

Herz und Blutkreislauf

Motivation

Mit mehr als 100.000 Schlägen und einer Pumpleistung von etwa 8.000 Litern pro Tag ist das menschliche **Herz** ein Hochleistungsorgan. Es treibt als etwa faustgroßer Hohlmuskel den **Blutkreislauf** an und sorgt für den Transport von Sauerstoff, Wasser, Salzen, Nährstoffen und Hormonen sowie für den Abtransport von Stoffwechselprodukten wie Harnstoff und Kohlenstoffdioxid im Körper. Nur so können lebenswichtige Vorgänge im Körper aufrechterhalten werden.

Das Herz bedient sich dabei eines Systems aus Blutgefäßen, welche nach ihrer Fließrichtung benannt werden: zum Herzen hinführende Blutgefäße bezeichnet man als **Venen**, vom Herzen wegführende dagegen als **Arterien**.

Der Mensch besitzt, wie alle mit Lungen atmenden Wirbeltiere, einen doppelten Kreislauf, bestehend aus dem kleineren **Lungen-** und dem deutlich größeren **Körperkreislauf**. Innerhalb von etwa einer Minute wird das gesamte Körperblut über den Blutkreislauf einmal komplett durch den Körper transportiert.

Viele Phänomene des Herzens und des Blutkreislaufs können die Schülerinnen und Schüler „am eigenen Leib“ erfahren bzw. ertasten, was sie für das Thema begeistert und dafür sorgt, dass sie bei der Sache bleiben.

Das Herz

Steckbrief Herz

Aussehen: faustgroß,

Herzspitze zeigt nach unten links
(auf etwa 5 Uhr)

Gewicht: etwa 330 g, Herzvolumen etwa 600-1.000 ml
(abhängig von Körpergewicht, Geschlecht, Alter und Trainingszustand)

Aufbau Herz und Blutkreislauf

Der kegelförmige, faustgroße Herzmuskel besteht aus einer linken und einer rechten Herzhälfte. Er ist mit seinem quergestreiften Muskelgewebe ein Hohlmuskel mit zwei großen (linke und rechte Herzkammer) und zwei kleinen **Kammern** (linker und rechter Vorhof).

Die **Herzscheidewand** trennt die linke und die rechte Herzhälfte voneinander. Die Ortsbezeichnungen „rechts“ und „links“ ergeben sich aus der Ansicht des Herzbesitzers, scheinen also in Zeichnungen des Herzens immer „falsch herum“ zu stehen (siehe Abb. 1).

Herzklappen regulieren den Blutfluss, indem sie sich nur in eine Richtung vom Druck des Blutstromes öffnen lassen und einen Rückfluss verhindern. Sie wirken wie Ventile. Über die obere und untere Hohlvene wird dem rechten Vorhof des Herzens **sauerstoffarmes Blut** aus dem Körper zugeführt und nach Passieren der dreizipfeligen **Segelklappe** (Trikuspidalklappe) in die rechte Herzkammer gedrückt. Von dort fließt bei Kontraktion das sauerstoffarme Blut durch die **Taschenklappe** über die **Lungenarterie** in die beiden Lungenflügel.

Das sauerstoffarme Blut wird in der Lunge mit Sauerstoff angereichert und fließt über die beiden **Lungenvenen** zurück in den linken Vorhof des Herzens. Nach Durchströmen der zweizipfeligen Segelklappe (Bikuspidalklappe oder Mitralklappe) gelangt das Blut in die aufgrund seiner Aufgabe (Körpersversorgung) größere und muskulösere linke Herzkammer. Diese pumpt es bei Kontraktion durch eine weitere Taschenklappe in die **Hauptschlagader (Aorta)** und von der weiter in den Körperkreislauf.

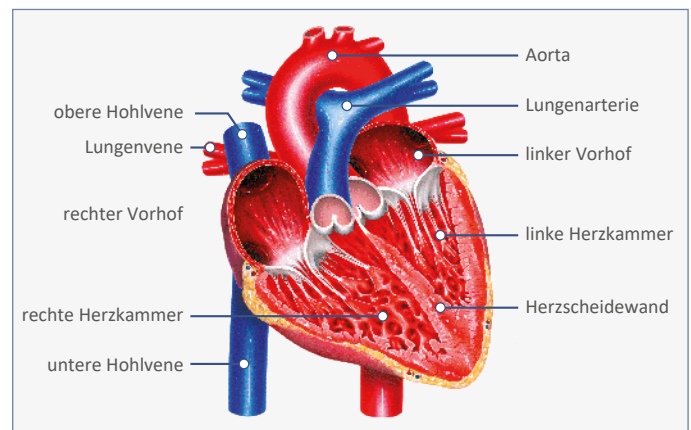


Abbildung 1: Längsschnitt durch das Herz

Funktion des Herzens

Elektrische Erregung

Für die Herzmuskelkontraktionen ist der **Sinusknotten** als natürlicher Schrittmacher verantwortlich. Er liegt als Gruppe von spezialisierten, elektrisch aktiven Zellen in dem Bereich des Herzens, wo die obere Hohlvene in den rechten Vorhof mündet. Diese speziellen Herzmuskelzellen können sich selbst erregen. Dadurch werden elektrische Impulse ausgelöst, die eine Kontraktion des Herzmuskels herbeiführen. In körperlicher Ruhe schlägt das Herz mit einer Frequenz von **60 bis 80 Mal pro Minute**. Unter Belastung (z. B. beim Sport) steigt der Sauerstoffbedarf der Muskulatur und die Herzfrequenz erhöht sich. Der im Sinusknoten generierte elektrische Impuls breitet sich über die beiden Vorhö-

Kapitel 1: Herz und Blutkreislauf

fe des Herzens aus und trifft dann auf den **AV-Knoten** (Atrioventrikularknoten oder auch Vorhof-Kammer-Knoten), der am Übergang zwischen rechtem Vorhof und rechter Herzkammer sitzt. Dieser wirkt wie ein Ventil für die Weiterleitung der elektrischen Erregung auf die Hauptkammern. Die Ausbreitung der elektrischen Erregung erfolgt mit einer zeitlichen Verzögerung. Diese Verzögerung bewirkt, dass Vorhöfe und Herzkammern nacheinander kontrahieren. Dies gewährleistet eine vollständige Füllung der Herzkammern mit Blut aus den Vorhöfen, also eine optimale Koordination des Zusammenspiels von Vorhof- und Herzkammerkontraktionen.

Nerven des vegetativen Nervensystems sowie Hormone (Adrenalin/Noradrenalin) beeinflussen die Funktion des Sinusknotens. Bei Ausfall des Sinusknotens besitzt auch der AV-Knoten die Fähigkeit der elektrischen Erregbarkeit, allerdings mit einer Frequenz von lediglich 40 Impulsen pro Minute. Vom AV-Knoten wird die elektrische Erregung über das **His-Bündel** durch die Bindegewebsplatte zwischen Vorhof und Kammer (Herzskelett) hindurch weitergeleitet. Das His-Bündel wurde nach dem Internisten Wilhelm His benannt. Auch das His-Bündel besitzt die Fähigkeit der elektrischen Erregbarkeit mit einer Frequenz von nur noch 20 bis 30 Impulsen pro Minute. Danach teilt sich das His-Bündel in einen linken und rechten Schenkel mit einer schnellen Weiterleitung der elektrischen Erregung auf. Die Schenkel verzweigen sich in der Herzspitze mit weiteren Verästelungen, den **Purkinje-Fasern**, benannt nach dem tschechischen Physiologen Jan Purkyně. Diese sind die letzte Station des elektrischen Herzreizleitungssystems. Die dabei entstehenden, schwachen elektrischen Ströme können an der Haut abgenommen und über ein **EKG (Elektrokardiogramm)** am Bildschirm sichtbar gemacht werden.

Systole und Diastole

Das Reizleitungssystem bewirkt, dass sich Vorhöfe und Herzkammer in einem bestimmten, leicht zeitversetzten Rhythmus (Herzzyklus), immer wieder leeren und füllen (siehe Abb. 2). Die **Systole** bezeichnet dabei den Herzschlag (Kontraktion) des Herzmuskels, die **Diastole** die Erschlaffung des Herzmuskels. Zu Beginn des Herzzyklus füllen sich die Vorhöfe und die Kontraktion (Systole) der Vorhöfe pumpt das Blut über die sich öffnenden Segelklappen in die Herzkammern. Danach erfolgt eine Kontraktion der Herzkammern. Die nun geschlossenen Segelklappen verhindern den Rückfluss des Blutes in die Vorhöfe, sodass der Druck in den Herzkammern steigt. Das Blut wird über die sich nun öffnenden Taschenklappen aus der linken Herzkammer in die Aorta und aus der rechten Herzkammer in die Lungenarterie gedrückt. Auf

die Herzkammer-Systole folgt nun die Diastole mit der Erschlaffung der Vorhöfe, die sich wieder mit Blut aus den Venen füllen. Wird der Druck in den Vorhöfen größer, öffnen sich die Segelklappen, das Blut füllt die erschlafften Herzkammern wieder bis zum Ende der Diastole (Erschlaffung und Füllungsphase). Durch sanften Druck auf die Halsschlagader (direkt unter dem Unterkiefer) können die Schülerinnen und Schüler ihren Pulsschlag selbst spüren und mit einer Stoppuhr auch die Herzschläge pro Minute bestimmen.

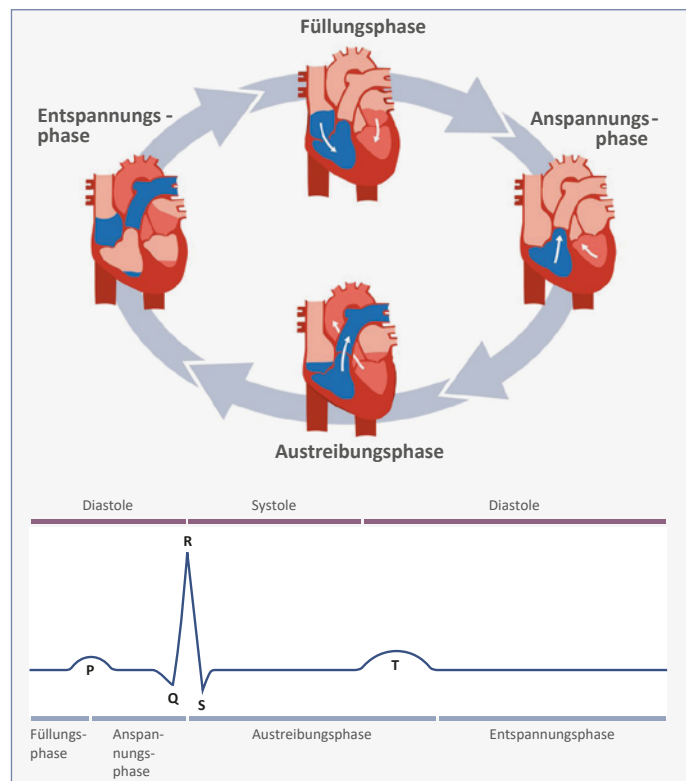


Abbildung 2: Systole und Diastole

Erkrankungen des Herzens

Das Herz ist ein Hochleistungsorgan mit etwa 2,5 Milliarden Kontraktionen in einem 70-jährigen Menschenleben und somit von zentraler Bedeutung. Herz-Kreislauf-Erkrankungen zählen immer noch zu den zehn häufigsten Todesursachen und führen oft zu erheblichen Einschränkungen der Lebensqualität.

Koronare Herzkrankheit

Ablagerungen in den Herzkranzgefäßen verringern die **Durchblutung** des Herzens und damit dessen notwendige Sauerstoff- und Nährstoffversorgung.

Angina Pectoris

Sie ist eine krampfartige Durchblutungsstörung der Herzmuskulatur. Angina Pectoris entsteht als Folge der

koronaren Herzkrankheit bei **Durchblutungsstörungen** der Herzkranzgefäße. Sie verursacht akute Schmerzen in der Brust, die häufig bis in die Schulter und den Arm ausstrahlen. Oft ist sie die Vorstufe zum Herzinfarkt.

Herzinfarkt

Ein Herzkranzgefäß wird durch ein **Blutgerinnsel** verschlossen. Die vom Herzkranzgefäß versorgten Herzregionen werden nicht mehr durchblutet und mit Sauerstoff versorgt. Herzmuskelzellen sterben ab. Ein Herzinfarkt kann tödlich sein, wenn die Sauerstoffunterversorgung länger als rund 20 Minuten anhält.

Herzrhythmusstörungen:

Der normale Herzrhythmus kann durch verschiedene Ursachen gestört sein, wie z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, vegetative Auslöser, Ängste, Stress, Medikamente oder angeborene Herzfehler. Herzrasen (Tachykardie), verlangsamer (Brachykardie) oder unregelmäßiger Herzschlag (Arrhythmie) können die Folge sein. Liegen z. B. Fehlfunktionen des Sinusknotens oder des AV-Knotens vor, kann ein Stillstand der Kammern zu Schwindelgefühl, Kollaps, Ohnmacht oder sogar zum Tod führen. Die **Pumpleistung** des Herzens ist dabei stark vermindert. Beim **Kammerflimmern** laufen die elektrischen Erregungen unregelmäßig, ungeordnet und sehr schnell ab, sodass der Herzmuskel nicht mehr kontrahiert und der Körper nicht mehr mit Sauerstoff versorgt wird (s. **interaktive Übung (IÜ) 3: Die Erregung des Herzens**). Gehirnschädigungen oder Tod können die Folge sein. Ein **Defibrillator** (z. B. AED: automatisierter externer Defibrillator, findet sich an vielen öffentlichen Orten; oder ICD: implantierbarer Defibrillator/*Intra Cardiac Defibrillator*) kann über einen Stromimpuls die falsche Erregung beenden und die natürliche Stimulation beginnt erneut.

Leider wird in fast allen Serien und Filmen die Verwendung des externen Defibrillators falsch dargestellt: Ein Einsatz bei Herzstillstand ist zwecklos. Allerdings ist bei über 80 % der Herztode ein Kammerflimmern ursächlicher Beginn der Komplikationen.

Beim Roten Kreuz sollte problemlos ein AED ausgeliehen werden können, falls nicht sowieso ein derartiges Gerät in der Schule vorhanden ist.

Der Blutkreislauf

Der Blutkreislauf ist aufgeteilt in einen kleinen **Lungenkreislauf** (wird von der rechten Herzhälfte angetrieben) und einen großen **Körperkreislauf** (wird von der linken, deutlich größeren und muskulöseren Herzhälfte

angetrieben). Zur besseren Vorstellbarkeit können sich die Schülerinnen und Schüler in ein Blutkörperchen hineinversetzen und müssen z. B. in der linken Herzkammer starten und alle (großen) Blutgefäße nennen, die sie durchlaufen: linke Herzkammer – Aorta – Körperkapillaren – Hohlvene – rechte Vorkammer – rechte Herzkammer – Lungenarterie – Lungenkapillaren – Lungenvene – linke Vorkammer – linke Herzkammer.

Man unterscheidet folgende Arten von **Blutgefäßen**:

- **Arterien** führen **vom Herzen weg**, z. B. die Hauptschlagader (Aorta), die Lungenarterien oder die Carotis (Halsschlagader). Arterien sind muskulös und können den Blutdruck durch Kontraktion erhöhen („Schlag“ader!). An manchen Arterien kann das Pulsieren des Blutes mit dem Finger erspürt werden. Der Blutdruck verhindert ein Zurückfließen des Blutes. Die Arterien des **Körperkreislaufs enthalten sauerstoffreiches Blut, die des Lungenkreislaufs sauerstoffarmes**. Aus diesem Grund sollten die Begriffe „arterielles Blut“ und „venöses Blut“ vermieden werden, da arterielles Blut nicht mit sauerstoffreichem gleichzusetzen ist.
- **Venen** führen **zum Herzen hin**, z. B. die obere und untere Hohlvene, die Lungenvenen oder die Halsvenen (Drosselvenen). Venen sind nicht muskulös, aber sehr elastisch. Durch nahe bei den Venen liegende Muskeln wird das Blut in den Venen bewegt. Venenklappen, die ebenso funktionieren wie die Herzklappen, verhindern den Blutrückfluss.
- **Kapillaren** sind die kleinsten Blutgefäße. Ihr Durchmesser beträgt 3-10 µm (etwas größer als der eines Erythrocyten). Sie bilden das Kapillarnetz, das sämtliche Organe durchzieht, sodass jede Körperzelle nicht weiter als drei Zellen von der nächsten Kapillare entfernt ist. Die Gesamtlänge des menschlichen Kapillarnetzes beträgt fast 100.000 km. Hier besteht die größte Gefahr eines Gefäßverschlusses (Thrombus).
- Die **(Leber-)Pfortader** verbindet das Kapillarnetz des Darms mit dem der Leber. Sie **verbindet also Darm und Leber**. Die Pfortader enthält sauerstoffarmes, aber durch den Darm sehr nährstoffreiches Blut, das in der Leber weiter prozessiert wird (Glykogenbildung, Entgiftung). Damit ist sie weder klassische Vene noch Arterie. Die Sauerstoffversorgung der Leber erfolgt durch die Leberarterie. Die zweite bei Säugetieren zu findende Pfortader ist die Hypophysenpfortader im Gehirn, die eine schnelle Aktivierung der Hypophyse durch den Hypothalamus ermöglicht.

Didaktisch-methodische Hinweise

1.1 Aufbau Herz und Blutkreislauf

Zu Beginn des Kapitels bietet sich eine Wiederholung der wichtigsten Organe/Organsysteme des Menschen an. Mithilfe der **IÜ 1: Aufbau des Blutkreislaufs** oder der **Folie 1: Aufbau des Blutkreislaufs** können die Schülerinnen und Schüler gut die zentrale Rolle des Herzens herausarbeiten und, wenn sie genau hinsehen, auch zwei unabhängige Blutkreisläufe erkennen: den großen Körperkreislauf außen und den kleinen Lungenkreislauf innen. Zur Vorbereitung oder Wiederholung der Lerneinheit lassen sich die Organe auch an einer Schautafel oder am Modelltorso identifizieren. Hier bietet sich an, die Farbcodierung sowie die Begriffe Arterie und Vene einzuführen. Die Leberpfortader lässt sich nach den obengenannten Definitionen nicht eindeutig als Vene, aber auch nicht als Arterie identifizieren.

Das **Arbeitsblatt (AB) 1: Blut und Blutbestandteile** erläutert die Zusammensetzung des Blutes und fordert durch die Multiple-Choice-Fragen das logische Denken der Schülerinnen und Schüler.

Mit dem **AB 2: Blutgruppen** werden die Voraussetzungen für eine Bluttransfusion herausgestellt. Es soll ein Bewusstsein für die Wichtigkeit von Bluttransfusionen geschaffen werden.

Nachdem die zentrale Rolle des Herzens klar geworden ist, gönnen wir diesem Organ nun mit der **Folie 2: Herz von außen und innen** und **IÜ 2: Der Blick ins Herz** einen genaueren Blick: Schon von außen lassen sich Blutgefäße erkennen (Koronargefäße, eigene Blutversorgung des Herzens) sowie große Adern (Aorta, Lungenarterie, Lungenvene (hinten), obere und untere Hohlvene). Im Inneren lassen sich die vier Kammern erkennen sowie die Funktion der Taschen- und Segelklappen erschließen. Ebenfalls ins Auge fällt die unterschiedliche Dicke der Herzwände. Hier ist es angebracht auch über die Rechts-Links-Problematik bei Herzbildern zu sprechen. Schon durch die Ausrichtung der Herzspitze erkennt man, dass „Links“ hier auf der rechten Seite liegt. Das **AB 3: Blutkreislauf des Menschen** dient der Ergebnis-sicherung. Ihre gewonnenen Erkenntnisse können die Schülerinnen und Schüler zudem mit der **IÜ 3: Aufbau des Herzens überprüfen und festigen**.

1.2 Funktion des Herzens

Mit der **IÜ 1: Blutfluss im Herzen** können die Grundlagen wiederholt werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen den Aufbau des Herzens und die Fließrichtung

des Bluts verinnerlicht haben, um die komplexen Vorgänge des Herzschlages verstehen zu können.

Diese werden nun mit der **IÜ 2: Systole und Diastole** eingeführt. Die Schülerinnen und Schüler sollten genug Zeit haben, den ersten Teil der Übung zu bearbeiten und zu verstehen, denn beim zweiten Teil muss das Ziel sein, die Aufgabe auf Anhieb richtig zu lösen (natürlich kommt man auch durch Trial-and-Error zum Ziel, allerdings besteht so keinerlei Lernerfolg). Gehen Sie dafür auch die Namen der vier Phasen mit den Schülerinnen und Schülern durch, da sie gut helfen, sich einzuprägen, was wann passiert. Einen Überblick über die Phasen der Herztätigkeit liefert auch die **Folie 3: Systole und Diastole**.

Die **IÜ 3: Erregung des Herzens** lässt sich in Stillarbeit (nach Möglichkeit mit Kopfhörern für die Videos) gut bearbeiten, da sämtliche Informationen im Material enthalten sind. Zudem leitet die Übung zur letzten Einheit über, den Erkrankungen.

Die **Folie 4: Die Erregung des Herzens und Herzschrittmacher** zeigt noch einmal die Erregungsleitung und einen implantierten Herzschrittmacher.

Das **AB 4: Das Herz: Aufbau und Funktion** bietet die Möglichkeit die erlernten Inhalte aus den beiden ersten Unterkapiteln zu festigen oder zu überprüfen.

1.3 Erkrankungen des Herzens

Auch die **IÜ 1: Arteriosklerose und Behandlung** lässt sich problemlos in Stillarbeit (mit Kopfhörern für das Video) erledigen, da sämtliche Informationen im Material enthalten sind. In der Klasse diskutieren sollte man hier die Risikofaktoren und die Prophylaxe.

Die **IÜ 2: Die Herzklappen** und die **IÜ 3: Herzklappenersatz** werden direkt im Anschluss nacheinander durchgeführt. Die erste lässt sich gut als Wiederholung des Herz-Bauplans verwenden. Die (komplizierten) Namen der Klappen fallen den Schülerinnen und Schülern deutlich leichter, wenn sie die Fachbegriffe verstehen (tri-cuspid: drei Segel – bi-cuspid: zwei Segel; sieht damit aus wie eine Bischofsmütze (Mitra) – Pulmo: Lunge). **IÜ 3** fasst nun viele Details des Kapitels zusammen: Sklerose, Bauplan und Funktion der Herzklappen. Zudem verstehen die Schülerinnen und Schüler, warum auch eine künstliche Herzklappe ohne eine externe Energiequelle funktionieren kann.