

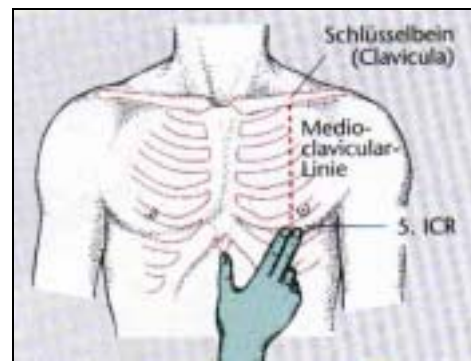
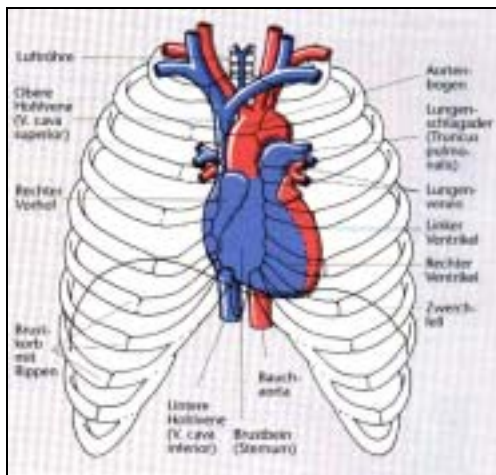
# Herz und Kreislaufsystem

Der Blutkreislauf des Menschen bildet ein in sich geschlossenes System, bei dem das Blut über ein aus Arterien und Venen bestehendes Gefäßsystem ständig zu allen Punkten (Organen) des Körpers hin- und rücktransportiert wird. Im Mittelpunkt dieses Transportsystems steht das Herz als kombinierte Druck-Saug-Pumpe, die für die kontinuierliche Strömung und den Rücktransport des Blutes sorgt.

## Der Aufbau des Herzens

### Lage, Größe und Gewicht des Herzens

Das Herz ist ein muskulöses, etwa faustgroßes Hohlorgan. Es befindet sich im Mediastinum (Mittelfellraum), größtenteils in der linken Thoraxhälfte, und liegt im Zwerchfell mit der Herzspitze auf.



### Lage:

- im Mediastinum, von Lunge umgeben
- dem Zwerchfell aufliegend
- zu 2/3 in der linken, zu 1/3 in der rechten Thoraxhälfte
- die Herzspitze liegt 2 cm innerhalb der Mediklavicularlinie im 5. Zwischenrippenraum (ICR)

### Gewicht:

- ca. 0,4 – 0,5 % vom Gesamtkörpergewicht
- ca. 300 – 500 g

Das Herzgewicht ist abhängig von Trainingszustand und Körpergröße. Gewicht über 500g bezeichnet man als sogenanntes „kritisches“ Herzgewicht, ab dem die Eigenversorgung des Herzmuskels über die Koronargefäße nicht mehr gewährleistet ist.

## Größe:

- abhängig vom Trainingszustand und der Körpergröße
- etwa der Faustgröße des jeweiligen Menschen entsprechend
- das Füllungsvolumen beträgt ca. 250 – 400 ml

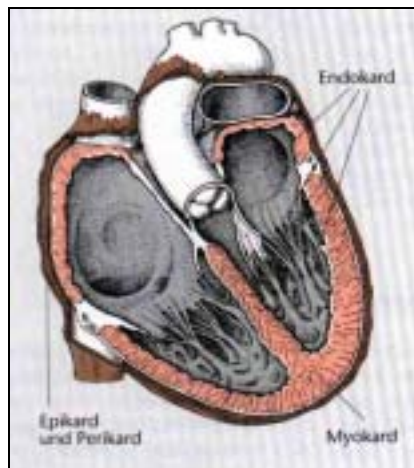
## Herzspitze und Herzspitzenstoß

Die Längsachse des Herzens zeigt nach links, unten und vorn. Dadurch liegt die Herzspitze sehr nahe an der Brustwand. Jeder Herzschlag überträgt sich als Stoß von der Herzspitze auf die Brustwand von außen lässt sich der Herzspitzenstoß ermitteln und damit die Lage der Herzspitze feststellen.

Bei krankhaften Herzvergrößerungen kann man eine Verlagerungen der Herzspitze nach links erkennen.

## Bau der Herzwand

Die Herzwand ist aus drei Schichten aufgebaut, dem innenliegenden *Endokard*, dem in der Mitte liegenden *Myokard* und dem außen anliegenden *Epikard*.



### Endokard:

- kleidet alle Innenräume des Herzens aus (ähnlich wie eine Tapete)
- aus ihr bilden sich die Herzklappen
- es besteht aus einschichtigem Epithelgewebe (Endothel)

### Myokard:

- liegt zwischen Endokard und Epikard
- kräftig ausgebildete Muskelschicht, für die Kontraktion und Pumpleistung verantwortlich (Wandstärke zwischen 5 – 11mm)
- Sonderform quergestreifter Skelettmuskulatur
- Maßgeblich für Größe und Gestalt des Herzens

## Epikard:

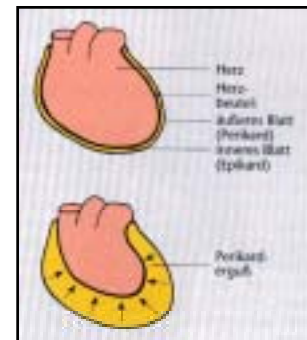
- überzieht das Herz als Haut
- bildet die innere Schicht des Herzbeutels (viszerales Blatt)
- besteht aus einschichtigem Epithelgewebe (Endothel)

Das Herz hat die Kraft und den Aufbau quergestreifter Muskulatur ist aber da es die Eigenschaften „*Glatte Muskulatur*“ hat nicht ermüdbar.

## Herzbeutel (Perikard)

Das Herz liegt in den *Herzbeutel* eingestülpt, einer derben und reißfesten Bindegewebsschicht. Man kann dies etwa mit einer Faust die man in einen aufgeblasenen Luftballon stülpt vergleichen. Die der Faust anliegende Schicht entspricht dem *Epikard* (viszerales Blatt), die äußere Schicht des Luftballons entspricht dem *Perikard* (parietales Blatt). Die äußere Schicht des *Perikards* ist nach unten hin mit dem Zwerchfell und seitlich mit der Pleura verwachsen. Der Spalt zwischen *Epi- und Perikard* ist mit etwa 3 – 4 ml Flüssigkeit gefüllt und dient der Verschiebbarkeit der beiden Schichten des Herzbeutels gegeneinander. Das Epikard geht am Abgang der großen Gefäße über eine Umschlagsfalte in das Perikard über.

Bei größeren Flüssigkeitsansammlungen in den Spalt zwischen Epi- und Perikard (Perikarderguß) kann es zu Störungen der Herztätigkeit kommen (*Kontraktions- und Füllungsbehinderung*). Da das äußere Blatt des Herzbeutels nur wenig dehnbar ist, übt ein Perikarderguß Druck auf das Herz aus. Ist der Druck massiv, werden die Herzhöhlen eingengt und können sich nicht mehr ausreichend mit Blut füllen. Die Folge ist eine verminderte Auswurfleistung des Herzens und damit eine plötzlich auftretende Herzinsuffizienz.



## Herzinnenräume

Man kann das Herz in zwei funktionelle Teile gliedern, in das linke und rechte Herz diese beiden Teile sind getrennt durch die Herzscheidewand.

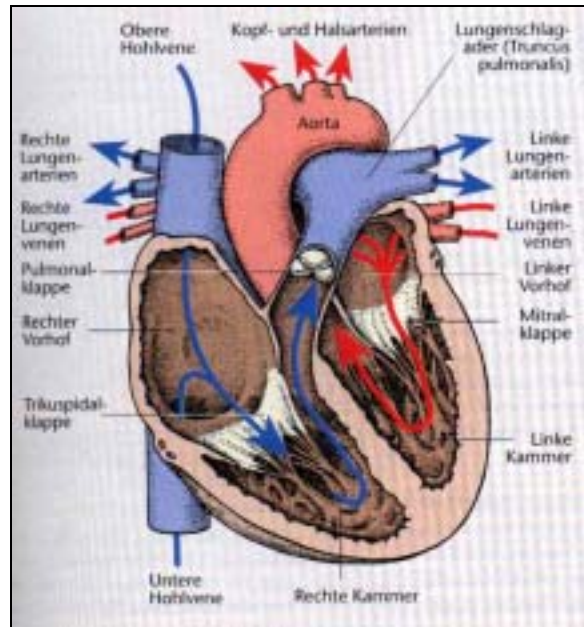
Rechtes und linkes Herz bestehen jeweils aus *Vorhof* (Atrium), welcher das Blut aus Körper und Lunge einsammelt und einer *Kammer* (Ventrikel), welche das Blut aus den Vorhöfen ansaugt und wieder in den Körper- und Lungenkreislauf presst. Dies bedeutet, dass sich im Herzen vier Innenräume befinden, zwei Herzvorhöfe und zwei Herzkammern.

### *Rechter Vorhof*

Der rechte Vorhof (rechtes *Atrium*) empfängt das venöse, d.h. das verbrauchte Blut, sauerstoffarme Blut aus oberer und unterer Hohlvene. Er ist getrennt von der rechten Kammer durch eine Klappe (*Trikuspidalklappe*) die von ihrer Bauart einer Segelklappe entspricht.

## Rechte Kammer

Die rechte Kammer (rechter *Ventrikel*) leitet das Blut aus dem rechten Vorhof über die Pulmonalklappe (Taschenklappe) und der sich anschließenden Lungenarterie (Sauerstoffarmes Blut) weiter zur Lunge. Sie ist von der linken Kammer durch die Kammerscheidewand (Septum) getrennt.



## Linker Vorhof

Der linke Vorhof (linkes *Atrium*) empfängt über die Lungenvene das mit Sauerstoff angereicherte Blut aus der Lunge. Er ist von der linken Kammer ebenfalls durch eine Segelklappe (Mitralklappe) getrennt.

## Linke Kammer

Die linke Kammer (linker *Ventrikel*) leitet das Blut aus dem linken Vorhof (l. Atrium) über die Aortenklappe (Taschenklappe) in die Aorta und somit in den Körperkreislauf. Die linke Kammer ist muskel- und wandstärkster Innenraum des Herzens und entscheidend für die Pumpleistung des Herzens. Die linke Kammer bildet die Herzspitze.

## Herzklappen

Die beiden Herzkammern haben je einen Eingang und einen Ausgang. An diesen Stellen befinden sich die Herzklappen. Die Herzklappen haben eine Ventilrichtung (lassen sich nur in eine Richtung öffnen) und regeln die Stromrichtung des Blutes im Herzen. Sie verhindern somit bei den Kontraktionen des Herzens einen Rückfluß von Blut. Ebenso sind sie maßgeblich an dem Druckaufbau im Herzen beteiligt. Man unterscheidet Segel- und Taschenklappen.

## Segelklappen

Die Segelklappen finden sich an der Vorhof-Kammer-Grenze. Sie bestehen aus gewölbten, segelförmigen dünnem weißen Bindegewebe des Endokards, die an den Papillarmuskeln aufgespannt sind.

### 1. Trikuspidalklappe

- Segelklappe mit drei Segeln
- Sie trennt den rechten Vorhof von der rechten Kammer

### 2. Mitralklappe (Bikuspidalklappe)

- Segelklappe mit zwei Segeln
- Trennt den linken Vorhof von der linken Kammer

## Taschenklappen

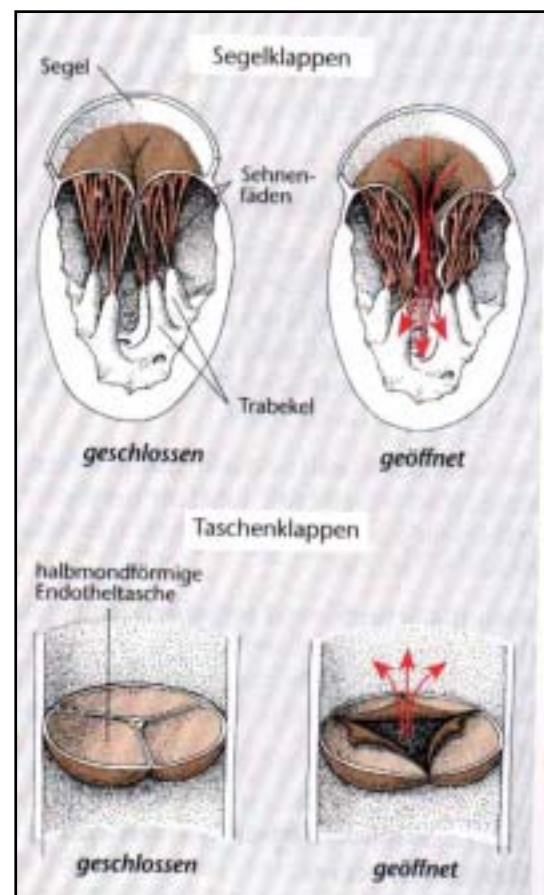
Die Taschenklappen finden sich am Übergang der Kammern zu den großen Gefäßen. Sie bestehen ebenfalls aus Ausläufern des Endokards.

### 1. Pulmonalklappe

- Taschenklappe mit drei Taschen
- Die Pulmonalklappe sitzt am Übergang der rechten Kammer zur Lungearterie und befindet sich somit im kleinen Kreislauf

### 2. Aortenklappe

- Taschenklappe mit drei Taschen
- Sitzt im Übergang der linken Kammer zur Aorta (große Körperschlagader)
- In Höhe der Taschen gehen die Koronargefäße aus der Aorta ab, sie sind somit die ersten Abgänge der Aorta



Segelklappen trennen Vorhof und Kammer, Taschenklappen sitzen am Abgang der großen Gefäße aus den Kammern.

## Herzklappenfehler

Herzklappen können durch bestimmte Erkrankungen (Entzündung = Endokarditis) so verändert werden, dass die Blutströmung durch die Klappen nachteilig beeinflusst wird. Man unterscheidet im wesentlichen zwei Arten von Klappenfehlern:

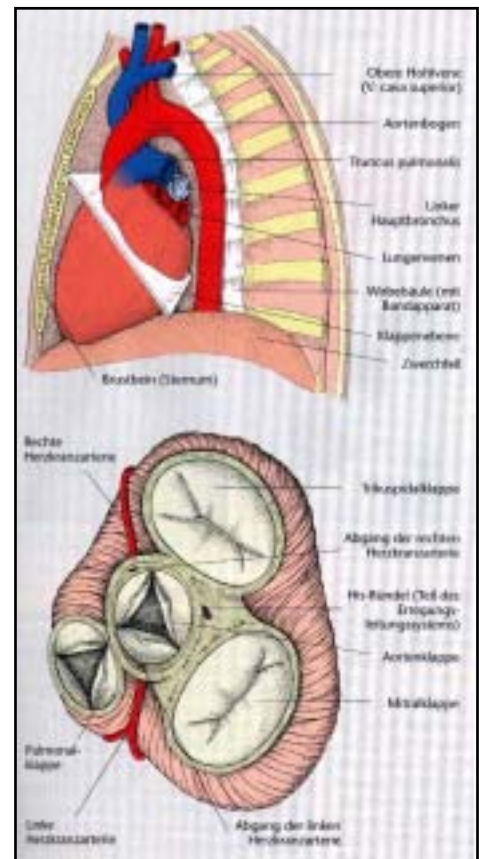
- Klappenstenose: die Öffnungsfläche der Klappe ist, meist durch narbige Schrumpfungen oder arteriosklerotische Auflagerungen, verengt
- Klappeninsuffizienz: die Klappe schließt nicht vollständig, die Ventilfunktion ist eingeschränkt

Bei der Klappenstenose muss das Herz vermehrt Arbeit aufwenden, um das Blut durch die verengte Klappe zu pumpen. Folge ist eine Herzhypertrophie (Herzmuskelvergrößerung) mit eingeschränkter Pumpfunktion. Bei der Insuffizienz kommt es durch den fehlenden Klappenschluss zum Rückfluss von Blut mit ebenfalls unphysiologischer Herzbelastung.

## Die Klappenebene (Ventilebene)

Wie wir jetzt wissen enthält das Herz zwei Segelklappen- und zwei Taschenklappen. Alle vier Klappen sind an bindegewebigen Ringen aufgehängt und liegen an der Grenze zwischen Vorhöfen und Kammern bzw. zwischen den Kammern und Schlagadern.

Sie bilden dort eine Ebene, die *Klappenebene*. Weil die Klappen wie Ventile arbeiten, spricht man auch von der *Ventilebene*.

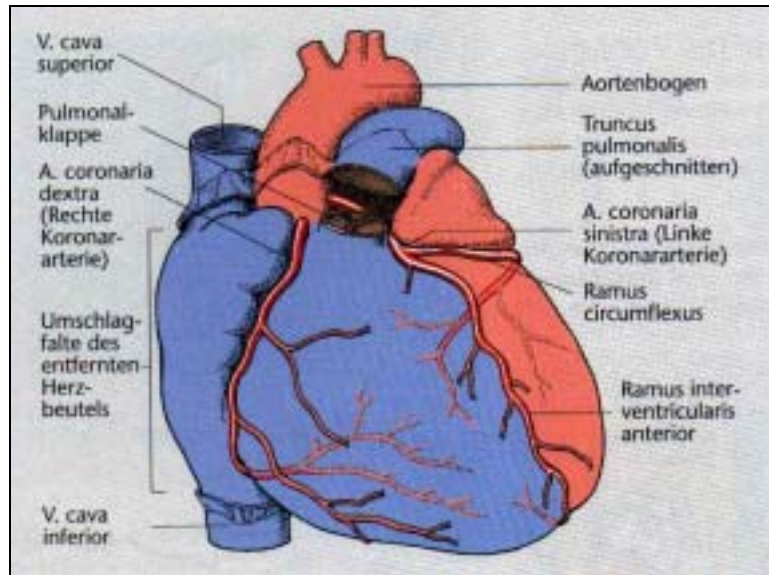


## Herzkranzgefäße (Koronararterien)

Die Herzkranzgefäße sind Blutgefäße zur Eigenversorgung des Herzmuskels. Es handelt sich um zwei Arterien, die aus der Aorta als erste Abgänge entspringen. Das Herz benötigt zur Deckung seines Eigenbedarfs etwa 5-10 % des gesamten Schlagvolumens. Die Versorgung des Herzens geschieht über zwei kleine Gefäße, die von der Aorta als erste Abgänge nach der Klappe abgehen. Das eine zieht über die rechte und das andere quer über die linke Herzhälfte. Da beide Arterien mit ihren Verzweigungen das Herz wie einen Kranz umschließen, werden sie als Koronararterien (Herzkranzarterien) bezeichnet.

## Rechte Koronararterie

Die rechte Koronararterie dient hauptsächlich der Versorgung des rechten Vorhof, der rechten Kammer, der Herzhinterwand und einem kleinen Teil der Kammerscheidewand mit Blut.



## Linke Koronararterie

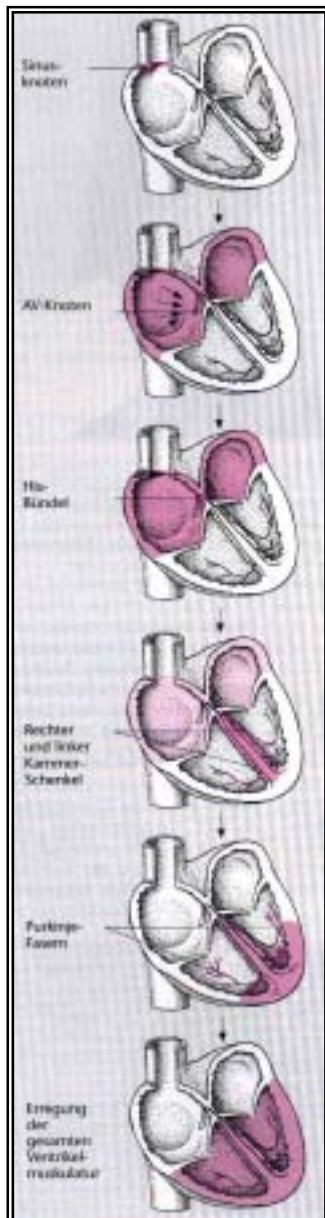
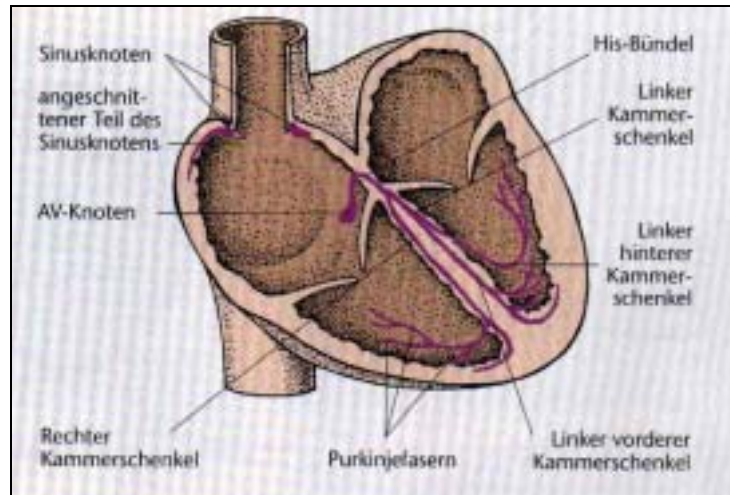
Die linke Koronararterie dient der Versorgung des linken Vorhof, der linken Kammer und der Kammerscheidewand. Sie teilt sich in zwei Äste, den Ramus interventricularis anterior (RIVA) und den Ramus circumflexus. Da sie den muskelstarken linken Ventrikel versorgen muss, nimmt sie fast 80% des für den Herzmuskel bestimmten Blutvolumens auf. Die Versorgung des Herzmuskels über die Koronargefäße erfolgt während der Diastole. Während der Systole werden die Koronargefäße durch die Muskelkontraktion „leergepresst“.

Die Venen des Herzens verlaufen etwa parallel zu den Arterien, vereinigen sich zu immer größeren Gefäßen und münden als *Sinus coronarius* in den rechten Vorhof.

## Reizleitungssystem

Das Herz besitzt ein eigenes *Reizleitungssystem* (RLS). Die Erregungen, die für die Kontraktionen des Herzmuskels notwendig sind, entstehen im Herzen selbst. Diese Form der selbständigen Erregungsbildung und Erregungsleitung bezeichnet man als *Autonomie* des Herzens. Damit ist das befähigt, unter geeigneten Bedingungen (Nährlösung) auch außerhalb des Körpers zu schlagen.

Schlagfrequenz und Kontraktionsstärke werden regulierend durch *Sympathicus* und *Parasympathicus* des vegetativen Nervensystems beeinflusst. Zum Reizleitungssystem gehören mehrere Strukturen, die im Herzen selber liegen.



### ***Sinusknoten (Schrittmacher des Herzen)***

Die wichtigste Struktur für die Erregungsbildung ist der Sinusknoten.

Vom *Sinusknoten* gehen normalerweise alle Erregungen für die rhythmischen Kontraktionen des Herzens aus. Es handelt sich hierbei um ein Geflecht spezialisierter Muskelfasern und nicht um Nervenfasern wie man vermuten könnte. Der Sinusknoten befindet sich im rechten Vorhof, an der Einmündung der oberen großen Hohlvene gelegen. Er ist etwa 2,5 cm lang und 0,2 cm breit.

#### **Funktion:**

- selbständiger (autonomer) Aufbau von 60-80 Erregungen/min
- Weiterleitung der Erregung zum AV-Knoten über die Vorhöfe

### ***AV-Knoten***

Der AV-Knoten (Atrioventrikulärknoten) ist in der Wand des rechten Vorhofs an der Vorhof-Kammer-Grenze gelegen.

#### **Funktion:**

- Weiterleitung der vom Sinusknoten kommenden Erregungen zum His-Bündel
- bei Ausfall des Sinusknotens ist dieser fähig einen Ersatzrhythmus von ca. 40 Erregungen/min aufzubauen

## ***His-Bündel***

Das His-Bündel ist ein in der Kammerscheidewand verlaufendes sehr kurzes Faserbündel, das sich in zwei Schenkel (die Tawaraschenkel) teilt, wobei der linke sich fächerförmig ausbreitet.

### **Funktion:**

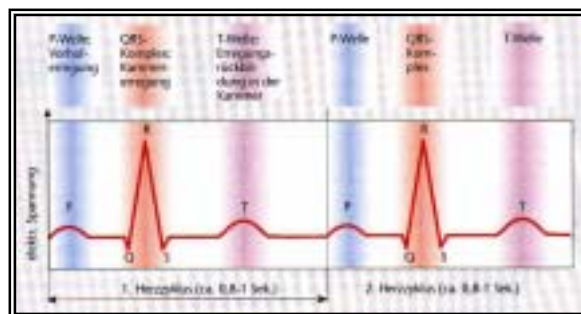
- bei Ausfall der höheren Zentren kann das His-Bündel eine Ersatzfrequenz von ca. 20 Erregungen/min

Ausläufer des His-Bündels sind die sogenannten Purkinjefasern, die die Erregungen auf die Muskulatur (Myokard) der Kammer übertragen.

Physiologisch sind AV-Knoten, His-Bündel und Purkinjefasern für die Weiterleitung der Erregung verantwortlich. Nur bei Ausfall des Sinusknotens springen die tieferen Ersatzrhythmen ein. Störungen der Erregungsbildung und Leitung sind an praktisch allen Stellen dieses Reizleitungssystems denkbar. (z.B. AV-Block)

## **EKG**

Die Erregungsausbreitung im Herzen kann als elektrische Potentialänderung mittels spezieller Elektroden von der Brustwand abgeleitet werden (EKG = Elektrokardiogramm). Hierzu werden verschiedene Elektroden an der Brust angebracht, die im 1mV-Bereich liegenden elektrischen Ströme von der Brustwand ableiten und aufzeichnen. Das EKG zeigt typische Änderungen bei vielen Erkrankungen und gibt somit wertvolle klinische Hinweise.



### **Die Wellen und Strecken des EKG geben jeweils bestimmte Phasen der Erregungsausbreitung wieder:**

- P-Welle: Erregungsausbreitung über die Muskulatur der Vorhöfe
- PQ-Strecke: Erregungsleitung vom Vorhof zur Kammer über den AV-Knoten
- QRS-Komplex: Erregungsausbreitung über die Muskulatur der Kammern
- T-Welle: Erregungsrückbildung der Kammern

Die Erregungsrückbildung der Vorhöfe fällt zeitlich in den QRS-Komplex und ist deshalb nicht sichtbar.

## Phasen der Herzaktion (Herzzyklus)

Die Pumpfunktion (Schlagen) des Herzens, mit der das Blut in den Körper- und Lungenkreislauf gepumpt wird, wird durch aufeinanderfolgende, regelmäßige Herzzyklen erreicht. Ein Herzzyklus umfasst zwei Phasen, eine *Kontraktionsphase* (Systole) und eine *Erschlaffungsphase* (Diastole). Da die normale Herzfrequenz in Ruhe ca. 70/min beträgt, beträgt die Dauer eines Herzzyklus etwa 1 Sekunde.

### *Systole (Kontraktionsphase)*

Die Systole ist die Kontraktionsphase des Herzens. Sie unterteilt sich in folgende zwei Phasen:

- isovolumetrische Anspannungszeit
- Austreibungszeit

In der isovolumetrischen Anspannungszeit kontrahiert das Herz sich, ohne das Blut auszutreiben. Während dieser Phase sind alle Herzklappen geschlossen. In der Austreibungszeit kommt es zum Auswurf des Blutvolumens sowohl von der rechten Kammer in die Lunge (Pulmonalarterie) als auch von der linken Kammer in die Aorta. Dabei sind Pulmonal- und Aortenklappe (die Taschenklappen) dann geöffnet. Die Öffnung der Taschenklappen erfolgt, wenn der Druck im Ventrikel den Druck in der Aorta bzw. Pulmonalarterie übersteigt.

### *Diastole (Erschlaffungsphase)*

Die Diastole ist die Erschlaffungsphase des Herzens. Sie unterteilt sich in folgende zwei Phasen:

- isovolumetrische Entspannungszeit
- Füllungszeit

Während der isovolumetrischen Entspannungszeit entspannt sich der Herzmuskel, ohne sich mit Blut zu füllen. Während dieser Phase sind alle Herzklappen geschlossen. In der anschließenden Füllungszeit kommt es zur Füllung beider Kammern mit Blut aus den Vorhöfen, wobei die letzte Phase dieser Füllung durch eine aktive Kontraktion der Vorhöfe zustande kommt. Dabei sind Mitral- und Trikuspidalklappe (die Segelklappen) geöffnet.

Die Öffnung der Segelklappen erfolgt, wenn der Druck im Ventrikel den Vorhofdruck unterschreitet.

Die Füllung der Vorhöfe findet während der Systole durch eine Sogwirkung statt. Der rechte Vorhof füllt sich mit Blut aus oberer und unterer Hohlvene, der linke Vorhof mit Blut aus der Lungenvene.

## Der Bau des Gefäßsystems

Blutgefäße unterteilen sich in Arterien und Venen. Arterien führen das Blut vom Herzen weg.

Sie entfalten im großen Kreislauf (Körperkreislauf) sauerstoffreiches Blut, im kleinen Kreislauf (Lungenkreislauf) sauerstoffarmes Blut. Venen führen das Blut zum Herzen hin. Sie führen im großen Kreislauf sauerstoffarmes Blut, im kleinen Kreislauf sauerstoffreiches Blut.

Ebenso kann man das Gefäßsystem in ein Hoch- und Niederdrucksystem einteilen.

Zum Hochdrucksystem gehören die Arterien des großen Körperkreislaufes, die über

die Arteriolen mit den Kapillaren verbunden sind. Das Niederdrucksystem beinhaltet die Venen, Kapillaren und den gesamten Lungenkreislauf.

**Kurz:**

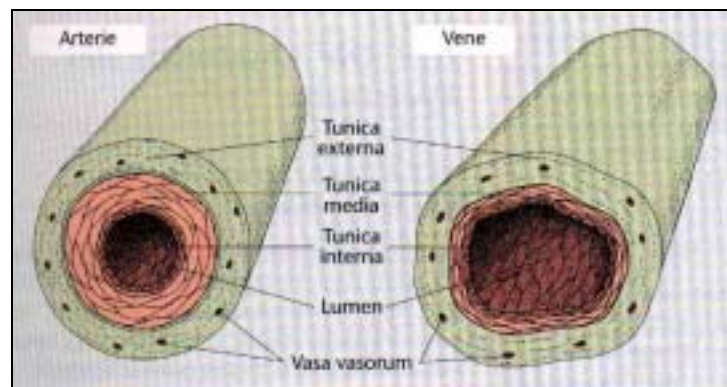
Arterien führen das Blut vom Herzen weg. Venen führen das Blut zum Herzen hin.

### ***Wandbau der Blutgefäße***

Die Wand der Blutgefäße besteht im wesentlichen aus drei Schichten:

- tunica intima
- tunica media
- tunica adventitia oder auch tunica externa

Dabei sind die Venen grundsätzlich wandschwächer als die Arterien, die einem wesentlich höherem Druck standhalten müssen.



#### ***Intima:***

- innerste Schicht der Gefäße
- besteht aus einschichtigem Epithel (Endothel)
- dient dem Stoff-, Flüssigkeits- und Gasaustausch durch die Gefäßwand

#### ***Intima:***

- mittlere Schicht der Gefäße
- besteht aus glatten Muskelzellen und elastischen Fasernetzen
- dient der Hämodynamik (Regulation der Strömung)

#### ***Adventitia (Externa):***

- äußerste Schicht der Gefäße
- besteht aus lockerem Bindegewebe
- verbindet das Gefäß mit dem umgebenden Gewebe

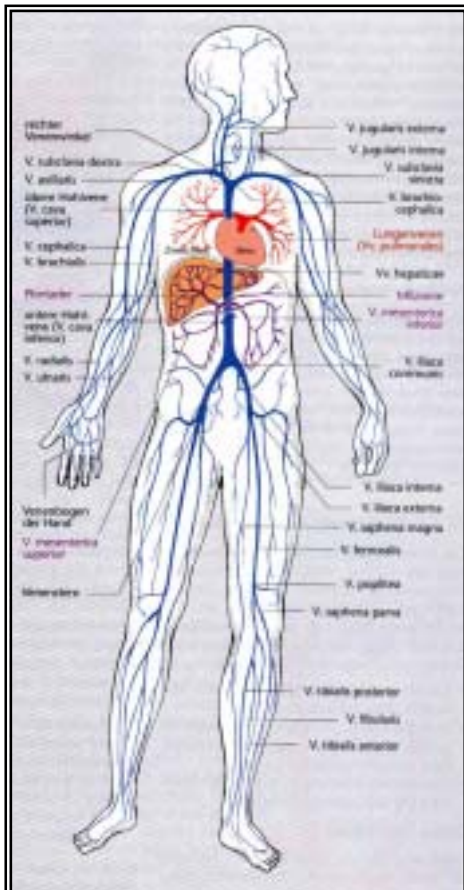
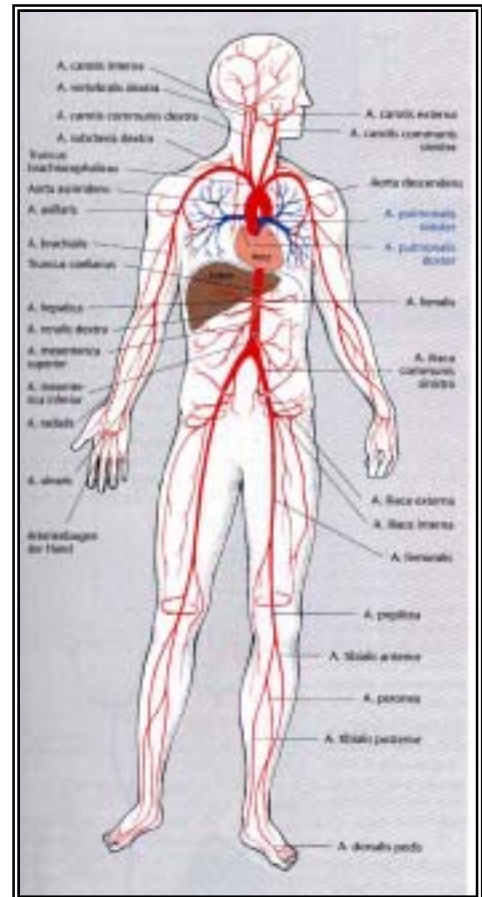
Herznahe Arterien sind Arterien vom „elastischen“ Typ, d.h. sie besitzen in ihrer Wand besonders viele elastische Fasern. Herzferne Arterien vom „*muskulärem*“ Typ, d.h. sie haben besonders viele glatte Muskelzellen in ihrer Wand und sind daher zur Kontraktion befähigt. Sie nehmen eine wichtige Rolle bei der Blutdruckregulation ein.

## Große Arterienstämme

Aus dem linken Ventrikel entspringt die Aorta, das größte Gefäß des Menschen. Sie macht nach ihrem Abgang aus dem Herzen einen Bogen (Arcus aortae), zieht dann durch das Mediastinum und setzt sich nach Durchtritt durch das Zwerchfell als Bauchaorta fort. Auf diesem Weg gibt die Aorta verschiedene Äste zur Versorgung von Kopf, oberen Extremitäten, Baueingeweiden und unteren Extremitäten ab.

Weitere kleine Gefäße verlassen die Aorta zur Versorgung von Zwerchfell und Geschlechtsorganen usw..

Die Bauchaorta teilt sich schließlich in Höhe der Darmbeinschaufel in die beiden Aa. iliaca communis zur Versorgung von Beckenorganen und Beinen.



## Große Venenstämme und venöses System

Prinzipiell verlaufen die Venen mit den entsprechenden Arterien zusammen, da sie das von den Arterien hintransportierte Blut wieder zurücktransportieren müssen. In der Regel werden sie auch gleich bezeichnet, im Kopfbereich jedoch heißt die der A. carotis entsprechende Vene V. jugularis.

Das venöse Blut aus dem Kopf und den oberen Extremitäten erreicht den rechten Vorhof über die Vena cava superior, das Blut der Eingeweide und der unteren Extremitäten fließt über die Vena cava inferior zum rechten Vorhof. Eine Sonderstellung nimmt die Pfortader ein, die das venöse Blut aus den Verdauungsorganen über die Leber umleitet, bevor es in die Vena cava inferior mündet. Das Blut der Pfortader ist folglich sauerstoffarm, aber nährstoffreich.

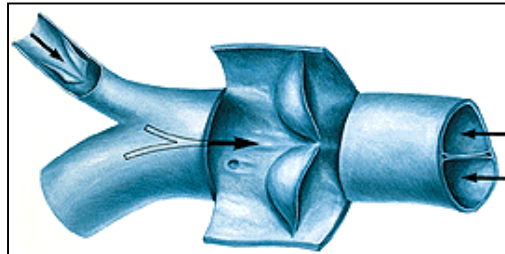
Venen sind wandschwächer als die entsprechenden Arterien. Sie stellen Kapazitätsgefäße für das zirkulierende Blutvolumen dar. Normalerweise befinden sich etwa 75 – 80 % des Blutvolumens im Venensystem. Während der arterielle Blutstrom durch die Pumpfunktion des Herzens gewährleistet wird, tragen im venösen System mehrere Mechanismen zum Rücktransport des Blutes zum Herzen bei.

## Venöse Bluttransportmechanismen:

- Sogwirkung des Herzen während der Systole
- Sogwirkung des Brustkorbes bei der Einatmung
- Venenklappen, die einen Rückfluß verhindern
- Muskelvenenpumpe
- Druck der arteriellen Pulswelle bei Lage der Venen neben den Arterien

Versagen diese Rücktransportmechanismen (z.B. insuffiziente Venenklappen, keine Muskelpumpe bei zu wenig Bewegung), kann es zum Rückstau des Blutes im Venensystem und zum Auftreten von Krampfadern kommen.

## Venen sind Kapazitätsgefäße



## Herz-Kreislaufsystem

Die Gefäße bilden in Verbindung mit dem Herzen das Herzkreislaufsystem (kardiovaskuläres System). Hierbei wird von einer Pumpe (Herz) das Transportmittel (Blut) durch ein System von elastischen Röhren (Gefäßen) bewegt. Die Hauptaufgabe dieses Systems ist der Transport von Sauerstoff und Nährstoffen zu allen Zellen bzw. Organen des Körpers und der Abtransport der entsprechenden Stoffwechselendprodukte.

## Körper und Lungenkreislauf

Das Herz-Kreislaufsystem besteht aus zwei hintereinander geschalteten Hauptabschnitten:

- dem „großen“ Körperkreislauf mit dem linken Ventrikel als Pumpe
- dem „kleinen“ Lungenkreislauf mit dem rechten Ventrikel als Pumpe

## Körperkreislauf

Im Körperkreislauf wird das Blut vom linken Ventrikel über die Aorta in zahlreiche kleine Arterien gepumpt, die dann zu den entsprechenden Organsystemen (Eingeweide, Gehirn, Skelettmuskulatur) ziehen.

Dort erfolgt nach weiterer Aufteilung in Arteriolen und Kapillaren die Abgabe von Sauerstoff und Nährstoffen bzw. die Aufnahme von Kohlendioxid und Stoffwechselendprodukten. Schließlich sammeln sich die Kapillaren zu Venolen und Venen, die dann über die Pulmonalvenen in den linken Vorhof einmünden.

## Druckverhältnisse im Gefäßsystem

Der Blutdruck wird im arteriellen System allein durch die Herzkontraktion erzeugt. Der Druck fällt von im Schnitt 120mmHG systolisch in der linken Kammer über 120mmHG am Arm auf Werte um 30mmHg im Kapillarsystem ab. Im venösen System fällt der Blutdruck weiter kontinuierlich ab und beträgt in der Hohlvene bzw. dem rechten Vorhof noch ca. 2-4mmHg. In der rechten Kammer ist der Druck kleiner, da der Widerstand im Lungenkreislauf kleiner ist.

*Der Druck im rechten Vorhof beträgt 2-4mmHg und wird als zentral-venöser Druck (ZVD) bezeichnet. Er ist Maß für den Füllungszustand des Gefäßsystems und Pumpleistung des rechten Ventrikels.*

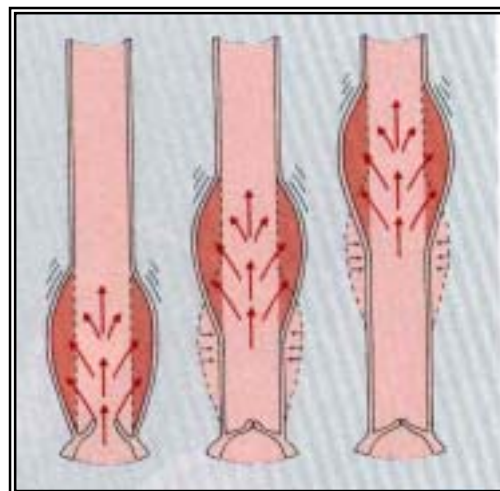
## Hoch- und Niederdrucksystem

Entsprechend der Druckverhältnisse kann man das Gefäßsystem in ein Hoch- und Niederdrucksystem einteilen. Zum Hochdrucksystem gehören die Arterien des großen Körperkreislaufs, zum Niederdrucksystem Venen, Kapillaren und der gesamte Lungenkreislauf. Das Niederdrucksystem kann wegen seiner hohen Kapazität und Dehnbarkeit auch als Blutspeicher dienen. 80% des Gesamtblutvolumens befinden sich im Niederdrucksystem.

## Windkesselfunktion

Der Übergang einer pulsierenden Strömung (durch Systole und Diastole bedingt) in eine kontinuierliche Strömung, wie sie in den peripheren Arterien vorherrscht, kommt zustande durch die Windkesselfunktion der Aorta und die Elastizität der großen Arterien. Obwohl in der Diastole praktisch kein Blut in die Aorta ausgeworfen wird, liegt trotzdem eine kontinuierliche Blutströmung während aller Phasen des Herzzyklus vor. Die Windkesselfunktion, vor allem die der Aorta, ist dafür verantwortlich, dass in den Arterien diese kontinuierliche Strömung beibehalten wird und es nicht während der Diastole zum Stillstand des Flusses kommt. Folgende Mechanismen sind dafür verantwortlich:

- *Speicherung* eines Teiles des in der Systole ausgeworfenen Blutvolumens in der dehnbaren Wand der Aorta
- *Entspeicherung* durch Eigenelastizität der Aorta in der Diastole



## Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in der Aorta und den größeren Gefäßen ist sehr hoch (ca. 70cm/s systolisch). In den Kapillaren dagegen herrscht eine relativ niedrige Strömungsgeschwindigkeit (ca. 1/1000 der Geschwindigkeit in der Aorta). Die langsame Strömungsgeschwindigkeit trägt damit der Kapillarfunktion als Ort des Stoffaustausches Rechnung.

## Pulswelle

Die Pulswelle ist die Druckwelle, die durch die systolische Kontraktion erzeugt wird. Sie ist erheblich schneller als die Blutströmung, da die Impulse hier direkt von Teilchen zu Teilchen übertragen werden. Die Pulswelle erreicht bereits 0,2 s nach der Systole die Fußarterien und legt somit ca. 4-12 m/s zurück. Sie ist an Oberfläche liegenden Arterien als „Puls“ fühlbar.

*Die Pulswelle ist um ein vielfaches schneller als die Blutströmung.*

## Bau und Funktion der Kapillaren

Die Kapillaren sind der funktionell wichtigste Teil des Kreislaufes. Sie bilden das „Zwischenstück“ zwischen arteriellen und venösem System. Im Kapillargebiet findet der Stoff- und Gasaustausch statt. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist Sinnvollerweise die gesamte Kapillaroberfläche sehr groß und die Kontaktzeiten des Blutes mit dem umgebenden Gewebe lang (niedrige Strömungsgeschwindigkeiten des Blutes). Zudem besteht die Kapillarwand aus einer dünnen Schicht von gut durchlässigen Endothelzellen. Der Mensch besitzt etwa 40-50 Milliarden Kapillaren, in denen der Stoff- und Gasaustausch stattfindet.

## Kapillarer Stoffaustausch

Die Kapillarwände sind für Flüssigkeiten und kleine Stoffmoleküle gut durchlässig. Über drei Mechanismen werden hier mit dem umliegenden Gewebe Stoffe und Flüssigkeiten ausgetauscht.

- Diffusion
- Filtration
- Resorption

## Diffusion

Beim Flüssigkeits- und vor allem Stoffaustausch gelöster Teilchen spielt die Diffusion mengenmäßig die weitaus größte Rolle. Bei einem Durchfluß durch die Kapillare wird das Plasmawasser mit dem Wasser des Interstitiums bis zu vierzigmal ausgetauscht. Man geht für die gesamte Kapillaroberfläche des Körpers von einem Austausch bis zu 60l/min aus.

## Herzminutenvolumen (HMV)

Die Pumpleistung des Herzens wird durch das Herzminutenvolumen (HMV) definiert. Unter dem HMV versteht man die Menge Blut in Litern, die in einer Minute aus dem Herzen in den Körperkreislauf ausgeworfen wird. Es errechnet sich durch die Multiplikation des Auswurfvolumens mit der Schlagfrequenz.

## **Durchschnittliche Werte des HMV:**

- 70 ml Auswurfvolumen je Herzkammer
- 60-70 Herzaktionen
- HMV von ca. 5 Litern pro Minute

Das HMV kann unter körperlicher Belastung bis zum 6fachen des Ruhe HMV (5 Liter) betragen.

## **Regulation der Organdurchblutung**

Die Regulation der Organdurchblutung erfolgt in erster Linie über die Änderung der Gefäßweite. So kann die Durchblutung der Organe an unterschiedliche Erfordernisse und Belastungsbedingungen angepasst werden und die gerade aktiven Organsysteme (Muskulatur beim Sport, Magen-Darm-Trakt bei Ruhephasen) können vermehrt mit Blut versorgt werden.

Die Steuerung der Organdurchblutung erfolgt hier über mehrer Mechanismen:

- lokale Einwirkungen
- nervale Signale (Sympathicus und Parasympathicus)

## **Regulation des Gesamtkreislaufs (Blutdruckregulation)**

Der arterielle Blutdruck ergibt sich aus dem zirkulierenden Blutvolumen (Herzminutenvolumen) und dem zur Verfügung stehenden Querschnitt des Gefäßsystems („peripherer Widerstand“). Damit gibt es zwei Möglichkeiten, Blutdruck und Durchblutung zu regulieren:

- durch Änderung des Gefäßdurchmessers und damit des zur Verfügung stehenden Gefäßvolumens
- durch Änderung des im Gefäßsystem zirkulierenden Blutvolumens

### **Blutdrucksenkung bei:**

- Erweiterung des Gefäßdurchmessers
- Verringerung des im Gefäßsystem zirkulierenden Blutvolumens

### **Blutdrucksteigerung bei:**

- Verengung des Gefäßdurchmessers
- Erhöhung des im Gefäßsystem zirkulierenden Blutvolumens

Auf dieser Grundlage erfolgt die zentrale Regulation des Blutdrucks. Man unterscheidet hier zwischen kurzfristig, mittelfristig und langfristig wirksamen Mechanismen.