

# Download

Dirk Krämer

## Atmung und Blutkreislauf

Für Fächerverbund Physik, Chemie, Biologie

Downloadauszug  
aus dem Originaltitel:

 **netzwerk  
lernen** Auer



[zur Vollversion](#)

# Atmung und Blutkreislauf

Für Fächerverbund Physik, Chemie,  
Biologie

VORSCHAU

Dieser Download ist ein Auszug aus dem Originaltitel  
Naturwissenschaften integriert: Der menschliche Körper  
Über diesen Link gelangen Sie zur entsprechenden Produktseite im Web.

<http://www.auer-verlag.de/go/dl6671>

## 2. Fächerübergreifendes, aktives Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht – ein Plädoyer

### Warum Naturwissenschaften fächerübergreifend unterrichten?

Der naturwissenschaftliche Unterricht in der Schule hat sich verändert, die Fächer Biologie, Physik und Chemie rücken näher zusammen, vernetztes Wissen wird gefordert. Das macht besonders in den ersten naturwissenschaftlichen Lernjahren Sinn, da die Schüler die Welt noch nicht in den Schubladen der Fachwissenschaften denken. Der fächerübergreifende Zugang zu naturwissenschaftlichen Themen, sei es nun im Rahmen eines integrierten Faches Naturwissenschaften oder durch Kooperation der einzelnen Fächer und entsprechend abgestimmter Gestaltung des Schulcurriculums, entspricht der natürlichen Fragehaltung und Weltsicht der Schüler. Kaum ein Schüler wird sich beim Thema „Winterschlaf der Tiere“ zur Frage nach den Möglichkeiten, Temperaturen zu messen, mit der Antwort zufrieden geben: „Das gehört zur Physik und kommt erst nächstes Jahr dran. Frag dann noch mal!“

Die aus der universitären Lehre tradierte Spezialisierung und Kategorisierung ist im Anfangsunterricht nicht nur überflüssig, sondern geradezu hinderlich. Besonders in den ersten Jahren kommt neben der Vermittlung von Basiswissen der Erzeugung einer gewissen Faszination für die Phänomene der Naturwissenschaft, ein ‚Neugierig-Machen‘ auf mehr, eine bedeutende Rolle zu. Die Naturwissenschaften sollen nicht als trocken, langweilig und gar schwierig empfunden werden, sondern als faszinierendes, den Geist anregendes ‚Welträtsel‘.

Folgende Vorteile des fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Unterrichts können differenziert werden:

- Naturphänomene sind im Allgemeinen komplex und in bestimmte Rahmenkontexte eingebettet, die selten in die Schublade eineszelfachs passen. Die natürliche Neugier der Lernenden stoppt nicht an den Fächergrenzen. Ein Abblocken des sich entwickelnden Interesses an bestimmten Sachfragen wirkt sich kontraproduktiv auf die Motivation der Schüler aus.
- Schlüsselprobleme der Menschheit, wie globale Erwärmung, Ressourcenknappheit oder Überbevölkerung, sind nur als fächerübergreifende Themen vermittelbar, wie auch deren mögliche Lösungen interdisziplinäre Forschungen erfordern. Gerade die häufig in Schulen praktizierte Praxis, in nahezu jedem Fach an geeigneter Stelle auf einen Teilaspekt dieser Probleme einzugehen, führt bei den Schülern schnell zu einer gewissen Desensibilisierung. Nur eine fächerübergreifende, konzertierte Bearbeitung wird der Bedeutung dieser Themenkomplexe gerecht. Es werden andere überfachliche Schlüsselqualifikationen wie Reflexionsfähigkeit oder Nachhaltigkeitskompetenz gezielt gefördert.
- Interdisziplinarität und das flexible Springen zwischen den Vorstellungen, Methoden und Anwendungen verschiedenster Forschungsrichtungen wird heute von vielen Berufsanfängern eingefordert und sollte daher schon früh praktiziert werden.
- Mädchenförderung in den Naturwissenschaften stellt sich oft als schwierig heraus. Gerade die Herauslösung von Einzelheiten aus dem Kontext, sodass der Bezug zu realen Phänomenen und Alltagsbezügen verloren geht, wie es besonders im Physikunterricht oft der Fall ist, führt speziell bei Mädchen schnell zu einer Ablehnung des ganzen Fachs. Der vernetzte Unterricht bietet hier die Chance, auch die weiblichen Schüler im vermehrten Maße anzusprechen.

### Welche Vorteile bietet die Selbsttätigkeit der Schüler?

Die Eigentätigkeit im Unterricht fördert den Lernprozess der Schüler auf vielfältige Weise.

- ➔ So ist es in der Pädagogik seit Langem bekannt, dass Lernstoffe, die nicht bloß rezipiert, sondern eigenaktiv umgesetzt wurden, wesentlich länger im Gedächtnis haften. Das Gelernte bleibt nicht abstrakt, sondern wird durch die Einbeziehung verschiedener Lernwege (visuell, haptisch, akustisch usw.) konkret, was zu einer stärkeren und vielschichtigeren Vernetzung des neuen Stoffs mit Altbekanntem führt.
- ➔ Dazu kommt der reine Zeitfaktor: Durch die eigene, aktive Untersuchung befassen sich die Schüler länger und intensiver mit dem Lernstoff, was wiederum der Nachhaltigkeit des Lernerfolgs dient.
- ➔ Ein auf diese Weise handlungsorientiert aufgebauter Unterricht mit vielen praktischen Aufgaben fördert zudem das vernetzte Denken in den verschiedenen Kontexten der einzelnen Natur- und auch Geisteswissenschaften, sowie die Notwendigkeit, zwischen diesen Kontexten zu wechseln und neue Verbindungen zwischen ihnen herzustellen. Gerade diese Fähigkeit ist für echtes problemlösendes Denken eine wichtige Voraussetzung.
- ➔ Ein weiterer bedeutender Vorteil dieser Form des Lernens ist die Förderung der Selbstverantwortung für den Lernprozess. Durch die Übertragung von Verantwortung wird den Schülern zugleich auch Vertrauen entgegengebracht. Diese Wertschätzung fällt den Schülern positiv auf.
- ➔ Die Rolle des Lehrers ändert sich in diesen Phasen des Unterrichts weg von einer Zentralfigur, die den Takt des Lernens angibt, hin zu einem Lernbegleiter, dessen Aufgabe die individuelle Betreuung einzelner oder kleiner Gruppen auf ihrem eigenen Lernweg ist. Das kann, nachdem sich die Schüler an eine solche Form des Lernens gewöhnt haben, eine Entlastung für den Lehrer bedeuten.
- ➔ Nicht zuletzt ist das selbsttätige Arbeiten ideal für Gruppen- und Partnerarbeit. Die in diesen Arbeitsformen eingeforderte überfachliche Kooperationskompetenz, die Rücksichtnahme, Verantwortung, Arbeitsteilung und Kommunikationsfähigkeit einschließt, kann gezielt über einen längeren Zeitraum trainiert werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die Selbsttätigkeit der Schüler viele der für einen modernen, schülerorientierten Unterricht geforderten Eigenschaften beinhaltet. Die auf diese Weise erzeugte intrinsische Motivation der Schüler fördert ein konstruktives Lernklima, welches für Lehrende und Lernende äußerst angenehm und anregend ist.

## 3. Allgemeine Hinweise zur Benutzung dieser Materialsammlung

### Zum Aufbau des Buches

Die Materialien sind vier Themenbereichen zugeordnet:

- Ernährung und Verdauung
- Bewegungssystem
- Atmung und Blutkreislauf
- Sinnesorgane

Zu jeder Gruppe gibt es am Anfang eine kurze didaktische Einführung, die die Schwerpunkte der jeweiligen Materialien kommentiert, sowie eine mögliche Einordnung für den Einsatz in einer entsprechenden Unterrichtsreihe. In dieser Sammlung werden nur die Materialien angeboten, die sich zur selbstständigen Erarbeitung durch die Schüler eignen, da alle anderen in einer solchen Unterrichtsreihe benötigten Materialien in den vorhandenen Lehrbüchern zu Genüge zu finden sind. Eine Lernlandkarte visualisiert jeweils die Verzahnung der Themen und Begriffe und kann helfen, eigene fächerübergreifende Planungen zu realisieren.

Danach werden die einzelnen Materialien in verkleinerter, schwarz-weißer Form abgebildet sowie jeweils spezifische Hinweise und Tipps zu ihrer Verwendung und Herstellung gegeben. Die Materialien in Farbe liegen zum Ausdruck auf der CD-Rom vor. Auch mögliche Erweiterungen und Verknüpfungen mit anderen Themen werden vorgestellt.

Die Beschreibungen der Aufgaben für die Schüler sind immer mit einem grünen Rand versehen. Am besten laminieren Sie die farbigen Bögen, um ihre Haltbarkeit zu erhöhen. Es ist nicht notwendig, dass alle Schüler eine Kopie der Anleitung besitzen, da es sich nicht um Arbeitsblätter handelt, in die etwas eingetragen werden muss.

Die übrigen Materialien, die zur Durchführung der einzelnen Versuche notwendig sind, sind jeweils auf jedem Bogen genau aufgelistet und können der Klasse z.B. in einer Holzbox oder einem stabilen Karton zur Verfügung gestellt werden. Die nötigen Gegenstände sind entweder preiswert zu besorgen oder man findet sie im Haushalt oder in den naturwissenschaftlichen Sammlungen der Schule. Zum Teil müssen vorher auch einfache Kartonvorlagen von der CD-Rom ausgedruckt und zusammengeklebt werden. Auch hier ist eine Laminierung sinnvoll. Vor Beginn der Versuche sollten sich die Schüler anhand der Liste von der Vollständigkeit der Materialien überzeugen.

### Methodenkarten

Der Sammlung vorangestellt befinden sich die sogenannten Methodenkarten, auf die in den Anleitungen verschiedentlich Bezug genommen wird. Bei ihnen handelt es sich um eine kurze Memorierhilfe, auf der die Schüler bestimmte, immer wieder vorkommende fachspezifische Methoden nachlesen können, um sie im Zuge ihrer Bearbeitungen durchführen zu können.

Es liegen Methodenkarten zu folgenden Themen vor:

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| ➤ Prinzipskizze      | ➤ Säulendiagramm |
| ➤ Diagramme zeichnen | ➤ Mittelwerte    |
| ➤ Diagramme lesen    | ➤ Vortrag        |
| ➤ Tabellen           | ➤ Prozente       |
| ➤ Versuchsprotokoll  |                  |

Natürlich können diese Fertigkeiten nicht über diese knappen Anleitungen erlernt werden. Die Anwendung der Karten setzt voraus, dass die entsprechenden Methoden bereits im Klassenverband eingeführt wurden. Sind die Schüler anschließend bei der Umsetzung unsicher, so braucht der Lehrer nur auf die entsprechende Karte zu verweisen und übergibt so die Verantwortung für das Lernen zurück in die Hände des Schülers. Zweckmäßiger Weise befinden sich die Karten in laminierte Form gesammelt an einem für die Schüler frei zugänglichen Platz im Klassenraum. Dabei reichen im Allgemeinen zwei Ausführungen der Karten, die nach der Benutzung zurückgebracht werden müssen.

Auf die Karte 8 „Wie bereite ich einen Vortrag vor?“ wird in den Arbeitsaufgaben nicht Bezug genommen. Trotzdem ist sie der Vollständigkeit halber mit aufgenommen worden, da auch die kurze mündliche Präsentation von vorher erarbeiteten oder recherchierten naturwissenschaftlichen Sachverhalten vor der Klasse zum unumgänglichen Repertoire der Schüler gehört.

#### Wie gelingt eine Binnendifferenzierung?

Eine Individualisierung der Lernwege und damit verbunden eine Binnendifferenzierung, die dem jeweiligen Leistungsprofil des Schülers angemessen ist, aber trotzdem jedem Schüler ein Mindestmaß an Wissen vermittelt, ergibt sich im Rahmen der selbsttätigen Bearbeitung dieser Materialien auf dreifache Weise:

- ➔ Zunächst einmal sorgen die häufig zum Einsatz kommenden Sozialformen der Partner- und Gruppenarbeit für ein Mitlernen der schwächeren Schüler, während die höher Begabten meist die Führung der Gruppe oder des Teams übernehmen. Gerade die enge Zusammenarbeit auf Augenhöhe im schülertypischen Sprachlevel sichert den schwächeren Schülern ihren Lernerfolg. Auch für die stärker Begabten ist diese Zusammenarbeit lohnend. Zum einen werden sie gezwungen, ihre Erkenntnisse für ihre Kameraden zu verbalisieren und Schlüsse nochmals zu durchdenken, zum anderen werden soziale Kompetenzen wie Rücksichtnahme und gegenseitige Wertschätzung eingeübt.
- ➔ Eine zweite Differenzierung ergibt sich bei der Auswahl der Aufgaben auf den Vorlagen. Häufig ist zu den Basisaufgaben am Schluss eine Extraaufgabe, die mit folgendem Symbol gekennzeichnet ist, ergänzt worden, deren Beantwortung einen größeren Wissensschatz, einen Transfer des erarbeiteten Wissens auf neue Zusammenhänge oder eine zusätzliche Recherche von Nöten machen. Diese Aufgaben sollen den Forscherdrang der höher begabten Schüler wecken und sie neugierig machen auf erweiterte, selbstständige Studien. Aber auch die übrigen Teilnehmer der Gruppe profitieren von diesen weiterführenden Aufgaben, wenn sie im Rahmen echter Teamarbeit gelöst werden.
- ➔ Als dritte Komponente ist die Materialenauswahl selbst zu nennen. Während einige Vorlagen, wie „Wie funktioniert die Lunge?“ allgemeines Grundwissen thematisieren, gibt es zum selben Themenkomplex andere Materialien wie „Die Luft, die wir atmen“ oder „Der LEGO-Molekül-Baukasten“, die über den curricularen Lernstoff hinausgehen, Verbindungen und fruchtbare Querverweise zu weiteren Phänomenen und Gebieten schaffen und dadurch geeignet sind, interessierte und begabte Schüler zusätzlich zu fördern.



#### Freiarbeit

Eine mögliche Form der Arbeit mit den vorgestellten Materialien, die gerade die im letzten Punkt angesprochene Differenzierung berücksichtigt, ist eine Freiarbeitsphase. Die Schüler bekommen ein Pensum der zu bearbeitenden Themen an die Hand, welches sie in einem vorgegebenen Zeitrahmen, etwa 2 Wochen, zu bewältigen haben. Dabei steht es ihnen frei, die Reihenfolge und die Lernpartner zu wählen. Das Pensum enthält nebeneinander Aufträge aus dem Lehrbuch, Rechercheaufgaben und die Schülerexperimente aus dieser Sammlung. Durch Markierung werden solche Aufgaben kenntlich gemacht, die alle Schüler obligatorisch bearbeiten müssen. Dies dient der Sicherung des jeweilig angestrebten Lernziels. Darüber hinaus finden die Schüler etliche Materiali-

### 3. Allgemeine Hinweise zur Benutzung dieser Materialsammlung

en und Aufgaben auf dem Pensenblatt, die nach persönlicher Neigung und Interesse selbstständig bewältigt werden können. Alle Arbeitsergebnisse werden verschriftlicht und in individuellen Mappen gesammelt, was neben der Beobachtung während der Erarbeitungsphase zur Benotung herangezogen werden kann.

Ein Vorteil dieser Verwendung der Materialsammlung ist, dass jedes Experiment oder Material nur einmal oder höchstens doppelt im Klassenraum vorhanden sein muss, da nicht alle Schüler synchron an der gleichen Aufgabe arbeiten. Natürlich erfordert diese Form mehr Planungskompetenz und Selbstständigkeit seitens der Schüler, was aber ein implizites Lernziel an sich darstellt.

Bitte beachten Sie: Die unterschiedlichen beschriebenen Sozialformen und vor allem die Freiarbeit, funktionieren nicht von heute auf morgen perfekt. Man muss sie einüben, immer wieder Stunden gleich oder ähnlich aufbauen, sodass sich die Schüler an den entsprechenden Ablauf gewöhnen können.

Im Rahmen der Entwicklung und Erprobung der in dieser Sammlung vorgestellten Materialien wurde den Schülern stets das hier beschriebene Freiarbeitsangebot gemacht, was auf großes positives Echo der Schüler und auch der Eltern stieß.

Muster zur Ansicht



## Methodenkarte 1

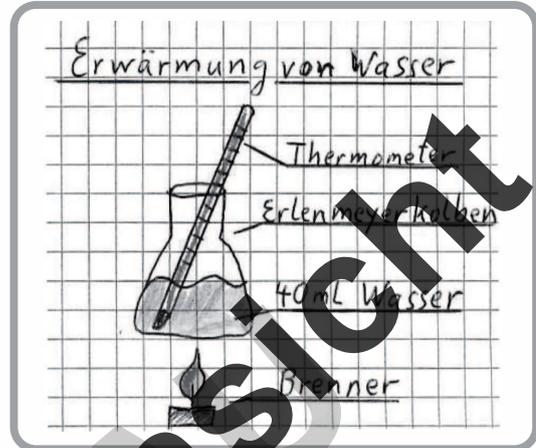
## Was gehört in eine Prinzipskizze?

Eine Prinzipskizze illustriert den Aufbau und die Durchführung eines Experiments.

**Beachte:**

- ➔ Zeichne nur das Wichtigste.
- ➔ Stelle die Geräte vereinfacht dar.
- ➔ Verwende Symbole, z. B. Pfeile.
- ➔ Verdeutliche durch Farben.
- ➔ Beschrifte sinnvoll.
- ➔ Vergiss nicht die Überschrift.

## Beispiel:



## Methodenkarte 2

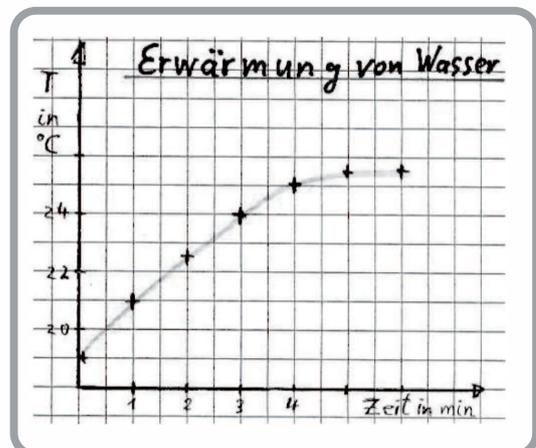
## Diagramme zeichnen

Diagramme veranschaulichen den Verlauf von Veränderungen, z. B. von Daten in einer Tabelle.

**Beachte:**

- ➔ Zeichne mit Blei- oder Buntstift.
- ➔ Verwende Lineal und Kästchenpapier.
- ➔ Stelle die Achsen als Pfeile nach rechts und oben dar.
- ➔ Welche Werte kommen vor?
- ➔ Welche Werte kommen auf die Achse nach oben, welche nach rechts?
- ➔ Wie viel cm Platz brauchst du?
- ➔ Beschrifte die Achsen: „Was?“
- ➔ Unterteile die Achsen: „Wie viel?“
- ➔ Zeichne die Punkte als Kreuze (+).
- ➔ Finde die richtige Stelle:  
Erst rechts, dann hoch.
- ➔ Verbinde die Punkte eventuell mit einer Linie.
- ➔ Trage weitere Messungen mit einer anderen Farbe ein.
- ➔ Vergiss nicht Überschrift.

## Beispiel:



## Diagramme lesen

Mithilfe von Diagrammen kannst du Details erfahren, die man aus einer Tabelle nur schwer ersehen kann. Zum Beispiel kannst du Daten ermitteln, die du gar nicht gemessen hast. Hier einige Möglichkeiten anhand eines Beispiels:

### 1. Wie hoch war die Temperatur nach 2,5 min?

- ➔ Suche auf der Zeit-Achse zwei und eine halbe Minute.
- ➔ Gehe senkrecht nach oben, bis du auf die Linie triffst.
- ➔ Gehe nun waagrecht nach links bis zur Temperatur-Achse.
- ➔ Lies dort die Temperatur (etwa  $23^{\circ}\text{C}$ ) ab.

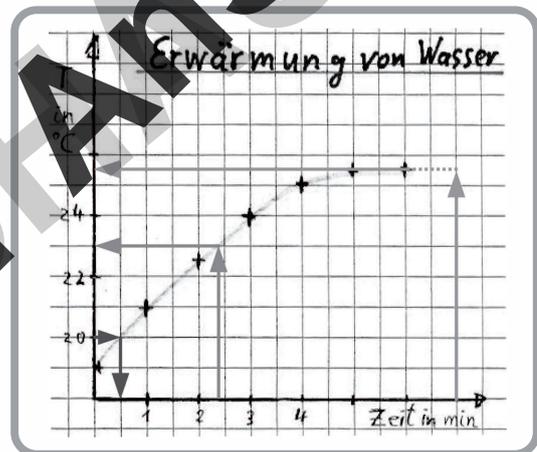
### 2. Wann war es genau $20^{\circ}\text{C}$ warm?

- ➔ Suche auf der T-Achse die  $20^{\circ}$  und gehe nach rechts.
- ➔ Gehe an der Linie nach unten bis zur Zeit-Achse.
- ➔ Lies die Zeit (etwa eine halbe Minute) ab.

### 3. Wie warm wird es nach 7 min sein?

- ➔ Suche auf der Zeit-Achse 7 min und gehe nach oben.
- ➔ Verlängere die blaue Linie in ihrer letzten Richtung.
- ➔ Gehe vom Schnittpunkt nach links zur T-Achse.
- ➔ Lies dort ab, dass die Temperatur vermutlich nicht über  $25,5^{\circ}\text{C}$  steigt.

Beispiel:



Muster zur Ansicht

## Methodenkarte 4

**Wie lege ich eine Tabelle an?**

Eine Tabelle ist eine gute Möglichkeit, Messergebnisse übersichtlich aufzuschreiben.

**Beachte:**

- ➔ Welche Größen sollen gemessen werden?
- ➔ Wie oft willst du messen?
- ➔ Benutze ein Lineal für die Linien.
- ➔ Die Größe, die du vorgibst (z. B. Zeit), kommt in die 1. Zeile.
- ➔ Die Größe, die du abliest, kommt in die 2. Zeile.
- ➔ Wird der Versuch wiederholt, kommen Zeilen hinzu.
- ➔ In der 1. Spalte stehen die Messgrößen (Was?/Einheit).
- ➔ Benutze Abkürzungen (z. B. T für Temperatur).
- ➔ In den Spalten steht nur die Zahl, nicht die Einheit.
- ➔ Wähle eine erklärende Überschrift.

Beispiel:

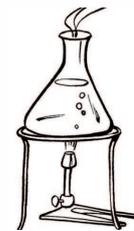
Messwerttabelle  
Erwärmung von Wasser

Zeit in Min.	1	2	3	4	5
T, °C	21	22,5	24	25	25,5

## Methodenkarte 5

**Was ist ein Versuchsprotokoll?**

Ein Versuchsprotokoll beschreibt knapp das Ziel, den Aufbau, die Durchführung und das Ergebnis eines Experiments.

**Gehe folgendermaßen vor:**

- ➔ Wähle eine exakte **Überschrift**, z. B. „Messung der Wassererwärmung mit der Zeit“.
- ➔ Verdeutliche den Versuchsaufbau durch eine beschriftete **Prinzipiskizze** (Karte 1).
- ➔ Beschreibe kurz die **Durchführung** des Experiments: Was hast du getan?
- ➔ Wenn du nur etwas anschauen solltest: Schreibe deine **Beobachtungen** sorgfältig auf.
- ➔ Wenn du etwas gemessen hast, schreibe die Werte auf, z.B. in einer **Tabelle** (Karte 4).
- ➔ Wird der Versuch mehrfach wiederholt, bilde den Mittelwert der **Messungen** (Karte 7).
- ➔ Zur Veranschaulichung kannst du die Messergebnisse in ein **Diagramm** einzeichnen (Karte 2).
- ➔ Fragen zur **Auswertung** musst du mit ganzen Sätzen beantworten.
- ➔ Manchmal kannst du einen **allgemeinen Zusammenhang** vermuten. Schreibe ihn auf.

## Säulendiagramme zeichnen

Säulendiagramme zeigen auf einen Blick die Zusammensetzung von Dingen und die jeweiligen Mengen.

### Beachte:

- ➔ Zeichne mit Blei- oder Buntstift.
- ➔ Verwenden Lineal und Kästchenpapier.
- ➔ Auf die Achse nach rechts kommen die Merkmale.
- ➔ Auf die Achse nach oben zeichnest du die Menge.
- ➔ Gib die Menge in Prozent (%) oder absolut an.
- ➔ Wähle einen günstigen Maßstab, z. B. 1cm = 10 %.
- ➔ Wie viel cm Platz brauchst du?
- ➔ Die Summe aller Säulen ergibt 100 %.
- ➔ Beschrifte dein Diagramm sorgfältig.
- ➔ Vergiss nicht die Überschrift.
- ➔ Unterteile die Hochachse: „Wie viel?“.
- ➔ Verdeutliche mit Farben und zeichne eventuell eine Legende ein.

Beispiel:



## Mittelwerte berechnen

Mittelwerte von Messdaten zeigen viel genauer den wahren Wert als die ungenau gemessenen Einzeldaten.

Hat man einen Wert z. B. vier Mal gemessen, so addiert man alle Messungen und teilt die Summe durch die Anzahl der Messungen, also 4.

Das Ergebnis heißt Mittelwert und wird mit  $\bar{x}$  abgekürzt:  $\bar{x} = \frac{a + b + c + d}{4}$

Beispiel:

Die Größe von Kai wurde vier Mal gemessen: a = 152 cm

b = 151 cm

c = 151 cm

+ d = 153 cm

607 cm

Die Summe wird durch die Anzahl 4

geteilt:  $\bar{x} = 604 : 4 = 151,75$  cm

Sinnvoll gerundet:  $\bar{x} = 151,8$  cm

### Beachte:

- ➔  $\bar{x}$  ist genauer als die Messungen.
- ➔ Die Einheit von  $\bar{x}$  bleibt gleich (z. B. cm).
- ➔ Je mehr Daten du addierst, desto genauer ist das Ergebnis.
- ➔  $\bar{x}$  ist nur sinnvoll bei gleichen Messungen.
- ➔ Die Bedingungen dürfen sich nicht ändern.
- ➔ Runde auf so viele Kommastellen, wie es sinnvoll ist.

## Wie bereite ich einen Vortrag vor?

Einen Vortrag vor der Klasse zu halten ist etwas ganz anderes als einen Aufsatz vorzulesen. Bei einem Vortrag kommt es darauf an, dass die Zuhörer, also deine Mitschüler, möglichst viel von dem Gesagten verstehen und behalten können.

### Die acht wichtigsten Tricks und Tipps:

1. **Lass dir Zeit!** Das normale Lesetempo ist viel zu hoch, um alles zu verstehen. Zwing dich, langsam zu reden und nach jedem Satz eine kurze Pause zu machen.
2. **Schau die Zuhörer an!** Je öfter du ins Publikum schaust, desto besser erreichst du deine Zuhörer. Du bekommst dann mit, ob etwas nicht verstanden wurde und näher erklärt werden muss.
3. **Versuche, frei zu sprechen!** Die geschriebene Sprache ist deutlich anders als die gesprochene. Benutze Karten mit wenigen Stichworten und formuliere die Sätze dazu spontan.
4. **Gib Veranschaulichungen!** Vermeide unbekannte Fremdwörter oder zu viele Zahlen und bringe statt dessen Vergleiche. Benutze eine lebendige Sprache mit vielen Adjektiven.
5. **Mache den Vortrag interessant!** Zeige Bilder und Diagramme auf dem Overhead-Projektor oder der Tafel, bastle Modelle oder bringe Anschauungsstücke mit.
6. **Übe das freie Vortragen mit einem Freund!** Das Referat wird um so flüssiger, je öfter du es vorher laut ausprobiert hast. Dein Freund kann dir nach dem Probevortrag rückmelden, was du besser machen könntest.
7. **Gib am Anfang einen Überblick!** Sage den Zuhörern in einem Satz, was sie erwartet. Falls du später einen längeren Vortrag halten musst, kannst du auch eine Gliederung auflegen.
8. **Frage zum Schluss, ob es Unklarheiten gibt!** Damit gibst du bekannt, dass der Vortrag nun zu Ende ist und Fragen gestellt werden können. Bei Fragen während des Vortrags solltest du auf den Schluss verweisen, außer wenn es sich um sehr einfach zu beantwortende Verständnisfragen handelt.

## Was bedeutet die Angabe Prozent?

Oft findest du in Texten, die Zahlen enthalten, Angaben wie „25 %“. Das Zeichen % steht dabei für Prozent.

### Beachte:

- ➔ *Wir verwenden %, um einen Anteil darzustellen.*
- ➔ *Dabei stellen wir uns vor, es gäbe insgesamt genau 100 Stück oder Anteile.*
- ➔ *Die Prozentzahl gibt dann an, wie viele Stück von dieser Sorte du hättest.*
- ➔ *Die Summe aller Prozentzahlen muss immer 100 ergeben.*
- ➔ *Durch Prozente sind Zahlen leichter vergleichbar.*
- ➔ *Wenn du Prozente als Säulendiagramm darstellen sollst, ist 1 % gleich 1 mm eine gute Wahl.*

### Beispiel:

In einer Klasse sind 15 Mädchen und 10 Jungen, also insgesamt 25 Schüler. Wenn es 100 Schüler wären, die Anteile aber gleich blieben, müssten wir jede Zahl mit 4 multiplizieren:

$$\begin{aligned} 25 \cdot 4 &= 100 \rightarrow 100 \% \text{ Schüler} \\ 15 \cdot 4 &= 60 \rightarrow 60 \% \text{ Mädchen} \\ 10 \cdot 4 &= 40 \rightarrow 40 \% \text{ Jungen} \end{aligned}$$

Muster zur Ansicht

## 5.3 Atmung und Blutkreislauf



### Didaktische Hinweise zu den Materialien zu Atmung und Blutkreislauf

Der Lerngegenstand in dieser Reihe ist der eigene Körper mit seinen Funktionen und Strukturen. Was läge da näher, als neben dem Studium der Fachbücher den eigenen Körper als Studienobjekt zu benutzen? Den Unterschied zwischen Brust- und Bauchatmung kann man ebenso am eigenen Leib erforschen wie sein Atemvolumen oder die Puls- bzw. Atemfrequenz. Konsequenterweise werden naturwissenschaftlich-sachliche Methoden zu diesem Zweck eingesetzt, Versuchsparameter variiert und ihr Einfluss auf die Messgrößen betrachtet. Als Auswertungshilfe dient dabei zunehmend die grafische Darstellung, die oft mehr enthüllen kann als die Messdaten und so den Schülern ihre Sinnhaftigkeit deutlich vor Augen führt.

Mit dem Lungenmodell wird aber auch wieder ein konkretes Funktionsmodell verwendet, welches die Schüler nach einer detaillierten Anleitung aus einfachen Materialien selbst bauen können.

Das „Herz-Kreislauf-Spiel“ ist ein interaktives Spiel für die gesamte Klasse, welches am besten auf dem Schulhof durchgeführt wird. Die Schüler schlüpfen dabei nacheinander in verschiedene Rollen der am Kreislauf beteiligten Körperteile, seien es die Herzklappen, die Lunge oder ein rotes Blutkörperchen. So verinnerlichen sie schon nach wenigen Minuten den komplexen Weg des Blutes durch Körper- und Lungenkreislauf und verstehen die Bedeutung des Gastransports im Blut.

Zwei der Materialien gehen über den eigentlichen Kontext hinaus und knüpfen Verbindungen mit Wissensgebieten aus der Chemie und Biologie. Zum einen ist das das Legematerial „Die Luft, die wir atmen“, welches eine Einführung in die Zusammensetzung unserer Lufthülle ist, und bei dem die Schüler nebenbei verschiedene Visualisierungstechniken (Kreisdiagramm, Säulendiagramm) einüben. Auch die biologische Funktion der verschiedenen Atmosphärgase wird thematisiert.

Zum anderen bietet der „LEGO-Molekül-Baukasten“ den Schülern Gelegenheit, mithilfe der bekannten Bausteine funktionsfähige Modellmoleküle nach einfachen Regeln selbst zu konstruieren und die Anfänge der Formelsprache zu erkunden. Dabei werden Substanzen wie Kohlendioxid oder Methan, die vom Namen nach aus anderen Kontexten schon bekannt sind, in einen ordnenden Zusammenhang gebracht und so auf neuen Wegen miteinander verknüpft.

Gerade beim den Versuchen zum Herzfrequenzmessen und zur Pulsmessung bietet sich eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit dem Fach Sport an.



## Vorschlag zur Einbettung der Materialien zu Atmung und Blutkreislauf

In einer Unterrichtsreihe zum menschlichen Körper lässt sich die Sequenz zum Herz-Kreislauf-System nach einem Unterrichtsblock zum Bewegungssystem platzieren. Folgender Unterrichtsgang bietet eine sinnvolle Abfolge mit Einbeziehung der vorgestellten Materialien. Es sei aber darauf hingewiesen, dass die Materialien selbst bewusst nicht aufeinander aufbauend konzipiert wurden, um den Einsatz als Freiarbeitsmaterial im Rahmen von selbsttätiger und auch in der Reihenfolge selbstbestimmter Arbeit zu ermöglichen.

Grundlegende Themenzentren sind auf der einen Seite der Blutkreislauf mit der zentralen Funktion des Herzens als Voraussetzung der Verteilung von Nährstoffen und Atemgasen und auf der anderen Seite die Atmung mit der Funktion der Lunge und dem Zustandekommen der Atembewegung. Auch die Abgabe der Atemgase in die Muskeln muss thematisiert werden.

### Das Herz-Kreislauf-System des Menschen

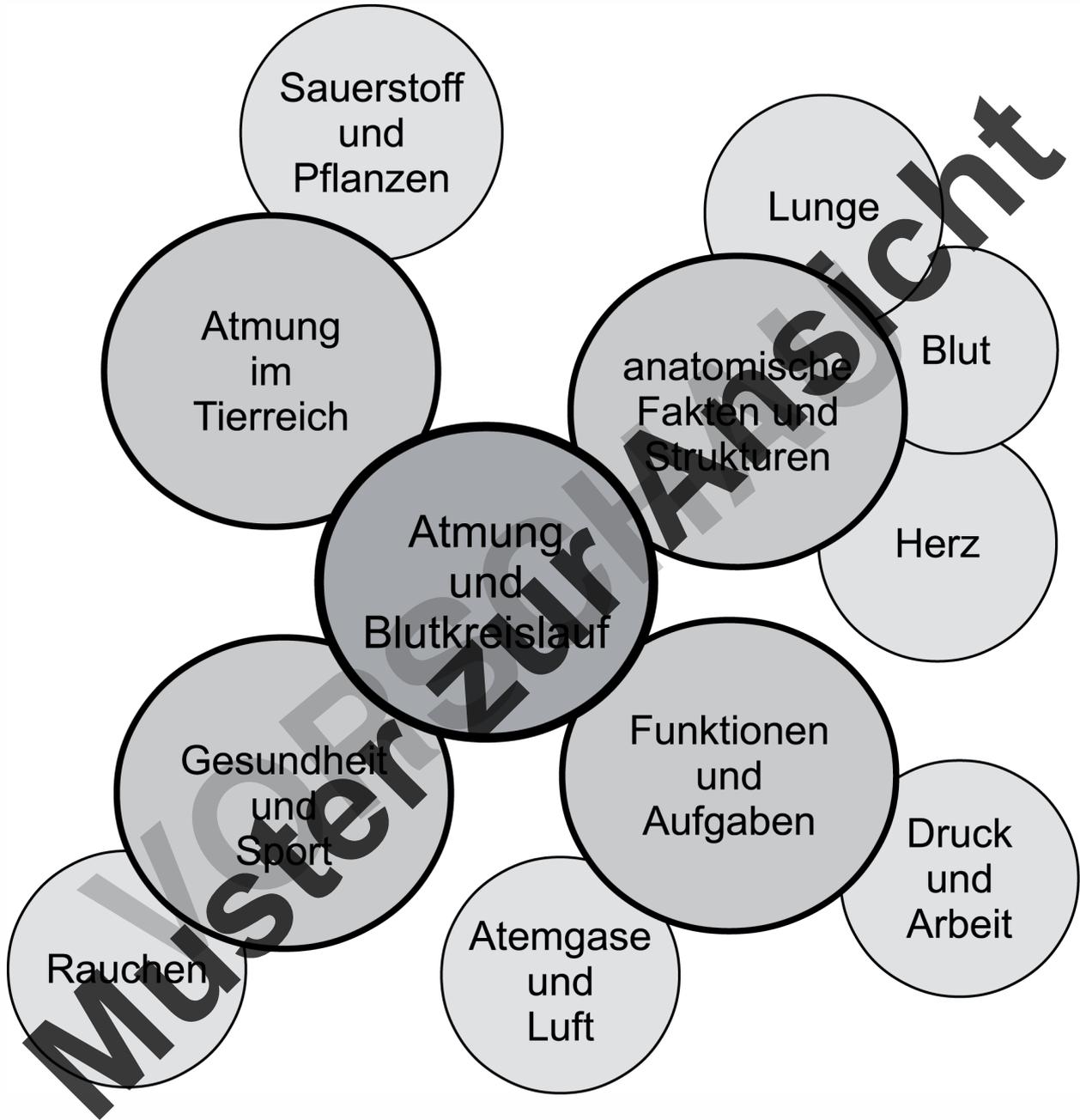
#### 1. Der Weg der Atemluft

- Luftröhre und Speiseröhre
- Der Nasen-Rachen-Raum
- **Modellversuch „Wie funktioniert die Lunge?“**
- Untersuchung von (Schweine-) Lungengewebe im Vergleich zum Muskelgewebe
- Lungenbläschen und effektive Fläche
- **Partnersversuch „Wir messen das Lungenvolumen“**
- Atemfrequenzsteigerung durch sportliche Aktivitäten
- **Schülerversuch „Wir bestimmen unsere Atemfrequenz“**
- **Erweiterndes Legematerial „Die Luft, die wir atmen“**
- **Erweiternde Modellversuche „Der LEGO-Molekül-Baukasten“**
- Bedeutung der Bronchien und Probleme bei der Erkrankung
- Zigarettenrauch und die Bewegungshemmung der Bronchienhärchen

#### 2. Das Herz als Motor des Blutkreislaufs

- Erarbeitung eines einfachen Herzmodells (z. B. Pappmodell)
- Beschreibung der Herzfunktionen
- **Partnersversuch „Pulsmessung – aber richtig!“**
- Der komplizierte Weg des Blutes
- **Klassenspiel „Das Herz-Kreislauf-Spiel“**
- Die vielen Aufgaben des Blutes (Atemgase, Nähr- und Abfallstoffe, Wärmehaushalt, Botenstoffe, Gesundheitspolizei)
- Erste Hilfe: Die Grundregeln des Helfens

Lernlandkarte und fächerübergreifende Themenkomplexe zu Atmung und Blutkreislauf



## A – Wie funktioniert die Lunge?

**Info:** Viele Menschen glauben, dass man einatmet, indem man die Lunge aufbläht wie einen Luftballon, und dass durch das Aufblähen der Lunge auch der Brustkorb schwillt. Das einfache Ballonmodell der Lungenatmung wird uns verraten, dass dies nicht stimmt und wie die Lunge tatsächlich mit Luft gefüllt wird.



Lungenmodell

**Material:** Ballonmodell der Lunge

Bauchatmung	Brustatmung
<p>Lunge Rippen Zwerchfell</p>	<p>Zwischen-Rippen-muskel Rippen</p>
<p>Das Zwerchfell ist ein Muskel, der sich beim Einatmen nach unten wölbt. Dadurch wird im Brustraum ein Unterdruck erzeugt, sodass sich die Lungenflügel aufblähen müssen. Beim Ausatmen erschlafft das Zwerchfell wieder in seine natürlichen Lage und die Luft entweicht aus der Lunge.</p>	<p>Die Rippen, die den Brustkorb schützend umgeben, sind untereinander mit Muskeln verbunden. Werden diese Zwischenmuskeln angespannt, weitet sich der Abstand zwischen den Rippen und der Brustraum wird größer, sodass sich die Lungenflügel aufblähen. Beim Ausatmen erschlaffen diese Muskeln wieder und die Luft wird aus der Lunge gepresst.</p>

### Arbeitsaufgaben:

#### A Versuchsanleitung

**Vorsicht mit dem Modell: Nicht zu heftig drücken, keine spitzen Gegenstände benutzen!**

1. Nimm das Modell in die Hand und halte es so, dass du den Ballon im Inneren gut sehen kannst. Presse nun die Plastikflasche vorsichtig zusammen und beobachte, was dabei mit dem Ballon passiert.
2. Halte das Modell jetzt locker in der einen Hand und drücke mit dem Zeigefinger der anderen Hand leicht auf die Ballonmembran unten. Beobachte wieder das Verhalten des Ballons im Inneren.
3. Lege eine Hand auf deine Brust und die andere auf deinen Bauch. Atme ein und aus. Bewegt sich die Hand auf deiner Brust, so ist es Brustatmung, ansonsten Bauchatmung. Versuche gezielt, nur die eine oder die andere Atmungsweise zu praktizieren.

#### B Auswertung

1. Beschreibe die beiden ersten Teilversuche und deine Beobachtungen mit eigenen Worten.
2. Zeichne eine Prinzipskizze des Lungenmodells (Hilfe: Methodenkarte 1).
3. Finde durch Vergleich mit den Zeichnungen oben heraus, welche Teile des Modells welche Körperteile darstellen sollen und beschrifte deine Prinzipskizze entsprechend.
4. Erkläre mit eigenen Sätzen, wie die Brustatmung funktioniert.
5. Beschreibe nun auch die Bauchatmung. Warum wird sie auch manchmal Zwerchfellatmung genannt?



Das Modell, das du für diesen Versuch benutzt hast, nennt man ein *Funktionsmodell*. Worin liegt der Unterschied zu einem reinen *Anschauungsmodell*?

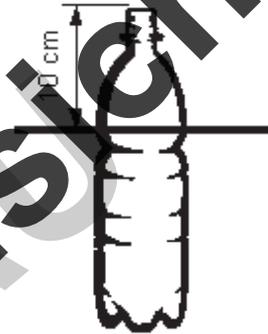
## A – Bauanleitung für das Lungenmodell

**Info:** Mithilfe dieser Anleitung kannst du ein einfaches Funktionsmodell der Lunge basteln, das uns verrät, wie das Ein- und Ausatmen beim Menschen vor sich geht.

**Material:** Eine leere Wasserflasche aus Plastik mit 0,5 Liter Inhalt. Sie sollte aus nicht zu dünnem Material bestehen und im oberen Teil keine Querrillen aufweisen.  
Zwei mittelgroße Luftballons, am besten weiß und rot  
Einen Gummiring

### Arbeitsschritte

1. Entferne das Etikett von der Flasche.
2. Messe einen Abstand von ca. 10-12 cm vom oberen Rand und markiere ihn an mehreren Stellen.
3. Schneide den unteren Teil der Flasche mit einem scharfen Messer oder einer kleinen Schere entlang der Markierung ab.
4. Stecke den roten Luftballon durch den Flaschenhals und krepel wie im Bild die Ballontülle über den Mündungsrand der Flasche.
5. Schneide den weißen Ballon an der dicksten Stelle durch.
6. Dehne den Teil des Ballons ohne Tülle mit beiden Händen kräftig auseinander und spanne diese Membran über den abgeschnittenen unteren Rand der Flasche. Falls das zu schwierig ist, hole dir Hilfe.
7. Fixiere diesen Gummiboden zusätzlich mit einem Gummiring um die Flasche.
8. Der rote Ballon sollte in ‚ungequetschter‘ Lage keine Einbeulungen aufweisen, da er die Lunge im Zustand nach dem Einatmen darstellt. Gegebenenfalls muss die Tülle des roten Ballons noch einmal kurz angehoben werden, um einen Druckausgleich zu ermöglichen.



Nimm abschließend eine Funktionsprüfung vor:

### Brustatmung

Drücke auf den Flaschenkörper. Der rote Ballon wird zusammengedrückt und ein Teil der Luft entweicht. Bei Entspannung füllt er sich erneut mit Luft.

### Bauchatmung

Halte das Modell ‚ungequetscht‘ mit der einen Hand und drücke mit einem Finger der anderen von unten gegen die weiße Ballonhülle (das Zwerchfell). Der rote Ballon wird ebenfalls zusammengedrückt und füllt sich bei Entspannung wiederum mit Luft.



Lungenmodell



### Hinweise zum Modellversuch A „Wie funktioniert die Lunge?“

In einem ersten Teil basteln die Schüler aus einfachen Haushaltsmaterialien ein Funktionsmodell der Lunge, das sowohl die Brust- als auch die Bauchatmung demonstrieren kann. Der Bastelvorgang mit seinen haptischen und motorischen Komponenten nach einer schriftlichen Anleitung selbst stellt schon ein lohnendes Lernziel dar, aber bei Zeitmangel kann das Modell auch vom Lehrer gefertigt und zur Verfügung gestellt werden.

Da dieses Modell erfahrungsgemäß von den Schülern sehr gerne und ausgiebig benutzt wird, ist es ratsam, einen kleinen Vorrat an Luftballons und Gummiringen anzulegen, um es im Bedarfsfall schnell reparieren zu können.

Ähnlich den Modellversuchen zum Bewegungssystem steht auch hier der funktionale Aspekt vor dem anatomischen. Der sich beim Quetschen der Plastikflasche sowie beim Eindrücken der Bodenmembran zusammendrückende Ballon im Innern wird ohne weiteres als Lunge angenommen, ohne dass, wie in käuflichen, kostspieligen Modellen üblich, zwei anatomisch korrekte Lungenflügel ausgestaltet sind. Schwieriger ist für die Schüler die Frage nach dem körperlichen Pendant der Membran und der Flaschenoberfläche. Hier liegt eine Gelegenheit zur eigenständigen Recherche in Fachbüchern oder auch im Internet. Die sich entsprechenden Begriffe sollen in der Beschriftung einer Prinzipskizze gegenüber gestellt werden. Hilfe bei der Anfertigung von naturwissenschaftlichen Prinzipskizzen liefert die einschlägige Methodenkarte 1.

Für den genaueren Mechanismus der Zwerchfell- bzw. Brustatmung enthält das Anleitungsblatt kurze bebilderte Sachtexte zu beiden Atemformen, die die Schüler lesen, anhand des Modells verstehen und mit eigenen Worten zusammenfassen sollen. Wichtig ist, dass die Schüler im Anschluss die verschiedenen Atemformen an ihrem eigenen Körper gezielt ausprobieren und studieren. Im Zusammenspiel mit dem an dem Modell gelernten Funktionsprinzip der Lunge durch die Erzeugung von Unter- und Überdruck im Brustraum kann die Atmung als die Anwendung eines einfachen physikalischen Prinzips erkannt werden. Der bei vielen Erwachsenen vorherrschenden Irrglauben, man könne die Lunge als eine Art Hohlmuskel aktiv zusammendrücken und erweitern, wird hierbei konsequent entkräftet.

Am Schluss der Versuche wird bei der Frage nach den Unterschieden von Funktions- und Anschauungsmodellen die methodologische Ebene betreten und so der theoretische Überbau zum naturwissenschaftlichen Arbeiten erweitert.

## B – Wir messen unser Lungenvolumen



**Info:** Ihr sollt in Partnerarbeit experimentell feststellen, wie viel Luft bei einem normalen Atemzug in eure Lungen passt. Die einzige Möglichkeit, die ihr kennt, ein Volumen zu berechnen, nämlich Länge mal Breite mal Höhe, funktioniert hierbei natürlich nicht. Daher werden wir uns zunutze machen, dass die ausgeatmete Luft genau so viel Wasser verdrängt, wie sie selbst an Volumen (Rauminhalt) einnimmt.

**Material:** Wanne, Flasche, Schlauch, abwischbarer Stift, Litermaß, Mundstücke, Taschenrechner, Tücher

### A Eichung des Flaschenvolumens

Bevor ihr mit der eigentlichen Lungenmessung anfangen könnt, müsst ihr zunächst die Flasche mit einer Skala versehen, die euch anzeigt, bis zu welcher Höhe sie welches Volumen beinhaltet.

1. Stellt die Flasche mit der Öffnung nach oben in die leere Wanne.
2. Messt mit dem Litermaß genau 100 ml Wasser ab (100 Milliliter = 0,1 Liter = 100 cm<sup>3</sup>).
3. Schüttet das Wasser in die Flasche und markiert den Wasserspiegel mit einem kurzen Strich.
4. Wiederholt diese Prozedur, bis die Flasche ganz mit Wasser gefüllt und markiert ist.
5. Unterteilt euer Strichmuster nochmals jeweils in der Mitte, sodass ihr eine 50 ml-Teilung habt.

### B Messung des Atemvolumens

In der Zeichnung ist die prinzipielle Methode der Messung veranschaulicht. Die durch einen Schlauch ausgeatmete Luft wird in einem mit Wasser gefüllten Gefäß aufgefangen und drängt das Wasser hinaus. Am Gefäß kannst du dann das Lungenvolumen ablesen.



1. Füllt die Wanne zur Hälfte und die Flasche randvoll mit Wasser.
2. Verschließt die Flasche mit der Handfläche und stellt sie schnell mit der Öffnung nach unten in die Wanne. Dabei darf keine Luft in die Flasche eindringen.
3. Einer der Partner hält die Flasche fest und hakt nun das gebogene Ende des Schlauchs in den Flaschenhals ein.
4. Der andere atmet normal ein und dann ruhig durch das Mundstück des Schlauchs aus (nicht tief Luft holen). Nun kannst du dein normales Atemvolumen an der selbstgemachten Skala ablesen. Schreibe den Wert auf.
5. Füllt die Flasche wieder auf, wiederholt den Versuch noch vier Mal und notiert jeden Wert.
6. Wenn ihr das Mundstück gewechselt habt, wiederholt ihr den Versuch mit dem zweiten Partner.
7. Wischt zum Schluss die Skala mit den Tüchern fort und werft die benutzten Mundstücke weg.

Tabelle1: Normales Atemvolumen von Jungen und Mädchen verschiedenen Alters in ml

Alter	10	11	12	13	14	15	16
Jungen	205	215	230	250	275	305	335
Mädchen	170	180	200	225	250	275	285

### C Auswertung des Versuchs (Jeder Partner muss seine eigene schriftliche Auswertung durchführen.)

1. Beschreibe die Durchführung und die Ergebnisse der Versuche mit eigenen Worten. Verwende ganze Sätze.
2. Zeichne eine Prinzipskizze des Versuchs (Hilfe: Methodenkarte 1).
3. Zeichne mithilfe der Werte in der Tabelle oben ein Diagramm mit Alter (nach rechts) gegen Atemvolumen (nach oben) für dein Geschlecht. Zeichne dazu die Wertepaare als Kreuze ein und verbinde sie dann durch eine glatte Linie (Tipp: Methodenkarte 2). Vergiss die Beschriftung nicht.
4. Bilde mithilfe des Taschenrechners den Mittelwert deiner Messungen und runde sinnvoll (Hilfe: Methodenkarte 7). Dies ist dein normales Atemvolumen.
5. Zeichne deinen Wert beim richtigen Alter als roten Punkt in das Diagramm ein und beschrifte.
6. Wenn man vor dem Pusten tief Luft holt, bestimmt man sein maximales Lungenvolumen, welches *Vitalkapazität* genannt wird. Es ist in etwa 8 Mal so groß wie das normale Atemvolumen. Berechne deine Vitalkapazität.



Miss mit einer Uhr, wie lange du die Luft anhalten kannst. Teile mit dem Rechner deine Vitalkapazität durch die Sekundenzahl und dann durch 5. Da etwa ein Fünftel der Luft aus Sauerstoff besteht, gibt das Ergebnis an, wie viel Sauerstoff du pro Sekunde benötigst. Wie viel ist das pro Tag?



### Hinweise zum Partnerversuch B „Wir messen unser Lungenvolumen“

In diesem Partnerversuch geht es darum, mit einfachsten physikalischen Methoden das normale Atemvolumen zu messen. Dabei wird ausgenutzt, dass die ausgeatmete Luftmenge ohne Druckänderung volumenkonstant ist und so in einem Auffanggefäß gemessen werden kann.

In einem ersten Teil wird das Messgefäß, eine handelsübliche Kunststoffflasche von 1,5-2 l Inhalt, von den Schülern selbst geeicht, d. h. mit einer Volumenskala versehen. Natürlich könnte man hier auch fertig skalierte Messzylinder verwenden, jedoch sollte dem Prozess des Eichens durch die Schüler der Vorrang gegeben werden, da er einerseits in den experimentellen Naturwissenschaften eine große Rolle spielt, andererseits den bei etlichen Schülern problematischen Umgang mit Volumen- und Gewichtseinheiten einübt. Als Einschränkung ergibt sich dadurch, dass nur das normale Atemvolumen direkt gemessen werden kann, da für die Messung der Vitalkapazität Gefäße mit mindestens 3 l Inhalt vonnöten wären. Da es aber einen statistischen Zusammenhang zwischen diesen beiden Kennwerten der Lunge gibt, können die Schüler ihre Vitalkapazität im weiteren Verlauf der Auswertung näherungsweise berechnen.

Bei der eigentlichen Messung sind die Schüler auf die Hilfe des jeweiligen Partners angewiesen, da ansonsten die auf dem Kopf stehende Flasche umfallen würde. Dies ist auch im Sinne des möglichst klein zu haltenden apparativen Aufwands sinnvoll.

Die Mundstücke des Atemschlauchs sollten aus hygienischen Gründen stets gewechselt werden und können z. B. aus halben Strohhalmen der nötigen Dicke hergestellt werden. Am anderen Ende des Schlauchs hat sich ein hakenförmiges Röhrchen bewährt, welches man sich aus einem L-Glasrohr über einem Bunsenbrenner leicht in die nötige Form biegen kann.

Zur Erhöhung der Messgenauigkeit wird jeder Versuch mehrmals durchgeführt und anschließend der Mittelwert gebildet. Auch dies ist gängige Praxis bei naturwissenschaftlichen Fragestellungen, gehört also zum Standard-Methodenrepertoire. Als Hilfe kann hier die Methodenkarte 7 herangezogen werden. Außerdem ist als Rechenhilfe ein einfacher Taschenrechner angebracht. Wichtig ist es in diesem Zusammenhang, auf eine sinnvolle Rundung des Endergebnisses zu achten.

Der eigene Messwert soll schließlich in ein Diagramm eingetragen werden, das aus einer Tabelle des normalen Atemvolumens als Funktion des Alters vorher erstellt werden muss. Hier wird ein weiteres Mal die Darstellung von Messdaten in Diagrammen eingeübt. Eine Hilfe gibt an dieser Stelle die Methodenkarte 2. Dass ihr eigener Wert vermutlich nicht auf der Kurve liegt, kann Anlass sein, auf den statistischen Charakter der zugrundeliegenden Tabelle einzugehen.

Im weiteren Verlauf der Auswertung können die Schüler auch ihre eigene Vitalkapazität annäherungsweise ausrechnen, die z.B. in der Sportmedizin große Bedeutung hat. Ein Exkurs zur Raucherprophylaxe wäre an dieser Stelle denkbar.

In einer freiwilligen Zusatzaufgabe können die Schüler aus ihrer Vitalkapazität in Verbindung mit der Messung der Zeit, die sie die Luft anhalten können, den täglichen Sauerstoffbedarf eines Menschen berechnen. Diese Abschätzung kann den Weg öffnen zu weiteren Themen wie der Notwendigkeit sinnvollen Lüftens, der Zusammensetzung der Atemluft oder der Bedeutung der grünen Pflanzen für das tierische und menschliche Leben.

## C – Wir bestimmen unsere Atemfrequenz

**Info:** Das Wort Frequenz hast du sicher schon einmal in einem anderen Zusammenhang gehört: Wenn man beim Radio den Sender einstellt, spricht man von der Sendefrequenz. Was hat das Radio mit dem Atmen zu tun? Nicht direkt etwas. Mit Frequenz bezeichnet man, wie oft etwas regelmäßig in einer ganz bestimmten Zeit geschieht. Passiert es sehr oft, benutzt man als Zeitraum eine Sekunde (z. B. die Anzahl der Schwingungen der Radiowelle), falls es nicht so häufig geschieht, etwa das Ein- und Ausatmen, so bezieht man sich auf eine Minute. Es gilt also:



**Die Atemfrequenz ist die Anzahl der Atemzüge pro Minute.**

Dabei darfst du das Ein- und das anschließende Ausatmen nur einmal zählen, zusammen bilden sie einen Atemzug. Wie hoch deine Atemfrequenz ist, hängt von verschiedenen Umständen ab, die wir hier untersuchen wollen.

**Material:** Uhr mit Sekundenzeiger bzw. Stoppuhr

### Arbeitsaufgaben

#### Versuch A Messung der Ruhe-Atemfrequenz

1. Bereite ein Protokollblatt vor: Schreibe eine Überschrift über das Blatt. Lege eine Tabelle mit zwei Spalten an. Über die erste Spalte schreibst du „Nr.“ und über die zweite „Anzahl/min“. Schreibe auch eine Überschrift über die Tabelle (Hilfe: Methodenkarte 4).
2. Setze dich auf deinen Platz und lehne dich entspannt zurück. Halte eine Uhr mit Sekundenzeiger oder eine Stoppuhr bereit.
3. Starte die Zeitmessung bei einem Einatmen und zähle leise deine vollständigen Atemzüge während einer Minute. Schreibe diesen Wert als ersten Messwert in deine Tabelle. Wenn die Minute zwischen Ein- und Ausatmen vorüber ist, zähle diesen Atemzug nur halb.
4. Wiederhole diesen Versuch noch mindestens vier Mal und fülle so weitere Spalten der Tabelle.

#### Versuch B Messung der Belastungs-Atemfrequenz

1. Zeichne wieder eine Messwerttabelle mit der gleichen Einteilung wie oben.
2. Um dich zu belasten und die Atmung in Schwung zu bringen, musst du nun 30 Kniebeugen machen. Zähle sie dabei leise mit.
3. Miss sofort deine Atemfrequenz wie oben beschrieben und trage sie in die neue Tabelle ein.
4. Wiederhole die Messung. Bevor du die nächste Messung anfängst, solltest du jeweils nochmal 15 Kniebeugen machen.

#### Auswertung (Beantworte alle Fragen in vollständigen Sätzen.)

1. Berechne für deinen ersten Versuch den Mittelwert aller gemessenen Ruhe-Atemfrequenzen, indem du alle Werte addierst und das Ergebnis durch die Anzahl der Messwerte teilst (Hilfe: Methodenkarte 7). Runde das Ergebnis auf eine ganze Zahl und schreibe sie auf.
2. Gib auch den Mittelwert der 2. Messung an. Um wie viele Atemzüge ist die Frequenz gestiegen?
3. In der Tabelle rechts siehst du, wie sich die Ruhe-Atemfrequenz mit dem Lebensalter ändert. Zeichne ein Diagramm der Daten. Wähle als x-Achse das Alter und als y-Achse die Atemfrequenz. Zeichne den jeweiligen Bereich als senkrechten Strich von der richtigen Länge ein.
4. Verbinde die oberen und die unteren Enden der Striche jeweils mit einer glatten Linie. In diesem Bereich sollten die Ruhe-Atemfrequenzen liegen.
5. Zeichne die Mittelwerte der Versuche A und B bei deinem Alter in das Diagramm ein. Der erste Wert sollte innerhalb des abgegrenzten Bereichs liegen.
6. Beantworte abschließend die Frage: Wovon hängt die Atemfrequenz des Menschen ab?

Alter in Jahren	Atemfrequenz Ruhe pro min
0	40-50
5	25-30
10	20-25
15	15-20
20	14-18



### Hinweise zum Schülerversuch C „Wir bestimmen unsere Atemfrequenz“

Bei diesem einfachen Versuch geht es darum, das Wort Atemfrequenz mit einem vertrauten Inhalt, nämlich der Anzahl der Atemzüge pro Minute, zu füllen. Dabei wird der in den Naturwissenschaften häufig in verschiedenen Kontexten vorkommende Begriff Frequenz thematisiert und die Idee einer auf ein bestimmtes Zeitintervall bezogenen Rate eingeführt. Auf die übliche Maßeinheit Hertz, die sich ja auf eine Sekunde bezieht, wird in diesem Zusammenhang bewusst verzichtet, sie könnte aber im weiteren Unterrichtsgang durchaus thematisiert werden.

Der grundlegende Versuch der Zählung der Atemzüge in einer Minute soll mehrfach durchgeführt werden, um durch Mittelwertbildung eine höhere Genauigkeit zu erzielen. Meist weichen die gefundenen Werte um ein bis zwei Atemzüge voneinander ab. Der Mittelwert sollte daher nicht genauer als bis zu einer ganzen Zahl angegeben werden. Auf diese für viele Schüler schwierig einzuschätzende sinnvolle Rundungsgenauigkeit muss eventuell gesondert eingegangen werden. Eine allgemeine Hilfe bei der Berechnung der Mittelwerte kann die Methodenkarte 7 „Mittelwerte berechnen“ liefern.

Um die quantitative Abhängigkeit der Atemfrequenz von der aktuellen körperlichen Verfassung zu ermitteln, wird der Versuch nach einer kurzen Belastungsphase wiederholt. Dieser mit nicht unerheblicher körperlicher Betätigung einhergehender Teil wird von den Schülern oft mit großer Begeisterung angegangen. Wichtig ist es in diesem Zusammenhang, dass den Wiederholungsmessungen stets erneut eine kurze Aktivitätsphase vorausgeht.

Für die Einordnung ihrer Ergebnisse ist den Schülern eine Tabelle der statistischen Atemfrequenzen in Abhängigkeit vom Alter vorgegeben. Um diese Daten zu visualisieren, sollen sie in ein entsprechendes Diagramm eingezeichnet werden (Methodenkarte 2 „Diagramme zeichnen“). Dabei muss die jeweils angegebene typische Spannweite im Diagramm in einen senkrechten Balken verwandelt werden. Die Verbindung der Bereichsgrenzen durch zwei glatte, gekrümmte Linien ergibt einen Bereich, dessen Lage und Breite mit dem Alter variiert. Die von den Schülern für sich selbst gefundenen Mittelwerte sollen anschließend bei ihrem Alter in dieses Diagramm eingezeichnet werden. Falls das Alter des Schülers nicht mit dem eines der Datenpunkte übereinstimmt, wird durch die Verbindung der Datenpunkte die Überlegenheit der grafischen Darstellung gegenüber der Tabellenform sofort augenfällig. Im Allgemeinen wird der gemessene Wert im gezeichneten Bereich liegen, falls er stark abweicht, sollte mit dem betroffenen Schüler gesprochen werden. Wenn der Wert auch nach einer Wiederholungsmessung deutlich zu hoch ist, muss der Schüler aufgefordert werden, diesen Befund seinen Eltern mitzuteilen.

Die Belastungs-Atemfrequenz wird hingegen im Allgemeinen immer oberhalb des gezeichneten Bereichs liegen und so den Schülern die doppelte Abhängigkeit dieses physiologischen Wertes sowohl vom Alter als auch von der Belastungssituation vor Augen führen. Diese Erkenntnis soll in der Beantwortung der abschließenden Frage „Wovon hängt die Atemfrequenz des Menschen ab?“ verbalisiert werden.

Eine Verbindung dieses Versuchs mit der Messung des Pulses und der Hinweis auf die gemeinsame Abhängigkeit von körperlicher Verfassung und Alter bieten sich an. Ebenso kann auf die positive bzw. negative Beeinflussung dieser körperlichen Parameter durch sportliche Übung sowie durch das Rauchen eingegangen werden.

## D – Die Luft, die wir atmen



**Info:** Die Luft besteht aus Gas. Woraus die Luft genau besteht, war lange Zeit ein Rätsel, denn sie ist schließlich unsichtbar und man kann nicht so leicht mit ihr experimentieren. Heute wissen wir, dass die Luft ein Gemisch aus verschiedenen Gasen ist, die wir als Gesamtheit *Atmosphäre* nennen, vom griechischen Wort *atmos* = Luft und *sphäre* = Kugelschale. Hier soll es darum gehen, die Zusammensetzung der irdischen Lufthülle näher kennenzulernen.

**Material:** Laminierte Tortenstücke

### 1) Das Kreisdiagramm der Luft

Kreisdiagramme werden auch Tortendiagramme genannt. Nimm die Tortenstücke zur Hand. Sie sollen die Hauptbestandteile der Luft darstellen und zwar in ihrer relativen Häufigkeit. Das heißt, dass die Stücke jeweils so groß sind, wie es ihrem Anteil am Gesamtvolumen der Luft entspricht. Bekanntlich atmen alle Tiere und auch wir Sauerstoff ein. Trotzdem stellt er mit 21 Teilen von 100 Luftteilchen nur die zweitgrößte Menge in der Lufthülle. Den Löwenanteil mit 78 von 100, das nennt man 78 Prozent, auch 78 % geschrieben (siehe Methodenkarte 9), macht der sogenannte Stickstoff aus. Der Rest aller Gase zusammen ist dann nur noch etwa 1 %. Dieser Rest besteht zum allergrößten Teil aus dem Edelgas Argon.

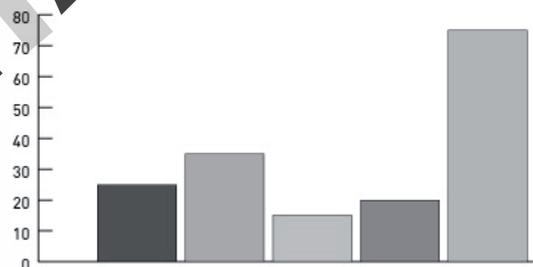
Lege die Teile zusammen. Sie ergeben einen Vollkreis = 100 %. Zeichne danach so genau wie möglich ein eigenes Kreisdiagramm der Luft mit den richtigen Farben und beschrifte es mit den Gasen, für die die Teile stehen, den Prozentzahlen und mit einer Überschrift, die erklärt, worum es sich handelt.

### 2) Das Säulendiagramm der Luft

Ein Säulendiagramm ist eine andere Möglichkeit, die relative Menge von Dingen zu veranschaulichen (siehe auch die Methodenkarte 6). Hier benutzt man verschieden hohe Säulen, um eine Vorstellung davon zu vermitteln, wie viel von etwas vorhanden ist.

Zeichne für die Bestandteile der Luft ein Säulendiagramm.

Überlege dir zunächst eine geeignete Unterteilung der Höhe. Wie viel Prozent soll ein Kästchen oder ein Millimeter sein? Benutze ein Lineal und kennzeichne die Säulen mit verschiedenen Farben. Vergiss die Beschriftung der Säulen und die Überschrift nicht.



### 3) Vergleich der Diagramme

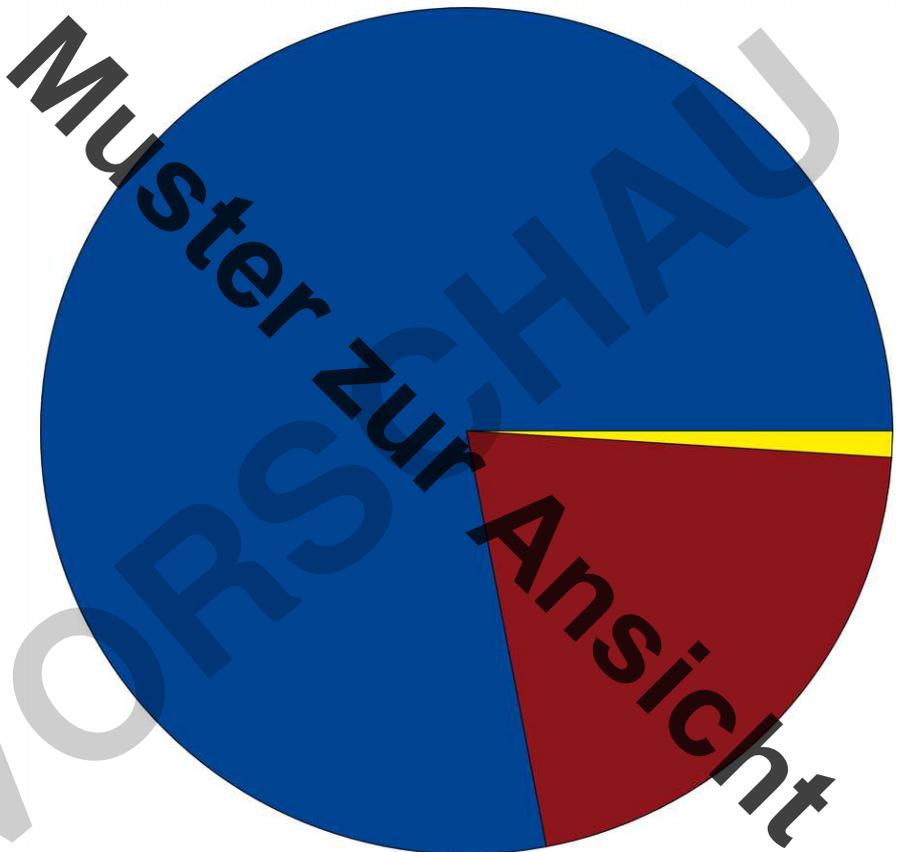
Betrachte deine beiden Diagramme. Beschreibe in vollständigen Sätzen, welche Vor- und Nachteile du jeweils siehst. Für welche Arten von Daten sind sie gut oder weniger gut geeignet?

### 4) Wo ist das Kohlendioxid?

Wahrscheinlich hast du schon gehört, dass wir und auch alle Tiere das Gas Kohlendioxid ausatmen. Warum taucht es dann hier nicht als Bestandteil der Luft auf? Des Rätsels Lösung ist: Weil es so wenig davon in der Luft gibt. Nur 4 von 10000 Teilchen sind  $\text{CO}_2$ , wie das Gas auch abgekürzt wird. In keinem deiner Diagramme könnte man daher das Kohlendioxid sehen.

Zeichne folgende Darstellung, um eine Vorstellung von diesem kleinen Anteil zu bekommen:

- Zeichne ein Quadrat mit 10 cm Kantenlänge. Da 10 cm gleich 100 mm sind, enthält dieses Quadrat  $100 \times 100 = 10000$  Quadratmillimeter.
- Zeichne an beliebigen Stellen im Quadrat vier kleine Miniquadrate mit jeweils 1 mm Kantenlänge. Benutze dazu ein Lineal. Diese vier Quadrate stellen die  $\text{CO}_2$ -Teilchen dar. Beschrifte dieses Bild so, dass ein Fremder verstehen kann, was es darstellen soll.





### Hinweise zum Legematerial D „Die Luft, die wir atmen“

Dieses Material ist als Ergänzung zu sehen, das den Rahmen des Themas Körper übersteigt und der Verknüpfung der Lerninhalte mit angrenzenden Wissensgebieten dient. Dabei soll für die Schüler deutlich werden, dass ein biologischer Organismus mit seinen Funktionen und Strukturen stets eine Anpassung an äußere, abiotische Bedingungen durchlaufen haben muss. Einer dieser Faktoren stellen die Gase unserer Atmosphäre dar.

Die Schüler lernen mit diesem Material die wesentlichen Bestandteile der irdischen Lufthülle kennen. Der ihnen bekannte Begriff Luft, der im Alltag vielfach mit Atemluft oder Sauerstoff gleichgesetzt wird, erfährt eine Differenzierung sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht. Um die relativen Anteile der verschiedenen Gase deutlich zu machen und gleichzeitig zu visualisieren, werden sie auf zwei verschiedene Arten, als Kreisdiagramm und als Säulendiagramm, dargestellt. Da die Berechnung von Winkeln aus Prozentangaben zur Erstellung eigener Kreisdiagramme für die meisten Schüler dieser Altersstufe zu kompliziert ist, wird das Kreisdiagramm als Legematerial eingeführt und durch die Beschäftigung damit und die weiteren Erläuterungen auf dem Arbeitsbogen den Schülern nahe gebracht. Es soll hierbei zunächst um die wichtigsten und grundlegenden Eigenschaften von Kreisdiagrammen gehen: Die Repräsentation von relativen Anteilen durch die Breite (genauer dem Winkel) der jeweiligen Tortenstücke und die Vollständigkeit der Summe als Vollkreis. Die Tortenstücke müssen dazu vom Lehrer ausgedruckt, laminiert und einzeln ausgeschnitten werden. Haptisch ansprechender werden die Teile, wenn man entsprechende Unterlagen aus Sperrholz aussägt und die Lamine darauf klebt. Eventuell kann man eine solche Arbeit auch an geeignete Schüler delegieren.

Wenn der mathematische Bildungsstand der Lerngruppe es zulässt, kann dieses Beispiel als Einstieg in die eigene Produktion von Kreisdiagrammen als einer Anwendung des Dreisatzes dienen.

Im weiteren Verlauf soll das zusammengesetzte Kreisdiagramm abgezeichnet und beschriftet werden. Dabei kommt es darauf an, die relevanten Daten durch sinnentnehmendes Lesen zu erschließen und richtig zuzuordnen. Für die Herstellung des Kreisdiagramms können je nach Fertigungsstand Zirkel und Winkelmesser zur Anwendung kommen oder die Kreisstücke als Schablonen benutzt werden.

Die Verknüpfung des Kreisdiagramms mit der Prozentrechnung wird im Zuge der schriftlichen Erklärungen deutlich. Als weitere Hilfe zum Verständnis kann die diesbezügliche Methodenkarte 9 „Was bedeutet die Angabe Prozent?“ dienen.

Als alternative Methode sollen anschließend die gleichen Daten in einem Säulendiagramm verarbeitet werden, das den meisten Schülern schon seit der dritten Klasse bekannt ist. Nichts desto trotz steht auch hier eine entsprechende Methodenkarte 6 „Säulendiagramme zeichnen“ zur Erinnerung zur Verfügung. Schwerpunkt sollte daher in diesem Falle auf die sorgfältige Ausführung des Säulendiagramms gelegt werden, also z. B. auf die richtige Skalierung und Beschriftung.

Da den Schülern nun zwei alternative Visualisierungstechniken von quantitativen Daten zur Verfügung stehen, steht die nächste Aufgabe quasi als Methodenreflexion den Vergleich beider Darstellungsarten vor und erweitert so das Methodenrepertoire der Schüler, sodass sie bei künftigen Gelegenheiten die jeweils geeignete Darstellung eigenständig wählen und ausführen können.

Die letzte Aufgabe geht wiederum über den eigentlichen Kern des Materials, das Kennenlernen der Grundbestandteile der Atmosphäre, hinaus. Allerdings ist das Wissen der Schüler um das Gas Kohlendioxid durch die aktuelle Klimadiskussion viel weiter verbreitet als es seinem Anteil an der Atmosphäre entsprechen würde. Gerade hinsichtlich dieses Faktums und auch, weil vielen Schülern der Grundkreislauf des Atmens mit Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe bekannt ist, soll die Einordnung dieses Spurengases in das bestehende Wissensnetz erfolgen. Das Wissen um den geringen  $\text{CO}_2$ -Anteil in der Erdatmosphäre macht gerade deutlich, warum die Menschheit in der Lage ist, diesen Anteil nennenswert zu verändern. Gleichzeitig werden dabei die Grenzen der obigen Darstellungen für sehr kleine Bestandteile aufgezeigt.

Anlässlich des letzten Arbeitspunkts könnte eine weitere Auseinandersetzung mit der Klimaproblematik im Rahmen des Unterrichts erfolgen. Alternativ böten sich auch einfache chemische Experimente zur Herstellung und zu den Eigenschaften des Gases  $\text{CO}_2$  an.

## E – Pulsmessung – aber richtig!

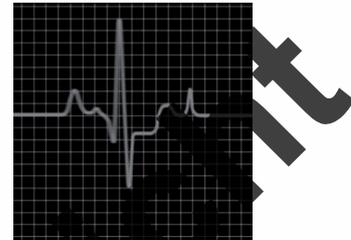


**Info:** Sicherlich hast du es schon einmal erlebt, dass dir dein Herz bis zum Hals schlug. Dann warst du so aufgeregt, dass du deinen Pulsschlag in der Halsschlagader bewusst gespürt hast. Normalerweise bemerken wir unseren Pulsschlag in den Adern nicht. Bei diesen Experimenten in Partnerarbeit sollt ihr lernen, wie man seinen eigenen Puls und den eines anderen aufspüren und messen kann. Zudem könnt ihr an einem einfachen Funktionsmodell erkennen, wie der Puls überhaupt zustande kommt.

**Material:** Luftpumpe, Schlauch, Uhr mit Sekundenzeiger

### A Wie messe ich den Pulsschlag?

1. Auf dem Bild rechts seht ihr, wie man den Puls bei einer anderen Person spüren kann. Lege Mittel- und Zeigefinger auf das Handgelenk auf der Daumenseite und übe einen leichten Druck aus. Nach kurzer Zeit spürst du ein feines, regelmäßiges Pochen, den Puls.
2. Zählt jeweils die Schläge während einer Minute. Diese Zahl nennt man den Puls oder auch die Pulsfrequenz. Schreibt das Ergebnis sinnvoll auf.
3. Um Zeit zu sparen, wird oft nur 20 s lang gemessen und dann hochgerechnet. Wiederholt die Pulsmessungen mit dieser Zeitspanne und berechnet daraus den Puls. Schreibt auch diese Werte auf.
4. Kommentiert eure Ergebnisse. Gibt es Abweichungen und wenn ja, was könnte die Ursache dafür sein?



Pulsschlag im EKG



Handhaltung bei der Pulsmessung

### B Ruhe-, Belastungs- und Nachbelastungspuls

1. Der Pulsschlag hängt von der Aktivität des Körpers ab. Gehe 3 min schnell auf der Stelle und lass dir dann den Puls erneut von deinem Partner messen. Dieser Puls wird *Belastungspuls* genannt.
2. Welchen Grund könnte es dafür geben, dass dein Puls sich beschleunigt hat?
3. Wartet weitere 2 min und bestimmt erneut den Puls. Diese Zahl heißt *Nachbelastungspuls*.
4. Die Pulszahlen zeigen im Vergleich etwas über deine körperliche Fitness. Je trainierter und sportlicher du bist, desto weniger ist dein Puls bei Belastung gestiegen und umso schneller ist er auch wieder gefallen. Durch Pulsmessung kannst du so nachweisen, ob ein Training erfolgreich war.

### C Der Pulsschlag im Modell

1. Steckt den Schlauch auf das Gewinde am Auslass der Fahrradpumpe. Knicke das andere Ende des Schlauchs um und halte es so zwischen Daumen und Zeigefinger, dass keine Luft entweicht.
2. Wenn dein Partner jetzt die Luftpumpe in kurzen, schnellen Stößen hin und her pumpt, kann man am Schlauch eine Art Puls fühlen.
3. Beschreibe den Versuch mit eigenen Worten. Kläre, was die Einzelteile in Wirklichkeit darstellen sollen, und lege dar, wie der Puls in deiner Blutbahn zustande kommt.

### D Wie finde ich meinen eigenen Puls?

1. Die oben gezeigte Methode ist bei sich selbst nicht so leicht. Einfacher ist es, den eigenen Puls mit zwei Fingern der rechten Hand an der linken Halsschlagader zu ertasten.
2. Eine weitere Methode ist es, sich mit Mittel- und Zeigefinger beider Hände an die Schläfen zu fassen und dort den Puls zu fühlen. Probiere aus, welche Methode für dich am besten klappt.

### E In welche Richtung fließt das Blut?

1. Wenn du eine Faust machst, erkennst du auf dem Handrücken mit Blut gefüllte Adern. Drücke mit dem Zeigefinger der anderen Hand das Blut einer Ader in Richtung Fingerspitzen und halte die Ader zu. Sie bleibt verschwunden.
2. Hebe den Finger an und beobachte, wie das Blut zurück in die Ader schießt.
3. Schließe aus deinen Beobachtungen: In welche Richtung fließt das Blut am Handrücken?



### Hinweise zum Partnerversuch E „Pulsmessung – aber richtig!“

Man kann im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht davon ausgehen, dass den Schülern der generelle Zusammenhang zwischen Puls und Herzschlag zumindest prinzipiell bekannt ist, jedoch haben etliche von ihnen bisher nie konkret eine Pulsmessung am eigenen oder einem fremden Körper durchgeführt. Neben einer konkreten Handlungsanweisung zur Messung der Pulsfrequenz beim Partner (Teilversuch A) und bei sich selbst (Teilversuch C) dient ein einfaches Modellexperiment zur Veranschaulichung des hinter dem Pulsschlag liegenden Mechanismus (Teilversuch D). Der in einigen Büchern vorgeschlagene Gruppenversuch, bei dem zwei Schüler Herzschlag und Puls eines dritten simultan messen und durch Klopfzeichen ihre Synchronizität nachweisen, wurde als in der Praxis nur schwer umsetzbar verworfen. Der Nachweis des Herzschlags mittels Trichter und Schlauch, wie vielfach vorgestellt, funktioniert angesichts des normalen Lärmpegels in einem Klassenraum nicht, sodass hier der Einsatz eines echten Stethoskops unabdingbar wäre, welches allerdings direkt auf die Haut der Brust gesetzt werden müsste, was zumindest bei den weiblichen Schülern nicht durchführbar ist.

Bei der Bestimmung der Pulsfrequenz wird nach der primären Messung mit der regulären Messdauer von einer Minute auch die gängige Praxis des verkürzten Messens über 20 Sekunden mit anschließender Extrapolation auf eine Minute vorgestellt und deren Unsicherheit thematisiert. Dabei wird von den Schülern verlangt, die nötige Multiplikation als Teil einer einfachen Proportionalität eigenständig zu erkennen und durchzuführen, um das Verfahren später auch für andere Messzeiten nutzen zu können.

Im folgenden Teil B der Versuche wird die Messung der Pulsfrequenz auf Belastungssituationen ausgeweitet und die den Schülern bekannte Situation des beschleunigten Pulses unter körperlicher Anstrengung quantifiziert. Im weiteren Verlauf sollen die Schüler aus ihrem Vorwissen Gründe für die nötige Erhöhung des Pulsschlags bei körperlicher Betätigung erarbeiten.

Die im Teil D vorgestellten Methoden, den eigenen Puls zu ertasten, sind dagegen nicht auf quantitative Ergebnisse ausgelegt und dienen lediglich der Selbstwahrnehmung und schulen die Fähigkeit der Schüler, die Signale des eigenen Körpers bewusst zu registrieren und zu nutzen.

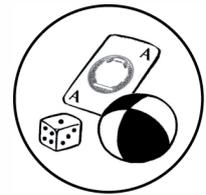
Der Modellversuch in Teil C muss auch in Partnerarbeit durchgeführt werden, da ein Schüler die Luftpumpe, die das Herz darstellt, bedienen muss, während der andere am zugehaltenen Schlauch einen deutlichen ‚Puls‘ spüren kann. Die Füllung des Systems mit Wasser als Blut, um das Modell der Realität ähnlicher zu machen, ist zwar prinzipiell durchführbar, aber angesichts der möglichen Konsequenzen für den Klassenraum nicht ratsam. Zudem sollten die Schüler dieser Altersstufe in der Lage sein, die modellhafte Analogie der eingeschlossenen, zyklisch komprimierten Luft zur Kompressionswelle des arteriellen Blutes zu erkennen. Als Erkenntnis folgt aus diesem einfachen Versuch in Übertragung auf die Körperfunktionen sofort, dass der Herzschlag die Ursache für die Wirkung des Pulsschlags ist und dass sich die Druckwelle entlang der Adern (des Schlauches) gut ausbreiten kann.

Da in dieser Altersstufe das Konzept des Blutkreislaufs noch nicht verinnerlicht ist, besteht bei vielen Schülern die irrige Vorstellung, das Herz treibe das Blut von sich weg in den Körper. Folglich sollten alle Adern das Blut vom Herzen weg z. B. in die Extremitäten pumpen. Das letzte Teilexperiment E thematisiert diese Vorstellung und bringt sie zu Fall. Durch das Ausstreichen und Blockieren einer Ader auf dem Handrücken in Richtung der Fingerspitzen wird deutlich, aus welcher Richtung, nämlich von den Fingern her, diese Ader gefüllt wird. Bei konzentrierter Beobachtung kann sogar direkt die Richtung der erneuten Füllung bei Beseitigung des Staus beobachtet werden. An dieser Stelle erlebt der Schüler eine direkte Konfrontation seiner Alltagsvorstellung mit seiner Beobachtung. Dieses sollte, nicht zuletzt durch die geforderte Verbalisierung des Gesehenen, im regulären Falle zur Verwerfung der alten Vorstellung und zur Verinnerlichung des tatsächlichen Kreislaufkonzepts des Blutes führen.

Zusammen mit den Versuchen zur Messung der Atemfrequenz stellen diese Experimente ein Kernstück der Befassung mit dem eigenen Körper und seinen Leistungen dar und können Bindeglied zu einer Reihe zur Gesundheitsprophylaxe und zur sportlichen Ertüchtigung sein.

## F – Das Herz-Kreislauf-Spiel

**Info:** Vermutlich weißt du schon, dass unser Blutkreislauf durch das Herz angetrieben wird. Weniger bekannt ist, dass unser Herz aus zwei getrennten Teilen, den Herzkammern, besteht, die zwei verschiedene Kreisläufe in Gang halten. Dieses recht komplizierte Zusammenspiel soll hier in einem Spiel auf dem Schulhof vereinfacht veranschaulicht werden.



### Inhalt

- ➔ Je eine linke und rechte Herzkammer
- ➔ Je 4 rote und blaue Herzklappen
- ➔ Je 2 gelbe und grüne Umhängeschilder „Muskel“ und „Lunge“
- ➔ Eine Herz-Rhythmus-Trommel mit Schlegel
- ➔ Ein Paket Straßenkreide in den Farben rot, grün, blau, gelb
- ➔ Schachtel mit CO<sub>2</sub>-/O<sub>2</sub>-Kärtchen (je 30)

### Vorbereitung

- ➔ Malt wie auf dem Bild rechts ein mindestens 2 m großes Herz auf den Schulhof. Verwendet die gleichen Farben wie im Bild.
- ➔ Ergänzt darüber und darunter Lunge und Muskel und auch die Blutbahnen.
- ➔ Verteilt folgende Rollen:
  - 1 Schüler: führt Regie und schlägt die Herz-Rhythmus-Trommel
  - 5 Schüler: linke Herzkammer (je 2 mit einer roten Herzklappe, einer mit Herzkammer)
  - 5 Schüler: rechte Herzkammer (je 2 mit einer blauen Herzklappe, einer mit Herzkammer)
  - 2 Schüler: Lunge (jeder hängt sich ein Lungen-Schild um). Sie bekommen alle O<sub>2</sub>-Karten.
  - 2 Schüler: Muskel (jeder hängt sich ein Muskel-Schild um). Sie bekommen alle CO<sub>2</sub>-Karten.
  - Alle übrigen Schüler sind rote Blutkörperchen.

### Durchführung

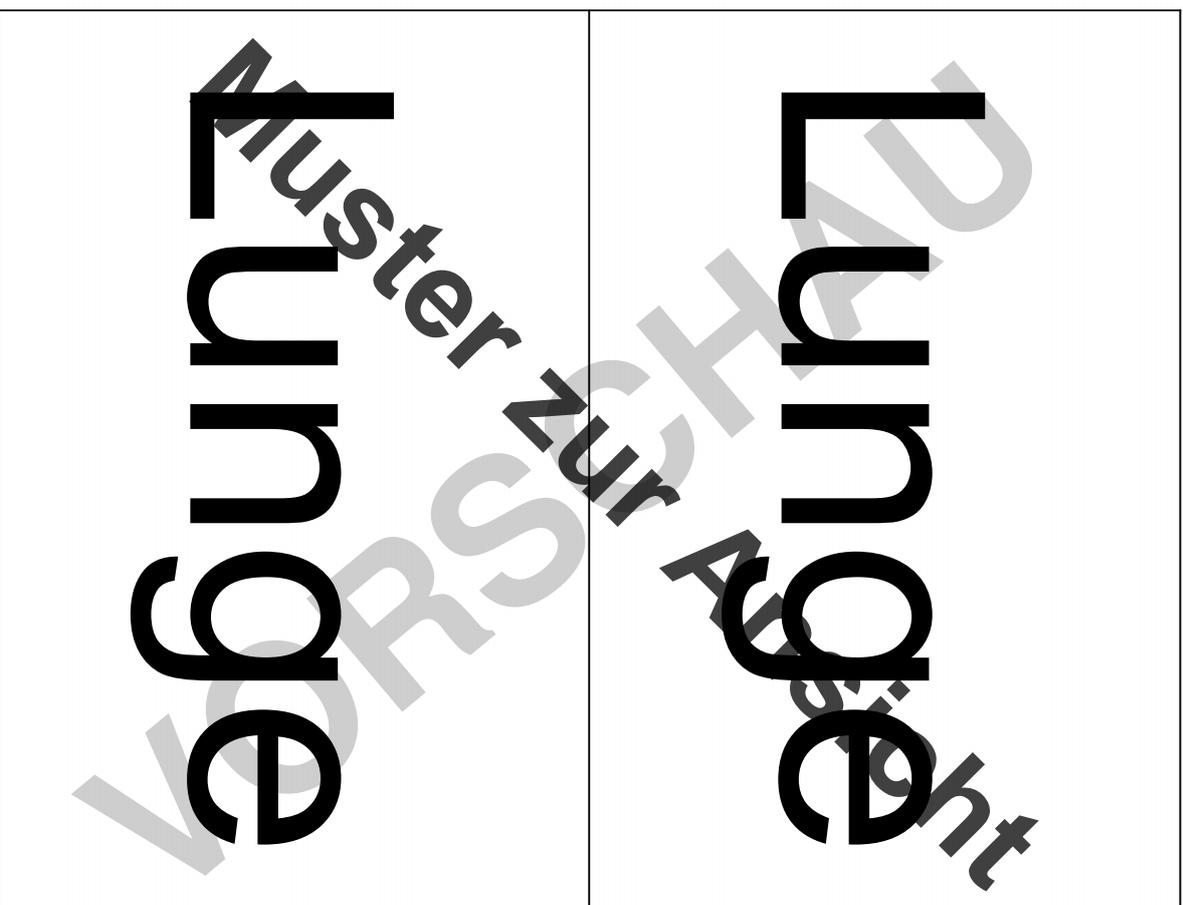
- ➔ Die Blutkörperchen stellen sich vor dem Eingang zur blauen Herzkammer in einer Reihe auf.
- ➔ Die Ein- und Ausgänge der Herzkammern werden durch je zwei Herz-Spieler mit ihren Klappen verschlossen. Die beiden Herzkammer-Spieler stehen Rücken an Rücken auf der Scheidewand.
- ➔ Der Trommler gibt den Herzschlag und damit das Öffnen und Schließen der Herzklappen an, zuerst ganz langsam.
  1. Schlag: Einlassklappen öffnen sich und lassen ein Blutkörperchen hinein. Der Auslass bleibt zu.
  2. Schlag: Einlassklappen schließen sich und Auslassklappen öffnen sich. Dabei schiebt die Herzkammer das Blutkörperchen hinaus. Dies geht über die Ader zur Lunge.
- ➔ Nächster Takt: Wiederholung von Schlag 1 und 2 usw.
- ➔ In der Lunge bekommt das Blutkörperchen eine O<sub>2</sub>-Karte und geht damit weiter zur roten Herzkammer.
- ➔ In beiden Herzkammern öffnen und schließen sich die Klappen abwechselnd und schleusen die Blutkörperchen durch.
- ➔ Von der linken Herzkammer gelangen die Blutkörperchen in den Muskel. Dort geben sie ihre O<sub>2</sub>-Karte bei einem Muskel-Spieler ab und bekommen vom zweiten eine CO<sub>2</sub>-Karte.
- ➔ Vom Muskel geht der Weg zurück zur rechten Herzklappe und von dort wieder zur Lunge, wo der zweite Lungen-Spieler die CO<sub>2</sub>-Karten einsammelt.
- ➔ Das Spiel ist beendet, wenn alle CO<sub>2</sub>-Karten in der Lunge sind.

### Variation

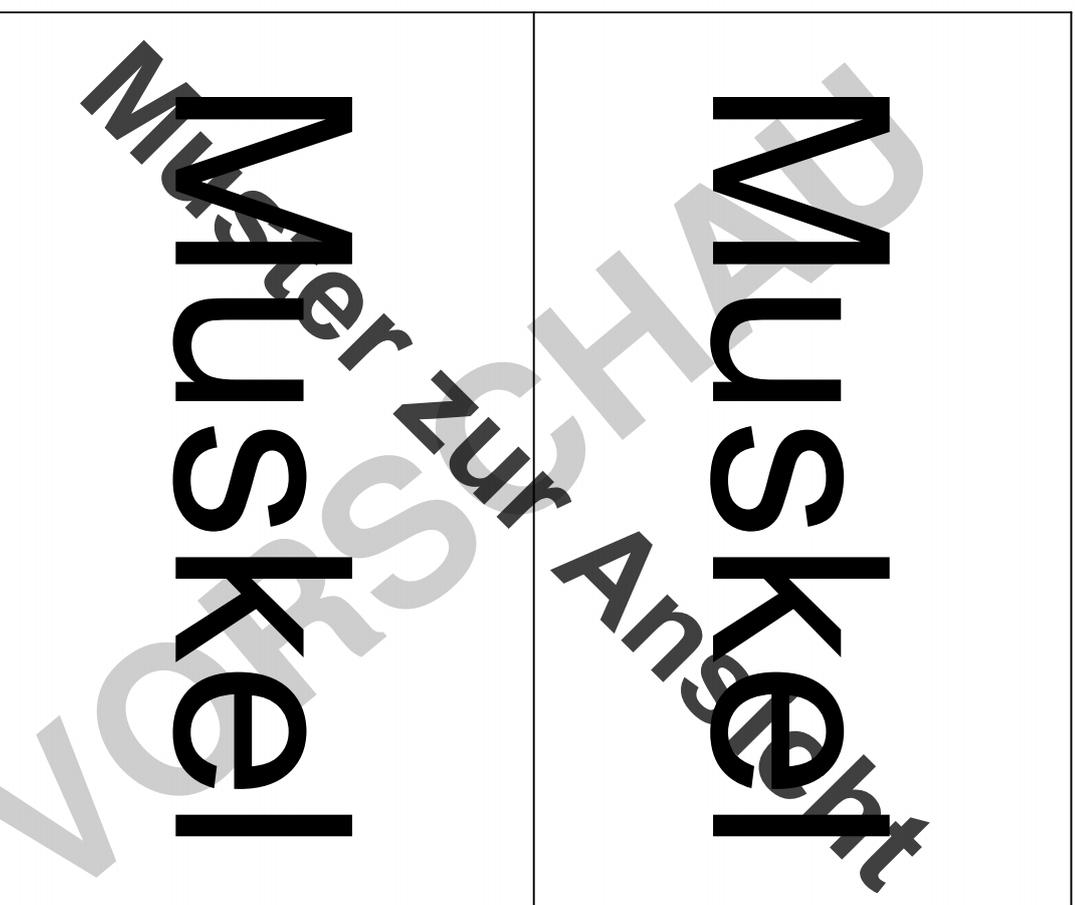
- ➔ Tauscht die Rollen, sodass jeder einmal ein Blutkörperchen ist.
- ➔ Es können verschiedene Tätigkeiten des Körpers simuliert werden, z. B. Schlaf, Sprint, etc.



2 grüne Lungen



2 gelbe Muskeln



zur Vollversion



Material zu F – Das Herz-Kreislauf-Spiel

30 rote Sauerstoffkärtchen

O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>



$O_2$	$O_2$	$O_2$
$O_2$	$O_2$	$O_2$
$O_2$	$O_2$	$O_2$

30 blaue Kohlendioxidkärtchen

$CO_2$	$CO_2$	$CO_2$
$CO_2$	$CO_2$	$CO_2$
$CO_2$	$CO_2$	$CO_2$



$\text{CO}_2$	$\text{CO}_2$	$\text{CO}_2$



# rechte Herzkammer

Herzklappe

Herzklappe



# linke Herzkammer

Muster zur VORANSICHT





### Hinweise zum Klassenspiel F „Das Herz-Kreislauf-Spiel“

In diesem Spiel steht der prinzipielle Weg des Blutes durch die zwei Blutkreisläufe und die Funktion des Blutes als Transportmedium der Atemgase im Vordergrund. Entsprechend sind anatomische Details wie der Herzvorhof oder die Zweiteilung der Lunge vernachlässigt. Das entscheidende Lernziel für die Schüler soll die Einsicht sein, dass unser Herz in Wirklichkeit aus zwei völlig getrennten Einheiten besteht, die jeweils als Blutpumpe für verschiedene Teilkreisläufe arbeiten, die das Blut nacheinander vollständig durchlaufen muss. Diese elementare Erkenntnis lässt sich anhand von Arbeitsblättern voller anatomischer Details schwerlich gewinnen.

Von den vielen verschiedenen Aufgaben des Blutes wird hier nur die wesentliche, nämlich die Aufnahme von Sauerstoff durch den Lungenkreislauf und der Abtransport des Kohlendioxids aus den Muskeln, thematisiert, wobei davon ausgegangen werden kann, dass den Schülern das Grundprinzip ‚Sauerstoff einatmen – Kohlendioxid ausatmen‘ bekannt ist. Die Verwendung der chemischen Symbole  $O_2$  für Sauerstoff und  $CO_2$  für Kohlendioxid kann hier eingeführt oder vorher im regulären Unterricht thematisiert werden. Auch an diesem Detail kann die Verwobenheit der Biologie mit den anderen Naturwissenschaften deutlich gemacht werden. An dieser Stelle der Unterrichtseinheit wäre auch ein Exkurs zur gegenläufigen Pflanzenatmung, der Photosynthese, denkbar.

Das Spiel ist darauf angelegt, die gesamte Klasse gleichzeitig agieren zu lassen. Wird ein Wechsel der Rollenbesetzung nach einem Durchgang angestrebt, was hinsichtlich der einprägenden Wirkung sinnvoll ist, so erstreckt sich das Spiel etwa auf eine ganze Unterrichtsstunde. Ort der Handlung ist der Schulhof oder eine andere befestigte Fläche, da eine Kreidezeichnung des Blutkreislaufs auf dem Boden nötig ist. Die Erstellung dieser farbigen Zeichnung nach der Vorlage auf dem Anweisungsblatt ist bereits Bestandteil des Spiels und sollte durch den Spielleiter, der auch später den Herzrhythmus vorgibt, organisiert werden. Dabei muss auf die genügende Größe der Spielzeichnung geachtet werden.

In der regulären Version des Spiels werden 15 Schüler einschließlich des Spielleiters für organische Funktionsteile wie Herzklappen oder Lunge benötigt. Alle anderen Schüler spielen die Blutkörperchen, die sich geordnet durch den doppelten Kreislauf Herz-Lunge bzw. Herz-Muskel bewegen und dabei zweimal das Herz durchqueren. Soll das Spiel nur mit einer Teilgruppe gespielt werden, kann man jede Herzklappe und Lunge bzw. Muskel nur durch einen Schüler repräsentieren lassen und kommt so auf neun Schüler ohne Blutkörperchen.

Die Schilder mit den anatomischen Bezeichnungen werden am besten auf farbiges Papier der entsprechenden Zeichenfarbe kopiert und anschließend laminiert. Die Schilder „Muskel“ und „Lunge“ bekommen eine Umhängekordel, während die „Herzklappen“- und „Herzkammer“-Schilder in Händen gehalten werden, um sie aktiv im Spiel einsetzen zu können. Die Schüler der Herzkammern können den Pumpvorgang des Blutes simulieren, indem sie das betreffende Blutkörperchen aus der sich öffnenden Herzklappe hinausdrücken.

Auch die  $O_2$ - und  $CO_2$ -Kärtchen werden, der üblichen Farbcodierung für sauerstoffreiches bzw. -armes Blut folgend, auf rotes und blaues Papier ausgedruckt, laminiert und ausgeschnitten. Wenn alle  $CO_2$ -Kärtchen in der Hand der Lunge-Schüler sind, ist das Spiel beendet und kann in anderer Konfiguration wiederholt werden.

Die Rhythmustrommel kann leicht aus einem alten Eimer oder einer großen Dose bespannt mit einer Kunststoffmembran improvisiert werden, wobei der Takt des Herzens mit einem Holzstab geschlagen werden kann. Durch Variation des Taktschlags können zusätzlich verschiedene Körperzustände wie Schlaf oder Dauerlauf simuliert werden.

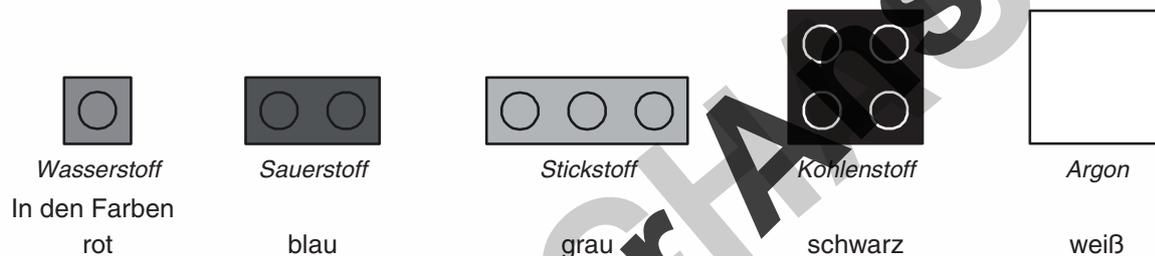
Die Rolle des Schülers mit der Trommel beschränkt sich nicht nur in der Synchronisation der Herz-tätigkeit, er sollte auch federführend in der Regie und Vorbereitung des Spiels sein.

## G – Der Lego-Molekül-Baukasten

**Info:** Wenn man einen beliebigen Stoff immer weiter teilt, trifft man irgendwann auf die sogenannten *Atome*. Diese lassen sich mit normalen Mitteln nicht weiter spalten, daher ihr Name, der auf Griechisch unteilbar bedeutet. Bei den alten Griechen wurden nur die vier Elemente Feuer, Wasser, Erde und Luft unterschieden, doch bald bemerkten die Alchemisten des Mittelalters, dass es viel mehr sein mussten. Heute kennt man etwas über 100 verschiedene Atome. Das bedeutet, es gibt auch nur genau so viele *Elemente*, das heißt Grundsubstanzen, die genau aus einer Sorte von Atomen bestehen. Alle anderen Stoffe sind Verbindungen von Atomen, die *Moleküle* heißen. Dabei können sich sowohl Atome der gleichen Sorte miteinander verbinden als auch solche verschiedener Elemente. Diese Verbindungen haben dann sehr oft völlig verschiedene Eigenschaften. So verbinden sich z. B. die Gase Wasserstoff und Sauerstoff zur Flüssigkeit Wasser. In unserem Körper gibt es viele komplexe Moleküle mit mehr als 10 000 Einzelatomen. Man kann die Vorgänge des Lebens nur verstehen, wenn man weiß, wie sich die Moleküle verhalten.

Die Chemiker haben herausgefunden, dass nicht jedes Atom die gleichen Möglichkeiten hat, eine Bindung mit einem Partner einzugehen. Hier setzt unser Lego-Molekül-Baukasten an.

Auch bei Legosteinen stehen durch die verschiedenen Steine unterschiedliche Möglichkeiten der Verknüpfung zur Verfügung. Wir stellen uns also vor, die Legos sind Atome und zwar:



Natürlich sehen Atome nicht so aus, aber dieses Modell soll ja auch nur die verschiedenen Bindungsmöglichkeiten veranschaulichen. Die Bindungen zwischen den Atomen werden durch die flachen Zweierplättchen dargestellt. Zum einfacheren Bauen kannst du die Grundplatte verwenden. Als Regel gilt:

**Alle Atome versuchen, möglichst immer alle Bindungsmöglichkeiten zu belegen.**

Dabei sollen in unserem Modell nur die Verbindungsstellen oben auf den Legosteinen gelten. Du darfst hier also nicht zwei Lego-Atome aufeinandersetzen, sondern immer nur nebeneinander.

**Material:** 2 Auftragskarten A und B, 18 Legosteine: 1 Grundplatte, 1 Vierer, 2 Dreier, 4 Zweier, 4 Einer, 1 glatter Vierer, 5 Zweierplättchen als Verbinder der Atome

Die Tabelle gibt dir eine Übersicht über die wichtigsten Elemente:

Chemisches Element	Lateinischer Name	Zeichen	Bindung	Interessante Eigenschaften
Wasserstoff	<i>Hydrogenium</i>	H	1	Kleinstes und häufigstes Atom im All
Sauerstoff	<i>Oxygenium</i>	O	2	Gas, das wir zum Atmen brauchen
Stickstoff	<i>Nitrogenium</i>	N	3	Gas, Hauptbestandteil der Luft
Kohlenstoff	<i>Carboneum</i>	C	4	Ruß, wir bestehen fast nur daraus
Argon	<i>Argon</i>	Ar	0	Edelgas, macht 1 % der Luft aus

### Aufgaben:

- Übertrage die Tabelle für deine Unterlagen. Zeichne jeweils das Lego-Atom dazu.
- Bearbeite die Auftragskarten A und B und halte die Ergebnisse schriftlich fest.

## Materialien zu G – Der Lego-Molekül-Baukasten

G – Der Lego-Molekül-Baukasten

Auftragskarte A

### Gleich und gleich gesellt sich gern oder Moleküle aus gleichen Atomen



**Info:** Wenn gleiche Atome die Gelegenheit haben, sich untereinander zusammenzuschließen, dann tun sie es meistens auch. Die Eigenschaften des Stoffs ändern sich dabei nicht viel.

**Material:** Die 18 Legosteine des Modellbaukastens

#### Durchführung

1. Nimm die Wasserstoffatome und baue sie zu Molekülen zusammen. Wie viele Atome kannst du miteinander koppeln?
2. Die chemische Schreibweise schreibt bei Molekülen zuerst das chemische Zeichen und dann klein gestellt die Anzahl der gleichen Atome, also **H** für **Hydrogenium** und eine kleine 2, weil immer nur 2 Wasserstoffatome aneinander passen: Wasserstoffmolekül **H<sub>2</sub>**, gesprochen „Ha-zwei“.
3. Untersuche bei den übrigen Atomsorten, welche gleichatomigen Moleküle sie bilden können. Benutze dabei unsere Hauptregel.
4. Schreibe deine gefundenen Moleküle in der internationalen chemischen Schreibweise auf.
5. Eine Besonderheit ist das Ozon, welches die chemische Formel **O<sub>3</sub>** besitzt. Es ist ein giftiges Gas, was uns allerdings in der sogenannten *Ozonschicht* in 25 km Höhe vor den gefährlichen UV-Strahlen der Sonne schützt. Baue nun auch ein Ozonmolekül.
6. Hast du erkannt, dass man mit unserem Modell kein C<sub>2</sub>-Molekül bauen kann, weil dann immer Bindungen frei bleiben? Tatsächlich gibt es dieses in der Natur auch nicht, da nicht alle vier Bindungen in eine Richtung zeigen können. Kohlenstoff kann sich allerdings untereinander zu Plättchen verbinden, dann nennt man ihn *Graphit*. Bleistiftminen bestehen daraus. Oder die C-Atome bilden ein räumliches Gitter, dann nennt man es *Diamant*. Neuerdings wurde auch ein ebenes Gitter wie ein Maschendraht aus C-Atomen hergestellt, das *Graphen*.
7. Argon hat gar keine Bindungsmöglichkeit und heißt daher *Edelgas*. Weitere Edelgase sind Helium, Xenon oder Krypton.

G – Der Lego-Molekül-Baukasten

Auftragskarte B

### Ha-zwei-O macht Kinder froh oder Moleküle aus verschiedenen Atomen



**Info:** Viele wichtige Stoffe des Alltags sind Moleküle aus ganz wenig verschiedenen Atomen. Einige kannst du hier kennenlernen und mit dem Modellbaukasten konstruieren. Fast immer sind die Eigenschaften des entstehenden Stoffes völlig anders als die der Ausgangsatome.

**Material:** Die 18 Legosteine des Modellbaukastens

#### Durchführung

1. Du kennst sicher die chemische Formel von Wasser: **H<sub>2</sub>O**. Baue dieses Molekül mit unserem Modellbaukasten nach. Beachte, wie stark sich seine Eigenschaften geändert haben. Aus der Verbindung von zwei Gasen ist eine Flüssigkeit geworden.
2. Eine Verbindung mit Sauerstoff heißt *Oxid*. Werden zwei Sauerstoffatome angebaut, so nennt man diese Verbindung *Dioxid* (von *Di* = 2). So gesehen ist das Wasser eigentlich ein Wasserstoffoxid. Konstruiere nun das Oxid von Kohlenstoff und schreibe das Ergebnis als chemische Formel und als Namen auf.
3. Das in 2. konstruierte Molekül heißt Kohlenstoffdioxid, chemisch **CO<sub>2</sub>**, wird aber oft auch nur Kohlendioxid genannt. Mineralwasser enthält es als kleine Gasperlen, wir atmen es aus und die Pflanzen nehmen es als Nahrung wieder auf. Leider wird es auch bei jeder Verbrennung frei und hat deshalb als *Treibhausgas* angefangen, unser Klima zu verändern.
4. Methan ist ein brennbares Gas aus Wasserstoffatomen und einem Kohlenstoffatom. Konstruiere das Molekül und schreibe seine chemische Formel auf.
5. Lachgas ist **N<sub>2</sub>O** und wird zur Narkose benutzt. Baue es nach.
6. Ammoniak ist ein weiterer Stoff, den du mit unserem Baukasten konstruieren kannst. Versuche herauszubekommen, welche Formel er besitzt, sodass du ihn nachbauen kannst. Schreibe seine Eigenschaften in einem kleinen Steckbrief auf.



Konstruiere Methanol mit der Formel **CH<sub>3</sub>OH**, eine brennbare Flüssigkeit, mit der man z. B. Autos antreiben kann.





### Hinweise zum Versuch G „Der Lego-Molekül-Baukasten“

Dieses Material befasst sich mit den chemischen Grundlagen der biologischen Prozesse und ergänzt den Versuch zur Zusammensetzung der Luft. Es stellt in einer spielerisch-haptischen Weise die möglichen Moleküle dar, deren Namen die Schüler längst aus dem Alltag kennen, und lässt sie sie als Konsequenz einfacher Bildungsregeln entdecken.

Grundlage der Modellexperimente sind einfache Legosteine, die z. B. günstig auf Flohmärkten angeboten werden. Die Grundidee dabei ist, dass die verschiedenen Steine mit ihrer unterschiedlichen Anzahl von Verbindungsstellen die jeweilige Atomsorte mit gleicher Anzahl von freien Bindungsmöglichkeiten repräsentiert, wie sie sich aus dem Bau der Elektronenhüllen ergibt.

Es wird dabei natürlich nicht zwischen Elektronenüberschuss bzw. -mangel differenziert. Die jeweilige Farbe der Atomsorte, dient nur der stärkeren Unterscheidbarkeit und ist zum Teil an den technisch verwendeten Farben, z. B. den roten Wasserstoffflaschen, orientiert. Die Grundregel zur Verknüpfung lautet, dass Atome immer alle zur Verfügung stehenden Verbindungsstellen auch besetzen wollen. Als einzige weitere Bildungsregel wird genannt, dass nur die Verknüpfungen auf der Oberseite der Steine gelten. Es ist also nicht erlaubt, Stapel von Legosteinen zu erstellen. Dabei wird die Bindung zwischen zwei Atomen durch dünne Zweierplättchen realisiert, die auf die jeweiligen Legosteine gedrückt werden.

So muss ein Wasserstoffatom notgedrungen ein Einer-Stein sein, während der Zweier-Stein das Sauerstoffatom repräsentiert, der Dreier den Stickstoff und der Vierer den Kohlenstoff. Damit sind bereits alle Atomsorten beisammen, die die einfachsten Grundlagen der Biomoleküle und der Atmosphärenchemie repräsentieren. Lediglich das Argonatom wurde der Vollständigkeit halber zusätzlich mit aufgenommen, um einerseits die Möglichkeit, dass keinerlei Bindung erfolgt, d. h. das Prinzip der Edelgase, zu repräsentieren, und andererseits, um dessen Anteil an der Atmosphäre zu berücksichtigen. Dabei muss das Argonatom aus einem Stapel von zwei dünnen Viererplättchen und einem abschließendem glatten Viererplättchen ohne Verbinder aufgebaut werden, da es keine dicken Legosteine ohne Deckverbinder gibt.

Bei den Modellversuchen wird zwischen den gleichatomigen und den verschiedenatomigen Molekülen unterschieden. Karte A widmet sich dem ersten Fall und dient gleichzeitig als Einführung in das System. Sie beginnt mit Wasserstoff als dem einfachsten Element. Schon hier müssen die Schüler erkennen, dass die Bindungsregel einzig die Verbindung von je zwei Wasserstoffatomen zulässt. Im nächsten Schritt wird die chemische Kurzschreibweise, vielen Schülern bereits in Ansätzen bekannt, vorgestellt und das so gebildete Molekül als  $H_2$  beschrieben. Auch die Herkunft der Abkürzungen aus den historischen lateinischen Namen der Stoffe wird thematisiert. Im weiteren Verlauf entdecken die Schüler, dass sich nach den Bindungsregeln zwar sowohl  $O_3$  (Ozon) als auch  $O_2$  (normales Sauerstoffgas) bilden lässt, dies bei Stickstoff jedoch nicht möglich ist. Die Arbeitskarte A endet mit einem Blick auf die Edelgase und die Modifikationen von Kohlenstoff, bei dem es nicht möglich ist, zwei- oder dreiatomige Moleküle zu bilden.

Im Teil B werden Moleküle aus verschiedenen Atomsorten untersucht. Den Anfang macht das allseits bekannte Wassermolekül  $H_2O$ , das sich aus der Bildungsregel zwangsläufig ergibt und dessen bekannte Formel nun im Rahmen der eingeführten Benennungssyntax für die Schüler Sinn ergibt. Es folgt das  $CO_2$ , welches den Schülern in den verschiedensten Kontexten schon begegnet ist und sich zwanglos in das Ordnungsprinzip der Moleküle einordnet.

Im weiteren Verlauf werden nun immer komplexere Konstruktionsaufgaben gestellt, bei denen entweder, wie bei Methan, die Zusammensetzung vorgegeben und der Zusammenbau sowie die daraus resultierende chemische Formel eingefordert werden, oder es wird die Formel, z. B. von Lachgas oder Methanol, genannt, und die Schüler müssen danach das Molekülmodell erstellen. Eine weitere Aufgabe widmet sich dem Ammoniak,  $NH_3$ , dessen Zusammensetzung und Bedeutung recherchiert werden soll.

Kennzeichnend für alle behandelten Substanzen ist, dass die Schüler ihren Namen bereits in anderen schulischen Kontexten oder im Alltag gehört haben und ihnen der Modellbaukasten eine Möglichkeit eines einfachen Ordnungsprinzips vermittelt, das dazu an dem strengeren Gesetzen des späteren Chemieunterrichts orientiert ist. Dass es sich bei den verwendeten Legosteinen um eingeschränkte Funktionsmodelle und nicht um realistische Anschauungsmodelle von Atomen handelt, ist jedem Schüler sofort klar.

Ein weiterer Vorteil der Verwendung von Legos anstelle der öfters im chemischen Fachunterricht zum Einsatz kommenden Molekül-Stecksysteme ist die größere Akzeptanz und Vertrautheit der Schüler mit den allseits bekannten Steinen, was sich meist in einer ausgeprägten Spiel- und Experimentierfreude äußert.

