

© peterschreiber.media – stock.adobe.com

1 Anatomie und Physiologie

1.1 Herz

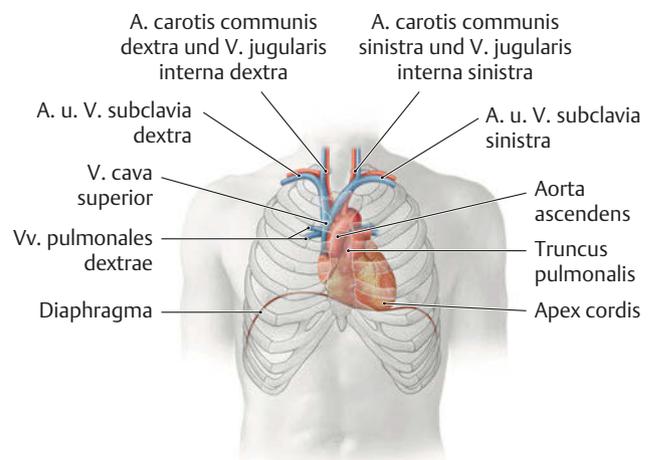
1.1.1 Feinbau, Gefäßversorgung und Blutfluss

Das Herz arbeitet als Pumpe, die sauerstoffarmes Blut zur Lunge (rechtes Herz) und sauerstoffreiches Blut in den Körper (linkes Herz) befördert. Es liegt im **Mediastinum** und ist vom **Herzbeutel** (Perikard) umgeben (► **Abb. 1.1**). Das Herz hat die Form eines Kegels mit **Herzbasis** und **Herzspitze**, **Vorderwand** und **Hinterwand**.

Rechte und linke Herzhälfte werden durch die **Herzscheidewand** (Septum) voneinander getrennt (► **Abb. 1.2**). Jede Herzhälfte besitzt einen **Vorhof** (Atrium) und eine **Kammer** (Ventrikel). Zwischen den Kammern und den Vorhöfen bzw. den Kammern und den großen Gefäßen (Aorta und Truncus pulmonalis) sorgen insgesamt **4 Klappen**, die in Segel- und Taschenklappen unterteilt werden, dafür, dass das Blut nur in eine Richtung fließt:

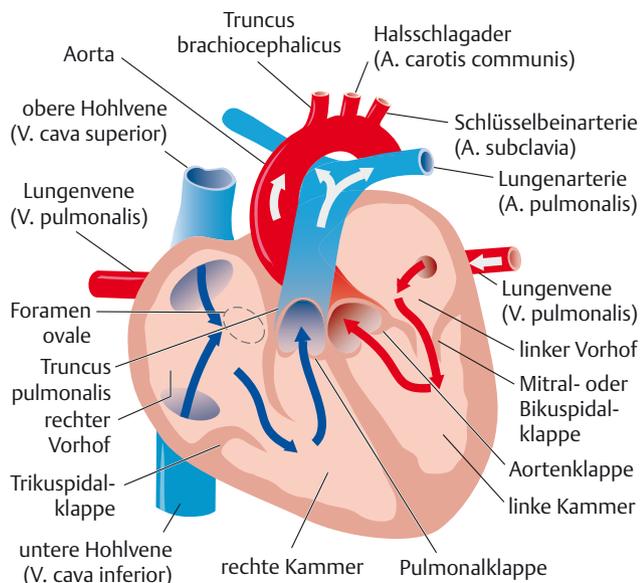
- **Segelklappen** (Atrioventrikular- oder AV-Klappen):
 - Die **Mitralklappe** (Bikuspidalklappe, linke AV-Klappe) besteht aus 2 Segeln und trennt den linken Vorhof von der linken Kammer.
 - Die **Trikuspidalklappe** (rechte AV-Klappe) besteht aus 3 Segeln und trennt den rechten Vorhof von der rechten Kammer.

Abb. 1.1 Lages des Herzens im Brustkorb.



Das Herz liegt zu etwa $\frac{2}{3}$ links der Mittellinie, die Herzachse verläuft schräg nach unten-links. Gefäße, die sauerstoffreiches Blut führen, sind rot dargestellt, Gefäße, die sauerstoffarmes Blut führen, blau. *Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. 3.1 Lage des Herzens im Thorax. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas - Innere Organe. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018.*

Abb. 1.2 Blutfluss durch das Herz.



Das venöse Blut aus dem Körperkreislauf gelangt über den rechten Vorhof und durch die Trikuspidalklappe in die rechte Kammer, die es durch die Pulmonalklappe in den Lungenkreislauf weiterpumpt. Aus dem Lungenkreislauf erreicht das jetzt sauerstoffreiche Blut zunächst den linken Vorhof. Von dort fließt es durch die Mitralklappe in die linke Kammer. Diese pumpt es durch die Aortenklappe in die Aorta und damit in den Körperkreislauf. Die Pfeile stellen die Flussrichtung dar: blaue Pfeile = sauerstoffarmes Blut; rote Pfeile = sauerstoffreiches Blut. Abb aus: *I care Krankheitslehre. 2. Auflage, Thieme; 2020 nach Bommas-Ebert U, Teubner P, Vos R, Hrsg. Kurzlehrbuch, Anatomie und Embryologie. 3. Auflage, Thieme; 2011.*

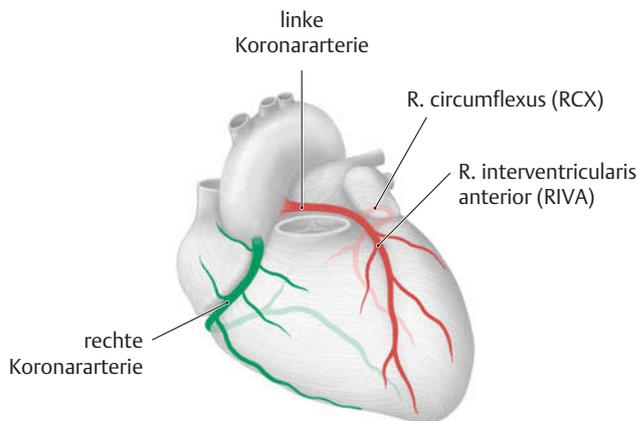
- **Taschenklappen** (Semilunarklappen):
 - Die **Pulmonalklappe** liegt zwischen rechter Kammer und Truncus pulmonalis.
 - Die **Aortenklappe** liegt zwischen linker Kammer und Aorta.

Von innen nach außen besteht die Herzwand aus 4 Schichten: **Endokard, Myokard, Epikard** und **Perikard**. Zwischen Epikard und Perikard liegt die **Perikardhöhle**.

Das Herz wird durch die **Koronargefäße** (Herzkranzarterien, Koronararterien) mit Sauerstoff versorgt (► Abb. 1.3). Die **rechte Herzkranzarterie** (A. coronaria dextra) versorgt meist die Wand des rechten Vorhofs und der rechten Herzkammer. Die **linke Herzkranzarterie** teilt sich in den Ramus interventricularis anterior (RIVA oder LAD) und den Ramus circumflexus (RCX). Sie versorgen bei den meisten Menschen den linken Vorhof, die linke Herzkammer und die Herzscheidewand.

Sauerstoffarmes Blut fließt über die **Herzvenen** ab, die weitgehend parallel zu den arteriellen Gefäßen verlaufen. Sie münden in den **Sinus coronarius** (Koronarvenensinus). Dieser umgibt das Herz und führt das Blut neben der oberen Hohlvene in den rechten Vorhof.

Abb. 1.3 Versorgungsbereiche der Herzkranzgefäße.



Verlauf der Koronararterien (Ansicht auf das Herz von vorn). Rot: linke Koronararterie (A. coronaria sinistra = LCA), verzweigt sich in ihre 2 Hauptäste (Ramus circumflexus = RCX und Ramus interventricularis anterior = RIVA). Grün: rechte Koronararterie (A. coronaria dextra = RCA). Abb. aus: *Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al. 3.14 Koronararterien: Versorgungstypen am Herzen. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U et al., Hrsg. Prometheus LernAtlas - Innere Organe. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018.*

📌📌📌 Fazit – Das müssen Sie wissen

Herz – Feinbau, Gefäßversorgung, Blutfluss

Das Herz liegt im **Mediastinum** und ist vom **Herzbeutel** umgeben. Die **Herzscheidewand** (Septum) trennt das Herz in eine rechte und eine linke Hälfte. Die rechte Herzhälfte pumpt sauerstoffarmes Blut zur Lunge, die linke sauerstoffreiches Blut in den Körper. Jede Herzhälfte besitzt einen **Vorhof** (Atrium) und eine **Kammer** (Ventrikel). Man unterscheidet **Segelklappen** (Mitralklappe und Trikuspidalklappe) und **Taschenklappen** (Pulmonalklappe und Aortenklappe). Die Klappen sorgen dafür, dass das Blut nur in eine Richtung fließt.

Das Blut durchfließt das Herz in folgender Reihenfolge:

- rechtes Herz: obere/untere Hohlvene → rechter Vorhof → Trikuspidalklappe → rechte Herzkammer → Pulmonalklappe → Truncus pulmonalis
- linkes Herz: Lungenvenen → linker Vorhof → Bikuspidalklappe → linke Herzkammer → Aortenklappe → Hauptschlagader

Von innen nach außen besteht die Herzwand aus 4 Schichten: **Endokard, Myokard, Epikard** und **Perikard**. Zwischen Epikard und Perikard liegt die **Perikardhöhle**.

Die **Koronargefäße** versorgen das Herz mit Sauerstoff.

1.1.2 Erregungsbildung, Erregungsleitung, Herzfrequenz

Das Herz schlägt unabhängig vom Nervensystem des Körpers in einem Grundrhythmus. Dabei erzeugen spezialisierte Herzmuskelzellen (Schrittmacherzellen) des herzeigenen **Erregungsbildungssystems** elektrische Impulse, die von den Zellen des **Erregungsleitungssystems** weitergegeben werden. Man spricht auch von einem Reizbildungs- bzw. Reizleitungssystem (RLS).

Primärer Schrittmacher ist der **Sinusknoten** in der Wand des **rechten Vorhofs**. Die dort spontan entstehende Erregung breitet sich über die Zellen des Vorhofmyokards aus und erreicht den **AV-Knoten**. Er leitet den Impuls nur verzögert an das **His-Bündel** weiter. Durch diese **AV-Knoten-vermittelte Verzögerung der Erregungsüberleitung von den Vorhöfen auf die Kammern** beginnt die Kammerkontraktion erst, wenn die Vorhofkontraktion beendet ist, sodass die Kammern ausreichend Zeit haben, sich mit Blut zu füllen. Über die **Tawara-Schenkel** wird die Erregung an die **Purkinje-Fasern** weitergegeben. Sie sind für die Erregung der Muskelzellen der Herzkammern verantwortlich.

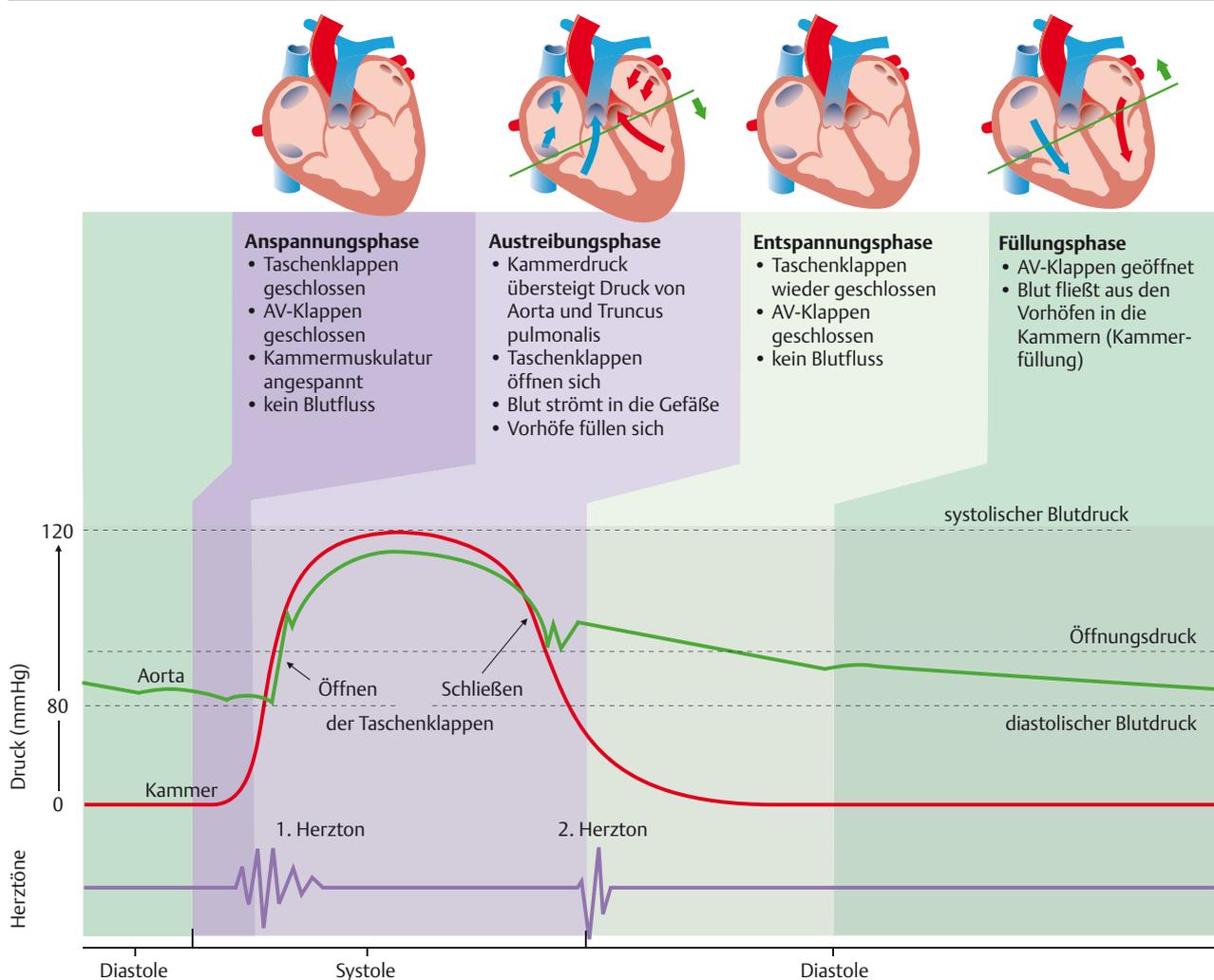
Die normale **Herzfrequenz** wird also vom Sinusknoten bestimmt und beträgt beim Erwachsenen 60–100 Schläge/min. Bei Neugeborenen und Säuglingen ist sie mit 120–150 Schlägen/min fast doppelt so hoch. Fällt der Sinusknoten aus, springen zunächst der AV-Knoten (sekundärer Schrittmacher, Frequenz

40–50 Schläge/min) und nach dessen Ausfall das His-Bündel (tertiärer Schrittmacher, Frequenz 20–30 Schläge/min) ein. Bei Bedarf passt das vegetative Nervensystem (Sympathikus und Parasympathikus) die Herzleistung (bestimmt durch die Frequenz, das Schlagvolumen bzw. die Kontraktionskraft und die Überleitungsgeschwindigkeit im AV-Knoten) den Umständen an. Unter dem Einfluss des Sympathikus steigt das **HZV**, unter dem Einfluss des Parasympathikus nimmt es ab. Bei einem gesunden Erwachsenen liegt das **Herzzeitvolumen (HZV)** in Ruhe normalerweise bei ca. 5 l/min und das **Schlagvolumen** bei ca. 70 ml.

1.1.3 Herzzyklus

Ein **Herzzyklus** besteht aus einer Kontraktionsphase (Systole) und einer Erschlaffungsphase (Diastole; ► **Abb. 1.4**).

Abb. 1.4 Phasen der Herztätigkeit.



Anspannungs- und Austreibungsphase gehören zur Systole, Entspannungs- und Füllungsphase zur Diastole. Die untere Hälfte der Abbildung zeigt die Druckverhältnisse in der linken Herzkammer (rot) und in der Aorta (grün) während der Herzaktion. Überschreitet in der Anspannungsphase der Druck in der Herzkammer denjenigen in der Aorta (Öffnungsdruck), geht die Aortenklappe auf und die Austreibungsphase beginnt. Dieser Zeitpunkt fällt mit dem 1. Herzton zusammen (untere Linie, blau). Der 2. Herzton entsteht beim Schließen der Aortenklappe am Ende der Austreibungsphase. Am rechten Herzen laufen die Phasen analog und fast gleichzeitig ab, die Pulmonalklappe ist auf der Abbildung nicht dargestellt. *Abb. aus: I care Anatomie, Physiologie. 2. Auflage, Thieme; 2020. Nach: Schwegler J, Lucius R, Der Mensch – Anatomie und Physiologie. Hrsg. 7. überarbeitete Auflage. Thieme; 2021.*

Systole

In der Systole ziehen sich die Herzmuskelzellen zusammen und pressen das Blut aus den beiden Herzkammern in die abgehenden Gefäße: die Aorta (→ Körperkreislauf) bzw. den Truncus pulmonalis (→ Lungenkreislauf). Man unterscheidet eine Anspannungs- und eine Austreibungsphase.

Während der **Anspannungsphase** spannt sich die Kammermuskulatur an. Der Druck in den beiden Herzkammern steigt. Dadurch schließen sich die Segelklappen. Die Taschenklappen sind noch geschlossen, da der Druck noch nicht ausreicht, um sie zu öffnen.

In der **Austreibungsphase** übersteigt der Druck in den Herzkammern die Drücke in der Aorta bzw. im Truncus pulmonalis. Die Segelklappen sind weiterhin geschlossen. Die Taschenklappen öffnen sich und das Blut kann aus den beiden Herzkammern in die Gefäße strömen. Durch den Unterdruck bei der Kontraktion des Kammermyokards füllen sich die Vorhöfe mit Blut. Die Austreibungsphase ist beendet, wenn der Druck in den Kammern unter den Druck in den abführenden Gefäßen fällt und sich die Taschenklappen wieder schließen.

Diastole

In der Diastole entspannen sich die Herzmuskelzellen wieder, sodass das Blut aus den Vorhöfen in die Herzkammern strömt. Man unterscheidet eine Entspannungs- und eine Füllungsphase.

Die **Entspannungsphase** beginnt, wenn der Druck in den Herzkammern wieder unter den Druck in der Aorta bzw. im Truncus pulmonalis gefallen ist und die Taschenklappen wieder geschlossen sind. Da auch die Segelklappen geschlossen sind, fließt noch kein Blut von den Vorhöfen in die Kammern.

Erst wenn in der **Füllungsphase** der Druck in den Kammern unter den Druck in den Vorhöfen fällt, öffnen sich die Segelklappen und das Blut strömt aus den Vorhöfen in die beiden Herzkammern. Das Herz füllt sich wieder.

1.1.4 Herztöne und Herzgeräusche

Beim Gesunden hört man gewöhnlich **2 Herztöne** (► Abb. 1.4; ► Audio 1.1; ► Audio 1.2). Sie entstehen beim Verschluss der Herzklappen:

- **1. Herzton:** Anspannung des Kammermyokards und Verschluss der AV-Klappen
- **2. Herzton:** Schluss der Taschenklappen

Audio

Audio 1.1 Normale Herztöne.



1. Herzton (HT) und 2. HT sind dumpf. Der 2. HT ist schärfer und kürzer als der 1. HT. Da sie aus 2 Komponenten bestehen, können sie physiologischerweise gespalten sein. Von der Herzspitze zur Herzbasis hin wird der 1. HT zunehmend leiser (und kann sogar völlig verschwinden), während der 2. HT lauter wird. Bei normaler Herzfrequenz ist die auskultatorische Systole (Abstand vom 1. zum 2. HT) kürzer als die Diastole (Abstand vom 2. zum nächsten HT). Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018

Audio

Audio 1.2 Abgeschwächter 1. Herzton, z. B. bei Herzinsuffizienz, arterieller Hypotonie oder verlängerter AV-Überleitung.



Die Ursache ist eine kardiale Kontraktilitätsschwäche, z. B. bei Herzinsuffizienz, arterieller Hypotonie oder verlängerter AV-Überleitung. Die Klappensegel sind unmittelbar vor der Ventrikelkontraktion bereits sehr nahe beisammen, sodass die Klappen aus schon nahezu geschlossener Stellung geschlossen werden. Dadurch fällt der 1. HT leiser aus. Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018

Herzgeräusche entstehen durch Verwirbelungen des Blutstroms und weisen i. d. R. auf krankhafte Veränderungen hin (► **Audio 1.3**, ► **Audio 1.4**, ► **Audio 1.5**, ► **Audio 1.6**, ► **Audio 1.7**, ► **Audio 1.8**). Ursache sind meist die Herzklappen, doch können auch Defekte der Herzscheidewand, ein offener Ductus arteriosus Botalli oder veränderte Fließeigenschaften (z. B. bei Anämie) verantwortlich sein.

Die Herzgeräusche werden nach ihrer Entstehung eingeteilt in:

- organische Geräusche durch Strömungsanomalien an Klappenfehlern oder infolge kardialer Fehlbildungen
- funktionelle Geräusche durch ein erhöhtes Schlagvolumen mit erhöhter Flussgeschwindigkeit (z. B. bei körperlicher Arbeit, Fieber, Anämie, Hypertonie, Hyperthyreose, Schwangerschaft); am Herzen bestehen keine organischen Veränderungen.
- akzidentelle Geräusche bei Herzgesunden (lage-/bewegungsabhängig, v. a. bei Kindern und Jugendlichen)

Charakterisiert werden Herzgeräusche durch den Zeitpunkt ihres Auftretens im Herzzyklus (diastolisch, systolisch), ihre Lautstärke, ihr Geräuschemuster (crescendo, decrescendo, spindel- oder bandförmig), die Stelle, an der sie am lautesten abgehört werden können (Punctum maximum, P. m.) und ob das Geräusch fortgeleitet wird.

? Audio

Audio 1.3 Geräusche der Aortenklappe bei Aortenstenose.



leichte Aortenstenose (AS): raues oder kratzendes, mittel- bis tieffrequentes Systolikum bei Aortenklappendeformierung und leichter AS. Das Geräuschmaximum fällt in die frühe bis mittlere Systole. *Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018*

? Audio

Audio 1.4 Geräusche der Aortenklappe bei Aortenstenose und Aorteninsuffizienz.



Kombiniertes Aortenvitium (Aortenstenose und -insuffizienz): Zu hören ist das klassische Auf-und-ab-Geräusch von Aortenstenose und -insuffizienz, ein tieffrequentes, scharfes, spindel-förmiges systolisches Geräusch (SM) und ein helles, frühes diastolisches Geräusch (DM). Der 2. HT ist abgeschwächt. *Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018*

? Audio

Audio 1.5 Geräusche der Mitralklappe.



Leichte Mitralsuffizienz (MI): Das Geräusch der MI ist meist holosystolisch, bandförmig und hochfrequent, kann aber auch als früh- bis spätsystolisches Decrescendogeräusch auftreten. Es ist oft (sehr) leise (1–2/6) und von fauchendem bis blasendem Charakter. Im Beispiel ist über der Herzspitze ein leises, helles, blasendes systolisches Geräusch zu hören. *Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018*

? Audio

Audio 1.6 Geräusch der Pulmonalklappe.



Pulmonalstenose: Zu hören ist ein lautes (4–5/6), langes, scharfes bzw. raues früh- bis mesosystolisches Geräusch. Der 2. HT ist gespalten, der Aortenton (A) wird von dem Geräusch überlagert. Der Pulmonalton (P) ist verzögert und am Ende des Geräuschs gerade eben hörbar. Das Geräusch entsteht durch Wirbelbildungen hinter der Pulmonalklappe. *Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018*

? Audio

Audio 1.8 Geräusche des Perikards.



Perikardreiben: Die Geräusche entstehen durch Aneinanderreiben der meist entzündlich fibrinös veränderten Perikardblätter im Rahmen einer Perikarditis. Sie sind ohrnah, schabend, reibend oder kratzend und können mesosystolisch und meso- bis enddiastolisch zu hören sein. *Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018*

? Audio

Audio 1.7 Geräusche des Vorhofseptums.



Vorhofseptumdefekt (ASD): Typisch ist ein früh- bis mittelsystolisches, spindelförmiges raues Austreibungsgeräusch, das vor dem 2. HT endet. Der 2. HT ist konstant gespalten (A=2. Aortenton, P=2. Pulmonalton). Die fixierte Spaltung ist pathognomonisch für den ASD. Der 1. HT ist gewöhnlich betont. *Aus: Middeke M. Normale Herztöne und Extratöne. In: Fießl H, Middeke M, Hrsg. Duale Reihe Anamnese und Klinische Untersuchung. 6., aktualisierte Auflage. Thieme; 2018*

✓✓✓ Fazit – Das müssen Sie wissen

Herz – Erregungsbildung, Erregungsleitung, Herzzyklus

Elektrische Impulse, die für den Grundrhythmus sorgen, werden wie folgt weitergeleitet: Sinusknoten (primärer Schrittmacher; Erzeugung der Impulse) → über Vorhofmyokard zum **AV-Knoten** (sekundärer Schrittmacher) → verzögert zum **His-Bündel** (tertiärer Schrittmacher) → **Tawara-Schenkel** → **Purkinje-Fasern** → Erregung der Muskelzellen der Herzkammern

- **Herzfrequenz:** beim Erwachsenen 60–100 Schläge/min; bei Neugeborenen und Säuglingen: 120–150 Schläge/min
- **Schlagvolumen:** ca. 70 ml
- **Herzzeitvolumen (HZV):** ca. 5 l/min

Der **Herzzyklus** besteht aus 2 Phasen:

- **Systole:** Kontraktionsphase; Blut wird aus den Kammern in die Aorta bzw. den Truncus pulmonalis gepumpt; besteht aus der Anspannungs- und der Austreibungsphase
- **Diastole:** Erschlaffungsphase; Herzkammern werden mit Blut gefüllt; besteht aus der Entspannungs- und der Füllungsphase

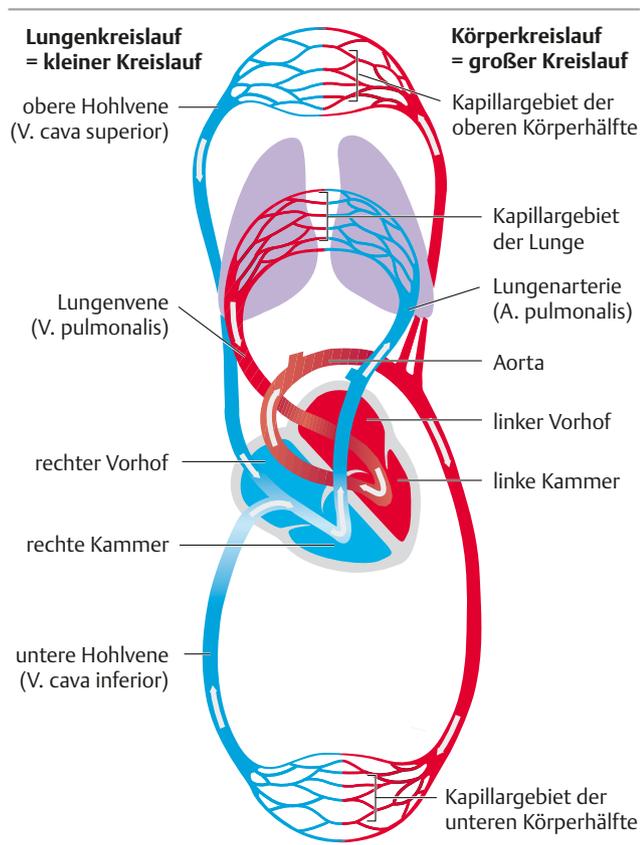
Herztöne entstehen beim Verschluss der Herzklappen. Beim 1. Herzton spannt sich das Kammermyokard an und die AV-Klappen schließen sich. Beim 2. Herzton schließen die Taschenklappen. **Herzgeräusche** sind i.d.R. pathologisch und mögliche Hinweise auf krankhafte Veränderungen.

1.2 Blutkreislauf

In den Blutgefäßen fließt das Blut vom Herzen durch die Organe und zurück zum Herzen. Zusammen mit dem Herzen bilden die Blutgefäße das **Herz-Kreislauf-System**. Dessen Hauptaufgabe ist der Transport von **Atemgasen** (Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid) und **Nähr- und Abfallstoffen**, die bei den Stoffwechselfvorgängen gebildet werden. Eine weitere wichtige Aufgabe des Blutkreislaufs ist seine Beteiligung an der **Steuerung des Wasserhaushalts** und an der **Wärmerregulation** des Organismus.

Das Kreislaufsystem besteht aus 2 Teilkreisläufen (► Abb. 1.5): Der **Körperkreislauf** (großer Kreislauf) versorgt die Organe und Gewebe mit Sauerstoff und Nährstoffen und transportiert die entstehenden Stoffwechselprodukte ab. Im **Lungenkreislauf** (kleiner Kreislauf) wird das Blut mit Sauerstoff angereichert und Kohlendioxid abgegeben.

Abb. 1.5 Körperkreislauf und Lungenkreislauf.



Gefäße, die sauerstoffreiches Blut führen, sind rot gezeichnet, Gefäße, die sauerstoffarmes Blut führen, blau. Die Pfeile geben die Richtung des Blutflusses an. Die Darstellung ist vereinfacht, gezeigt werden nur die großen Gefäße. Abb. aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Übersicht und prinzipieller Wandbau. In: Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Hrsg. Prometheus LernAtlas - Innere Organe. Illustrationen von M. Voll und K. Wesker. 5. Auflage. Stuttgart: Thieme; 2018

1.2.1 Gefäßarten

Es gibt 2 Gefäßarten: **Arterien** und **Venen**. Die **Kapillaren** bilden den Übergang von den arteriellen zu den venösen Blutgefäßen.

Arterien

Die **Arterien** transportieren das Blut vom Herzen weg: In den **Arterien des Körperkreislaufs** (z. B. in der Arteria femoralis und im Truncus coeliacus) fließt **sauerstoffreiches** Blut vom Herzen zu den Organen, in den **Arterien des Lungenkreislaufs** (Lungenarterien, Arteriae pulmonales) fließt **sauerstoffarmes** Blut vom Herzen zur Lunge. Arterien sind als Widerstandsgefäße stark kontraktionsfähig, aber wenig dehnbar.

Die Arterien verzweigen sich in ihrem Verlauf, wobei der Gefäßdurchmesser immer weiter abnimmt. Sehr kleine Arterien mit einem Durchmesser von etwa 40–100 µm werden als **Arteriolen** bezeichnet. Sie gehen schließlich in die Kapillaren über.

Die Arterien des Körperkreislaufs bilden zusammen mit dem kontrahierten linken Ventrikel das **Hochdrucksystem** (► Abb. 1.6). Der Name rührt daher, dass dort mit durchschnittlich ca. 100 mmHg ein wesentlich höherer Druck herrscht als im Niederdrucksystem (s. u.). Dieser Druck ist notwendig, damit das Blut auch weiter vom Herzen entfernte Organe erreichen kann. Er wird auch als **arterieller Blutdruck** bezeichnet. Im Hochdrucksystem befinden sich etwa 15% der Gesamtblutmenge des Körpers.

Venen

Die Venen transportieren das Blut zum Herzen zurück: In den Venen des **Körperkreislaufs** (z. B. in der Vena femoralis) fließt **sauerstoffarmes** Blut von den Organen zum Herzen, in den **Venen des Lungenkreislaufs** (Lungenvenen, Venae pulmonales) strömt dagegen **sauerstoffreiches** Blut von der Lunge zum Herzen. Venen sind als Kapazitätsgefäße stark dehnbar und wenig kontraktionsfähig; sie dienen der **Blutspeicherung**.

Venen mit einem geringen Durchmesser (ca. 40–100 µm) bezeichnet man als **Venolen**. Sie gehen aus den Kapillaren hervor. Durch Vereinigung mit anderen Venolen nimmt ihr Durchmesser in Richtung Herz zu, bis sie schließlich in die größeren Venen münden.

Alle Venen des Körperkreislaufs (z. B. die Pfortader), die arteriellen und die venösen Blutgefäße des Lungenkreislaufs (z. B. die Arteriae pulmonales und die Venae pulmonales), das rechte Herz, der linke Vorhof und während der Diastole auch der linke Ventrikel gehören zusammen mit den Kapillaren zum **Niederdrucksystem** (► Abb. 1.6). Dieses enthält 85% der Gesamtblutmenge.



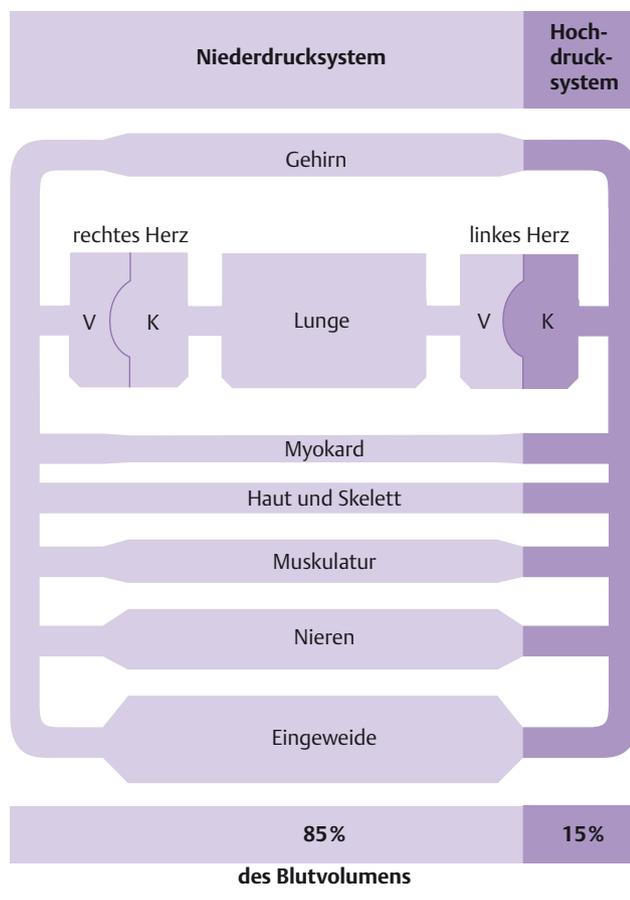
Merke

Arterien und Venen

Alle vom Herzen wegführenden Gefäße werden als Arterien bezeichnet, alle zum Herzen hinführenden Gefäße als **Venen**.

An Armen und Beinen gibt es **oberflächliche** und **tiefe Venen**, die durch **Perforansvenen** miteinander verbunden sind. Die Venenklappen der Perforansvenen lassen nur einen Blutfluss von außen nach innen zu, sodass das Blut aus den oberflächlichen Venen über die tiefen Venen zum Herzen hin transportiert wird.

Abb. 1.6 Hoch- und Niederdrucksystem.



85% des Blutvolumens zirkulieren im Niederdrucksystem (Venen und Lungenkreislauf), 15% zirkulieren im Hochdrucksystem (Arterien). V=Vorhof, K=Kammer. Abb aus: *I care Anatomie, Physiologie. 2. Auflage. Thieme; 2020. Nach: Grissmer S. Blutkreislauf. In: Behrends J, Bischofberger J, Deutzmann R, Ehmke H, Frings S, Grissmer S, Hoth M, Kurtz A, Leipziger J et al., Hrsg. Duale Reihe Physiologie. 4. Auflage. Thieme; 2021.*

Kapillaren

Die Kapillaren bilden ein Netz aus **sehr kleinen Gefäßen**. Sie schließen sich im Blutverlauf an die Arteriolen an und gehen in die Venolen über. Die dem Kapillarnetz vorgeschalteten Arteriolen, das Kapillarnetz und die darauffolgenden Venolen werden auch unter dem Begriff **terminale Strombahn** zusammengefasst. Dort, wo die Kapillaren aus den Arteriolen hervorgehen, liegen ihrer Wand Muskelzellen an. Sie bilden den präkapillaren Sphinkter, der bei der Regulation des Blutflusses in das Kapillarnetz eine Rolle spielt.

Der Durchmesser der Kapillaren bleibt über deren gesamten Verlauf weitestgehend unverändert. Ihre Wand ist so dünn, dass kleine Moleküle hindurchdiffundieren können. So können Nährstoffe und Atemgase das Gewebe erreichen bzw. aus dem Gewebe aufgenommen werden. Dieser Prozess wird auch als **Mikrozirkulation** bezeichnet.

Die Anzahl der Kapillaren ist in den verschiedenen Organen unterschiedlich. Ein dichtes Kapillarnetz weisen z.B. die Lunge, die Leber und die Muskulatur auf, während die Sehnen und Bän-

der nur wenig kapillarisiert sind. Die Linse und die Hornhaut des Auges sowie Knorpel sind frei von Kapillaren.

Bei der Blutversorgung der Leber und der Hypophyse sind 2 Kapillargebiete hintereinandergeschaltet. Da das Gefäß, das die beiden Kapillargebiete jeweils miteinander verbindet, als Pfortader bezeichnet wird, spricht man vom hepatischen bzw. hypophysären **Pfortadersystem**.

1.2.2 Gefäßwand

Die Wand größerer Gefäße besteht aus 3 Schichten: innen die **Intima** (Tunica intima oder T. interna; aus Endothel mit einer Schicht aus lockerem Bindegewebe), als mittlere Schicht die **Media** (Tunica media; aus Muskelzellen, bei einigen Arterien mit elastischen Fasern), außen die **Adventitia** (Tunica adventitia oder T. externa; aus lockerem Bindegewebe). Bei Arterien und manchen Venen befindet sich zwischen der Intima und der Media noch eine weitere Lage aus elastischen Fasern, die Lamina elastica interna.

Arterien. Die Wände der Arterien sind relativ dick, v.a. die herznahen Arterien. Die Media ist bei Arterien stärker ausgeprägt als bei Venen. Bei herznahen Arterien enthält die Media neben den Muskelzellen viele elastische Fasern (Arterie vom elastischen Typ). Die Elastizität sorgt dafür, dass das Blut relativ gleichmäßig durch das Gefäßsystem strömt, obwohl es vom Herzen stoßweise gepumpt wird (**Windkesselleffekt**). Je weiter die Arterien vom Herzen entfernt sind, umso geringer ist der Anteil der elastischen Fasern und umso größer ist die relative Dicke der Muskelschicht (Arterien vom muskulären Typ; **Widerstandsgefäße**). Diese Arterien regulieren die Durchblutung der von ihnen versorgten Organe.

Venen. Viele Venen verlaufen parallel zu den entsprechenden Arterien. Dabei entspricht ihr Umfang meist dem der begleitenden Arterien. Da der Blutdruck in den Venen wesentlich geringer ist als in den Arterien, sind ihre Wände im Verhältnis zu denen der Arterien relativ dünn. Das bedeutet, dass der vom Gefäß umschlossene Hohlraum (Gefäßlumen) bei den Venen größer ist als bei den entsprechenden Arterien. Dies trägt dazu bei, dass sich der Großteil des Gesamtblutvolumens im Niederdrucksystem befindet. Venen werden deshalb auch als **Kapazitätsgefäße** bezeichnet. Von den Schichten der Gefäßwand ist vor allem die Media weniger ausgeprägt als bei den Arterien, am deutlichsten ist sie noch in den Beinvenen vorhanden.

Die Intima der Venen bildet die **Venenklappen**. Sie verhindern ein Zurückfließen des Bluts und ermöglichen so den zielgerichteten Transport des Bluts zum Herzen hin. Der Blutfluss wird in den Venen durch die Kontraktion der umgebenden Skelettmuskeln unterstützt (**Muskelpumpe**). Die wichtigste Muskelgruppe für den Abtransport des venösen Bluts aus den unteren Extremitäten sind die Wadenmuskeln, die über alltägliche Bewegungen wie Gehen, Radfahren, Treppensteigen aktiviert werden. Unterstützend wirkt außerdem die Sogwirkung des rechten Herzens in der Kammersystole (**Ventilebenenmechanismus**). Zudem werden die Venen, bedingt durch den parallelen Verlauf mit den Arterien, durch die arterielle Pulswelle komprimiert (**arteriove-**