

# Biologie 10. Klasse im LehrplanPLUS

## 2 Stoff- und Energieumwandlung im Menschen

### 2.3 Gasaustausch und Atemgas-Transport im Blutkreislauf

Thomas Nickl, Dezember 2021

#### **Inhalt:**

[Allgemeine Vorbemerkungen](#)

[Zeitplan für Abschnitt 2.3](#)

[2 Stoff- und Energieumwandlung im Menschen](#)

[2.3 Gasaustausch und Atemgas-Transport im Blutkreislauf](#)

[2.3.1 Gasaustausch in Lunge und Gewebe](#)

[2.3.1.1 Bau der Lunge](#)

[2.3.1.2 Gasaustausch durch Diffusion](#)

[2.3.1.3 Ein- und Ausatemluft \(fakultativ\)](#)

[2.3.2 Gastransport im Blut](#)

[2.3.2.1 Bestandteile des Blutes](#)

[2.3.2.2 Sauerstoff-Transport](#)

[2.3.2.3 Kohlenstoffdioxid-Transport](#)

[2.3.3 Herz-Kreislauf-System](#)

[2.3.3.1 Der Weg des Blutes durch den Körper](#)

[2.3.3.2 Das Herz](#)

[2.3.3.3 Der Blutdruck](#)

[2.3.3.4 Herz-Präparation](#)

[2.3.4 Gesundheitliche Aspekte des Herz-Kreislauf-Systems](#)

[2.3.4.1 Gesundheits-Vorsorge](#)

[2.3.4.2 Schädigungen und Erkrankungen](#)

[2.3.4.3 Erste-Hilfe-Maßnahmen](#)

[2.3.4.4 Blutspende](#)

[2.3.4.5 Organspende](#)

## Allgemeine Vorbemerkungen

*In diesem Skript befinden sich an verschiedenen Stellen Anregungen für fakultative Lerninhalte. Achten Sie darauf, Sie sich dadurch nicht verführen zu lassen, zu viele davon in Ihren Unterricht aufzunehmen, weil Ihnen sonst die Zeit zu knapp wird!*

Mit „ALP“ werden Hinweise gegeben auf den Praktikums-Ordner „Bio? – Logisch!“, Akademiebericht 506 der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen, 2. Auflage 2021.

*Die in diesem Skript aufgeführten Arbeitsblätter und weitere dort genannte Medien finden Sie auf meiner Webseite unter Materialien → Materialien Mittelstufe LehrplanPLUS → 10. Klasse; zusätzlich habe ich die docx- und pdf-Dateien der Arbeitsblätter sowie die jpg-Dateien von Abbildungen in diesem Skript verlinkt.*

### Zeitplan für Abschnitt 2.3:

Nummer	Abschnitte	Stunden
2.3.1	Gasaustausch in Lunge und Gewebe	2
2.3.2	Gastransport im Blut	2
2.3.3	Herz-Kreislauf-System	4
2.3.4	Gesundheitliche Aspekte	3
	<b>Summe</b>	<b>11</b>

## 2 Stoff- und Energieumwandlung im Menschen (33)

### 2.3 Gasaustausch und Atemgas-Transport im Blutkreislauf (11 h)

*Dies war bereits Lerninhalt in der 5. Klasse; manches davon dürfte mittlerweile verschüttet sein oder wurde damals nicht ganz verstanden. Weder in der Unter- noch in der Mittelstufe verlangt der LehrplanPLUS explizit die Anatomie der Lunge; die ist aber Voraussetzung für ein klares mentales Bild und sollte (ggf. nochmal) kurz besprochen werden. Wesentlich ist hier auch eine klare Zuordnung der besprochenen Objekte zu den Betrachtungsebenen (makro-, mikro-, submikroskopisch), am besten mit Ikons:*

#### 2.3.1 Gasaustausch in Lunge und Gewebe (2 h)

<b>Inhalte zu den Kompetenzen</b>	<b>Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...</b>
Gasaustausch in der Lunge und in anderen Geweben durch Diffusion: Oberflächenvergrößerung, Konzentrationsunterschied, Diffusionsstrecke	erklären den Gasaustausch durch Diffusion mithilfe des Struktur-Funktions-Konzepts.
<b>Vorwissen:</b> <b>Jgst. 5 Biologie</b> , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Atemgase, Blutkreislaufsystem)	<b>Weiterverwendung:</b> -

##### 2.3.1.1 Bau der Lunge

Folgende Begriffe sollten die Schüler kennen und den Betrachtungsebenen zuordnen können:

Lungenflügel, Luftröhre, Bronchien (Singular: der Bronchus), Bronchienäste, ggf. Bronchiolen, Lungenbläschen (ggf. Synonym: die Alveole) mit Kapillarnetz

Die Schüler sollten mit Fachbegriffen den Weg des Sauerstoffs von der Außenluft bis ins Blut beschreiben können.

Die Behandlung der Atemmechanik (Brust- und Bauchatmung; Adhäsion von Lungenfell und Brustfell bzw. Zwerchfell im Pleuraspalt) ist an dieser Stelle möglich, erfordert aber zusätzliche Unterrichtszeit.

**ALP** Blatt 07\_7\_V05: Lungenfunktionsmodell PET-Flasche

**ALP** Blatt 07\_7\_V06: Funktionsmodell Pleuraspalt (mit nassen Objektträgern)

Zum Aufbau der Lunge (am besten als vorbereitende Hausaufgabe, die im Plenum besprochen wird) vgl. Aufgabe 1 auf dem **Aufgabenblatt** 3 Atemgase: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Die Zuordnung zu den Betrachtungsebenen sollte nicht einfach vorausgesetzt, sondern vielmehr aktiv verbalisiert und am besten mit Ikons unterstützt werden, z. B.:

- makroskopische Ebene: Lungenflügel, Bronchien
- mikroskopische Ebene: Lungenbläschen, Lungenkapillaren, Rote Blutzellen
- submikroskopische Ebene (Teilchenebene): Sauerstoff-, Kohlenstoffdioxid-Molekül

Link zu den Symbolen der 3 Betrachtungsebenen: [\[pdf\]](#)

##### 2.3.1.2 Gasaustausch durch Diffusion

Der Begriff Diffusion wurde unter 2.2.6.3 geklärt und definiert. Er sollte an dieser Stelle von den Schüler selbständig wiederholt werden:

Aufgabe 2 auf dem **Aufgabenblatt** 3 Atemgase: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Dann sollte geklärt werden, an welchen Stellen im menschlichen Körper Gasaustausch stattfindet:

- in der Lunge: Sauerstoff geht aus der Atemluft im Inneren der Lungenbläschen durch die Wände von Lungenbläschen und Lungenkapillare ins Blut; den umgekehrten Weg nimmt das Kohlenstoffdioxid.
- im Gewebe (Muskel, Gehirn, Leber usw.): Sauerstoff geht an den Körperkapillaren aus dem Blut in die jeweiligen Zellen; Kohlenstoffdioxid, das in den Zellen bei der Zellatmung freigesetzt wurde, nimmt den umgekehrten Weg.

Ggf. werden hierbei Darstellungen aus der Unterstufe zum Gasaustausch in der Lunge bzw. an den Organen eingesetzt (vgl. Materialien Unterstufe > Menschenkunde > Blutkreislauf, Atmung, Stoffwechselübersicht; vgl. auch: **ALP** Blatt 07\_7\_V10: Modell zum Gasaustausch in der Lunge). Der Anschauung dient auch ein dreidimensionales Modell eines Lungenbläschens mit Lungenkapillaren.

Anschließend werden Faktoren besprochen, welche die Diffusion beeinflussen:

#### a) Diffusionsfaktor Oberfläche

*Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung wurde unter 2.2.6.1 bei den Verdauungsorganen bereits besprochen. Es kann hier vertieft oder nur kurz wiederholt werden.*

Die Geschwindigkeit des Gasaustauschs ist abhängig von der Oberfläche: Je mehr Fläche zur Verfügung steht, desto mehr Teilchen können pro Sekunde von der einen auf die andere Seite diffundieren.

An seinem Ende fächert sich der luftführende Raum der Lunge in etwa 300 Millionen sackartige Ausstülpungen, die Lungenbläschen, auf, die einen Durchmesser von etwa 200 µm (= 0,2 mm) besitzen. Ihre Gesamtoberfläche beträgt grob 100 m<sup>2</sup> (die Angaben schwanken je nach Quelle zwischen 80-90 m<sup>2</sup> und 100-140 m<sup>2</sup>.)

#### **Modellversuch zur Oberflächenvergrößerung:**

Aus einer frischen, rohen Kartoffel drei Würfel mit 1,5 cm Kantenlänge schneiden. Einen dieser Würfel durch dreifaches Halbieren in acht Würfel mit 0,75 cm Kantenlänge schneiden, den dritten Würfel fein raspeln. Die drei Portionen in je ein großes Reagenzglas geben und möglichst gleichzeitig mit je 10 mL 3%iger Wasserstoffperoxid-Lösung übergießen. Die Schaumbildung fällt umso mächtiger aus, je feiner die Kartoffel zerteilt ist, d. h. je größer die Gesamtoberfläche der Stückchen ist.

**ALP** Blatt 04\_V25: Oberflächenvergrößerung Kartoffel

#### **Modellhafte Untersuchung zur Oberflächenvergrößerung:**

Jede Arbeitsgruppe schneidet aus einer Kartoffel einen Würfel von 2 cm Kantenlänge, färbt die Flächen mit Wasserfarben ein und stempelt jede Fläche nebeneinander auf ein Blatt Papier. Zusätzlich wird die Gesamtfläche theoretisch berechnet:  $6 \cdot 4 \text{ cm}^2 = 16 \text{ cm}^2$ .

Dann wird der Würfel durch Halbieren in 8 Würfel von 1 cm Kantenlänge zerschnitten. Arbeitsteilig werden deren Flächen eingefärbt und jede Fläche auf ein Blatt gestempelt. Zusätzlich wird die Gesamtfläche theoretisch berechnet:  $8 \cdot 6 \cdot 1 \text{ cm}^2 = 48 \text{ cm}^2$ .

## b) Diffusionsfaktor: Konzentrations-Unterschied

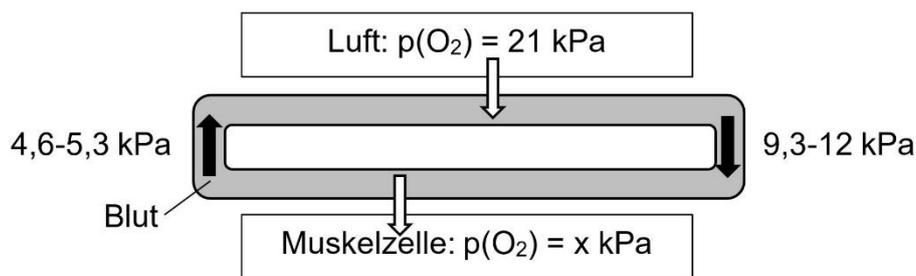
Grundprinzip der Diffusion: Stoffe diffundieren von Bereichen höherer Konzentration zu Bereichen niedrigerer Konzentration und zwar so lange, bis sich die Konzentrationen ausgeglichen haben.

Bei Gasgemischen wie Luft, aber auch bei in Flüssigkeiten gelösten Gasen wie Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid im Blut wird die Konzentration der Einzelkomponenten oft nicht in den üblichen Einheiten (wie g/L oder mmol/L) angegeben, sondern als Partialdruck: Der Partialdruck ist der Anteil des Gesamtdrucks, der einer einzelnen Komponente eines Gasgemisches zugeordnet werden kann. In der Medizin dient als Einheit oft noch mm Quecksilbersäule, verbreitet ist auch noch die veraltete Einheit hPa (Hektopascal); verwendet werden sollte die moderne Einheit kPa (Kilopascal).

Nur wenn eine Differenz des jeweiligen Partialdrucks zwischen Blut und Luft im Lungenbläschen bzw. zwischen Blut und Zelle im Gewebe besteht, kommt es zu einer Nettowanderung des Atemgases.

Die Schüler bearbeiten Aufgabe 3 auf dem **Aufgabenblatt** 3 Atemgase: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Sie entnehmen einem Text konkrete Sauerstoff-Partialdrücke, setzen diese in eine selbst gefertigte Skizze ein und erstellen eine Hypothese über die Höhe des Sauerstoff-Partialdrucks in Muskelzellen. Die Skizze könnte folgendermaßen aussehen:



*Auf Partialdrücke bei Kohlenstoffdioxid wurde verzichtet, weil die Schüler noch keine Kenntnisse über die verwickelten Verhältnisse bei dessen Transport im Blut haben und bei Angaben in der Literatur nicht immer klar ist, welche Transportformen bei einer Zahl berücksichtigt sind (gelöstes  $CO_2$ , gelöstes  $HCO_3^-$ , gelöstes  $CO_3^{2-}$ , an Hämoglobin gebundenes  $CO_2$ ).*

## c) Diffusionsfaktor: Diffusionsstrecke

Je kürzer die Diffusionsstrecke ist, desto höher ist die Diffusions-Geschwindigkeit und damit der Umfang der Diffusion.

Die Wandstärke der Blut-Luft-Schranke in der Lunge beträgt zwischen 0,1 und 1,5  $\mu m$  (Papier ist 50 mal dicker). Deshalb genügt eine Kontaktzeit von 0,3 Sekunden, um das Blut mit Sauerstoff zu sättigen.

Fazit: Strukturelle Eigenschaften wie Oberflächenvergrößerung durch Ausbildung von Lungenbläschen bzw. einer Vielzahl von dünnen Kapillaren oder sehr dünnen Wänden von Lungenbläschen und Kapillaren dienen der Funktion eines beschleunigten Gasaustauschs (Struktur-Funktions-Prinzip).

Ggf. Darstellung der Teilchendiffusion:

**Arbeitsblatt**: Gasaustausch in der Lunge [\[word\]](#) [\[jpg\]](#) Lösung dazu [\[jpg\]](#)



scheiden, wodurch eine Diskussion darüber angeregt werden dürfte, die hinsichtlich der Medienerziehung relevant ist, denn auch Journalisten müssen aus heterogenen oder sehr differenzierten Daten eine griffige Nachricht formulieren. Am besten als vorbereitende Hausaufgabe mit Diskussion im Plenum.

**Aufgabenblatt** 3 Atemgase: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Die Schüler sollten folgende Begriffe kennen: Rote Blutzellen (ggf. Fachbegriff Erythrozyten), Weiße Blutzellen (Leukozyten), Blutplättchen (ggf. Fachbegriff Thrombozyten), Blutplasma.

#### Hintergrund-Informationen:

Erythrozyten: 4,5 bis 5,5 Millionen pro  $\mu\text{L}$  Blut (in einem mL also 1000 mal so viel!)

Leukozyten: 4.000-11.000 pro  $\mu\text{L}$  Blut

Thrombozyten: 300.000 pro  $\mu\text{L}$  Blut

Ein  $\mu\text{L}$  entspricht einem Würfel von der Kantenlänge 0,001 mm. (*Nicht voraussetzen, sondern explizit ansprechen bzw. evaluieren.*)

**Untersuchung:** Blut mit Sauerstoff bzw. Kohlenstoffdioxid

Schweineblut wird in Waschflaschen mit Sauerstoff bzw. Kohlenstoffdioxid aus Gasflaschen angereichert. Sauerstoffreiches Blut erscheint hellrot, kohlenstoffdioxidreiches dunkelrot.

**ALP** Blatt 07\_6\_V06: Blut mit Sauerstoff bzw. Kohlenstoffdioxid

### 2.3.2.2 Sauerstoff-Transport

*Achten Sie auf biologisch korrekte Formulierungen! Die in der Medizin üblichen Bezeichnungen „arterielles / venöses / gemischt-venöses“ Blut sind irreführend und biologisch falsch; denn beispielsweise fließt durch die Lungenvenen sogenanntes „arterielles“ (gemeint ist: sauerstoffreiches) Blut. (Vgl. Aufgabe 7 auf dem Aufgabenblatt 4: Blutkreislauf)*

*Obligate Lerninhalte sind der Transport an Hämoglobin sowie die Betrachtung dieses Blutfarbstoffs. Wie tief dieser Unterabschnitt behandelt wird, hängt von der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit und der Interessenlage der Klasse ab.*

Ggf. Anwendung von Vorwissen aus dem Chemie-Unterricht (NTG, 9. Klasse, Lernbereich 5 / Nicht-NTG, 10. Klasse, Lernbereich 3: polare und unpolare Elektronenpaarbindung): Das Sauerstoff-Molekül ist unpolar und löst sich deshalb nur schlecht in wässrigen Lösungen wie dem Blutplasma.

Damit genügend Sauerstoff transportiert werden kann, wird er an Hämoglobin, den roten Blutfarbstoff, gebunden. Hämoglobin selbst ist sehr gut in Wasser löslich.

Ein Hämoglobin-Molekül besteht aus vier Aminosäure-Ketten (Polypeptid-Ketten), von denen jede mit einer sogenannten Hämgruppe verbunden ist. Die Hämgruppe ist ein scheibenförmiges Molekül, in dessen Mitte sich ein zweiwertiges Eisen-Ion ( $\text{Fe}^{2+}$ ) befindet. Jedes Eisen-Ion kann ein Sauerstoff-Molekül an sich binden, d. h. jedes Hämoglobin-Molekül kann bis zu vier Sauerstoff-Moleküle transportieren.

Fakultativ (nur in interessierten Klassen): Sobald die erste Hämgruppe in einem Hämoglobin-Molekül ein Sauerstoff-Molekül gebunden hat, verändert sich die Molekülstruktur so, dass die Bindung weiterer Sauerstoff-Moleküle erleichtert ist (kooperativer Effekt).

An den Verbrauchsorten gibt das Hämoglobin die Sauerstoff-Moleküle wieder ab, die dann in die jeweiligen Zellen diffundieren. Diese Abgabe wird durch folgende Effekte begünstigt:

- Der pH-Wert des Bluts ist in den Körperkapillaren um einen kleinen, aber entscheidenden Betrag saurer als in den Lungenkapillaren. Je saurer die Umgebung ist, desto

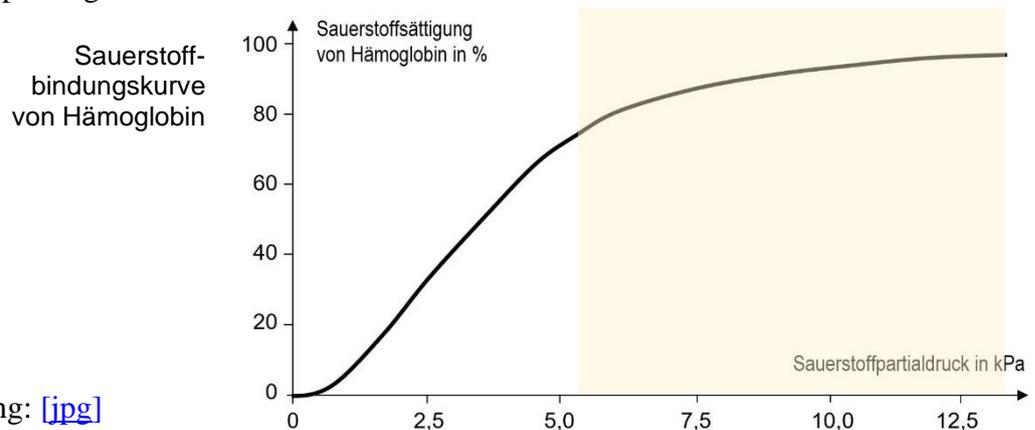
schlechter bindet sich Sauerstoff an Hämoglobin. Ursache des niedrigeren pH-Werts: Die Zellen geben Kohlenstoffdioxid ab, das mit Wasser zu Kohlensäure reagiert, bzw. Milchsäure.

- Die Sauerstoff-Konzentration in der Zelle ist kleiner als die im Blut, weil der Sauerstoff rasch in der Zellatmung verbraucht wird (Konzentrations-Unterschied).
- In Muskelzellen wird der Sauerstoff zunächst an Myoglobin abgegeben, das ähnlich aufgebaut ist wie eine einzelne Aminosäure-Kette (Polypeptid-Kette) des Hämoglobins und eine Hämgruppe trägt. Allerdings bindet Myoglobin den Sauerstoff stärker als Hämoglobin.
- Höhere Temperatur begünstigt die Aufhebung der Sauerstoffbindung, z. B. bei starker Muskelarbeit.

#### Diagramm-Arbeit:

Aufgaben 5.1 und 5.2 auf dem **Aufgabenblatt 3 Atemgase:**

Die Schüler beschreiben den Verlauf der Kurve und tragen im Diagramm den sogenannten physiologischen Bereich ein, der zwischen der minimalen und maximalen Sättigung im menschlichen Körper liegt.



Link zur Abbildung: [\[jpg\]](#)

#### Daten:

Aufgabe 5.3 auf dem Aufgabenblatt 3 Atemgase:

Die Schüler berechnen nach Angaben die maximale Menge an Sauerstoff, die in 100 mL Blut gebunden werden können.

In 100 mL Blut sind etwa 15 g Hämoglobin enthalten. 1 g Hämoglobin kann bis zu 1,34 mL Sauerstoff binden. Das sind 20,1 mL Sauerstoff pro 100 mL Blut bzw. 450 mmol (darauf achten, dass die Anzahl der gültigen Stellen nicht überschritten wird!) bzw. 14,4 g Sauerstoff.

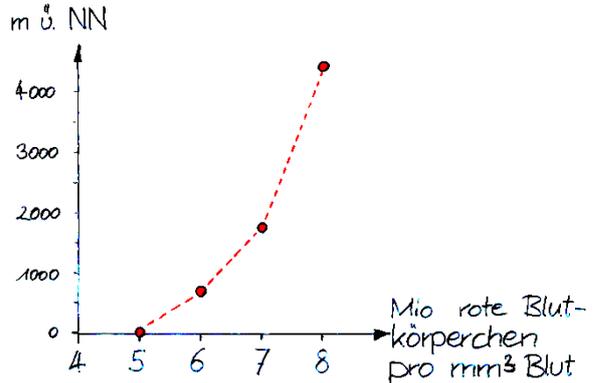
**Arbeitsblatt** Aufgaben 3 Atemgase: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

#### Konkurrierender Effekt: (fakultativ)

Kohlenstoffmonooxid (CO) bindet 200 mal stärker als Sauerstoff an Hämoglobin. Bei starken Rauchern sind bis zu 10 % der Bindungsstellen des Hämoglobins mit Kohlenstoffmonooxid besetzt (bei der unvollständigen Verbrennung des Tabaks entsteht unter anderem Kohlenstoffmonooxid). Bei einer schweren akuten Vergiftung mit diesem Gas können die Kohlenstoffmonooxid-Moleküle nur durch eine Sauerstoff-Druckbehandlung in der Druckkammer von Hämoglobin wieder abgelöst werden.

Anzahl der Roten Blutzellen: (fakultativ)

Mit der geographischen Höhenlage verringert sich die Dichte von Luft und damit die Menge an Sauerstoff in einem Liter Luft. Menschen, die längere Zeit in hohen Lagen leben (z. B. auf den Hochplateaus der Anden), besitzen erheblich mehr Rote Blutzellen als Menschen aus niedrigen Lagen, so dass der Sauerstoff bei ihnen mit höherer Effizienz aufgenommen wird. Im Leistungssport wird durch wochenlanges Training in hohen Lagen eine Erhöhung der Anzahl an Roten Blutzellen erreicht, wodurch die Leistungsfähigkeit steigt.



Link zur Abbildung: [\[jpg\]](#)

### 2.3.2.3 Kohlenstoffdioxid-Transport

*Hier muss berücksichtigt werden, dass Protonenübergänge erst im Chemie-Unterricht der 10. Klasse thematisiert werden. In NTG-Klassen können sie als Vorwissen wohl vorausgesetzt werden (dort Lernbereich 2), nicht aber in Nicht-NTG-Klassen (dort Lernbereich 4, das ist der vorletzte). Unbedingt Absprache mit der Chemie-Lehrkraft! In Nicht-NTG-Klassen empfehle ich, an dieser Stelle auf die Protolyse-Gleichungen zu verzichten. Allenfalls können sie gegen Ende des Schuljahres nachgeholt werden, ggf. auch im Chemie-Unterricht.*

#### **Aufgabenblatt** 3 Atemgase: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Aufgabe 6.1 (Erstellen eines Diagramms zu den Transportformen von Kohlenstoffdioxid im Blut), 6.2 (Begründung für dessen geringe Löslichkeit), 6.3 (Vergleich der transportierten Atemgasmengen in Mol und Gramm) und 6.4 (Beurteilung einer didaktischen Reduktion) eignen sich für alle Zweige des bayerischen Gymnasiums; Aufgabe 6.5 (Erstellen der Reaktionsgleichungen) eignet sich zunächst nur für das NTG.

Anteile der Transportformen für Kohlenstoffdioxid im Blut:

8 % physikalisch im Blutplasma gelöst

7 % an Hämoglobin gebunden

85 % in den Roten Blutzellen mit Hilfe des Enzyms Carboanhydrase zunächst in Kohlensäure umgewandelt, die sofort zu Hydrogencarbonat protolysiert. Zwei Drittel davon diffundieren in das Blutplasma.

### 2.3.3 Herz-Kreislauf-System (4 h)

<b>Inhalte zu den Kompetenzen</b>	<b>Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...</b>
Herz-Kreislauf-System: Lungen- und Körperkreislauf, Herz (Herzkammern, Herzklappen, Herzzyklus), Blutdruck	erläutern die Funktion des Herz-Kreislauf-Systems als Transportsystem zwischen der Umgebung und allen Zellen des menschlichen Körpers bei der Stoffaufnahme und -abgabe.
<b>Vorwissen:</b> <b>Jgst. 5 Biologie</b> , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Atemgase, Blutkreislaufsystem)	<b>Weiterverwendung:</b> -

#### 2.3.3.1 Der Weg des Blutes durch den Körper

*Im LehrplanPLUS wird konsequent der Jargon der Mediziner verwendet, indem von „Körper- und Lungenkreislauf“ gesprochen wird. Das ergibt nur dann einen Sinn, wenn das Herz als nicht weiter differenzierte Einheit betrachtet wird, was aber zumindest im Unterricht kontraproduktiv ist, weil beim Herz der Säugetiere sauerstoffarmes und -reiches Blut strikt voneinander getrennt sind. Funktionell besteht das Herz also aus zwei Teilen, nicht aus einem. Technisch gesehen gibt es nur einen einzigen Kreislauf. Es ist also sinnvoller, von Lungen- und Körperabschnitt des Kreislaufs zu sprechen. In Aufgabe 8 des Arbeitsblatts 4 Blutkreislauf sollen sich die Schüler mit diesen Begriffen kritisch auseinandersetzen.*

Kurze Wiederholung der Begriffe Vene, Arterie, Kapillare:

Aufgabe 1 auf dem **Aufgabenblatt** 4 Blutkreislauf: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#); Abbildung dazu: [\[jpg\]](#) [\[pdf\]](#)

Einstieg: Die Schüler zeichnen in der Vorstunde in einen vorgegebenen Körperrumiss [\[jpg\]](#) das Kreislaufsystem grob ein, versehen die Skizze mit einem persönlichen Code und geben sie anonym bei der Lehrkraft ab. Meist treten dabei typische Fehler auf wie:

- Der Blutfluss wird nur vom Herzen weg eingezeichnet
- Der Blutfluss verläuft in der selben Ader in beide Richtungen.
- Arterien und Venen sind am Ende nicht miteinander verbunden.
- Bei farbiger Darstellung: Rot und blau sind vertauscht.

Aus typischen Schüler-Darstellungen wird eine Projektion zusammengestellt (anonym) und in der Folgestunde im Plenum diskutiert. Dabei soll betont werden, dass Fehler gemacht werden dürfen, aber als Chance genutzt werden sollten, um dazu zu lernen.

Alternativ werden der Klasse bewusst fehlerhaft angelegte Skizzen gezeigt und diskutiert, z. B.:

**Abbildungen:** Fehlerhafte Skizzen zum Blutkreislauf [\[jpg\]](#)

[Anregung aus einem Artikel in „Unterricht Biologie“ Heft 28 / 2003]

Zusätzlich beschriften die Schüler (am besten als Hausaufgabe) zur Wiederholung des Grundwissens aus der 5. Klasse eine vereinfachte Darstellung des Kreislaufsystems und färben die Skizze ein:

Aufgaben 2-4 und Aufgabe 7 auf dem **Aufgabenblatt** 4 Blutkreislauf: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

**Abbildung** aus dem Arbeitsblatt: Kreislaufschema mit Nummerierung [\[jpg\]](#)

Ergebnisse:

- Der Blutkreislauf des Menschen ist geschlossen (im Gegensatz zum offenen Blutkreislauf der Insekten, vgl. 9. Klasse).
- Der Blutkreislauf ist unterteilt in einen Lungen- und einen Körperabschnitt.
- Die Abfolge im Kreislauf ist: linke Herzhälfte > Körperarterien > Körperkapillaren > Körpervenen > rechte Herzhälfte > Lungenarterien > Lungenkapillaren > Lungenvenen > linke Herzhälfte ...

- Der Stoffaustausch findet an Kapillarnetzen statt (Gasaustausch in der Lunge und in allen Organen; Darm usw.).
- ggf. Ergänzungen von Fachbegriffen z. B.: die Aorta als der erste Abschnitt der Körperarterien, ggf. Arterienäste, Arteriolen, Venenäste, Venolen; ggf. der Begriff der Pfortader, die zwei Kapillarnetze miteinander verbindet (z. B. die Leberpfortader zwischen den Darmkapillaren und den Leberkapillaren).

Die Organe werden in recht unterschiedlichem Umfang mit Blut versorgt. Die folgenden Werte sind grobe Durchschnittswerte und beziehen sich auf den Körperkreislauf eines 75 kg schweren Erwachsenen. Bei drei Organen ist das Gewicht angegeben. Im Lungenkreislauf befindet sich immer die volle Menge an Blut. (Andere Zahlen in anderen Quellen.)

Gehirn	Herz	Verdauungsorgane	Nieren	Muskeln, Haut, Skelett
15 % <sup>1)</sup>	10 % <sup>1)</sup>	25 % <sup>2)</sup>	25 % <sup>3)</sup>	25 %
ca. 1400 g	ca. 600 g		2 x 150 g	

- <sup>1)</sup> Gehirn und Herz erhalten erheblich mehr Blut, als man nach ihrem Gewichtsanteil vermuten würde. Im Durchschnitt verbraucht das Gehirn 20 % des Blutzuckers, bei hoher geistiger Anstrengung bis zum Doppelten. Beim Herz ist die sehr hohe Durchblutung dadurch zu erklären, dass es beständig hohe Arbeit leistet.
- <sup>2)</sup> Die sehr hohe Menge an Blut ist dadurch begründet, dass dort die Bausteine der zerlegten Makronährstoffe, die Mikronährstoffe sowie Wasser ins Blut aufgenommen werden; die Versorgung des Darms allein würde diesen hohen Anteil nicht rechtfertigen.
- <sup>3)</sup> Die hohe Blutmenge ist darauf zurück zu führen, dass die Nieren das Blut in hohem Umfang ultrafiltrieren. Die gesamte Blutmenge läuft pro Tag 300 Mal durch die Nieren, das sind etwa 1500-1700 L Blut, wobei 150-170 L Primärharn entstehen, aus denen durch Wasser-Rückresorption 1-2 L Endharn entstehen, der abgegeben wird.

Anatomische Unterschiede zwischen Arterien und Venen:

Die Wände der Arterien sind dick und muskulös. Wenn sich die Arterien zusammenziehen, befördern sie weniger Blut, z. B. bei Kälte in den Arterien der Haut. Umgekehrt fließt mehr Blut durch die Arterien, wenn sie sich erweitern, z. B. bei Hitze (somit kann mehr Wärme aus dem Körperinneren an die Wärmetauschfläche der Haut transportiert werden).

Venen haben dagegen ziemlich dünne Wände, die leicht verformbar sind, sich aber nicht kontrahieren können.

*Im Gegensatz zur Unterstufe verlangt der LehrplanPLUS in der 10. Klasse keine Betrachtung historischer Denkmodelle. Wenn genügend Unterrichtszeit zur Verfügung steht und die Klasse entsprechendes Interesse hat, können die Hypothesen von Galen diskutiert werden:*

**Arbeitsblatt:** Galens historische Hypothesen zum Blutssystem [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

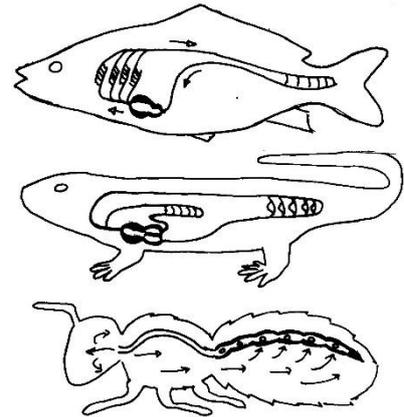
Vergleich von Kreislaufsystemen (fakultativ):

Wenn genügend Zeit ist (bzw. zur Förderung begabter und interessierter Schüler), können unterschiedliche Kreislaufsysteme miteinander verglichen werden:

Der geschlossene Kreislauf beim Fisch mit einfachem Herz (mit 1 Vor- und 1 Hauptkammer), durch das sauerstoffarmes Blut fließt.

Der geschlossene Kreislauf beim Amphibium, dessen Herz 2 Vorkammern, aber nur 1 Hauptkammer hat, in der sich Mischblut befindet.

Der offene Kreislauf beim Insekt, der dem Transport von Nährstoffen, aber nicht dem von Sauerstoff dient.



Link zur Abbildung: [\[jpg\]](#)

### 2.3.3.2 Das Herz

Bau und Funktion des Herzens waren bereits Thema in der 5. Klasse. Das Vorwissen zum Bau wird kurz wiederholt bzw. ergänzt, z. B.:

Aufgaben 5-6 auf dem **Aufgabenblatt** 4 Blutkreislauf: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Linke und rechte Vor- und Hauptkammer (auf der linken Seite der Abbildung ist die rechte Herzhälfte!); Herzscheidewand, Segel- und Taschenklappen.

Ggf. können ergänzt werden: obere und untere Hohlvene, Herzkranzgefäße.

**Untersuchung:** Die Schüler hören sich gegenseitig mit einem Stethoskop ab (z. B. an der Halsschlagader oder der Armbeuge).

Die Funktion des Herzens wird durch einen Film veranschaulicht. In der Mittelstufe werden die Vorgänge beim Herzzyklus genauer erarbeitet als in der Unterstufe – mit folgenden Aspekten:

- die Systole: Kontraktion des Herzens, bei der das Blut aus den Hauptkammern in die Arterien gepumpt wird; Ablauf in zwei Stufen: Vorkammer- und Hauptkammer-Kontraktion
- Entspannungsphase = die Diastole: Erschlaffen des Herzens, das durch elastische Fasern passiv dabei ausgedehnt wird, bei der Blut aus den letzten Venenabschnitten in die Vorkammern gesaugt wird. Die Diastole macht pro Tag 16 Stunden aus (zwei Drittel seiner Lebenszeit arbeitet das Herz nicht aktiv)
- Segelklappen: verhindern bei der Hauptkammer-Kontraktion den Rückfluss des Blutes in die Vorkammern \*
- Taschenklappen: verhindern in der Diastole den Rückfluss aus den ersten Arterien-Abschnitten in die Hauptkammern
- Herzscheidewand: verhindert die Vermischung von sauerstoffreichem und -armem Blut
- Herztöne: entstehen durch den Rückschlag des Blutes auf die geschlossenen Herzklappen
- Herzkranzgefäße: versorgen den Herzmuskel mit Blut (Sauerstoff, Nährstoffe; Entsorgung von Kohlenstoffdioxid usw.). *Fakultativ* kann auch die Steuerung und Koordination der Herztätigkeit durch elektrische Impulse angesprochen werden, aber der LehrplanPLUS verlangt dies nicht.

- Das Herz als Saug-Druck-Pumpe, die in der Diastole Blut ansaugt und in der Systole durch Druck weiter befördert (im Gegensatz z. B. zu einer Kreiselpumpe). Die Segel- und Taschenklappen wirken als Rückschlagventile.
  - \* Der Rückfluss des Blutes in die Venen bei der Vorkammer-Kontraktion wird durch Venenklappen verhindert, die den Taschenklappen ähneln. (Dies sollte nur auf Nachfrage erwähnt werden.)

Beispielsweise an dieser Stelle könnten sich die Schüler kritisch mit Begriffen wie „arterielles / venöses Blut“ bzw. „Körper- und Lungenkreislauf“ auseinander setzen.

Aufgabe 8 auf dem **Aufgabenblatt** 4 Blutkreislauf: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

### 2.3.3.3 Der Blutdruck

Wenn eine Flüssigkeit oder ein Gas durch eine Pumpe in eine Pipeline mit festen Wänden und gleichbleibendem Durchmesser gedrückt wird, so herrscht (idealerweise) überall in diesem Gefäß der gleiche Innendruck. Das ist im Blutkreislaufsystem anders, denn die Wände der Adern sind mehr oder weniger elastisch, sie verzweigen und vereinen sich und ihr Durchmesser weist enorme Unterschiede auf. Deshalb unterscheidet sich der Blutdruck an verschiedenen Stellen des Kreislaufs dramatisch. Dazu kommt, dass das Herz – im Gegensatz zu einer Kreiselpumpe – den Druck nicht kontinuierlich in gleichem Maß ausübt, sondern dass der Druck zwischen Systole und Diastole sehr stark schwankt.

Die Tabelle zeigt durchschnittliche Werte eines ruhenden Erwachsenen:

Abschnitt	linke Hauptkammer	Aorta	große Arterien	Arterienäste	Arteriolen	Kapillaren	Venolen	Venenäste	große Venen	Hohlvene
systolischer Druck in mm Hg	120	120	130	100	80	60-5	5	5	5	5
diastolischer Druck in mm Hg	0	80	70	70	65	60-5	5	5	5	5
Innendurchmesser eines einzelnen Gefäßes in cm	–	2,6	0,4	0,3-0,06	0,01	0,002	0,006	0,7-0,15	1,6	3,2
Gefäßquerschnittsfläche (Summe) in cm <sup>2</sup>	–	5,3	20	20	500	3500	2700	100	30	10

Aufgabe 9 auf dem **Aufgabenblatt** 4 Blutkreislauf: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Die Schüler beschreiben den Verlauf des systolischen Blutdrucks, erstellen eine Hypothese für den starken Druckabfall an den Kapillaren und erstellen ein Diagramm mit den angegebenen Druckwerten in mm Hg und kPa. Dadurch wird einerseits die Kompetenz Kommunikation geübt und andererseits ergeben sich daraus die Fragestellungen für den weiteren Unterricht.

#### **Untersuchung:**

An dieser Stelle bietet sich die praktische Messung des Blutdrucks mit einem mechanischen Messgerät in Partnerarbeit an. Am Oberarm wird die Blutdruckmanschette angelegt (das geht auch über der Kleidung, nur dicke Pullover müssten ausgezogen werden). An der Ellenbeuge (oder am Handgelenk) wird der Puls abgehört. Der Druck in der Manschette wird erhöht, bis

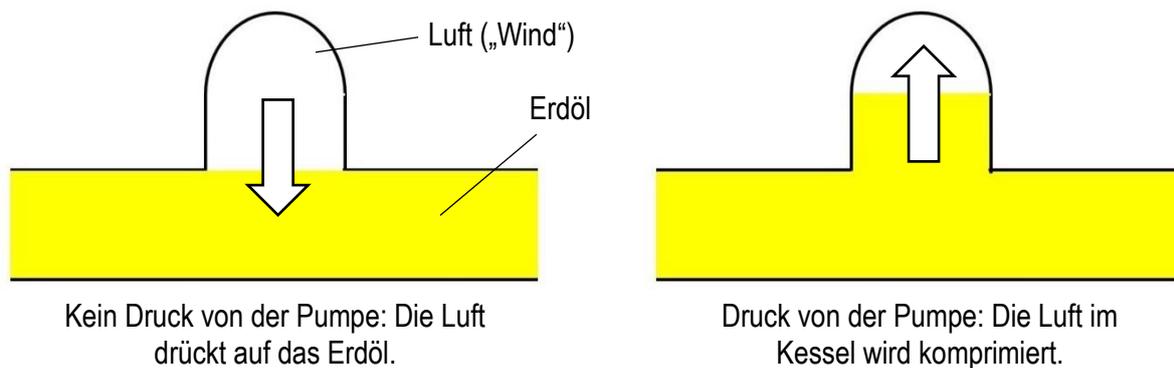
das Pulsgeräusch verschwindet. Dann wird der Druck langsam vermindert und der systolische Wert notiert, sobald der Pulsschlag hörbar wird. Sobald bei weiterer Druckentlastung das Geräusch verschwindet, wird der diastolische Wert notiert. Ggf. wird die Untersuchung nach körperlicher Anstrengung (z. B. 10 Kniebeugen) wiederholt bzw. durch ein automatisches Blutdruckgerät überprüft.

Als optimaler Blutdruck beim Erwachsenen gilt: 120/80 mm Hg (sprich: 120 zu 80), wobei der erste Wert der systolische und der zweite der diastolische ist.

**ALP** Blatt 07\_6\_V03: Blutdruck messen

#### Windkesselfunktion der Aorta (fakultativ):

Ein Windkessel ist eine technische Einrichtung, die Druckschwankungen in einem Rohrsystem ausgleicht, wie sie beispielsweise bei Gestänge-Tiefpumpen in der Erdölförderung auftreten. An einer Stelle erhält das Rohr einen Aufsatz (den „Kessel“), der Luft (alter Begriff: „Wind“) enthält. Bei niedrigem Druck hat die Luft ein größeres Volumen, bei hohem Druck steigt die Flüssigkeit (z. B. das Erdöl) in den Kessel und drückt die Luft zusammen. Wenn der Pumpendruck wieder auf Null sinkt, drückt die Luft im Kessel auf das Erdöl, so dass sein Druck höher ist als Null. Der Windkessel wirkt als Druckspeicher. Wenn ein völlig gleichmäßiger Flüssigkeitsstrom angestrebt wird, werden mehrere Windkessel hintereinander geschaltet.



Die Aorta zeigt den gleichen Effekt, aber mit etwas unterschiedlicher Mechanik: Sie enthält kein Gas, das sich komprimieren ließe, dafür ist ihre Wand elastisch. Während der Systole dehnt sich die Aortenwand aus, während der Diastole zieht sie sich passiv aufgrund ihrer Elastizität wieder zusammen und überträgt somit Druck auf das Blut. Dies erklärt den Anstieg des diastolischen Blutdrucks zwischen linker Hauptkammer und Aorta.

Einen **Modellversuch** mit Luftballon dazu finden Sie in Biologie 10 Gymnasium Bayern, C. C. Buchner, 2022, Seite 123.

#### Bluttransport in den Körpervenen:

**Problem:** Das Blut muss von den Füßen weit mehr als einen Meter entgegen der Schwerkraft bis zur rechten Vorkammer des Herzens befördert werden, obwohl der Blutdruck in den Venen mit etwa 5 mm Hg sehr klein ist.

**Lösungen:** Im Gegensatz zu Arterien besitzen Venen ziemlich dünne Wände, die verformbar sind, sich aber nicht kontrahieren können. Die Beinvenen verlaufen direkt neben den Beinarterien. Jeder Pulsstoß in den Arterien übt Druck auf die Beinvenen aus, ebenso jede Kontraktion der Beinmuskeln. Dieser Druck bewegt das Blut in den Venen. Damit es nicht zurück nach unten fließt, enthalten Venen in regelmäßigen Abständen Venenklappen, die ähnlich gebaut sind wie die Taschenklappen im Herzen. Mit jedem Puls wird das Blut in den Venen um eine Venenklappe weiter bewegt. Auch der große Durchmesser der großen Venen und Hohlvenen begünstigt den Blutfluss, weil dadurch der Wanddruck verringert wird.

Vertiefung: Verhältnisse bei Giraffen (fakultativ, ggf. zur Begabtenförderung)

Giraffen besitzen als Säugetiere prinzipiell das gleiche Kreislaufsystem wie der Mensch. Aber weil die Schwerkraft bei einem 6 m hohen Giraffenbullen noch ganz andere Dimensionen annimmt, gibt es bei Giraffen Besonderheiten:

- Der Blutdruck der herznahen Arterien ist mit 280 / 180 mm Hg mehr als doppelt so hoch wie beim Menschen (optimal: 120 / 80 mm Hg).
- Die Pulsfrequenz liegt ebenfalls höher mit 60-90 Schlägen pro Minute in Ruhe und bis zu 175 Schlägen pro Minute im Galopp.
- Bei aufrechter Haltung beträgt der systolische Blutdruck am Kopf, der bei einem großen Bullen 2,5 m über dem Herzen liegt, immer noch 75 mm Hg.
- In Bodennähe beträgt der Blutdruck in den Beinarterien aufgrund der Wirkung der Schwerkraft Werte bis 400 mm Hg. Deshalb sind dort die Arterien besonders dickwandig.
- Beim Trinken wird der Kopf bis zum Boden gesenkt und verändert dadurch seine Lage (bei einem großen Bullen) von 2,5 m über auf 3,5 m unter dem Herzen. Dadurch steigt der Blutdruck auf 400 mm Hg. Damit die Gehirnkapillaren beim Trinken nicht platzen, gelangt das Blut zunächst in ein druckstabiles Kapillarsystem, das Wundernetz genannt wird. In ihm wird der Druck des Blutes auf einen verträglichen Wert gesenkt, bevor es ins Gehirn gelangt.

**2.3.3.4 Herz-Präparation**

*Die Präparation eines Schweineherzens wird zwar vom LehrplanPLUS nicht konkret gefordert, aber die Durchführung naturwissenschaftlicher Untersuchungen ist obligater Lerninhalt im Lernbereich 1. Diese Präparation ist ein „Klassiker“ und wird von den meisten Schülern begeistert durchgeführt. Ab und zu gibt es welche, die kein Blut sehen können oder die zu große Scheu vor so einer Präparation haben. Sie bearbeiten Ersatzaufgaben (z. B. in Form von Arbeitsblättern) im selben Raum. Die Erfahrung zeigt, dass etliche von ihnen den anderen dann aber doch zuschauen und bisweilen sogar selbst mit anpacken.*

*Die Beschaffung der Herzen im Schlachthof oder beim Metzger bedeutet einen gewissen Aufwand; man sollte darum bitten, dass die notwendigen Schnitte des Veterinärmediziners (Untersuchung auf Trichinen) nicht allzu tief ausfallen und von den Adern möglichst Stücke dran bleiben. Herzen aus dem Supermarkt sind in der Regel ungeeignet. Eine Alternative sind Lämmerherzen, die ein wenig kleiner sind, aber keine Trichinen-Schnitte haben (türkische Metzgerei).*

*Die Untersuchung benötigt mindestens eine volle Unterrichtsstunde, viele Schüler wollen aber noch länger daran arbeiten. Deshalb sollte eine Stunde gewählt werden, nach der der Raum nicht besetzt ist und nach der die Schüler keine anderen Verpflichtungen haben.*

Die Schüler betrachten ein Schweineherz von außen, öffnen es nach und nach, identifizieren die Bauteile, erkunden die Herzkrankgefäße, indem sie Luft hineinspritzen, erkunden mit dem Glasstab die Venen und Arterien, erkunden die Funktion der Segel- und Taschenklappen.

**ALP** Blatt 06\_V06: Präparation Schweineherz

### 2.3.4 Gesundheitliche Aspekte des Herz-Kreislauf-Systems (3 h)

<b>Inhalte zu den Kompetenzen</b>	<b>Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...</b>
Gesundheitsvorsorge (Bewegung, Ernährung), Schädigungen (z. B. durch Rauchen) und Erkrankungen (z. B. Arteriosklerose, Herzinfarkt); Bedeutung von Erste-Hilfe-Maßnahmen, Blutspende, Organspende  Gesundheitsbewusstsein und Verantwortung (Lernbereich 1)	erklären die Bedeutung einer aktiven Gesundheitsvorsorge zur Vermeidung von Schädigungen und Erkrankungen der Lunge und des Herz-Kreislauf-Systems und erläutern medizinische Möglichkeiten ihrer Behandlung.  beurteilen die Folgen von Maßnahmen und Verhaltensweisen für die eigene Gesundheit und die Gesundheit anderer, um auch unter Einbezug gesellschaftlicher Perspektiven bewusste wertorientierte Entscheidungen für die Gesunderhaltung treffen zu können (Lernbereich 1)
<b>Vorwissen:</b> <b>Jgst. 5 Biologie</b> , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Atemgase, Blutkreislaufsystem) <b>Jgst. 10 Biologie</b> , Lernbereich 3.1.: Biomoleküle; Lernbereich 3.2.: Verdauung	<b>Weiterverwendung:</b> -

#### 2.3.4.1 Gesundheits-Vorsorge

Hierbei dürfte das Vorwissen der Schüler aus dem Biologie- oder Sportunterricht, aber auch aus dem Alltag so groß sein, dass entsprechende Empfehlungen aus Schülerbeiträgen erarbeitet werden können.

##### a) Bewegung:

Als Homo sapiens sich vor etwa 300.000 Jahren entwickelte, musste sich diese Art in der afrikanischen Savanne ihre Nahrung beschaffen. Dabei waren ständig große Wegstrecken zu bewältigen, um Früchte oder Wurzeln zu sammeln, Tierkadaver (möglichst vor den Konkurrenten) zu erreichen oder Tiere zu jagen. Vermutlich folgten die Menschen den Tierherden auf ihren Wanderungen. An diese Lebensweise voll ständiger Bewegung ist unser Körper angepasst. Heute sitzen wir zu viel und bewegen uns zu wenig („Sitzen ist das neue Rauchen“). Ausreichende Bewegung wirkt sich auf sämtliche Lebensbereiche positiv aus wie Stärkung des Herz-Kreislauf-Systems, Muskelbildung, neuromuskuläre Koordination, Verdauung, Psyche (Vermeidung von Disstress), Abwehrsystem usw.

Wie in vielen Lebensbereichen gelten auch hier die Regeln:

- Regelmäßige kleine Übungen nützen erheblich mehr als seltene umfangreiche.
- Zu wenig und zu viel ist des Narren Ziel.

##### b) Ernährung:

Weil die Ökotrophologie verhältnismäßig oft ihre Moden wechselt, sollte man an dieser Stelle die entsprechende Vorsicht walten lassen. Dauerhaft anerkannte Empfehlungen sind z. B.:

- Nur so viel essen, dass der laufende Energiebedarf gedeckt ist. (Ggf. mit sehr großer Einfühlbarkeit Übergewichtigkeit und Magersucht ansprechen.)
- Darauf achten, dass genügend Mikronährstoffe und Ballaststoffe aufgenommen werden (Obst, Gemüse). Bei rein veganer Ernährung prüfen, ob genügend Eisen-Ionen aufgenommen werden.
- Die Makronährstoffe in ausgewogenem Verhältnis zueinander zu sich nehmen.
- Auf essentielle Nahrungsbestandteile achten (v. a. wertvolle Öle wie z. B. Leinöl).
- Abwechslungsreich essen.

- Möglichst auf Fertigprodukte verzichten, weil diese oft Bestandteile enthalten, die überflüssig, wenig gesund oder zu sehr appetitanregend sind. Also: kochen lernen!
- Möglichst nicht nebenbei oder in Hetze essen, sondern sich dafür Zeit nehmen und bewusst essen.

**Projekt:** Kochkurs, ggf. von Schülern organisiert (z. B. Projekttage). Auch Lieblingsgerichte wie Pommes frites, Pizza oder Burger kann jeder selbst herstellen, auch vegan.

#### c) **Gesundheitscheck:**

Ein Gesundheitscheck beim Hausarzt kann unerkannte Risiken aufdecken (Früherkennung) und dient somit der Vorbeugung (Prävention). Die Krankenkassen bezahlen den Check ein Mal für junge Menschen zwischen 18 und 34 Jahren und ab 35 Lebensjahren im dreijährigen Rhythmus. (Noch sind die Schüler zu jung dafür, aber der Gedanke sollte bereits jetzt implantiert werden.)

### 2.3.4.2 **Schädigungen und Erkrankungen**

Etwa ein Drittel der Todesfälle in Deutschland ist auf Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems zurückzuführen. Dies ist somit die häufigste Todesursache.

#### a) **Schädigungen durch Rauchen:**

- **Nikotin:** Die Tabakpflanze produziert dieses Nervengift als Schutz gegen den Fraß durch Insekten. Beim Rauchen gelangt Nikotin in die Lunge und tritt dort ins Blut über. Es führt zur Verengung von Adern, wirkt auf das Gehirn andererseits aber anregend. Suchtpotential!
- **Teer:** Er entsteht erst bei der unvollständigen Verbrennung des Tabaks und gelangt in die Lunge, wo er sich auf der Innenseite der Lungenbläschen ablagert und dort den Gasaustausch behindert. Dies führt in schweren Fällen zur Verminderung der Leistungsfähigkeit. Langfristig begünstigt der Teer die Entstehung von Lungenkrebs oder Kehlkopfkrebs.
- **Kohlenstoffmonoxid:** Es entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von Tabak und konkurriert mit dem Sauerstoff um die Bindung an Hämoglobin.
- **Weitere gesundheitsschädliche Substanzen im Rauch:** Arsenverbindungen, Formaldehyd (Methanal), Stickstoffoxide usw.

Wie wenig der Filter einer Zigarette an Teer zurückhält, demonstriert ein Versuch, bei dem der Rauch einer brennenden Filterzigarette durch Watte (oder Kochsalz) in einem Glasrohr geleitet wird. **ALP** Blatt 07\_7\_V09: Teer im Zigarettenrauch

#### b) **Arteriosklerose** (umgangssprachlich: Arterienverkalkung):

Auf den Innenwänden von Arterien entstehen fleckenhafte Ablagerungen (sogenannte Plaques) aus Fett (Cholesterin) und Blutplättchen. Dies führt zu einer chronischen Entzündung der Arterienwände. Folgen:

- Verengung des Aderdurchmessers durch das Plaque und dadurch Verringerung des Blutdurchflusses, was letztlich zu einer Unterversorgung der nachfolgenden Organe führen kann
- Verstopfung einer Ader durch einen Pfropfen (Thrombus): Ein Plaque kann so stark anwachsen, dass die Ader völlig verstopft. Ein Plaque kann sich aber auch losreißen, mit dem Blut fortgeschwemmt werden, an einer Engstelle hängen bleiben und dort die Ader verstopfen. Je nach dem Organ, in dem das passiert, haben die nachfolgenden Ausfallerkrankungen unterschiedliche Bezeichnungen: Herzinfarkt, Schlaganfall (Gehirn) oder Lungenembolie. Dies kann zu dauerhaften Schädigungen bis zum Tod führen.

Risikofaktoren für die Entstehung von Arteriosklerose: erhöhter Cholesterin-Spiegel, Bluthochdruck, Zuckerkrankheit (Diabetes mellitus), Nikotin

**c) Bluthochdruck** (Hypertonie):

Bluthochdruck liegt beim erwachsenen Menschen vor, wenn in Ruhe der systolische Blutdruck über 140 mm Hg liegt bzw. der diastolische über 90 mm Hg. Die Folgen:

- erhöhtes Risiko für Arteriosklerose
- erhöhtes Risiko für eine Schädigung des Herzmuskels (wegen dauerhafter Überanstrengung)
- erhöhtes Risiko für eine Schädigung der Niere (weil der Druck in den Nierenkapillaren dauerhaft zu hoch ist)

### 2.3.4.3 Erste-Hilfe-Maßnahmen

**Aktion:**

Ein Teil der Zehntklässler denkt schon daran, bald den Führerschein zu machen, und benötigt dafür einen Erste-Hilfe-Kurs. Unabhängig davon sollten alle wissen, was in einem Notfall zu tun ist, denn zur Ersthilfe ist jeder Bürger gesetzlich verpflichtet. Es hat sich bewährt, angegliedert an den Biologie-Unterricht (aber außerhalb der Unterrichtszeit) mit allen 10. Klassen Erste-Hilfe-Kurse durchzuführen. Im besten Fall gibt es an der Schule eine Biologie-Lehrkraft, die dafür eine Ausbildung besitzt (und auch Lehrkräfte dazu einlädt).

Durch Erste-Hilfe-Maßnahmen wird ein Patient versorgt, bis der Rettungsdienst angekommen ist und übernimmt. Dies kann Leben retten bzw. schwere Dauerschäden vermeiden.

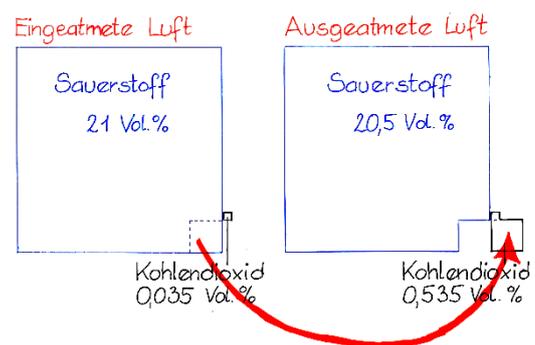
Die Schüler sollten in jedem Fall über die Rettungskette Bescheid wissen, also die Abfolge der Tätigkeiten im Notfall: Absicherung und Eigenschutz > Notruf 112 (6 W-Fragen) > Erste Hilfe-Leistungen wie Überprüfung, ob die verunfallte Person bei Bewusstsein ist und atmet; ggf. stabile Seitenlage (neue Version!), ggf. Herzdruckmassage und Mund-zu-Nase-Beatmung.

Wesentlich ist:

- Selbstschutz geht vor Fremdschutz.
- Wer Erste Hilfe leistet, haftet nicht für Fehler, die dabei unterlaufen.

**Veranschaulichung zur Mund-zu-Nase-Beatmung:**

Bei einem leichten Atemzug werden beispielsweise 0,5 % der Atemluft in Form von Sauerstoff ins Blut aufgenommen und die selbe Menge an Kohlenstoffdioxid an die Ausatemluft abgegeben. Die Grafik veranschaulicht, dass sich dabei der Gehalt an Kohlenstoffdioxid extrem verändert, während der Gehalt an Sauerstoff weitgehend gleich bleibt. Deshalb ist diese Beatmungsmethode überhaupt möglich.



Link zur Abbildung: [\[jpg\]](#)

### 2.3.4.4 Blutspende

Starker Blutverlust kann zum Tod führen. Eine Gabe von Fremdblut kann dies verhindern. In Deutschland sind 18- bis 68-Jährige zum Blutspenden berechtigt. Nach einer medizinischen Untersuchung werden der spendenden Person 500 mL Blut oder Blutplasma abgenommen. Wenn Vollblut abgenommen wird, dauert es bis zu zwei Monate, bis der Verlust an Eisen-Ionen

(in den Roten Blutzellen) wieder ausgeglichen ist; bei der Plasmaspende tritt dieser Aspekt nicht auf.

### 2.3.4.5 Organspende

Zum Einstieg sollte ein Fallbeispiel für eine Organtransplantation im Film vorgestellt werden, ggf. ein Film, der das Thema weiter gefasst vorstellt.

Laut dem Transplantationsgesetz von 1997 kann jeder deutsche Bürger ab 16 Jahren (das ist das Alter der Zehntklässler) seine Bereitschaft zur Organspende durch einen ausgefüllten und mitgeführten Organspende-Ausweise erklären. In Deutschland gilt also die aktive Zustimmung, während in anderen Ländern wie Österreich die Widerspruchs-Regel gilt, d. h. dass grundsätzlich jeder Bürger potentieller Organspender ist, es sei denn, er widerspricht aktiv.

- Lebendspende: Dem lebenden Spender wird ein Organ oder ein Teil davon entnommen, z. B. eine Niere oder ein Teil der Leber.
- Spende nach dem Tod: Dafür muss nach sehr strengen Kriterien der Hirntod festgestellt werden. Entnommene Organe müssen dann sehr schnell transplantiert werden (die Basislebensfunktionen der verstorbenen Person werden bis kurz vor der Transplantation künstlich mit Maschinen aufrecht erhalten, damit das Spenderorgan mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt bleibt).

Damit das Abwehrsystem des Empfängers das Fremdorgan nicht abstößt, sollten Spender und Empfänger die selben Antigen-Merkmale (u. a. Blutgruppen) besitzen. Andersfalls muss beim Empfänger das Immunsystem unterdrückt werden, was ihn anfällig für Infektionskrankheiten macht. Sogenannte Organbanken koordinieren die Verteilung von Spenderorganen.

Jedes Mitglied der Klasse sollte einen Blanko-Spenderausweis erhalten, um zu sehen, wie der aussieht und welche Entscheidungen getroffen werden sollen, aber auch, um sich zu überlegen, ob er nicht ausgefüllt werden sollte. (Auf keinen Fall irgendwie Druck ausüben!)

In Deutschland ist die Nachfrage nach Spenderorganen größer als das „Angebot“.

Aufgabe 10 auf dem **Aufgabenblatt** 4 Blutkreislauf: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Die Schüler sammeln Argumente für und gegen die Widerspruchs- bzw. Zustimmungs-Regel bzw. stellen Argumente für und gegen die Bereitschaft zum Organspenden gegenüber.