

1. Vom Fisch zum Säugetier: Die Evolution der Blutkreislaufs

Während kleine Tiere noch ohne einen großen Kreislauf der Körperflüssigkeit auskommen, muss ab einer gewissen Mindestgröße zumindest eine Pumpe, das Herz, die Körperflüssigkeit in Bewegung halten, um den Stofftransport in alle Regionen zu ermöglichen. Die Aufgaben eines solchen Körperkreislaufs sind der Transport von Sauerstoff, Nährstoffen, Hormonen und Abfallprodukten durch den Körper.

1. Beschriften Sie die Abbildung 1.1 an einigen Stellen mit den rot markierten Begriffen.

Die Blutgefäße, die vom Herzen zu den Organen führen, nennt man **Arterien**. Blutgefäße, die das Blut zurück zum Herzen leiten, werden als **Venen** bezeichnet. Diese Bezeichnungen gelten unabhängig davon, ob das Blut im jeweiligen Gefäß sauerstoffarm oder sauerstoffreich ist. Je stärker sich die Blutgefäße verzweigen, desto kleiner wird

ihr Durchmesser. Bei Tieren mit einem geschlossenen Kreislaufsystem werden Arterien zuerst zu **Arteriolen** und diese zu **Kapillaren**, in welchen der größte Teil des Stoffaustausches mit den Geweben stattfindet. Diese führen wiederum zusammen und bilden die **postkapillären Venolen**, die sich zu Venen vereinigen.

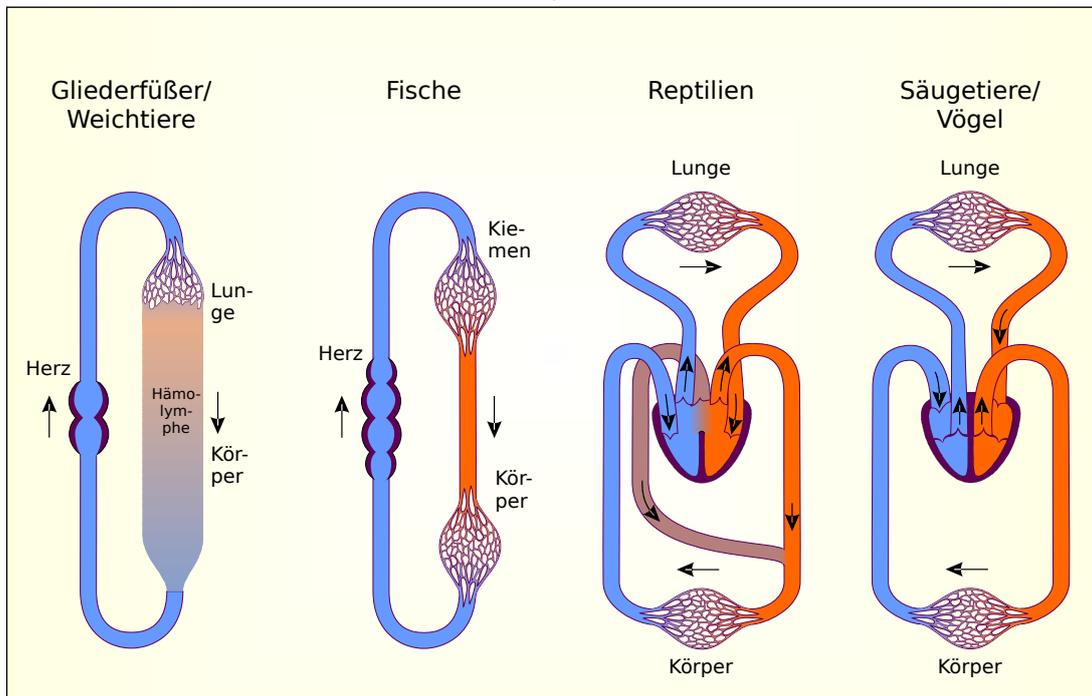


Abb. 1.1: Blutkreisläufe im Vergleich Q: wikicommons. A: Scivit.

Bei Tieren mit einem offenen Kreislaufsystem ergießt sich die Körperflüssigkeit, die Hämolymphe, aus arteriellen Blutgefäßen in die Körperhöhle, um die Organe zu umfließen. Durch die Körperhöhle fließt sie zu venösen Gefäßen oder direkt zurück zum Herzen.

Wirbeltiere hingegen besitzen geschlossene Kreislaufsysteme. Der einfachste geschlossene Blutkreislauf findet sich bei Knochen- und Knorpelfischen. Sie besitzen bereits ein mehrkammriges Herz. Es pumpt ausschließlich sauerstoffarmes Blut in die Kiemen. Dort erfolgt die Sauerstoffaufnahme, und das nun sauerstoffreiche Blut strömt direkt in den Körper, wo es den Sauerstoff an die Gewebe abgibt. Da das Blut auf dem Weg zurück zum Herzen erneut den gesamten Körper passieren muss, sinkt der Druck nach den Kiemen deutlich ab. Das bedeutet, dass die Organe mit vergleichsweise geringem Blutdruck versorgt werden, ein Nachteil hinsichtlich der Versorgungseffizienz. Wegen der geringen Schwerkrafteinwir-

kung im Wasser ist dieser Kreislauf für die Fische ausreichend.

Mit dem Übergang zum Landleben bei Amphibien und Reptilien wurden höhere Anforderungen an den Kreislauf gestellt. Die Sauerstoffaufnahme über Lungen und teilweise Haut erfordert eine differenziertere Organisation in einen Lungen- und einen Körperkreislauf. Bei Amphibien ist die große Herzkammer noch ohne trennende Wand (**Septum**). In dieses Herz fließen damit sowohl sauerstoffreiches Blut aus der Lunge als auch sauerstoffarmes Blut aus dem Körper. Durch das vollständige Fehlen des Septums kommt es zu einer starken Vermischung der beiden Blutarten. Bei Reptilien ist bereits ein unvollständiges Septum ausgebildet, das eine stärkere Vermischung verhindert. Dies verbessert die Sauerstoffversorgung des Körpers und unterstützt eine aktivere Lebensweise bei vielen Reptilien. Trotzdem besitzen auch die Reptilien, mit

Ausnahme der Krokodile, wie auch die Amphibien noch einen unvollständigen doppelten Kreislauf.

Vögel und Säugetiere weisen den am weitesten entwickelten Blutkreislauf auf. Ihr Herz ist vollständig in zwei Vorhöfe und zwei Hauptkammern unterteilt, und damit eine vollständige Trennung des sauerstoffreichen und sauerstoffarmen Blutes. Der rechte Teil des Herzens pumpt sauerstoffarmes Blut in den Lungenkreislauf, während der linke Teil sauerstoffreiches Blut in den Körperkreislauf presst. Durch diese vollständige Trennung kann jede Kreislaufhälfte unabhängig mit optimalem Druck arbeiten. Der Körperkreislauf arbeitet mit höherem Druck, um auch entlegene Organe effizient zu versorgen, während der Lungenkreislauf mit niedrigerem Druck arbeitet, um das empfindliche Lungengewebe nicht zu

schädigen. Diese hohe Effizienz ist eine Voraussetzung für die gleichwarme Lebensweise von Vögeln und Säugetieren, bei der die Körpertemperatur unabhängig von der Umgebungstemperatur konstant gehalten wird – ein energieaufwändiger Prozess, der eine kontinuierlich gute Sauerstoffversorgung erfordert.

**Zusammenfassung:** Die Entwicklung des Blutkreislaufs bei Wirbeltieren zeigt einen klaren evolutionären Trend: Vom einfachen System mit niedrigem Druck und gemischtem Blut hin zu einem hochdifferenzierten, effizienten Kreislauf mit vollständiger Trennung der Blutarten. Dieser Fortschritt steht in engem Zusammenhang mit dem Übergang vom Wasser- zum Landleben, einer höheren Stoffwechselrate, insbesondere bei Flugtieren, und der Entwicklung der Körpertemperaturkonstanz (gleichwarme Tiere).

## 2. Die Autonomie des Herzens und Zustandekommen des Blutdrucks

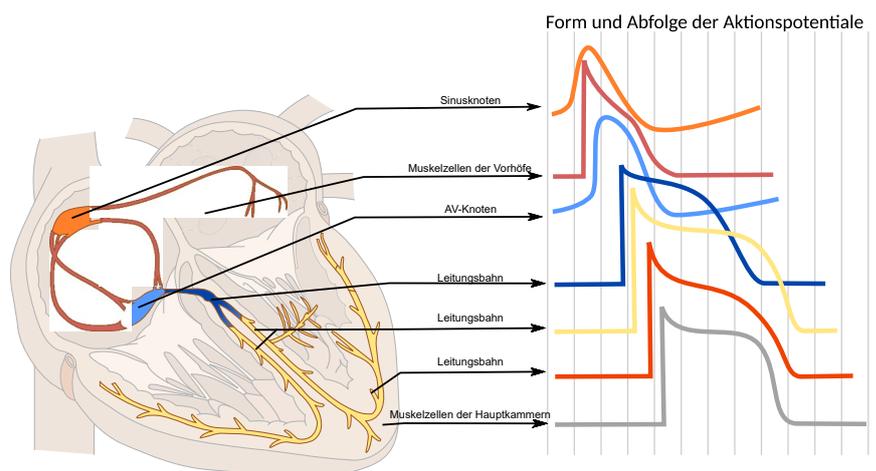
Das Herz ist nicht nur ein ausführender Muskel. Es beherbergt auch das **eigene Erregungssystem**, das als Schrittmacher den Herzschlagfrequenz vorgibt, ohne dass ständig Signale von außen erforderlich sind. Man spricht deshalb auch von der **Autonomie des Herzens** oder vom **Herzautomatismus**. Das Erregungssystem besteht nicht etwa aus Nerven-, sondern aus spezialisierten Herzmuskelzellen. Das prinzipiell jede Herzmuskelzelle auch eigenständig Aktionspotentiale generieren kann, zeigt sich am unkoordinierten Kammerflimmern, wenn die Erregungszentren ausfallen oder deren Steuerung versagt.

Als primärer Schrittmacher des Herzens dient der **Sinusknoten**. Er erzeugt elektrische Impulse. Aufgrund der Lage des Sinusknotens in der Wand des rechten Vorhofes an der Einmündungsstelle der oberen Hohlvene geht die elektrische Erregung und somit auch die Kontraktion der Muskelzellen vom rechten Vorhof aus und wird über spezielle Bahnen über das ganze Herz

weitergeleitet. Pro Minute gehen vom Sinusknoten etwa 60 bis 80 Erregungen aus.

Der sekundäre Schrittmacher des Herzens ist der Atrioventrikularknoten oder kurz **AV-Knoten**. Im Falle eines Ausfalls des Sinusknotens kann der AV-Knoten die Impulsgebung als sekundärer Schrittmacher übernehmen (Ersatzrhythmus). Der AV-Knoten selbst kann 40 bis 50 Erregungen pro Minute erzeugen. Da diese Frequenz jedoch im gesunden Herzen von der des Sinusknotens übertroffen wird, kommt seine Schrittmachertätigkeit nicht zum Einsatz.

Auch wenn der Herzrhythmus durch das Herz selbst ausgelöst wird, so erfolgt eine ständige Beeinflussung und Anpassung durch das vegetative Nervensystem sowie hormonell, vor allem durch das durch **Adrenalin** und **Noradrenalin** des Rückenmarks.



**Abb. 2.1:** Erregungsweiterleitung im Herzen. Q: wikicommons. A: ecgpedia

- Gemeinsam mit Lehrkraft schauen (01:07 min): [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Nervenimpulse\\_im\\_Herz.webm](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Nervenimpulse_im_Herz.webm)

**2.1 Was ist der systolische und der diastolische Blutdruck genau? Recherchieren Sie und fassen Sie hier eine sinnvolle Antwort in wenigen Sätzen zusammen. Geben Sie Normwerte für Ihr Alter in mmHg und kPa an!**

3. Abbildungsverzeichnis und weitere Fragen

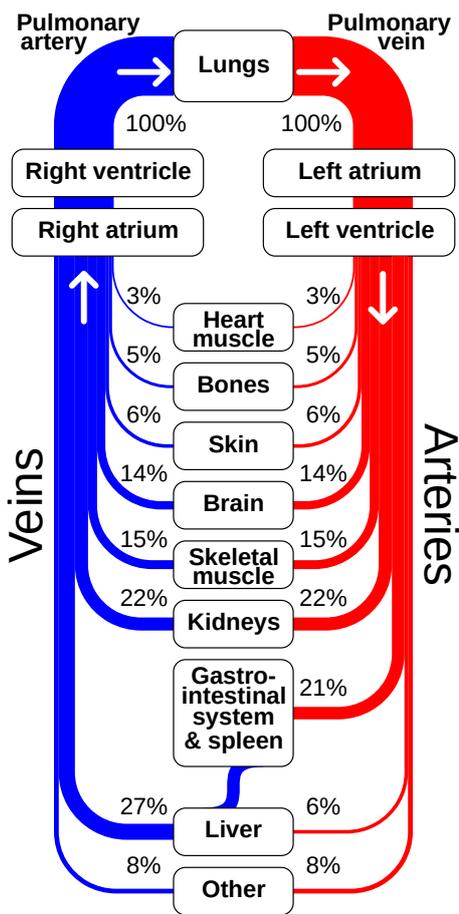
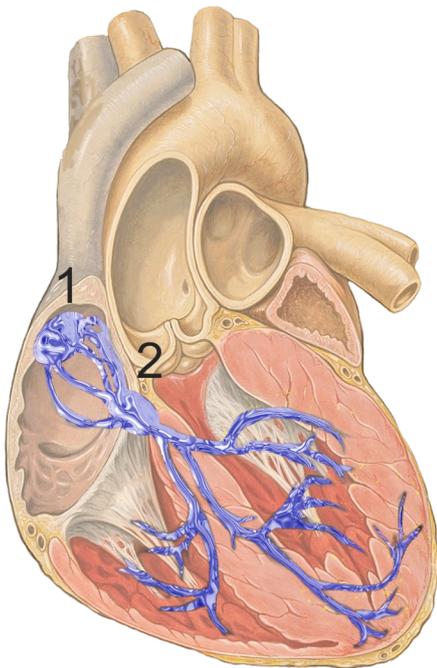


Abb. 3.1 Blutfluss durch Körperregionen beim Menschen. „spleen“ = Milz. „Kidneys“ = Nieren, Q: wikicommons. A: Cmglee

3.1 Pfortadern sind Venen, die sich wiederum zu Kapillaren aufspalten. Wo im Blutkreislauf des Menschen gibt es ein solches Pfortadersystem?

3.2 Bei Darm- und Magenkrebs-Patienten gibt es häufig Lebermetastasen. Begründen Sie.



Erregungssystem des Herzens. Q: wikicommons. A: Heuser J: 1.: .....

2. ....