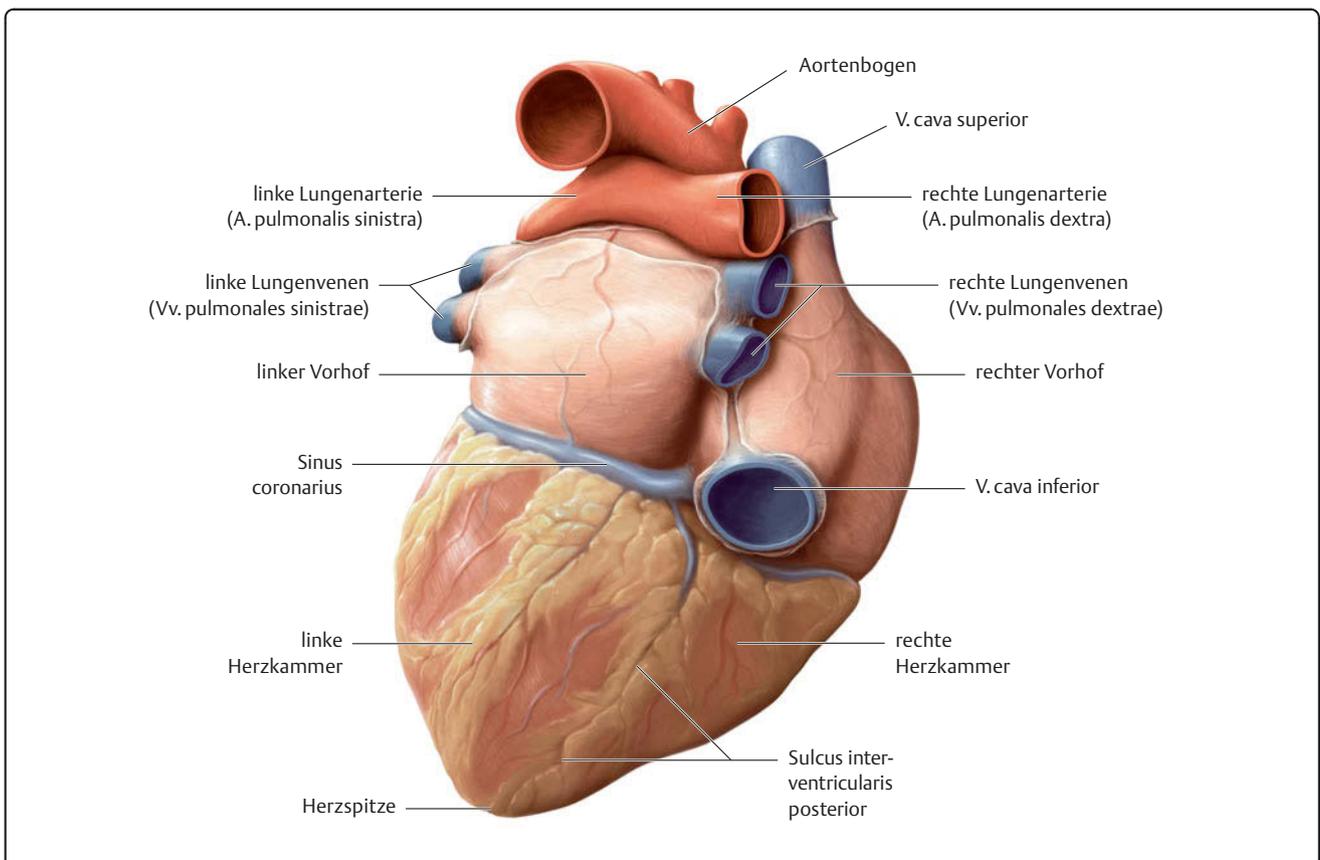


Abb. 2.7 Herz (Cor), Facies diaphragmatica. Ansicht von dorsal und kaudal.

Klinisch – v. a. für die Gebietsbeschreibung eines Herzinfarktes – wird das Herz anders eingeteilt, und zwar nach den Versorgungsgebieten der Arterien. Ein Verschluss der rechten Herzkranzarterie führt zu einem Hinterwandinfarkt. Ein Verschluss des R. interventricularis anterior (Ast der linken Herzkranzarterie) zu einem Vorderwandinfarkt. Die klinische Vorderwand entspricht der anatomischen Vorderfläche. Ist die komplette linke Herzkranzarterie betroffen, spricht man von einem Rieseninfarkt.

## 2.2 Arterielle und venöse Blutgefäße

### 2.2.1 Arterielle Blutversorgung

Die Blutversorgung des Herzens übernehmen die Herzkranzgefäße (**Abb. 2.8**). Gleich am aufsteigenden Anfangsteil der Aorta, also nahe der Aortenklappe, zweigen 2 große Arterien ab: die A. coronaria dextra und sinistra (rechte und linke Herzkranzarterie oder auch Koronararterie). Sie umschließen das Herz wie ein Kranz (lat. corona = Kranz, Krone) und geben in ihrem Verlauf verschiedene Äste zu den unterschiedlichen Herzregionen ab, die von außen in das Myokard hineinziehen. Funktionell sind die Koronararterien Endarterien, d. h., es gibt keine bedeutsamen Kollateralen, die die Versorgung eines Gebietes übernehmen können.

Die Versorgungsgebiete der rechten oder linken Koronararterie (= Kurzform) unterliegen von Mensch zu Mensch Varianten. Je nachdem, welches Gebiet von den Ästen der jeweiligen Koronararterie erreicht wird, spricht man vom Normal- (70% der Menschen), Links- (15% der Menschen) oder Rechtsversorgungstyp (15% der Menschen).

**Linke Koronararterie** Meist ist das Volumen der A. coronaria sinistra etwas stärker. Sie versorgt den linken Vorhof, die linke Kammer und den Großteil der Herzscheidewand. Kurz nach ihrem Abgang aus der Aorta teilt sie sich in folgende 2 Äste auf:

**R. interventricularis anterior** Er verläuft in einer Rinne (Sulcus interventricularis anterior) an der Vorderseite des Herzens in Richtung Herzspitze und folgt dem inneren Verlauf des Kammerseptums.

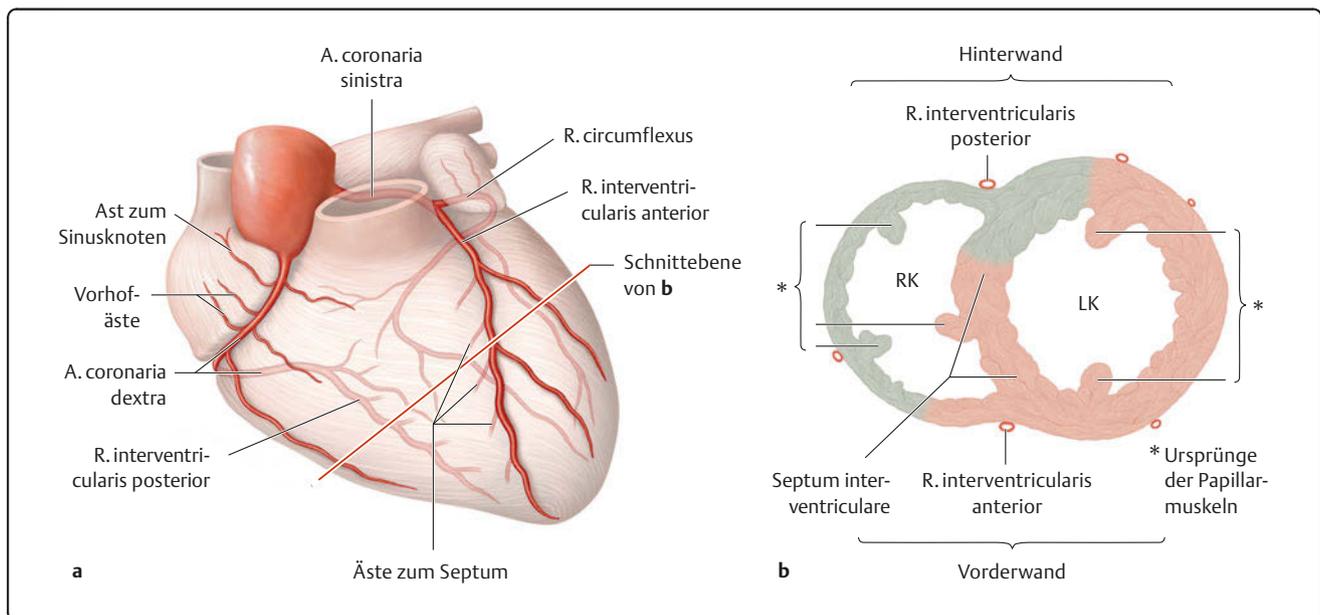
**R. circumflexus** Dieser zieht im Sulcus coronarius über den linken Herzrand auf die zum Zwerchfell hin gerichtete Seite des Herzens.

**Rechte Koronararterie** Die A. coronaria dextra biegt von rechts auf die Hinterseite des Herzens ab, wo sie als einen Endast die A. interventricularis posterior abgibt. Die rechte Koronararterie versorgt den rechten Vorhof, die rechte Kammer, die Herzhinterwand und ebenfalls einen meist kleineren Teil der Herzscheidewand.

### Pathologie

#### Koronare Herzkrankheit

Die koronare Herzkrankheit (KHK) ist die häufigste Todesursache in Deutschland (Männer sind 3 × häufiger betroffen als Frauen). Arteriosklerotische Ablagerungen (Plaques) führen in den Koronargefäßen zu Einengungen des Lumens und einer mangelnden Durchblutung, sodass die dazugehörigen Myokardbereiche weniger Sauerstoff erhalten (Myokardischämie). Wenn ca. 75 % des Lumens verlegt sind, treten Symptome auf. Leitsymptom ist die **Angina pectoris** (Brustenge). Sie wird durch körperliche oder psychische Belastung ausgelöst und ist gekennzeichnet durch drückende, brennende oder reißende



**Abb. 2.8 Ausgeglichener Versorgungstyp (Normalversorgungstyp).**

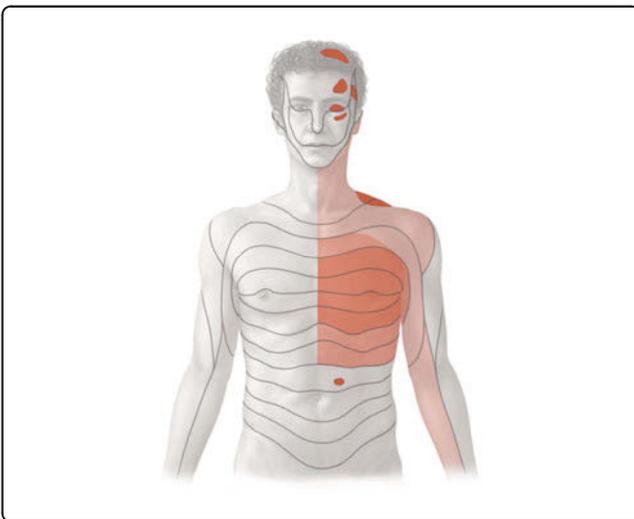
a Verlauf der rechten und linken Koronararterien (Ansicht von ventral auf die Facies sternocostalis).

b Querschnitt durch beide Herzkammern (Versorgungsgebiet der rechten Koronararterie: grün; Versorgungsgebiet der linken Koronararterie: rot).

anfallsartig auftretende Schmerzen hinter dem Brustbein, die weiter in den linken Arm oder auch den Kopf-Hals-Bereich ausstrahlen können (**Abb. 2.9**). Begleitend kommt es zu Schweißausbrüchen und Atemnot. Bei einer stabilen Angina pectoris verschwinden die Symptome nach der Belastung (und Gabe von Nitroglyzerin) wieder und sind bei jedem Anfall in etwa gleich stark. Bei der instabilen Form sind die Beschwerden stärker und länger anhaltend; sie verschwinden auch nach der Belastung nicht vollständig. Jeder erste, d. h. neu auftretende, Angina-pectoris-Anfall wird zunächst als instabil angesehen. Insgesamt haben Patienten mit einer Angina pectoris ein hohes Risiko, nachfolgend (Wochen bis Jahre) einen Herzinfarkt zu entwickeln.

Kommt es in einer Koronararterie zu einer zu starken Verengung oder vollständigen Verlegung, meist durch Blutgerinnsel (**Thromben**), die sich etwa aufgrund eingerissener arteriosklerotischer Plaques bilden, werden die dazugehörigen Bereiche der Herzmuskulatur nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Es kommt bereits nach 20–30 min zu einer Gewebsnekrose (Myokardinfarkt oder Herzinfarkt), die nicht reversibel ist. Je nach Ausdehnung kann der Infarkt unbehandelt schnell tödlich verlaufen. Ziel jeder Therapie ist es also, so rasch wie möglich eine Auflösung (Lyse) des Thrombus zu erreichen und die Durchlässigkeit des betroffenen Gefäßes wiederherzustellen.

Zu den Risikofaktoren für eine KHK gehören Bluthochdruck (arterielle Hypertonie), Übergewicht (Body-Mass-Index  $> 25 \text{ kg/m}^2$ ), Bewegungsmangel, Fettstoffwechselstörungen (Hyperlipidämie), Diabetes mellitus, Rauchen und erbliche Belastung. 4 dieser Risikofaktoren werden als „tödliches Quartett“ zusammengefasst und beschreiben so drastisch das Zusammentreffen folgender Stoffwechselerkrankungen beim **metabolischen Syndrom**: Adipositas, Hypertonie, Hyperlipidämie, Diabetes mellitus Typ II.



**Abb. 2.9 Head-Zonen und vegetative Reaktionsareale bei Herzkrankungen.** Bei Herzkrankungen, insbesondere bei Durchblutungsstörungen am Herzen (Angina pectoris oder Infarkt) strahlt der Schmerz in charakteristische Körperregionen aus: linke Schulter, linker Arm (Innen- und Außenseite), linke Hals- und Kopfhälfte („Zahn-/Kieferschmerzen“) und linker Bereich des Epigastriums.

## 2.2.2 Venöse Blutgefäße

Die wichtigsten Venen des Herzens sind: die V. cardiaca magna, media und parva (große, mittlere und kleine Herzensvene). Sie fließen in einem venösen Sammelgefäß, dem Sinus coronarius, zusammen, welcher in den rechten Vorhof mündet (**Abb. 2.10**).

### Naturheilkundliche Therapie

#### Therapeutische Anwendungen bei KHK

Kommt es im Rahmen der KHK zu einem Angina-pectoris-Anfall, kann eine Senfkompressen auf dem linken Oberarm Linderung verschaffen. Über die Head-Zone, die mit dem Herzen in Verbindung steht, wird eine bessere Durchblutung der Herzkranzgefäße bewirkt.

Ein wichtiger Aspekt ist auch der Säure-Basen-Haushalt, da die Herzmuskulatur sehr sensibel auf Übersäuerung reagiert. Möglichkeiten sind hier basische Pulver oder „Kükaleiwa“ (Kümmel, Kartoffeln, Leinsamen, Wasser).

Als Heilpflanzen sind Buchweizen, Galgant, Knoblauch, Rosmarin und Weißdorn von Bedeutung.

#### Therapeutische Anwendungen bei Hypertonie

Eine blutdrucksenkende Wirkung ist für eine Ernährung nach den Prinzipien der Mittelmeerkost erwiesen. Empfohlen werden demnach Knoblauch, Bärlauch, Zwiebeln, Olivenöl und  $\omega$ -3-Fettsäuren aus Seefisch, außerdem reichlich Früchte und frisches Gemüse; dafür eher wenig Milchprodukte, Fleisch und gesättigte Fettsäuren.

Um den Blutdruck zu senken, eignen sich die Kneipp-Hydrotherapie (Arm-/Fußbäder oder Kniegüsse) sowie Dampf- oder Saunabäder. Durch die Wärmeanwendungen kommt es direkt und reflektorisch zu einer peripheren Vasodilatation, dadurch sinkt der Blutdruck. **Wichtig:** Bei Patienten mit akuten Herzproblemen sind kalte Tauchbäder oder Vollbäder kontraindiziert.

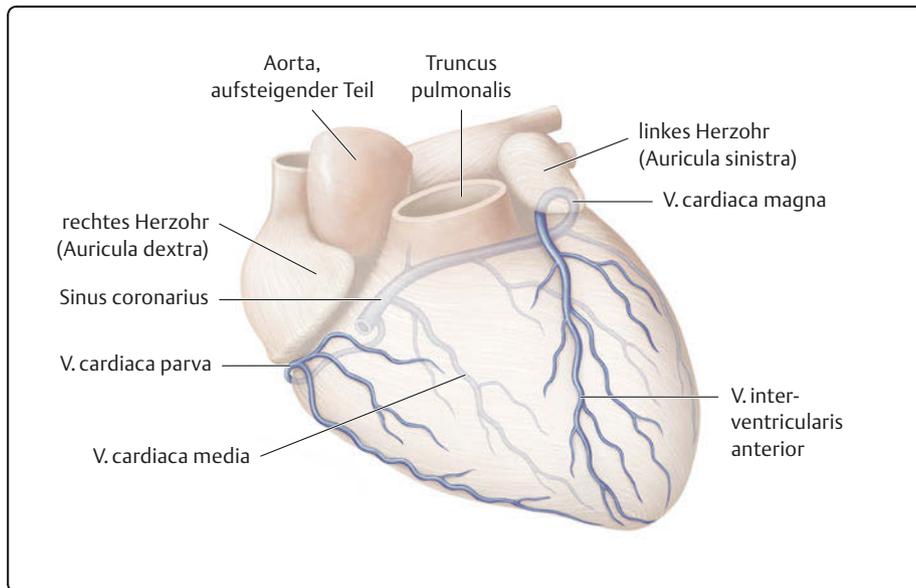
Heilpflanzen mit blutdrucksenkender Wirkung sind v. a. Mistelkraut und Rauwolfiawurzel. Das Mistelkraut regt den Parasympathikus an, dadurch kommt es zu einer Gefäßerweiterung – der Blutdruck sinkt. In der Rauwolfiawurzel sind Alkaloide enthalten, die sympathikolytisch wirken.

#### Therapeutische Anwendungen bei Hypotonie

Ein zu niedriger Blutdruck hat keinen Krankheitswert. Trotzdem kann er für die Betroffenen belastend sein. Ratsam sind hier regelmäßige Kneipp-Anwendungen wie Wechselduschen, Tau- oder Wassertreten. Auch kühle Pulswickel mit Zitronensaft bieten sich an. Empfohlen werden außerdem eher salzhaltige Mineralwässer, um den Blutdruck zu stabilisieren. Aus der Pflanzenwelt stehen zur Linderung der Hypotonie z. B. Rosmarinöl und Kampfer zur Verfügung (z. B. als Kreislauf-tropfen).

#### Allgemeine Empfehlungen zur Minderung des Arterioskleroserisikos

Um die Risiken für eine Arteriosklerose zu senken, sind u. a. regelmäßiges Ausdauertraining, Stressreduktion, Minderung des Kochsalzverbrauchs, Gewichtsreduktion, Einschränkung des Alkoholkonsums und eine Raucherentwöhnung wichtig.



**Abb. 2.10 Systematik der Herzvenen.**  
Ansicht von ventral auf die Facies sternocostalis.

### Cholesterinsenkende Maßnahmen

Ratsam ist eine eher fettarme Kost, um das LDL-Cholesterin (LDL = engl. low-density lipoprotein), also das „böse“ Cholesterin, zu senken. Cholesterinsenkend wirken z. B. Sojaweiß, lösliche Ballaststoffe wie Hafer, Pektin in Äpfeln und Zitrusfrüchten, Rotreis sowie Sulfat- und Magnesiumwässer. Im Bereich der Phytotherapie zählen Knoblauch, Bärlauch, Artischocken- und Bockshornkleepräparate zu den Pflanzen, die den Cholesterinspiegel senken können. Knoblauch gehört zu den wichtigsten Mitteln bei der Vorbeugung von Arteriosklerose und senkt das Risiko, dass sich Thromben bilden. Das „böse“ LDL wird gesenkt, das „gute“ HDL (= engl. high-density lipoprotein) erhöht. Ähnliches gilt für den Bärlauch. Die Artischocke enthält Bitterstoffe, durch die Cholesterin verstärkt mit der Galle ausgeschieden wird, und hemmt die Neubildung von Cholesterin in den Leberzellen.

## 2.3 Herzbeutel und Perikardhöhle

Das Herz liegt eingebettet in den **Herzbeutel**. Dieser ist unten mit dem Zwerchfell verwachsen, gegenüber dem seitlich angrenzenden Lungenfell (Pleura) aber verschieblich.

Der Herzbeutel wird gebildet aus dem Perikard (griech. peri = herum) und dem Epikard (= äußere Schicht der Herzwand). Zwischen dem Perikard und dem Epikard befindet sich ein feiner Spalt (**Perikardhöhle**), der mit seröser Flüssigkeit gefüllt ist und die Verschieblichkeit und damit die reibungslose Ausdehnung des Herzens ermöglicht. Das Perikard besteht aus 2 Schichten:

**Äußere Schicht** Die äußere Schicht (**Pericardium fibrosum**) aus straffem Bindegewebe stabilisiert das Herz in seiner Lage und schützt es vor Überdehnung. Diese Schicht stellt sich als der mit bloßem Auge sichtbare Teil des Herzbeutels dar.

**Innere Schicht** Die innere Schicht (**Pericardium serosum**) ist zart und bildet eine glatte Fläche. Sie besteht wiederum aus 2 Anteilen. Der äußere (parietales Blatt) ist fest mit dem Pericardium fibrosum verwachsen. Ihr innerer Teil (viszerales Blatt) liegt der Herzoberfläche an und wird Epikard genannt. An den Aus- bzw. Eintrittsstellen der Gefäße gehen die beiden Blätter lückenlos ineinander über. So bilden sie den flüssigkeitsgefüllten Verschiebespalt, die Perikardhöhle.

### Pathologie

#### Herzbeutelamponade

Der Herzbeutel ist nur wenig dehnbar. Kommt es zu einer Erhöhung der Flüssigkeitsmenge im Perikardspalt (Perikarderguss), wird das Herz zusammengedrückt und in seiner Pumpleistung stark eingeschränkt. Besonders gefährlich sind Blutungen aus einer gerissenen krankhaften Gefäßwandausbuchtung (Aneurysma), die durch die ständig ansteigende Flüssigkeitsmenge die Ausdehnung des Herzens unmöglich machen (Herzbeutelamponade). Auch eine Entzündung des Herzbeutels (Perikarditis) führt zu einer erhöhten Abgabe von seröser Flüssigkeit. Außerdem kann es in der Folge zu Verhärtungen und Verkalkungen des Herzbeutels mit Funktionseinschränkung des Herzens kommen.

## 2.4 Herzwand

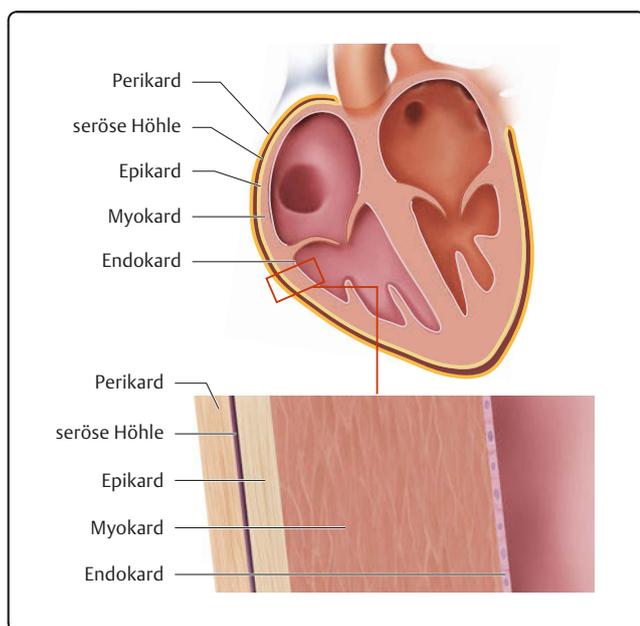
Die Herzwand ist aufgebaut aus dem

- Epikard,
- Myokard und
- Endokard.

**Epikard** Unter dem dünnen einschichtigen Epithel, welches zum Perikardspalt gerichtet ist und das viszerale Blatt der Perikardhöhle bildet, besteht das Epikard aus etwas Bindegewebe und einer gut ausgeprägten Fettschicht (**Abb. 2.11**). Diese polstert die Gefäße und Nerven des Herzens und glättet die Oberfläche.

**Myokard** Das Myokard bildet die mittlere und stärkste Wand-schicht (**Abb. 2.11**). Sie besteht aus quergestreifter Herzmuskulatur (S.25). Diese Art der Muskulatur nimmt eine Zwischenstellung zwischen der Skelett- und glatten Muskulatur ein, da sie im Aufbau der Skelettmuskulatur ähnelt und wie diese zur schnellen Kontraktion fähig ist, aber Eigenschaften der glatten Muskulatur zeigt. Sie arbeitet rhythmisch, ist autonom und nicht willkürlich erregbar. Wichtig ist, dass die einzelnen Zellen fortlaufend durch Kommunikationskontakte (Gap-Junctions) verbunden sind, über die die Erregung weitergegeben wird. Im Bereich der linken Herzkammer ist die Myokardschicht aufgrund der höheren Beanspruchung (höherer Blutdruck) wesentlich dicker als in der rechten.

**Endokard** Das dünne glatte Endokard kleidet alle Herzinnenräume und -vorsprünge aus und setzt sich in die Innenwand der Gefäße fort (**Abb. 2.11**). Unter einem zartem Epithel (= Endothel) befindet sich etwas Bindegewebe, welches Nerven, kleine Blutgefäße und Strukturen des Erregungsleitungssystems (Kap. 2.6) führt. Zum Endokard gehören auch die 4 Herzklappen.



**Abb. 2.11 Feinbau der Herzwand.** Die Herzwand besteht aus dem dünnen Endokard, der mächtigen Muskelschicht (Myokard) und Bindegewebe (Epikard). Dieses bildet die innere Schicht des Herzbeutels.

### Lerntipp

Merkspruch: „Enjoy my epic poem.“

(Herzwandschichten von innen nach außen: **Endokard** – Innenhaut; **Myokard** – Muskelschicht; **Epikard** und **Perikard** – bilden den Herzbeutel)

## 2.5 Herzklappen

Jeder Ventrikel hat 2 Öffnungen, nämlich zu den Vorhöfen und zu den großen Arterien (**Abb. 2.12**). An diesen Stellen sind die Herzklappen eingebaut. Sie verhindern, dass das Blut aus den Kammern in die Vorhöfe oder aus den großen Arterien in die Kammern zurückfließen kann. So erlauben sie den Blutstrom in nur eine Richtung. Nach ihrer Bauweise werden Segel- und Taschenklappen unterschieden (**Abb. 2.13**).

### 2.5.1 Segelklappen

Segelklappen (Semilunarklappen) finden sich jeweils zwischen den Vorhöfen (Atrien) und Kammern (Ventrikeln). Sie bilden die Vorhofklappen = Atrioventrikularklappen (AV-Klappen). Ihre Segel sind über Sehnenfäden (Chordae tendineae) an kleinen Muskeln befestigt, die von der unteren Kammerwand ausgehen. Die Sehnenfäden spannen sich durch die Kontraktion der Papillarmuskeln und den steigenden Kammerdruck bei der Kontraktion des Herzens. So verhindern sie, dass die Segel in die Vorhöfe durchschlagen. Die Segelklappen bleiben also in der Systole geschlossen (**Abb. 2.14**).

**Trikuspidalklappe** Die Trikuspidalklappe liegt zwischen dem rechten Vorhof und dem rechten Ventrikel und besteht aus 3 (= tri) Segeln.

**Mitralklappe** Die Mitralklappe (ihre Form erinnert an eine Mitra = Bischofsmütze; Bikuspidalklappe), trennt den linken Vorhof und die linke Kammer. Sie besteht aus 2 (= bi) Segeln.

### Lerntipp

Eine gute Orientierungshilfe bietet die Kenntnis der Lungenlappen:

- links: 2 Lungenlappen → Bikuspidalklappe = Mitralklappe (Mitra = Bischofsmütze)
- rechts: 3 Lungenlappen → Trikuspidalklappe

Merkspruch: „Der **Mistral** treibt das **Segelboot** von der **Adria** nach **Venezuela**.“

(**Mitralklappe** + **Trikuspidalklappe** = **Segelklappen** = **AV-Klappen**)

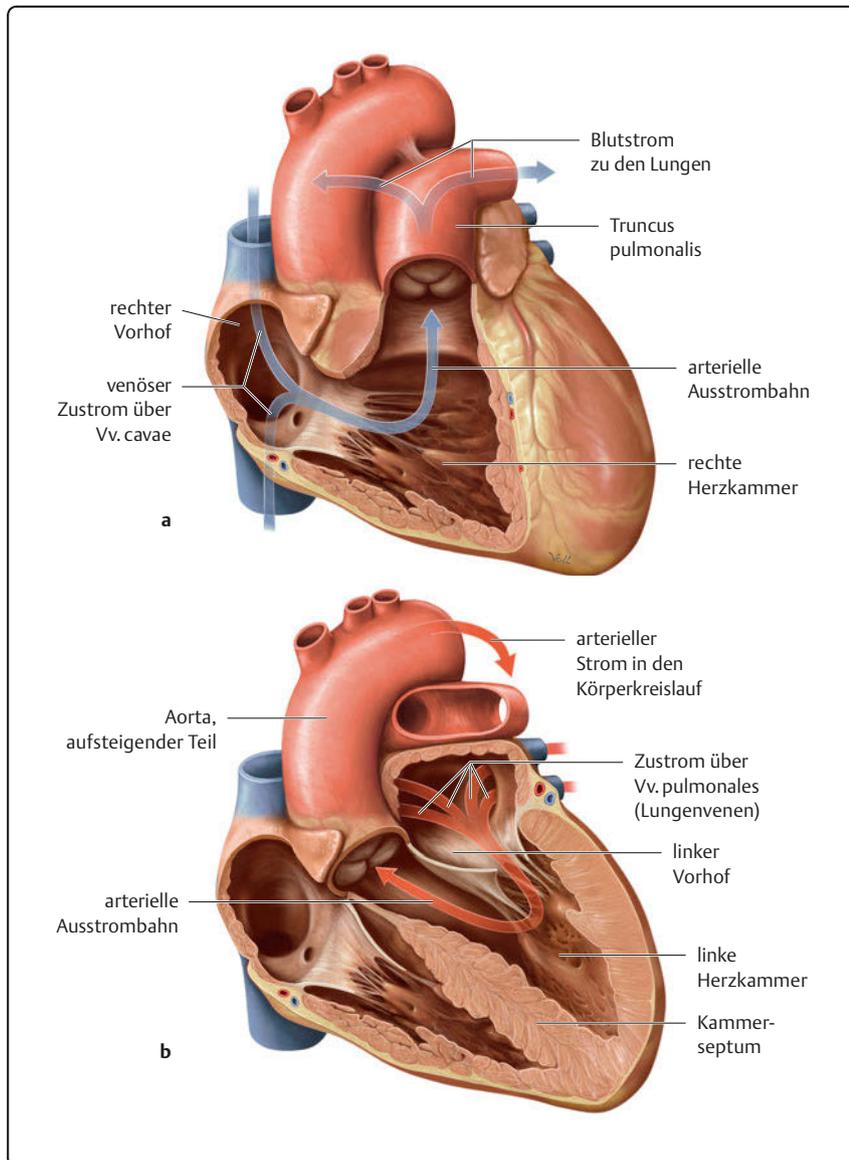


Abb. 2.12 Blutstrom im Herzen.

a Blutstrom im rechten Herzen.

b Blutstrom im linken Herzen.

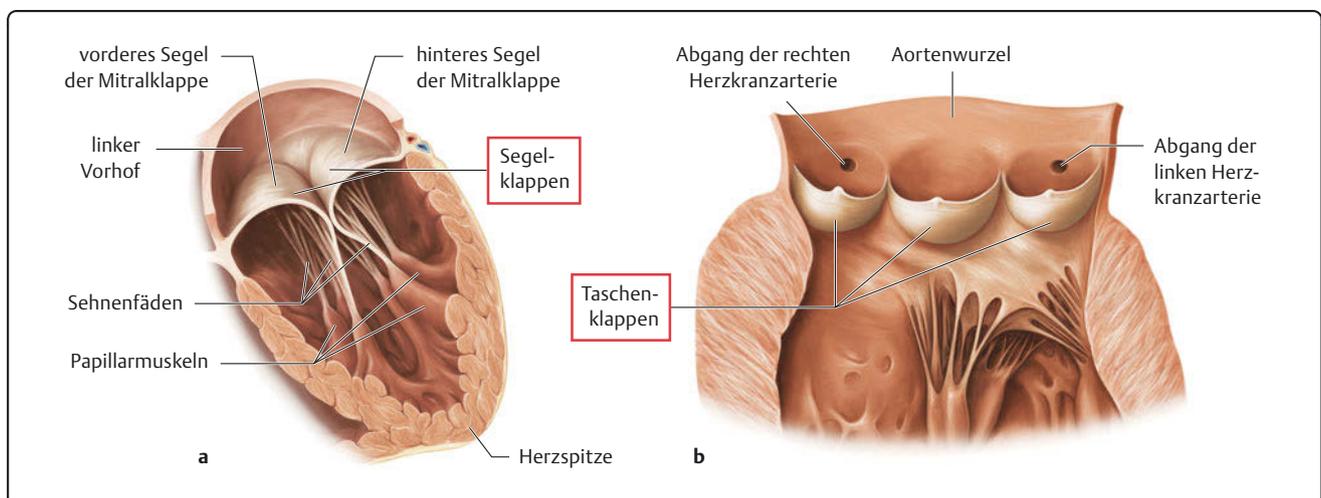
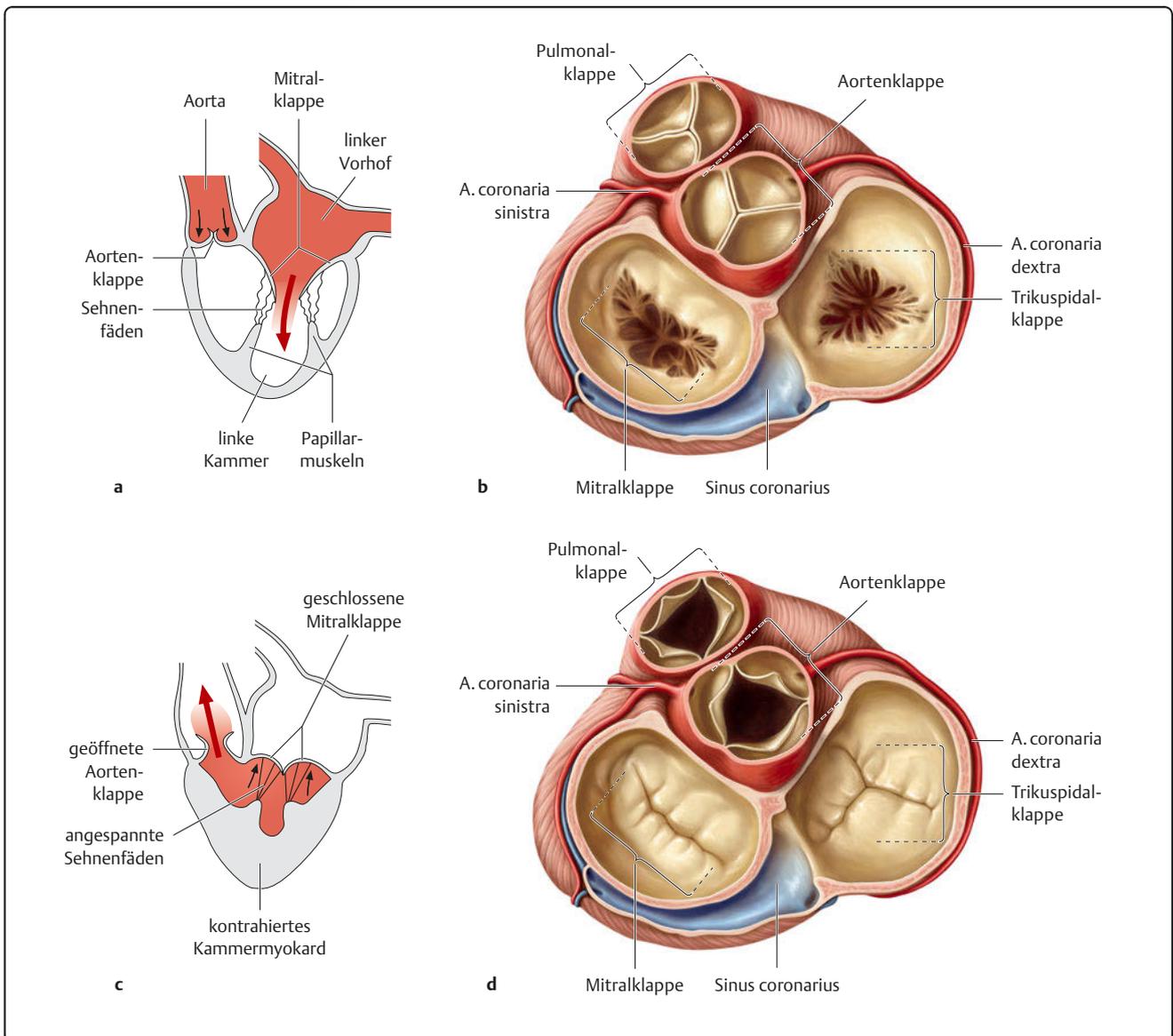


Abb. 2.13 Mechanik der Herzklappen.

a Die Segelklappen werden während der Kontraktionsphase des Herzens von Sehnenfäden geschlossen gehalten.

b Zwischen den Herzschlägen verschließen Taschenklappen (hier die Aortenklappe) die großen Arterien des Herzens. Der Blutdruck ist dort höher als im Inneren der Herzkammern. Die Klappen verhindern so, dass Blut aus den Arterien in die Herzkammern zurückströmt. Während einer Herzaktion öffnet der Druck in den Herzkammern die Klappen und Blut strömt durch die dreieckige Öffnung aus.



**Abb. 2.14 Herzklappen im Überblick.**

- a Ventrikeldiastole: Richtung des Blutflusses im linken Herzen.  
 b Ventrikeldiastole: Sicht auf die Klappenebene.  
 c Ventrikelsystole: Richtung des Blutflusses im linken Herzen.  
 d Ventrikelsystole: Sicht auf die Klappenebene.

### 2.5.2 Taschenklappen

Die Taschenklappen befinden sich jeweils am Übergang von den Kammern in die großen Arterien. Diese geben den Klappen auch ihre Namen:

**Aortenklappe** Die Aortenklappe liegt zwischen der linken Kammer und der Aorta.

**Pulmonalklappe** Die Pulmonalklappe liegt zwischen der rechten Kammer und dem Truncus pulmonalis.

**Aufbau** Ihr Aufbau ist leicht zu erfassen. Die 3 taschenförmigen Ausstülpungen des Endokards bilden jeweils eine Klappe. Am

Ende der Austreibungsphase (Systole), wenn kein Blut mehr in die Arterien gepumpt wird, fällt der Druck ab, und das Blut würde zurück in die Kammer fließen. Es wird nun aber von den Taschen aufgefangen. Sie füllen sich und nähern sich einander dadurch so stark, dass der Weg zurück fest verschlossen ist. Während der Füllungsphase (Diastole) bleiben sie geschlossen (**Abb. 2.14**).

#### Lerntipp

Merkspruch: „Pinke in der **T**asche ist das **A** und **O!**“  
 (**T**aschenklappen = **P**ulmonalklappe und **A**ortenklappe)

**Tab. 2.1** Anatomische Projektion und Auskultationsorte der Herzklappen (parasternal = neben dem Brustbein).

Klappe	Anatomische Projektion	Auskultationsort
Mitralklappe	4./5. Rippenknorpel links	5. ICR links in der Medioklavikularlinie
Trikuspidalklappe	Sternum in Höhe Rippenknorpel 5	5. ICR* rechts parasternal
Aortenklappe	linker Sternalrand in Höhe der 3. Rippe	2. ICR rechts parasternal
Pulmonalklappe	linker Sternalrand in Höhe Rippenknorpel 3	2. ICR links parasternal

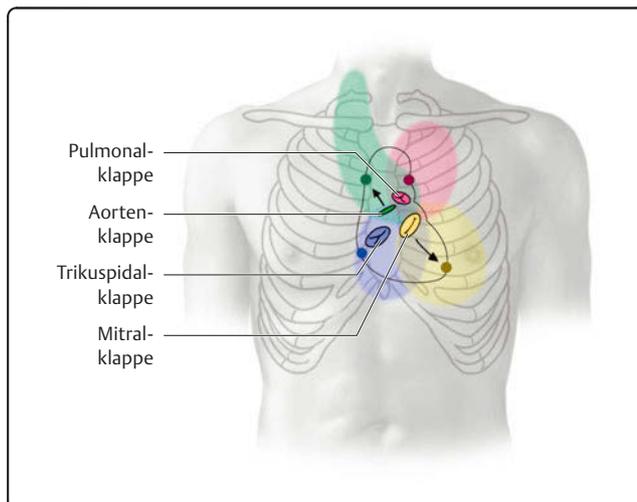
\* In älterer Literatur wird hier auch der 4. ICR genannt.

### 2.5.3 Auskultation der Herzklappen

Das Abhören (Auskultation) der Herzklappen durch die Brustwand (**Abb. 2.15, Tab. 2.1**) gibt Auskunft über mögliche Erkrankungen der Klappen (Verengungen = Stenosen oder ungenügender Klappenschluss = Insuffizienzen). Sie erzeugen dann Herzgeräusche, die durch Verwirbelungen des Blutes an den geschädigten Klappen entstehen. Zu hören sind sie meist nicht direkt über den Projektionspunkten, sondern weiter entfernt in den Geräuschfeldern. Gesunde Klappen erzeugen kein Strömungsgeräusch.

#### \* Merke

Herzgeräusche sind immer pathologisch, Herztöne hingegen physiologisch.



**Abb. 2.15** Abhören (Auskultation) der Herzklappen. Sie erkennen die Projektion der Klappen auf die Brustwand. Außerdem dargestellt sind die Geräuschfelder, in die pathologische Geräusche weitergeleitet werden. Ein weiterer Auskultationspunkt, der Erb'sche Punkt, liegt im 3. ICR links, etwa 2 Querfinger parasternal. Hier hört man besonders deutlich Herzgeräusche, die von einer Aortenklappeninsuffizienz und einer Mitralklappenstenose herrühren.

#### 📌 Lerntipp

Merkspruch: „Anton **P**ullman trinkt **3** Liter **M**ilch um **22:55** Uhr.“

Auskultation am Herzen:

- Anton = **A**ortenklappe, **2.** ICR, rechts
- Pullmann = **P**ulmonalklappe, **2.** ICR, links
- trinkt = **T**rikuspidalklappe, **5.** ICR, rechts
- Milch = **M**itralklappe, **5.** ICR, links
- 3 Liter = Erb'scher Punkt, **3.** ICR, links

Am gesunden Herzen zu hören sind die Herztöne: Der 1. Herzton kommt dadurch zustande, dass die Herzmuskulatur bei der Anspannung Schwingungen erzeugt (Anspannungston) und sich die Segelklappen schließen. Der 2. Herzton meldet den Schluss der Taschenklappen (Klappenschlusston).

### 2.5.4 Ventilebene und Herzskelett

Alle Herzklappen liegen in einer Ebene, die deshalb Klappen- oder Ventilebene genannt wird. Die Herzklappen werden hier durch eine Platte aus Bindegewebe gehalten, das Herzskelett (**Abb. 2.16**). Um jede Klappe bildet das Bindegewebe zusätzlich einen stabilisierenden Ring (Anulus fibrosus). Das Herzskelett dient der Muskulatur von Vorhöfen und Kammern als Ursprung, trennt sie dabei aber vollständig voneinander. Diese Trennung (elektrische Isolation) ist für die zeitliche Abfolge der Erregung der Muskulatur wichtig.

#### Naturheilkundliche Therapie

##### Phytotherapeutika bei Herzinsuffizienz

Auch bei leichteren Formen der Herzinsuffizienz können Heilpflanzen eingesetzt werden.

Zu nennen ist zunächst der **Weißdorn** (Crataegus) aus der Gruppe flavonoidhaltiger Pflanzenstoffe. Weißdorn stärkt die Herzkraft, wirkt ausgleichend auf den Blutdruck und den Herzrhythmus, fördert die Durchblutung und wirkt zudem leicht beruhigend.

Große Bedeutung haben auch die **Herzglykoside**. Sie steigern die Kontraktionskraft des Herzens und ermöglichen so ein höheres Schlagvolumen (positiv inotrop); sie verlangsamen die Herzfrequenz (negativ chronotrop); sie verzögern

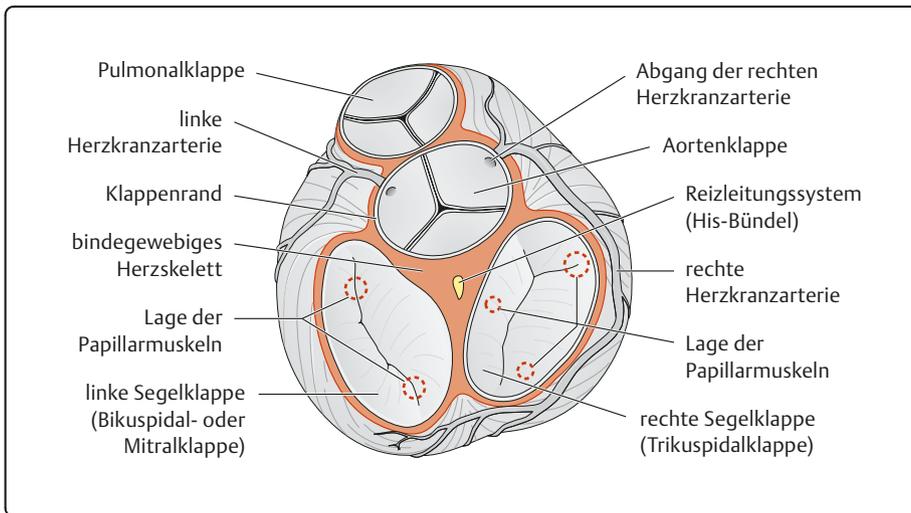


Abb. 2.16 Herzskelett. Sicht von der Herzbasis auf die Klappenebene.

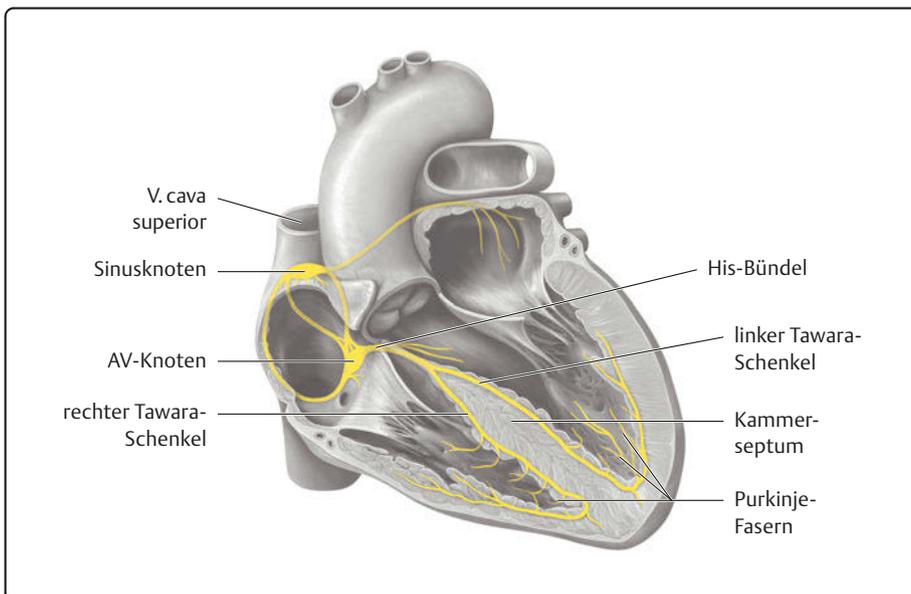


Abb. 2.17 Übersicht über das Erregungsbildungs- und -leitungssystem des Herzens. Sicht von ventral.

die Erregungsleitung (negativ dromotrop); sie beschleunigen die Erregungsbildung (positiv bathmotrop):

- Zu den Herzglykosiden 1. Ordnung gehört der Fingerhut (Digitalis). Sie werden inzwischen nur noch synthetisch hergestellt und haben eine enge therapeutische Breite. Will man die volle Wirksamkeit erreichen, besteht die Gefahr, in den Bereich zu kommen, in dem Vergiftungserscheinungen auftreten.
- Herzglykoside 2. Ordnung haben dagegen keine derart gravierenden Nebenwirkungen. Allerdings werden sie schlechter resorbiert. Zu den Glykosiden 2. Ordnung (= Digitaloide) gehören z. B. Meerzwiebel, Adonisröschen, Oleanderblätter, Maiglöckchenkraut und Strophanthin.

## 2.6 System der Erregungsbildung und -leitung am Herzen

Das Herz ist in der Lage, seine Kontraktion unabhängig vom Nervensystem auszulösen. Denn es besitzt ein System aus umgewandelten, spezialisierten Muskelzellen, die nicht mehr für die Kontraktion zuständig sind, sondern für die Bildung und Weiterleitung von elektrischen Impulsen (Abb. 2.17). Die Erregungsbildung und -leitung am Herzen erfolgen über folgende Strukturen:

- Sinusknoten
- AV-Knoten (Atrioventrikularknoten)
- His-Bündel
- rechter und linker Tawara-Schenkel
- Purkinje-Fasern