

### 1.4.3 Gefäßversorgung

Die Gefäßversorgung erfolgt lediglich per Diffusion aus den benachbarten Gefäßen (z. B. Interkostalarterien).

### 1.4.4 Innervation

Die **viszerale Pleura** wird von den Nerven mitversorgt, welche die Lunge innervieren. Sie ist **nicht somatosensibel** innerviert.

Die **parietale Pleura** ist sensibel innerviert und sehr schmerzempfindlich. Sie wird von Nerven mitversorgt, die eine enge topografische Beziehung zur Pleura haben: **Im Bereich der Pars costalis sind dies die Interkostalnerven**, im Bereich der Pars diaphragmatica und der Pars mediastinalis ist es der **N. phrenicus**.

Wie alle inneren Organe wird auch die Pleura sympathisch (**Plexus pulmonalis**) und parasympathisch (**N. vagus**) innerviert.

## 1.5 Atemmechanik

Da die Lunge durch ihre elastischen Rückstellkräfte permanent versucht, sich zusammenzuziehen, der Thorax aber relativ starr ist, entsteht zwischen den beiden Pleurablättern ein **Unterdruck**. Dieser verhindert, dass die Lunge in sich zusammenfällt, und bewirkt eine Ausdehnung der Lunge bei Erweiterung des Brustkorbs. Da die Lunge also Volumenänderungen nur passiv folgen kann, sind die Veränderungen der Zwerchfell- und Thoraxstellung bei der Atmung wichtig (Tab. 1.3).

#### LERNTIPP

Prägen Sie sich im Zusammenhang mit der **Atemmechanik** die einzelnen Phasen sowie die entsprechenden beteiligten Strukturen (Atemmuskulatur) gut ein. Bei **tiefer Inspiration vergrößern** sich bei Erwachsenen der **transversale und der sagittale Durchmesser** des Thorax.

#### FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN



- **!!** Am **Lungenhilum** gehen **Pleura parietalis** und **Pleura visceralis** ineinander über.
- **!!** Die Umschlagfalte am Übergang von der Pleura pulmonalis zur Pleura parietalis (**Lig. pulmonale**) zieht vom Hilus in Richtung Zwerchfell zum Margo inferior der Lunge.
- **!!** Die physiologische Menge an **Pleuraflüssigkeit** beträgt pro Seite ca. **5 ml**.
- **!** Bei der **Einatmung** werden die **Thorax- und Diaphragmabewegungen** über den Pleuraspalt und die enthaltene Flüssigkeit auf die Lunge übertragen.
- **!** Das **pleurafreie Dreieck** vor dem Herzen wird von den **Recessus costomediastinales** begrenzt.
- **!** Der rechte **Recessus costomediastinalis anterior** grenzt u. a. an den **mittleren Lappen der rechten Lunge**.
- **!** Bei einem **Pleuraerguss** lässt sich Ergussflüssigkeit beim stehenden Patienten mittels Röntgen oder Sonografie im **Recessus costodiaphragmaticus** nachweisen.
- **!!** Die **Pars costalis** der parietalen Pleura wird sensibel durch die **Interkostalnerven** innerviert.
- **!** Bei **tiefer Inspiration** vergrößern sich bei Erwachsenen der transversale und der sagittale Durchmesser des Thorax.

## 1.6 Cor (Herz)

Das Herz (Cor) ist ein muskuläres Hohlorgan und als Pumpe in den Blutkreislauf eingeschaltet. Das **linke** Herz hat die Aufgabe, das sauerstoffreiche Blut im gesamten Körper zu verteilen (**großer Kreislauf**), das **rechte** Herz pumpt das sauerstoffarme Blut zur Lunge (**kleiner Kreislauf**). Für beide Kreisläufe gilt: Gefäße, die vom Herzen wegführen, werden als **Arterien** bezeichnet, Gefäße, die zum Herzen hinführen, als **Venen**.

Das Herz wiegt beim Erwachsenen  $250 \pm 50$  g und hat ein Volumen von  $700 \pm 200$  ml bei einer Größe von ungefähr  $10 \times 12$  cm.

Tab. 1.3 Atemmechanik.

Phase	Ausprägung	beteiligte Strukturen
Inspiration	<b>normal</b> (Ruheatmung)	Kontraktion des Zwerchfells, dadurch Erweiterung des Recessus costodiaphragmaticus (Bauchatmung)
	<b>vertieft</b> (bei leichter körperlicher oder auch seelischer Anspannung)	Kontraktion der Mm. intercostales externi (Brustatmung)
	<b>tief</b> (bei Anstrengung) mit Atemhilfsmuskulatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ M. sternocleidomastoideus: Thoraxhebung</li> <li>▪ Mm. scaleni: heben 1. u. 2. Rippe</li> <li>▪ M. serratus posterior superior: hebt 2.–5. Rippe</li> <li>▪ M. serratus posterior inferior: fixiert die unteren 4 Rippen</li> <li>▪ Mm. pectorales major et minor: Brustkorbhebung</li> <li>▪ M. erector spinae: streckt den Thorax</li> </ul>
Expiration	<b>normal</b>	passiv durch Erschlaffung der inspiratorisch tätigen Muskeln und durch das Zusammenziehen der Lunge
	<b>vertieft</b>	Atemhilfsmuskeln (s. Anatomie-Skript 1): Mm. intercostales interni, Mm. intercostales intimi, M. transversus thoracis weitere Hilfsmuskeln (Bauchmuskeln, die durch Erhöhung des intraabdominellen Drucks den intrathorakalen Druck erhöhen): M. transversus abdominis, M. obliqui externi et interni abdominis, M. rectus abdominis, M. iliocostalis lumborum

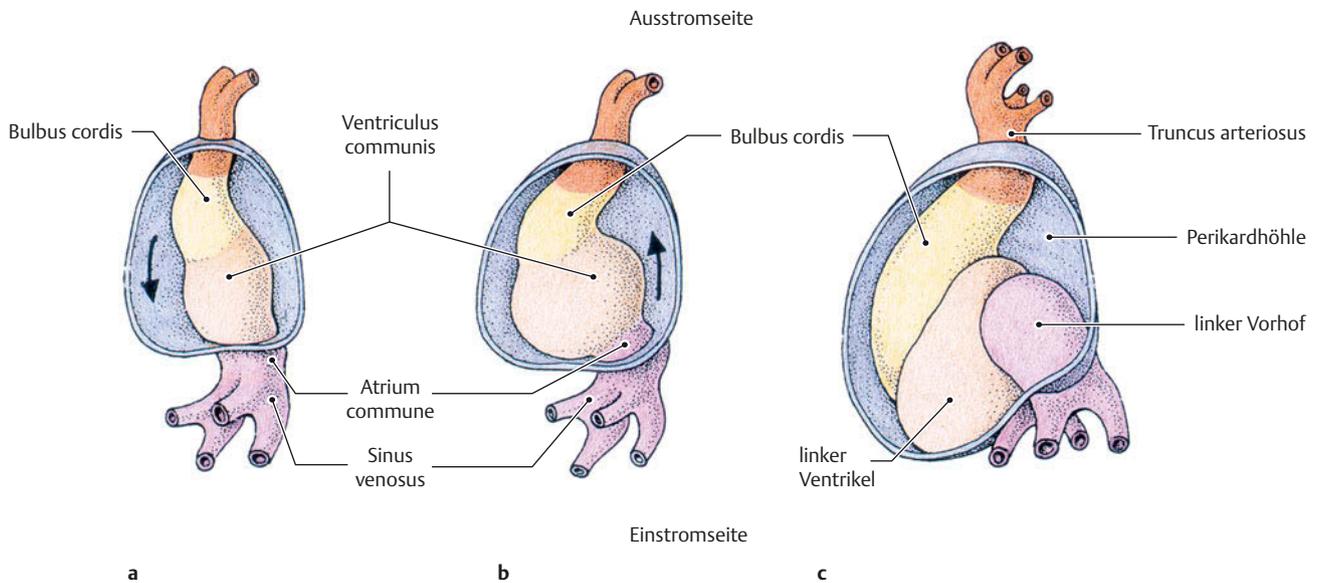


Abb. 1.5 Entwicklung der Herzscheife. a 21. Tag, b 22. Tag, c 25. Tag. [aus Ulfig, Kurzlehrbuch Embryologie, Thieme, 2017]

### 1.6.1 Entwicklung

#### LERNTIPP

Das Wichtigste in diesem Zusammenhang – womit Sie auch im schriftlichen Examen punkten können – ist die Umstellung vom fetalen auf den postnatalen Kreislauf. Einzelne Fragen beziehen sich aber auch auf Herzentwicklung, Fehlbildungen und Kiemenbogenarterien/Aortenbögen.

Während seiner Entwicklung verlagert sich das Herz aus der Halsregion in den Thoraxraum (**Descensus cordis**). Dabei werden auch Nerven „mitgezogen“, z. B. der **N. laryngeus recurrens** des **N. vagus**. Beim Erwachsenen verläuft deshalb der **N. laryngeus recurrens** links um den Aortenbogen und rechts um die **A. subclavia dextra**.

#### Herzschlauch und Herzscheife

Die Herzanlage entsteht in der Nähe der **Prächordalplatte** (s. Anatomie-Skript 1), also am kranialen Ende des Embryos. Dort bilden sich aus primitiven Blutzellen und Endothelzellen die beiden **Endokardröhren**, die während der lateralen Abfaltung zum **Herzschlauch** verschmelzen. Gleichzeitig entsteht aus dem Mesoderm die **Perikardhöhle**. Bereits am 22. Tag beginnt das Myokard des Herzschlauches, das aus dem umgebenden Mesoderm entsteht, mit rhythmischen Kontraktionen (einer wellenförmig fortschreitenden Wandbewegung). Im Ultraschall ist die embryonale Herzaktivität aber erst ab der 6. Schwangerschaftswoche sichtbar.

Der Herzschlauch wächst in die Länge, und durch mehrere Drehungen und Verlagerungen der ursprünglichen Strukturen wird bis zum Ende des 1. Monats die S-förmige **Herzscheife** gebildet (Abb. 1.5), an der bereits funktionell unterschiedliche Regionen erkennbar sind (Truncus arteriosus, Bulbus cordis, Ventriculus communis, Atrium commune und Sinus venosus).

Aus der Herzscheife entsteht in der 5.–7. Woche durch **Septierungs- und Umlagerungsvorgänge** das vierkammerige Herz. Dabei lassen sich folgende Prozesse unterscheiden:

- Unterteilung in Vorhof und Kammer
- Umgestaltung des Sinus venosus

- Septierung der Vorhöfe
- Septierung der Ventrikel
- Septierung der Ausströmungsbahn (Conus und Truncus arteriosus).

#### Unterteilung in Vorhof und Kammer

Der primitive Vorhof (**Atrium commune**, auch Atrium primitivum) wird mit dem primitiven Ventrikel (**Ventriculus communis**, auch Ventriculus primitivus) über den **Atrioventrikularkanal** (AV-Kanal, Abb. 1.6) verbunden. Hier bilden sich insgesamt **vier Endokardkissen** aus, die das Lumen des AV-Kanals H-förmig einengen. Aus dem Endokard gehen später auch die **Herzklappen hervor**. Das dorsale und ventrale Endokardkissen wachsen aufeinander zu und verschmelzen miteinander. Dadurch wird der AV-Kanal in einen rechten und linken Abschnitt unterteilt. Der rechte Abschnitt ist das **Trikuspidalostium**; hier entstehen die drei Segel der Trikuspidalklappe. Im linken Abschnitt (**Bikuspidalostium**) entwickeln sich die zwei Segel der Bikuspidalklappe (S. 17).

#### Sinus venosus und Umgestaltung der Vorhöfe

In der 4. Woche besitzt der Sinus venosus ein rechtes und ein linkes Horn, die zunächst beide etwa gleich groß sind. In jedes Sinushorn münden drei Venen:

- Dotterveine (**V. vitellina**)
- Nabelvene (**V. umbilicalis**)
- gemeinsamer Stamm der oberen und der unteren **Kardinalvene**.

**1. Links-Rechts-Shunt.** Während bis zur ca. 4. Woche der Blutstrom zum linken und rechten Sinushorn gleich groß ist, verlagert er sich ab der 4. Woche zunehmend nach rechts: Das Blut aus der linken Nabelvene fließt nicht mehr direkt in das linke Sinushorn, sondern über den **Ductus venosus** (Verbindung, über die das maternale sauerstoffreiche Blut an der Leber vorbei zum Herzen fließt) in die rechte Dotterveine und damit in das rechte Sinushorn. Zudem obliteriert die linke Dotterveine.

**2. Links-Rechts-Shunt.** Zwischen den beiden oberen Kardinalvenen entsteht eine Anastomose, die den sinuswärts davon gele-

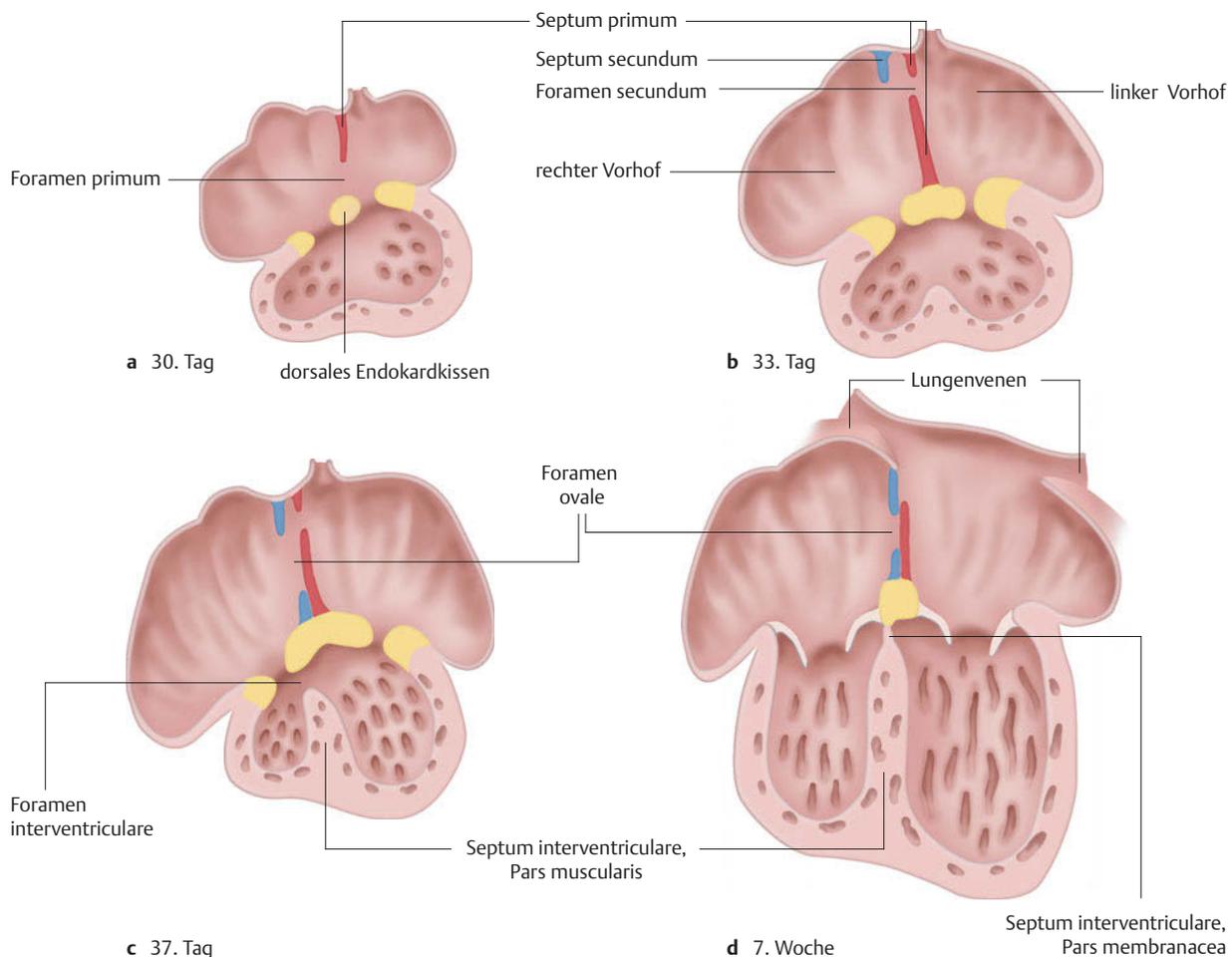


Abb. 1.6 Vorhofseptierung mit Bildung des Foramen ovale. [aus Ulfig, Kurzlehrbuch Embryologie, Thieme, 2017]

nen Abschnitt der linken oberen Kardinalvene verschließt. Damit fließt das gesamte Blut aus dem Körperkreislauf in das rechte Sinushorn.

**Weiterentwicklung des linken Sinushorns.** Wegen des verminderten Zuflusses verkleinert sich das linke Sinushorn. Aus ihm entwickelt sich der **Sinus coronarius**, der auch nach der Geburt ein Leben lang über seine gesamte Strecke geöffnet bleibt.

**Weiterentwicklung des rechten Sinushorns.** Der erhöhte Blutzustrom führt zum Wachstum des rechten Sinushorns. Bei diesen Umbauvorgängen wird das rechte Sinushorn in den **rechten Vorhof** integriert. Der aus dem rechten Sinushorn entstandene Vorhofteil ist **glattwandig**, während der aus dem Atrium primitivum entstandene Teil **rauwandig trabekulär** ist. Der rauwandig trabekuläre Teil, der im späteren rechten Herzohr liegt, ist durch parallele Muskelbälkchen (Mm. pectinati) gekennzeichnet. Die Grenze zwischen dem aus dem Sinushorn und dem aus dem primitiven Atrium entstandenen Bereich des rechten Vorhofs bildet die **Crista terminalis**, die eine Vorwölbung dorsal im rechten Vorhof darstellt.

Die rechte V. cardinalis communis und ihre V. cardinalis superior werden zur **V. cava superior**. Die rechte V. cardinalis inferior wird zur **V. azygos**. Aus dem proximalen Teil der rechten Dotterveine entsteht die **V. cava inferior**. Die rechte Nabelvene obliteriert.

**Umgestaltung im linken Vorhof.** Auch im linken Vorhof sind ein **glattwandiger** und ein **trabekulärer** Teil zu unterscheiden. Der raue Anteil entstammt wie auf der rechten Seite dem Atrium primitivum und ist im linken Herzohr lokalisiert. Der glattwandige

Teil entsteht durch Einbeziehung der primitiven **Pulmonalvenen** in den Vorhof. Zunächst tritt eine V. pulmonalis communis in den Vorhof ein, die zunehmend in die Wand des Vorhofes integriert wird. Dann werden auch die ersten Äste (Verzweigungen) in den Vorhof aufgenommen, sodass zuerst zwei und dann schließlich vier Pulmonalvenen getrennt in den Vorhof münden.

### Septierung der Vorhöfe

**Septum primum.** Von dorsokraniel wächst aus der Wand des primitiven Vorhofs eine dünne, halbmondförmige Membran in Richtung des Atrioventrikularkanal (Septum primum). Zunächst bleibt zwischen dem dorsalen und ventralen Endokardkissen und dem Unterrand des Septum primum eine relativ große Öffnung (**Foramen primum** oder Ostium primum). Durch Annäherung des Septum primum und Wachstum der Endokardkissen wird das Foramen primum immer kleiner und schließlich verschlossen.

Noch vor dem Verschluss des Foramen primum treten im oberen Teil des Septum primum Perforationen auf, die schnell zu einer größeren Öffnung (**Foramen secundum** oder Ostium secundum) zusammenfließen.

**Septum secundum.** Rechts vom Septum primum entwickelt sich zum Ende des 2. Monats aus feinen Einfaltungen des Vorhofs und -bodens ein zweites Septum (Septum secundum). Es bedeckt das Foramen secundum, bildet aber eine nur unvollständige Trennwand, da in seinem mittleren Abschnitt eine Öffnung bleibt (**Foramen ovale**) (Abb. 1.6). Der nicht vom Septum secundum bedeckte Teil des Septum primum im Foramen ovale hat so-

mit Kontakt zum rechten Vorhof. Der **Boden des Foramen ovale wird vom Septum primum gebildet.**

Vor der Geburt wird das Blut aus der V. cava inferior im rechten Vorhof auf das Foramen ovale gelenkt und gelangt dann zwischen Septum primum und Septum secundum in den linken Vorhof. Die beiden Septen bilden ein Ventil, d. h., sie lassen das Blut nur in eine Richtung durch, nämlich von rechts nach links. Es bildet sich also ein **Rechts-Links-Shunt auf Vorhofebene**: Das Blut aus der V. cava inferior (Bluthauptstrom) wird dadurch am Lungenkreislauf vorbei direkt in den linken Vorhof geleitet.

#### LERNTIPP

Das Foramen ovale kann zeitlebens **sondendurchgängig** bleiben.

**Defekte des Vorhofseptums.** Wächst das Septum primum nicht bis auf das Endokardkissen herab, kommt es zu einem persistierenden Foramen primum (**Ostium-primum-Defekt**). Der untere Teil des Foramen ovale ist dabei komplett offen.

Wenn die Perforationen im Septum primum an falscher Stelle erfolgen oder zu groß sind, können sie nicht oder nicht vollständig vom Septum secundum abgedeckt werden. Der so entstehende **Ostium-secundum-Defekt** hat zur Folge, dass das **Foramen ovale** auch nach der Geburt **offen** bleibt.

Bei Defekten des Vorhofseptums kommt es postnatal zu einem Links-Rechts-Shunt durch die fortbestehende Öffnung. Dadurch besteht eine Volumenbelastung des rechten Herzens (→ Hypertrophie des rechten Herzens) und eine Hypertonie im Lungenkreislauf.

### Septierung des Ventrikels und der Ausflussbahn

**Bildung der Ventrikel.** Aus dem **Ventriculus communis** entsteht der **linke** und aus dem proximalen Abschnitt des **Bulbus cordis** der **rechte** Ventrikel. Gegen Ende der 4. Entwicklungswoche kommt es zu einem starken Wachstum des Myokards an den Außenflächen des Ventriculus communis und des Bulbus cordis. Gleichzeitig wird die Innenfläche ausgehöhlt. Diese Aushöhlung erfolgt nicht gleichmäßig, sodass die Innenfläche der Herzkammern später netzförmig verbundene Muskelbälkchen aufweist (**Trabeculae carneae**). Am Boden des primitiven Ventrikels bildet sich eine muskuläre Leiste aus (**Abb. 1.6**). Sie verlängert sich als muskulärer Teils des **Septum interventriculare** nach oben, wobei zwischen ihrem Oberrand und den verschmolzenen (dorsalen und ventralen) Endokardkissen zunächst eine Öffnung bestehen bleibt (**Foramen interventriculare**).

**Bildung von Aorta ascendens und Truncus pulmonalis.** Aus dem distalen Abschnitt des Bulbus cordis (**Conus cordis**) entsteht die glattwandige gemeinsame Ausstrombahn von rechtem und linkem Ventrikel. Der Conus cordis und der **Truncus arteriosus** werden durch drei Wulstsysteme septiert, wodurch insgesamt eine spiralig angeordnete Scheidewand entsteht:

- Septum aorticopulmonale (unpaar)
- Truncuswülste (vorderer und hinterer Wulst)
- Konuswülste (rechter und linker Wulst).

Aus der dorsalen Wand des Saccus aorticus wächst das **Septum aorticopulmonale** aus, darunter vereinigen sich die **Truncus-** und **Konuswülste**. Insgesamt werden dadurch **Aorta ascendens** (aus dem linken Ventrikel kommend) und **Truncus pulmonalis** (aus dem rechten Ventrikel kommend) voneinander getrennt. **Dieses spiralig verlaufende Septum in der Ausflussbahn bewirkt somit die Trennung von Körper- und Lungenkreislauf.** Durch den spira-

ligen Verlauf ergibt sich, dass sich Aorta ascendens und Truncus pulmonalis umeinanderwinden: Der Truncus pulmonalis überkreuzt den Ursprung der Aorta.

#### APROPOS

**Transposition der großen Gefäße.** Erfolgt die Septierung von Conus cordis und Truncus arteriosus nicht spiralig, sind Truncus pulmonalis und Aorta hinsichtlich ihrer Lage vertauscht. Das heißt, die Aorta entspringt dem rechten Ventrikel und liegt ventral vom Truncus pulmonalis, der dem linken Ventrikel entspringt. Nur wenn zusätzliche Fehlbildungen eine Verbindung zwischen beiden Kreisläufen herstellen, ist die Transposition mit dem Leben vereinbar.

**Verschluss des Ventrikelseptums.** Als Letztes wird das **Foramen interventriculare** verschlossen. Dieser Verschluss erfolgt durch Wachstum und Vereinigung der Ränder des Septum interventriculare und der verschmolzenen Konuswülste. Der Verschluss ist bindegewebig und wird als **Pars membranacea** des Ventrikelseptums bezeichnet.

#### APROPOS

Die häufigsten **Ventrikelseptumdefekte** sind die hoch sitzenden Defekte im Bereich der Pars membranacea. Es besteht ein Links-Rechts-Shunt, d. h., Blut aus dem linken Ventrikel fließt durch den Septumdefekt in den rechten Ventrikel (und dann weiter in die Lungenstrombahn). Schließlich kann es zu einer Volumenbelastung des linken Ventrikels und einer Druckbelastung des rechten Ventrikels kommen. Symptome bei einem großen Ventrikelseptumdefekt sind Trinkschwäche, Gedeihstörungen, Dyspnoe (Atemnot), Schwitzen.

Bei der **Falot-Tetralogie** handelt es sich um einen Herzfehlerkomplex, bei dem vier Veränderungen vorliegen:

- Pulmonalstenose
- Ventrikelseptumdefekt
- Dextroposition und Überreiten der Aorta (über Ventrikelseptumdefekt)
- Hypertrophie des rechten Ventrikels.

Die Pulmonalstenose, eine Verengung der Ausflussbahn, führt dazu, dass venöses Blut aus dem rechten Ventrikel über den Ventrikelseptumdefekt in den linken Ventrikel und damit in die Aorta gelangt. Aufgrund der Pulmonalstenose sind die Pulmonalgefäße unterentwickelt. Die Kinder sind zyanotisch (bläuliche Verfärbung der Haut und Schleimhäute). Dabei arbeitet der rechte Ventrikel gegen einen erhöhten Druck an (Hypertrophie). Symptome wie Dyspnoe, rasche Ermüdbarkeit und Gedeihstörung treten auf. Ferner kann es zu Anfällen von Bewusstlosigkeit und Krämpfen kommen.

## 1.6.2 Fetalkreislauf und postnataler Kreislauf

#### LERNTIPP

Achten Sie beim Aufbau des Fetalkreislaufs darauf, wie er einerseits die Bedingungen des Fetallebens (keine Lungenatmung) erfüllt und andererseits eine rasche Umstellung auf den postnatalen Kreislauf ermöglicht (Schließen von Septen, Gefäßen und „Kurzschlüssen“).

### Fetalkreislauf

Das sauerstoffreiche Blut der Plazenta fließt über die **V. umbilicalis** in Richtung Leber (**Abb. 1.7**). Etwa die Hälfte des Blutes fließt durch das Venengeflecht der Leber in die **V. cava inferior**. Die andere Hälfte gelangt von der **V. umbilicalis** über den **Ductus venosus (Arantii)** direkt in die **V. cava inferior**. Nach einer kurzen Strecke erreicht das Blut den rechten Vorhof. An der Einmündungsstelle der V. cava befindet sich eine Klappe, die **Valva venae caevae inferioris**, die das Blut zum offenen Foramen ovale (1. Kurzschluss) leitet. Damit gelangt das Blut vom rechten direkt in den linken Vorhof und von dort über die linke Kammer in die Aorta ascendens.

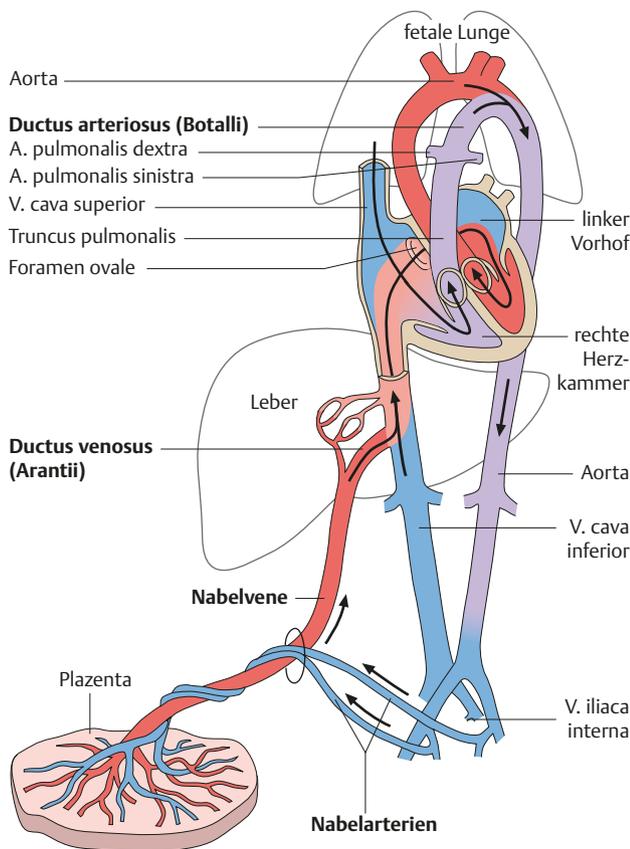


Abb. 1.7 Fetaler Kreislauf.

Aus der Aorta gehen die **Aa. carotis communis** und **subclavia** beidseits zu Kopf, Hals und Arm ab. Nach der Passage der Kapillargebiete gelangt das venöse Blut aus diesen Regionen in die **V. cava superior**, die in den rechten Vorhof mündet. Jetzt fließt das Blut weiter durch die Trikuspidalklappe in die rechte Kammer und von dort wird es in den **Truncus pulmonalis** ausgeworfen. Über einen zweiten Kurzschluss, den **Ductus arteriosus (Botalli)**, der von der Teilungsstelle des Truncus pulmonalis abgeht, fließt das sauerstoffarme Blut in den Aortenbogen (Umgehung des Lungenkreislaufs). Über die **Aorta descendens** gelangt das sauerstoffarme Blut in die A. iliaca communis, dann in die Aa. iliaca internae, von denen die **Aa. umbilicales** abgehen. Die Aa. umbilicales transportieren das Blut in die Plazenta zurück (zum Gasaustausch) (Abb. 1.7).

### Umstellung auf den postnatalen Kreislauf

Mit der Geburt kommt es zur Unterbrechung des Plazentakreislaufs und zum Einsetzen der Lungenatmung mit vermehrter Durchblutung der Lunge. Der Rechts-Links-Kurzschluss zwischen Truncus pulmonalis und Aorta (**Ductus arteriosus Botalli**) muss verschlossen werden. Ebenso müssen sich das **Foramen ovale**, die **Nabelgefäße** und der **Ductus venosus** schließen. Die obliterierten Gefäße bleiben als Bänder erhalten (Tab. 1.4).

**Verschluss des Ductus arteriosus (Botalli).** Aufgrund der veränderten Druckverhältnisse nach der Geburt kehrt sich die Blutflussrichtung im Ductus arteriosus um. Es fließt sauerstoffreiches Blut aus der Aorta in die Pulmonalgefäße. Der erhöhte Sauerstoffgehalt und die veränderte Flussrichtung bedingen, dass es in wenigen Tagen zum Verschluss des Ductus arteriosus kommt. In das subendotheliale Bindegewebe lagern sich Proteoglykane und

Tab. 1.4 Beziehung zwischen adultem und fetalem Kreislauf.

Struktur des Fetalkreislaufs	adulter Organismus
V. umbilicalis	Lig. teres hepatis
Ductus venosus	Lig. venosum
Septum primum	Fossa ovalis
Rand des Septum secundum	Limbus fossae ovalis
Ductus arteriosus (Botalli)	Lig. arteriosum
Aa. umbilicales (distal)	Ligg. umbilicales mediales
Aa. umbilicales (proximal)	Aa. vesicales superiores

glatte Muskelzellen (z. T. schon vor der Geburt) ein. Der **postnatale Verschluss durch Kontraktion der Muskulatur** wird dabei durch den Abfall des Prostaglandins  $E_2$  bedingt. Der **endgültige postnatale Verschluss** wird durch eine **Proliferation der Intima** erreicht. Zurück bleibt das **Lig. arteriosum**, ein Bindegewebsstrang zwischen der Teilungsstelle des Truncus pulmonalis und dem Arcus aortae.

### APROPOS

**Persistenz des Ductus arteriosus.** Bei erhöhten Prostaglandin- $E_2$ -Werten im Blut kann es zu einer Persistenz des Ductus arteriosus kommen. Bei einem offenen Ductus arteriosus liegt ein Links-Rechts-Shunt vor, der zu einer vermehrten Lungendurchblutung (Volumenbelastung der Pulmonalgefäße) führt. Symptome beim Säugling sind Tachypnoe (gesteigerte Atemfrequenz), Dyspnoe, Trinkschwäche, Gedeihstörungen und vermehrtes Schwitzen. Therapeutisch verabreicht man einen Prostaglandin-Antagonisten (Indomethazin) oder verschließt den Ductus arteriosus operativ.

**Verschluss des Foramen ovale.** Durch den Verschluss des Ductus arteriosus fließt vermehrt Blut durch die Vv. pulmonales. Dort kommt es zur Drucksteigerung, während im rechten Vorhof infolge der Unterbrechung des Plazentakreislaufs der Druck sinkt. Die Druckdifferenz in den Vorhöfen (links > rechts) führt zunächst zu einem funktionellen **Verschluss des Foramen ovale**, indem das **Septum primum** an den Rand des Septum secundum gepresst wird. Später verwachsen die beiden Septen und auf der Seite des rechten Vorhofs bleibt die **Fossa ovalis** mit ihrem vorspringenden Rand (**Limbus fossae ovalis**, ursprünglicher Rand des Septum secundum) zurück. Auf der Seite des linken Vorhofs befindet sich dann die **Valvula foraminis ovalis**, ein Derivat des Septum primum.

**Verschluss der Nabelarterien.** Durch mechanische und thermische Reize kommt es zur Kontraktion der Muskulatur in der Wand der Nabelarterien. Nach 2–3 Monaten sind die Arterien dann vollständig obliteriert. Der distale Anteil der A. umbilicalis wird zum **Lig. umbilicale mediale** in der **Plica umbilicalis medialis** an der vorderen inneren Bauchwand. Der proximale Teil der A. umbilicalis bleibt offen: Er bildet den proximalen Teil der A. vesicalis superior.

**Verschluss der V. umbilicalis und des Ductus venosus.** Aus der **V. umbilicalis** wird das **Lig. teres hepatis**. Aus dem **Ductus venosus (Arantii)** (Verbindung der V. umbilicalis mit der V. cava inferior an der Unterseite der Leber), der besonders sauerstoffreiches Blut aus der Plazenta zur V. cava inferior leitet, entsteht das **Lig. venosum** der Leber. Bei der Umstellung vom fetalen auf den postnatalen Kreislauf fällt durch den Verschluss des Ductus venosus im herznahen Abschnitt der V. cava inferior der Sauerstoffgehalt am stärksten ab.

## FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN



- ! **Arterien** führen definitionsgemäß (sowohl im großen als auch im kleinen Kreislauf) Blut **vom Herzen weg**.
- ! Die **Herzklappen** entstehen aus dem Endokard.
- ! Das spiralig verlaufende **Septum in der Ausflussbahn** bewirkt die **Trennung von Körper- und Lungenkreislauf**.
- !! Der **Ductus venosus (Arantii)** verbindet die V. umbilicalis mit der V. cava inferior und enthält damit als einer der ersten Abschnitte des Fetalkreislaufes **sauerstoffreiches Blut**.
- !! Im Fetalkreislauf fließt sauerstoffarmes Blut über den **Ductus arteriosus (Botalli)** in die **Aorta descendens**.
- ! Der postnatale **Verschluss des Ductus arteriosus** wird u. a. durch **Muskelkontraktionen** in seiner Wand erreicht.
- ! Eine **Intimaproliferation** ist am postnatalen Verschluss des **Ductus arteriosus** beteiligt.
- ! Die **Valvula foraminis ovalis** entsteht aus dem **Septum primum**.
- ! Der **Boden des Foramen ovale** wird vom **Septum primum** gebildet.
- ! Der **Limbus fossae ovalis** wird vom Rand des **Septum secundum** gebildet.
- !! In der **Plica umbilicalis medialis** liegt die obliterierte **A. umbilicalis**.
- ! Aus der **V. umbilicalis** wird das **Lig. teres hepatis**.
- ! Aus dem **Ductus venosus** entsteht das **Lig. venosum**.

## 1.6.3 Aufbau

## Äußere Form

Das Herz besitzt eine kegelähnliche Form mit einer Herzspitze (**Apex cordis**) und einer Herzbasis (**Basis cordis**). Es besteht aus zwei Vorhöfen (**Atrium dextrum** und **sinistrum**) und zwei Kammern (**Ventriculus dexter** und **sinister**) (Abb. 1.8). Von außen ist der Übergang von Vorhöfen und Kammern durch den **Sulcus coronarius** markiert, die Trennung von linkem und rechtem Ventrikel durch den **Sulcus interventricularis**. Im Inneren des Organs sind die Vorhöfe durch das Vorhofseptum (**Septum interatriale**), die Kammern durch das Kammerseptum (**Septum interventriculare**) voneinander getrennt. Da die Vorhöfe nicht exakt gleich groß sind, existiert auch noch ein kleines Septum atrioventriculare zwischen dem rechten Vorhof und der linken Kammer.

Die Herzohren (**Auricula dextra** und **sinistra**) sind Ausstülpungen der Vorhöfe. Sie runden die Kontur des Herzens nach ventral ab und ragen bis zur Aorta bzw. bis zum Truncus pulmonalis. In ihnen wird durch **Herzmuskelzellen** das **ANP (atriales natriuretisches Peptid)** produziert, das in der Blutdruckregulation eine Rolle spielt (s. Physiologie-Skript 1).

## Herzskelett, Trabekel und Papillarmuskel

Das Herzskelett besteht aus einer straffen **Bindegewebsschicht** und trennt die Vorhöfe von den Kammern. Es umgibt die Klappen und umgreift die Wurzeln von Aorta und Truncus pulmonalis. Das Herzskelett verhindert die unkontrollierte Erregungsausbreitung vom Vorhof- auf das Kammermyokard, sodass die Erregung nur über das His-Bündel (S.20) weitergeleitet wird.

Das Herzskelett besteht aus (Abb. 1.10):

- **Anulus fibrosus dexter und sinister**
- **Trigonum fibrosum dextrum und sinisterum**
- dem **Faserring** um das Ostium aortae (um die Aortenwurzel)
- **Pars membranacea** des Kammerseptums.

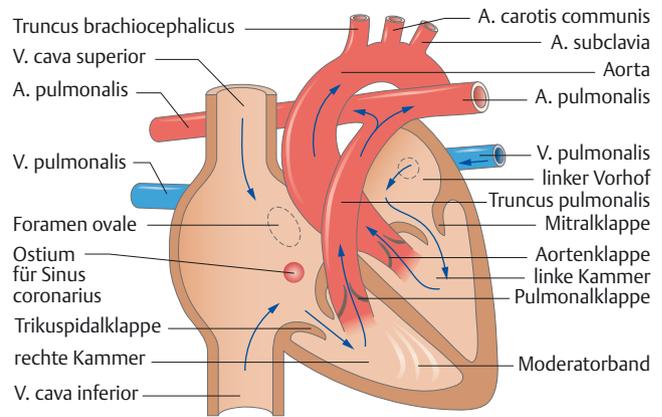


Abb. 1.8 Strukturen des Herzens im Überblick. Eröffnetes Herz von ventral.

## LERN TIP P

Das Herzskelett besteht aus **straffem** Bindegewebe! Lassen Sie sich in der Prüfung nicht in die Irre führen, wenn Ihnen andere Bindegewebsarten angeboten werden!

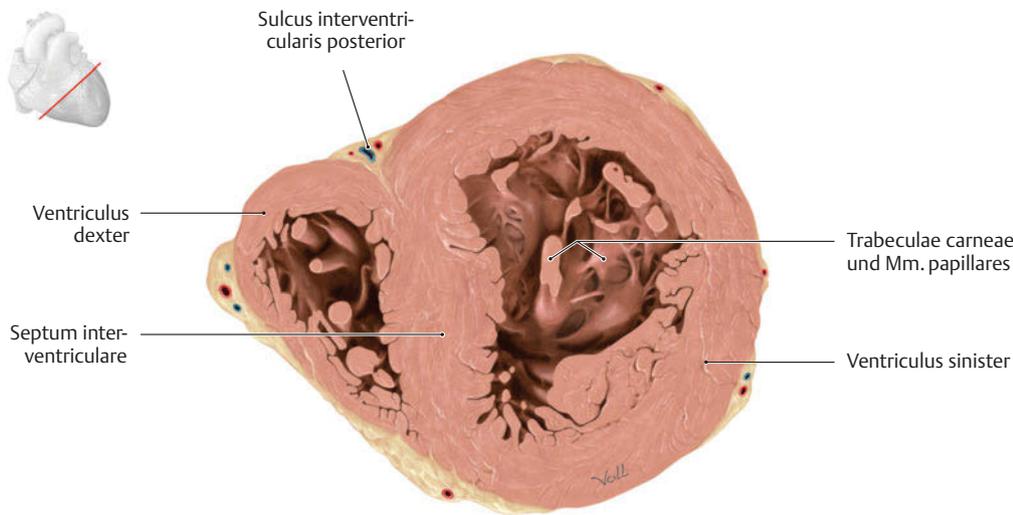
An der Innenseite von Vorhöfen und Ventrikeln kann man verschiedene Strukturen identifizieren (Abb. 1.9):

- **Mm. pectinati:** kammertartig gestaltete Muskeln im Bereich der Herzohren
- **Trabeculae carneae:** makroskopisch sichtbare Muskelbälkchen im Bereich der Kammern
- **Mm. papillares:** kleine Papillarmuskeln (rechts drei und links zwei) an der Kammerwand, die über die Chordae tendineae mit den Segelklappen verbunden sind (s. u.)
- **Fossa ovalis:** im rechten Atrium als Überbleibsel des Foramen ovale (S.13)
- **Crista supraventricularis:** trennt im rechten Ventrikel die Pulmonal- von der Trikuspidalklappe (und somit auch die Einstrom- von der Ausstrombahn)
- **Trabecula septomarginalis (Moderatorband):** Muskelstrang, der in der rechten Kammer durch den Tawara-Schenkel (S.20) aufgeworfen wird. **Ihm entspringen auch die Mm. papillares anteriores.**

Crista supraventricularis und Trabecula septomarginalis bilden zusammen eine U-förmige Struktur, welche das Blut in der Kammer des Niederdrucksystems von der Einstrom- in die Ausstrombahn lenkt.

## LERN TIP P

An einem Querschnitt durch das Herz wie in Abb. 1.9 sollten Sie zuordnen können: die Ventrikel und die Vorhöfe, das Perikard, das Septum interatriale, die Aa. coronariae, den M. papillaris posterior sinister und das His-Bündel. Zu Recht fragen Sie sich gerade sicher, wie Sie den linken hinteren Papillarmuskel erkennen sollen. Beachten Sie einfach, welche Perspektive in der Abbildungsbeschreibung angegeben ist, dann können Sie „links hinten“ ganz einfach finden.



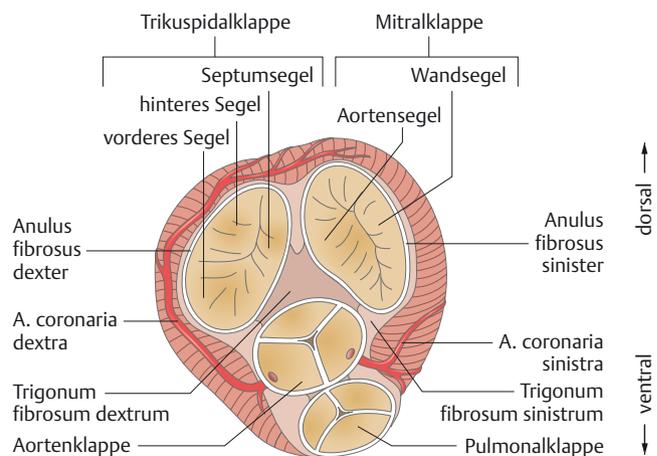
**Abb. 1.9 Linke und rechte Herzkammer.** Querschnitt im rechten Winkel zur Herzachse, von oben. [aus Schünke et al., Prometheus, Innere Organe, Thieme, 2012; Grafiker: Markus Voll]

### cricothyroideusHerzklappen

Die Vorhöfe und die Kammern sind durch Segelklappen (**Valvae cuspidales**) voneinander getrennt, zwischen dem Ventrikel und dem daraus entspringenden großen Gefäß befinden sich jeweils Taschenklappen (**Valvae semilunares**).

Alle Klappen liegen in einer Ebene, eingebettet in das **Herzskelett**. Die Ebene, in der die Klappen liegen, wird auch als **Ventilebene** bezeichnet. Sie liegt auf Höhe des Sulcus coronarius. Im Herzskelett liegt die Pulmonalklappe am weitesten ventral, die Aortenklappe liegt etwas weiter dorsal, am weitesten hinten dann Trikuspidal- und Bikuspidalklappe (Abb. 1.10). Alle Herzklappen bestehen aus Endokardduplikaturen. Die Herzklappen sind kapillarfrei, das vorbeiströmende Blut reicht beim gesunden Herzen zur Versorgung aus.

**Atrioventrikularklappen.** Bei den Klappen zwischen Vorhof und Kammer handelt es sich um **Segelklappen**. Sie haben ihren Ursprung am Anulus fibrosus dexter bzw. sinister, wobei die **rechte** Segelklappe drei Segel besitzt (**Trikuspidalklappe**), die **linke** dagegen nur zwei (**Bikuspidalklappe**, wegen ihrer an eine Bischofsmütze erinnernde Form auch **Mitralklappe** genannt). Im Unterschied zu den Taschenklappen sind sie an ihrem freien Rand über Sehnenfäden (**Chordae tendineae**) mit Muskeln (**Mm. papillares**) verbunden, wobei die Sehnenfäden eines Papillarmuskels zu mehreren Segeln ziehen. Diese Muskeln entspringen an der Wand der Kammern und die Verbindung über die Sehnenfäden verhindert, dass bei der Kammerkontraktion die Segel in die Vorhöfe zurückschlagen und das Blut zurückströmt.



**Abb. 1.10 Lage der Herzklappen in der Ventilebene.** Querschnitt durch die Herzbasis, Blick von oben auf das Herz.

**Aortenklappe und Pulmonalklappe.** Sie gehören nach ihrer Bauart zu den **Taschenklappen** und besitzen jeweils drei halbmondförmige Taschen (daher auch die Bezeichnung **Semilunarklappen**). Sie liegen links am Abgang der Aorta (Aortenklappe oder **Valva aortae**) und rechts am Abgang des Truncus pulmonalis (Pulmonalklappe oder **Valva trunci pulmonalis**). Die Taschen sind so mit der Umgebung verwachsen, dass dies allein schon ein Zurückschlagen deutlich erschwert.

**Klappenmechanik.** Während der **Systole** sind in der Anspannungsphase alle Klappen geschlossen, in der Austreibungsphase öffnen sich die Taschenklappen. Während der **Diastole** sind in der Entspannungsphase alle Klappen geschlossen, in der Füllungsphase öffnen sich die Segelklappen.

### 1.6.4 Lagebeziehungen

Das Herz befindet sich im mittleren Mediastinum (S.25), es liegt sozusagen nach links unten verdreht im Thorax. Etwa zwei Drittel des Herzens liegen in der linken und nur ein Drittel in der rechten Thoraxhälfte (Abb. 1.11). Die **Herzachse** zieht von rechts-hinten-oben nach links-vorn-unten.

Am Herzen lassen sich folgende Flächen unterscheiden:

- Facies sternocostalis
- Facies pulmonalis dextra und sinistra
- Facies diaphragmatica.

#### LERNTIPP

Wo welche Segelklappe liegt, kann man sich folgendermaßen leicht merken:

- Die **Trikuspidalklappe** liegt **rechts**, ebenso der **dreilappige** Lungenflügel.
- Die **Bikuspidalklappe** liegt **links**, ebenso der **zweilappige** Lungenflügel.

#### LERNTIPP

Der **Abriss von Chordae tendineae** kann eine **Insuffizienz der betroffenen Segelklappe** auslösen, z. B. stellt der traumatische Abriss von Chordae tendineae im Bereich des linken Ventrikels eine **nicht ischämische Ursache der Mitralklappeninsuffizienz** dar.

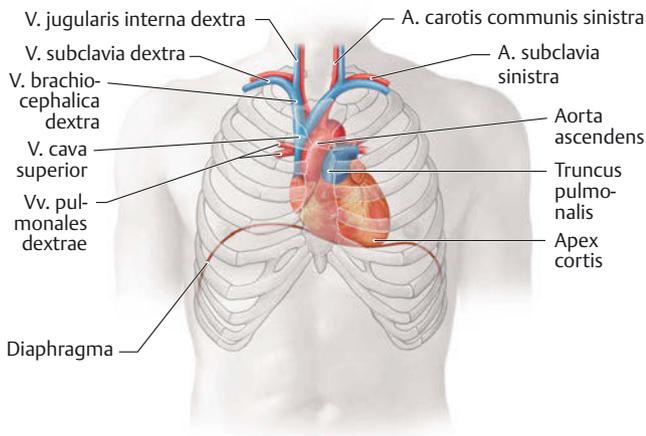


Abb. 1.11 Lage von Herz und Gefäßen in der Brusthöhle. [nach Schünke et al., Prometheus, Innere Organe, Thieme, 2012, Grafiker: Karl Wesker]

Auf einem **Transversalschnitt** sollten Sie die anatomischen Strukturen des Herzens (z. B. das **Atrium dextrum** oder die **Mitralklappe** bzw. den **M. papillaris posterior sinister**) richtig zuordnen können.

**LERNTIPP**

Die Lagebeziehungen werden ab und zu in den Prüfungen gefragt. Stellen Sie sich das Herz immer dreidimensional vor.

Zu folgenden Strukturen hat das Herz Beziehungen (Abb. 1.12):

- Die **rechte Kammer** macht den größten Anteil der **Facies sternocostalis** des Herzens aus. Sie grenzt also vorn v. a. an Sternum und linke Rippen und wird beispielsweise bei einer Stichverletzung links parasternal in Höhe des 5. Interkostalraums getroffen.
- Die rechte und vor allem die **linke Kammer** (und der rechte Vorhof) bilden die **Facies diaphragmatica** (und grenzen damit an das Zwerchfell und die Lunge).
- Der **Conus arteriosus** ist zur **Facies sternocostalis** gerichtet.
- Der **linke Vorhof** ist nur durch den Herzbeutel vom Ösophagus getrennt.

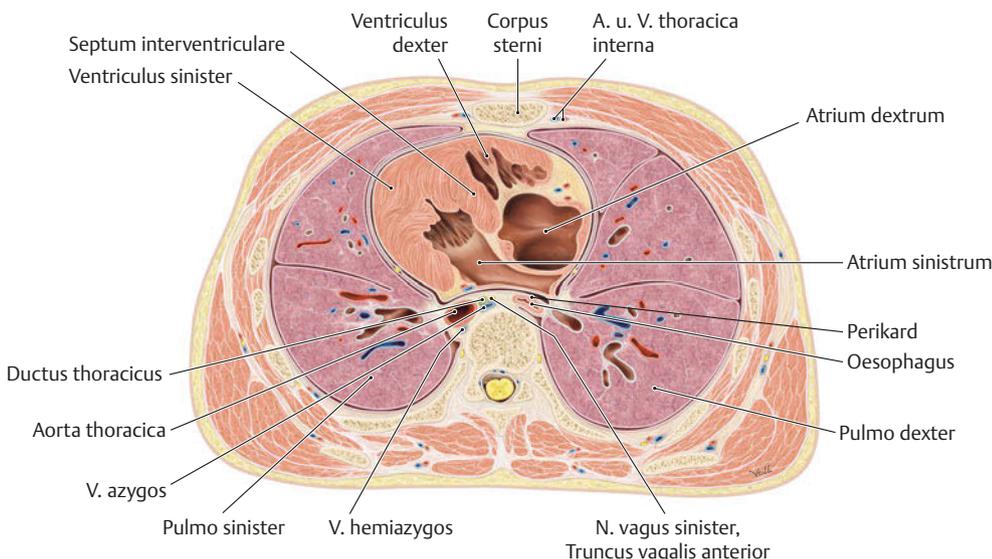


Abb. 1.12 Lagebeziehungen der Herzbinnenräume. [nach Schünke et al., Prometheus, Innere Organe, Thieme, 2012; Grafiker: Markus Voll]

**FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN**



- !! Die **Trabecula septomarginalis** befindet sich in der **rechten Herzkammer**. Ihr entspringen u. a. die **Mm. papillares anteriores**.
- !! Die **rechte Kammer** bildet den größten Anteil der **Facies sternocostalis** des Herzens (u. a. links parasternal in Höhe des 5. Interkostalraums).
- !! Der **linke Herzvorhof** ist nur durch den Herzbeutel vom **Ösophagus** getrennt.
- ! Das **Herzskelett** besteht aus dem Anulus fibrosus dexter und sinister, dem Trigonum fibrosum dextrum und sinistrum, dem Faserring um das Ostium aortae und der Pars membranacea des Kammerseptums.
- !! Finden Sie auf einem **transversalen Schnittbild** des Herzens die **Mitralklappe** (Valva mitralis) bzw. den **M. papillaris posterior sinister**.
- !! Im Transversalschnitt von kaudal liegt das **Atrium dextrum** ventral des linken Vorhofs und eher in der rechten Körperhälfte (in der Ansicht links).
- ! Das **Endokard** setzt sich in die **Segelklappen** fort.
- ! Die **Herzklappen** sind **kapillarfrei**.
- ! Der **Abriss von Chordae tendineae** im Bereich des linken Ventrikels führt zu einer Mitralklappeninsuffizienz.

**1.6.5 Gefäßversorgung**

**LERNTIPP**

Die Gefäßversorgung des Herzens ist zunächst etwas mühsam zu lernen. Jedoch wird Ihnen dieses Thema immer wieder begegnen, und spätestens bei Ihrer ersten Famulatur im Herzkatheterlabor werden Sie froh sein, wenn Sie die Fragen der Oberärzte zur Lage der Herzkranzgefäße beantworten können! Schauen Sie sich an dieser Stelle auch einmal die Grundlagen der EKG-Ableitung an (s. Physiologie-Skript 1)!

Wie bei der Lunge kann man auch beim Herzen **Vasa privata** für die Eigenversorgung des Herzens (**Koronargefäße**) und **Vasa publica** für die Versorgung des ganzen Körpers unterscheiden.

## Vasa privata

Die Eigenversorgung des Herzens erfolgt über die **Herzkranzgefäße (Koronargefäße)**. Die beiden Hauptstämme der Herzkranzgefäße entspringen direkt oberhalb der Aortenklappe im **Sinus aortae**. Die beiden Hauptgefäße sind die A. coronaria dextra und die A. coronaria sinistra.

**A. coronaria dextra.** Sie zieht unter dem rechten Herzohr im Sulcus coronarius dexter an die **Hinterwand** des Herzens und verläuft als **R. interventricularis posterior** im Sulcus interventricularis posterior. Sie versorgt:

- die Hinterwand des Herzens
- den hinteren Teil der Kammerscheidewand
- den Sinusknoten.

Beim sog. **Normalversorgungstyp**, der bei ca. 70% der Menschen vorliegt, wird auch der **AV-Knoten** von der A. coronaria dextra versorgt (Abb. 1.13). Somit hat der **Ramus nodi atrioventricularis** seinen Ursprung meist am posterioren Abschnitt der A. coronaria dextra.

**A. coronaria sinistra.** Sie zieht zwischen dem linken Herzohr und dem Truncus pulmonalis zur **Vorderwand** des Herzens. Sie teilt sich in einen **R. interventricularis anterior**, der im Sulcus interventricularis anterior (Facies sternocostalis) bis zur Herzspitze verläuft, und einen **R. circumflexus**, der im Sulcus coronarius si-

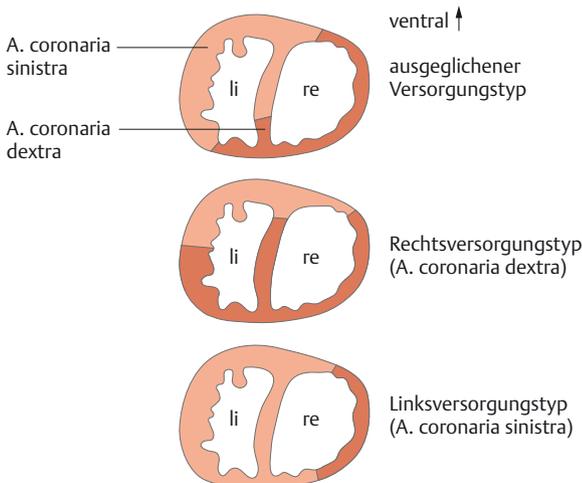
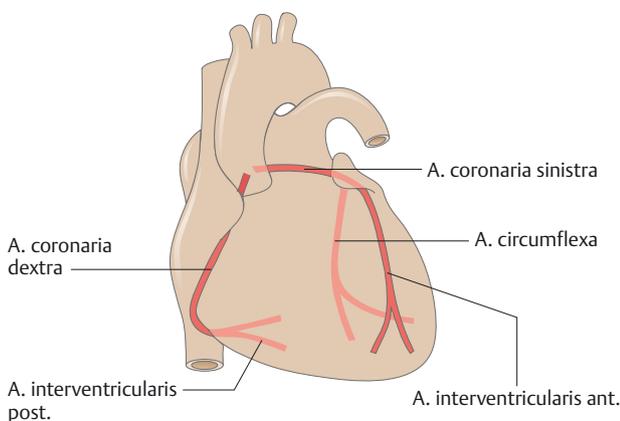


Abb. 1.13 Versorgungstypen des Herzens.

nister zur Seitenwand zieht (Facies pulmonalis sinistra). Die A. coronaria sinistra versorgt somit:

- die **Vorderseitenwand** (linker Vorhof, linke Kammer, Teil der rechten Kammer) und
- den **vorderen und den mittleren Teil der Kammerscheidewand**.

Weicht die Gefäßversorgung vom Normalversorgungstyp ab, so kann es sein, dass der AV-Knoten von der A. coronaria sinistra versorgt wird.

### APROPOS

Bei einem **Herzinfarkt** kommt es zur Nekrose eines umschriebenen Herzmuskelbezirks durch eine mangelhafte Durchblutung, meistens infolge einer Stenose oder Thrombose einer oder mehrerer Koronararterien. Bei einem Hinterwandinfarkt ist die A. coronaria dextra verschlossen. Dadurch fällt die Gefäßversorgung für den Sinusknoten und beim Normalversorgungstyp auch für den AV-Knoten aus. Aus diesem Grund treten bei einem Hinterwandinfarkt häufig Erregungsleitungsstörungen auf. Bei einer isolierten Einengung kann operativ ggf. Blut aus der benachbarten A. thoracica interna in den nicht betroffenen Teil der Koronararterie umgeleitet werden.

**Venöser Blutabfluss.** Die Herzvenen verlaufen zwar mit den Arterien, werden aber anders benannt:

- Die **V. cardiaca (cordis) magna** verläuft im Sulcus coronarius und sammelt das Blut von ventral (die V. interventricularis anterior ist ein Teil der V. cardiaca magna).
- Die **V. cardiaca (cordis) media** verläuft im Sulcus interventricularis posterior und nimmt das venöse Blut von dorsal auf.
- Die **V. cardiaca (cordis) parva** verläuft im rechten Teil des Sulcus coronarius und führt das restliche Blut zurück zum Herzen.

Alle Herzvenen sammeln sich im **Sinus coronarius** und münden nahe der Mündung der **V. cava inferior** im rechten Vorhof des Herzens. Lediglich die sehr kleinen **Vv. cardiacae minimae** münden **direkt** in die einzelnen Herzzräume.

## Vasa publica

### LERNTIPP

Prägen Sie sich die Lage der Gefäße und Herzstrukturen in **Abb. 1.11** gut ein, so z. B. die Lage der Aorta ascendens, des Truncus pulmonalis, der V. cava superior und des rechten und linken Ventrikels!

Das venöse Blut gelangt über die **V. cava superior** und die **V. cava inferior** in den rechten Vorhof. Von hier gelangt das Blut durch die Trikuspidalklappe in den rechten Ventrikel und wird von dort durch die Pulmonalklappe in den Truncus pulmonalis gepumpt. Der Truncus pulmonalis grenzt an das linke Herzohr. Er teilt sich in die **Aa. pulmonales dexter** und **sinister**, die das venöse Blut den beiden Lungenflügeln zuführen. In der Lunge wird das Blut mit Sauerstoff angereichert und gelangt dann über die **Vv. pulmonales dextra** bzw. **sinistra** in den linken Vorhof. Von hier erreicht das Blut durch die Mitralklappe die linke Kammer und wird von dort schließlich durch die Aortenklappe in die **Aorta** und damit in den Körperkreislauf gepumpt.

### LERNTIPP

Der Weg des Blutes noch einmal kurz und knapp: Körperkreislauf → Vena cava → rechter Vorhof → rechter Ventrikel → Aa. pulmonales → Lungen → Vv. pulmonales → linker Vorhof → linke Kammer → Aorta → Körperkreislauf.

## FAZIT – DAS MÜSSEN SIE WISSEN



- ! Der **R. interventricularis posterior** ist ein Ast der **A. coronaria dextra**.
- ! Beim sog. **Normalversorgungstyp** wird auch der **AV-Knoten** von der **A. coronaria dextra** versorgt.
- !!! Die **A. coronaria sinistra** versorgt den größten Teil des Kammerseptums. Äste von ihr sind der **R. interventricularis anterior** und der **Ramus circumflexus**, über den sie auch hintere Abschnitte des linken Ventrikels versorgt.
- ! Bei **isolierter Koronarstenose** kann operativ ggf. Blut aus der **A. thoracica interna** umgeleitet werden.
- ! Erkennen Sie im Querschnitt durch den Thorax den **Sinus coronarius**.
- !! Die **V. cardiaca magna** mündet in den Sinus coronarius, der nahe der Mündung der **V. cava inferior** in den rechten Vorhof mündet.
- !! Die **Vv. cardiaca minime** münden direkt in die **Ventrikel**.

### 1.6.6 Innervation

Das Herz wird vegetativ von Sympathikus und Parasympathikus innerviert, zusätzlich besitzt es ein **autonomes** Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem, das aus spezialisierten Muskelzellen besteht.

#### Autonomes Erregungsleitungssystem des Herzens

Der Schrittmacher des Herzens, in dem die autonome Erregung beginnt, ist der **Sinusknoten** (Nodus sinuatrialis, Abb. 1.14). Er liegt subepikardial im **Sulcus terminalis**, also im Bereich der Einmündung der **V. cava superior**, in der Wand des rechten Vorhofs (Abb. 1.14). Von dort aus wird die Erregung zum **AV-Knoten** (Nodus atrioventricularis) weitergeleitet. Der **AV-Knoten** liegt im **Koch-Dreieck**, d. h., er befindet sich zwischen der Mündung des Sinus coronarius und dem Trigonum fibrosum dextrum. Über das **HIS-Bündel** (AV-Bündel, Fasciculus atrioventricularis) wird die Erregung zum Kammerseptum geleitet. Es verläuft mit seinem Vorhofabschnitt noch ein kurzes Stück subendokardial an der Atriumwand, bevor es durch das **Trigonum fibrosum dextrum** tritt. Im Kammerseptum teilt sich das Erregungsleitungssystem in den linken und rechten **Tawara-Schenkel** (Kammerschenkel, Crus dextrum und sinistrum). Bis zu diesem Punkt liegen die Stationen des Erregungsleitungssystems eher im rechten Herzen. Deshalb muss sich der linke Kammerschenkel zunächst durch das Kammerseptum bohren, um in die linke Kammer zu gelangen, während der rechte Kammerschenkel dicht unter der Oberfläche der rechten Kammer verläuft und die Trabecula septomarginalis aufwirft. Die weiteren Aufzweigungen der Kammerschenkel bezeichnet man als **Purkinje-Fasern**. Sie ziehen in die Arbeitsmuskulatur der Kammern und jeweils auch mit einem Ast in die einzelnen Papillarmuskeln.

#### Vegetative Innervation des Herzens

Die vegetative Innervation des Herzens dient der Anpassung der Herzfrequenz an unterschiedliche körperliche Belastungen:

- Der **Sympathikus** fördert die Kontraktionskraft (positiv inotrop), die Erregungsleitung (positiv dromotrop) und er erhöht die Frequenz (positiv chronotrop).
- Der **Parasympathikus** wirkt hemmend auf die Herzaktion, d. h. negativ inotrop (am Vorhofmyokard), dromotrop, chronotrop.

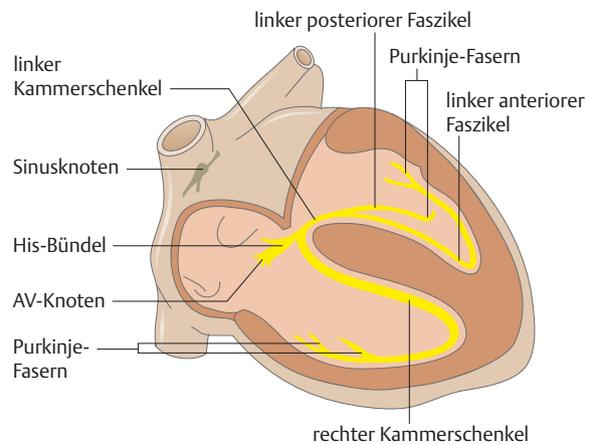


Abb. 1.14 Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens.

Die Fasern des Sympathikus und des Parasympathikus vereinigen sich zum **Plexus cardiacus**. Die parasympathischen präganglionären Fasern stammen aus dem N. vagus und dem N. laryngeus recurrens. Der **Sinusknoten** wird vom **rechten N. vagus** mitversorgt. Die sympathischen Fasern des Plexus stammen aus den drei zervikalen Ganglien, sind also schon postganglionär (S. 79). Beim Plexus cardiacus unterscheidet man einen oberflächlichen Anteil, der ventral der Aorta ascendens liegt, von einem **profunden Anteil**, der im Bereich des Sinus transversus pericardii zu finden ist, also im Bereich der **Herzbasis**. Die Äste des Plexus cardiacus ziehen zum Sinus- und zum AV-Knoten. Schmerzen und Dehnungsreize im Bereich des Herzens einschließlich der Gefäße werden von allen Fasern des vegetativen Nervensystems weitergeleitet.

#### APROPOS

Bei schweren Epilepsien wird manchmal eine therapeutische Elektrostimulation des linken N. vagus vorgenommen. Reizte man den rechten N. vagus, müsste man eher mit kardialen Nebenwirkungen, insbesondere einer Bradykardie durch die Wirkung am Sinusknoten, rechnen.

### 1.6.7 Das Herz im Thorax-Röntgenbild

#### LERNTIPP

Die randgebenden Strukturen sind ein wichtiges Prüfungsthema. Üben Sie diese anhand der **Abb. 1.15!** Statt nach der Herzkontur wird manchmal auch nach der Mediastinalkontur der Lunge gefragt – beide entsprechen einander.

Im normalen Röntgenbild des Thorax (posterior-anteriorer Strahlengang) ist der **Herzschatten** zu sehen. Dabei wird der **rechte Rand** zum größten Teil vom **rechten Vorhof** gebildet, aber auch von einem Teil der **V. cava superior**. Randgebende Strukturen der linken Begrenzung des Herzschattens sind:

- Aortenbogen
- A. pulmonalis/Truncus pulmonalis
- linker Vorhof
- linker Ventrikel.

Ein **vergrößerter Winkel** zwischen den beiden Stammbronchien im Röntgenbild des Thorax kommt meist aufgrund einer **Vergrößerung des linken Vorhofs** zustande.