

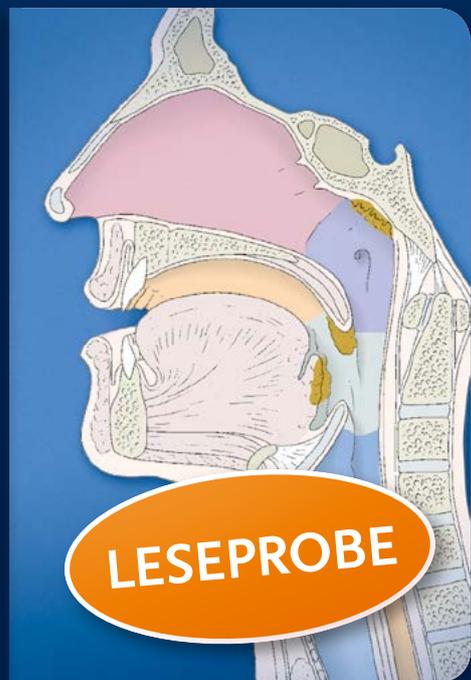
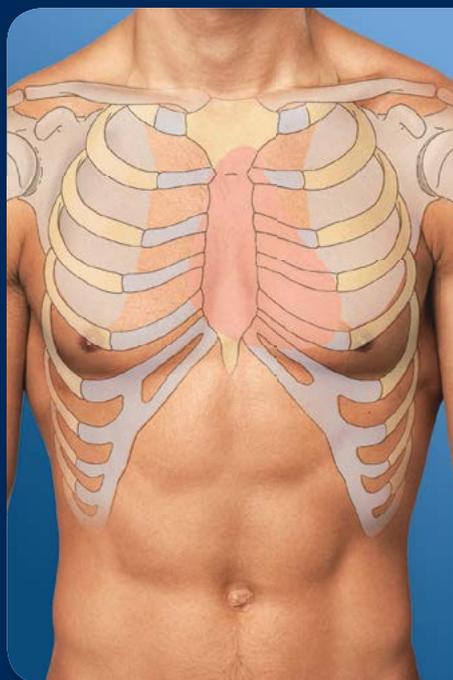


Nicole Menche (Hrsg.)

INKLUSIVE  
ANATOMIE-  
POSTER!

# BIOLOGIE ANATOMIE PHYSIOLOGIE

8. Auflage



LESEPROBE

# Inhalt – Kurzübersicht

Gliederung des Buches nach Körperregion bzw. Organsystemen.

1	Begriffe zur Beschreibung des Menschen	1
2	Chemie und Biochemie	7
3	Zellehre (Zytologie)	25
4	Genetik und Evolution	41
5	Die Gewebe des Körpers	51
6	Knochen, Gelenke und Muskeln	63
7	Der Bewegungsapparat	79
8	Die Haut	119
9	Das Nervensystem	127
10	Sensibilität und Sinnesorgane	159
11	Das Hormonsystem	175
12	Das Blut	191
13	Die Abwehr	207
14	Das Herz	225
15	Das Kreislauf- und Gefäßsystem	247
16	Das Atmungssystem	267
17	Verdauungssystem, Ernährung und Stoffwechsel	283
18	Harnsystem, Wasser- und Elektrolythaushalt	323
19	Die Geschlechtsorgane	343
20	Entwicklung, Schwangerschaft und Geburt	357
21	Kinder	
22	Der ältere Mensch	

plus Extra-Kapitel „Kinder“ und „Der ältere Mensch“

Register

Übersicht altersabhängiger anatomischer und (patho-)physiologischer Besonderheiten des Menschen

# Übersicht altersabhängiger anatomischer und (patho-)physiologischer Besonderheiten des Menschen



## 1 Begriffe zur Beschreibung des Menschen

Lebensabschnitte → 1.4

## 3 Zellehre (Zytologie)

Alterspigment Lipofuszin → 3.3.5, → 3.3.8

Körperwasserverteilung → 3.4

## 5 Die Gewebe des Körpers

Markscheidenentwicklung → 5.5.3

Knorpel → 5.3.6

Fettgewebsarten → 5.3.5 | Körperfettanteil → 5.3.5

## 6 Knochen, Gelenke und Muskeln

Skelettalter → 6.1.3  
Knochenentwicklung, -wachstum → 6.1.3, → 6.1.4  
Knochenbrüche → 6.1.7  
Muskeldystrophien → 6.3.4

Osteoporose → 6.1.2  
Gelenke → 6.2.2  
Arthrose → 6.2.2

rotes Knochenmark → 6.1.2 | Periost → 6.1.2  
Knochenmasse → 6.1.2 | Muskelmasse → 6.3.1

## 7 Der Bewegungsapparat

Schädel beim Säugling → 7.2.2  
Wirbelsäule → 7.3.2 | Leistenhernien → 7.3.8  
Radiusköpfchensubluxation → 7.5.2  
Hüftgelenk → 7.6.1  
angeborene Hüftgelenkdysplasie → 7.6.1  
Fußgewölbe → 7.7.4 | angeborener Klumpfuß → 7.7.4  
Beinachsenentwicklung → 7.7

Wirbelsäule → 7.3.3  
Arthrose → 7.6  
Schenkelhalsfraktur → 7.7.1

### Rückenschmerzen → 7.3.2

Zwerchfellposition → 7.3.6 | Thoraxform → 7.3.5 | CCD-Winkel → 7.7.1

## 8 Die Haut

atopische Dermatitis → 8.1  
Haut → 8.2.1

Schwangerschaftsstreifen → 8.2.2

Haut → 8.2.1, → 8.3.3

Hautoberfläche (Aufteilung) → 8.1 | Behaarungsmuster → 8.4.1  
Hautdrüsen (Aktivität) → 8.4.2 | Nägel (Besonderheiten) → 8.4.3

## 9 Das Nervensystem

EEG → 9.2.6  
Hemisphärendominanz (Entwicklung) → 9.5.2  
Rückenmark (Entwicklung) → 9.9.1  
Neuralrohrdefekte → 9.9.1 | Gehirn → 9.16

Demenz → 9.5.1  
Gehirn → 9.16

### Schlaganfall → 9.14.6

Schlaf → 9.7.5

## 10 Sensibilität und Sinnesorgane

Entwicklung der Sehfunktion → 10.6.3

Geruchssinn → 10.5.1  
Geschmackssinn → 10.5.2  
Pupille → 10.6.1 | grauer Star → 10.6.2  
Alterssichtigkeit → 10.6.3  
Altersschwerhörigkeit → 10.7.3

Gehör → 10.7.3

## 11 Das Hormonsystem

Neuroblastom → 11.6.5

**Wachstumshormon, Wachstumshormon-  
überproduktion (Symptome) → 11.2.2  
Androgenüberproduktion (Symptome) → 11.6.5**

Veränderungen des Hormonsystems → 11.1.6  
ADH (Sekretionsrhythmik) → 11.2.1  
Schilddrüsenhormone (Wirkung) → 11.4.2  
Schilddrüsenüber-/unterfunktion (Symptome) → 11.4.2

## 12 Das Blut

Eisenmangelanämie → 12.2.6

Knochenmarkreserve → 12.1.3

**Gesamtleukozytenzahl → 12.3.5**

**fett:** betrifft gleichzeitig zwei Altersgruppen – entweder Kinder und Erwachsene oder Erwachsene und alte Menschen  
**kursiv:** betrifft alle Lebensphasen



Blutmenge → 12.1 | rotes Knochenmark → 12.1.3  
 Blutbildung → 12.1.3 | Hämoglobinarten → 12.2.2  
 rotes Blutbild → 12.2.6

### 13 Die Abwehr

Antikörperspiegel → 13.5.3

Abwehrsystem → 13.5.1, → 13.5.2

Abwehrsystem → 13.2.2, → 13.4, → 13.5.3 | lymphatische Organe (Ausprägung) → 13.8  
 Thymus (Ausprägung) → 13.8.3

### 14 Das Herz

angeborene Herzfehler → 14.2.3

Herzleistung → 14.6.3

Herzfrequenz → 14.4.1 | Herztöne → 14.4.4  
 Herzinsuffizienz (Ursachen/Symptome) → 14.6.4

### 15 Das Kreislauf- und Gefäßsystem

Arterien → 15.1.2 | Kreislaufreflexe → 15.3.5

Blutdruck/-messung → 15.3.5  
 Temperaturregulation/thermische Neutralzone → 15.4.3

### 16 Das Atmungssystem

Nasennebenhöhlen (Entwicklung) → 16.1.3  
 lymphatischer Rachenring → 16.2  
 Stimbruch → 16.3.2 | untere Atemwege → 16.5  
 Atemtyp (Brust-, Bauchatmung) → 16.9.3

Lunge → 16.10

Atemfrequenz → 16.9.1 | Lungen- und Atemvolumina → 16.10

### 17 Verdauungssystem, Ernährung und Stoffwechsel

Zahndurchbruch, Milchzähne, Zahnwechsel → 17.2.2  
 gastroösophagealer Reflux → 17.3  
 Hypertrophische Pylorusstenose → 17.4.5  
 Phenylketonurie → 17.9.7 | Vitaminbedarf → 17.9.8

Gebiss → 17.2.2  
 Ernährungsstörungen → 17.9.2

Leber (Leistungsfähigkeit) → 17.6.3,  
 Resorption → 17.7 | Darmflora → 17.8  
 Grundumsatz → 17.9.1 | Energiebedarf → 17.9.1  
 Ernährungsempfehlungen → 17.9.2  
 BMI, Gewichtsbeurteilung → 17.9.3  
 Fettbedarf → 17.9.6 | Eiweißbedarf → 17.9.7

### 18 Harnsystem, Wasser- und Elektrolythaushalt

vesikoureteraler Reflux → 18.5.2  
 Blasenkontrolle → 18.5.4

Harnblase → 18.5.3  
 Inkontinenz → 18.5.4

glomeruläre Filtrationsrate → 18.2.1  
 Nierenfunktion → 18.2.1, → 18.2.3  
 Urinmenge → 18.4.1  
 Harnblasenentleerungen pro Tag → 18.4.1  
 Körperwasser → 18.7.1 | Flüssigkeitsbedarf → 18.7.2

### 19 Die Geschlechtsorgane

Hodenhochstand → 19.1.2 | Vorhaut → 19.1.7  
 Jungfernhäutchen → 19.2.7 | Pubertät → 19.3  
 Geschlechtsorgane (Entwicklung) → 19.3

Wechseljahre → 19.2.6

Prostatahyperplasie → 19.1.6

Sexualität → 19.4  
 Geschlechtshormonspiegel → 19.1.3, → 19.2.6

### 20 Entwicklung, Schwangerschaft und Geburt

postpartale Adaption → 20.5.1

### 21 Kinder

Vorsorgeuntersuchungen → 21.1 | Neonatale Anpassung → 21.2.1  
 Neugeborenen-Ikterus → 21.2.1 | Säuglingsernährung → 21.2.2  
 plötzlicher Kindstod → 21.2.3 | Entwicklung (Zusammenfassung) → 21.3  
 Körperwachstum/-proportionen → 21.3.1 | Längenwachstum → 21.3.1  
 Gewichtsentwicklung → 21.3.1 | Pubertät → 21.3.2

### 22 Der ältere Mensch

Alterstheorien → 22.2  
 Organsysteme (Zusammenfassung) → 22.3  
 geriatrische Syndrome/Gesundheitsstörungen → 22.5 | Demenz → 22.5.4

# Musterseiten mit Benutzerhinweisen

Biologische, anatomische und physiologische Besonderheiten sind je nach Altersgruppe besonders hervorgehoben

Allgemeine medizinische Hintergründe werden zu besseren Verständnis in den Medizinkästen erklärt

## 11.1.1 Der chemische Aufbau der Hormone

- Chemisch kann man die Hormone in vier Klassen unterteilen (→ Tab. 11.1):
- **Aminosäureabkömmlinge:** Sie leiten sich von einer Aminosäure (→ Abb. 21.9) ab und sind, abgesehen von den fettlöslichen Schilddrüsenhormonen, alle wasserlöslich
  - **Peptid- und Proteinhormone:** Diese Hormone bestehen aus kürzeren bzw. längeren Aminosäureketten. Sie sind meist wasserlöslich
  - **Steroidhormone:** Sie sind als Cholesterinabkömmlinge (→ 2.8.2) fettlöslich
  - **Arachidonsäureabkömmlinge:** Sie leiten sich von der mehrfach ungesättigten Fettsäure Arachidonsäure ab (→ 2.8.2) und sind ebenfalls fettlöslich.

## MEDIZIN

Peptidhormone würden bei oraler Einnahme im Verdauungstrakt zerlegt und damit wirkungslos. Sie müssen deshalb parenteral (unter Umgehung des Verdauungstrakts) verabreicht werden, beispielsweise als Insulininjektion. Bei der Verdauung nicht abgebaut werden dagegen die Steroidhormone und die Aminosäureabkömmlinge. Sie können als Tabletten eingenommen werden, so etwa die „Pille“ (ein Östrogen-Gestagen-Misch).

Klasse	Hormon	Hauptbildungsort
Aminosäureabkömmlinge	Thyroxin und Trijodthyronin	Schilddrüse
	Katecholamine (Adrenalin und Noradrenalin)	Nebennierenmark
Peptid- und Proteinhormone	Oxytocin, ADH (Adrenin) und Releasing-Hormone (RH), Inhibiting-Hormone (IH)	Hypothalamus
	Wachstumshormon, Prolaktin, TSH, ACTH, FSH, LH	Hypophysenvorderlappen
	Kalzitriol	Schilddrüse
	Parathormon (PTH)	Nebenschilddrüse
	Insulin	Bauchspeicheldrüse
Steroidhormone	Aldosteron, Kortisol	Nebennierenrinde
	Testosteron	Hoden
	Östrogene und Progesteron	Eierstöcke
Arachidonsäureabkömmlinge	Prostaglandine, Thromboxan	Überall im Körper

Tabellen machen Lerninhalte übersichtlich

drüsenhormone erreichen dann über den Blutweg alle Körperregionen, also auch die Hypophyse und den Hypothalamus, die mit Rezeptoren die erhöhten  $T_3$ - und  $T_4$ -Spiegel im Blut wahrnehmen. Dadurch wird die TRH- und TSH-Bildung und somit auch die weitere  $T_3$ - und  $T_4$ -Sekretion gehemmt (negative Rückkopplung → 1.3).

**Die Hyperthyreose (Schilddrüsenüberfunktion)** mit einem Zuviel an Schilddrüsenhormonen äußert sich in Gewichtsabnahme durch krankhaft erhöhten Grundumsatz, Erhöhung der Körpertemperatur, Steigerung der Herzarbeit durch beschleunigte Herzfrequenz und erhöhte Schlagkraft, Schlaflosigkeit, innere Unruhe, psychische Labilität, feinschlägiges Händezittern und gelegentlich auch Durchfall.

**GERIATRIE**  
Gerade bei älteren Menschen zeigt sich eine Hypothyreose oft nicht durch das typische Bild, sondern nur einzelne Symptome, dazu nicht selten Herzbeschwerden.

Häufigste Ursache der Überfunktion bei Erwachsenen sind ein Morbus Basedow (eine Autoimmunerkrankung → 13.9) und ein autonomes (= selbstständiges) Adenom des Schilddrüsenparenchyms, ein gutartiger Schilddrüsenknoten, dessen Zellen ungehemmt Thyroxin und Trijodthyronin produzieren.

**Die Hypothyreose (Schilddrüsenunterfunktion)** führt zu entgegengesetzten Krankheitserscheinungen: erniedrigter Grundumsatz, Gewichts Zunahme, Verstopfung und Kälteempfindlichkeit. Außerdem beobachtet man teigige Verdickungen und Schwellungen der Haut (Myxödem), eine tiefe, heisere Stimme, geistige Verlangsamung und Müdigkeit, struppige trockene Haare sowie Libido- und Potenzverlust.

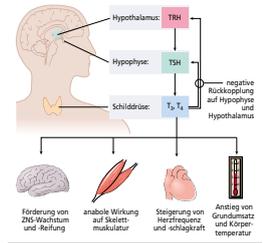


Abb. 11.10: Oben Regelkreis der Schilddrüsenhormone, unten Wirkung der Schilddrüsenhormone  $T_3$  und  $T_4$  auf verschiedene Organe.

## 11.1.2 Die Di

Wasserlöslich transportieren diese Hormone im Blut. Wasserlöslich transportieren diese Hormone im Blut. Wasserlöslich transportieren diese Hormone im Blut.

## 11.1.3 Di

Wie erken... Damit eine... sie spezifische Hormonrezeptoren besitzen, an die sich das Hormon anlagern kann. Hormon und Hormonrezeptor müssen wie Schlüssel und Schloss zusammenpassen. Die Hormonrezeptoren können sich entweder in der Zellmembran oder im Inneren der Zielzelle befinden. Nach der Hormonbindung an oder in der Zelle wird eine Reihe von Stoffwechselvorgängen ausgelöst, die dann letztlich zu der gewünschten Hormonwirkung führen.

Für ein bestimmtes Hormon existieren oft an Zellen verschiedene Gewebe oder mehrere Rezeptortypen, sodass ganz unterschiedliche Hormonwirkungen die Folge sind. Andererseits ist jede Zelle Zielzelle für unterschiedliche Hormone und besitzt dementsprechend verschiedene Hormonrezeptoren. Jede einzelne Körperzelle kann so über Hormone zu verschiedenen, unter Umständen sogar gegensätzlichen Reaktionen veranlasst werden.

**Die Hormonrezeptoren in der Zellmembran**  
Die meisten Aminosäureabkömmlinge, Peptid- und Proteinhormone können wegen ihrer guten Wasserlöslichkeit (Hydrophilie) nicht durch die lipophile (fettlösliche) Zellmembran hindurchtreten. Um die „Botschaft“ trotzdem an die Zelle mitzuteilen, verbindet sie von außen mit einem **Zellmembranrezeptor** in der Zellmembran. Der Rezeptor besteht immer aus einem äußeren Teil (für die Hormonbindung) und einem inneren Teil, der über Signalmoleküle innerhalb der Zelle die gewünschte Stoffwechselwirkung vermittelt. Eine Möglichkeit ist beispielsweise die Aktivierung des Enzyms **Adenylatcyclase** im Zellinneren. Adenylatcyclase fördert die Umwandlung von ATP in cAMP (cyclo-AMP, zyklisches Adenosinmonophosphat). cAMP als **Second-Messenger** („zweiter Bote“, im Gegensatz zum Hormon als **First-Messenger**) akti-

**PÄDIATRIE**  
Bei Kindern führt ein Mangel an Schilddrüsenhormonen außerdem zu einer Beeinträchtigung der körperlichen und geistigen Entwicklung, die nicht mehr aufgehoben werden kann. Gleichzeitig ist die angeborene Hypothyreose die häufigste angeborene Erkrankung des Hormonsystems. Daher werden alle Neugeborenen im deutschsprachigen Raum auf eine angeborene Hypothyreose untersucht (→ 21.2.1). Die Behandlung mit Schilddrüsenhormonen sollte möglichst innerhalb der ersten zwei Lebenswochen beginnen.

**Die Struma**  
Eine Vergrößerung der Schilddrüse heißt **Struma** (Kropf). Die Schilddrüsenfunktion kann dabei normal sein, oder es kann eine Schilddrüsenüber- oder -unterfunktion bestehen. Häufigste Ursache einer Struma ist im deutschsprachigen Raum ein Jodmangel in der Nahrung.

**PRÄVENTION**  
Entscheidender Pfeiler der **Strumaprophylaxe** ist eine ausreichende Jodzufuhr. Immer empfehlenswert sind die Verwendung jodiertes Kochsalzes zu Hause und der bevorzugte Kauf von jodsalzgewürzten Backwaren oder Fertigprodukten. Bei besonders hohem Bedarf (z. B. in der Schwangerschaft) können Jodid-Tabletten sinnvoll sein.

## 11.5 Nebenschilddrüsen und Regulation des Kalzium- und Phosphathaushalts

**Das Parathormon**  
Die **Nebenschilddrüsen (Epithelkörperchen)** sind vier ungefähr weizenkorngroße Knötchen an der Rückseite der Schilddrüse (→ Abb. 11.11). Sie schütten das **Parathormon (PTH)** aus, das im Zusammenspiel mit Kalzitriol und Vitamin-D-Hormon den Kalzium- und Phosphatstoffwechsel im Körper reguliert.

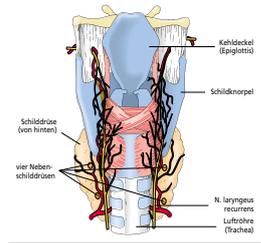


Abb. 11.11: Anatomie der Nebenschilddrüsen. Ansicht von dorsal auf Luftröhre

## 182 11 Das Hormonsystem



Abb. 11.7: Lage der Schilddrüse am Hals (bei einem Mann und zurückgeklapptem Kopf). Die normale Schilddrüse ist von außen nicht sichtbar. [E364]

Die Schilddrüse ist ein einschichtiges **Follikel-epithel** gebildet. Die Epithelzellen bilden die Schilddrüsenhormone und schütten sie in die Bläschenhölräume aus, wo sie in Tropfen, dem **Kolloid**, gespeichert werden (→ Abb. 11.9). Zwischen den Follikeln liegen die **C-Zellen** oder **parafollikuläre Zellen**. Sie sezernieren **Kalzitriol** (→ 11.5). C-Zellen kommen auch in Nebenschilddrüsen und Thymus vor.

## PFLEGE

Nahel der Schilddrüse liegt der N. laryngeus recurrens (→ Abb. 11.8, → Abb. 11.11), der deshalb bei Schilddrüsenoperationen verletzungsgefährdet ist. Er innerviert den Muskel, der die Stimmritze strafft und so öffnet. Einseitiger Ausfall führt zu beherrschter Atmung und rauher Stimme, bei beidseitigem Ausfall besteht sogar Erstickungsgefahr. Um die Funktion des Nerven zu überprüfen, lassen die Pflegenden den Patienten nach einer Schilddrüsenoperation z. B. „Coca Cola“ sagen.

## 1.4.2 Wirkungen und Regelkreis der Schilddrüsenhormone

Die Follikelzellen produzieren zwei Schilddrüsenhormone: **Thyroxin ( $T_4$ )** und **Trijodthyronin ( $T_3$ )**. Beide werden innerhalb eines großen **Prothormons** (Hormonvorstufe), dem **Thyreoglobulin**, durch Anlagern von Jod aus der Aminosäure Tyrosin gebildet und in dieser Form im Kolloid gespeichert. Erst bei Bedarf werden Thyroxin und Trijodthyronin abgespalten und ins Blut abgegeben. Thyroxin enthält vier Jodatome, Trijodthyronin dagegen drei. Thyroxin ist zwar biologisch weniger wirksam als Trijodthyronin, dafür aber in zehnfach höherer Konzentration im Blut zu finden. Nach der Sekretion wird allerdings der Großteil von Thyroxin in Trijodthyronin umgewandelt.

**Die Wirkungen der Schilddrüsenhormone**  
Thyroxin und Trijodthyronin bewirken (→ Abb. 11.10):

Zur besseren Orientierung im Buch:

- **Kolummentitel**
- **Farbige Griffmarken**

Mit Organaufnahmen verknüpfte Zeichnungen schaffen den Transfer zu realen Strukturen

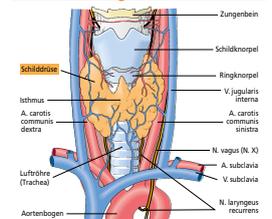


Abb. 11.8: Anatomie der Schilddrüse. Der N. laryngeus recurrens, ein Ast des N. vagus, versorgt die Stimmritze.

• Eine Steigerung des Energieumsatzes. Sie erhöhen Grundumsatz, Wärmeproduktion und Sauerstoffverbrauch, indem sie die Herzarbeit und den Stoffwechsel (z. B. Abbau von Fetten und Glykogen, Aufbau von Eiweißen) steigern

## PFLEGE ÄLTERER MENSCHEN

### Der Regelkreis der Schilddrüsenhormone

Das Hypothalamus-Releasing-Hormon für den Schilddrüsenhormon-Regelkreis heißt **Thyreotropin-Releasing-Hormon (TRH)**. Es stimuliert im Hypophysenvorderlappen die Ausschüttung von **TSH (Thyreotropin-stimulierendes Hormon)**. TSH führt in der Schilddrüse zu einer vermehrten Bildung von Schilddrüsenhormonen und zur Freisetzung der Schilddrüsenhormone aus ihrem Zwischenspeicher, dem Kolloid. Die Schild-

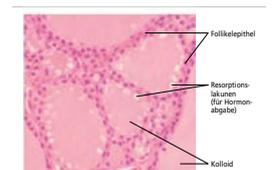


Abb. 11.9: Schilddrüse im lichtmikroskopischen Bild. [R170-3]

Pflegehinweise z.T. nach Altersgruppe mit dem Bezug zum Praxisalltag erleichtern die Anwendung des erlernten Wissens

# Musterseiten mit Benutzerhinweisen

Anschauliche Aufnahmen, Abbildungen und übersichtliche Schemata, z.T. mit Besonderheiten je Altersgruppe, erklären die Inhalte zusätzlich und erleichtern das Lernen

Wichtige Informationen sind im Merkekasten farbig hervorgehoben

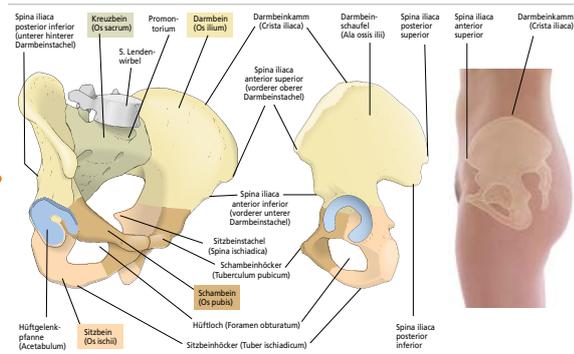


Abb. 7.35: Knöchernes Becken mit Kreuzbein und Hüftbeinen. Links in der Ansicht schräg von vorne, Mitte und rechts von der Seite. Darmbein, Sitzbein und Schambein bilden zusammen die Hüftgelenkfläche.

Der am weitesten vorspringende und als einziger leicht durch die Haut tastbare Vorsprung wird **Spina iliaca anterior superior** (vorderer oberer Darmbeinstachel, → Abb. 7.35) genannt. Darunter liegt die **Spina iliaca anterior inferior** (vorderer unterer Darmbeinstachel). Darmbeinkamm und Spina iliaca anterior superior sind wichtige Orientierungspunkte bei der **ventroglutealen Injektion** (→ Abb. 9.28).

aushalten muss, ist es durch einen sehr festen und straffen Bandapparat gesichert. Die **Hüftgelenkbänder** ziehen von Darm-, Sitz- und Schambein zum Oberschenkelknochen und werden in ihrer Gesamtheit wegen ihres schraubenartigen Verlaufs auch als **Bänderschraube** bezeichnet.

Anteile von Sitz- und Schambein umschließen das **Hüftloch** (Foramen obturatorium). Es ist durch eine derbe Bindegewebsmembran (**Membrana obturatoria**) verschlossen, die Gefäße und Nerven durchtreten lässt und den Ursprung für mehrere Muskeln bietet.

liegen etwa in der Mitte zwischen Kopf und Fuß. Ginklabetten jedoch ermöglichen ein Abklippen des Ur zwischen oberem und mittlerem Bettritter. Da Oberkörper beim Sitzen im (Klinik-)Bett nicht (wie physische Hüfte abgeklippt, sondern in Höhe der Lendenwirbelsäule) „sitzt“ zusammengesunken im Bett. Zusätzlich den Füßen keine Grenze gesetzt ist, zum Fußfall hin liegen sind schmerzhafte Fehlhaltungen und eine Urtzung der Lunge, welche über eine Atmungseinschränkung (→ 16.7) begünstigt. Legen die Pfleger oder einen Bettkasten an das Fußteil des Bettes, so weitgehend aufrecht und rutsch weniger stark zum

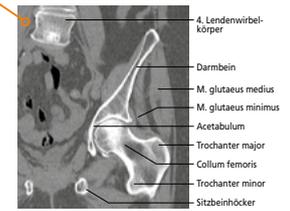


Abb. 7.36: CT des Hüftgelenks.

66 6 Knochen, Gelenke und Muskeln

**MERKE**  
Zellebens wird Knochengewebe in einem **dynamischen Gleichgewicht** neu gebildet und abgebaut und werden ständig Knochenminerale in die Blutbahn abgegeben und von dort wieder aufgenommen. Dadurch kann sich der Knochen veränderten Anforderungen anpassen oder während einer Schwangerschaft Knochenminerale zur Verfügung stellen. **Mitentscheidend** für diesen Umbau sind die auf den Knochen einwirkenden mechanischen Belastungen: Belastung fördert die Osteoblastenaktivität und damit Knochenaufbau und -mineralisation.

**Die Knochenmasse**  
Bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen nimmt die **Knochenmasse** kontinuierlich zu. Nach Erreichen der **maximalen Knochenmasse** (*peak bone mass*) mit etwa 30 Jahren nimmt die Knochenmasse wieder ab, zunächst bei Männern und Frauen gleich schnell, ab den Wechseljahren bei Frauen stärker als bei Männern (→ Abb. 6.4).

**Die Osteoporose**  
Die **Osteoporose** ist eine generalisierte Knochenerkrankung mit verminderter Knochenmasse und veränderter Knochenarchitektur (→ Abb. 6.5). Der Knochen wird brüchig, oft sintern Wirbelkörper zusammen (die Betroffenen werden mehrere Zentimeter kleiner und bekommen einen Rundrücken), und nicht selten führen „banale“ Verletzungen zu Knochenbrüchen. Betroffen sind vor allem ältere Frauen, wobei

dem Östrogenmangel nach den Wechseljahren eine bedeutende Rolle zugeschrieben wird. Wichtiges Hilfsmittel in der Diagnostik ist die **Knochenlichtemessung**, bei der der für die Knochenstabilität bedeutsame Mineralgehalt des Knochens mit radiologischen Verfahren bestimmt wird. Die Knochenarchitektur kann bislang nicht gemessen werden. Behandelt wird die Osteoporose derzeit vor allem mit Kalzium, Vitamin D und Bisphosphonaten (z. B. Fosamax®). Die normale Knochenlichte- und -struktur kann aber nicht wiederhergestellt werden.

**PRÄVENTION**  
Je höher die maximale Knochenmasse ist und je langsamer der Knochen in der zweiten Lebenshälfte abgebaut wird, desto länger dauert es, bis die Knochenlichte eine „kritische“ Grenze unterschreitet. Entsprechend sollten alle und nicht nur ältere oder bereits erkrankte Menschen zu einer „knochengesunden“ Lebensweise beraten werden:  
• Genügend körperliche Bewegung, möglichst im Freien wegen der besseren Vitamin-D-Bildung  
• Ausreichende Kalziumzufuhr, aber auch ausreichende Versorgung mit anderen Mineralstoffen und Vitaminen  
• Möglichst kein Untergewicht  
• Raucherzeit  
Das Frakturrisiko wird außerdem von Faktoren wie Muskelkraft und Koordination beeinflusst. Insbesondere ältere Menschen werden daher zusätzlich zur **Sturzprophylaxe** beraten (→ 22.5.2).

### 6.1.3 Die Knochenentwicklung

Der Vorgang der Knochenbildung heißt **Ossifikation** (*Verknöcherung*). In einem ersten Entwicklungsschritt bilden sich an den Stellen der späteren Knochen zusammenhängende Stränge aus **embryonalem Bindegewebe**. Von diesem Stadium aus gibt es zwei Möglichkeiten: die direkte Verknöcherung (**desmale Ossifikation**) und die Verknöcherung über knorpelige Zwischenstufen (**chondrale Ossifikation**). In beiden Fällen entsteht zunächst **Geflechtknochen**, der dann zu **Lamellenknochen** umgebaut wird.

**Die desmale Ossifikation**  
Die Knochen des Schädeldaches, die meisten Gesichtsknochen und das Schlüsselbein verknöchern direkt durch **desmale Ossifikation**. Osteoblasten häufen sich im embryonalen Bindegewebe an und bilden Knochengrundsubstanz, die dann vor und nach der Geburt in Form der **Knochenbalken** (*Trabekel*) verkalbt. Über desmale Ossifikation gebildete Knochen werden auch als **Bindegewebsknochen** bezeichnet.

**Die chondrale Ossifikation**  
Die meisten Knochen des Körpers entwickeln sich jedoch über einen Umweg:  
• Zunächst entstehen aus dem embryonalen Bindegewebssträngen Stäbe aus glasartigem **hyalinem Knorpel** (→ 5.3.6)  
• In einem zweiten Schritt wird der Knorpel Stück für Stück durch Knochengewebe ersetzt (**chondrale Ossifikation** → Abb. 6.6).  
Daher heißen die so gebildeten Knochen auch **Ersatzknochen**.

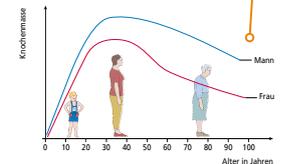


Abb. 6.4: Knochenmasse in Abhängigkeit vom Alter. Frauen verlieren v. a. in den Wechseljahren deutlich schneller an Knochenmasse als Männer.

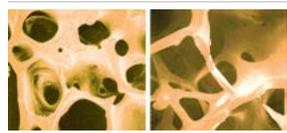


Abb. 6.5: Links gesunder, rechts osteoporotischer Knochen mit zu wenig und zu schmalen Knochenbalkchen. [1406]

Das eigene Tun und Handeln kann Gesundheit und Krankheit beeinflussen. **Im Präventionskasten** finden sich wertvolle Tipps – auch für die Beratung von Patienten

# Musterseiten mit Benutzerhinweisen

## KAPITEL

# 6

## Knochen, Gelenke und Muskeln

Konkrete Examenshilfe:  
Die **Lernzielübersicht** führt  
ins Kapitel ein und sorgt für  
den schnellen Überblick

### LERNZIELÜBERSICHT

#### 6.1 Die Knochen und das Skelettsystem

- Skelettsystem und Skelettmuskeln bilden den Bewegungsapparat.
- Die Knochen sind nur oberflächennah sehr dicht. Im Inneren bestehen sie aus Knochenbälkchen, zwischen denen sich das Knochenmark befindet. Diese Leichtbauweise spart Gewicht und ist gleichzeitig stabil.
- Osteoblasten sind Zellen, die Knochen aufbauen; Osteoklasten bauen ihn ab. Knochen wird ständig umgebaut und ist sehr regenerationsfähig.
- Die meisten Knochen werden zunächst als Knorpel „modell“ angelegt, welches dann verknochert.
- Sehnen und Bänder verbinden die Knochen mit Muskeln bzw. untereinander.

#### 6.2 Die Gelenke

- Gelenke verbinden Knochen miteinander.
- Freie Gelenke mit Bewegungsmöglichkeiten in 1–3 Ebenen (Freiheitsgraden) nennt man Diarthrosen; unbewegliche Gelenke heißen Synarthrosen.
- Diarthrosen sind von einer Gelenkkapsel eingehüllt. Die Gelenkoberflächen sind von glattem Knorpel bedeckt, die Gelenkhöhle ist mit Synovia ausgefüllt.
- Disken und Menisken schonen den Gelenkknorpel, Bänder stabilisieren ein Gelenk.

#### 6.3 Die Muskulatur

- Die quergestreifte Skelettmuskulatur ermöglicht durch ihre Kontraktionsfähigkeit willkürliche Bewegungen und die aufrechte Körperhaltung und ist beteiligt

an Wärmeproduktion und Energieumsatz.

- Aktin- und Myosinfilamente bilden den eigentlichen kontraktile Apparat der Muskeln.
- Herzmuskelgewebe ist quergestreift, aber nicht willentlich zu beeinflussen.
- Das glatte Muskelgewebe bildet den „Bewegungsapparat“ der inneren Hohlorgane (z. B. Magen, Darm und Blase).

#### 6.4 Der Organismus bei körperlicher Arbeit

- Körperliche Arbeit beansprucht nicht nur die Skelettmuskulatur, sondern auch Herz-Kreislauf- und Atmungssystem.
- Arbeiten über der Dauerleistungsgrenze müssen schließlich wegen Erschöpfung abgebrochen werden.

### 6.1 Die Knochen und das Skelettsystem

Knochen- und Knorpelgewebe bilden ein stabiles Gerüst, das die äußere Gestalt beeinflusst und im Zusammenspiel mit den Muskeln die Bewegung einzelner Körperteile erlaubt. Dieses Gerüst ist das **Skelettsystem**. Skelettsystem und (Skelett-)Muskulatur werden als **Bewegungsapparat** zusammengefasst. Das Skelett **schützt** außerdem innere Organe vor Verletzungen und **speichert** Mineralien, insbesondere Kalzium und Phosphat. Schließlich bietet das Skelettsystem im Inneren vieler Knochen die Produktionsstätte für die meisten Blutzellen (*Hämatopoese* → 12.1.3).

#### 6.1.1 Die Knochenformen

Die über 200 Knochen des Menschen werden meist nach ihrer **Form** eingeteilt. Folgende **Knochenformen** werden differenziert: Die **Röhrenknochen** oder *langen Knochen*, etwa der Oberarmknochen, bestehen aus einem langen, röhrenförmigen Schaft mit zwei verdickten Enden. Während sie außen aus einer sehr dichten Knochenhaut (*Kortikalis*) bestehen, haben sie innen

meist eine aufgelockerte Struktur (*Spongiosa*) und enthalten dort Knochenmark (→ 6.1.2).

**Kurze Knochen** sind meist würfel- oder quaderförmig, beispielsweise die Handwurzelknochen. Die Außenschicht eines kurzen Knochens ist dünner als bei einem Röhrenknochen und geht ohne scharfe Grenze in die schwammartige (spongiose) Innenschicht über.

Flache, kompakte Knochen bezeichnet man als **Plattknochen**. Zwischen zwei festen Außenschichten besteht eine schmale spongiose Innenschicht. Beispiele sind der Brustbein, die Rippen, die Schulte und Darmbeinschäufel.

Neben diesen Knochenformen gibt es noch unformte, in kein Schema passende Knochen, die als **irreguläre Knochen** bezeichnet werden. Z. B. viele Knochen des Gesichtsschädels.

**Sesambeine** sind kleine, in Muskelsehnen einbezogene Knochen. Sie finden sich bevorzugt dort, wo Sehnen Belastungen ausgesetzt sind, z. B. im Handgelenk. Die **Kniescheiben** sind die größten Sesambeine und sind immer vorhanden.

### 78 6 Knochen, Gelenke und Muskeln

Die bei Arbeitsbeginn entstehende **Sauerstoffschuld** wird nach Beendigung der Arbeit wieder getilgt (abgebaut, → Abb. 6.18). Deshalb schlägt das Herz auch nach Arbeitende im höheren Takt, wie man auch noch einige Minuten lang „anher Atem“ ist. Als Maß für die Sauerstoffschuld gilt die **Erholungspulssumme**, d. h. die Gesamtzahl der Herzschläge nach Arbeitende bis zum Wiedererreichen des „Pulsruhwertes“.

#### Die Steigerung der Atmung

Auch die Atmung muss bei körperlicher Arbeit gesteigert werden – sowohl **Atemfrequenz** als auch **Atemzugvolumen** nehmen zu. Das **Atemminutenvolumen** (→ 16.10) steigt von etwa 7 l/min in Ruhe auf über 100 l/min bei extremer Anstrengung. Beim

Gesunden ist die Atmung in aller Regel nicht der limitierende Faktor bei der Arbeit.

#### PRÄVENTION

Regelmäßige körperliche Aktivität beugt insbesondere Übergewicht, Diabetes mellitus (Typ 2) und Herz-Kreislauf-Erkrankungen vor, steigert das Selbstwertgefühl und bessert das Allgemeinbefinden. Besonders geeignet sind Ausdauersportarten; gerade bei älteren Menschen spielt die Bewegung im täglichen Alltag eine wichtige Rolle. Auch Menschen z. B. mit Lungen-, Herz-Kreislauf- oder Kreislauferkrankungen profitieren von angepasster Bewegung. Die Pflegenden ermutigen die Patienten zu mehr Bewegung, geben Anregungen zu körperlicher Aktivität im Alltag und machen auf geeignete Angebote der Sportvereine, Volkshochschulen oder Krankenkassen (z. B. Koronarsportgruppen) aufmerksam.

### WIEDERHOLUNGSFRAGEN

1. Welche Knochentypen gibt es? (→ 6.1.1)
2. Wie ist ein Röhrenknochen aufgebaut? (→ 6.1.2)
3. Wie verändert sich die Knochenmasse während des Lebens? (→ 6.1.2)
4. Wie wird Knochengewebe gebildet? (→ 6.1.3)
5. Wie unterscheiden sich desmale und chondrale Ossifikation? (→ 6.1.3)
6. Welche Substanzen sind für den Aufbau von gesundem Knochengewebe unentbehrlich? (→ 6.1.5)
7. Wie unterscheiden sich Sehnen und Bänder? (→ 6.1.6)
8. Wie sind Diarthrosen aufgebaut? (→ 6.2.2)
9. Welche Gelenkformen gibt es? (→ 6.2.3)
10. Wie heißen die Grundtypen des Muskelgewebes? (→ 6.3)
11. Welche wichtigen Aufgaben erfüllt der Skelettmuskel? (→ 6.3.1)

12. Woraus besteht ein Sarkomer? (→ 6.3.4)
13. Wie kontrahiert sich ein Skelettmuskel? (→ 6.3.5)
14. Was ist eine motorische Einheit? (→ 6.3.5)
15. Wie unterscheiden sich isotonische und isometrische Kontraktion? (→ 6.3.6)
16. Durch welche Besonderheiten zeichnet sich das Herzmuskelgewebe aus? (→ 6.3.7)
17. Wo befindet sich glattes Muskelgewebe hauptsächlich? (→ 6.3.8)
18. Auf welche Muskelarten können wir keinen bewussten Einfluss nehmen? (→ 6.3.8)
19. Welche Anpassungsorgane laufen bei körperlicher Anstrengung im Körper ab? (→ 6.4)

Mit den **Wiederholungsfragen** können die Auszubildenden ihr Wissen überprüfen und festigen.

# Das Herz

## LERNZIELÜBERSICHT

### 14.1 Einführung

- Das Herz liegt im Mediastinum zwischen den Lungen. Als Hohlmuskel treibt es den Blutstrom an. Herz und Blutgefäße bilden zusammen das Herz-Kreislauf-System.
- Dabei existieren zwei Teilkreisläufe: der Lungenkreislauf, der das Blut zur Sauerstoffaufsättigung durch die Lungen treibt, und der Körperkreislauf, der das Blut zu allen Organen des Körpers bringt.

### 14.2 Die Kammern und das Klappensystem des Herzens

- Durch die Herzscheidewand wird das Herz in eine linke und eine rechte Hälfte gegliedert. Jede Hälfte besteht aus einem Vorhof und einer Kammer. Diese sind durch Segelklappen voneinander getrennt.
- Das Blut strömt aus den Vorhöfen durch die geöffneten Segelklappen in die Kammern und weiter, von Taschenklappen geleitet, über die Lungenschlagadern (Lungenarterien, Aa. pulmonales) durch die Lungen bzw. über die Aorta in den Körper.
- Das rechte Herz ist für den Lungenkreislauf zuständig, das linke erhält sauerstoffreiches Blut aus den Lungenvenen und pumpt es in den Körper(kreislauf).

### 14.3 Der Aufbau der Herzwand

- Die innere Schicht der Herzwand ist das dünne Endokard.
- In der Mitte liegt das mächtige Myokard, der muskuläre Anteil. Er ermöglicht die Herzkontraktionen. Bei chronischen Belastungen kann sich das Myokard zur Anpassung daran vergrößern (Hypertrophie).
- Außen auf dem Myokard liegt wieder eine dünne Schicht, das Epikard.

- Das Epikard und das ganz außen liegende Perikard, eine Bindegewebsschicht, bilden den Herzbeutel, der ein reibungsarmes Gleiten während der Kontraktionen ermöglicht.

### 14.4 Der Herzzyklus

- Das Herz kontrahiert sich durchschnittlich 70-mal in der Minute (Herzfrequenz), bei Kindern häufiger als bei Erwachsenen.
- Die Kontraktionsphase heißt Systole, die Erschlaffungsphase Diastole.
- Die Systole beginnt mit der Anspannungsphase, bei der das Myokard Druck auf das Blut ausübt. In der Austreibungsphase werden die Taschenklappen aufgestoßen und das Blut durch die Aorta und die Lungenarterien gepumpt.
- Danach folgt die Diastole: In der Entspannungsphase erschlafft der Herzmuskel, in der Füllungsphase strömt Blut in die beiden Vorhöfe und weiter in die Kammern. Die Herzklappen verhindern ein Zurückfließen. Damit ist der Kammerzyklus beendet, es folgt die nächste Systole.
- Mit dem Stethoskop hörbares Zeichen der Herztätigkeit sind die Herztöne. Herzgeräusche lassen Rückschlüsse auf Störungen der Klappenfunktionen zu.

### 14.5 Die Erregungsbildung und Erregungsleitung

- Das Herz ist zur Erregungsbildung fähig, führt also auch isoliert seine Schläge aus.
- Das übergeordnete Erregungsbildungszentrum ist der Sinusknoten („Schrittmacher des Herzens“). Seine Erregung läuft über AV-Knoten, His-Bündel, Kammerchenkel und Purkinje-Fasern. Von da aus geht sie auf die Herzmuskulatur über und führt zur Kontraktion.

- Die Herzaktion geht mit elektrischen Spannungsveränderungen einher. Diese können abgeleitet und als Elektrokardiogramm (EKG) aufgezeichnet werden.
- Herzrhythmusstörungen können harmlos oder durch Kreislaufstillstand in Minuten tödlich sein (z. B. Kammerflimmern).

### 14.6 Die Herzleistung und ihre Regulation

- Das Herz pumpt durchschnittlich 70 ml pro Herzschlag und damit 5 l Blut pro Minute durch den Körper. Dieses Herz-Minuten-Volumen kann bei extremen Belastungen auf bis zu 30 l ansteigen.
- Sympathikus und Parasympathikus beeinflussen die Herzleistung – der Sympathikus steigert Herzfrequenz, Schlagkraft, Reizbildung und Erregungsleitungsgeschwindigkeit, der Parasympathikus wirkt umgekehrt.
- Außerdem besitzt das Herz eine gewisse Fähigkeit zur Eigenregulation: Gelangt viel Blut in das Herz, wird es stärker vorge-dehnt und kann sich besser kontrahieren.
- Im Alter nimmt die Leistungsfähigkeit des Herzens ab, wobei mehrere Faktoren ineinandergreifen.
- Herzinsuffizienz ist die krankhaft herabgesetzte Leistungsfähigkeit des Herzens.

### 14.7 Die Blutversorgung des Herzens

- Durch seine hohe Leistung hat das Herz einen großen Sauerstoff- und Energiebedarf. Über die Koronararterien (Herzkranzgefäße) wird es mit Blut versorgt.
- Bei Verengungen der Koronararterien durch Arteriosklerose kann es zu einer chronischen Minderversorgung kommen, man spricht von koronarer Herzkrankheit.

## 14.1 Einführung

Das **Herz** (*Cor*) ist ein Hohlmuskel, der als zentrale Pumpe die Transportvorgänge in allen Blutgefäßen antreibt. Herz und Blutgefäße bilden zusammen das **Herz-Kreislauf-System** oder *kardiovaskuläre System*, das den ganzen Körper mit Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Nährstoffen versorgt und Stoffwechselprodukte wie etwa Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) abtransportiert.

Außerdem produziert das Herzgewebe Hormone (→ 14.6.2), die an der Regulation von Kreislauf und Flüssigkeitshaushalt beteiligt sind.

### Die Lage und Größe des Herzens

Das Herz liegt schräg im **Mediastinum** (*Mittelfellraum*). Dies ist der bindegewebige Raum zwischen den beiden Lungen (bzw. den Pleurahöhlen), der vorne vom Brustbein, hinten von der Brustwirbelsäule und unten vom Zwerchfell begrenzt wird und nach oben in das Bindegewebe des Halses übergeht. Neben dem Herzen enthält das Mediastinum noch den Thymus, die großen Gefäße, Speise- und Luftröhre sowie Nerven und Lymphbahnen/-knoten.

Zwei Drittel des Herzens befinden sich dabei in der linken Brustkorbhälfte, ein Drittel rechts (→ Abb. 14.1, → Abb. 14.8). Das Herz grenzt:

- Vorn an die Rückseite des Brustbeins
- Seitlich an rechte und linke Lunge
- Hinten an Speiseröhre und Aorta
- Oben an die großen Gefäßstämme
- Unten an das Zwerchfell.

Das gesunde Herz ist etwa so groß wie die geschlossene Faust (beim Neugeborenen also etwa walnussgroß!) und wiegt beim Erwachsenen ca. 300 g (bei Frauen weniger als bei Männern). Es sieht aus wie ein abgestumpfter, schräg liegender Kegel, wobei die breite **Herzbasis** nach hinten oben zeigt.

#### MEDIZIN

Die Längsachse des Herzens zeigt nach links unten vorn, wodurch die **Herzspitze** sehr nahe an der Brustwand liegt und sich jeder Herzschlag auf die Brustwand überträgt. Von außen lässt sich dieser **Herzspitzenstoß** beim Gesunden im 5. ICR (Interkostal- = Zwischenrippenraum) links in der Medioklavikularlinie tasten. Bei einer krankhaften Herzvergrößerung ist der Herzspitzenstoß oft verbreitert oder weiter seitlich tastbar.

### Die zwei Herzhälften für zwei Teilkreisläufe

Die **Herzscheidewand** (*Septum cardiale*) teilt das Herz in zwei Teile (→ Abb. 14.2):

- Die **rechte Herzhälfte** nimmt das sauerstoffarme Blut aus dem Venensystem des Körpers auf und pumpt es in den **Lungenkreislauf** (*kleinen Kreislauf*), wo es mit Sauerstoff angereichert wird
- Aus den Lungen gelangt das Blut in die **linke Herzhälfte**, die es in die **Aorta** (*große Körperschlagader, Hauptschlagader*) und damit zurück in den **Körperkreislauf** (*großer Kreislauf*) presst.

Pfortaderkreislauf → 15.2.2

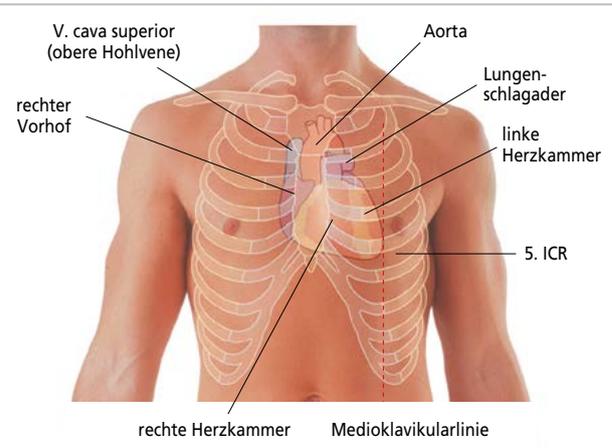


Abb. 14.1: Die Lage des Herzens. ICR = Interkostalraum. [E364]

#### MERKE

Die Abschnitte des Gefäßsystems, die von der rechten zur linken Herzhälfte ziehen, passieren die Lungen und gehören zum **Lungenkreislauf**. Die Gefäßabschnitte, die vom linken Herzen durch den gesamten Körper zum rechten Herzen ziehen, gehören zum **Körperkreislauf**.

## 14.2 Kammern und Klappensystem des Herzens

### 14.2.1 Die vier Innenräume

Jede der beiden Herzhälften teilt sich wieder in zwei Innenräume (→ Abb. 14.3):

- Einen kleinen, muskelschwachen **Vorhof** (*Herzvorhof, Atrium*), der das Blut aus Körper oder Lunge „einsammelt“
- Eine **Kammer** (*Herzkammer, Ventrikel*), die das Blut aus dem Vorhof aufnimmt und wieder in den Körper- bzw. Lungenkreislauf pumpt.

Auch die **Herzscheidewand** hat zwei Abschnitte:

- Das **Vorhofseptum** zwischen dem rechten und linken Vorhof
- Das **Kammerseptum**, das die rechte von der linken Kammer trennt.

Vor der Geburt besteht eine ovale Öffnung im Vorhofseptum, das **Foramen ovale** (→ 20.3). Physiologischerweise kommt es kurz nach der Geburt zum funktionellen und später zum anatomischen Verschluss des Foramen ovale und damit zur vollständigen Trennung beider Herzhälften. In etwa 25% bleibt der *anatomische* Verschluss aus, überwiegend ohne Folgen.

### 14.2.2 Das Klappensystem

Die beiden Herzkammern haben je einen Eingang und einen Ausgang. Die Eingänge führen von den kleinen Vorhöfen in die größeren Herzkammern. Die Ausgänge leiten das Blut in die beiden größten Schlagadern (Arterien) des Körpers, die **Aorta** (*Haupt-, große Körperschlagader*) und den **Stamm der Lungenschlagadern** (**Truncus pulmonalis** → Abb. 14.3, → Abb. 14.7). An diesen Stellen sitzen die **Herzklappen**. Jede

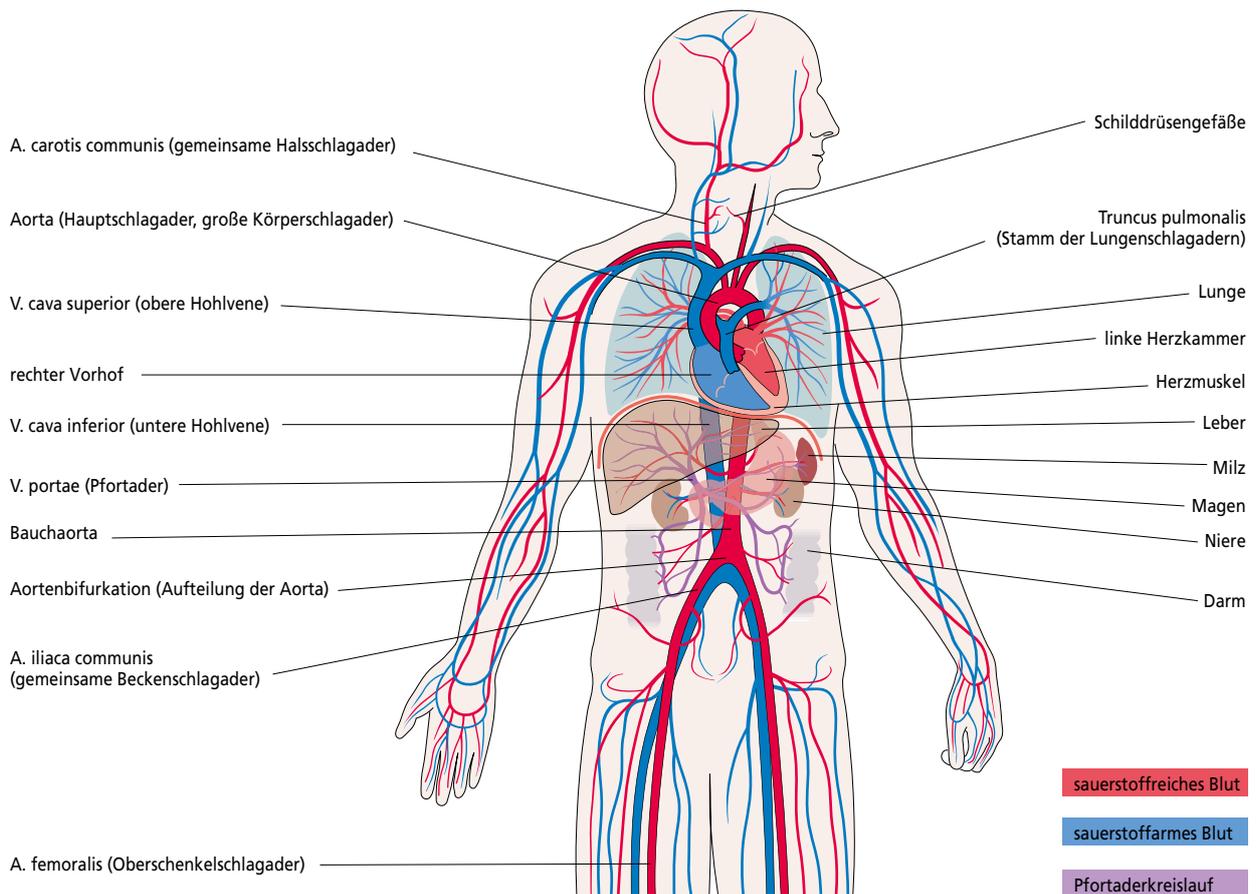


Abb. 14.2: Lungen- und Körperkreislauf (vereinfachte Schemazeichnung).

Klappe lässt sich vom Blutstrom nur in eine Richtung aufdrücken. Kommt der Druck von der anderen Seite, schlägt sie zu und versperrt den Weg. Wie das simple Ventil eines Fahrradschlauchs die hineingepresste Luft zurückhält, sorgen die gesunden Herzklappen dafür, dass das Blut immer nur in die Richtung des physiologisch vorgesehen Blutflusses gepumpt wird.

### Die Mitralklappen- und Trikuspidalklappe

Die Klappen zwischen Vorhöfen und Kammern bestehen aus dünnem weißem Bindegewebe. Deshalb und aufgrund ihrer Form nennt man sie **Segelklappen** (→ Abb. 14.4). Wegen ihrer Lage zwischen Vorhöfen und Kammern heißen die Segelklappen auch **Atrio-Ventrikular-Klappen** (kurz **AV-Klappen**, deutsch **Vorhof-Kammer-Klappen**).

- Die linke Segelklappe hat zwei dieser Segel. Sie heißt **Bikuspidalklappe** (*bicuspis* = zweizackig) oder auch **Mitralklappe**, da sie an eine Bischofsmütze (Mitra) erinnert
- Die rechte Segelklappe wird **Trikuspidalklappe** genannt, weil sie drei Segel (*tricuspis* = dreizackig) besitzt.

Die Zipfel dieser Segel sind über feine Sehnenfäden mit den Kammerwänden (genauer: ihren Papillarmuskeln → 14.2.3) verbunden. Diese Verankerung verhindert, dass die Segelklappen während der Kammeraktion (Systole → 14.4) in die Vorhöfe zu-

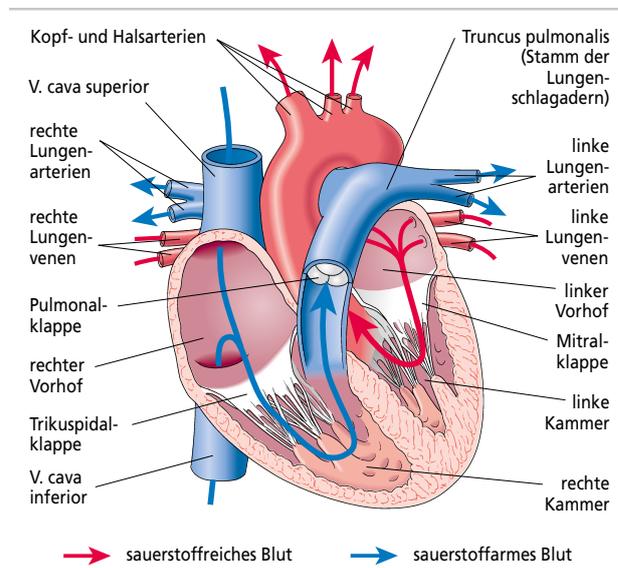
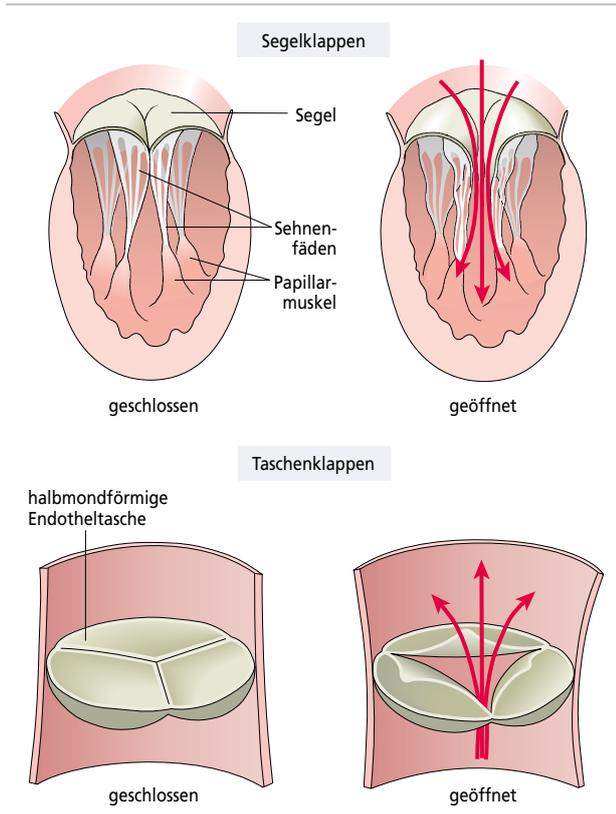


Abb. 14.3: Längsschnitt durch das Herz. Die Pfeile geben die Strömungsrichtung des Blutes an. Sauerstoffarmes Blut (blaue Pfeile) gelangt über die Hohlvenen in den rechten Vorhof und dann über die rechte Kammer in die Lungen. Nach Sauerstoffaufnahme strömt es als sauerstoffreiches Blut (rote Pfeile) über die Lungenvenen in den linken Vorhof; von dort gelangt es in die linke Kammer und über die Aorta in den Körperkreislauf.



**Abb. 14.4:** Segelklappen und Taschenklappen im Vergleich. Die Segelklappen schließen sich durch den Kammerdruck. Die Sehnenfäden, die an den Papillarmuskeln der Kammer ansetzen, verhindern ein Zurückschlagen der Segel in die Vorhöfe. Die Taschenklappen besitzen eine Napfform mit knopfartigen Bindegewebsverdickungen in der Mitte. Sie schließen sich, wenn der Blutdruck in den Arterien den Kammerdruck übersteigt.

rückschlagen. Während der Kammererschließung öffnen sich die Segelklappen und lassen das Blut aus den Vorhöfen einfließen.

### Die Aorten- und Pulmonalklappe

Die Klappen zwischen den Kammern und den großen Schlagadern, **Taschenklappen** genannt, bestehen aus taschenartigen Mulden (→ Abb. 14.4). Wird das Blut aus den Kammern ausgetrieben, so weichen diese Taschen auseinander. Beginnt das Blut nach beendeter Austreibung zurück in Richtung Kammern zu fließen, so füllen sich die Mulden mit Blut; ihre Ränder legen sich aneinander und verschließen die Öffnung.

- Die Taschenklappe zwischen linker Kammer und Aorta heißt **Aortenklappe**
- Die Klappe zwischen rechter Kammer und Truncus pulmonalis heißt **Pulmonalklappe**.

### Die Klappenebene

Alle vier Klappen sind an einem Bindegewebsgerüst aufgehängt, dem **Herzskelett**, das die Vorhöfe von den Kammern trennt. Die Klappen bilden dort eine Ebene, die **Klappenebene**. Weil die Klappen wie Ventile arbeiten, spricht man auch von der **Ventilebene** (→ Abb. 14.5, → Abb. 14.6).

### Defekte Klappen

Eine Herzklappe muss sich zum einen öffnen können, um den Blutfluss in die vorgegebene Richtung zu ermöglichen. Zum anderen muss sie sich rasch wieder schließen, damit ein Rückfluss des Blutes (*Reflux*) verhindert wird. Durch krankhafte Veränderungen kann jede dieser Teilfunktionen gestört sein:

- Bei einer **Klappenstenose** öffnen sich die Segel bzw. die Taschen nicht weit genug, die Lichtung der Klappe ist zu eng. Als Folge muss das Herz einen höheren Druck aufbringen, um das Blut durch die kleinere Öffnung zu pumpen (*Druckbelastung*)
- Schließt eine Klappe nicht mehr dicht, so bezeichnet man dies als **Klappeninsuffizienz**. Bei jedem Herzschlag strömt Blut entgegen der normalen Flussrichtung zurück. Die Beförderung dieses hin- und herpendelnden Blutes bedeutet ebenfalls eine Mehrarbeit für das Herz (*Volumenbelastung*). Sowohl Druck- als auch Volumenbelastung können die Leistungsfähigkeit des Herzens übersteigen, sodass eine *Herzleistungsschwäche* (**Herzinsuffizienz**) entsteht (→ 14.6.4).

### 14.2.3 Die einzelnen Herzhöhlen

#### Der rechte Vorhof

Zwei große Venen führen sauerstoffarmes Blut zum **rechten Vorhof** (*Atrium dextrum*). Beide münden dort ohne Klappen:

- Die *obere Hohlvene* (**V. cava superior** → Abb. 14.1) sammelt Blut aus der oberen Körperhälfte, also von Kopf, Hals, Armen sowie der Brustwand
- Die *untere Hohlvene* (**V. cava inferior**) transportiert das Blut aus den Beinen, vom Rumpf und den Bauchorganen.

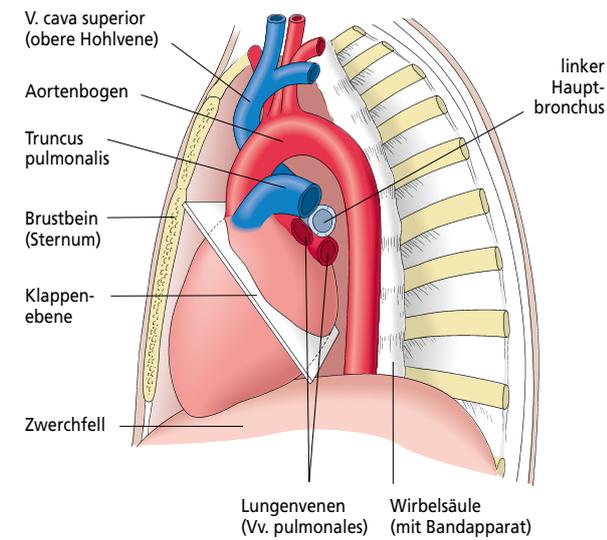
Auch das Blut, das das Herz selbst verbraucht, fließt in den rechten Vorhof: Das venöse Blut der Herzkranzgefäße (→ 14.7) sammelt sich in einem größeren Gefäß, dem **Sinus coronarius**, an der Rückseite des Herzens und strömt von dort direkt in den rechten Vorhof.

Beide Vorhöfe besitzen eine äußerlich gut sichtbare, zipfelförmige Ausbuchtung, die **Herzohren**. Diese füllen die Nischen zwischen dem Herzen und seinen großen Gefäßstämmen. Klinisch bedeutsam sind Gerinnselbildungen in den Herzohren.

#### Die rechte Kammer

Die **rechte Kammer** (*Ventriculus dexter*) hat in etwa die Form eines Halbmondes. In ihrem Innenraum springen viele dünne Muskelleisten vor, die **Trabekel**. Dazwischen fallen drei dickere Muskelwülste auf, die **Papillarmuskeln**. An ihnen ist die AV-Klappe des rechten Herzens, die schon erwähnte Trikuspidalklappe, über ihre Sehnenfäden aufgehängt.

Der **Stamm der Lungenschlagadern** (**Truncus pulmonalis**) stellt den „Ausgang“ der rechten Kammer dar. Das Blut fließt aus der Kammer über diesen Gefäßstamm in die *rechte* und *linke Lungenschlagader* (*rechte* und *linke Lungenarterie*, **A. pulmonalis dextra**, **A. pulmonalis sinistra** → Abb. 14.7). Von dort gelangt es in die beiden Lungen. Dort, wo sich die rechte Kammer in den Truncus pulmonalis öffnet, befindet sich die **Pulmonalklappe**.

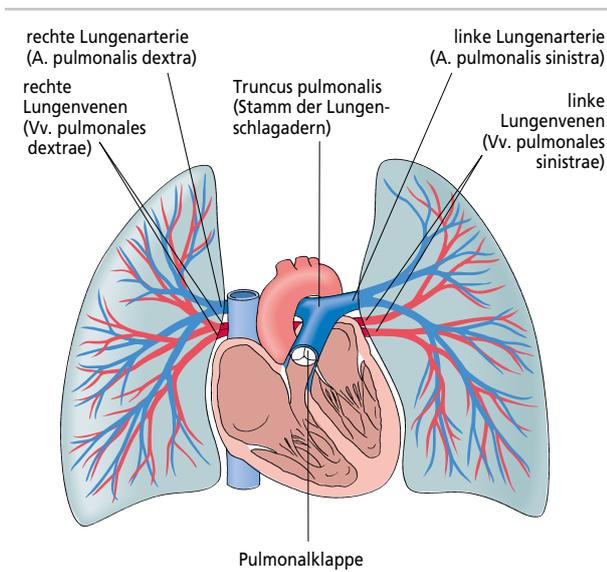


**Abb. 14.5:** Lage der Klappenebene innerhalb des Herzens. Alle Herzklappen liegen in einer Ebene (hier als Glasscheibe dargestellt), zusammengehalten vom bindegewebigen Herzskelett (→ Abb. 14.6).

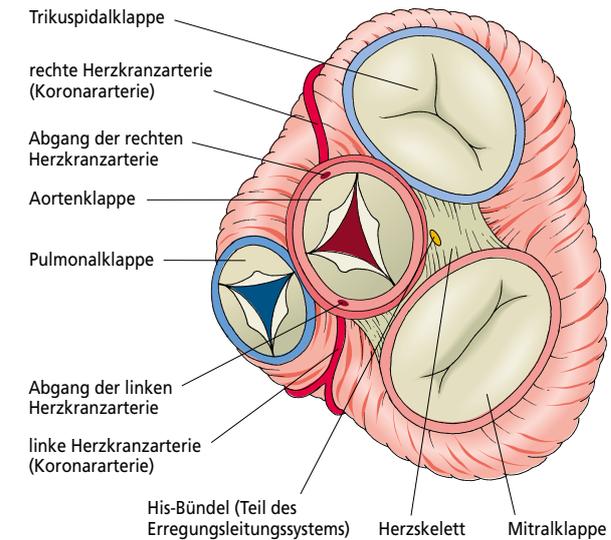
### Der linke Vorhof

Das Blut aus den Lungen fließt über vier horizontal verlaufende **Lungenvenen (Vv. pulmonales)** in den **linken Vorhof (Atrium sinistrum)**.

Die Mitralklappe, welche die „Tür“ zur linken Kammer bildet, besteht aus zwei Segeln. Sie sind wie die Segel der Trikuspidalklappe über Sehnenfäden mit Papillarmuskeln der Kammerwand verbunden.



**Abb. 14.7:** Verzweigung des Truncus pulmonalis (blau) in die Lungen-schlagadern (Lungenarterien, Aa. pulmonales) und kleinere Arterien-äste. Sie folgen im Verlauf den Bronchien und verteilen das sauerstoffarme Blut in die Lungenkapillaren. Nach Sauerstoffaufnahme fließt das Blut über die Lungenvenen (Vv. pulmonales, rot) zum linken Herzvorhof.



**Abb. 14.6:** Blick von oben auf die Klappenebene (Vorhöfe abgetrennt). Oberhalb der Aortenklappe gehen die Koronararterien (Herzkranzgefäße → 14.7) aus der Aorta ab. Das His-Bündel (→ 14.5.2) durchstößt die Klappenebene.

### Die linke Kammer

Die Muskulatur der **linken Kammer (Ventriculus sinister)** ist die dickste und stärkste des gesamten Herzens. Von hier aus wird das Blut in die **Aorta (Haupt-, große Körperschlagader)** gepumpt. Die **Aortenklappe** trennt die linke Kammer von der Aorta.

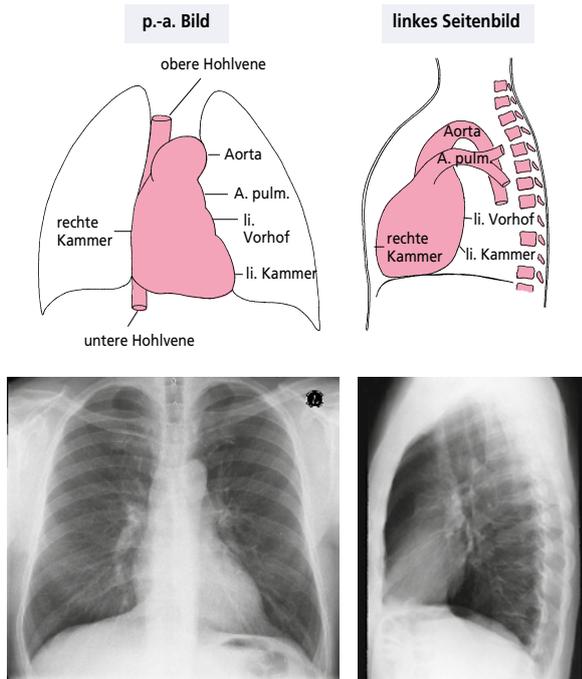
### PÄDIATRIE

Mit ca. 1 % aller Neugeborenen gehören **angeborene Herzfehler** zu den häufigeren Fehlbildungen. Manche führen unmittelbar nach der Geburt zu schwerer Herzschwäche und/oder Zyanose (blaue Hautverfärbung). Andere werden erst im Kindes- oder Jugendalter bei der Abklärung häufiger Infektionen, Gedeihstörungen oder eines Herzgeräusches festgestellt.

Am häufigsten sind „Löcher“ in der Herzscheidewand (**Vorhof-** bzw. **Ventrikelseptumdefekt**), bei denen Blut von linkem Vorhof bzw. linker Kammer zurück in den rechten Vorhof bzw. die rechte Kammer fließt, sodass die rechte Herzhälfte übermäßig belastet wird. Beide können meist operiert werden, die Aussichten der Kinder sind dann gut.

### Die bildgebenden Verfahren am Herzen

Zwar gibt auch ein Röntgenbild des Thorax Aufschluss über das Herz (→ Abb. 14.8). Routineverfahren zur schnellen und nicht-invasiven Darstellung des Herzens ist heute aber die Ultraschalluntersuchung (**Echokardiografie** → Abb. 14.9), meist von außen, gelegentlich auch von der Speiseröhre aus (*transösophageale Echokardiografie, Schluckecho*). Durch Kombination mit dem Doppler-Verfahren (**Doppler-Echokardiografie**) kann der Blutfluss durch das Herz beurteilt werden. Zunehmend erfolgen Computer- und Kernspintomografie. Dadurch sind z. B. bei angeborenen Herzfehlern invasive und damit risikobehaftete Untersuchungen seltener als früher erforderlich.



**Abb. 14.8:** Röntgenbild des Brustkorbs von vorn („p.-a. Bild“ = posterior-anterior) und von der Seite, Normalbefund. Die Herzform im Röntgenbild gibt Aufschluss über die Größe der einzelnen Herzabschnitte. [Foto: O177]

## 14.3 Der Aufbau der Herzwand

Die Herzwand besteht nicht nur aus Muskulatur, sondern gliedert sich von innen nach außen in drei Schichten: Endokard, Myokard und Epikard (→ Abb. 14.10).

### 14.3.1 Das Endokard

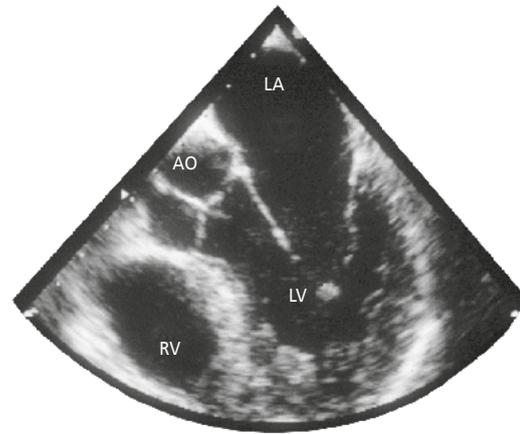
Die *Herzinnenhaut* oder das **Endokard** (weniger als 1 mm dick) kleidet wie eine Tapete den gesamten Innenraum des Herzens aus. Es handelt sich hierbei um eine dünne Endothelschicht (→ 5.2.1), die durch Bindegewebe mit der darunter liegenden Muskelschicht verbunden wird. Durch seine glatte Oberfläche ermöglicht das Endokard einen reibungsarmen Blutfluss ohne Gerinnselbildung.

Die Herzklappen bestehen aus einer doppelten Endokardschicht, die durch eine Bindegewebsplatte verstärkt ist. Das Endokard besitzt genau wie die Herzklappen keine eigenen Blutgefäße.

### 14.3.2 Das Myokard

Die *Herzmuskelschicht* oder das **Myokard** ist die arbeitende Schicht des Herzens.

Durch das Zusammenziehen (*Kontraktion*) des Herzmuskels wird das Blut ausgeworfen. Dabei muss die Muskulatur der linken Kammer die größte Kraft aufbringen – von hier aus wird ja das Blut in den Körperkreislauf gepumpt, der eine größere Pumpkraft erfordert als der Lungenkreislauf. Deshalb ist das



**Abb. 14.9:** Echokardiografie, Normalbefund. RV = rechter Ventrikel = rechte Kammer, LV = linker Ventrikel = linke Kammer, LA = linkes Atrium = linker Vorhof, AO = Aorta.

Myokard in der linken Kammer mit ca. 8–11 mm deutlich dicker als in der rechten Kammer (ca. 2–4 mm). Die Vorhöfe haben nur eine dünne Muskelschicht von weniger als 1 mm Dicke: Sie unterstützt lediglich den Blutfluss vom Vorhof in die Kammer (Details → 14.4.2).

Mikroskopisch besteht die Herzmuskulatur aus einem Netz quergestreifter, sich verzweigender Muskelfasern, die die Herzhöhle spiralförmig umwickeln (→ 5.4.3, → 6.3.7). Funktionell nehmen die Herzmuskelfasern eine Zwischenstellung zwischen glatter und quergestreifter Muskulatur ein:

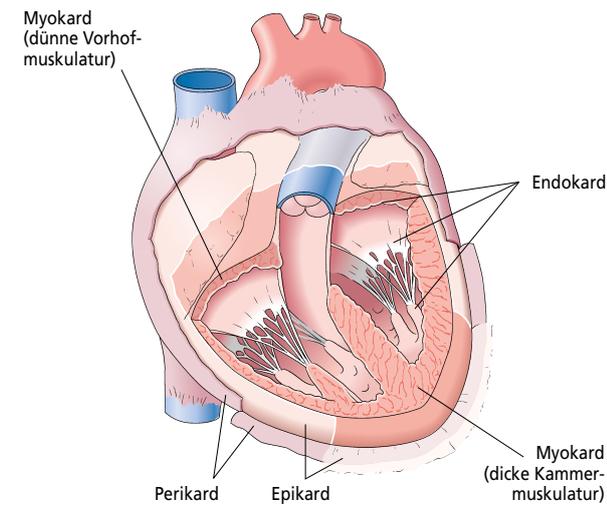
- Einerseits besitzen sie Spontanaktivität, d. h., sie benötigen für ihre Kontraktion keine Nerven- oder Stromimpulse von außen; insofern ähneln sie der glatten Muskulatur
- Andererseits können sie sich so schnell wie die Skelettmuskulatur kontrahieren.

### Die Herzmuskelhypertrophie

Der Herzmuskel kann sich an lang andauernde Belastungen anpassen, indem die einzelnen Muskelfasern länger und dicker werden. Diese **Herzmuskelhypertrophie** ermöglicht es dem Herzen, eine größere Leistung zu erbringen.

Physiologisch ist eine (mäßige) Herzhypertrophie bei Sportlern, vor allem Ausdauersportlern. Eine krankhafte Hypertrophie entsteht am häufigsten als Folge eines erhöhten Widerstandes im großen Kreislauf, der meist durch *Bluthochdruck* (Hypertonie) bedingt ist, seltener beispielsweise durch Klappenfehler (→ 14.2.2). In fortgeschrittenen Stadien erweitern sich durch den größeren Herzinnendruck meist die Kammerhöhlräume (*Dilatation* der Kammern).

Allerdings vermehren sich die Kapillaren bei einer Herzmuskelhypertrophie nicht. Da deshalb die Transportstrecke von der Kapillare bis zum Inneren der Herzmuskelfaser länger wird, reicht die Blutversorgung ab einer bestimmten Dicke der Muskelfasern nicht mehr aus. In der Regel geschieht dies bei einem Herzgewicht über 500 g, dem sog. **kritischen Herzgewicht**.



**Abb. 14.10:** Längsschnitt durch das Herz. Man erkennt den dreischichtigen Aufbau der Herzwand. Das Myokard ist in der linken Kammer (im Bild rechts) am dicksten, in den Vorhöfen am schwächsten ausgebildet.

### 14.3.3 Der Herzbeutel

Der **Herzbeutel** bildet die bindegewebige Hülle des Herzens. Ähnlich der Pleura (→ 16.8) besteht er aus zwei Blättern:

- Das weniger als 1 mm dicke **Epikard** (*Herzaußenhaut*) liegt dem Myokard unmittelbar auf und bildet das *innere* Blatt des Herzbeutels
- Das gesamte Herz ist zusätzlich vom **Perikard** umschlossen, das zum Herzinneren hin aus einer serösen Schicht und nach außen hin aus einer derben Bindegewebsschicht (strafes geflechtartiges Bindegewebe → 5.3.3) besteht. Beide sind zusammen weniger als 1 mm dick. Das Perikard stellt das *äußere* Blatt des Herzbeutels dar. Außen ist das Perikard nach unten mit dem Zwerchfell und seitlich mit der Pleura verwachsen. Es fixiert dadurch das Herz im Mediastinum.

An den Pforten für die großen Gefäße des Herzens geht das innere in das äußere Blatt (also Epikard ins Perikard) über.

Epikard und Perikard umschließen einen schmalen, abgeschlossenen Hohlraum, die *Herzbeutel-* oder **Perikardhöhle**. In der spaltförmigen Perikardhöhle befindet sich eine geringe Menge klarer Flüssigkeit, die *Herzbeutelflüssigkeit*. Die Herz-

**Tab. 14.1:** Herzfrequenz in den verschiedenen Lebensphasen (wach, in Ruhe).

Alter	Herzfrequenz
Neugeborenes	140/min (100–180/min)
Älterer Säugling	120/min (80–150/min)
Kleinkind	110/min (75–130/min)
Kindergartenkind	100/min (75–120/min)
Schulkind	90/min (70–110/min)
Jugendlicher	75/min (50–100/min)
Erwachsener	70/min (50–90/min)
Alter Mensch	80/min

beutelflüssigkeit dient als Gleitfilm während der Herzaktion, reduziert so die Reibung zwischen den Blättern des Herzbeutels auf ein Minimum und erleichtert damit die Bewegungen des Herzmuskels.

## 14.4 Der Herzzyklus

Mit jedem Herzschlag (Kontraktion) wird Blut aus den Kammern in Lungen- und Körperkreislauf gepumpt. Die Kontraktion verkleinert ruckartig den Innenraum der Herzhöhlen, sodass das Blut herausgeschleudert wird. Anschließend erschlafft die Muskulatur – die Höhlen erweitern sich und füllen sich erneut mit Blut. Während des Herzzyklus ändern sich die Drücke im Herzen in typischer Weise (→ Abb. 14.11).

### MERKE

Die Kontraktionsphase der Herzhöhlen nennt man **Systole**. Sie dauert ca. 0,25 Sekunden. Die Erschlaffungsphase heißt **Diastole**. Ihre Dauer ist stark frequenzabhängig und liegt bei einer Herzfrequenz von 70 Schlägen/Minute bei ungefähr 0,55 Sekunden.

### 14.4.1 Die Herzfrequenz in Abhängigkeit vom Alter

Die Herzfrequenz ist altersabhängig (→ Tab. 14.1). Beim gesunden Erwachsenen schlägt das Herz in Ruhe etwa 70-mal pro Minute (bei Frauen etwas häufiger als bei Männern); die **Herzfrequenz** beträgt also ca. 70/min. Beim Kind ist die Herzfrequenz höher (je jünger das Kind, desto höher), auch beim älteren Menschen kann die Herzfrequenz leicht ansteigen.

Bei Kindern und Jugendlichen ist zudem eine teils ausgeprägte **respiratorische Arrhythmie** normal: Die Herzfrequenz steigt bei der Ein- und sinkt bei der Ausatmung.

Außerdem ist die Herzfrequenz aktivitätsabhängig: Bei körperlicher oder seelischer Anspannung schlägt das Herz schneller als in Ruhe. Krankheiten können die Herzfrequenz ebenfalls beeinflussen, z. B. steigt sie bei Fieber oder Schilddrüsenüberfunktion.

### MEDIZIN

Ein im Vergleich zum altersentsprechenden Normwert zu schneller Herzschlag heißt **Tachykardie** (bei Erwachsenen > 100/min), ein zu langsamer **Bradykardie** (bei Erwachsenen < 60/min). Leichte Tachy- oder Bradykardien können physiologisch sein. Ausgeprägte Tachy- und Bradykardien gefährden den Betroffenen, weil die vom Herzen ausgeworfene Blutmenge nicht zur Organversorgung ausreicht.

### 14.4.2 Der Vorhofzyklus

Neben den Kammern arbeiten auch die Vorhöfe durch Wechsel von Kontraktion und Erschlaffung. Die Kontraktionen von Kammern und Vorhöfen sind dabei exakt aufeinander abgestimmt, um dem Herzen eine optimale Auswurfleistung zu ermöglichen: Die Vorhofmuskulatur kontrahiert sich 0,12–0,20 s vor der Kammermuskulatur, sodass am Ende der Diastole *aktiv* Blut in die Kammern gepresst wird.

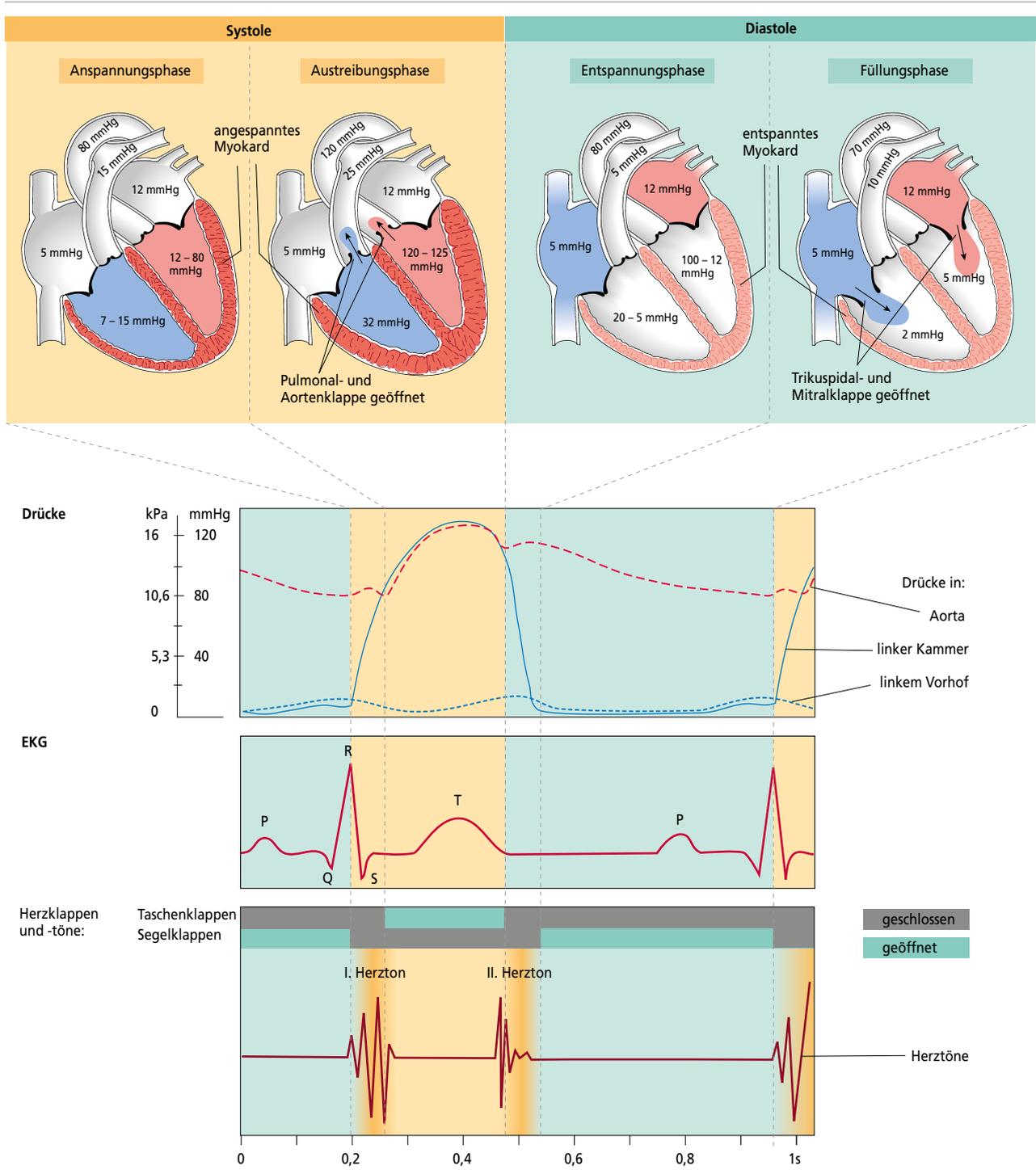


Abb. 14.11: Die Phasen des Herzzyklus mit Drücken in Aorta, linker Kammer und linkem Vorhof (10 mmHg  $\cong$  1,33 kPa), entsprechender EKG-Ableitung (Details zum EKG  $\rightarrow$  14.5.6), Herzklappenöffnung und -schließung und Herztönen.

### 14.4.3 Der Kammerzyklus

Betrachtet man die Vorgänge in den Herzkammern genauer, kann man den **Kammerzyklus** in vier Phasen einteilen ( $\rightarrow$  Abb. 14.11): *Anspannungsphase* und *Austreibungsphase* als Phasen der *Kammersystole* sowie *Entspannungsphase* und *Füllungsphase* als Phasen der *Diastole*.

### Die Kammersystole

Während der **Kammersystole** zieht sich das Myokard der Herzkammern zusammen. Sie hat zwei Phasen:

- **Anspannungsphase.** Die Anspannungsphase ist die erste Phase der Systole. Die Kammern sind mit Blut gefüllt, die Segel- und Taschenklappen geschlossen. Durch Anspan-

nung des Myokards steigt der Druck in den Kammern, er ist jedoch noch nicht hoch genug, um die Taschenklappen aufzustoßen

- **Austreibungsphase (Auswurfphase):** Der Druck in den Kammern übersteigt schließlich den Druck in Truncus pulmonalis bzw. Aorta, die Taschenklappen werden aufgestoßen und das Blut in die großen Arterien getrieben. Gegen Ende der Austreibungsphase schließen sich die Taschenklappen wieder, weil der Druck in der Arterie wieder höher ist als in der Kammer (→ 14.2.2). Die Systole ist beendet, die Diastole beginnt.

### Die Kammerdiastole

Auch die Kammerdiastole setzt sich aus zwei Phasen zusammen:

- **Entspannungsphase (Erschlaffungsphase):** Aufgrund der Entspannung des Myokards sinken die Kammerdrücke, alle Klappen sind abermals geschlossen
- **Füllungsphase.** Die Kammerdrücke sind nunmehr unter die Vorhofdrücke gesunken, die Segelklappen sind geöffnet, und Blut strömt aus den Vorhöfen in die Kammern. Dies erfolgt überwiegend passiv – die oben erwähnte Vorhofkontraktion trägt bei normaler Herzfrequenz nur etwa 10–20 % zur Kammerfüllung bei (bei alten Menschen wegen der verminderten Elastizität der linken Kammer mehr, → 14.6.3). Die Füllungsphase endet mit dem Schließen der Segelklappen – die neue Systole beginnt.

#### MERKE

Aus jeder Kammer werden pro Herzschlag beim gesunden Erwachsenen in Ruhe etwa 70 ml Blut ausgetrieben. Dies entspricht ungefähr der halben Kammerfüllung.

### Das Herz als Saug-Druck-Pumpe

Während der Austreibungsphase verlagert sich die Klappenebene des Herzens (→ Abb. 14.5, → Abb. 14.6) in Richtung Herzspitze, sodass die Vorhöfe gedehnt werden. Die Vorhofdrücke sinken, und aufgrund des dabei entstehenden Druckgefälles strömt Blut passiv aus den großen Venen in die Vorhöfe.

Umgekehrt bewegt sich die Klappenebene während der Diastole wieder zur Herzbasis hin, sodass sich nun die Kammern erweitern und ein Druckgefälle zwischen Kammern und Vorhöfen entsteht, welches das Blut überwiegend passiv in die Kammern gelangen lässt.

Diese „Mithilfe“ durch Verlagerung der Klappenebene heißt **Ventilebenenmechanismus**. Anschaulich spricht man auch vom „Ansaugen“ des Blutes in Vorhöfe bzw. Kammern und dem Herzen als **Saug-Druck-Pumpe**.

### Die Herzkatheteruntersuchungen

Die Messung der genannten Drücke ist ein wesentliches Ziel von **Herzkatheteruntersuchungen**:

- Bei der **Rechtsherzkatheteruntersuchung** wird ein langer, dünner Katheter über eine große Vene ins rechte Herz vorgeschoben
- Bei der **Linksherzkatheteruntersuchung** wird der Katheter über eine Arterie von Leiste oder Ellenbeuge aus gegen den Blutstrom ins Herz gebracht. Neben Druckmessungen ist die Darstellung der linken Kammer (**Ventrikulografie**) und der Koronararterien (**Koronarangiografie**, → 14.7.2) durch Kontrastmittelinjektion möglich.

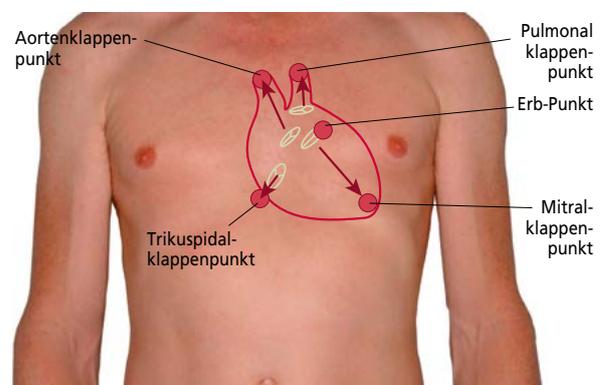
## 14.4.4 Die Herztöne und Herzgeräusche

### Die Herztöne

Das Herz arbeitet nicht lautlos. Die bei der ruckhaften Herz Tätigkeit erzeugten Schwingungen werden auf den Brustkorb übertragen, wo sie von außen mit einem Stethoskop zu hören sind. Diese Untersuchung bezeichnet man als **Auskultation** („Abhören“) des Herzens (→ Abb. 14.12).

Am gesunden Herzen lassen sich folgende **Herztöne** auskultieren:

- Den **ersten Herzton** hört man in der Anspannungsphase der Systole. Durch die ruckartige Muskelkontraktion gerät das Blut in den Kammern in Schwingungen. Der erste Herzton wird daher auch als **Anspannungston** bezeichnet
- Der **zweite Herzton** kommt am Ende der Systole durch das „Zuschlagen“ der Aorten- und der Pulmonalklappe zustande (**Klappenton**)
- Vor allem bei Kindern können ein **dritter Herzton** während der frühen Diastole (**Ventrikelfüllungston**) sowie ein **vierter Herzton** in der späten Diastole (**Vorhofkontraktionston**) ohne zugrunde liegende Herzerkrankung auftreten. Bei einem Teil der Kinder und bei Erwachsenen weisen sie aber auf eine Herzerkrankung hin.



**Abb. 14.12:** Auskultation eines Patienten (Projektion der Klappen auf die Brustwand und ihre besten Abhörstellen). Die Pfeile markieren die Richtung des Blutstroms, der das Klappengeräusch fortleitet. Der **Erb-Punkt** (3. ICR links neben dem Brustbein) ist am besten geeignet, um sich einen Überblick zu verschaffen. [Foto: O405]

## Die Herzgeräusche

### MEDIZIN

Alle anderen Schallerscheinungen außer den beiden Herztönen bezeichnet man in der Regel als **Herzgeräusche**. Ein während der Systole hörbares Herzgeräusch heißt **Systolikum**. Ein Herzgeräusch während der Diastole ist ein **Diastolikum**.

Herzgeräusche, insbesondere Systolika, können bei Kindern und Jugendlichen auch ohne Herzerkrankung auftreten. Herzgeräusche bei Erwachsenen, neu entstandene oder mit Beschwerden einhergehende, weisen aber auf einen gestörten Blutfluss hin, etwa durch Herz- oder Klappenfehler.

Bei einer Klappenstenose (→ 14.2.2) „zwängt“ sich das Blut durch eine zu enge Öffnung: Als Folge bilden sich Wirbel, die Geräusche erzeugen – ähnlich wie an einer Flussenge.

Schließt eine Klappe nicht dicht (ist sie also insuffizient), so ist ihre Ventilfunktion teilweise aufgehoben: Es kommt zum Zurückschwappen (*Reflux*) von Blut. Auch dies erzeugt abnorme Herzgeräusche, ebenso wie z. B. der unphysiologische Blutfluss durch einen Ventrikelseptumdefekt.

Oft ergibt allein die Auskultation des Herzens den Verdacht auf einen Herz- oder Klappenfehler. Die Lautstärke des Geräusches ist dabei kein Maß für die Schwere des Herz- oder Klappenfehlers. Der Arzt leitet in einem solchen Fall eine *kardiologische Diagnostik* ein, mindestens mit *EKG* (→ 14.5.6) und *Echokardiografie* (→ 14.2.3).

## 14.5 Die Erregungsbildung und Erregungsleitung

### 14.5.1 Die Autonomie des Herzens

Wird das Herz aus dem Körper entfernt und in einer geeigneten Nährlösung aufbewahrt, so schlägt es weiter. Der Antrieb für die Herztätigkeit liegt also im Herzen selbst: Das Herz arbeitet **autonom** (*unabhängig*).

Jeder Muskel – der Skelettmuskel wie der Herzmuskel – benötigt einen elektrischen Impuls, um sich zu kontrahieren

(→ 6.3.5). Doch während der Skelettmuskel durch einen Nerv erregt wird, erregt sich das Herz selbst. Zwar erhält das Herz auch vom ZNS (über den Sympathikus und den N. vagus) Impulse – diese haben aber nur einen begrenzten regulierenden, keinen Takt gebenden Einfluss (→ 9.13, → 14.6.2). Das Herz würde auch ohne sie arbeiten.

Diese Selbstständigkeit verdankt das Herz einem System spezialisierter Herzmuskelzellen. Diese Muskelzellen sind in der Lage, Erregungen zu bilden und diese schnell weiterzuleiten. Dieses System spezialisierter Muskelzellen nennt man daher **Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem** (→ Abb. 14.13, → Abb. 14.14).

### 14.5.2 Die Strukturen des Erregungsbildungs- und -leitungssystems

Die wichtigste Struktur für die Erregungsbildung ist der **Sinusknoten**. Er befindet sich in der Wand des rechten Vorhofes unmittelbar an der Mündungsstelle der V. cava superior (obere Hohlvene). Vom Sinusknoten gehen normalerweise alle Erregungen des Herzens aus. Er bestimmt also im Regelfall die Herzfrequenz und heißt deshalb *Schrittmacher* des Herzens.

Vom Sinusknoten gelangt die Erregung über normale Vorhofmuskulatur zu einem weiteren Schrittmacherzentrum, dem **AV-Knoten**. Er liegt am Boden des rechten Vorhofes dicht an der Vorhofscheidewand, also nahe der Grenze zwischen Vorhof und Kammer. Dieser Tatsache verdankt er auch seinen Namen (AV-Knoten = *Atrio-Ventrikular-Knoten*). Der AV-Knoten nimmt die Erregungen von der Vorhofmuskulatur auf und leitet sie weiter zum His-Bündel.

Das **His-Bündel** ist sehr kurz und verläuft am Boden des rechten Vorhofes in Richtung Kammercheidewand. Dort teilt es sich in einen rechten und einen linken Kammerchenkel.

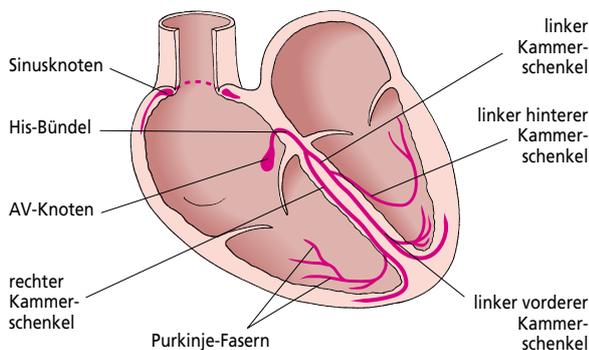
Die **Kammerchenkel** (auch *Tawara-Schenkel* genannt) ziehen an beiden Seiten der Kammercheidewand herzsitzenwärts und zweigen sich dort weiter auf.

Die Endabzweigungen der Kammerchenkel nennt man **Purkinje-Fasern**. Die Erregungen gehen dann direkt von den Purkinje-Fasern auf die Kammermuskulatur über.

### Der Sinn der komplizierten Erregungsleitung

Da die Zellgrenzen kein Hindernis für die Fortleitung von Erregungen darstellen, könnten alle Myokardfasern nacheinander von der Sinusknoten-Erregung erfasst werden – nur leider recht langsam, sodass keine gemeinsame Kontraktion zustande käme. Die Strukturen des Erregungsleitungssystems verteilen die Erregung mit hoher Geschwindigkeit über den ganzen Herzmuskel, sodass die Muskelzellen in den verschiedenen Herzregionen fast gleichzeitig erregt werden. Nur dadurch kann eine *effektive* Kontraktion zustande kommen.

Lediglich im AV-Knoten erfährt die Erregungsleitung eine leichte Verzögerung. Diese Verzögerung sorgt dafür, dass sich erst der Vorhof und dann die Kammer zusammenzieht. Auf diese Weise wird die Kammer zunächst noch stärker mit Blut aus dem Vorhof gefüllt, bevor sie sich kontrahiert und Blut in den Kreislauf pumpt.



**Abb. 14.13:** Erregungsleitungssystem des Herzens mit schematischer Darstellung von Sinusknoten, AV-Knoten, Kammerchenkeln und Purkinje-Fasern. Das His-Bündel durchstößt die Klappenebene (→ Abb. 14.6).

### 14.5.3 Die Grundlagen der Erregungsbildung

Bei der Arbeitsmuskulatur des Herzens ist – wie bei der Skelettmuskulatur – das Ruhepotenzial physiologischerweise stabil. Ein Aktionspotenzial wird nur ausgelöst, wenn ein von *außen* kommender Impuls die Zellmembran zuvor bis zum Schwellenpotenzial depolarisiert hat (zu Ruhe- und Aktionspotenzial → 9.2).

Bei den Zellen des Erregungsbildungs- und -leitungssystems hingegen ist das Ruhepotenzial nicht stabil, sondern steigt nach einem Aktionspotenzial von seinem negativsten Wert (**maximales diastolisches Potenzial**) kontinuierlich an, bis das Schwellenpotenzial erreicht ist und ein neues Aktionspotenzial ausgelöst wird (→ Abb. 14.14). Diese **diastolische Selbstdepolarisation** ist die Grundlage der Erregungsbildung im Herzen.

Da sowohl die Repolarisation nach einem Aktionspotenzial als auch die diastolische Selbstdepolarisation beim Sinusknoten rascher verlaufen als bei den übrigen Zellen des Erregungsbildungssystems, „feuert“ der Sinusknoten am schnellsten. Seine Erregungen erreichen daher die **nachgeordneten (sekundären) Erregungszentren**, also den AV-Knoten, das His-Bündel, die Kammerschenkel und die Purkinje-Fasern, bevor diese bei ihrem eigenen Schwellenpotenzial angelangt sind. Hierdurch erklärt sich die Schrittmacherfunktion des Sinusknotens.

### 14.5.4 Das Alles-oder-nichts-Gesetz

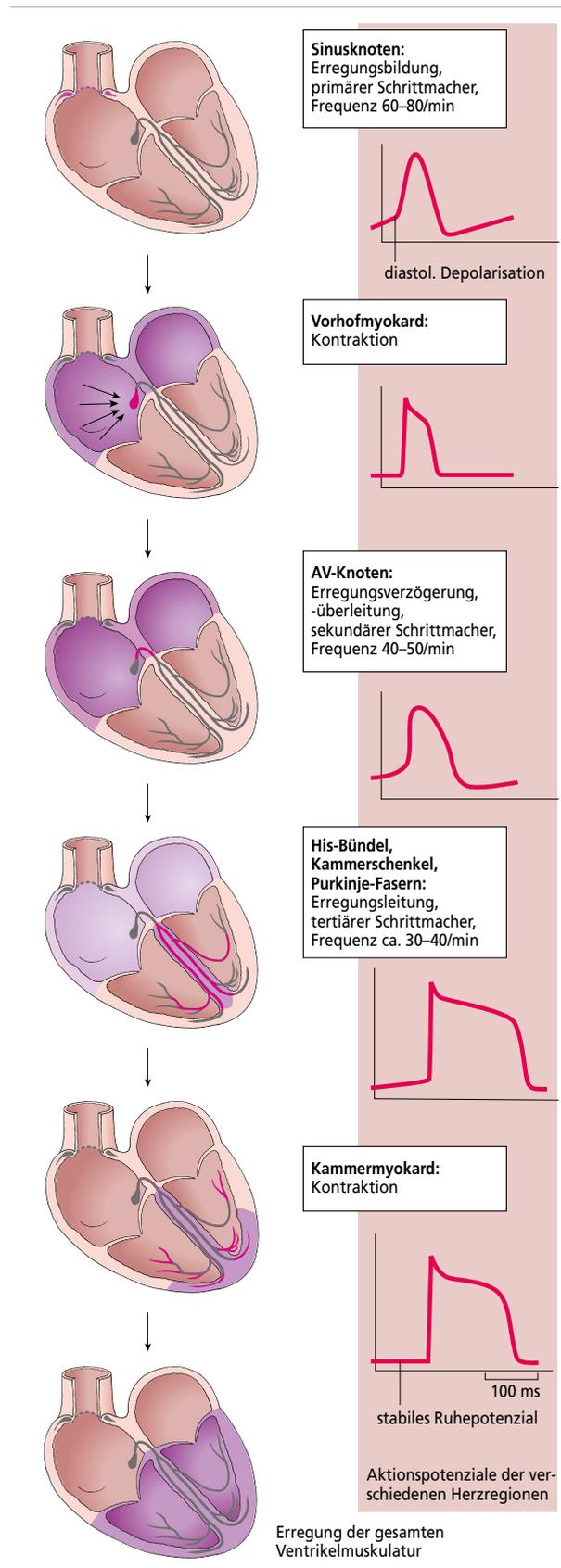
Wird ein Muskel durch einen Stromstoß gereizt, so kommt es zu einer Kontraktion. Dies gilt für den Herz- wie für den Skelettmuskel. Zwischen der Erregbarkeit eines Skelettmuskels und der des Herzmuskels gibt es jedoch wichtige Unterschiede:

- Hat der Stromstoß eine bestimmte Schwelle überschritten (überschwelliger Reiz), so kontrahiert sich der Skelettmuskel. Wird der Stromstoß (Reiz) verstärkt, wird auch die Kontraktion stärker (→ 6.3.5)
- Beim Herzmuskel verhält es sich anders: Entweder erzeugt der Reiz eine stets gleich starke oder überhaupt keine Kontraktion (**Alles-oder-nichts-Gesetz**). Das liegt daran, dass die Herzmuskelzellen elektrisch durch Nexus (→ 3.2.3) miteinander gekoppelt sind und sich somit wie *eine* motorische Einheit verhalten.

### 14.5.5 Die Refraktärzeit

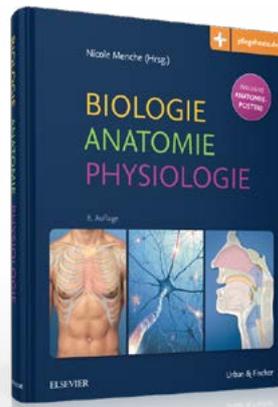
Unmittelbar nach einer Aktion ist der Herzmuskel für eine gewisse Zeit unerregbar. Wenn in dieser Zeit ein weiterer Reiz die Muskelzelle erreicht, antwortet sie nicht mit einer Kontraktion, sondern ist **refraktär** (unempfindlich).

Die Zeit, in der die Herzmuskelzelle vorübergehend nicht erregbar ist, wird **Refraktärzeit** genannt. Sie beträgt etwa 0,3 Sekunden. Die Refraktärzeit ist notwendig, um zu schneller Folge von Kontraktionen zu verhindern. Ein Tetanus (Tetanuskontraktion) ist für das Herz somit nicht tetanisierbar. Diese Eigenschaft ist sinnvoll, weil das Herz die Ruhepause benötigt, um sich wieder mit Blut zu füllen.



**Abb. 14.14:** Links Erregungsausbreitung im Herzen bei jeder Herzaktion (violett = erregte Herzmuskelabschnitte). Rechts die dazugehörigen Aktionspotenziale.

# Überblick: Die Pflege-Ausbildung bei Elsevier



ISBN 978-3-437-26803-8  
€ 32,99

Seit Jahren der Standard  
in der Pflegeausbildung:  
Pflege Heute und Altenpflege heute

Neu für Sie: Alle Ausbildungsinhalte  
kombinierbar zur individuellen  
Schwerpunktsetzung und mit Blick  
auf alle Altersstufen.



ISBN 978-3-437-26774-1  
€ 74,99

oder



ISBN 978-3-437-28502-8  
€ 69,99



ISBN 978-3-437-25401-7  
€ 49,99



ISBN 978-3-437-27942-3  
€ 39,99

oder



ISBN 978-3-437-25021-7  
€ 29,99

# BIOLOGIE ANATOMIE PHYSIOLOGIE – unentbehrlich für Ausbildung und Prüfung!

Die 8. Auflage dieses Lehrbuchklassikers verschafft Auszubildenden in der Pflege und allen Gesundheitsberufen Sicherheit in den Grundlagenfächern **BIOLOGIE ANATOMIE PHYSIOLOGIE**.

Ob Prüfung oder Praxis: In diesem Buch erfahren Sie, wie der menschliche Körper aufgebaut ist, wie er funktioniert, und wie er sich im Laufe des Lebens und durch Krankheiten verändert. All dies lernen Sie mit Freude an den ästhetischen Abbildungen, dem didaktisch hochwertigen Konzept und der klaren Sprache.

Was macht **BIOLOGIE ANATOMIE PHYSIOLOGIE** besonders?

- Gegliedert nach den Organsystemen des Körpers steht dennoch die ganzheitliche Betrachtung des Menschen im Mittelpunkt
- Konkrete Examenshilfe dank Lernzielübersichten zu Beginn und Wiederholungsfragen am Ende eines jeden Kapitels
- Querverweise vernetzen die Inhalte miteinander
- Farblich hinterlegte Textkästen bilden den Brückenschlag zu Pflege und Medizin
- Rund 500 farbige Abbildungen illustrieren den Lernstoff
- Extra-Kapitel „Kinder“ sowie „Der ältere Mensch“ berücksichtigen die verschiedenen Lebensalter

**Neu in der 8. Auflage:**

- Anatomische und physiologische Besonderheiten nach Altersgruppe hervorgehoben
- Übersichtstabellen zum besseren Verständnis anatomischer Strukturen und physiologischer Prozesse
- Projektionen von Zeichnungen auf den Körper für die leichte Lokalisierung

**Dieses Buch kann mehr!**

Mit Buch und Internet sicher durch Prüfung und Praxisalltag – besser geht's nicht! Mit dem Code im Buch haben alle Leser kostenlosen Online-Zugriff\* u.a. auf:

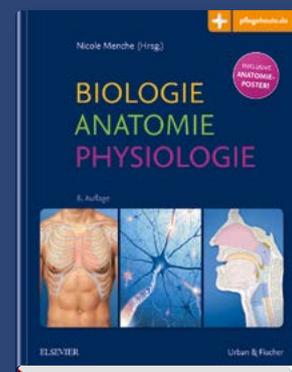
- Interaktive Prüfungsfragen
- Interaktive Fallbeispiele
- Anatomie zum Anhören
- Mindmaps

Außerdem finden Dozenten auf [pflegeheute.de](http://pflegeheute.de) exklusive Materialien für den Unterricht, z.B.:

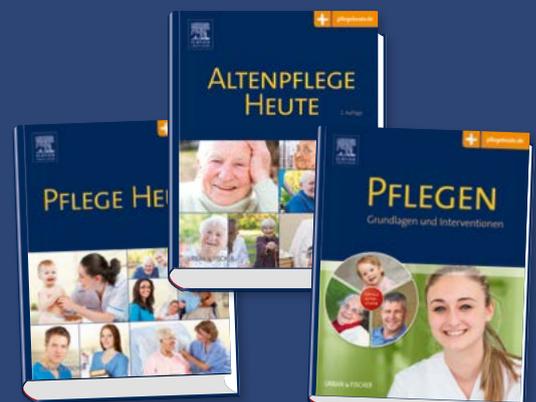
- Präsentationen
- Abbildungen
- Malvorlagen
- Animationen
- Fälle
- Arbeitsblätter mit Lösungen

**Das Plus:** Anatomie-Poster mit Skelett sowie Arterien und Pulstaststellen

## Die ideale Kombination



plus



[www.elsevier.de](http://www.elsevier.de)  
[www.elsevier.com](http://www.elsevier.com)

**ELSEVIER**

ISBN 978-3-437-26803-8



9 783437 268038