

Herz und Kreislauf erforschen

ULRIKE SPÖRHASE-EICHMANN

Das Herz eines Menschen schlägt mehr als 36 Millionen Mal im Jahr und pumpt bei jeder Kontraktion Sauerstoff und Nährstoffe in das lange Netz aus Arterien, Venen und Kapillaren. Die Pumpleistung des Herzens ist das Produkt von Schlagvolumen und Herzfrequenz. Beim Menschen beträgt das Herzminutenvolumen – also die Blutmenge, die pro Minute befördert wird – in Ruhe etwa 5,6 l; das entspricht rund 2 Badewannenfüllungen pro Stunde. Bei Belastung kann sich das Herzminutenvolumen auf das Sechsfache steigern.

Von der im Körper kreisenden Blutmenge befinden sich 15 % im Gehirn; in Magen und Darm sind etwa 28 %. Noch mehr ist es nach einem üppigen Essen; dafür wird dann das Gehirn schlechter versorgt und geistige Aktivitäten, wie das Lesen dieses Artikels, fallen schwer. Blutleere im Gehirn kann auch eintreten, wenn man sich zu schnell aus der Waagerechten in die Senkrechte bewegt. Wenn einem dann schwindelig wird, bringt kaltes Wasser den Kreislauf deshalb wieder in Gang, weil sich die Muskeln durch die Kälte kontrahieren und den Blutfluss forcieren.

Rechter Vorhof	5 / 3 mmHg	Linker Vorhof	8 / 4 mmHg
Rechte Kammer	22 / 4 mmHg	Linke Kammer	120 / 7 mmHg
Aorta pulmonalis	22 / 10 mmHg	Aorta	120 / 80 mmHg

Tab. 1: Systolische bzw. diastolische Drücke im Herz und den arteriellen Gefäßen (Deetjen/Speckmann 1994)

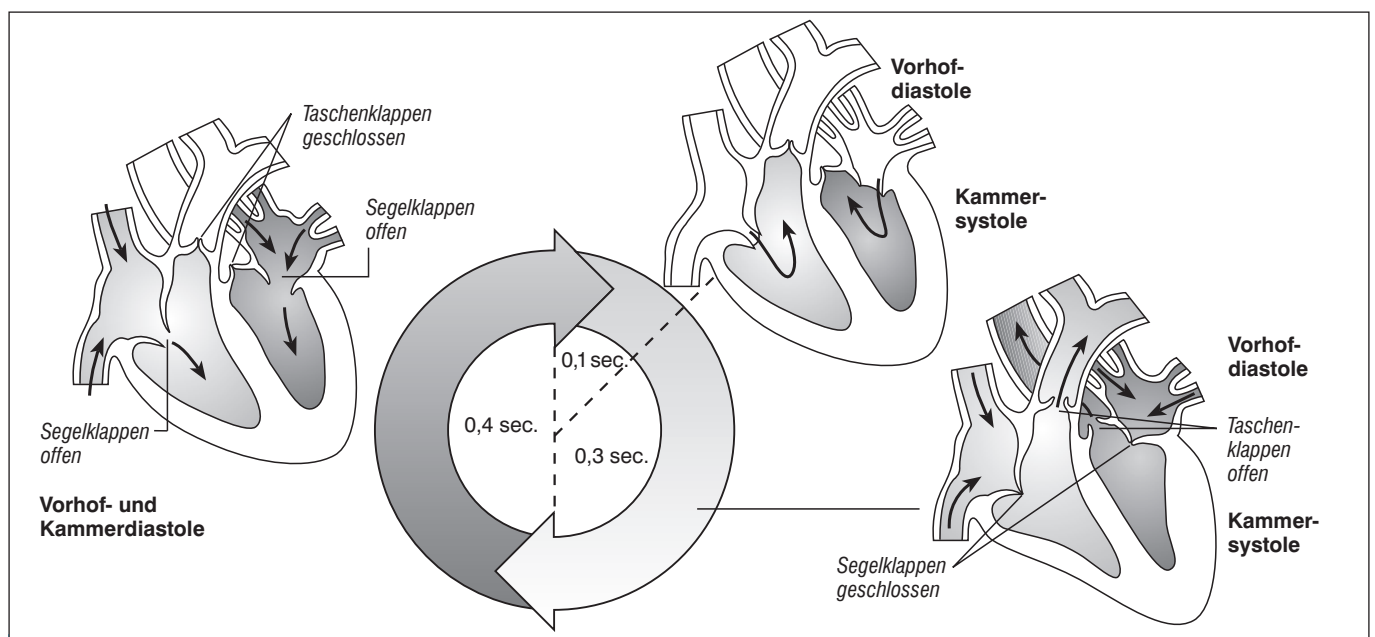
Doch die meiste Zeit kommt weder der Kreislauf ins Stocken noch das Herz aus dem Tritt. Der Hohlmuskel, der ohne Lenkung durch das Gehirn den Kreislauf in Schwung hält, ist etwa so groß wie die Faust seines Besitzers. Die körpereigene Umwälzpumpe hat zwei Hälften: Die schwächere rechte bedient den Lungenkreislauf, die linke den Körperkreislauf.

Jede Herzhälfte besteht aus einem Vorhof (Atrium), der das Blut sammelt, und einer Herzkammer (Ventrikel), die das Blut aus dem Herzen presst. Beim kurzen **Lungenkreislauf** fließt das Blut von der rechten Herzkammer über die *Arteria pulmonalis* in die Lunge, wo es mit Sauerstoff angereichert wird. Über die beiden großen Lungenvenen gelangt das sauerstoffreiche Blut in den linken Vorhof. Die linke Herzkammer presst das Blut mit hohem Druck

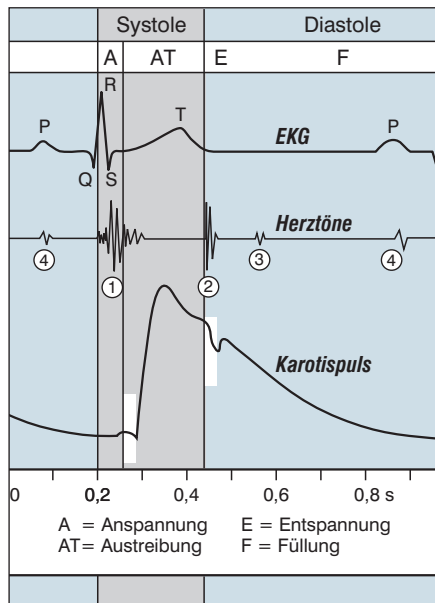
in den **Körperkreislauf**. Durch die Aorta fließt das Blut zu den Geweben und Organen. Dort, wo die Kapillaren einen Durchmesser von wenigen Hundertstel Millimeter haben, wird Sauerstoff gegen Kohlenstoffdioxid, Nährstoffe gegen Abfallprodukte aus dem Stoffwechsel getauscht. Danach strömt das Blut über die obere und untere Hohlvene zum rechten Herzen zurück.

Grundsätzlich gilt: In den Arterien fließt das Blut vom Herzen weg, in den Venen zum Herzen hin. Die Unterscheidung erfolgt allein aufgrund der Strömungsrichtung des Blutes; der Sauerstoffgehalt des Blutes spielt bei der Unterscheidung von Venen und Arterien keine Rolle.

Die Wände von Arterien und Venen bestehen aus drei Schichten. Arterien müssen hohen Drücken standhalten; dies wird vor allem durch eine Spezialisierung der



1: Der Herzzyklus aus Systole und Diastole



2: Abfolge der Aktionsphasen des Herzens (nach Schmidt/Thews/Lang 2000)

mittleren Wandschicht erreicht: Sie enthält bei elastischen Arterien wie der Aorta viele elastische Fasern und nur wenige glatte Muskelzellen, die bei Arterien des muskulären Typs dominieren. In den großen und mittleren Venen ist der Blutdruck gering. Hier ist die mittlere Wandschicht weniger stark ausgeprägt. Die dünnen Wände der Kapillaren bestehen aus dem einlagigen Kapillarendothel, das den Gas- und Stoffaustausch ermöglicht.

Auch die Vorhöfe und Herzkammern unterscheiden sich im Bau. Die Wände der Kammern sind muskulöser, die Ringmuskulatur und die Spiralmuskeln der linken Herzkammer sind ausgeprägter als die der rechten. Letztere muss eine deutlich geringere Pumpleistung erbringen, denn die Gefäßstrecken im Lungenkreislauf sind

vergleichsweise kurz. Ein hoher Blutdruck wäre hier ein Risiko, weil die feinen Lungkapillaren dann platzen können.

Die rechte Herzkammer scheint wie eine dünnwandige Schale der linken Kammer aufgelagert zu sein. Geringe Verschiebungen der Wand gegen die Herzscheidewand (Septum) ziehen relativ große Volumenänderungen nach sich. Die systolische Verkleinerung der rechten Kammer wird durch die Kontraktion der linken Herzkammer unterstützt: Indem sich das Septum vorwölbt, erhöht sich in der rechten Kammer der Druck, der das Blut austreibt.

Bei normaler diastolischer Vordehnung erfolgt der Auswurf des Blutes vor allem durch die Ringmuskeln. Befindet sich wenig Blut in der Herzkammer, werden die Ringmuskeln weniger stark vorgedehnt und können sich während der Austreibungsphase daher weniger verkürzen. Da die Spiralmuskeln auch bei geringer Kammerfüllung ausreichend gedehnt werden, versetzen unter diesen Bedingungen vor allem sie das Blut in Bewegung.

Die **Herzklappen** zwischen Vorhöfen und Herzkammern (Atrioventrikular- bzw. Segelklappen) sowie an den Abgängen der Arterien (Aorten- und Pulmonal- bzw. Taschenklappen) gewährleisten einen gerichteten Blutstrom und die Trennung von sauerstoffreichem und -armem Blut.

→ Die Segelklappen (Mitralklappe, Trikuspidalklappe) verhindern einen Rückstrom aus der Herzkammer in den Vorhof. Wird Blut gegen die häutigen Segel gepresst, blähen sie sich wie Fallschirme auf. Ihre Befestigung an den Papillarmuskeln verhindert ein Umschlagen in das Atrium.

→ Die Taschenklappen werden bei Rückstrom des Blutes geschlossen, indem sich die drei halbmondförmigen Taschen mit Blut füllen und sich «Mercedesstern-artig» aneinander legen.

Aktionsphasen des Herzens

Der Blutstrom wird durch den Wechsel zwischen Kontraktion (Systole) und Erschlaffung (Diastole) angetrieben (Abb. 1). Diese Phasen laufen in beiden Herzkammern prinzipiell gleich ab; allerdings ist der Druck in der rechten Kammer um etwa 18 % geringer.

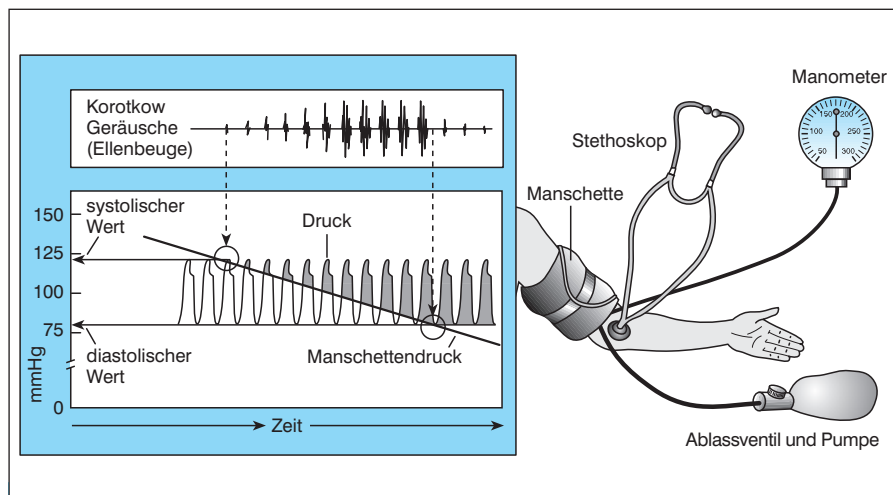
Die **Systole** wird in zwei Phasen unterteilt: die Anspannungs- und Austreibungsphase. Gleich zu Beginn der Anspannungsphase führt die Kontraktion der Muskulatur zu einem schnellen Druckanstieg in der Herzkammer, wodurch die Segelklappen geschlossen werden. Da zu diesem Zeitpunkt der Blutdruck in der Herzkammer geringer ist als der Druck in der Aorta und in der Lungenarterie, sind die Taschenklappen noch geschlossen. So führt die Kontraktion zu einem Druckanstieg bei konstantem Blutvolumen (isovolumetrische Kontraktion), wobei sich das Herz der Form einer Kugel annähert. Überschreitet der Druck in den Herzkammern den Druck in den Arterien, öffnen sich die Taschenklappen, und die Austreibungsphase beginnt. Am Ende der Austreibungsphase sinkt der Druck in den Herzkammern ab, das Myokard erschlafft. Mit dem Schließen der Aortenklappen beginnt die Diastole.

Die **Diastole** umfasst eine Entspannungs- und Füllungsphase. Während der Entspannungsphase sind alle Klappen geschlossen. Da keine Volumenänderungen erfolgen, spricht man von einer isovolumetrischen Entspannung. Sowie der Kammerdruck unter dem Druck im Vorhof sinkt, öffnen sich Atrioventrikularklappen und die Füllungsphase beginnt. Meist ist die Kammerfüllung bereits abgeschlossen, wenn der Vorhof kontrahiert.

Die schnelle Füllung der Herzkammern beruht auf zwei Mechanismen: Die Volumenvergrößerung der Herzkammern erzeugt eine gewisse Saugwirkung. Außerdem verschiebt sich während der systolischen Auswurfphase die Wand zwischen Vorhof und Kammer zur Herzspitze; dadurch werden die Artrien gedehnt. Durch den entstehenden Unterdruck wird Blut aus den großen Venen angesaugt.

Die mit Systole und Diastole verbundene Mechanik des Herzens verursacht niederfrequente Schwingungen, die mit einem Stethoskop gehört werden können. Physikalisch handelt es sich um Geräusche (keine reine Sinusschwingung). Mediziner sprechen jedoch bei Schallereignissen eines gesunden Herzens von Herztönen und nur in pathologischen Fällen von Herzgeräuschen. Diese entstehen vor allem durch Turbulenzen, die meist von defekten Herzklappen verursacht werden.

Die **Herztöne** können den Aktionsphasen des Herzens zugeordnet werden (Abb. 2):



3: Blutdruckmessung nach der Riva-Rocci-Methode

Der erste Ton ertönt zu Beginn der Systole, der zweite zu Beginn der Diastole. Der erste Herzton ist dumpfer und länger, der zweite heller und kürzer. Der erste Ton (Anspannungston) entsteht bei der Kontraktion des Kammermyokards, die zum Schluss der Atrioventrikularklappen führt und die Blutsäule zum Schwingen bringt. Der zweite Herzton wird durch den plötzlichen Schluss der Taschenklappen verursacht. Bei Jugendlichen und Kindern kann aufgrund besserer Schalleitung ein dritter Herzton zu hören sein, der durch den Ruck der Kammerwand beim Einströmen des Blutes entsteht. Normalerweise nicht zu identifizieren ist ein vierter Herzton, der während der Vorhofsystole auftritt.

Die Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf bestimmen Mediziner vor allem durch Messung von Puls und Blutdruck sowie durch ein Elektrokardiogramm (EKG):

Der **Puls** entsteht durch die Druckwelle, die durch den Auswurf des Blutes aus der linken Kammer in die Aorta erzeugt wird, und kann überall dort gefühlt werden, wo die Arterien nahe der Körperoberfläche verlaufen. Der Puls gibt Aufschluss über die Herzfrequenz, den Herzrhythmus und andere Eigenschaften. So zeigt z. B. ein schwacher Puls normalerweise ein geringes Schlagvolumen des Herzens oder eine geringe Flexibilität der Gefäße an.

Der **Blutdruck** bezeichnet die Kraft, mit der das Blut gegen die Blutgefäße drückt. Da diese Kraft abhängig von den Herzphasen ist, werden beim Blutdruck zwei Werte angegeben. Wenn sich die Kammern kontrahieren und Blut in die Arterien drücken, erreicht der Druck ein Maximum (systolischer Druck). Während der Entspannungsphase des Herzens fällt der Blutdruck auf ein Minimum ab (diastolischer Druck). Routinemäßig wird der Blutdruck nach der Riva-Rocci-Methode gemessen (**Abb. 3**): Eine aufblasbare Manschette wird um den Oberarm gelegt und weit über den mutmaßlichen Blutdruck aufgepumpt, so dass die Arterie vollständig abgeklammert ist und kein Blut fließt. Dann lässt man den Manschettendruck langsam ab. Bei dem Wert, an dem über ein aufgesetztes Stethoskop die ersten pulsierenden Geräusche wahrnehmbar sind, beginnt Blut durch die Arterie zu fließen. Die Geräusche werden zunächst lauter und verschwinden, wenn der diastolische Wert erreicht und das Blut nicht mehr aufgestaut ist.

Beim **EKG** werden über auf den Brustkorb sowie auf Hand- und Fußgelenke geklebte Elektroden die elektrischen Spannungen gemessen, die bei der Herzaktivität auftreten. Ein Herzinfarkt bewirkt z. B. charakteristische Veränderungen im EKG, denn nicht mehr durchblutetes Gewebe

leitet den Strom nur vermindert oder gar nicht weiter. Bei einem Belastungs-EKG muss der Patient eine bestimmte körperliche Leistung erbringen. Leidet der Patient z. B. unter einer Verengung eines Herzkranzgefäßes, bewirkt der daraus resultierende Sauerstoffmangel ebenfalls Veränderungen der EKG-Kurve

Bemerkungen zum Unterricht

Dieser Unterrichtsvorschlag zielt darauf ab, → den SchülerInnen ein selbst gesteuertes und entdeckendes Lernen zu ermöglichen, → gezielt naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen einzuführen, zu schulen sowie zu reflektieren, → bei den SchülerInnen ein Nachdenken über den eigenen Lernprozess (Selbstevaluation) zu initiieren.

Selbstgesteuertes und entdeckendes Lernen bedarf der Vereinbarung von Handlungszielen (Ruppert 2002). Ein solches Handlungsziel könnte die Erstellung eines Portfolios über die gesamte Unterrichtseinheit sein (Spörhase-Eichmann 2004).

Der Unterricht soll den SchülerInnen zudem die Möglichkeit für eigene Beobachtungen und Untersuchungen eröffnen. Die dafür notwendigen Kompetenzen müssen zuvor durch konkrete Aufgabenstellungen entwickelt werden. Das regelmäßige Reflektieren von Unterrichtsaktivitäten – Was habe ich gelernt? Was möchte ich noch wissen? – kann den individuellen Lernprozess nachhaltig fördern. Offene Fragen sollen die SchülerInnen in einem Lerntagebuch notieren. Diese Fragen weisen auf bisher Nichtverstandenes hin und ermöglichen eine Orientierung des Unterrichts an den Interessen der SchülerInnen.

■ Mein Herz und ICH

1. Unterrichtsabschnitt

Einen etwas provokanten Einstieg bietet das «Herzstück» von Heiner Müller (**Kasten 1**). Als Rollenspiel inszeniert regt es das Nachdenken über eigene «Herzerfahrungen» und die Bedeutung des Begriffs «Herz» an. Insbesondere Fünftklässler sind eher in der Lage, sich die Bedeutung des Stücks zu erspielen, als diese sofort zu versprachlichen. Sowohl EINS als auch ZWEI benutzen vertraute Redewendungen (z. B.: «Ich bin klein, mein Herz ist rein ...»), verbinden damit aber andere Bedeutungen. So denkt wohl kaum jemand an einen dreckigen Fußboden, wenn sein Partner ihm sein Herz zu Füßen legen will, oder möchte gar die Reinheit eines Herzens kontrollieren, indem er es herausschneidet. Deshalb können sich EINS und ZWEI nicht verstehen. Letztlich erscheint es

Herzstück

1

EINS: Darf ich Ihnen mein Herz zu Füßen legen?

ZWEI: Wenn Sie mir meinen Fußboden nicht schmutzig machen.

EINS: Mein Herz ist rein.

ZWEI: Das werden wir ja sehn.

EINS: Ich kriege es nicht heraus.

ZWEI: Wollen Sie, dass ich Ihnen helfe?

EINS: Wenn es Ihnen nichts ausmacht.

ZWEI: Es ist mir ein Vergnügen. Ich kriege es auch nicht heraus.

EINS: *heult*

ZWEI: Ich werde es Ihnen herausoperieren. Wozu habe ich ein Taschenmesser. Das werden wir gleich haben. Arbeiten und nicht verzweifeln. So, das hätten wir. Aber das ist ja ein Ziegelstein. Ihr Herz ist ein Ziegelstein.

EINS: Aber es schlägt nur für Sie.

**Heiner Müller
In: Hollmer (1997)**

kaum verwunderlich, dass ZWEI kein Herz hat, sondern einen Ziegelstein. Die Interpretation des Stückes wird durch folgende (Haus-)Aufgaben unterstützt:

- Schreibe in Form einer Mindmap auf, was dir zu dem Begriff «Herz» einfällt. Überlege dabei, was ein Herz tut bzw. was man mit einem Herzen tun kann. Dabei können folgende Verben helfen: gehören, hüpfen, rutschen, stillstehen, schlagen, tun, verschenken, wehtun.
- Schreibe Redewendungen auf, in denen das Herz eine Rolle spielt.

Meist wird der Begriff «Herz» in vier Kontexten verwendet: Das Herz gilt als Sitz der Seele und Gefühle, als biologische Pumpe, als Symbol der Liebe oder beschreibt den inneren Teil einer Sache.

Die Frage, in welchen Situationen die SchülerInnen ihr Herz spüren, leitet über zur Biologie. Die SchülerInnen sollen ihre Antworten aufschreiben und mit einer/m MitschülerIn ihrer Wahl diskutieren.

■ Forschungsprojekt Herz und Kreislauf

2. Unterrichtsabschnitt

Die Erarbeitung grundlegender Aspekte von Herz und Kreislauf erfolgt in Gruppen von 4–5 SchülerInnen an fünf Stationen (Übersicht in **Kasten 2**).

Herz & Kreislauf erforschen

2

► Station 1

Das Herz: Umwälzpumpe des Kreislaufs

Aufgabe: Pulsmessung bei verschiedenen Aktivitäten (Sitzen, Kniebeugen, im Bett liegen, Fernsehen ...)

► Station 2

Wie ein Herz gebaut ist

Aufgabe: Vergleich von Herzmodell und Schemazeichnungen

► Station 3

Blut bewegt sich

Aufgaben:

- Versuche zum Blutfluss in den Venen
- Rote Blutzellen in Kapillaren beobachten
- Der Blutkreislauf

► Station 4

Herz- und Kreislaufelemente mikroskopieren

Aufgabe: an Dauerpräparaten von Herzmuskelzellen, Arterien und Venen funktionale Spezialisierungen erkennen

► Station 5

Herz in Not (Klasse 9)

Aufgaben:

- wenn das Herz schlecht versorgt wird
- Herzinfarkt

Für Klasse 5/6 eignen sich die Stationen 1–3, für Klasse 7/8 die Station 1–4 und für Klasse 9 alle Stationen. Sind die SchülerInnen im Mikroskopieren geschult, kann die Station 4 auch schon in Klasse 5/6 durchgeführt werden.

Die Bearbeitung einer Station erfordert jeweils ca. eine Unterrichtsstunde.

An **Station 1** sollen die SchülerInnen begreifen, dass das Herz eine Umwälzpumpe ist, und durch Pulsmessungen untersuchen, wie ihr Herz auf körperlichen Belastungen reagiert. Außerdem können die SchülerInnen den Blutdruck einer Person in verschiedenen Situationen bestimmen. Dabei sollte betont werden, dass die traditionelle Bestimmung mit Stethoskop und Messmanschette genauer ist als eine Blutdruckmessung mit den oft günstig ange-

botenen Messgeräten. Außerdem sollte besprochen werden, dass die Herzleistung auch von Gefühlen beeinflusst wird.

An **Station 2** erarbeiten die SchülerInnen den Aufbau und Gestalt des Herzens. Dabei sollen sie über die Beziehung zwischen Original, Modell und Schema nachdenken, z. B.: Wie kommen Abbildungen vom Herzen in ein Biologielehrbuch?

An **Station 3** sollen die SchülerInnen begreifen und nachvollziehen, wie sich das Blut durch den Körper bewegt. Sie stellen fest, dass der Blutfluss in den Venen von der Schwerkraft (**Versuch I**) und die Fließrichtung von Venenklappen (**Versuch II**) bestimmt wird. Da bei Kindern die Venen nicht so stark hervortreten wie bei älteren Erwachsenen, sollten die SchülerInnen diese Versuche zuhause mit Eltern und Großeltern durchführen.

Für die Betrachtung der roten Blutzellen in den Kapillaren des Nagelfalzes (**Versuch III**) müssen die Gefäße weit gestellt sein. Das kann man durch z. B. durch Baden der Hand in warmem Wasser erreichen. Ähnliche Einblicke ermöglichen die Schwanzflossen von Guppys: Für einen Demonstrationsversuch wird ein Guppy in nasse Watte verpackt und die Schwanzflosse unter dem Binokular mikroskopiert.

An **Station 4** lernen die SchülerInnen den Bau von Venen, Arterien und Herzmuskelzellen anhand mikroskopischer Präparate kennen. Geeignete Präparate sind enthalten in der Serie 70200 «Atmungs- und Kreislaufsystem» (Präp 7210e Herzmuskel; Präp 70205e Arterie und Vene) der Firma J. Lieder (Solitudeallee 59, 71636 Ludwigsburg, Tel. 07141/ 921919; www.lieder.de; Email: lieder@lieder.de).

An **Station 5** geht es um Ursachen und mögliche Therapie einer verbreiteten Herzkrankheit: dem Herzinfarkt. Dabei können die SchülerInnen ihr Wissen über den Bau des Herzens, die Blutgerinnung und ggf. der Erregungsleitung wiederholen und vertiefen. Außerdem sollen sie über Lebensstilfaktoren nachdenken, die das Risiko einer Herzkrankheit erhöhen.

Bei der abschließenden Präsentation der Ergebnisse werden auch Highlights und Langweiliges angesprochen: Was hat euch besonders interessiert? Was überhaupt nicht? Offen gebliebene Fragen werden notiert. Aus ihnen können Untersuchungsaufgaben abgeleitet werden, die durch die Präparation eines Schweineherzens geklärt werden sollen (**Beihefter**).

Das Herz: Präparation und Präsentation

3/4. Unterrichtsabschnitt

Die SchülerInnen stellen ihre Ergebnisse der Schweineherzpräparation vor, indem sie ihre Untersuchungsaufgaben nennen und

beantworten. Da die SchülerInnen ein Originalherz kennengelernt haben, können sie nun besser beurteilen, wie man das Herz in einem Biologiebuch abbilden sollte. Statt eine fertige Abbildung auszuwählen, können die SchülerInnen eigene «Herzzeichnungen» anfertigen oder eine Vorlage modifizieren. Haben SchülerInnen nicht an der Präparation teilgenommen und stattdessen nach Antworten auf weitere Fragen rund um das Herz gesucht, stellen sie nun ihre Ergebnisse vor. Zum Schluss werden die Portfolios präsentiert.

Literatur

- Borst, C.: Operieren am schlagenden Herz. In: Spektrum 1, 2001, S. 50–55
- Campbell, A. A./Reece, J. B./Simon, E. J.: Essential Biology with physiology. Int. edition. Pearson–B. Cummings, San Francisco o. J.
- Crick S. J./Sheppard, M. N./Ho, S. Y./Gebstein, L./Anderson, R. H.: Anatomy of the pig heart: comparisons with normal human cardiac structure. In: J. Anat. 193, 1998, S. 105–119
- Heldmaier, G./Neuweiler, G.: Vergleichende Tierphysiologie. Band 2. Springer, Berlin 2004
- Hollmer, H.: Hallo mein Herz. Kunstmann, München 1997
- Libby, P.: The vascular biology of atherosclerosis. In: Braunwald, E. u.a. (eds.): Heart disease: a textbook of cardiovascular medicine. W B Saunders Co, London 2001, S. 995–1009
- Libby, P.: Arteriosklerose als Entzündung. In: Spektrum 7, 2002, S. 49–57
- Netter, F. H.: Farbatlanten der Medizin. Band 1: Herz. Thieme, Stuttgart 1990
- Popma, J. J./Kuntz, R. J. Percutaneous Coronary and Valvular Intervention. In: Braunwald, E. u.a.: Harrison's Principles of Internal Medicine. McGraw-Hill Companies 2001, S. 1364–1405
- Puff, A./Zappold, N.: Photographischer Bildatlas des Herzens. Gedon & Reuss, München 1987
- Ruppert, W.: Handlungsorientierung im Biologieunterricht. In: UB 273, 2002, S. 4–10
- Schmidt, R./Thews, G./Lang, F.: Physiologie des Menschen. Springer, Heidelberg 2000
- Seely, R. R./Stephans, T. D./Tate, P.: Essentials of Anatomy & Physiology. McGraw Hill, Boston 2002
- Silbernagl, S./Despopoulos, A.: Taschenatlas der Physiologie. Thieme, Stuttgart 2001
- Spöhrhase-Eichmann, U.: Wie lässt sich Unterrichtserfolg ermitteln? In: Spöhrhase-Eichmann, U./Ruppert, W. (Hrsg.): Biologiedidaktik. Cornelsen Scriptor, Berlin 2004, S. 275–296

Internet

- www.oemu.at/histologie/1/
- www.uiowa.edu/.../pages/Heart%20Tissue%201.htm

Autorin

Ulrike Spöhrhase-Eichmann, geb. 1958; Studium der Fächer Biologie und Deutsch in Göttingen; Promotion 1992; 1994–98 Wiss. Mitarb. an der Uni Göttingen; 1997 Gastwissenschaftlerin in den USA, mehrj. Lehrtätigkeit an Realschulen und Gymnasien; Prof. für Didaktik der Biologie in Freiburg.

aus: UB 302, 2005, S. 19–24, 29

Das Herz: Umwälzpumpe des Kreislaufs

Material: Stoppuhr oder Armbanduhr mit Sekundenzeiger

Das Herz pumpt von Geburt bis zum Tod eines Menschen Blut durch seinen Körper. Erholen kann es sich von seiner Pumparbeit nur zwischen den Schlägen. Manchmal bleibt ihm da nicht viel Zeit. Du hast es sicher schon erfahren: Wenn du schnell läufst, schlägt dein Herz schneller und kräftiger und du spürst die Kraft seiner Schläge in deiner Brust. Das Herz muss jetzt stärker arbeiten, weil deine Muskeln beim Laufen mehr Sauerstoff und Nährstoffe brauchen.

Bei jedem Herzschlag, der Blut in die Schlagader presst, wird eine Druckwelle erzeugt. Sie «wandert» in den Arterien weiter. Diese Druckwelle kannst du als Puls an Stellen fühlen, an denen große Arterien nahe der Körperoberfläche sich befinden. Der Druck, mit dem das Blut an die Wände der Adern drückt, ist als Blutdruck messbar.

Du kannst untersuchen, wie dein Herz auf körperliche Aktivität reagiert, indem du die Herzschläge pro Minute unter verschiedenen Bedingungen zählst. Dazu legst du Zeige-, Mittel- und Ringfinger der rechten Hand auf die Arminnenseite neben dem linken Handgelenk. Wenn deine Finger auf der Armschlagader liegen, kannst du die Herzschläge als Puls spüren. Dazu musst du dich konzentrieren. Dies klappt oft besser, wenn du die Augen schließt.



Aufgaben

- Wähle drei körperliche Aktivitäten, bei denen du deinen Herzschlag pro Minute bestimmst. Lege eine Tabelle an, in die du deine Messwerte einträgst:

Körperliche Aktivität	Dauer	direkt danach abgehörte Herzschläge in 15 sec.	Herzschläge pro Minute
z. B. Sitzen	10 min	15	60
z. B. Kniebeugen	10 min		

- Du könntest auch noch untersuchen, welchen Einfluss die Dauer der Aktivität auf den Herzschlag hat oder den Puls auch kurz vor der Aktivität bestimmen.
- **Hausaufgabe:**
 - Miss deinen Puls abends, wenn du im Bett liegst.
 - Miss deinen Puls beim Fernsehgucken. Notiere die Uhrzeit und den Titel/Inhalt der Fernsehsendung.
 - Wähle dir mindestens zwei weitere Situationen, in denen du deinen Puls bestimmst, aus. Notiere die Messwerte und beschreibe die Situation genau.
 - Informiere dich darüber, wie der Blutdruck gemessen werden kann. Falls ihr zu Hause ein Blutdruckmessgerät habt, bring es mit in die Schule.
 - Auch am Blutdruck kann man erkennen, dass das Herz auf körperliche Aktivität und manchmal auch auf heftige Gefühle reagiert. Erstelle einen Versuchsplan und führe geeignete Experimente durch.

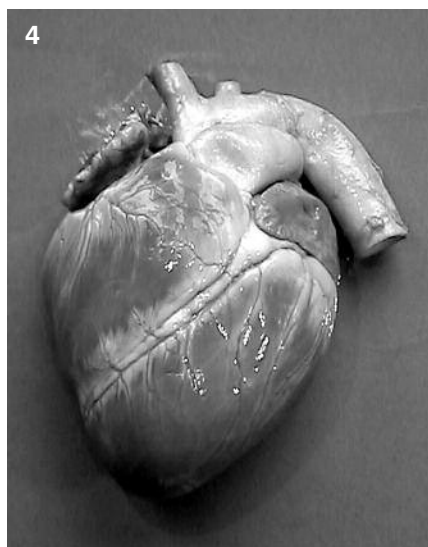
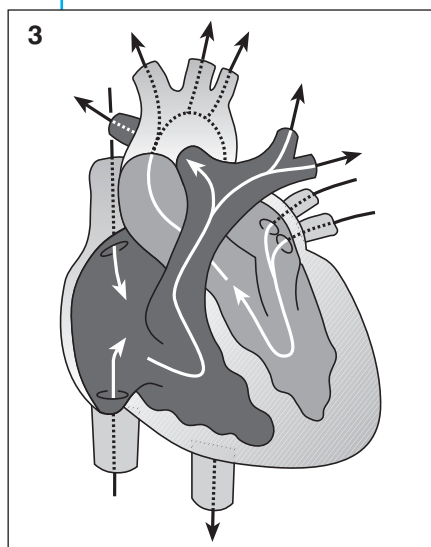
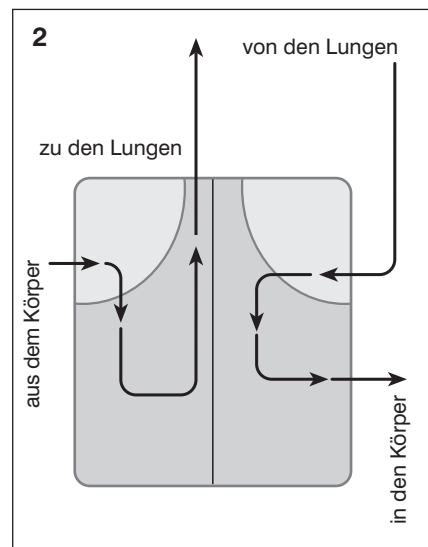
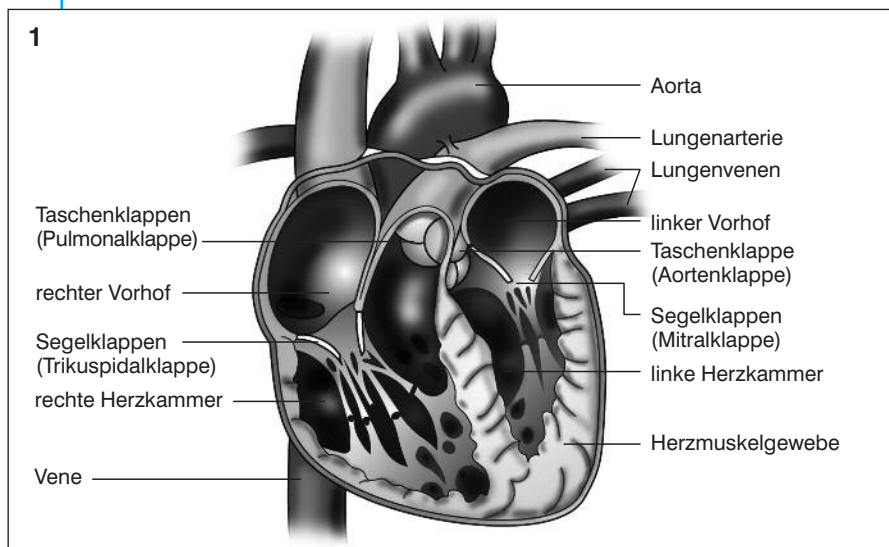
Wie ein Herz gebaut ist

Biologen untersuchen die Gestalt und Funktion von Herzen. Sie betrachten das Herz von außen, gehen mit Stäben in die Öffnungen und schneiden es auf, um das Innere zu erkunden und herauszufinden, wie das Blut von einer Kammer zur anderen gelangt. Alles, was Biologen bei dieser Untersuchung lernen, versuchen sie schriftlich festzuhalten, da es sonst schnell verloren gehen kann. Sie schreiben Texte und fertigen Zeichnungen und Modelle an, in denen sie die Ergebnisse ihrer Forschungen festhalten.

Hier siehst du verschiedene Abbildungen vom menschlichen Herz.

Aufgaben

- ▶ Schau dir die Abbildungen genau an. Vergleiche sie mit einem Modell vom Herzen. Nimm das Modell dafür auseinander.
- ▶ Vergleiche die Abbildungen untereinander. Welche Abbildung ist am naturgetreuesten? Begründe.
- ▶ Nur eine Abbildung ist beschriftet. Ergänze die Beschriftung bei den anderen Abbildungen. Schaue dir auch die Herzabbildungen in deinem Schulbuch an.
- ▶ Benenne die in der Abbildung beschrifteten Strukturen am Modell.
- ▶ Wähle die Abbildung, die dir am besten gefällt. Begründe deine Wahl.
- ▶ Diskutiert untereinander, welche Abbildung euch am besten gefällt.



Blut bewegt sich: I. die Venen

Normalerweise merkst du nicht, dass sich das Blut in deinem Körper bewegt. Du weißt zwar, dass Blut aus deinem Körper tropft, wenn du dich schneidest, und dass bei schweren Verletzungen die Gefahr des Verblutens besteht. Aber in welche Richtung das Blut durch die Adern in deinem Körper fließt, merkst du nicht.

Lange Zeit wussten das auch die Wissenschaftler nicht. Erst William Harvey (1578–1657), ein Leibarzt der englischen Könige Jakob I. und Karl I., konnte durch Versuche zeigen, dass das Herz eine Pumpe ist und den Blut-Kreislauf antreibt.

Eine ganz wichtige Frage war und ist, wie der Körper dafür sorgt, dass das Blut immer in eine Richtung fließt. Zur Beantwortung dieser Frage untersuchte Harvey Körperstellen, an denen die Venen gut sichtbar sind, wie z. B. an den Händen und Armen. In einem seiner Experimente überprüfte Harvey, was passiert, wenn er die Venen staut. Aus seinen Beobachtungen schloss er, dass in den Venen, in denen das Blut zum Herzen zurückfließt, vermutlich Klappen eingebaut sind, die einen Rückstrom des Blutes verhindern. Heute weiß man, dass zusätzlich Arterien und Muskeln, die neben den Venen liegen, den Blutfluss zum Herzen hin antreiben.

- Untersuche den Blutfluss in deinen Venen.

Versuch I

Versuchsdauer: ca. 5 Minuten

Am besten sieht man die Venen auf dem Handrücken – bei älteren Menschen besser als bei jungen.

Für den Versuch muss genügend Blut in deinen Venen sein. Schleudere deinen Arm herum und lasse ihn dann hängen. Wiederhole das so oft, bis die Venen von dem nachströmenden Blut angeschwollen sind. Hebe dann deinen Arm langsam hoch und halte ihn schließlich ausgestreckt über deinen Kopf.

- Beobachte das Aussehen deiner Venen: Siehst du Veränderungen? Schreibe deine Beobachtungen auf.

Versuch II

Versuchsdauer: ca. 10 Minuten

Fülle deine Venen wie oben. Wenn deine Venen angeschwollen sind, drücke eine Ader an der Unterseite deines Unterarms ab und streiche das Blut in Richtung Arm aus.

Wiederhole den Versuch, aber streiche das Blut diesmal zu den Fingern hin aus.



Gefüllte Vene und Vene nach dem Ausstreichen (Fotos: Claudia Below)

TIPP: Harvey fand, dass Venenklappen vor allem an Verzweigungen der Venen sitzen.

- Notiere deine Beobachtungen:
 - beim Streichen in Richtung Arm
 - in Richtung Finger.
 - erkläre deine Beobachtungen und denke über die Bedeutung der Venenklappen nach.
- **Hausaufgaben:**

Führe die Versuche I und II mit deinen Eltern und, falls möglich, mit deinen Großeltern durch. Beobachte genau. Achte auf Unterschiede und Gemeinsamkeiten. Notiere deine Befunde.

Blut bewegt sich: II. die Kapillaren

Versuch III

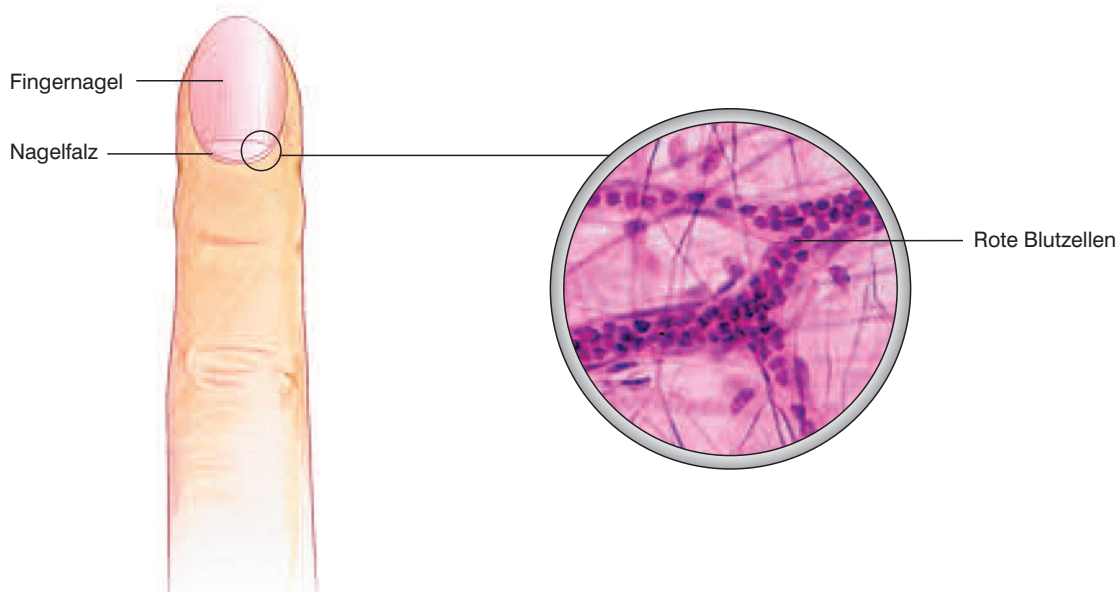
Versuchsdauer: 10 Minuten

Material: Stereomikroskop, Öl zum Mikroskopieren, Schale mit warmen Wasser

In Europa wusste vor 1661 niemand, wie das Blut aus den Arterien in die Venen gelangt. Auch berühmte Wissenschaftler dieser Zeit konnten diese Frage nicht lösen. Die Gefäße, in denen das Blut von den Arterien in die Venen fließt, sind nämlich so klein, dass man sie mit bloßem Auge nicht sehen kann. Erst nach der Erfindung des Mikroskops wurde sichtbar, was bisher für alle verborgen war. Einer der Forscher, die das Mikroskop nutzten, um die Bewegung des Blutes zu klären, war der Italiener Marcellus Malpighi (1628–1694).

Malpighi wurde in dem Jahr geboren, in dem William Harvey die Ergebnisse seine Studien über den Blutkreislauf veröffentlichte. Malpighi wurde ein berühmter Anatom und Mediziner. In seinen letzten drei Lebensjahren war er der Leibarzt von Papst Innozenz XII. Malpighi beschrieb als Erster die Haargefäße, die Kapillaren, über die Arterien und Venen miteinander in Verbindung stehen. Diese Kapillaren sind oft so dünn, dass sich immer nur eine rote Blutzelle hindurchquetschen kann.

Wenn du Geduld und gute Augen hast, kannst du die Bewegung deiner eigenen roten Blutzellen mit einem Stereomikroskop beobachten. Das gelingt aber nur, wenn die Haut, in der sich die Kapillaren befinden, sehr dünn ist. Dies ist z.B. beim Nagelfalz der Fall.



Gehe wie folgt vor:

- ▶ Reinige den Nagelfalz eines Fingers sorgfältig. Tropfe einen Tropfen Öl darauf und lege den Finger unter die Objektive des Binokular. Betrachte nun die aufsteigenden Kapillarschlingen und beobachte den Blutfluss in den Kapillaren.
- ▶ Lege deine Hand für einige Minuten in warmes Wasser (ca. 40 °C) und beobachte nochmals den Blutfluss in den Kapillaren. Bei Wärme weiten sich die Kapillaren und es fließt mehr Blut hindurch.
- ▶ Halte deine Beobachtungen schriftlich fest.
- ▶ Überlege dir, was du noch untersuchen möchtest.

▶ Hausaufgaben:

Du bist sicher ein guter Detektiv: Was hat Herr Malpighi noch entdeckt? Nutze ein Lexikon.

TIPP: Eine Entdeckung trägt seinen Namen.

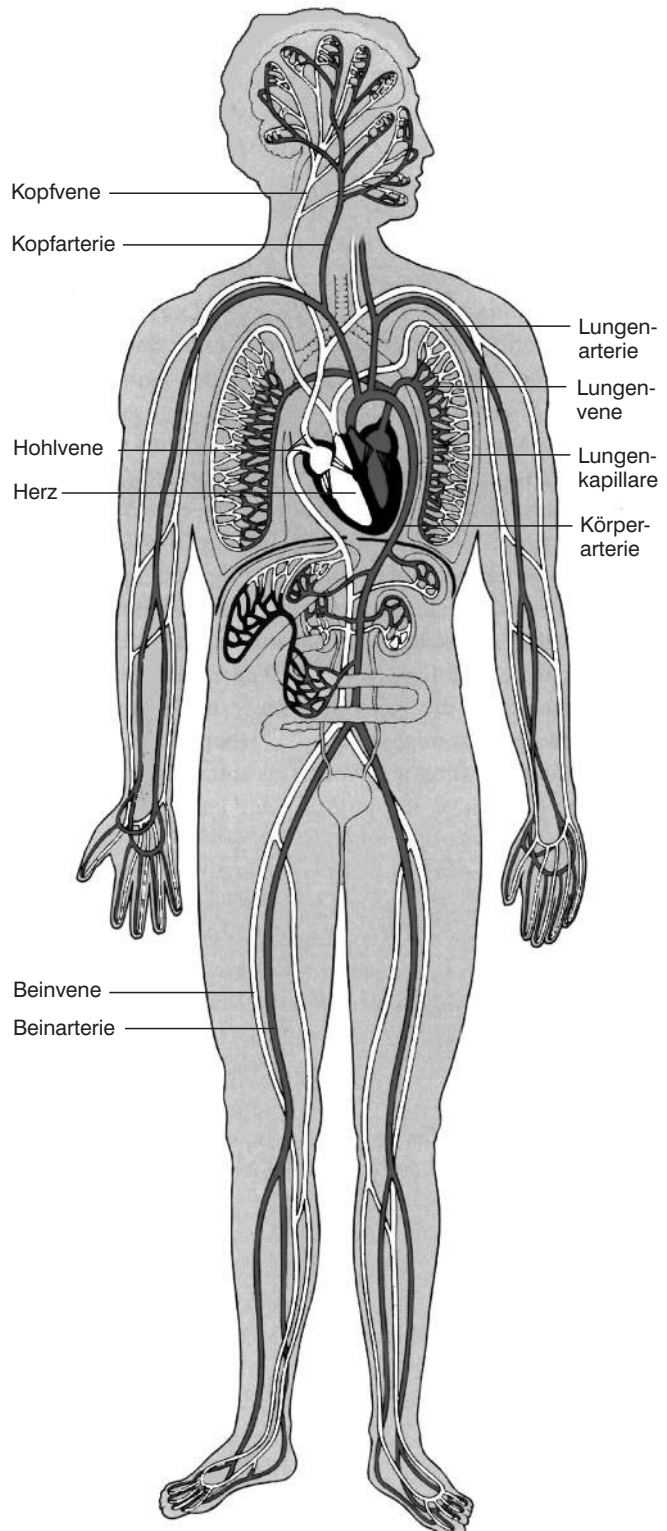
Blut bewegt sich: III. der Blutkreislauf

«Das Herz der Lebewesen ist der Grundstock ihres Lebens, der Fürst ihrer aller, der kleinen Welt Sonne, von der alles Leben abhängt, alle Frische und Kraft ausstrahlt.» (William Harvey: Die Bewegung des Herzens und des Blutes, 1628)

Außer William Harvey und Marcello Malpighi waren viele weitere Biologen und Mediziner an der Erforschung des Blut-Kreislaufs beteiligt. Diese Abbildung zeigt, wie man sich heute den Aufbau des Kreislaufs vorstellt.

Aufgaben

- Sieh dir die Abbildung an.
- Erkläre deinem Nachbarn oder deiner Nachbarin, wie das Blut durch den Körper fließt. Fange mit der Beschreibung des Kreislaufs im linken Herzen an. Gib dabei an, wann das Blut sauerstoffreich und sauerstoffarm ist.
- **Hausaufgabe:**
Findest du eine bessere Abbildung? Schneide sie aus und klebe sie auf oder zeichne sie nach. Schreibe neben der Abbildung den Weg des Blutes durch den Körper auf. Beschrifte wichtige Stationen.



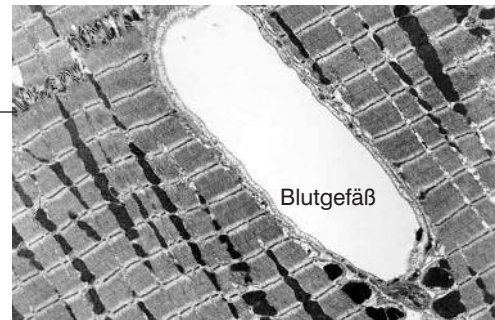
Herzmuskel und Blutgefäße: Spezialisten für bewegtes Blut

Material: Dauerpräparate von Herzmuskelzellen, Arterien und Venen

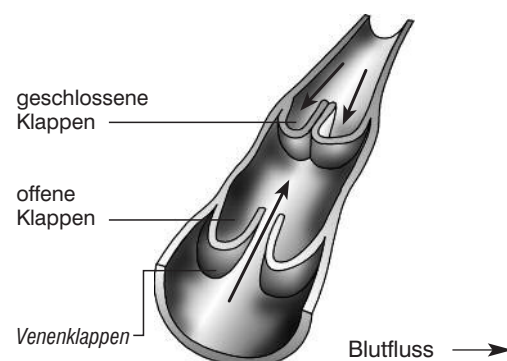
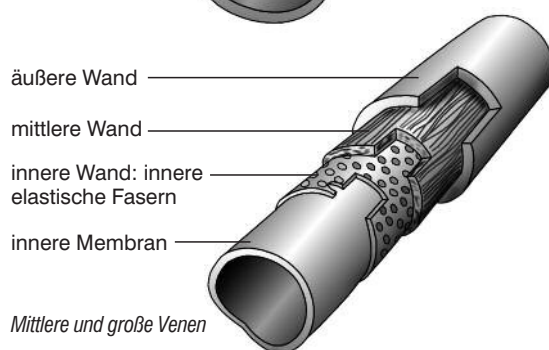
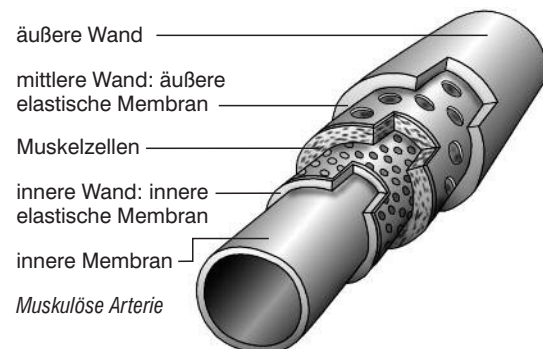
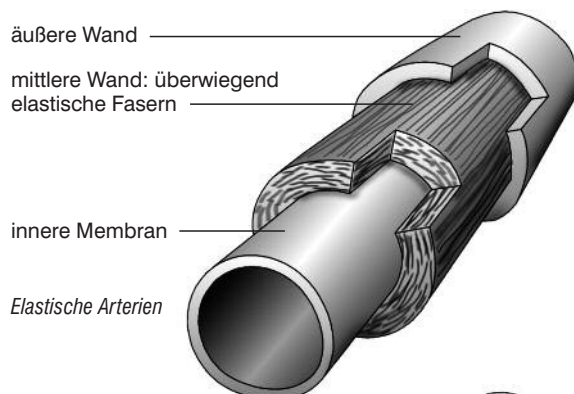
Biologen bezeichnen den Bau von Herz und Gefäßen als funktional, weil die besondere Ausbildung dieser wichtigen Teile des Blut-Kreislaufs ganz bestimmte Funktionen erfüllt.

Zwischen den einzelnen Herzmuskelzellen bestehen enge Kontakte. Über diese Kontakte kann sich die elektrische Erregung, die für die Herzaktion verantwortlich ist und die Zusammenarbeit aller Herzmuskelzellen organisiert, von Zelle zu Zelle ausbreiten. Denn nur zusammen können die Herzmuskelzellen eine so große Kraft entwickeln, dass das Blut durch den gesamten Körper fließt. Diese Zellkontakte sind als sogenannte Glanzstreifen im Mikroskop sichtbar.

Auch die Blutgefäße sind für ihre Aufgabe im Blutkreislauf spezialisiert. Es gibt besonders elastische Arterien, die sich schnell wechselnden Blutdrücken anpassen können, und solche Arterien, deren Wände mehr Muskelzellen enthalten. Die Wände von Venen sind weniger dick als die der Arterien. Dafür enthalten die großen Venen Klappen, die als Rückstromventile arbeiten.



Herzmuskelzellen in ihrer Längsrichtung geschnitten – 15.000-fache Vergrößerung (Foto: A. Schmiedl)



Aufgaben

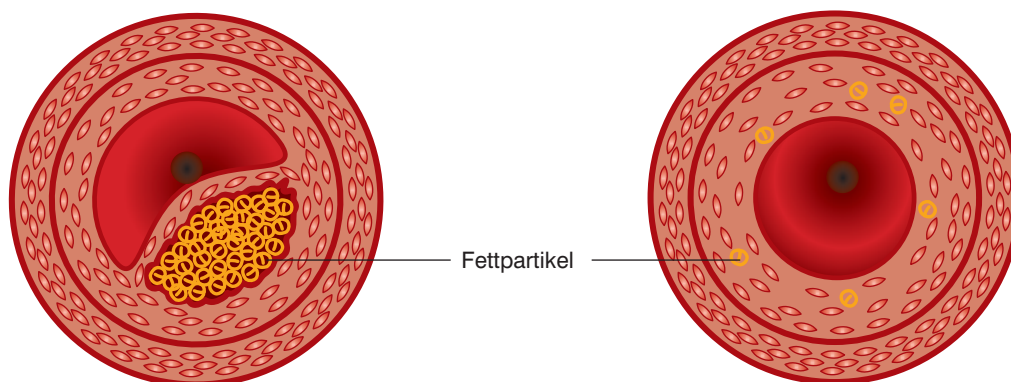
- ▶ Mikroskopiere Dauerpräparate von Herzmuskelzellen, Arterien und Venen. Beachte besonders die Form der Herzmuskelzellen und die Kontakte zwischen Nachbarzellen. Erstelle jeweils eine Übersichtsskizze von dem mikroskopischen Bild. Versuche, deine Skizzen zu beschriften.
- ▶ Vergleiche den Wandaufbau von Arterien und Venen. Beschreibe die Unterschiede.
- ▶ Die obere schematische Abbildung zeigt den Aufbau von Arterien und Venen. Diskutiere mit deinem Nachbarn oder deiner Nachbarin, welchen Arterientyp und welchen Venentyp ihr in dem Präparat gefunden habt.
- ▶ Hausaufgabe: Sieh dir die Abbildung zum Blutkreislauf an und stelle begründend dar, wo sich welche Gefäße befinden.

Wenn das Herz schlecht versorgt wird (I)



1: Herzkranzgefäße im Röntgenbild: a. verengtes Gefäß; b. Gefäß nach operativem Eingriff

Manchmal kommt ein Herzinfarkt wie aus heiterem Himmel. Häufig haben die Betroffenen aber zuvor bereits an einer koronaren Herzkrankheit gelitten. Bei dieser Krankheit sind vor allem Teile der Herzkranzarterien durch Ablagerungen verengt, so dass der Herzmuskel schlecht durchblutet wird und dadurch weniger leistungsfähig ist. Zu den Risikofaktoren zählen erhöhte Blutfette (Cholesterin), Stress, Rauchen, Diabetes mellitus, Übergewicht und Bluthochdruck.



2: Durch Ablagerungen verengte Herzkranzarterien

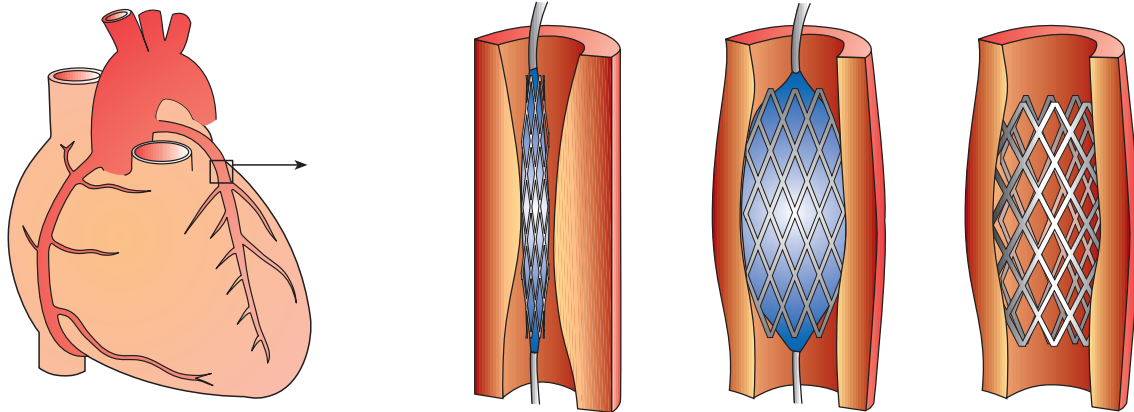
Aufgaben

- Überlege und beschreibe, welche Folgen ein sehr stark geschädigtes Herz für den Betroffenen hat.
- Beschreibe Unterschiede und Gemeinsamkeiten der verengten Gefäße in **Abb. 2**.
- Ärzte, die auf die Behandlung von kranken Herzen spezialisiert sind, heißen Kardiologen. Weißt du, was Kardiologen und Herzchirurgen bei verengten Herzkranzgefäßen tun können? Beschreibe.

Wenn das Herz schlecht versorgt wird (II)

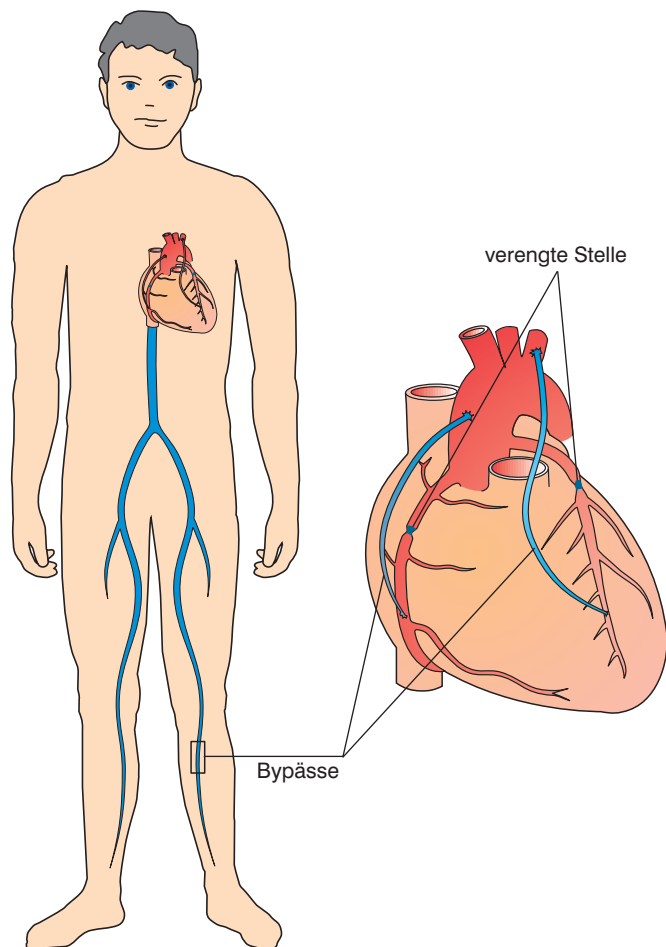
Folgende medizinische Maßnahmen sollen die Durchblutung des Herzmuskels verbessern:

- Der Chirurg bringt mithilfe eines Katheters einen Ballon an die verengte Stelle einer Herzkranzgefäßarterie und weitet diese mechanisch, indem er den Ballon aufbläst (Ballondilatation).
- Zusätzlich kann eine maschendrahtartige Stütze, ein Stent, in das Gefäß eingesetzt werden, der die Ader offen hält.



3: Erweiterung und Offenhalten eines Gefäßes mit einem Ballon und einem Stent

→ Bei sehr starken Ablagerungen bleibt nichts anderes übrig, als die verstopfte Stelle zu überbrücken. Für einen solchen «Bypass» verwendet man ein Gefäßstück aus einem anderen Körperteil (z. B. einige Zentimeter einer Vene aus dem Unterschenkel).



Aufgaben

- Bei vielen Patienten haben diese Maßnahmen nur zeitlich begrenzten Erfolg. Erkläre.
- 1967 wurde das erste Herz transplantiert. Erkundige dich, wie viele Herzen jährlich in Deutschland transplantiert werden und welche Alternativen es inzwischen dazu gibt.

4: Bypass: Entnahme von Venenstücken zur Überbrückung verengter Herzkranzgefäße

Herz in Not: Herzinfarkt

In Deutschland und anderen Industrienationen ist er die häufigste Todesursache – der Herzinfarkt. Ursache ist der Verschluss eines der Herzkranzgefäße, die den Herzmuskel mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgen. Das nicht mehr durchblutete Gewebe stirbt ab. Folge sind Herzrhythmusstörungen und eine stark verringerte Pumpleistung, in schweren Fällen sogar ein Herzstillstand. Als Warnzeichen gelten eines oder mehrere folgender Symptome:

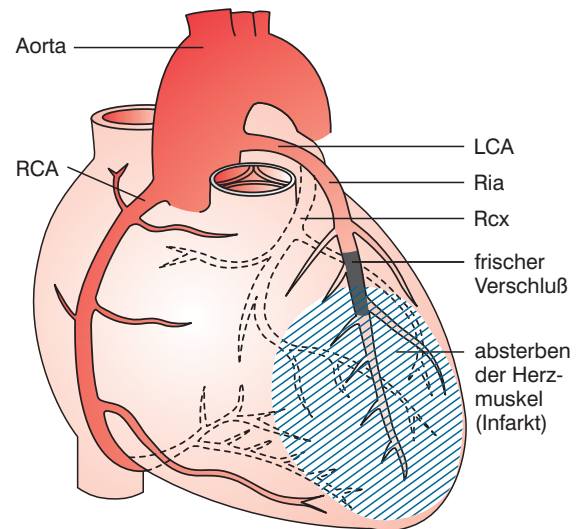
- ein Engegefühl und Schmerzen in der Brust, die bis in den Arm ausstrahlen können
- blasse Gesichtsfarbe und kalter Schweiß
- Atemnot, Schwächegefühle und Übelkeit.

Lange Zeit nahm man an, dass Ablagerungen aus Blutfett (Cholesterin) und Kalk allmählich die Herzkranzgefäße verengen, bis schließlich kein Blut mehr hindurch fließen kann. Heute weiß man, dass Entzündungen und eine gesteigerte Blutgerinnung bei einem Herzinfarkt eine noch wichtigere Rolle spielen.

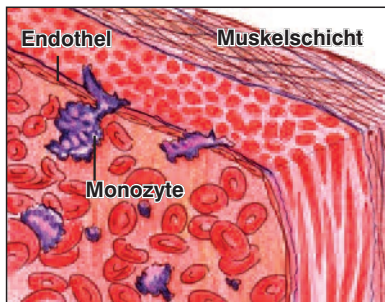
Bei gesunden Menschen dringen an Eiweiße gebundene Fettteilchen (Low-Density-Lipoproteine = LDL) ständig aus dem Blut in die innere Schicht der Arterien ein und verlassen sie auch wieder. Bei Menschen mit viel LDL im Blut können sich Fettpartikel unter der inneren Gefäßwand ansammeln und sich dabei verändern: Das Fett wird «ranzig» und verursacht eine Entzündung, die auch auf das umliegende Gewebe übergreift.

Immunzellen werden alarmiert. Fresszellen nehmen die Fettteilchen auf und verdauen sie. Danach gehen die Fresszellen – aufgebläht zu so genannten Schaumzellen – zugrunde. Die abgestorbenen Schaumzellen und die verdauten Cholesterinpartikel lagern sich als «Plaques» in der Ader ab – vom Blut durch die innere dünne Membran des Blutgefäßes getrennt. Die Entzündung schädigt auch das umliegende Gewebe.

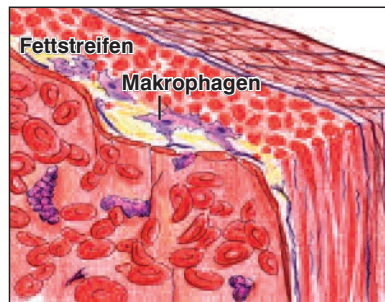
Gefährlich wird es, wenn diese trennende Schicht einreißt. Dann wird sofort die Blutgerinnung aktiviert. Es bildet sich ein Pfropf aus Blutplättchen (Thrombozyten) und Fibrinfäden, der das Herzkranzgefäß verschließen kann. Ist die Gefäßwand stark entzündet und sind viele Gerinnungsfaktoren im Blut, ist das Risiko eines Herzinfarkts groß.



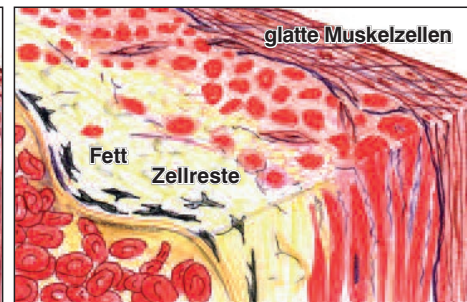
1: Mangelversorgung des Herzmuskels aufgrund eines Gefäßverschlusses



1. Verletzung des Endothels; anschließend Anlockung, Anheftung und Einwanderung der Monozyten



2. Aufnahme von oxLDL-Cholesterin; Umwandlung von Makrophagen zu Schaumzellen. Muskelzellen wandern ein.



3. Plaquebildung, vor allem durch Makrophagen und glatte Muskelzellen.

2: Ursachen eines Herzinfarkts

Aufgaben

- Erläutere anhand von Abb. 1, welche Auswirkungen der Ort eines Infarktes auf die Schwere des Infarktes hat.
- Abb. 2 zeigt, wie man heute die Entstehung eines Herzinfarktes erklärt. Erkläre sie deinem/r NachbarIn.
- Begründe, warum ein hoher Blutdruck einen Herzinfarkt begünstigen kann.
- Unmittelbar nach einem Herzinfarkt erhält der Patient ein Medikament, um das Blutgerinnsel aufzulösen. Erkläre, was damit erreicht werden soll.
- Begründe, warum die Überlebensaussichten nach einem Herzinfarkt umso höher sind, je eher mit der Behandlung begonnen wird.
- Stell' dir vor, du bist mit einer Wandergruppe unterwegs. Plötzlich zeigt ein Wanderer Symptome eines Herzinfarktes. Sofort wird per Handy der Notarzt benachrichtigt. Bis zu dessen Eintreffen wird der Patient ruhig gelagert. Außerdem verabreicht eine Frau aus der Gruppe ihm Aspirin. Begründe diese Maßnahmen.

Ein Schweineherz untersuchen

ULRIKE SPÖRHASE-EICHMANN

«Wir sollten ein Schweineherz auseinander nehmen – bääääähhh – naja, jedenfalls hatten wir dann alle so ein Ding vor uns liegen – immer zu zweit oder dritt, und dann hat Nele angefangen, das mal auseinander zu nehmen ... Sara hat nicht mal Handschuhe angezogen, war ihr alles viel zu ecklig ... Naja, Nele hat dann also dieses Herz mit Handschuhen untersucht. Wer sich mit Herzen auskennt, versteht, wenn ich jetzt sage, sie ist mit dem Finger durch die Vene rein, dann durch die Segelklappen weiter – es war sooooooooo bääääähhh! Nele meinte, es wäre gar nicht so schlimm, wenn es nicht so stinken würde – es hat fürchterlich gestunken, kaum auszuhalten! ...»

(Kommentar einer 8. Klässlerin)

Ein Schweineherz ist ein «klassisches» Untersuchungsobjekt für den Biologieunterricht. Man kann daran nicht nur Aufbau und Arbeitsweise des Herzens demonstrieren, sondern auch das Präparieren als biologische Untersuchungsmethode üben. Doch wie der anfangs zitierte Kommentar eindrücklich belegt: Ein Schweineherz ist auch ein sehr «gewöhnungsbedürftiger» Unterrichtsgegenstand! Eine gründliche Vorbereitung ist unerlässlich.

Man sollte

1. möglichst unbeschädigte Herzen besorgen,
2. die Herzen vorpräparieren, um Ekel und Geruch zu minimieren,
3. die SchülerInnen auf die Präparation vorbereiten,
4. genügend Zeit und Muße für die Beschäftigung mit dem Präparat einplanen.

Beschaffung von unbeschädigten Herzen

Schweineherzen für die Präparation bekommt man bei dem örtlichen Schlachthof oder manchmal sogar beim Metzger. Damit die Herzen möglichst ästhetisch aussehen, sollten sie unversehrt sein. Außerdem sollten sie längere Gefäßstümpfe besitzen. Solche Exemplare zu beschaffen, ist aber oft nicht ganz einfach: Für tierärztliche Routineuntersuchungen werden die Herzen

meist zerschnitten, und das Schlachthofpersonal achtet normalerweise auch nicht auf eintretende und abführende Gefäßstümpfe.

Deshalb sollte man die Herzen direkt bei einem am Schlachthof arbeitenden Veterinär bestellen und ihn um möglichst unversehrte Herzen für Lehrzwecke bitten. Diese Bitte bedeutet einen Mehraufwand für den Schlachtbetrieb. Das beste Anschauungsmaterial bekommt man dann, wenn man sich ganz nach dem Zeitplan des Tierarztes richtet. Das heißt: Man beschafft die Herzen, wenn die Zeit passt und nicht wenn man sie braucht.

Im Kühlschrank bleiben Schweineherzen, eingelegt in Wasser, 2 bis 3 Tage lang frisch und ansehnlich; fallen sie trocken, werden sie runzelig.

Wenn man sie längere Zeit in einer Gefriertruhe zwischenlagern will, sollte man die Herzen einzeln einfrieren. Im Kühlschrank taut ein gefrorenes Herz bequem von einem Tag zum anderen auf. Vor dem Einsatz sollte man sie ein weiteres Mal wässern, damit sich keine unangenehmen Gerüche bilden.

Vorpräparation der Herzen

Um die Herzen möglichst «schön» und übersichtlich zu präsentieren, ist eine Vorpräparation der Herzen empfehlenswert. Dabei werden Fettreste abgeschnitten und die Gefäßstümpfe frei präpariert. Anschließend wird überschüssiges Blut ab- und ausgewaschen. Um geronnenes Blut auszuspülen, werden die Gefäßstümpfe unter Wasser ausgedrückt; notfalls kann geronnenes Blut mit einer Pinzette aus den Kammern entfernt werden. **Das alles sollte auf jeden Fall vor dem Einfrieren erfolgen, da das Fett und Blut sich bei einem frischen Herzen leichter entfernen lässt.**

Falls Sie Herzen mit intakten Herzbeuteln bekommen, sollten Sie eines als Anschauungsobjekt behalten und in der Klasse präparieren. Für die SchülerInnen ist eine Präparation mit Herzbeutel zu komplex.

Wenn Sie die Herzen sorgfältig vorpräpariert haben, ist ganz nebenbei noch etwas sehr Wichtiges passiert: Sie selbst haben sich mit dem Präparat vertraut gemacht, und das werden die SchülerInnen später an Ihrem Umgang mit den Herzen merken.

Präparation eines Schweineherzens

Diese Seiten sollen Ihnen bei der Präparation helfen. Vielleicht brauchen auch Sie keine detaillierte Anleitung, denn Sie haben genügend eigene Fragen, die Sie an das Präparat stellen können. Denken Sie daran, dass Ihre eigenen Fragen immer die besseren sind und durch keine Anleitung zu ersetzen sind.

→ Für SchülerInnen der Klasse 9 ist der Punkt 11 von Bedeutung.

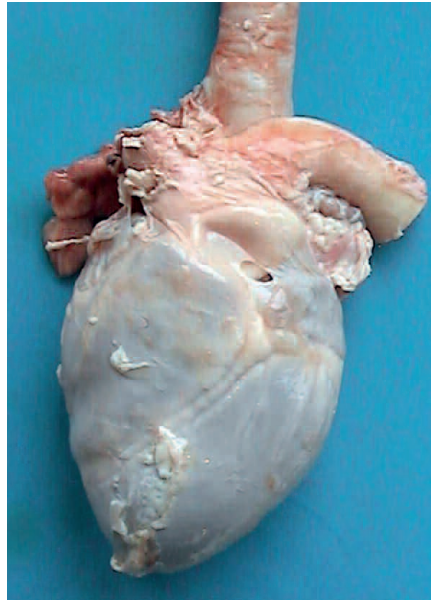
Vorpräparation

1. Herzen vom Schlachthof (→ **Bild 1**) in kaltem Wasser gründlich ab- und ausspülen.
2. Fett abpräparieren und Blutgerinnsel ggf. mit einer Pinzette aus den Kammern entfernen.
3. Herz im Herzbeutel untersuchen und über die Funktion des Herzbeutels nachdenken. → **Bild 2**
4. Herzbeutel entfernen. → **Bild 3**

Äußere und innere Inspektion des Herzens siehe letzte Seite



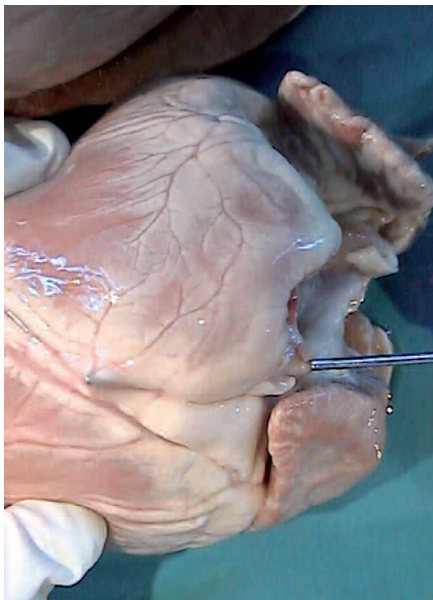
1: Herz vom Schlachthof



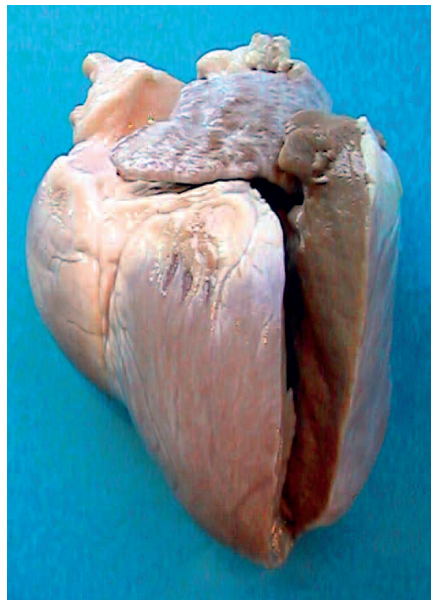
2: Herz mit Herzbeutel



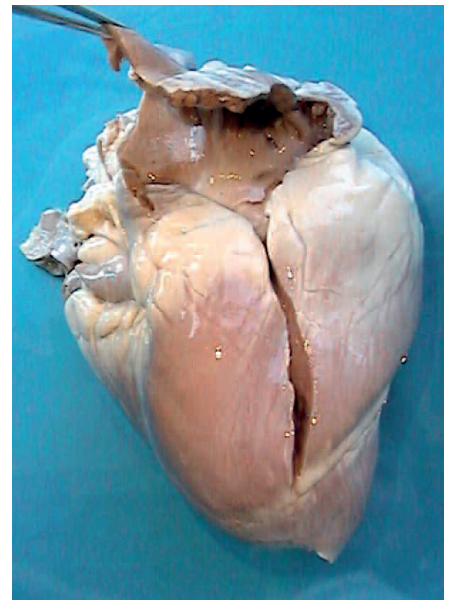
3: Entfernen des Herzbeutels



7: Sondieren der Herzkranzgefäße



8: Schnitt durch die linke Herzhälfte



9: Schnitt durch die rechte Herzhälfte

Vorbereitung der Schüler und Schülerinnen

Vorformulierte Untersuchungsfragen machen das Schweineherz zu dem, was es im Unterricht sein soll: ein Forschungsobjekt. Eine solche eindeutige Funktionszuweisung hilft, emotionale Distanz zum Präparat aufzubauen.

Die **Forschungsfragen** können von den SchülerInnen in Gruppenarbeit selbst formuliert werden, z. B.:

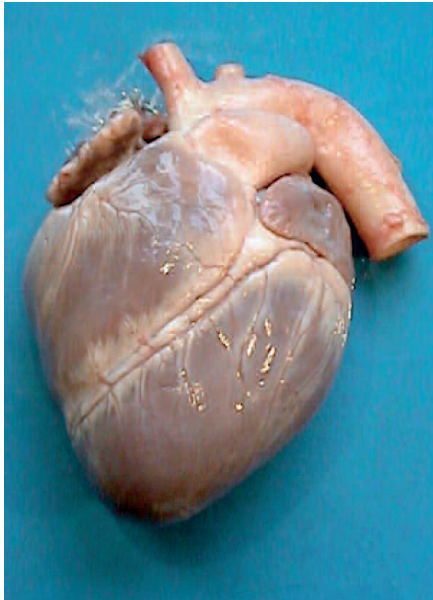
- ▶ Wie liegt das Herz im Körper?
- ▶ Wie fühlt sich das Herz an? Fühlt es sich überall gleich an?
- ▶ Wie schwer, lang, breit, dick ist das Herz?
- ▶ Deutet die äußere Gestalt auf den inneren Aufbau hin?

- ▶ Wie sieht das Herz von innen aus?
- ▶ Wie fühlt sich die Wand der Vorkammern/Kammern/Venen/Arterien an?
- ▶ Wie stabil sind die Segelklappen, und welche Farbe haben sie?
- ▶ Durch welche Gefäße verlässt das Blut das Herz, durch welche fließt es in das Herz?

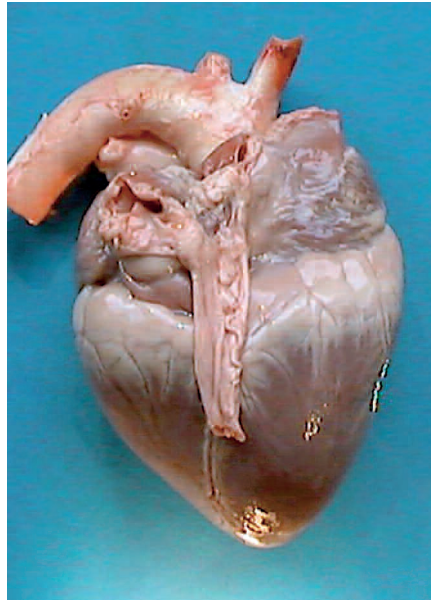
Nicht auf alle Fragen der SchülerInnen kann eine Präparation die passenden Antworten liefern. Diese Fragen dürfen nicht einfach unter den Tisch fallen: Sie werden entweder im Anschluss an die Präparation bearbeitet oder aber SchülerInnen, die sich ganz besonders vor den Herzen ekeln, suchen nach Antworten auf die Fragen, während die übrigen am Originalobjekt arbeiten. Geeignete Sach- und Biologiebücher sollten bereit gestellt werden.

Neben der inhaltlichen Vorbereitung ist eine Vorbereitung auf das Präparat an sich erforderlich. Mit anderen Worten: Blut zu sehen darf nicht zu einer Überraschung werden und die SchülerInnen sollten über die Umstände der Beschaffung informiert werden. Man sollte erzählen, woher die Herzen stammen, welche Mühe man sich bisher damit gemacht hat und dass jedermann Schweineherzen auch beim Schlachter kaufen und z. B. zu Herzragout angerichtet genüsslich verzehren kann. So können Ängste und möglicher Ekel abgebaut werden. Wer meint, nicht präparieren zu können, sollte vorab mit einem Arbeitsauftrag beschäftigt sein. Für «aufkommende Neugierde» sollte die Lehrperson offen sein.

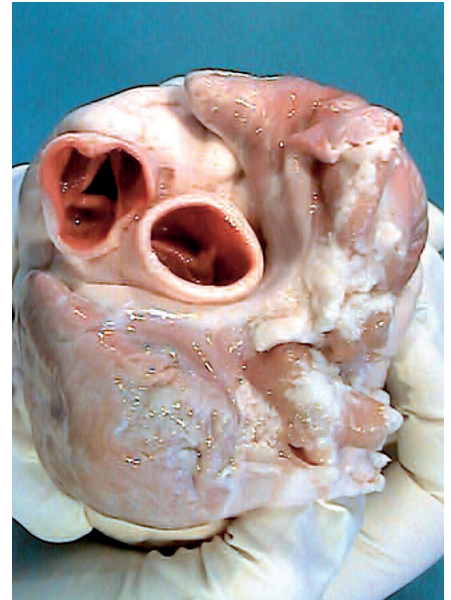
Und noch ein Tipp: Bereiten Sie auch die in der Klasse unterrichtenden Kollegen



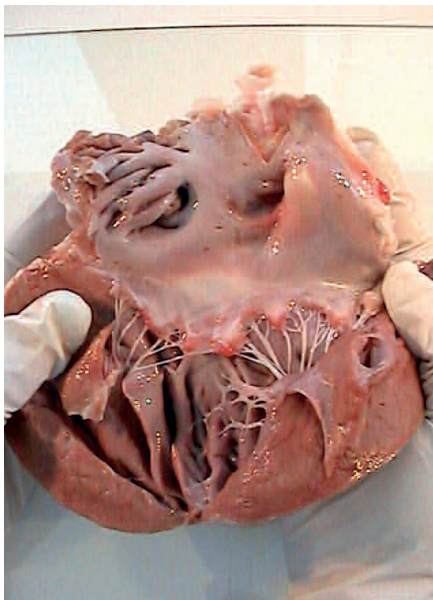
4: Lage des Herzens im Körper (Brustansicht)



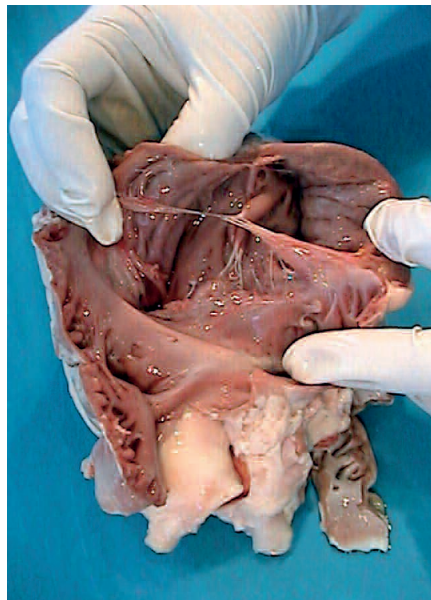
5: Lage des Herzens im Körper (Rückenansicht)



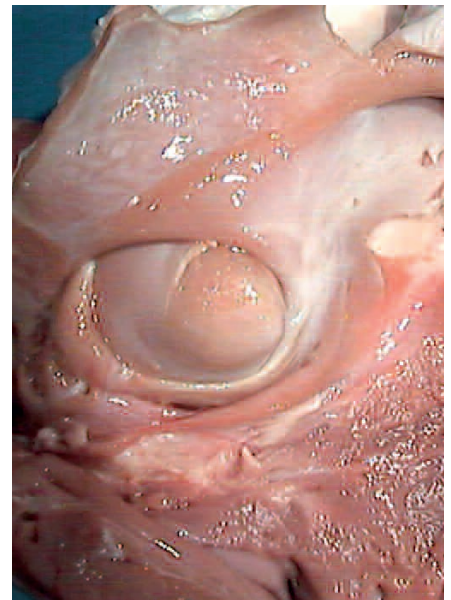
6: Gefäßstümpfe des Herzens



10: Die linke Herzkammer



11: Die rechte Herzkammer



12: Die Fossa ovalis

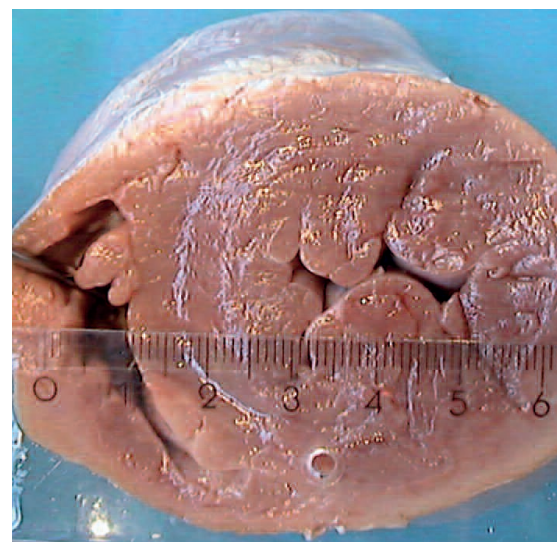
vor und bitten Sie um ihr Verständnis, wenn die Präparation einige SchülerInnen allzu sehr beeindruckt hat.

Zeit und Muße bei der Beschäftigung mit dem Präparat

Beides – Zeit und Muße – ist Voraussetzung für eine erfolgreiche unterrichtliche Behandlung. Doch wie lässt sich dies im Schulalltag realisieren? Eine Schulstunde ist viel zu kurz, und eine Doppelstunde zu organisieren, ist meist sehr aufwändig. Die Praxiserfahrung zeigt, dass es Sinn machen kann, die Herzpräparation jeweils einstündig an zwei Tagen durchzuführen. Liegen die Präparationstermine sehr eng beieinander, werden die Herzen im Kühl-

schränk aufbewahrt. Liegen mehrere Tage zwischen den Präparationen, werden die Herzen einfach wieder eingefroren und bei Bedarf aufgetaut.

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die SchülerInnen sich in der ersten Stunde zunächst mit dem Präparat vertraut machen und eine äußere Inspektion des Herzens vornehmen können. Außerdem wird die Beschaffenheit des Herzens ertastet, die Gefäßab- und Gefäßeingänge mit Glasstäben, Sonden oder Schaschlickstäben untersucht und es kann Wasser eingeleitet werden, um die Fließrichtung des Blutes zu erkunden. Möglicherweise werden danach die Forschungsaufgaben revidiert. Erst in der zweiten Stunde, wenn die SchülerInnen schon mit dem Präparat vertraut sind, wird das Innere des Herzens untersucht.



13: Schnitt durch die Herzspitze

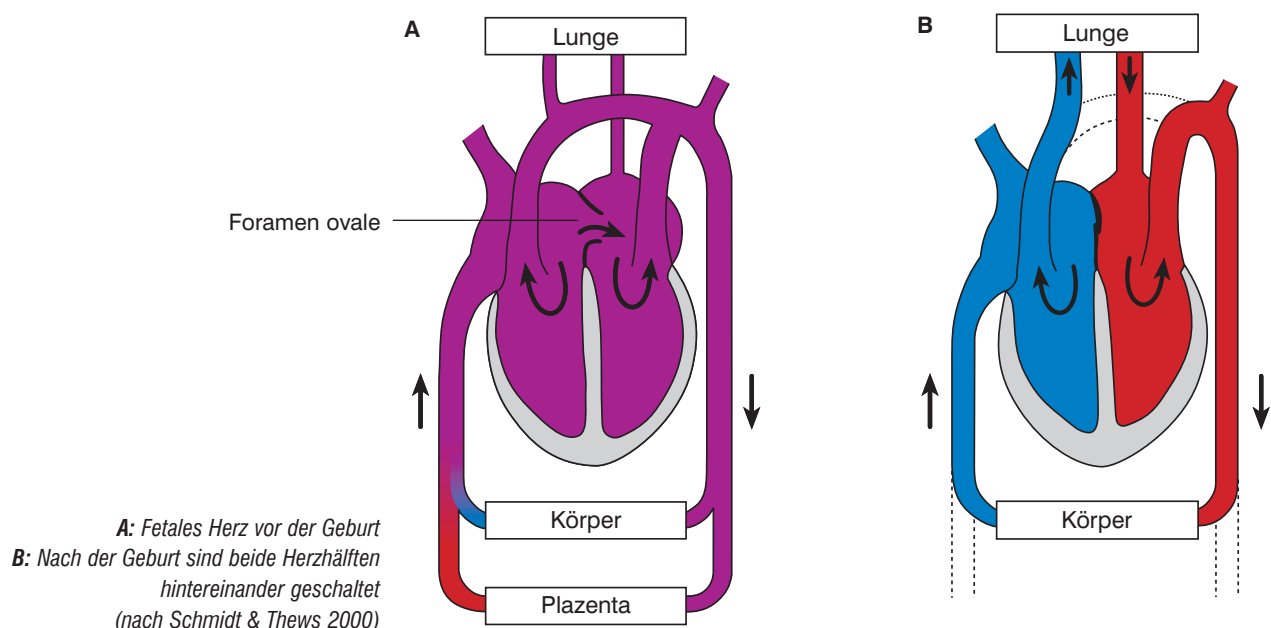
Präparation eines Schweineherzens

Äußere Inspektion

- Wie liegt das Herz im Körper? → **Bild 4, 5**
- Gewinnen Sie eine Übersicht über die äußerlich sichtbaren Abschnitte des Herzens, seiner Lage im Körper und die Gefäßstümpfe.
- Identifizieren Sie ableitende und zuleitende Gefäße, indem Sie eine Sonde oder einen Glasstab in die Gefäßöffnungen einführen und die inneren Herzhöhlen erkunden. In welchen Gefäßen und Herzregionen befindet sich sauerstoffarmes, in welchen sauerstoffreiches Blut?
- Präparieren Sie die Gefäßstümpfe frei.
- Schneiden Sie die Gefäßstümpfe ab und betrachten Sie die Taschenklappen am Anfang von Aorta und Lungenarterie (*Truncus pulmonalis*). → **Bild 6**
- Sondieren Sie von der Basis der Aorta aus die Herzkranzgefäße. → **Bild 7**
- Verengungen der Herzkranzgefäße können zu einer Mangelversorgung des Herzens und damit zu Beschwerden der Angina pectoris (anfallsartige Schmerzen in der Brust) führen. Die Mangelversorgung des Herzens wird medizinisch durch eine Weitung der Gefäße (Ballondilatation), Implantierung von Stents (Wandstabilisatoren) und durch das Einsetzen von Gefäßen zur Umgehung von Verengungen (Bypass) therapiert.
Denken Sie anhand des Schweineherzens über derartige Eingriffe nach. Welche Risikofaktoren gibt es? Ist ein Patient nach einer Bypassoperation wieder gesund? Stellen Sie eine Ballondilatation nach. Eine entsprechende Filmsequenz finden Sie auf der CD «Herz- und Kreislauf des Menschen» (Best.-Nr.: 626122).

Innere Inspektion

- Schneiden Sie jetzt mit je einem Längsschnitt die rechte und linke Herzhälfte auf. → **Bild 8, 9**
- Verdeutlichen Sie sich den Aufbau der Herzwand und die Gestalt sowie Arbeitsweise und Funktion der Segelklappen. Vergleichen Sie die beiden Herzhälften. → **Bild 10, 11**
- Betrachten Sie die Scheidewand zwischen den Vorhöfen.
Sie können eine ovale Verdünnung der Scheidewand ertasten (*Fossa ovalis*). → **Bild 12**
Hier bestand während der fetalen Entwicklung eine Verbindung (*Foramen ovale*) zwischen den beiden Vorhöfen.
→ **Abb. A + B**
- Präparieren Sie die Segelklappen heraus. Jetzt wird die Bindegewebsschicht, die ein Rücklaufen der Erregung von den Kammern in die Vorhöfe verhindert, sichtbar.
- Schneiden Sie die Herzspitze etwas oberhalb der Basis ab. Vergleichen Sie rechte und linke Kammer. → **Bild 13**



aus: UB 302, 2005, Beihefter