



## **Die Physiologie des Herz-Kreislaufsystems beim Pferd:**

Das Herz-Kreislauf-System sichert das Überleben des Organismus, da es dafür verantwortlich ist, jede einzelne Körperzelle zu versorgen und die chemischen und physiologischen Eigenschaften der Körperflüssigkeiten aufrecht zu erhalten. Hierbei transportiert das Blut Sauerstoff aus den Lungen zu den Zellen und Kohlendioxid in entgegengesetzter Richtung zu den Lungen, wo Kohlendioxid abgeatmet und das Blut wieder mit Sauerstoff beladen wird.

Aus der Verdauung gewonnene Nährstoffe wie Fette, Zucker oder Eiweiße aus dem Verdauungstrakt werden über das Blut in die einzelnen Gewebe transportiert und dort, je nach Bedarf, verbraucht, weiterverarbeitet oder gespeichert. Stoffwechsel-Abfallprodukte, wie z.B. Harnstoff oder Harnsäure, werden in anderes Gewebe oder zu den Ausscheidungsorganen transportiert.

Außerdem verteilt das Blut auch Botenstoffe, wie Hormone, Abwehrzellen und Teile des Gerinnungssystems innerhalb des Körpers.

Weitere Aufgaben des Kreislaufs sind die Aufrechterhaltung von bestimmten Druckverhältnissen zwischen Gewebe und Gefäßsystem und die Thermoregulation.

Es gibt zwei Kreisläufe im Körper:

1) Den großen Körperkreislauf: Hier wird das sauerstoffreiche Blut vom linken Herzen aus durch den kompletten Körper gepumpt.

2) Den kleinen Lungenkreislauf: Hier wird sauerstoffarmes Blut vom rechten Herz zur Lunge gepumpt und über den Gasaustausch wieder mit Sauerstoff angereichert. Von der Lunge aus wird es dann zum linken Herzen gepumpt und gelangt dann in den Körperkreislauf.

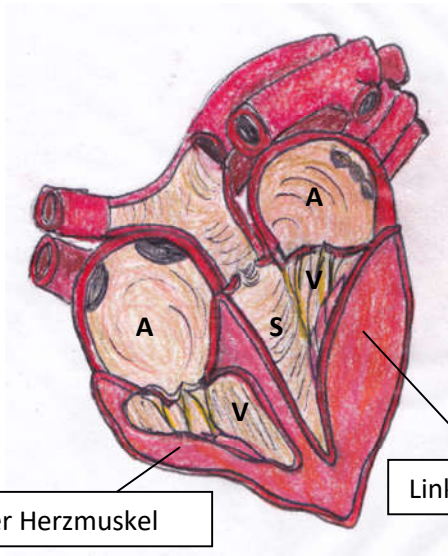
### **Aufbau und Funktion des Herzens:**

Das Herz ist das zentrale Organ des Kreislaufsystems. Es ist ein muskulöses Hohlorgan, das von außen von einer festen Hülle überzogen ist, die man auch Herzbeutel oder Perikard nennt. Die Auskleidung der Innenräume des Herzens nennt man Endokard.

Das Herz entspricht in seiner Funktion zwei nebeneinander liegenden Druck-Saug-Pumpen:

Die rechte Hälfte drückt das vom Körper kommende sauerstoffarme Blut in den Lungenkreislauf.

Die linke Hälfte pumpt das von der Lunge kommende sauerstoffreiche Blut in den Körperkreislauf.



Das Herz besteht aus 4 Hohlräumen: Die beiden oberen Hohlräume sind die so genannten Vorhöfe (=Atrium). Die beiden unteren Hohlräume sind die Kammern (= Ventrikel). Die linke Kammer hat eine besonders kräftige Wand, da der linke Herzmuskel das sauerstoffbeladene Blut in die Arterien des gesamten Organismus pumpen muss. Rechte und linke Herzhälfte werden durch die Herzscheidewand (= Septum) voneinander getrennt .

rechter Herzmuskel

Linker Herzmuskel

4 Herzklappen regeln die Strömungsrichtung des Blutes:

- Die Bikuspidalklappe (auch Mitralklappe) zwischen linkem Vorhof und linker Kammer
- Die Trikuspidalklappe zwischen rechtem Vorhof und rechter Kammer

Diese Klappen zwischen Vorhof und Kammer heißen auch Segelklappen, oder Artioventrikular-klappen (=AV-Klappen abgekürzt)

- Die Aortenklappe am Ausgang der linken Herzkammer in die Aorta, von wo aus das Blut in den Körperkreislauf gelangt
- Die Pulmonalklappe am Ausgang der rechten Herzkammer, von wo das Blut in den Lungenkreislauf gepumpt wird

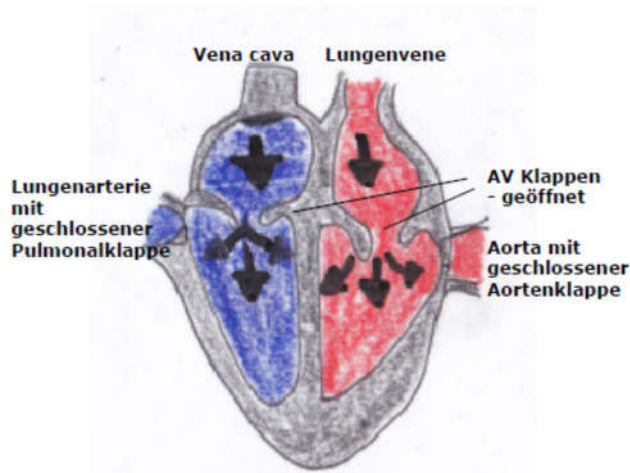
Diese beiden Klappen heißen auch Taschenklappen.

Bei jeder Pumpaktion fördert jede Kammer etwas mehr als die Hälfte ihres Füllungsvolumens weiter. Man unterscheidet die Füllungsphase, die so genannte Diastole und die Auswurfphase, die so genannte Systole.

Durch Druckveränderungen kommt das Einströmen des Blutes in die Kammern zustande. Verantwortlich für die Druckveränderungen ist der sogenannte Ventilebenenmechanismus.



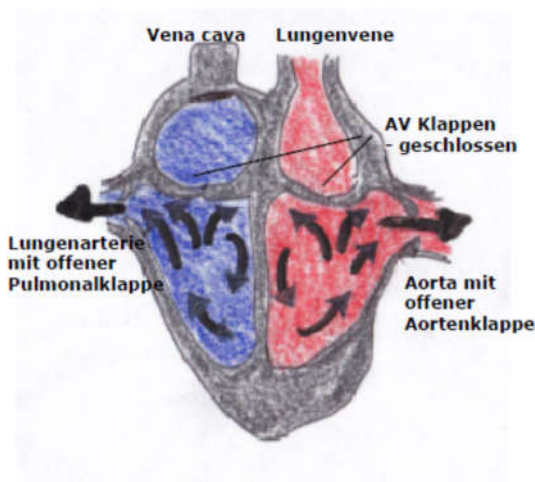
### Die Diastole = Füllungsphase



Während der Diastole ist der Herzmuskel schlaff. Das Blut strömt über die Hohlvene und die Lungenvene in die Vorhöfe und durch die geöffnete Trikuspidal- bzw. Mitralklappe in die Kammern.

Pulmonal und Aortenklappe sind geschlossen, damit das Blut in den Kammern verbleibt.

### Die Systole = Auswurfphase



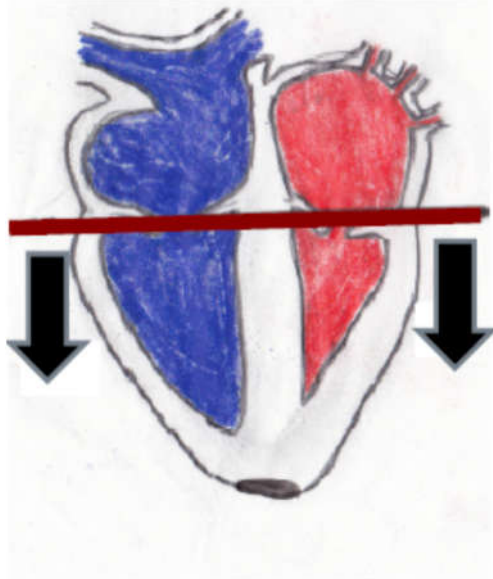
In der Systole ist der Herzmuskel kontrahiert. Die AV-Klappen schliessen, so dass das Blut nicht aus der Kammern in den Vorhof zurückströmen kann.

Pulmonal und Aortenklappe sind geöffnet, so dass das Blut in den Lungen- und Körperkreislauf gepumpt wird.

Neben der Muskulatur, dem weitaus größten Teil der Gewebemasse des Herzens, besitzt das Herz ein sogenanntes Herzskelett. Es handelt sich hier um eine straffe bindegewebige Struktur, die sich vor allem im Bereich der AV- Klappen befindet.

### Das Herzskelett hat drei wichtige Funktionen:

- Es dient dem Ansatz für die Muskulatur
- als Ansatz für die AV-Klappen
- der elektrischen Trennung von Vorhof- und Kammermuskulatur, um eine gleichzeitige Kontraktion zu verhindern
- Es ist die mechanisch entscheidende Struktur beim so genannten Ventilebenenmechanismus.



Das Herzskelett ist ausschlaggebend für die Mechanik bei der Herzaktion: Es fixiert die Herzspitze im Laufe des gesamten Herzzyklus relativ fest und ist durch seine straffe Bindegewebsstruktur statisch.

Im Bereich der Klappen, die ja durch das Herzskelett fixiert werden bildet das straffe Bindegewebe eine Art Ebene, genannt Ventilebene. Bei einer Kontraktion der Kammermuskulatur wird die Ventilebene, die ihre Form beibehält, nach unten in Richtung der Herzspitze gezogen. Das erzeugt einen Sog und sorgt dafür, dass in den Vorhöfen ein Unterdruck entsteht und das Blut aus der Hohlvene und der Lungenvene in die Vorhöfe gesaugt wird.

Die Herzkontraktion wird durch einen elektrischen Impuls ausgelöst. Dieser Impuls wird spontan und rhythmisch in spezialisierten Herzmuskelzellen ausgelöst, den **Schrittmacherzellen**.

Das Herz hat einen eigenen Taktgeber, der für den Herzschlag verantwortlich ist, den **Sinusknoten** der am rechten Vorhof sitzt. Der Rhythmus des Sinusknotens wird vom vegetativen Nervensystem (Parasympathikus und Sympathikus) reguliert und ist somit nicht bewußt steuerbar, sondern arbeitet autonom, was überlebenswichtig ist.

Vom Sinusknoten aus verteilt sich der Impuls zum Herzschlag über Leitungsbahnen auf den gesamten Herzmuskel.

Ein wichtiges Weiterleitungszentrum ist der sogenannte **AV-Knoten** (Atrioventrikulärknoten) zwischen Vorhof und Kammer. Der AV-Knoten kann bei Ausfall des Sinusknoten auch als Schrittmacher einspringen, hat aber eine niedrigere Frequenz.

Bei körperlicher Belastung und in Stresssituationen wird die Herzleistung durch die Einwirkung des **Sympathikus** gesteigert. Der Gegenspieler des Sympathikus ist auch am Herzen der **Parasympathikus** welcher folgende Effekte am Herzen bewirkt: Er senkt er die Herzfrequenz, reduziert die Kontraktionskraft des Herzens und setzt die Überleitungsgeschwindigkeit des AV-Knotens und die Erregbarkeit des Herzens herab.



### **Aufbau und Funktion des Gefäßsystems:**

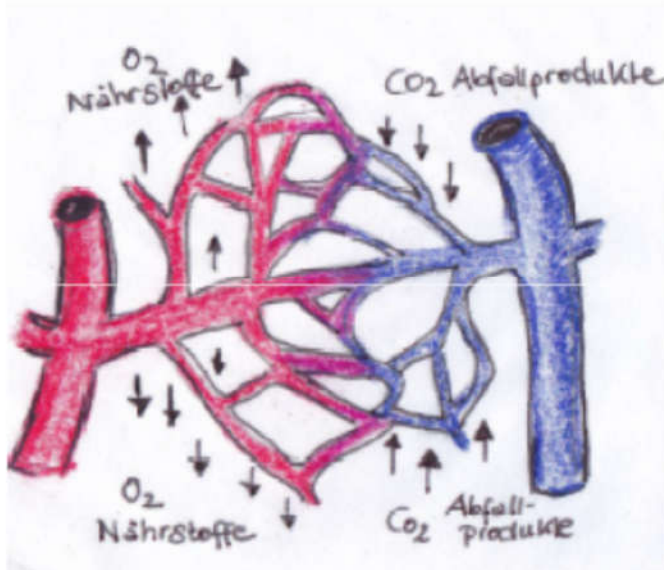
Man unterscheidet bei den Gefäßen zwischen Arterien und Venen, die sich wiederum in die kleineren Arteriolen, bzw. Venolen verzweigen.

Die kleinsten Gefäße sind die netzartig verzweigten winzigen Kapillaren (Austauschgefäße).

Die verschiedenen Gefäßtypen unterscheiden sich entsprechend ihrer Funktion in ihrem Aufbau.

Die mit Sauerstoff angereicherten Arterien verzweigen sich in die kleineren Arteriolen, die in der Endstrombahn, den Kapillaren enden. Die Kapillaren liegen in feinverzweigten Netzen im Körpergewebe. Hier findet der Stoffaustausch vom Blut ins Gewebe und umgekehrt statt. Nach Abgabe des Sauerstoffs ins Gewebe ist das Blut in den Kapillaren sauerstoffarm und mündet in die Venolen und von dort in die Venen. Das venöse Blut fließt zurück Richtung rechtes Herz um von dort in den Lungenkreislauf zu gelangen, damit wieder Sauerstoff angereichert werden kann.

Die zwischen Blut und Gewebe ausgetauschten Moleküle gelangen per Diffusion durch die Kapillarwand. Verantwortlich für die Diffusion sind bestimmte Druckverhältnisse innerhalb des Gefäßsystems (hydrostatischer und kolloidosmotischer Druck).



Arterien leiten das sauerstoffreiche Blut mit hohem Druck vom Herz in alle Körperregionen. Sie verzweigen sich in die kleineren Arteriolen. Die Arteriolen können, kontrolliert durch den Sympathikus den Blutfluss regulieren, bevor das Blut in die Kapillaren gelangt. Damit die Arterien dem vom Herzen erzeugten hohen Druck standhalten haben sie sehr kräftige Gefäßwände.

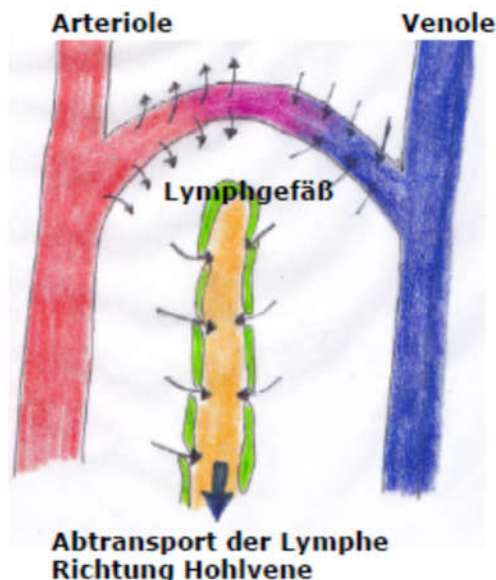


Venöse Gefäße transportieren, nach Abgabe von Sauerstoff und Nährstoffen ins Gewebe, das jetzt sauerstoffarme und kohlendioxidreiche Blut mit Stoffwechselabbauprodukten beladen zurück zum Herz. Der Blutdruck in den Venen ist deutlich geringer als in den Arterien, deswegen ist die Gefäßwand und die Muskelschicht deutlich dünner als bei den Arterien.

Venenklappen verhindern das Zurückfließen von Blut und ein „Versacken“ von Blut in den Gliedmaßen. Das venöse Blut wird bei Bewegung und Muskelarbeit quasi von Segment zu Segment gepumpt. Das erklärt, warum bei langem Stehen die Beine „anlaufen“: Es kommt zu vermehrter Venenfüllung, die Venenklappen weichen sukzessive auseinander .

Die Wand der Kapillaren muss durchlässig sein für bestimmte Moleküle, deshalb besitzen sie nur eine sehr dünne und gut durchlässige Wand aus einer dünnen Endothelschicht und einer dünnen Basalmembran.

Die Lymphgefäße verlaufen gemeinsam mit den Blutgefäßen und sind verantwortlich für den Abtransport von Flüssigkeit aus dem Gewebe. Ihre kleinste Verzweigung sind ebenfalls Kapillaren. Die Lymphkapillaren sind winzig und ihre Wand besteht aus nur einer einzigen Zellschicht. Über die Blutkapillaren wird nur ca 90% der Flüssigkeit aus dem Gewebe resorbiert, die restliche Flüssigkeit wird von den Lymphkapillaren resorbiert und in größere Lymphgefäße und schließlich in den Ductus thoracicus abtransportiert, der in Herznähe wieder ins venöse System und schließlich in die Hohlvene mündet.



Die Lymphe ist auch verantwortlich für den Abtransport von Bakterien und Fetten, die im Gewebe in die Flüssigkeit gelangen. Auf dem Weg der Lymphe Richtung Hohlvene sind immer wieder Lymphknoten zwischengeschaltet, die Abwehrzellen enthalten.

Hier werden Abfallprodukte, tote Zellen, Zellreste, Bakterien und Toxine die aus dem Gewebe abtransportiert wurden gefiltert und zerstört, bevor die Lymphe in den venösen Blutstrom geleitet wird und Richtung Herz fließt.



### **Druckregulation im Gefäßsystem:**

Man unterscheidet zwischen Niederdruck- und dem Hochdrucksystem.

Zum Niederdrucksystem gehören die Arteriolen, Kapillaren und Venen des Körperkreislaufs, das rechte Herz und die Gefäße des Lungenkreislaufs.

Zum Hochdrucksystem gehören die Arterien des Körperkreislaufs und das linke Herz

Die Hauptaufgabe des Niederdrucksystems ist die Blutspeicherung: 70-80% des im Körper zirkulierenden Blutes befinden sich im Niederdrucksystem. Diese Funktion wird durch die hohe Dehnbarkeit und die große Kapazität der Gefäße begünstigt.

Im Falle eines Blutverlustes kann das Volumen durch Verengung (Vasokonstriktion) der Venen bis zu einem gewissen Grad ausgeglichen werden.

Die Hauptaufgabe des Hochdrucksystems ist die Versorgung der Organe mit Sauerstoff und Nährstoffen.

Wie funktioniert die Druckregulation in den Gefäßen?

Trotz der großen Druckunterschiede zwischen Systole und Diastole fließt das Blut relativ gleichmäßig durch den Körper. Dies liegt an der sogenannten Windkesselfunktion der Aorta und der großen Arterien.

Während der Systole dehnt sich die Gefäßwand aus und nimmt so einen Teil des ausgeworfenen Blutes auf, und gibt ihn in der Diastole, in der kein Blut aus dem Herzen austritt, wieder ab.

Diese Volumendehnbarkeit wandelt also das stoßweise austretende Blut in einen gleichmäßigen Strom um.

Würde der Druck nicht durch die elastischen Gefäße gespeichert werden können, so würde der Druck in der Aorta wesentlich dramatischer schwanken.

Interessanterweise würde im zeitlichen Mittel aber wesentlich weniger Blut durch die Gefäße strömen, da viel Strömungsenergie für das ständige Beschleunigen des Blutes aufgezehrt würde.

Wie bereits erwähnt enthalten die Venen Venenklappen. Während der Blutfluss in den Arterien allein durch die Pumpkraft des Herzens aufrechterhalten wird, erfolgt der Bluttransport in den Venen vor allem schubweise über von außen wirkende Kräfte zurück zum Herz. Die äußeren Kräfte sind vor allem die Kontraktionen umliegender Skelettmuskeln.

Die Venenklappen verhindern, dass in den Pausen dieser äußeren Massagewirkung das Blut nicht wieder der Schwerkraft folgend zurückfließt.

### **Kreislaufregulation:**

Unabhängig von Umgebungs- und Belastungsbedingungen muss die Blutversorgung zu jedem Zeitpunkt aufrechterhalten bleiben.

Es muss sichergestellt werden, dass Herzaktion und Blutdruck immer bestmöglich reguliert werden und alle Organe müssen ein Mindestmaß an Blut erhalten.

Der Blutstrom muss entsprechend den Bedürfnissen von den ruhenden hin zu den aktiven Organen verteilt werden, da eine Maximalversorgung aller Organe zur gleichen Zeit nicht möglich ist.



Der Körperkreislauf besteht daher aus vielen parallel geschalteten Kreisläufen, die je nach Aktivität zu- oder abgeschaltet werden können.

Durch Weitstellen (= **Vasodilatation**) oder Engstellung (= **Vasokonstriktion**) der Gefäße kann der Blutfluss reguliert werden.

Die Gefäßweite der Arterien wird durch den Spannungszustand der glatten Muskulatur in der Gefäßwand gesteuert. Sind die Gefäße erweitert, fließt mehr Blut in das entsprechende Gebiet und das versorgte Gewebe wird besser durchblutet.

Man unterscheidet:

- „Sperrarterien“ = Arterien, die ihr Lumen verschließen können
- „Drosselvenen“ = Venen, die ihr Lumen einengen können

Drosselvenen kommen vor allem in der Schleimhaut des Darmes vor. Bei einer Einengung wird der Blutabfluss aus dem Darm verlangsamt und damit die Blutmenge vergrößert und die Zeit zum Übertritt der resorbierten Nährstoffe in das Blut verlängert.

Die Regulation der Gefäßweit- oder Gefäßengstellung erfolgt über nervale Impulse und über Hormoneinwirkung.