

Naturlehre

Einführendes naturwissenschaftliches
Praktikum

Lern- und Arbeitsordner für die 8. - 9.
Schulstufe

Herausgegeben von
D. POSSNER

Autoren

J. ACKERMANN, C. DEICHA, M. DENOTH-HASLER, F. EPPLE,
M. GAPPISCH, U. HANSELMANN, K. HILTI, D. MIESCHER,
D. POSSNER, F. ZÜRCHER

Dieser Ordner gehört

Klasse: _____ Schuljahr: _____

Vaduz 2000

VORWORT

Der Naturlehre-Unterricht versteht sich als Einführung in die naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise am Ende der Sekundarstufe I. Er trägt dazu bei, für alltägliche Erscheinungen aus dem Bereich der Naturwissenschaften zu sensibilisieren und fördert so das Verständnis und den Respekt gegenüber der Natur. Die erworbenen Grundkenntnisse, -fertigkeiten und -einstellungen sind auch für diejenigen von Bedeutung, die sich in Zukunft nicht weiter mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen beschäftigen werden.

Für den Erwerb von *Grundkenntnissen* in den Fächern Physik, Chemie, Biologie und Geographie werden die Schülerinnen und Schüler mit den Leistungen bedeutender Wissenschaftler, mit grundlegenden Begriffen, Phänomenen, Zusammenhängen und Gesetzmässigkeiten, mit Sicherheitsvorschriften, Arbeitstechniken und Geräten konfrontiert. Die Auswahl der Inhalte richtet sich nach dem Erfahrungsumfeld der Schülerinnen und Schüler sowie nach den bestehenden Lehrplänen der vier beteiligten Fächer.

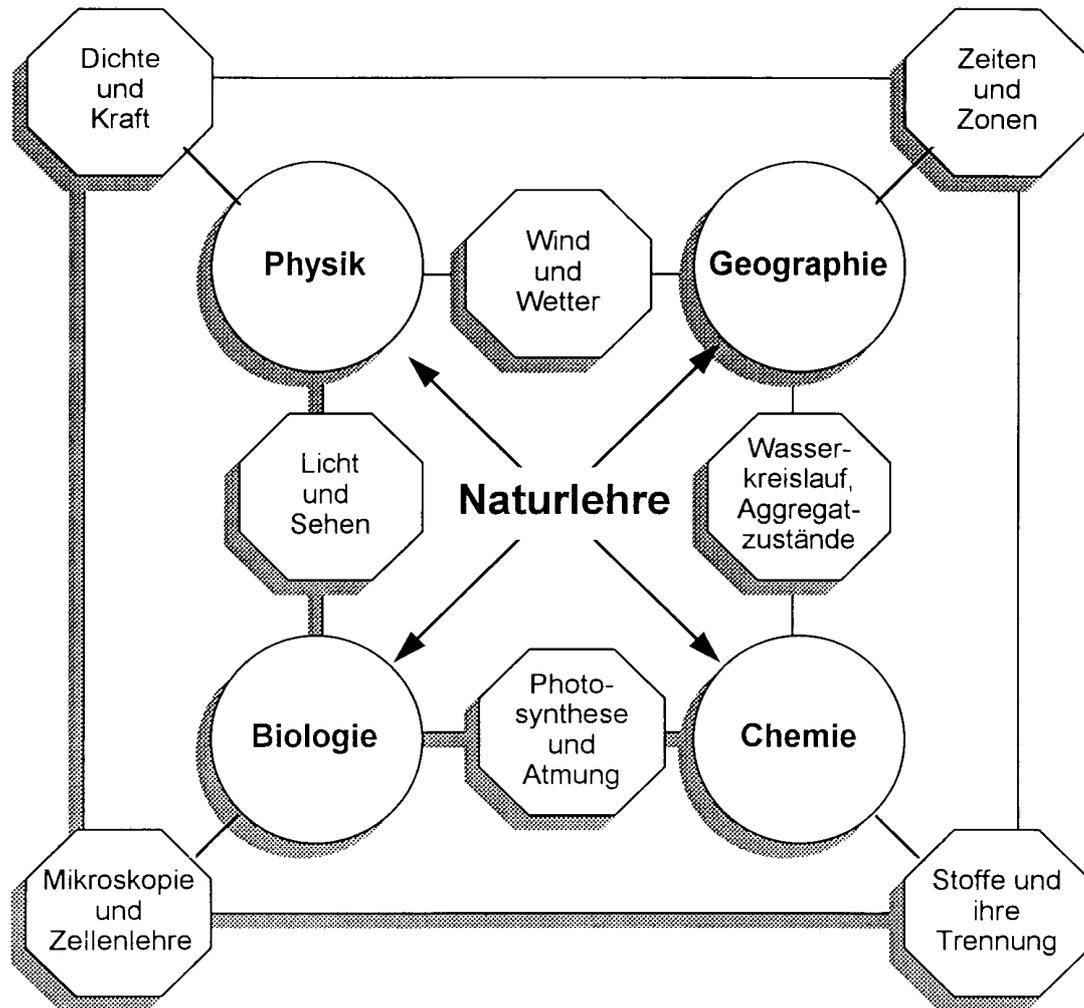
Es werden folgende *Grundfertigkeiten* geübt: (1) Theoretische und praktische Arbeiten anhand einer schriftlichen Anleitung selbständig oder in kleinen Gruppen auszuführen, (2) richtig und genau zu beobachten, (3) Daten durch Messen und/oder Schätzen zu sammeln, zu ordnen und auszuwerten, dies insbesondere mittels Tabellen und Diagrammen, der zeichnerischen Darstellung von Versuchsaufbauten und Beobachtungen, der sprachlichen Darstellung von Sachverhalten sowie der Diskussion von Fehlern und Abweichungen, (4) zu präparieren und zu mikroskopieren, (5) mit einfacher Laborausrüstung umzugehen.

Zu den *Grundeinstellungen* die das Fach vermittelt, gehört die Förderung einer selbständigen, zielstrebigem Arbeitshaltung mit angemessener Sorgfalt und Ausdauer wie auch der Bereitschaft, die eigenen Fähigkeiten in einer Kleingruppe einzubringen. Wichtige Bestandteile des Unterrichts bilden Experimente und theoretische Aufgaben, die einzeln oder in Gruppen, in der Schule oder zu Hause durchgeführt und ausgewertet werden. Mit dieser Unterrichtsform üben die Schülerinnen und Schüler, Wissen eigenständig und im Team zu erwerben und die zur Verfügung stehende Zeit einzuteilen. Sie lernen ihre persönlichen Stärken und Schwächen mit denen anderer zu vergleichen.

Im Naturlehre-Unterricht wird fachspezifisch und fächerübergreifend gearbeitet. Dort, wo der schulische Fächerkanon Grenzen setzt, die von der Natur nicht vorgegeben sind, erfolgt der Unterricht in interdisziplinärer Form (vgl. die Abbildung auf der gegenüberliegenden Seite).

Die vorliegenden Unterlagen enthalten (1) einen kurzen Theorieteil, welcher die von der Lehrperson vorgestellten Inhalte zusammenfasst, (2) darauf aufbauende Anleitungen für Versuche, die teilweise als Hausaufgabe gemacht werden können, (3) ausreichend Platz für die schriftliche Beantwortung der gestellten Aufgaben, (4) detaillierte Lernziele (Feinziele), die von den Schülerinnen und Schülern als Prüfungsvorbereitung verwendet werden können sowie (5) Checklisten zur organisatorischen Planung des Unterrichts.

Naturlehre: Fachspezifisch und Fächerübergreifend



➔ Tips zur Heftführung

Achte bei der Bearbeitung deines Naturlehre-Ordners auf folgende Punkte:

- Vollständigkeit (Benützen der Checklisten; wenn ein Versuch nicht gemacht wurde ist es gut, wenn du den Grund dafür angibst)
- Richtige Darstellung von Diagrammen (vgl. S.169) und Tabellen (vgl. S.171)
- Sorgfältige, nicht zu kleine Zeichnungen
- Richtigkeit deiner Aussagen
- Sauberkeit, Sorgfalt, Orthographie, Verwendung von Farben
- Merksätze, Gesetze, Wichtiges im eigenen Text wie auch in den theoretischen Grundlagen besonders hervorheben (z.B. mit Farben einrahmen)
- Einheiten nicht vergessen (cm^3 , N, $^{\circ}\text{C}$ nicht C° usw.)
- Falls zu wenig Platz vorhanden ist kannst du ein Blatt einfügen

INHALTSVERZEICHNIS

Mikroskopie und Zellenlehre	1
<i>Checkliste</i>	1
<i>Lernziele</i>	2
Bau und Funktion des Lichtmikroskops LM.....	3
Betrachten eines beliebigen Gegenstandes, Probleme bei der Arbeit	4
HOOKE findet die ersten Zellen in Kork (1665), Zellgrösse	5
Präparation von Mundschleimhautzellen; Blende, Färbung	6
MALPIGHI entdeckt den zellulären Aufbau aller Pflanzen (1677)	
BROWN entdeckt erst 1831 den Zellkern	7
Modell einer ausgewachsenen Pflanzenzelle	8
LEEUWENHOEK entdeckt die Bakterien (um 1680) (Hausaufgabe)	9
Wiederholung des Experimentes von LEEUWENHOEK	11
Vergleich: Pflanzliche, tierische bzw. menschliche Zelle, Bakterien (HA) 12	
Wasserkreislauf und Aggregatzustände.....	13
<i>Checkliste</i>	13
<i>Lernziele</i>	14
Verteilung des Wassers auf der Erde (Hausaufgabe).....	15
Der Wasserkreislauf (Hausaufgabe).....	16
Diffusion	17
BROWN'sche Bewegung	18
Verhalten von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen	19
Aggregatzustände und Teilchenmodell (Hausaufgabe)	20
Teilchen überall (Hausaufgabe)	21
Schmelzen von Eis	22
Sieden von Wasser	23
Aus Wasserdampf wird wieder flüssiges Wasser (Kondensation).....	24
Verdunsten von Wasser (Hausaufgabe)	25
Verdunstung von Ether	26
Die Aggregatzustände des Wassers und das Klima (Hausaufgabe).....	27
Licht und Sehen.....	28
<i>Checkliste</i>	28
<i>Lernziele</i>	29
Lichtbrechung	30
„Fischestecken“	30
Der Lichtstrahl wird gebrochen: 1. Übergang von Luft in Glas.....	31
Der Lichtstrahl wird gebrochen: 2. Übergang von Glas in Luft.....	32
Strahlengangkonstruktion durch ein gleichseitiges Prisma (Hausaufgabe) 33	
Spektralfarben	34
Der Regenbogen (Demonstrationsversuch)	35
Der Strahlengang im Wassertropfen	36
Spektroskopie	37
Strahlengang in optischen Linsen (I).....	38
Strahlengang in optischen Linsen (II)	39
Bestimmung der Brennweite von Sammellinsen, Dioptrie.....	40
Das Auge	41
Vom Sehen (Film).....	41
Bau eines einfachen Augenmodells	42
Der Aufbau des Auges (Hausaufgabe).....	43
Vergleich des Auges mit dem Fotoapparat	44
Akkommodation (Tiefenschärfe, Schärfentiefe) (Hausaufgabe)	45

Biologie der Akkommodation.....	46
Bestimmung des Nahpunktes (Hausaufgabe)	46
Augenfehler und Brillen (Hausaufgabe)	47
Modell für das normalsichtige und das alterssichtige Auge	48
Modell für das kurzsichtige Auge	49
Modell für das weitsichtige Auge	50
Bau der Netzhaut (Hausaufgabe)	51
Der Blinde Fleck (Hausaufgabe).....	52
Farbensehen (Hausaufgabe)	53
Reaktion auf unterschiedliche Lichtverhältnisse (Hausaufgabe)	54
Räumliches oder stereoskopisches Sehen (Hausaufgabe).....	55
Zeitliches Auflösungsvermögen.....	56
Das Auge ist auf Luft eingestellt.....	57
Dichte und Kraft.....	58
<i>Checkliste</i>	58
<i>Lernziele</i>	59
Schwimmfähigkeit in Wasser	60
Stoffe haben eine Dichte	61
Schwimmfähigkeit in anderen Flüssigkeiten als Wasser	62
Der Cartesianische Taucher	63
Die Schwimmblase des Fisches	64
Übungsaufgaben zur Dichte (Hausaufgabe).....	65
Was ist "Kraft", und wie misst man Kräfte? (Theorie, Demonstration)	66
Auftrieb	67
Spielt das Volumen des eingetauchten Körpers eine Rolle?.....	68
Spielt die Form des eingetauchten Körpers eine Rolle?	69
Spielt die Art der Flüssigkeit eine Rolle?	70
Das Archimedische Prinzip.....	71
Das Archimedische Prinzip (Fortsetzung)	72
Übungsaufgaben zu Auftriebskraft und Archimedes (Hausaufgabe).....	73
Kohäsionskräfte – Oberflächenspannung von Wasser.....	74
Adhäsionskräfte.....	75
Meniskus und Kapillarwirkung.....	76
Exaktes Ablesen des Volumens von Wasser	77
Bestimmung der Oberflächenspannung	78
Stoffe und ihre Trennung	79
<i>Checkliste</i>	79
<i>Lernziele</i>	80
Grundlagen der Laborarbeit	81
Richtiges und falsches Verhalten beim Experimentieren	81
Gefahrstoffe und ihre Kennzeichnung	82
Laborgeräte.....	83
Der Bunsenbrenner	84
Aufbau des Bunsenbrenners.....	84
Regulieren des Brenners, Flammentypen.....	85
Temperaturmessungen in der Brennerflamme (Demonstration).....	87
Richtiges Erhitzen einer Flüssigkeit im Reagenzglas	87
Stoffeigenschaften	88
1 Geruch ☺☺	88
2 Elektrische Leitfähigkeit ☺☺	89
3 Klang ☺☺ freiwillig	90
4 Wärmebeständigkeit ☺☺ freiwillig.....	91

5 Wärmeleitfähigkeit ☺	92
6 Löslichkeit von Feststoffen und Flüssigkeiten ☺☺	93
7 Löslichkeit und Temperatur ☺☺	94
8 Löslichkeit von Gasen ☺☺	95
9 Magnetisierbarkeit ☺☺	96
10 Eigenschaften des Körpers / Eigenschaften des Stoffes	97
Stoffe trennen – Stoffe erkennen	98
Sedimentation	98
Zentrifugation	99
Extraktion	100
Chromatographie	101
Filtration	102
Destillation	103
Analyse eines Feststoffgemisches	104
Zuckergewinnung (Film)	105
Photosynthese und Atmung	106
<i>Checkliste</i>	106
<i>Lernziele</i>	107
1 Das Experiment von VAN HELMONT (Hausaufgabe)	108
2 Die Experimente von JOSEPH PRIESTLEY (Hausaufgabe)	109
3 Atmung und Verbrennung benötigen Sauerstoff – Aus was ist Luft	110
4 Pflanzen produzieren Sauerstoff	111
5 Der Vorgang der Photosynthese (Hausaufgabe)	113
6 Wie ist ein Blatt gebaut?	114
7 Die Blattöffnungen (Stomata)	115
8 Welche Farbstoffe sind in Blättern?	116
9 Absorptionsspektrum eines Chlorophyllextraktes	117
10 Pflanzen produzieren Stärke (teilweise als Hausaufgabe)	118
11 Stärkekörner als Reservestoff in der Kartoffel	119
12 Der Kreislauf der Stoffe I (Hausaufgabe)	120
12 Der Kreislauf der Stoffe II (Hausaufgabe)	121
13 Nahrungskette - Nahrungsnetz (Hausaufgabe)	122
14 Bei der Atmung entsteht Kohlendioxid und Wasserdampf	123
15 In Nährstoffen ist Energie gespeichert	124
16 Der Einbahnweg der Energie in einem Ökosystem (Hausaufgabe)	125
17 Die Photosynthese ist Grundlage allen Lebens (Hausaufgabe)	126
18 Der Zusammenhang zwischen Atmung und Photosynthese (HA)	127
19 Leistungen unserer Lunge	128
20 Nachweis von Kohlendioxid und Wasser beim Verbrennungsvorgang	129
21 Teste dich selbst! (Hausaufgabe)	130
Wind und Wetter	131
<i>Checkliste</i>	131
<i>Lernziele</i>	132
Luftfeuchtigkeit	133
Der Taupunkt	133
Das Haarhygrometer	134
Feuchtigkeitsmessungen	135
Lufttemperatur	136
Der Aufbau der Atmosphäre (Hausaufgabe)	136
Erwärmen und Abkühlen von Luft	137
Der Heissluftballon (zusammen mit Lehrer)	138
Temperaturmessungen	139

Luftdruck	140
Der Druck und seine Einheiten	140
Die Magdeburger Kugel (Hausaufgabe)	141
Wie stark ist der Luftdruck?.....	142
In welcher Richtung wirkt der Luftdruck ?.....	143
Das Dosenbarometer	144
Der Höhenmesser	145
Die Wetterkarte (Hausaufgabe).....	146
Wind	147
Wind und Wetterkarte (Hausaufgabe).....	147
Windsimulation.....	148
Windmessungen	149
Wettervorhersage	150
Wie entsteht eine Wetterprognose?.....	150
Besichtigung der SMA-Wetterstation in Vaduz (Exkursion)	151
Wiederholung – Rückblick – Zusammenfassung (Hausaufgabe).....	152
Zeiten und Zonen	153
<i>Checkliste</i>	153
<i>Lernziele</i>	154
Tageszeiten – Jahreszeiten	155
Wie kommt es zu Tag und Nacht?	155
Warum ist es im Sommer länger hell?	156
Entstehung der Jahreszeiten	157
Klimazonen	158
Die solaren Klimazonen der Erde (Hausaufgabe).....	158
Temperaturzonen (Hausaufgabe)	159
Die effektiven Klimazonen der Erde (Hausaufgabe)	160
Vegetationszonen und Biome (Hausaufgabe).....	161
Literaturverzeichnis	162
ANHANG 1 Die E-Nummern der Zusatzstoffe in Lebensmitteln	164
ANHANG 2 Beispiele verschiedener Diagrammtypen	168
ANHANG 3 Beispiele von fehlerhaften und korrekten Diagrammen	169
ANHANG 4 Beispiele von fehlerhaften und korrekten Tabellen	171

Mikroskopie und Zellenlehre

Checkliste

AUFGABE	✓
Bau und Funktion des Lichtmikroskops LM..... 3	
Betrachten eines beliebigen Gegenstandes, Probleme bei der Arbeit 4	
HOOKE findet die ersten Zellen in Kork (1665), Zellgrösse 5	
Präparation von Mundschleimhautzellen; Blende, Färbung 6	
MALPIGHI entdeckt den zellulären Aufbau aller Pflanzen (1677)	
BROWN entdeckt erst 1831 den Zellkern 7	
Modell einer ausgewachsenen Pflanzenzelle 8	
LEEUWENHOEK entdeckt die Bakterien (um 1680) (Hausaufgabe) 9	
Wiederholung des Experimentes von LEEUWENHOEK 11	
Vergleich: Pflanzliche, tierische bzw. menschliche Zelle, Bakterien (HA) 12	

Mikroskopie und Zellenlehre

Lernziele

Die Ziele orientieren dich darüber, was dich in diesem Kapitel erwartet und können dir bei der Prüfungsvorbereitung helfen. Das + bedeutet, dass du deiner Ansicht nach dieses Lernziel erreicht hast, das – , dass du dich noch nicht sehr sicher fühlst und den Stoff nochmals studieren musst. Beurteile deine Kenntnisse mit Hilfe der folgenden Tabelle selbst!

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	ein Lichtmikroskop richtig zu bedienen und Probleme, die sich bei der Arbeit mit dem LM ergeben können, zu lösen			
2.	die wichtigsten Bestandteile eines Lichtmikroskopes zu benennen			
3.	anzugeben, welche anderen optischen Hilfsmittel in der Biologie verwendet werden			
4.	ein einfaches tierisches und pflanzliches Präparat für die Mikroskopie herzustellen			
5.	anzugeben, wie man die Gesamtvergrößerung berechnet			
6.	die Grösse eines Objektes im LM annähernd zu bestimmen			
7.	zu erklären, was man unter «Auflösungsvermögen» versteht			
8.	mit den in der Mikroskopie üblichen Längeneinheiten umzugehen			
9.	den Entdecker der Zellen zu nennen			
10.	folgende Zellorganellen im Präparat zu erkennen: Zellkern, Zellwand, Zellmembran, Zellplasma, Chloroplasten, Vakuole			
11.	eine tierische und pflanzliche Zelle zu zeichnen und zu beschriften			
12.	Unterschiede zwischen einer tierischen und pflanzlichen Zelle anzugeben			
13.	Zellpräparate anzufärben und zu erklären, worin der Vorteil dieser Methode liegt			
14.	einige Bakterienformen zu zeichnen und zu benennen			

Bau und Funktion des Lichtmikroskops LM

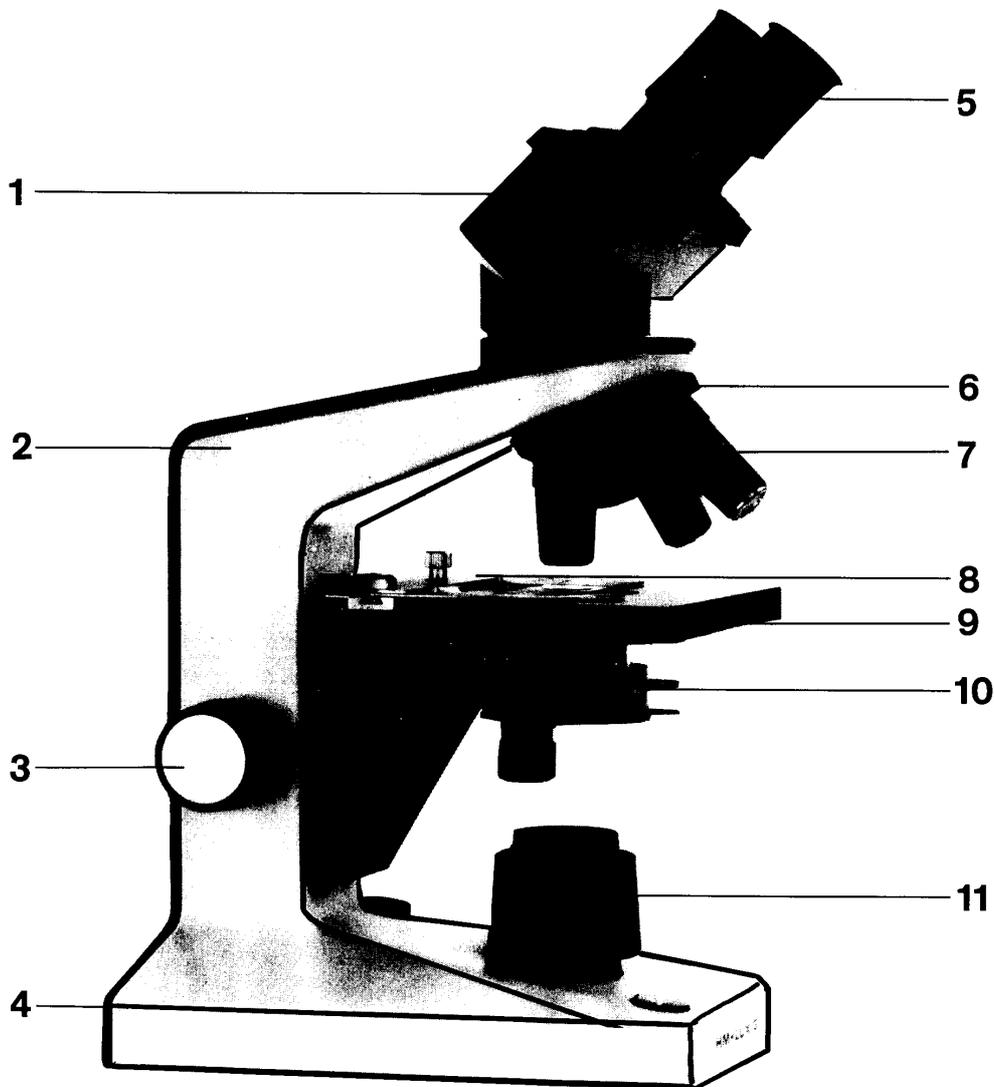
Material:

Lichtmikroskop

Durchführung:

Unter Anleitung des Lehrers wird der Bau des Lichtmikroskops kennengelernt.

- Beschrifte das nachstehende Mikroskop.
- Wie berechnet man die Gesamtvergrößerung? ! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !
- Welche anderen optischen Hilfsmittel werden in der Biologie verwendet?
- Kläre die folgenden Längeneinheiten und ihre Abkürzungen: Meter, Millimeter, Mikrometer, Nanometer, Ångström, Picometer
- Was versteht man unter «Auflösungsvermögen»? ! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !



Quelle: WILD LEITZHM-LUX 3

Betrachten eines beliebigen Gegenstandes, Probleme bei der Arbeit

Material:

LM, beliebiger Gegenstand (Haar, Bleistiftspitze, Finger, Belebtschlamm, Fertigpräparate usw.)

Durchführung:

Betrachte einen beliebigen Gegenstand im LM.

- ℵ Notiere stichwortartig die technischen Probleme, die sich stellen und erweitere die Liste im Verlaufe des gesamten Mikroskopierkurses.

HOOKE findet die ersten Zellen in Kork (1665), Zellgrösse

Theoretische Grundlage:

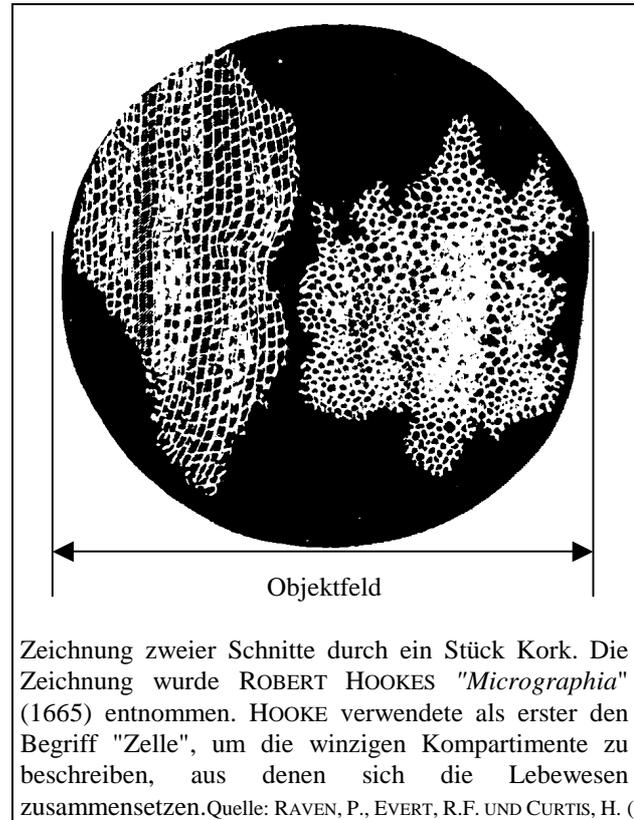
Die meisten Zellen sind mit blossen Auge nicht erkennbar. Daher erfolgte ihre Entdeckung erst nach der Entwicklung leistungsfähiger optischer Geräte. Der Begriff „Zelle“ stammt von einem englischen Naturforscher mit dem Namen HOOKE (1665). Er untersuchte die Rinde von Korkeichen und hielt als erster seine mikroskopische Beobachtung in Form von Zeichnungen fest.

Material:

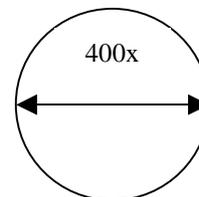
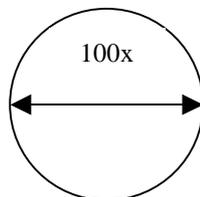
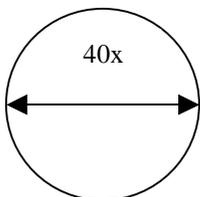
LM, Korkzapfen, Rasierklinge, Objektträger, Deckgläser, Wasser, durchsichtiges Lineal, Haushaltspapier

Durchführung:

Trenne mit einer Rasierklinge ein möglichst dünnes Stückchen von einem Korkzapfen ab und lege es auf den Objektträger. Gib einen Tropfen Wasser dazu und decke es mit dem Deckgläschen ab. Kannst du die Zellen erkennen?



- Zeichne mit Bleistift eine Zellgruppe von etwa 5 Zellen. Eine Zelle sollte etwa 2 cm gross gezeichnet werden! Dadurch zwingt man sich selbst, genau hinzuschauen.
- Lege ein durchsichtiges Lineal oder mm-Papier auf das Mikroskop und miss oder lies ab, wie breit der Durchmesser des überschaubaren Objektfeldes (Gesichtsfeldes) bei der jeweiligen Vergrösserung ist. Trage den Durchmesser in die drei nachstehenden Kreise ein.



- Wie gross ist eine Korkzelle etwa (Länge und Breite)?

Präparation von Mundschleimhautzellen; Blende, Färbung

Material:

LM, Mundspatel oder Zündhölzchen, Objektträger, Deckgläser, Wasser mit Glasstab

Durchführung:

Mit dem Mundspatel oder Zündhölzchen werden von der Wangeninnenseite Zellen der Mundschleimhaut abgeschabt und auf den Objektträger gestrichen. Anschliessend fügt man wenig Wasser dazu und bedeckt die Zellen mit einem Deckgläschen. Stelle das Präparat scharf ein. Öffne und schliesse die Blende.

- a) Wie verändert sich das Bild?
- b) Welche Funktion hat also die Blende?
- c) Zeichne die Zellen etwa 2 cm gross und beschrifte sie!

Stelle ein zweites Präparat her. Tropfe aber anstelle von Wasser etwas Methylenblau auf die Mundschleimhautzellen und betrachte das Präparat von neuem.

- d) Was hat sich geändert?
- e) Welche Aufgabe hat demnach Methylenblau?
- f) Zeichne die Zellen nochmals mit Farbe und hebe vor allem diejenigen Zellbestandteile hervor, die durch Methylenblau angefärbt werden.
- g) Schätze die Zellgrösse!

MALPIGHI entdeckt den zellulären Aufbau aller Pflanzen (1677) BROWN entdeckt erst 1831 den Zellkern
--

Material:

LM, ein Stück rote Zwiebel, ein kleines Moospflänzchen aus dem Schulgarten oder Wasserpest, Objektträger, Deckgläser, Wasser mit Glasstab, Pinzette, Rasierklinge,

Durchführung:

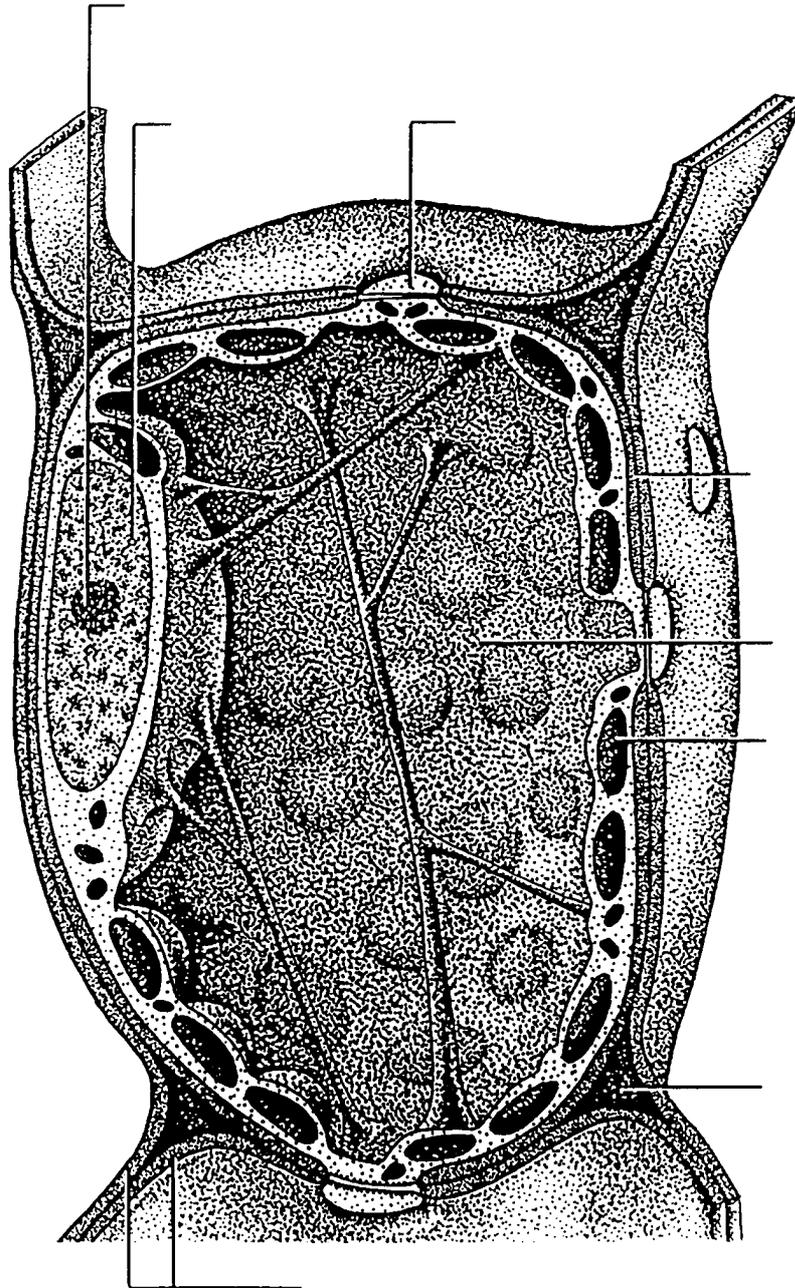
1. Wenn man eine Zwiebel halbiert, sieht man ihren geschichteten Aufbau. Löse mit der Pinzette von der Innenseite einer solchen Schicht ein Stücklein 'Haut' ab und lege sie ungefaltet auf einen Objektträger. Das Präparat darf nicht grösser sein als das Deckglas! Gib einen Tropfen Wasser dazu und lege ein Deckgläschen darüber. Untersuche die Zwiebelhaut mit dem Mikroskop.
 - a) Zeichne eine Zellgruppe der Zwiebelhaut (ca. 2 cm pro Zelle!)
 - b) Schätze die Länge und die Breite einer einzelnen Zelle. Protokolliere deine Schätzung sorgfältig.
 - c) Kannst du die **Zellkerne** in den einzelnen Zellen erkennen? Trage sie in deine Zeichnung ein!

2. Wiederhole den Versuch mit einem kleinen Blättchen eines **grünen** Moospflänzchens oder der Wasserpest (2a bis 2c).
 - d) Worin unterscheiden sich die Pflanzenzellen von den Zellen der Mundschleimhaut (Tabelle)?

Modell einer ausgewachsenen Pflanzenzelle

Durchführung:

- Unter Anleitung des Lehrers wird die abgebildete pflanzliche Zelle beschriftet und auf die Funktion der Organellen eingegangen.
- Wo befindet sich der Zellkern?
- Male das Cytoplasma (=Zellplasma) gelb aus.



Quelle: RAVEN, P., EVERT, R.F. UND CURTIS, H. (1988)

LEEUVENHOEK entdeckt die Bakterien (um 1680) (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

LEEUVENHOEK entdeckte zur selben Zeit die roten Blutkörperchen, Ein- und Mehrzeller des faulenden Wassertropfens, sowie die Bakterien als die kleinsten Zellen.

Durchführung:

Lies den Brief von LEEUVENHOEK genau durch.

MIKROSKOPISCHE BEOBACHTUNGEN, TIERE IM BELAG DER ZÄHNE BETREFFEND

Von Antony van Leeuwenhoek

Ein Auszug aus einem Brief von Herrn Anthony Leevvenhoeck zu Delft vom 17. September 1683; welcher einige mikroskopische Beobachtungen, Tiere im Belag der Zähne betreffend, enthält.

... Obschon ich meine Zähne gewöhnlich sehr rein halte, stelle ich dennoch fest, wenn ich sie durch ein Vergrösserungsglas betrachte, dass zwischen ihnen etwas weisse Substanz wächst, die so dick ist wie angefeuchtetes Mehl. Obschon ich keinerlei Bewegung in diesem Stoff bemerke, hielt ich es doch für wahrscheinlich, dass darin Lebewesen sein möchten.

Ich nahm daher etwas von diesem Mehl und vermischte es entweder mit reinem Regenwasser, worin keine Tiere waren oder aber mit etwas Speichel von mir (ohne Luftbläschen, die eine Bewegung hätten verursachen können) und bemerkte dann zu meiner grossen Überraschung, dass die besagte Substanz sehr viele kleine lebendige Tiere enthielt, die sich ganz und gar ungewöhnlich umherbewegten. Die grösste Art hatte die Form wie bei A. Ihre Bewegung war kräftig und flink, und sie schossen durch das Wasser oder den Speichel, wie ein Hecht durch das Wasser schiesst. Diese waren allgemein nicht sehr gross an Zahl. Die zweite Art hatte die Form wie bei B. Diese drehten sich herum wie ein Kreisel und beschrieben manchmal eine Bahn zu einer Seite hin, wie bei C und D gezeigt wird. Sie waren grösser an Zahl als die ersten. Bei der dritten Art konnte ich die Gestalt nicht gut unterscheiden, denn manchmal schien es ein Oval zu sein und zu anderen Zeiten ein Kreis. Diese waren so klein, dass sie nicht grösser als bei E schienen, und dazu noch so geschwinde, dass ich sie mit nichts besser vergleichen kann als mit einem Schwarm Fliegen oder Mücken, die auf kleinem Raum hin und her durcheinanderschwirren [Brownsche Molekularbewegung?]. Von dieser Art glaube ich, dürften viele Tausende in einer Menge Wasser von nicht mehr als einem Gran sein, selbst wenn das Mehl nur den neunten Teil des Wassers oder des Speichels ausmachte, in dem es sich befindet. Ausser diesen Tieren gab es noch eine grosse Menge Streifen und Fäden verschiedener Länge, aber gleicher Stärke, die kunterbunt zusammenlagen, einige gekrümmt, andere gerade, wie bei F. Diese hatten keine Bewegung oder Leben in sich, denn ich beobachtete sie gut, nachdem ich vorher schon lebende Tiere derselben Gestalt in Wasser gesehen hatte.

Ich beobachtete den Speichel von zwei verschiedenen Frauen, die ihre Zähne rein hielten, und es waren keine Tiere im Speichel, aber im Mehl zwischen den Zähnen, wenn man es mit Wasser vermischte (wie vorher), fand ich die oben beschriebenen Tiere ebenso wie die langen Teilchen.

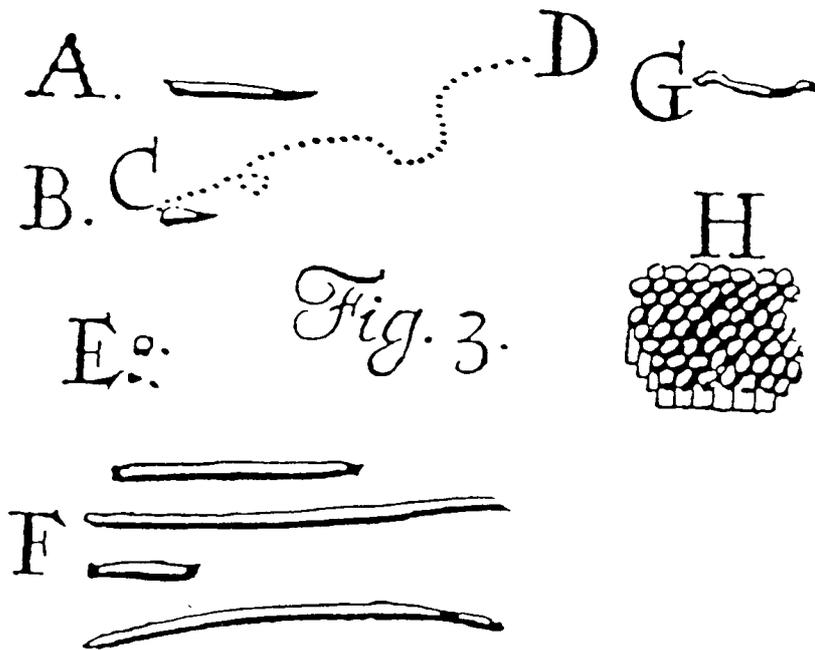
Der Speichel eines Kindes von acht Jahren enthielt keine Lebewesen, aber das Mehl zwischen den Zähnen enthielt eine grosse Menge der oben beschriebenen Tiere zusammen mit den Streifen.

Der Speichel eines alten Mannes, der ein ordentliches Leben geführt hatte, enthielt keine Tiere, aber der Stoff auf und zwischen seinen Zähnen enthielt eine grosse Menge Lebewesen, die flinker herumschwammen, als ich bis dato gesehen hatte. ... Der Speichel eines anderen braven alten Mannes war wie der des ersten, aber die Tiere in dem Belag der Zähne starben nicht alle dadurch, dass die Herren fortwährend Kognak, Wein und Tabak zu sich nahmen; denn ich fand einige lebendige Tiere der dritten Art, und im Belag zwischen den Zähnen fand ich viele weitere Tiere der beiden kleinsten Arten.

Ich nahm einen Schluck sehr starken Weinessig in den Mund und gurgelte mit geschlossenen Zähnen und spülte sie sehr gut mit dem Essig; nachher wusch ich sie sehr gut mit klarem Wasser, aber es blieben noch immer eine unzählige Menge Tiere im Belag auf den Zähnen, aber am meisten in dem zwischen den Zähnen und nur sehr wenige Tiere der ersten Art bei A.

Ich nahm ein klein bisschen Weinessig und vermischte ihn mit dem Wasser, in dem der Belag gelöst war, woraufhin die Tiere alsbald starben. Hieraus folgerte ich, dass der Essig, mit dem ich meine Zähne wusch, nur diejenigen Tiere abtötete, die auf der Aussenseite des Belags sassen, aber nicht durch den ganzen Stoff durchdrang. ...

Die Zahl dieser Tiere in dem Belag der menschlichen Zähne ist so gewaltig, dass ich glaube sie übertreffen die Zahl der Menschen in einem Königreich. Denn bei der Untersuchung einer kleinen Probe, nicht dicker als ein Rosshaar, fand ich allzu viele lebendige Tiere darin, dass ich schätze, es dürften tausend gewesen sein in einer Menge Substanz, die nicht grösser war als der hundertste Teil eines Grans.



Quelle: LEEUWENHOEK, A. (1684)

Wiederholung des Experimentes von LEEUWENHOEK

Theoretische Grundlage:

Mikroskopieren im Dunkelfeld

Einstellung:

Aperturblende öffnen und den Schieber mit Zentralblende bis zum Anschlag in die seitliche Öffnung des Kondensors stecken.

Durchführung:

Bisher wurden die Untersuchungen mit der Hellfeld-Beleuchtung vorgenommen. Dabei durchstrahlt das vom Kondensor kommende Licht das Präparat und man erkennt das Objekt auf hellem Untergrund.

Bei sehr kleinen Objekten wird man zweckmässigerweise mit Dunkelfeld-Beleuchtung arbeiten. Bei dieser Methode scheinen die Objektkanten leuchtend auf dunklem Untergrund. Das Objekt wird hierbei jedoch nicht durchleuchtet, sondern seitlich angestrahlt. Der Hintergrund bleibt dunkel. Ein wesentlicher Vorteil der Dunkelfeld-Methode besteht darin, dass man kleinste Teilchen, die unter normalen Hellfeld-Bedingungen nicht erkennbar sind, noch sieht.

Die Wirkung der Dunkelfeld-Beleuchtung kann man mit dem Sternenhimmel vergleichen. Am Tag sind die Sterne nicht erkennbar, da sie vom Tageslicht überstrahlt werden. In der Dunkelheit jedoch heben sich auch kleine Sterne gegen das dunkle Umfeld noch deutlich ab.

Material:

LM, Zahnbelag, Zahnstocher, Objektträger, Deckgläser, Wasser mit Glasstab, Pipette, Methylenblau

Durchführung:

Mit einem Zahnstocher wird etwas Belag zwischen den Zähnen abgeschabt, auf dem Objektträger verteilt und mit Methylenblau angefärbt. Anschliessend wird ein Deckgläschen daraufgelegt. Um die Bakterien zu sehen muss die Blende ziemlich stark geschlossen werden. Arbeite bei stärkster Vergrösserung mit der Hellfeld- und der Dunkelfeld-Methode (vgl. Kasten). Selbstverständlich werden auch Nahrungsreste und losgelöste Zellen des Zahnfleisches zu sehen sein.

☞ Zeichne einige Bakterienformen, beschrifte sie und schätze ihre Grösse!

Vergleich: Pflanzliche, tierische bzw. menschliche Zelle, Bakterien (HA)

Material:

Ergebnisse vorheriger Versuche

Durchführung:

Fülle die nachstehende Tabelle als Hausaufgabe aus. Zeichne die Zellen bzw. Zellgruppen nochmals mit Farben und gib ihre Länge und Breite an (1 Mikrometer = $1\mu\text{m} = 0.001\text{ mm}$).

	pflanzliche Zellen			tierische/ menschliche Zelle	Bakterien
	Korkzelle	Zwiebelzelle	Mooszelle oder Wasserpest	Mundschleim- hautzelle	Zahnbelag
Form					
Länge (μm)					
Breite (μm)					

Wasserkreislauf und Aggregatzustände

Checkliste

AUFGABE	✓
Verteilung des Wassers auf der Erde (Hausaufgabe)..... 15	
Der Wasserkreislauf (Hausaufgabe)..... 16	
Diffusion 17	
BROWN'sche Bewegung..... 18	
Verhalten von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen 19	
Aggregatzustände und Teilchenmodell (Hausaufgabe)..... 20	
Teilchen überall (Hausaufgabe) 21	
Schmelzen von Eis 22	
Sieden von Wasser 23	
Aus Wasserdampf wird wieder flüssiges Wasser (Kondensation)..... 24	
Verdunsten von Wasser (Hausaufgabe) 25	
Verdunstung von Ether..... 26	
Die Aggregatzustände des Wassers und das Klima (Hausaufgabe)..... 27	

Wasserkreislauf und Aggregatzustände

Lernziele

Die Ziele orientieren dich darüber, was dich in diesem Kapitel erwartet und können dir bei der Prüfungsvorbereitung helfen. Das + bedeutet, dass du deiner Ansicht nach dieses Lernziel erreicht hast, das – , dass du dich noch nicht sehr sicher fühlst und den Stoff nochmals studieren musst. Beurteile deine Kenntnisse mit Hilfe der folgenden Tabelle selbst!

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	die verschiedenen Wasserspeicher der Erde aufzuzählen und ihre quantitative (mengenmäßige) Bedeutung anzugeben			
2.	den Wasserkreislauf zu zeichnen, zu beschriften und zu erklären			
3.	die «BROWN'sche Bewegung» sichtbar zu machen und zu erklären was man darunter versteht			
4.	das Phänomen der Diffusion mit Hilfe der BROWN'schen Bewegung zu erklären			
5.	einige Beispiele für Diffusionsvorgänge aufzulisten			
6.	die drei Zustandsformen der Stoffe (Aggregatzustände) zu nennen			
7.	die Aggregatzustände und ihre Übergänge mit dem Teilchenmodell zu erklären			
8.	die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen in beiden Richtungen zu benennen			
9.	den Einfluss der Temperatur auf die Bewegungsgeschwindigkeit der Teilchen zu erklären			
10.	unterschiedliche Verdunstungsraten mit den Windverhältnissen, der Luftfeuchtigkeit, der Temperatur und der Oberfläche in Zusammenhang zu bringen			
11.	eine einfache und grundlegende Klimaklassifikation der Erde vorzunehmen und die Verbindung zu den Aggregatzuständen des Wassers herzustellen			

Verteilung des Wassers auf der Erde (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Das Vorhandensein gewaltiger Wassermengen unterscheidet unseren Planeten von allen anderen im Sonnensystem. Auf der Erde gibt es ungefähr 1.4 Milliarden km^3 Wasser, und alles pflanzliche und tierische Leben hängt davon ab.

Die Zirkulation des Wassers über Niederschlag und Verdunstung wird als Wasserkreislauf bezeichnet. Wasser existiert in dreierlei Form: in fester (kristallines Eis), in flüssiger (Wasser) und in gasförmiger (Wasserdampf). Die Ozeane enthalten etwa 96.5 Prozent des Wasservorrats der Erde, nur 3.5 Prozent sind in Süßwasser zu finden. Der grösste Teil des Süßwassers (69 Prozent) ist in Eisdecken, Gletschern und Schnee sowie als Grundwasser im Gestein unter der Erdoberfläche (30 Prozent) gespeichert. Die Seen der Erde enthalten 0.25 Prozent des Süßwassers, während lediglich 0.04 Prozent in der Atmosphäre gebunden ist.

Von der Gesamtmenge des Süßwassers auf Erden enthalten die Flüsse bescheidene 0.006 Prozent. Trotz dieses winzigen Anteils zählen Flüsse zu den wirksamsten landschaftsgestaltenden Kräften, weil fließendes Wasser eine starke abtragende Wirkung ausübt und erodiertes Material in grossen Mengen transportiert und ablagert. Deshalb kommt dem Wasser entscheidende Bedeutung bei der Umgestaltung von Landschaften zu, sowohl im zerstörerischen wie im aufbauenden Sinne.

Durchführung:

Erstelle mit Hilfe der Zahlen im obigen Text zwei Graphiken (Balkendiagramme, vgl. Anhang, S.168), welche die prozentualen Anteile des Wassers auf der Erde wiedergeben.

- a) Das erste Balkendiagramm soll die Verteilung von **Salz- und Süßwasser** aufzeigen.
- b) Das zweite soll die prozentualen Anteile des **Süßwassers allein** zeigen.

Der Wasserkreislauf (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Fast der gesamte Wasservorrat der Erde ist in den Ozeanen, als Eis oder Grundwasser gespeichert. Trotzdem durchläuft ständig Wasser den hydrologischen Zyklus, verdunstet aus den Ozeanen und Seen (*Oberflächenverdunstung*), um die Feuchtigkeit für Wolken und Niederschläge bereitzustellen.

Nicht alle *Niederschläge*, die von Wolken abgegeben werden, erreichen die Oberfläche. Kondensierte Tröpfchen von weniger als 0.2 mm Grösse verdunsten. Ein Teil der Niederschläge fällt auf Pflanzen oder den Boden (*Bodenverdunstung*) und verdunstet dort. Pflanzen geben auch direkt Wasser an die Atmosphäre ab, damit sie nicht verhungern (*Transpiration*).

Die den Boden erreichende Regenmenge variiert je nach der Dichte der Vegetation und der Stärke des Regenfalls. Wasser, welches den Boden erreicht, kann an der Oberfläche abfließen (*Oberflächenabfluss*), in die Erde eindringen (*Versickerung*) oder sich in Pfützen und kleinen Tümpeln (*Oberflächenverdunstung*) sammeln. Welchen Weg es nimmt, hängt sowohl von der Intensität des Regens als auch von der Fähigkeit des Erdbodens ab, Wasser aufzunehmen.

In die Erde eindringendes Wasser bildet Wasserfilme um die Bodenpartikel und füllt als *Grundwasser* die Poren des unterliegenden Gesteins. Hier kommt es auch zu einem *kapillaren Wasseraufstieg*. Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers (*unterirdischer Rückfluss*) ist viel geringer als die des Oberflächenwassers; in gut durchlässigem Gestein kann sie bis 10 m am Tag erreichen, in zunehmender Tiefe und wenig durchlässigem Gestein sinkt sie bis gegen 0 ab. Neben der Durchlässigkeit ist das Porenvolumen des Untergrundes (seine Wasseraufnahmefähigkeit) entscheidend für die Sättigung eines Gesteins mit Wasser. Als Grundwasserspiegel bezeichnet man die Ebene, unterhalb derer durchlässiges Gestein wassergesättigt ist.

Wo der Grundwasserspiegel die Oberfläche erreicht, erscheinen Quellen, die Bäche und Flüsse (*Oberflächenrückfluss*) speisen. Wüstenoasen sind von Quellen abhängig, um ihre Vegetation zu bewässern. Der grösste Teil des Wasserverbrauchs in Städten und Gemeinden wird heute durch die Erschliessung von Grundwasservorkommen gedeckt.

Die Verweildauer des Wassers in den einzelnen Stadien des Wasserkreislaufs ist unterschiedlich. In Flüssen beträgt sie oft weniger als vier Tage, im Boden zwischen fünf und zwanzig Tagen. In der unteren Atmosphäre liegt die Periode zwischen vier und acht Tagen und nimmt in der oberen Atmosphäre, der Stratosphäre, auf 100 bis 500 Tage zu. Nahe der Meeresoberfläche vergehen je nach dem Grad der Erwärmung zwischen wenigen Tagen und mehreren Monaten, bevor es zur *Verdunstung* kommt, während ozeanisches Tiefenwasser bis 1500 Jahre dort verweilen kann, ehe es durch Aufquellströmungen ausgetauscht wird.

Das in den Eisdecken Grönlands und der Antarktis gebundene Wasser kann bis zu 100 000 Jahre dort gespeichert sein. Auch Grundwasservorkommen sind oft sehr alt (bis 10 000 Jahre); in manchen Teilen der Welt wird aus Brunnen Grundwasser gefördert, das vor vielen tausend Jahren einmal auf die Erde fiel.

- ↘ Zeichne den Wasserkreislauf, beschrifte ihn mit den im obigen Text *kursiv* gedruckten Wörtern und gib die Verweildauer des Wassers in den verschiedenen Reservoirs an.

Diffusion

Theoretische Grundlage:

Die *Diffusion* ist ein bekanntes Phänomen. Wenn man z.B. ein paar Tropfen Parfüm in eine Zimmerecke träufelt, erfüllt der Duft schliesslich das ganze Zimmer, auch ohne Luftzug. Unter Diffusion versteht man die selbständige Durchmischung verschiedener Stoffe. Der Schüler-Duden definiert den Vorgang folgendermassen: "Statistischer* Ausgleichsvorgang, in dessen Verlauf Teilchen (Atome, Moleküle) infolge ihrer Wärmebewegung (Brown'sche Bewegung) auf unregelmässigen Zickzackbahnen von Orten höherer Konzentration zu Orten niedriger Konzentration gelangen, so dass allmählich ein Dichte- bzw. *Konzentrationsausgleich* erfolgt. So *diffundieren* beispielsweise zwei ursprünglich getrennt in einen Raum gebrachte Gase ineinander, bis die Teilchen beider Gase gleichmässig im ganzen zur Verfügung stehenden Raum verteilt sind. Auf der Diffusion beruht z.B. die Verteilung von Geruchsstoffen in einem Zimmer. Diffusion tritt auch zwischen den Teilchen von Flüssigkeiten und in Lösungen auf. Im Prinzip gibt es auch eine (wenn auch sehr langsame) Diffusion in festen Körpern."

* Unter «statistisch» ist hier folgendes zu verstehen: (1) Jedes Teilchen bewegt sich unabhängig vom anderen; (2) seine Bewegungsrichtung ist zufällig. Das Gesamtergebnis ist eine gleichmässige Verteilung der diffundierenden Substanzen. Die Diffusion ist ein langsamer Vorgang, es sei denn, sie verläuft über sehr kurze Entfernungen. Innerhalb von Zellen spielt dieser Vorgang eine wichtige Rolle. Substanzen werden oft an der einen Stelle gebildet, aber an einer anderen verbraucht. Das bedeutet, dass zwischen diesen beiden Bereichen der Zelle ein Konzentrationsgradient aufgebaut wird, entlang dessen die Substanzen vom Entstehungs- zum Verbraucherort diffundieren können. Auch müssen für chemische Reaktionen Teilchen überhaupt aufeinander treffen, Abfallstoffe müssen z.B. in die Vakuole hinein transportiert bzw. Reservestoffe aus der Vakuole heraus mobilisiert werden.

Quellen: SCHÜLER DUDEN (1988), RAVEN, P., EVERT, R.F. UND CURTIS, H. (1988)

Material:

2 Petrischalen, 2 Bechergläser, 2 Zuckerwürfel, kaltes und heisses Leitungswasser (etwa 60 °C), Farbstoff (Kaliumpermanganat), Uhr mit Sekundenzeiger

Durchführung:

1. Fülle je eine Petrischale mit kaltem bzw. heissem Wasser und stelle sie an einen erschütterungsfreien Ort. Wirf nun einige Körnchen violettes Kaliumpermanganat in die Mitte des Wassers, ohne es zu bewegen.
 - a) Beobachte und zeichne mit Farbe das Verhalten des Farbstoffs.
 - b) Erkläre mit eigenen Worten das Verhalten des Farbstoffes in kaltem und heissem Wasser.
2. Gib einen Zuckerwürfel in ein Becherglas mit heissem und kaltem Wasser. Miss die Zeit bis der Zuckerwürfel vollständig zerfallen ist (nicht umrühren).
 - a) Wie lange dauert es, bis der Würfelzucker im kalten bzw. warmen Wasser zerfallen ist? Kannst du den Unterschied erklären?
 - b) Stelle den Diffusionsvorgang schematisch dar.
 - c) Unter welchen Bedingungen verläuft eine Diffusion rasch?
 - d) Gibt man Zucker in Tee, so löst er sich nach kurzer Zeit auf und der Tee schmeckt süss. Normalerweise rührt man den Tee ja um. Was würde geschehen, wenn man ihn aber nach der Zugabe von Zucker ruhig stehen lässt?
 - e) Notiere einige andere Beispiele, bei denen die Diffusion eine Rolle spielt?

BROWN'sche Bewegung

Theoretische Grundlage:

Schon in der Antike machten sich die Naturforscher Gedanken über den Aufbau der Materie: Dabei vertraten die griechischen Philosophen DEMOKRIT (460 - 371 v. Chr.) und ARISTOTELES (384 - 322 v. Chr.) völlig entgegengesetzte Ansichten. DEMOKRIT lehrte, alle Stoffe seien aus kleinsten Teilchen zusammengesetzt. Er nannte sie *Atome* (von griech. "atomos", unteilbar). Er machte jedoch noch keine genaueren Angaben über die Eigenschaften der Atome. ARISTOTELES dagegen war der Meinung, man könne die Materie immer weiter teilen, ohne je auf kleinste Teilchen zu stossen. Erst der englische Gelehrte JOHN DALTON (1766-1844) entwickelte eine genauere Vorstellung. Er stellte sich die Atome als kleine Kugeln vor, die unveränderlich und unzerstörbar sind. Die Atome eines Elements sind nach seiner Vorstellung alle untereinander gleich. Sie unterscheiden sich von den Atomen anderer Elemente in ihrer Grösse und Masse.

Im Jahre 1827 untersuchte der englische Botaniker ROBERT BROWN (1773 - 1858) unter dem Mikroskop Blütenpollen in einem Wassertropfen. Er machte die erstaunliche Beobachtung, dass die Pollen eigentümliche Zitterbewegungen ausführten. Zuerst dachte er an die Entdeckung kleiner Lebewesen. Dann aber konnte er die Bewegung erklären, sie wird nach ihm auch *BROWN'sche Bewegung* genannt. Diese Bewegung ist ungerichtet, sie läuft ständig ab und ist eine sehr rasche Zitterbewegung mikroskopisch kleiner, in Gasen oder Flüssigkeiten schwebender Teilchen. Je kleiner die Teilchen sind, desto schneller zittern sie.

Quellen: Schüler Duden (1988); DORN, F. UND BADER, F. (1992)

Material:

Lichtmikroskop, Objektträger, Deckgläser, Milch in Wasser stark verdünnt, Wasser, Glasstab

Durchführung:

Betrachte einen Tropfen verdünnte Milch im Lichtmikroskop bei 400facher Vergrösserung (Dunkelfeld). Verfolge die Bewegung eines einzelnen Fetttröpfchens.

- a) Zeichne den Weg eines Fetttröpfchens!
- b) Wie kann man die Bewegung der Fetttröpfchen erklären?

Verhalten von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen

Material:

Plastikspritze, Wasser

Durchführung:

1. Um einen Glasstab zu zerbrechen oder einen Eisennagel zu verbiegen muss man Kraft aufwenden. Die kleinsten Teilchen eines **Feststoffes** lassen sich offenbar nur schwer voneinander trennen und gegeneinander verschieben.
 - a) Wie kannst du dir das erklären?

2. Fülle die Spritze etwa bis zur Hälfte mit **Wasser**. Wie kann man die Luft herauslassen, ohne dass Wasser herausrinnt? Halte nun die Öffnung der Spritze mit dem Finger verschlossen und versuche den Kolben hineinzustossen und herauszuziehen.
 - a) Lassen sich Flüssigkeiten zusammendrücken?
 - b) Leere die Spritze und halte deren Öffnung mit dem Finger verschlossen. Versuche den Kolben hineinzustossen und herauszuziehen. Welche Eigenschaften der **Luft** kannst du dabei feststellen?
 - c) Stelle in der nachfolgenden Tabelle die Eigenschaften von Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen einander gegenüber. Nimm dabei auch die Informationen der folgenden beiden Seiten zu Hilfe.

	Aggregatzustand		
	fest	flüssig	gasförmig
Darstellung im Modell			
Anziehungskräfte zwischen den Teilchen			
Bewegung der Teilchen			
Ordnung der Teilchen			
Abstand zwischen den Teilchen			
Eigenschaften des Stoffes			

Aggregatzustände und Teilchenmodell (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die Eigenschaften des Wassers in den drei Aggregatzuständen können mit dem Teilchenmodell beschrieben werden.

Eis. Im Eis sind die Wasserteilchen regelmässig angeordnet. Jedes Teilchen hat seinen bestimmten Platz, an dem es nur wenig hin und her schwingt. Es kann seinen Platz aber nicht verlassen, weil seine Nachbarn es daran hindern. Deshalb behält ein Eisblock seine Form und lässt sich nur schwer zerteilen. Erwärmt man das Eis, so schwingen die Teilchen immer heftiger. Schliesslich werden die Anziehungskräfte zu schwach im Verhältnis zu den starken Schwingungen. Die starre Ordnung bricht zusammen: Das Eis *schmilzt*.

Wasser. Im Wasser sind die Teilchen nicht mehr regelmässig angeordnet. Sie bewegen sich unregelmässig hin und her und lassen sich leicht gegeneinander verschieben. Wasser passt sich daher jedem Gefäss an und füllt es von unten her auf.

Erwärmt man Wasser, so wird die Bewegung der Teilchen heftiger. Einzelne Wasserteilchen verlassen die Wasseroberfläche: Das Wasser *verdunstet*. Wenn die Siedetemperatur erreicht ist, bewegen sich die Wasserteilchen so stark, dass sie die Anziehungskräfte vollständig überwinden können. Es bilden sich Dampfblasen, und das Wasser *verdampft*.

Wasserdampf. Im Dampf ist der Abstand zwischen den Wasserteilchen sehr viel grösser als im flüssigen Wasser oder im Eis. Aus einem Liter Wasser entstehen etwa 1700 Liter Dampf. Da zwischen den Teilchen viel freier Raum ist, lässt sich Wasserdampf leicht zusammendrücken. Im Dampf wirken zwischen den Teilchen keine anziehenden Kräfte mehr. Die Teilchen bewegen sich regellos im Raum. Sie stossen wie Billardkugeln gegeneinander und gegen die Wände des sie umgebenden Gefässes. Bei 100 °C haben Wasserteilchen eine Geschwindigkeit von durchschnittlich 660 Meter pro Sekunde.

Wenn Eis *sublimiert*, verlassen Wasserteilchen ihre Plätze am Rande des Teilchenverbands und bilden direkt Wasserdampf. Unter *Sublimation* versteht man also den direkten Übergang vom festen in den gasförmigen Aggregatzustand. Resublimieren (*Resublimation*) ist der umgekehrte Vorgang.

Das erweiterte Teilchenmodell. Um die Eigenschaften des Wassers zu erklären, wurden zwei Annahmen gemacht:

- **Die Teilchen sind ständig in Bewegung. Die Bewegung der Teilchen wird bei steigender Temperatur stärker (vgl. Tab.1).**
- **Die Teilchen ziehen sich gegenseitig an. Diese Anziehungskräfte haben nur eine geringe Reichweite. Im festen Zustand der Stoffe wirken sie am stärksten, im gasförmigen Zustand sind sie völlig aufgehoben.**

Tab.1 Geschwindigkeit unterschiedlicher Gasteilchen bei verschiedenen Temperaturen

Gasart	Geschwindigkeit in m/s		
	bei 0 °C	bei 100 °C	bei 1000 °C
Wasserstoff	1695	1980	3700
Sauerstoff	425	495	930
Chlor	285	330	620

Diese beiden Eigenschaften lassen sich genauso für die Teilchen anderer Stoffe annehmen.

Quelle: JÄCKEL, M. UND RISCH, K.T. (1993)

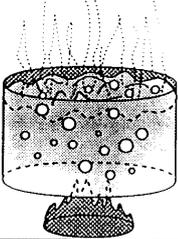
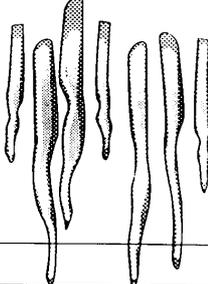
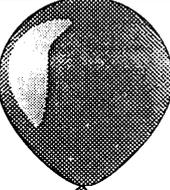
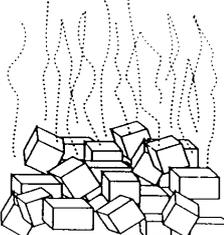
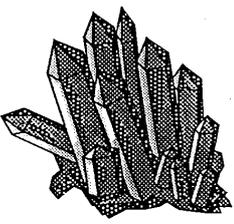
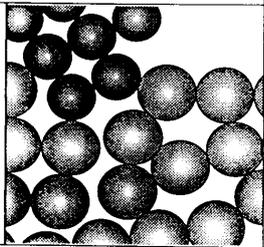
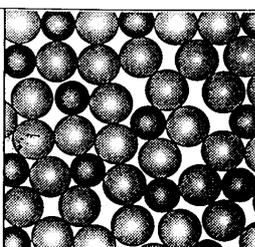
Durchführung:

- a) Stelle die Aggregatzustände und alle ihre Übergänge (vgl. auch die folgenden Seiten) in einem geeigneten Schema dar.
- b) Stelle die Geschwindigkeit der Teilchenbewegung in Abhängigkeit der Temperatur (Tab.1) in einem Diagramm dar.

Teilchen überall (Hausaufgabe)

Durchführung:

- a) Stelle durch Teilchenbilder den Aggregatzustand der Stoffe dar. Kennzeichne verschiedene Teilchensorten durch unterschiedliche farbige Kreise. Luft ist ein Gemisch aus verschiedenen Stoffen: Stickstoff, Sauerstoff, Kohlendioxid, Wasserdampf usw. Branntwein besteht hauptsächlich aus Wasser und Alkohol.
- b) Gib einen Vorgang an, der durch die Teilchenbilder ⑦ und ⑧ erklärt werden kann.

<p>① Siedendes Wasser</p> 	
<p>② Eiszapfen</p> 	
<p>③ Luft</p> 	
<p>④ Sublimierendes Trockeneis</p> 	
<p>⑤ Kristalle</p> 	
<p>⑥ Branntwein</p> 	
<p>⑦</p> 	<p>⑧</p> 

Schmelzen von Eis

Material:

Ein Eiswürfel mit Loch (6mm) oder besser ein in Wasser eingefrorenes Thermometer, Stativ mit Klemme und Muffe, 400 ml-Becherglas, Kocher, Bohrmaschine mit Zubehör, Uhr, Siedesteinchen, etwa 100 ml Wasser, Glasscheibe (10 x 20 cm)

Durchführung:

1. Stelle das Becherglas auf die **kalte** Kocherplatte. Lege den Eiswürfel mit der Bohrung nach oben in das Becherglas und stelle den Thermometer in den Eiswürfel. Befestige den Thermometer vorsichtig und **lose** an einem Stativ. Warte bis die Temperatur den tiefsten Wert erreicht hat.
 - a) Lies dann **jede Minute** die Temperatur des langsam schmelzenden Eiswürfels ab und trage die Werte in einer Tabelle ein. Ist die Temperatur während einigen Minuten bei ungefähr 0 °C gleich geblieben, kannst du den Kocher auf Stufe 1 einschalten. Jetzt musst du die Temperatur aber **jede halbe Minute** ablesen bis das Eis geschmolzen ist.
 - b) Stelle den Kurvenverlauf in einer grafischen Darstellung dar und trage mit einem Pfeil den Zeitpunkt ein, an dem du den Kocher eingeschaltet hast.
 - c) Zeichne den Versuchsaufbau.
 - d) Wie erklärst du dir den Temperaturverlauf?

Sieden von Wasser

Fortsetzung des Schmelzens von Eis (Seite 22)

2. Giesse etwa 100 ml Wasser in das Becherglas. Befestige den Thermometer etwa 2 cm über dem Boden. Gib drei Siedesteinchen in das Wasser und bringe das Wasser zum Sieden (Stufe "voll").
 - a) Miss alle 30 Sekunden die Temperatur und trage die Werte in einer Tabelle und anschliessend in einer grafischen Darstellung ein.
 - b) Bei welcher Temperatur siedet das Wasser?
 - c) Wie verändert sich die Temperatur, wenn das Wasser weiter siedet?
 - d) Kannst du etwas über die Bewegungsgeschwindigkeit der Wasserteilchen aussagen?
 - e) Worin besteht der Unterschied zwischen *sieden* und *verdunsten* (Tabelle)?

Aus Wasserdampf wird wieder flüssiges Wasser (Kondensation)

Fortsetzung des Siedens von Wasser (Seite 23)

3. Halte die Glasscheibe schräg über das Becherglas mit siedendem Wasser bis sich einige Tropfen an der Glasplatte gebildet haben. Leite einige Tropfen des flüssig gewordenen Wassers in das Becherglas zurück.
 - a) Weshalb wird der Wasserdampf wieder flüssig? Erkläre den Vorgang mit der Bewegung der Wasserteilchen.
 - b) Was versteht man unter *Kondensation*?
 - c) Nenne einige Beispiele von Kondensationsvorgängen aus dem Alltag.

Verdunsten von Wasser (Hausaufgabe)

Material:

2 oben offene Gefässe mit unterschiedlich grosser Öffnung (z.B. ein schmales, hohes Trinkglas und eine Schale) mit dem gleichen Volumen Wasser gefüllt, Küchenwaage

Durchführung:

Etwa alle 24 Stunden werden die beiden Gefässe gewogen und die Menge des verdunsteten Wassers im Vergleich zum Vortag bestimmt. Die Ergebnisse werden in eine Wertetabelle eingetragen und in einem Diagramm graphisch dargestellt.

Führe ein sorgfältiges Protokoll. Beschreibe darin genau die Form deines Gefässes, den Ort wo es steht, Sonneneinstrahlung, Heizung und alles, was für die Erklärung deiner Resultate wichtig sein könnte. Interpretiere die Ergebnisse!



Verdunstung von Ether

☞ Anmerkung: Dieser Versuch muss im Chemie-Praktikum durchgeführt werden!

Material:

Waage, Abdampfschale (alle gleiche Grösse) und Lampe im Abzug des Chemie-Praktikums installiert; Uhr, Ether mit Dispenser abfüllbar (10 ml)

Durchführung:

Einführung in den Gebrauch der Waage

1. Wertetabelle anlegen!

Leere Abdampfschale auf Waage stellen und austarieren. Etwa 8 g Ether einfüllen.

- a) Masse des flüssigen Ethers in 1-Minuten-Intervallen ablesen (bis 9. Min) und in Wertetabelle eintragen; nach 9 Min. Abzug einschalten und die Werte noch bis zur 15. Min. aufnehmen.

- b) Dasselbe mit eingeschalteter Lampe (Siedepunkt von Ether = 34.5 °C);

☞ Räume den Arbeitsplatz auf.

2.

- a) Übertrage die Werte aus der Tabelle in ein Diagramm.
- b) Ermittle aus der Steigung der Kurvenabschnitte die Verdunstungsraten von Ether (in g/min) unter vier verschiedenen Bedingungen und übertrage die Werte in folgende Tabelle (auf zwei Dezimalstellen runden):

Tab.: Verdunstungsraten von Ether (g/min) unter verschiedenen Bedingungen

	ohne Licht	mit Licht
ohne Wind		
mit Wind		

- c) Formuliere die Ergebnisse der Tabelle in eigenen Worten.
- d) Diskutiere anschliessend, worauf diese unterschiedlichen Resultate mit/ohne Wind bzw. mit/ohne Licht zurückzuführen sein könnten und verwende dazu das Teilchenmodell.
- e) Wo siehst du eine Anwendung in der Natur?



Die Aggregatzustände des Wassers und das Klima (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Der meiste Wasserdampf kommt von den Ozeanen. Die Verdunstung von Wasser- und Landoberflächen ist dort am grössten, wo die von der Sonne empfangene Strahlungsmenge am grössten ist, die Luft trocken und der Wind stark ist. Wo das Land Feuchtigkeit enthält, verdunstet aus Böden ohne Bewuchs mehr Wasser als aus Vegetationsgebieten. In Trockengebieten (*aride Zone*) geht mehr Wasser durch Verdunstung verloren, als durch Niederschläge gewonnen wird. Hier liegt das Wasser also vorwiegend gasförmig vor.

Wenn Luft bis zu ihrem Taupunkt (vgl. S. 133) abgekühlt oder mit Feuchtigkeit gesättigt wird, kondensiert ein Teil des in ihr gebundenen Wassers als Regen, Dunst, Nebel oder Tau zum flüssigen Zustand bzw. - wenn der Taupunkt unter 0 °C liegt - als Schnee, Graupeln oder Hagel. Sie alle sind Formen von Niederschlägen. In den meisten Gebieten ist die Niederschlagsmenge grösser als die Verdunstungsrate (*humide Zonen*, Wasser vorwiegend flüssig), so dass im Weltmassstab Verdunstung und Niederschläge einander ungefähr die Waage halten.

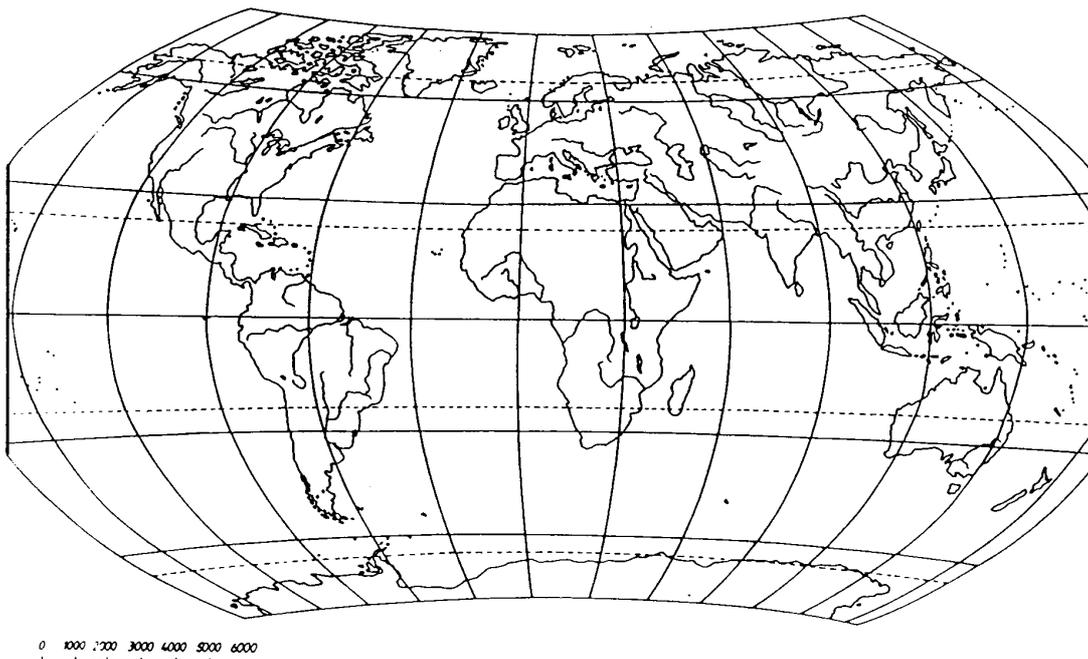
In der *nivalen Zone* liegt das Wasser vorwiegend in fester Form vor, also als Schnee und Eis.

Material:

Schweizer Atlas

Durchführung:

- Wie können globale Trocken- bzw. Feuchtgebiete anhand des Verhältnisses von Verdunstung und Niederschlag charakterisiert werden? Versuche Wortgleichungen aufzustellen, in denen die Bezeichnungen "Niederschlag, Verdunstung, trockenes Klima, feuchtes Klima" vorkommen.
- Versuche mit Hilfe der Klimakarte (Schweizer Weltatlas S. 158/159) die drei Klimazonen (arid, humid und nival) auf der folgenden Karte mit Farbe einzutragen (vgl. dazu auch S. 160).



Licht und Sehen

Lernziele

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	folgende Begriffe zu erklären und mit Beispielen zu erläutern: <i>Brechung, Spiegelung, Streuung, Totalreflexion, kontinuierliches Spektrum, Linienspektrum, Sammellinse, Streulinse, optische Achse, Brennpunkt, Brennweite, Dioptrie, Adaption, Akkommodation, Tiefenschärfe, Nahpunkt, zeitliches und räumliches Auflösungsvermögen</i>			
2.	das Einfallslot, den Einfallswinkel und den Ausfallswinkel einzuzeichnen			
3.	zu erklären, weshalb es so schwierig ist, Fische im Wasser mit der Harpune zu treffen			
4.	den Strahlengang durch einen beliebig geformten, durchscheinenden Körper zu konstruieren und mit den entsprechenden Gesetzen zu erklären			
5.	zu beschreiben, unter welchen Bedingungen ein Regenbogen entsteht			
6.	die Farbreihenfolge in Haupt- und Nebenbogen aufzulisten und zu kommentieren			
7.	ungefähre Angaben zur Wellenlänge des sichtbaren Lichts zu machen			
8.	mit zwei verschiedenen Möglichkeiten die Brennweite von Sammellinsen zu bestimmen			
9.	den Zusammenhang zwischen Brennweite und Dioptrie zu erklären und Dioptrienzahlen zu interpretieren			
10.	zwischen parallelen und divergierenden Lichtbündeln zu unterscheiden und zu beschreiben, wie man solche machen kann			
11.	die verschiedenen Bestandteile des Auges zu benennen und ihre Aufgaben zu erklären			
12.	den Bau des Auges mit dem eines Fotoapparates zu vergleichen			
13.	die Mechanismen, mit welchen sich unser Auge an unterschiedliche Lichtverhältnisse anpasst, zu kommentieren			
14.	die Mechanismen des Auges, einen nahen bzw. fernen Gegenstand scharf auf der Netzhaut abzubilden, zu erklären und die entsprechenden Gesetze miteinzubeziehen			
15.	zu erklären, worauf Kurz-, Weit- und Altersweitsichtigkeit beruhen, worin sie sich voneinander unterscheiden und mit welchen Linsen diese Augenfehler korrigiert werden können			
16.	zu erklären, wie das Farbsehen zustande kommt und weshalb wir in der Nacht praktisch keine Farben sehen können			
17.	die verschiedenen Farbmischungen zu erläutern			
18.	den Grund anzugeben, weshalb für das richtige Einschätzen von Distanzen sowie für die räumliche Wahrnehmung beide Augen benötigt werden			
19.	zu erklären, weshalb man unter Wasser mit einer Taucherbrille scharf sehen kann, ohne Taucherbrille die Gegenstände jedoch verschwommen erscheinen.			

„Fischestechen“

Theoretische Grundlage:

Jeder Gegenstand, so auch die Knetmasse in Wasser, wird von Licht angestrahlt und reflektiert dieses in alle Richtungen. Trifft das reflektierte Licht auf unser Auge, können wir den Gegenstand sehen. CLAUDIUS PTOLEMÄUS, ein alexandrinischer Astronom aus dem 2. Jahrhundert n. Chr., bemerkte, dass Licht am Übergang zwischen zwei unterschiedlichen Medien die Richtung wechselt und entdeckte so das Phänomen der *Brechung*. So werden auch beim Übergang von Wasser in Luft die von der Knetmasse ausgehenden Lichtstrahlen *gebrochen*. Da das Auge die Vorgeschichte der Lichtstrahlen nicht kennt, sieht man den Gegenstand in der Verlängerung des ins Auge einfallenden Lichtstrahls.

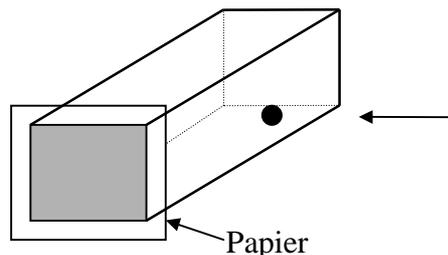
Material:

Glaswanne, Knetmasse, Wasser

Durchführung:

Fülle die Glaswanne bis knapp unter den Rand mit Wasser und stelle sie so vor dich auf den Tisch, dass dir eine Schmalseite zugewendet ist.

1. Decke diese Seite mit Papier ab. Lege die Knetmasse in den hinteren (von dir entfernten) Bereich der Wanne (siehe Skizze). Setze dich auf einen Stuhl und blicke knapp über die abgedeckte Seite so ins Wasser, dass du die Knetmasse, den „Fisch“, siehst. Nimm einen Bleistift in die Hand und versuche, den „Fisch“ zu harpunieren, ihn also von der Seite her mit der Spitze des Stiftes abzustechen. Dein Kollege sagt dir, ob und wo du getroffen hast.



2. Decke dann anstelle der Schmalseite die Oberseite der Wanne mit einem Papier oder einem Heft ab und wiederhole das „Harpunieren“.

a) Zeichne den Versuch so, dass du auch einige Wochen später noch nachvollziehen kannst, welche Stelle du getroffen hast, als das Blatt vorne angelehnt war (Versuch 1), bzw. oben drauf lag (Versuch 2).

Die genaue Erklärung für diesen Versuch folgt erst nach der Besprechung der nächsten Experimente.

Der Lichtstrahl wird gebrochen: 1. Übergang von Luft in Glas**Material:**

Transformator, Leuchte mit einfachem Spalt, Winkelmesser, Halbzylinder aus Acrylglas

Durchführung (evtl. als Lehrerdemonstrationsversuch):

Lass den Lichtstrahl in einem Einfallswinkel α von 0° , 10° , 20° , 30° usw. auf die *flache* Seite des Halbzylinders aus Acrylglases fallen und miss den dazugehörigen Ausfallswinkel β .

- a) Zeichne den Versuchsaufbau.
- b) Trage die Messwerte in eine Tabelle ein.
- c) Trage in die Skizze den Einfallswinkel α , den Ausfallswinkel β , das Einfallslot EL und den reflektierten Strahl ein.
- d) **!Notiere die Merksätze und hebe sie besonders hervor! !**

Der Lichtstrahl wird gebrochen: 2. Übergang von Glas in Luft**Material:**

Transformator, Leuchte mit einfachem Spalt, Winkelmesser, Halbzylinder aus Acrylglas

Durchführung (evtl. als Lehreddemonstrationsversuch):

Lass den Lichtstrahl in einem Einfallswinkel α von 0° , 10° , 20° , 30° usw. auf die *runde* Seite des Halbzylinders aus Acrylglas fallen und miss den dazugehörigen Ausfallswinkel β .

- a) Zeichne den Versuchsaufbau.
- b) Trage die Messwerte in eine Tabelle ein.
- c) Trage in die Skizze den Einfallswinkel α , den Ausfallswinkel β , das Einfallslot EL und den reflektierten Strahl ein.
- d) **! Notiere die Merksätze und hebe sie besonders hervor! !**

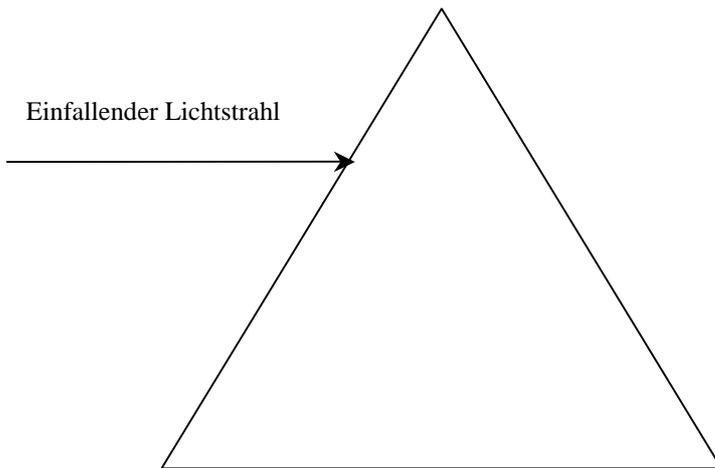
3. Der Lichtleiter

Strahlengangkonstruktion durch ein gleichseitiges Prisma (Hausaufgabe)**Material:**

Tabellen aus vorigem Versuch

Durchführung:

- a) Konstruiere mit den in der Schule gemessenen Daten aus vorigen Versuchen den Strahlengang durch das unten abgebildete gleichseitige Dreieck (entspricht dem später verwendeten Prisma). Das Licht fällt parallel zu einer Seite ein.
- b) Welche Ablenkung erfährt der Lichtstrahl insgesamt (Angabe in Grad)?



Spektralfarben

Theoretische Grundlage:

Es gibt verschiedene Lichtarten. Dem Auge geben sie sich durch verschiedene Farben zu erkennen; physikalisch unterscheiden sie sich durch verschieden starke *Brechung (Refraktion)*. Weisses Glühlicht wird bei der Brechung an einem Prisma in die verschiedenen farbigen Lichter des *Spektrums* aufgespalten. Diese Entdeckung geht auf Sir ISAAC NEWTON (1642 - 1727) zurück. Er stellte fest, dass das als weiss empfundene Sonnenlicht eine Mischung aus den Farben ist, die man als Regenbogen am Himmel kennt. Die Abhängigkeit der Brechung von der Farbe des Lichts nennt man *Streuung (Dispersion)*. Obwohl es *unendlich viele* Farbkomponenten gibt, hebt man sechs *Spektralfarben* besonders hervor: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau und Violett. Fügt man die Spektralfarben mittels einer Linse zusammen, so entsteht wieder weisses Licht. Laut NEWTON waren es allerdings *sieben* Farben: Rot, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Er hatte eine Lehre von den Harmonien der Dinge im Kopf, die mit der Siebenzahl zusammenhing. Sieben Planeten postulierte und kannte man damals und sieben Töne gab es in einer Oktave. NEWTON teilte das Farbspektrum musikalisch ein; die sieben Farben sollten den sieben Tönen entsprechen: D-E-F-G-A-H-C.

Quellen: DORN, F. UND BADER, F. (1992); FISCHER, E.P. (1995)

Material:

Netzgerät, Lampe, Schieber mit einfachem Spalt, gleichseitiges Prisma, Winkelmesser, weisses Blatt Papier

Durchführung:

Schliesse die Lampe an das Netzgerät (8-12 Volt) an. Führe den Schieber mit einfachem Spalt vor diejenige Lampenöffnung, aus welcher ein paralleles Lichtbündel kommt. Es entsteht ein schmaler Lichtstrahl. Stelle das Prisma in den Lichtstrahl, wie in der Hausaufgabe angegeben und lege ein weisses Papier darunter.

- a) Miss die Ablenkung der Lichtstrahlen mit dem Winkelmesser. Vergleiche mit dem Resultat aus der Hausaufgabe der letzten Woche.
- b) Beobachte das Licht genau, das aus dem Prisma kommt. Zeichne die Farberscheinungen in der richtigen Reihenfolge in eine Skizze ein.
- c) Welche Farbe wird am Prisma am stärksten gebrochen, welche am schwächsten?
- d) In welcher Reihenfolge werden die Farben aufgespalten?
- e) Trage die Begriffe Brechung (Refraktion), Streuung (Dispersion) und Spiegelung (Reflexion) in deine Skizze ein.
- f) Male als **Hausaufgabe** das was du gesehen hast (Spektrum) mit Wasserfarben. Klebe einen Streifen des gemalten Spektrums (etwa 15 cm lang und 4 cm breit) ein.

Der Regenbogen (Demonstrationsversuch)**Material:**

Dia Regenbogen, Hellraumprojektor als Lichtquelle, Karton mit Loch (9 cm Durchmesser), Glaskolben (9 cm) gefüllt mit Wasser; bei Sonnenschein: Sprühflasche mit Wasser

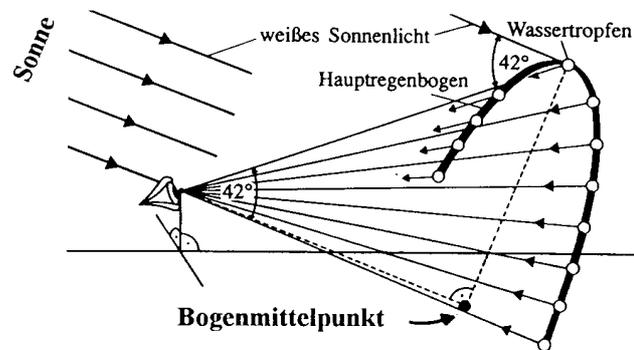
Durchführung:

- a) Zeichne vom Dia die Farbreihenfolge des Haupt- und Nebenbogens.
- b) Was kann man sonst noch beobachten?
- c) Zeichne die Versuchsanordnung.
- d) Worin bestehen Unterschiede zwischen dem Demonstrationsversuch und den natürlichen Bedingungen?

Der Strahlengang im Wassertropfen

Theoretische Grundlage:

Unter den Naturschönheiten nimmt der Regenbogen einen besonderen Platz ein. Sein Auftauchen ist unerwartet, es lässt sich nicht planen. Ein Regenbogen entsteht, wenn die **niedrig stehende Sonne** auf eine Regenwand scheint; der Beobachter muss die **Sonne im Rücken** haben. Der **Bogenmittelpunkt** liegt irgendwo in der Erde, auf einer Geraden, die von der Sonne durch das Auge des Beobachters geht (Abb.). Der Winkel zwischen Mittelpunkt und Bogen beträgt 42 Grad. Somit kann ein Regenbogen nur entstehen, wenn die Sonnenhöhe wesentlich kleiner als 42 Grad ist. Um die Mittagszeit gibt es also keine Regenbögen, und **je niedriger die Sonne, desto höher ist der Regenbogen**.



Quelle: DORN, F. UND BADER, F. (1992)

Ausserhalb des Hauptregenbogens erkennt man oft einen schwächeren Nebenregenbogen, in welchem die Reihenfolge der Farben umgekehrt verläuft. Sein Radius beträgt etwa 51 Grad.

Betrachtet man die ganze Erscheinung genauer, so erkennt man, dass die Region zwischen den beiden Bögen wesentlich dunkler ist als die übrigen Teile des Himmels. Auch wenn kein Nebenbogen sichtbar ist, ist deutlich zu erkennen, dass der Hauptbogen aussen eine dunkle und innen eine helle Seite hat. Die dunkle Zone hat den Namen «Alexandersches Dunkelfeld» erhalten, nach dem griechischen Philosophen *Alexander von Aphrodisias*, der diese Erscheinung erstmals im Jahre 200 n. Chr. beschrieben hat. Zur Erklärung des Regenbogens bedarf es der Gesetze der Optik. Wenn man die Ausbreitung von Licht beschreibt, so spricht man bald von Strahlen, bald von Wellen. Besteht das Licht aus Strahlen oder aus Wellen? Das Licht ist eine Welle. Einfache Vorgänge - und dazu gehören Reflexion und Brechung - sind aber einer vereinfachten Darstellung zugänglich, die man geometrische Optik nennt. Sie nimmt an, dass das Licht aus Strahlen besteht, die sich als gerade Linien darstellen lassen und die dem Reflexions- und dem Brechungsgesetz gehorchen. Der Regenbogen konnte erst erklärt werden, nachdem die durch *Newton* aufgestellte Theorie gesichert war, wonach weisses Licht eine Mischung aller Spektralfarben ist.

Der Regenbogen kommt dadurch zustande, dass das Sonnenlicht in den Regentropfen eintritt, an deren Rückwand reflektiert wird und wieder austritt. Die Reflexion an der Rückwand erfolgt nach dem Reflexionsgesetz; Ein- und Austritt erfolgen nach dem Brechungsgesetz, und bei diesem Vorgang entsteht die Dispersion, also die Aufteilung in die Regenbogenfarben. **Aus einem oberen Tropfen gelangt nur rotes Licht in das Auge des Betrachters, aus einem weiter darunter liegenden nur oranges, gelbes, grünes, blaues bzw. violettes Licht.** Alle Lichtstrahlen, die das Auge des Beobachters treffen und dabei denselben Winkel mit der Richtung der Sonnenstrahlen bilden, liegen auf dem Mantel eines Kegels, der seine Spitze im Auge hat. Deshalb sieht man die jeweils in gleicher Farbe leuchtenden Regentropfen auf einem Kreisbogen (Abb.).

Einmalige Reflexion erzeugt den Hauptregenbogen, zweimalige Reflexion den Nebenregenbogen. Die zweimalige Reflexion bewirkt, dass sich die Reihenfolge der Farben im Nebenbogen gegenüber dem Hauptbogen umkehrt und dass der Nebenbogen - wegen des zusätzlichen Lichtverlustes - etwas lichtschwächer ist. Auch bei Vollmondschein lassen sich Regenbögen beobachten.

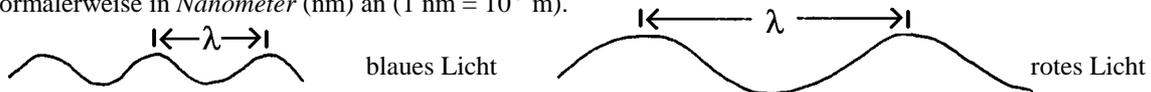
Quellen: SPEISER, A.P. (1995) und DORN, F. UND BADER, F. (1992)

- Konstruiere den Strahlengang durch zwei übereinanderliegende Regentropfen, so dass man die Entstehung des Hauptregenbogens erkennen kann.
- Konstruiere die Entstehung des Nebenregenbogens.
- In welche Richtung muss man blicken, wenn abends ein Regenbogen zu sehen ist?
- Warum ist der Nebenregenbogen stets schwächer zu sehen als der Hauptregenbogen?
- Warum gibt es überhaupt einen Bogen?

Spektroskopie

Theoretische Grundlage:

1. Farben: Farben sind eigentlich keine physikalische Erscheinung, sondern eine menschliche Sinnesempfindung. Dagegen kennt die Physik nur verschiedene "Lichter", aus denen das Spektrum besteht; jedes Licht wird durch eine bestimmte *Wellenlänge* gekennzeichnet. Wellenlängen (Symbol $\lambda = \text{Lambda}$) gibt man normalerweise in *Nanometer* (nm) an ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).



Das Auge besitzt drei Arten von lichtempfindlichen Zellen (vgl. S.53). Etwas vereinfacht kann man sagen, dass die drei Wellenlängenbereiche 400 bis 500 nm, 500 bis 600 nm und 600 bis 700 nm als die Farben Blau, Grün und Rot empfunden werden. Jeder Mensch hat ein eigenes Empfinden für Farben, aber zu einer bestimmten Wellenlänge gehört immer die gleiche Farbe.

2. Lichtquellen: (a) Glühlampen: Die Farben des von einer Glühlampe erzeugten Spektrums gehen fließend ineinander über. Man nennt es deshalb auch ein *kontinuierliches Spektrum*. Das menschliche Auge kann darin etwa 140 verschiedene Farbtöne unterscheiden. In einer groben Einteilung werden daraus sechs Farben besonders hervorgehoben (vgl. S.34). (b) Einige Spektrallampen und Laser senden *spektralreines* Licht aus, d.h. es hat eine einzige Wellenlänge (z.B. Natriumdampf Lampe 589 nm, gelb). Solche Spektren nennt man *Linienpektren*. (c) Andere Lichtquellen haben mehrere Spektrallinien. Bei Leuchtstoffröhren (Stromsparlampe) sind Spektrallinien gleichzeitig mit dem kontinuierlichen Spektrum sichtbar.

Quelle: verändert nach DORN, F. UND BADER, F. (1992)

Material:

1 Spektroskop für 2 SchülerInnen, Gebrauchsanweisung des Spektroskops, für die ganze Klasse verschiedene Lichtquellen: z.B. normale Glühlampe (weisses Licht), Glühlampe mit gelbem Glas (gelbes Licht), Stromsparlampe (weisses Licht), Natriumdampf Lampe (gelbes Licht) mit Netzgerät (einige Minuten aufwärmen lassen), Laser (rotes Licht) auf weisses Blatt Papier richten, Spektraltafel

Achtung: Niemals den Laser direkt anvisieren (Erblindungsgefahr!), sondern den roten Punkt auf dem weissen Papier!

Das Strichgitter des Spektroskops befindet sich an der Öffnung, die zum Auge gerichtet ist. Niemals das Strichgitter berühren oder abwischen. Es ist nicht geschützt und wird dabei zerstört.

Durchführung:

1. Erstelle eine Tabelle mit zwei Spalten: 1. Spalte für die Bezeichnung der Lichtquelle, zweite Spalte für das Malen des Spektrums bzw. der Spektrallinien. Gib im Kopf der zweiten Spalte eine Skala von 400 bis 700 nm vor.
2. Zuerst die normale Glühlampe aus einer Distanz von einigen Metern anvisieren, bis das Spektrum unter der Skala sichtbar wird. Kontrolliere, ob die Wellenlängen den Farben entsprechen.
 - a) Male das Spektrum.
 - b) Die anderen Lichtquellen anvisieren und die Spektren zeichnen.
 - c) Bei welchen Spektren handelt es sich um kontinuierliche, bei welchen um Linienpektren?

Strahlengang in optischen Linsen (I)

Theoretische Grundlage:

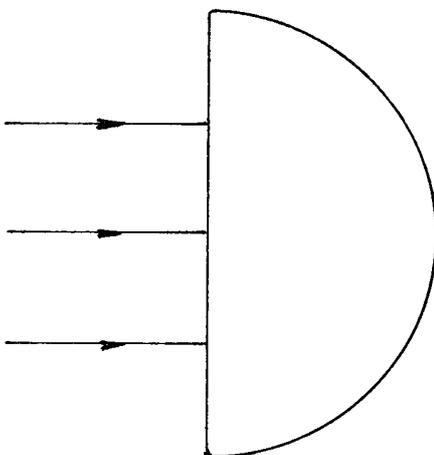
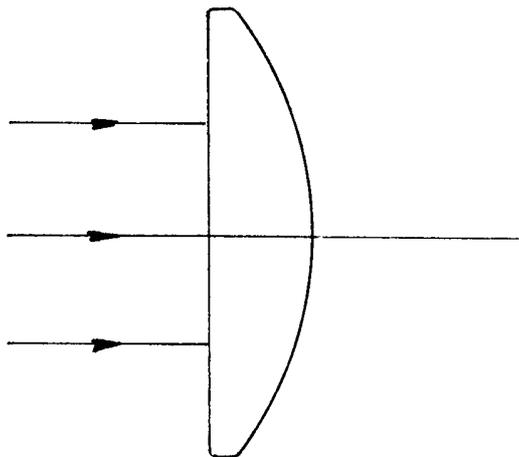
Licht wird beim Übergang zwischen zwei Stoffen A und B gebrochen. Wird es beim Übergang von A nach B zum Einfallslot hin gebrochen, so wird es beim Übergang von B nach A vom Lot weg gebrochen und umgekehrt. Beim Übergang von Luft in Glas wird ein Lichtstrahl zum Einfallslot hin gebrochen, beim Wiederaustritt in Luft vom Lot weg.

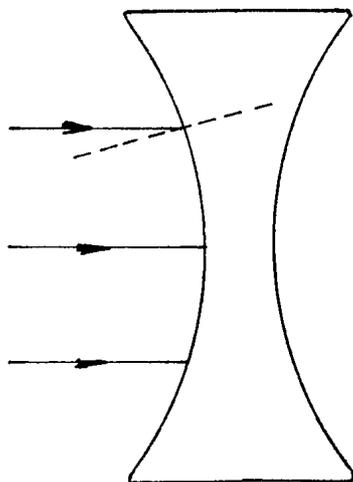
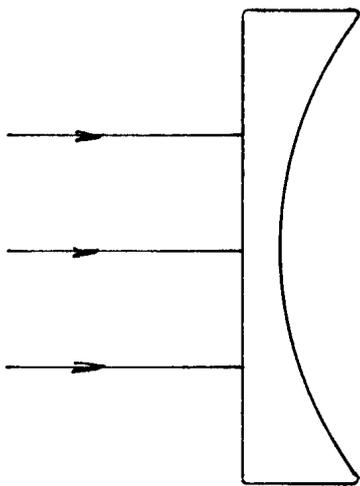
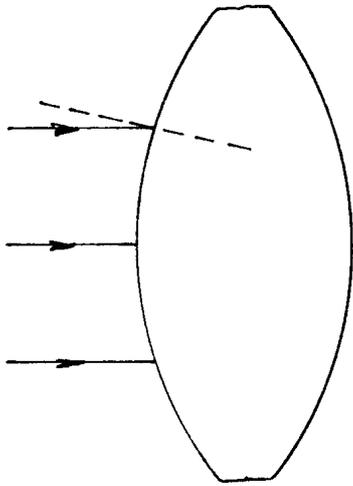
Material:

Netzgerät, Leuchte, ein- und mehrspaltige Blenden, Linsenmodelle, weisses Blatt Papier

Durchführung:

- Zeichne an jeder Grenzfläche das Einfallslot und verlängere anschliessend den Weg der Lichtstrahlen durch die abgebildeten Linsen. Dabei ist es diesmal nicht nötig, dass die Winkel genau stimmen. Wichtig ist das Üben des oben erwähnten Merksatzes an verschiedenen Beispielen. Halte dich an die Reihenfolge. Überlege erst und kontrolliere *anschliessend* mit dem Experiment.
- Trage die folgenden Begriffe ein: optische Achse, Brennweite f , Brennpunkt F , Brennstrahl, Hauptebene, Sammellinse (Konvexlinse), Zerstreuungslinse (Konkavlinse)





Bestimmung der Brennweite von Sammellinsen, Dioptrie

Theoretische Grundlage:

Der Begriff der *Dioptrie* ist jedem Brillenträger geläufig. Sie ist ein Mass für die Brechkraft einer Linse. Man versteht darunter den reziproken Wert (Kehrwert) der Brennweite f , wobei diese in Metern angegeben wird. Sammellinsen haben + dpt, Streulinsen - dpt.

$$\text{dpt} = 1/f, \text{ wobei } f \text{ in m}$$

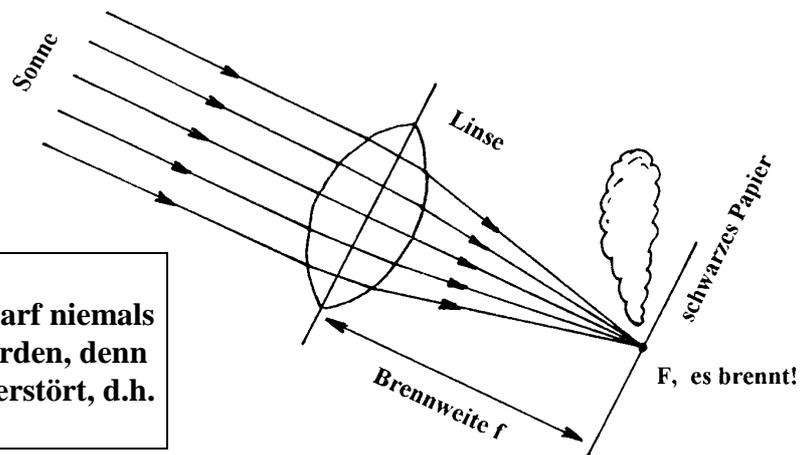
Material:

Verschiedene Sammellinsen, dunkles und weisses Papier, Messstab

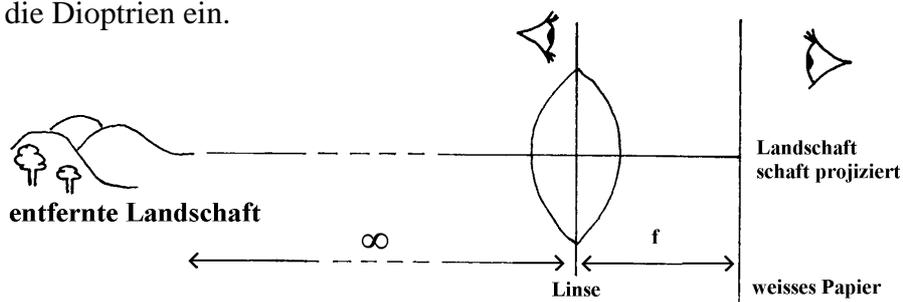
Durchführung:

Mit den folgenden zwei Experimenten kann der Brennpunkt bzw. die Brennweite einer Sammellinse ermittelt werden:

ACHTUNG:
Durch eine Sammellinse darf niemals auf die Sonne geblickt werden, denn die Netzhaut wird dabei zerstört, d.h. man erblindet!



1. Grundexperiment (wenn die Sonne scheint):
2. Wenn die Sonne nicht scheint muss man einen *sehr entfernten* Gegenstand wählen (z.B. Bergkette, Kirchturm, Baum, ...) und von diesem eine scharfe Abbildung auf einem weissen Blatt Papier erzeugen. Der Abstand der Linsenmitte vom weissen Blatt Papier ist gleich der Brennweite der Linse.
 - a) Miss die Brennweite verschiedener Linsen. Berechne daraus die Dioptrienzahl und stelle die Ergebnisse in einer Tabelle dar.
 - b) Wie verändert sich die Brennweite der Linsen bei grösser werdender Dioptrienzahl?
 - c) Wie verändert sich die Krümmung der Linsen bei grösser werdender Dioptrienzahl?
 - d) Stelle die Abhängigkeit der Dioptrienzahl von der Brennweite in einem Diagramm dar. Trage dabei auf der Abszisse (x-Achse) die Brennweite (cm) und auf der Ordinate (y-Achse) die Dioptrien ein.



Bau eines einfachen Augenmodells**Material:**

Netzgerät, Leuchte mit mehrspaltiger Blende, 2 Sammellinsen, weisses Blatt Papier

Durchführung:

Die Glühbirne in der Leuchte soll unser Gegenstand sein. Erzeuge mit Hilfe der mehrspaltigen Blende ein Lichtbündel, bei dem die Strahlen auseinandergehen (divergierendes Lichtbündel). Lege ins Lichtbündel ein weisses Blatt Papier und stelle darauf zwei aneinandergelegte Sammellinsen (Hornhaut, Kammerflüssigkeit, Linse). Der Punkt, wo sich die Strahlen bündeln ist das Bild (*Bildpunkt*). Hier müsste sich die Netzhaut des menschlichen Auges befinden, um ein scharfes Bild zu sehen.

- a) Zeichne die Versuchsanordnung mit dem Strahlengang.
- b) Wie verschiebt sich der Bildpunkt, wenn du die Leuchte von der Linse entfernst bzw. ihr näherst?
- c) Wie muss sich die Linse unseres Auges verformen, um den Bildpunkt trotzdem genau auf der Netzhaut zu haben, also scharf zu sehen, wenn sich der Gegenstand entfernt bzw. nähert (vgl. Akkommodation S. 45 und 46)
- d) Wie würden die Strahlen einfallen, wenn die Leuchte unendlich weit entfernt wäre?

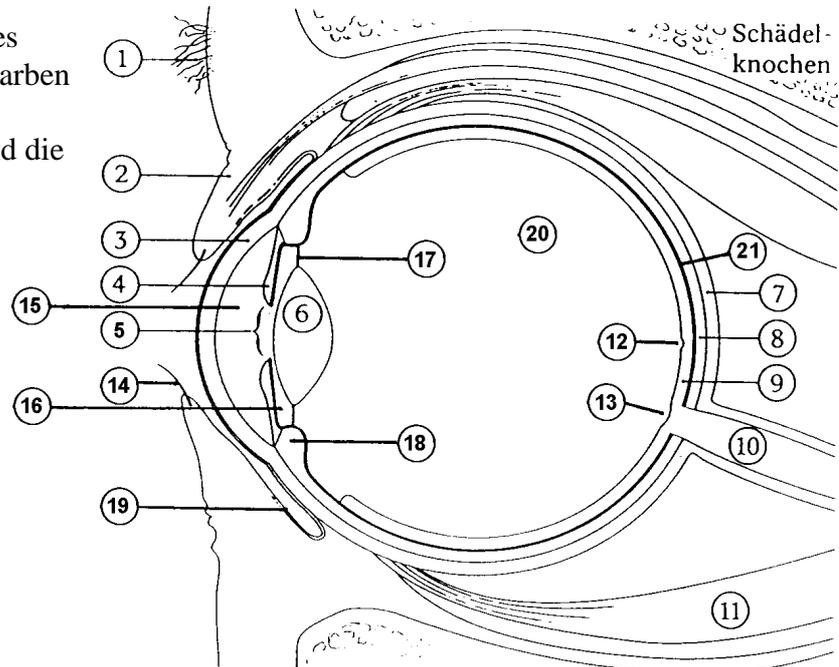
Schalte den Strom ab und drehe die Leuchte um.

- e) Wie werden parallele und divergierende Strahlen erzeugt? (Skizze)

Der Aufbau des Auges (Hausaufgabe)

Durchführung:

- Male die einzelnen Teile des Auges mit verschiedenen Farben aus.
- Zeichne die Hauptebene und die optische Achse ein.



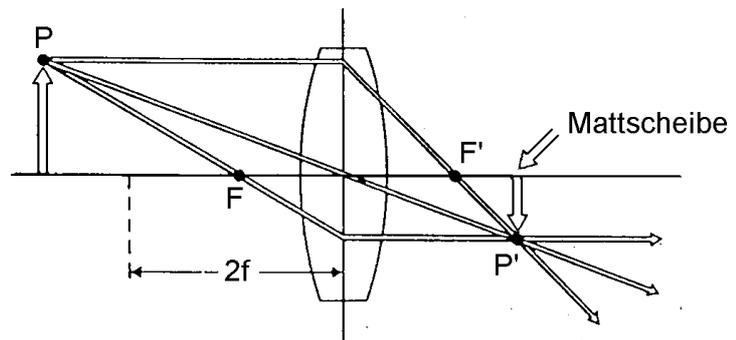
Teil des Auges	Aufgabe
1 Augenbraue	Zurückhalten von Schweiß und Regentropfen
2 Augenlid	Gleichmässige Verteilung der Tränenflüssigkeit
3 Hornhaut	Schutz und Lichtdurchlass
4 Iris (Regenbogenhaut)	reguliert den Lichteinfall der Pupille (Blende)
5 Pupille	Blendenöffnung der Iris
6 Linse	Sammlung der Lichtstrahlen
7 weisse Lederhaut	Schutz des Auges
8 Aderhaut	Versorgung des Auges mit Blut
9 Netzhaut	Umwandlung der Lichtenergie in Nervenimpulse
10 Sehnerv	Weiterleitung der Nervenimpulse zum Gehirn
11 Augenmuskel	Bewegung der Augen
12 Sehgrube (gelber Fleck)	Stelle des schärfstens Sehens (nur Zapfen)
13 Blinder Fleck	Hier verlässt der Sehnerv das Auge, keine Sinneszellen
14 Augenwimper	Zurückhalten von Schweiß
15 vordere Augenkammer	mit Flüssigkeit gefüllt, Lichtbrechung
16 hintere Augenkammer	mit Flüssigkeit gefüllt, Lichtbrechung
17 Zonulafasern	Aufhängeapparat der Linse
18 Ziliarmuskel	reguliert die Linsenkrümmung (Akkommodation)
19 Bindehaut	verbindet Augenlid und Hornhaut
20 Glaskörper	gallertig, für den Augendruck und die Brechung zuständig
21 Pigmentschicht	schwarz, verhindert unnötige Reflektionen

Vergleich des Auges mit dem Fotoapparat

Theoretische Grundlage:

Bau und Funktion des Auges können wir uns am besten klarmachen, wenn wir an einen Fotoapparat denken. Mit diesem Gerät erzeugen wir ein verkleinertes Bild unserer Umgebung und halten es fest. Eine Kamera besteht aus einem lichtdichten Kasten, der an der einen Seite eine Linse zum Auffangen der Lichtstrahlen und zur Erzeugung des Bildes besitzt. Ihr gegenüber ist der Film angebracht. Eine veränderliche Blende vor der Linse sorgt dafür, dass nicht zuviel oder zuwenig Licht auf den Film fällt. Die Linse entwirft ein umgekehrtes Bild auf dem Film, dessen lichtempfindliche Schicht durch die einfallenden Lichtstrahlen chemisch verändert und damit geschwärzt wird. Das entstehende Bild setzt sich mosaikartig aus zahlreichen kleinen, dunkleren oder helleren Punkten zusammen. Das Auge ist in seiner Grundform ähnlich gebaut (vgl. S. 43), allerdings ist es viel vollkommener als der beste Fotoapparat.

Eine Sammellinse dient als Fotoobjektiv (oder als Modell des menschlichen Auges), wenn man eine Mattscheibe (oder den



Quelle: verändert nach DUIT, R. und zahlreiche Mitarbeiter (1983)

Film bzw. die Netzhaut) etwas weiter als f stellt (Abb.). Wenn man die Linse gegen eine helle Landschaft richtet, erscheint auf der Mattscheibe ein umgekehrtes Bild. Zur Schärfereinstellung muss die Mattscheibe oder das Objektiv verschoben werden.

Material:

Sammellinse (+11 dpt), Rillenkasten mit schwarzem Deckel, kontrastierter Gegenstand, Mattscheibe

Durchführung:

a) Bestimme zuerst die Brennweite der beigelegten Linsen.

Positioniere die Sammellinse in Rille 29.

Platziere die Mattscheibe etwas weiter als f und betrachte auf ihr einen Gegenstand, der etwa 40 cm von der Linse entfernt ist. Die Blickrichtung ist von der dem Gegenstand gegenüberliegenden Seite.

Ersetze die Linse durch eine andere mit kleinerer Brennweite, ohne die Mattscheibe zu verschieben.

b) Welche Gegenstände sind jetzt scharf? Warum?

c) Erstelle eine Tabelle mit drei Spalten (Photoapparat - Experiment - Auge). Schreibe die Bestandteile des Photoapparates (Gehäuse - Objektiv - Film - Blende) in die richtige Spalte und vervollständige jetzt die Tabelle.

Akkommodation (Tiefenschärfe, Schärfentiefe) (Hausaufgabe)

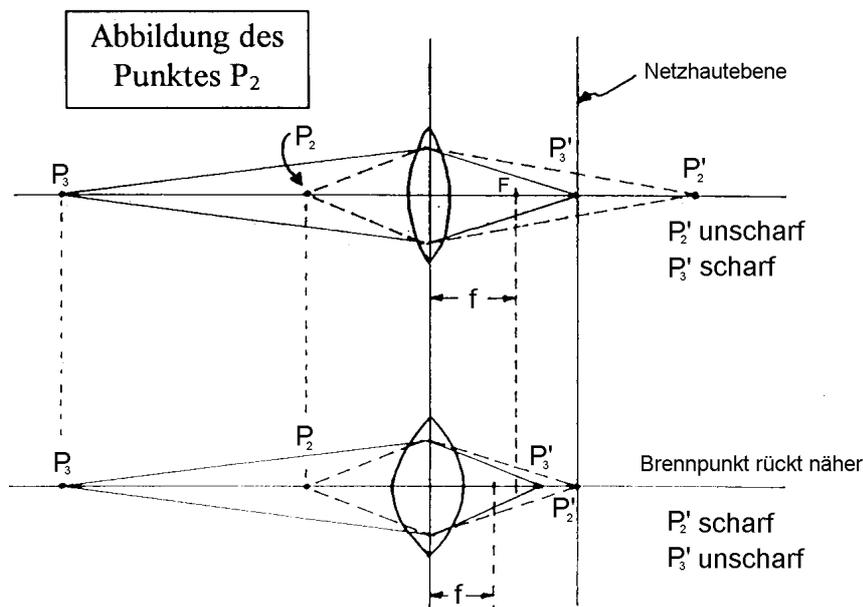
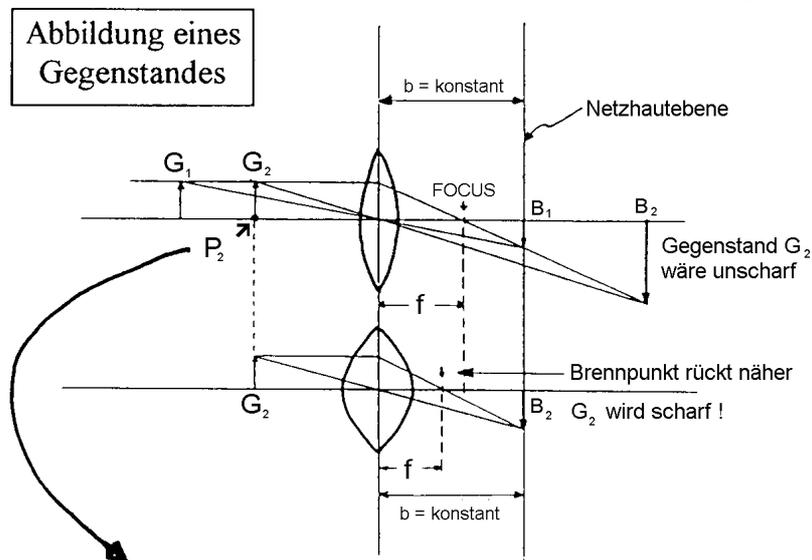
Theoretische Grundlage:

Das menschliche Auge kann die Distanz zwischen Linse und Netzhaut nicht verändern (vgl. Abb.: $b = \text{konstant!}$). Durch die unterschiedliche Krümmung der Linse (**Akkommodation**) wird der Gegenstand oder Punkt jedoch scharf auf der Netzhaut abgebildet. Je stärker die Linse gewölbt ist, umso kräftiger bricht sie die Strahlen. Der Brennpunkt (Fokus) rückt näher, die Brennweite (f) wird kleiner.

Durchführung (☺):

Strecke den Arm in Richtung einer entfernten Wand und halte den Daumen hoch. Richte nun deinen Blick abwechselnd auf die Wand und auf den Daumen.

- Wie erscheint der Daumen, wenn du zur Wand blickst? Wie erscheint die Wand, wenn du auf den Daumen schaust?
- Studiere das Phänomen der Akkommodation (nachstehende Abbildung)!



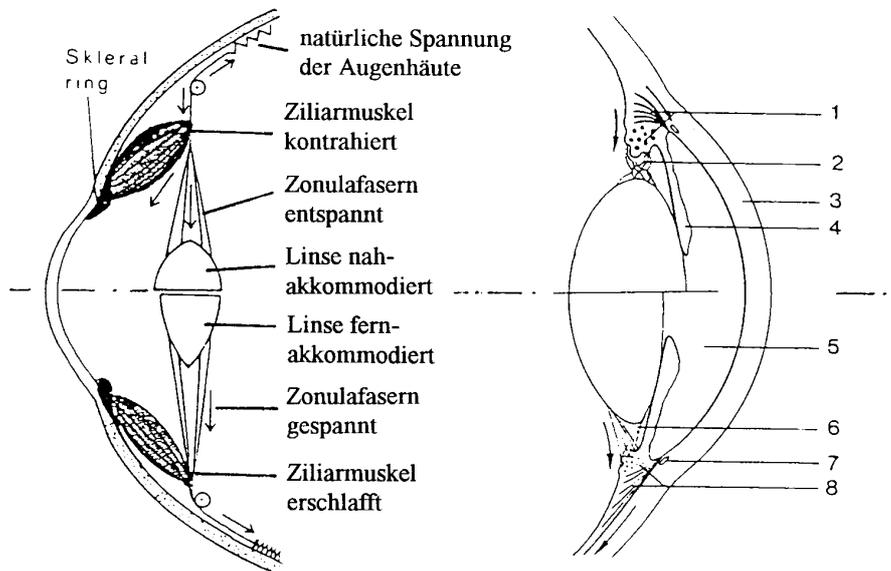
Biologie der Akkommodation

Theoretische Grundlage:

Unter *Akkommodation* versteht man die Anpassung des Auges an verschiedene Entfernungen durch Änderung der Linsenkrümmung.

Durchführung:

- Welche Einrichtungen hat das Auge, um die Linse zu krümmen bzw. zu strecken.
- Welche Form hat die Linse im Ruhezustand?
- Was versteht man unter Altersweitsichtigkeit?
- Was für eine Linse braucht man, um die Altersweitsichtigkeit zu korrigieren?
- Beschrifte 1 bis 8.



Quelle: Verändert nach SCHMIDT, R.F. (1976)

Bestimmung des Nahpunktes (Hausaufgabe)

Material:

Masstab

Durchführung (☺☺):

Halte den eingerahmten kleingeschriebenen Text vertikal mit ausgetrecktem Arm und fixiere ihn mit einem Auge. Nähere den Text langsam dem Auge, wobei du ihn ständig scharf sehen sollst. Du wirst feststellen, dass ab einer bestimmten Nähe keine scharfe Abbildung mehr möglich ist.

- Miss den Abstand dieser Stelle von den Augen. Die Partnerin oder der Partner beobachtet dabei deine Augen genau und teilt dir die Beobachtungen mit.
- Lasst den Versuch auch von älteren Personen (Nicht-Brillenträger) durchführen.
- Wie kann man sich den Unterschied im Nahpunkt zwischen jüngeren und älteren Personen erklären?

Feierabend
Das ist das Glück: am Feierabend müd
Im Bänklein sitzen und ins Weite lauschen,
Wo am Gebirg der Abenglast verglüht
Und ferne Ströme ihren Frieden rauschen.

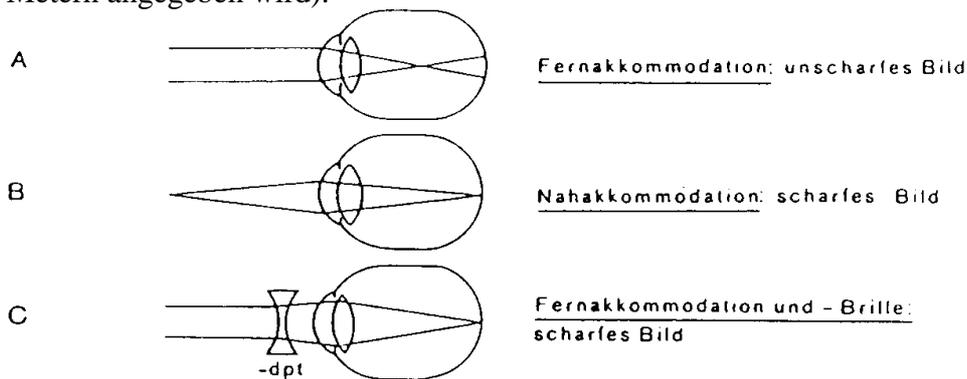
Hinträumend wandelt in die alten Zeiten
Und scheu dein stillgewordner Wunsch zurück
Zu lang verglühten Träumen, Wonnen, Leiden
Und Jugendhoffnungen ... Das war das Glück.

Hermann Hesse

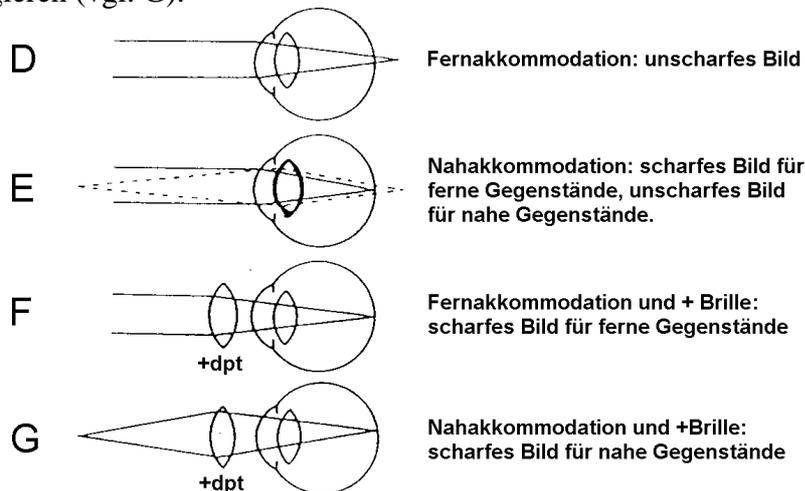
Augenfehler und Brillen (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage (Vergleiche mit den Seiten 45 und 46):

Nur wenn die Entfernung zwischen der Linse und der Netzhaut der Brennweite entspricht, werden ferne Gegenstände scharf auf der Netzhaut abgebildet. Ist der Augapfel dagegen etwas zu lang, so entsteht anstelle eines Bildpunktes ein Bildfleck und ferne Gegenstände können nicht mehr scharf abgebildet werden (vgl. A). Dieser Mensch kann aber nahe Gegenstände durchaus scharf erkennen (vgl. B). Man bezeichnet diesen Augenfehler als **Kurzsichtigkeit**. Der Kurzsichtige benötigt daher *zum scharfen Sehen in die Ferne* eine Brille mit *zerstreuenden Linsen*. Ihre Brechkraft wird in negativen Dioptrien angegeben (Dioptrie = $1/f$, wobei f in Metern angegeben wird).



Bei der **Weitsichtigkeit** ist der Augapfel etwas zu kurz (vgl. D). Der Weitsichtige kann ferne Gegenstände scharf sehen, weil er die Linse etwas krümmt, also sie eigentlich auf Nahe einstellt (vgl. E). Möchte er allerdings nahe Gegenstände betrachten, so reicht die Linsenkrümmung nicht mehr aus. Mit einer *Sammellinse* (positive Dioptrien) kann er den Fehler korrigieren (vgl. G).



Quelle: SCHMIDT, R.F. (1976)

Bei der **Altersweitsichtigkeit** hat die Linse ihr Elastizität verloren. Deshalb wölbt sie sich nicht mehr genügend stark und nahe gelegene Gegenstände werden nicht mehr scharf wahrgenommen. Auch in diesem Fall kann man den Fehler mit einer *Sammellinse* korrigieren.

Modell für das normalsichtige und das alterssichtige Auge

Material:

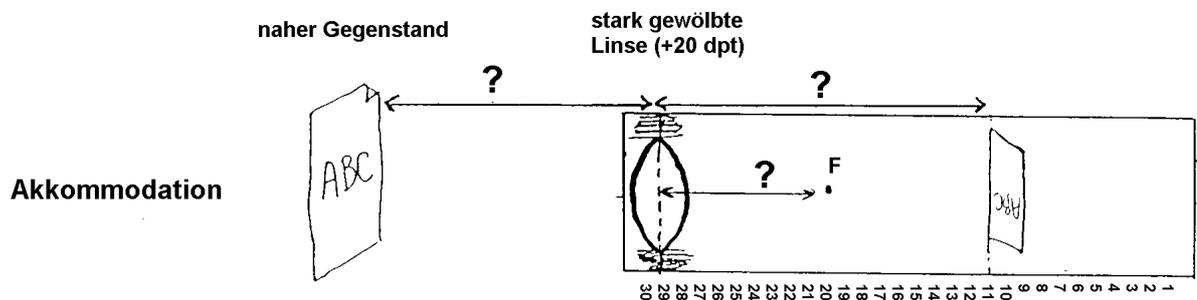
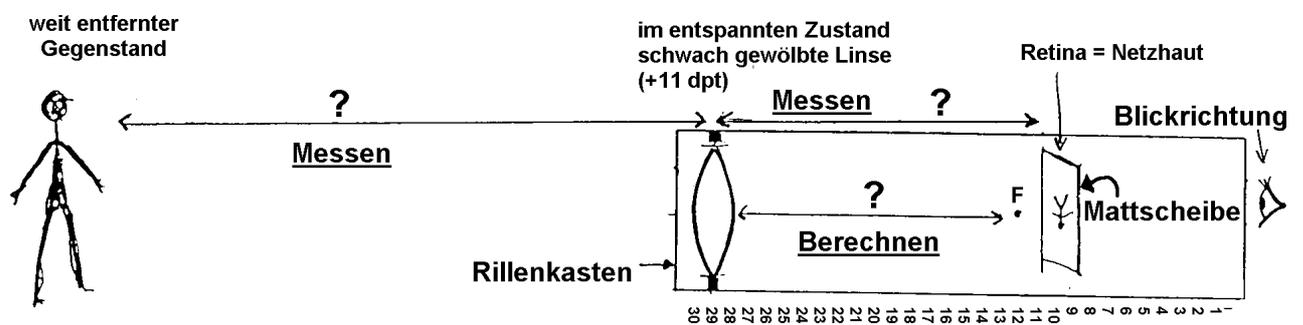
Sammellinsen (11 und 20 Dioptrien), Sammellinse (6 Dioptrien als Brille), Mattscheibe, Rillenkasten, verformbares Augenmodell (Lehrerdemo)

Durchführung:

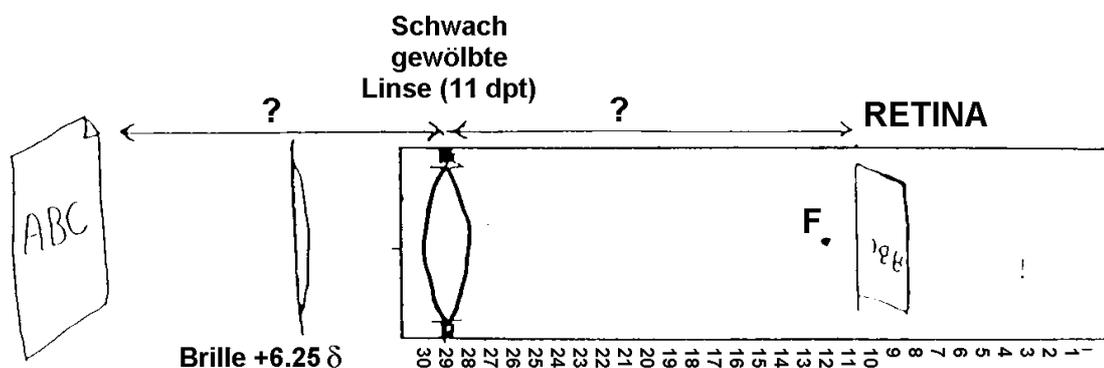
Baue die abgebildeten Modelle und teste jeweils, ob du die Bildqualität scharf oder unscharf erreichst, indem du von hinten auf die Mattscheibe blickst.

a) Trage die Längen der mit "?" bezeichneten Strecken ein.

Normales Auge:



Alterssichtiges Auge:



Modell für das kurzsichtige Auge

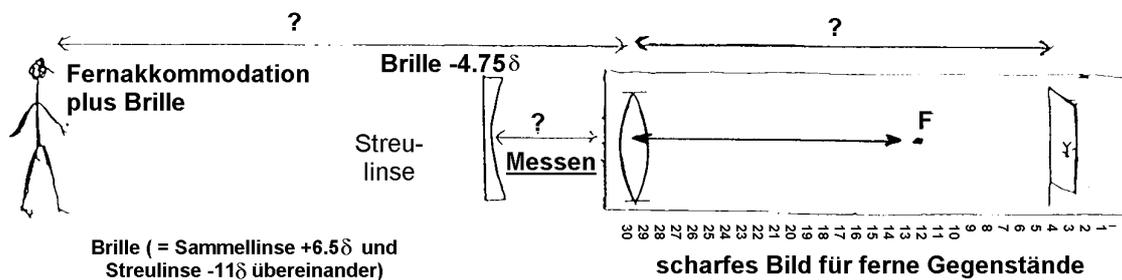
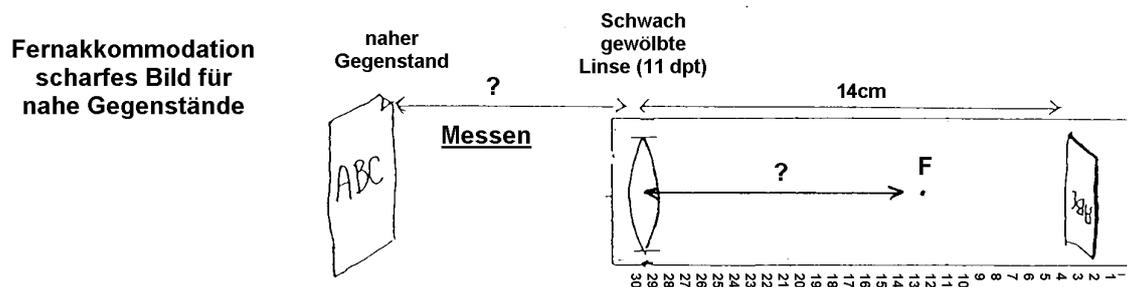
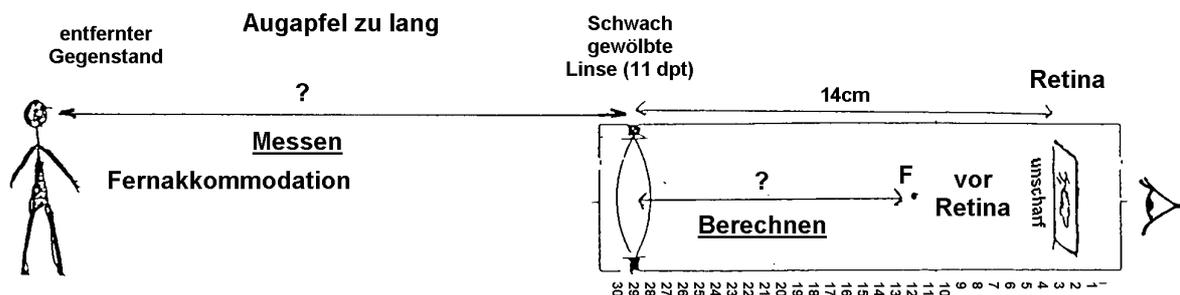
Material:

Sammellinsen (11 Dioptrien), Sammellinse (+6 dpt als Brille), Streulinse (-11 dpt), Mattscheibe, Rillenkasten, verformbares Augenmodell (Lehrerdemo)

Durchführung:

Baue die abgebildeten Modelle und teste jeweils, ob du die Bildqualität scharf oder unscharf erreichst, indem du von hinten auf die Mattscheibe blickst.

a) Trage die Längen der mit "?" bezeichneten Strecken ein.



Abbildungen Verändert nach: DEICHA, C. (1998)

Modell für das weitsichtige Auge

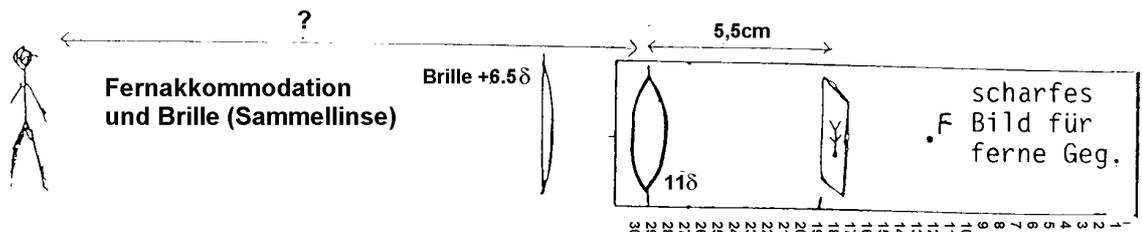
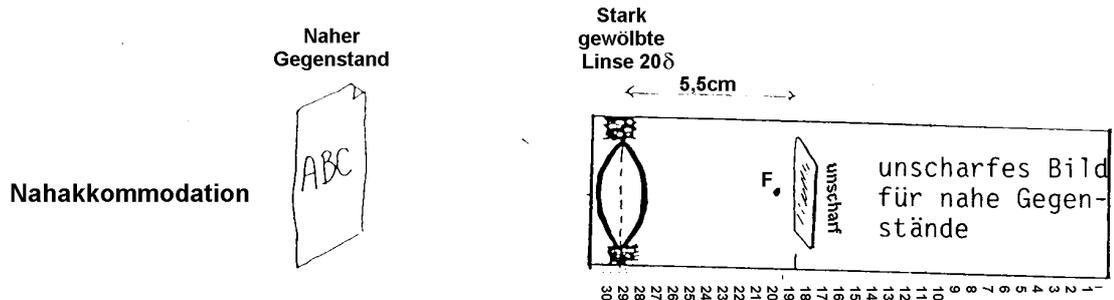
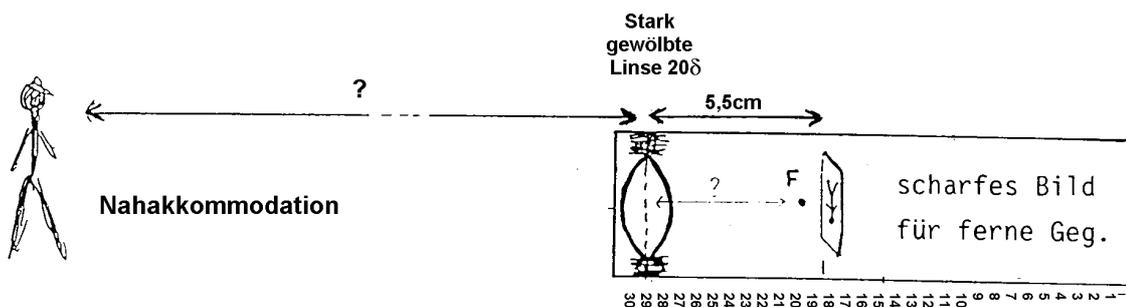
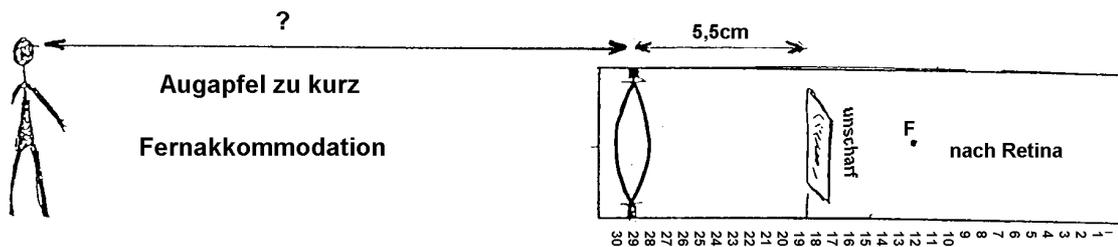
Material:

Sammellinsen (11 und 20 Dioptrien), Sammellinse (+6 dpt als Brille), Mattscheibe, Rillenkasten, verformbares Augenmodell (Lehrerdemo)

Durchführung:

Baue die abgebildeten Modelle und teste jeweils, ob du die Bildqualität scharf oder unscharf erreichst, indem du von hinten auf die Mattscheibe blickst.

a) Trage die Längen der mit "?" bezeichneten Strecken ein.

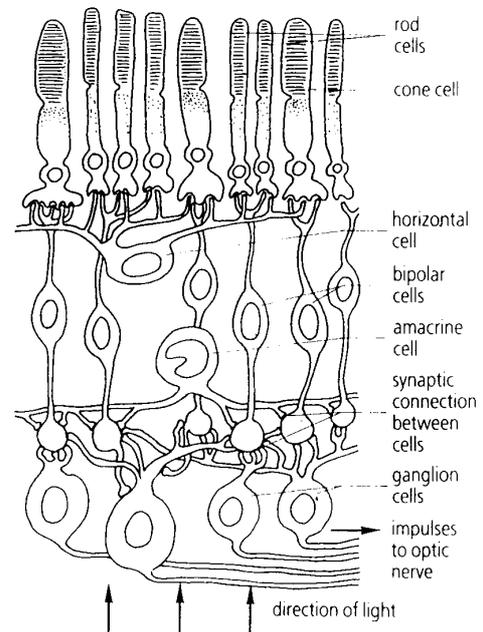


Bau der Netzhaut (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Um den Sehvorgang zu verstehen, müssen wir den Bau der Netzhaut näher betrachten (Abb). Sie enthält auf dem engen Raum von wenigen Quadratzentimetern die riesige Zahl von über 100 Millionen Sehzellen! Diese Sehzellen werden durch Lichtwellen gereizt und leiten diese Reize über zahlreiche Nerven, die sich zum Sehnerv vereinigen, zum Gehirn. Dort werden im Sehzentrum die Millionen der ausgelösten Nervenimpulse zu fortlaufenden Bildern zusammengesetzt. In der Netzhaut befinden sich zweierlei Sehzellen: Die einen sind länglich und schlank und haben den Namen **Stäbchen** erhalten, die anderen sind bedeutend dicker und auch etwas kürzer. Sie werden **Zapfen** genannt. Es gibt etwa 6 Millionen Zapfen und etwa 125 - 130 Millionen Stäbchen.

Am Rande der Netzhaut finden wir nur wenige Zapfen, aber ihre Zahl nimmt stark zu nach dem Bereich hin, welcher der Pupille genau gegenüberliegt. In diesem Gebiet selbst, der *Sehgrube (Gelber Fleck)*, treten die Zapfen so gehäuft auf, dass viele tausende auf einem Quadratmillimeter liegen. Wir wissen schon aus Erfahrung, dass wir nur in der Mitte unseres Gesichtsfeldes scharf sehen. Wollen wir etwas genauer betrachten so fixieren wir den Gegenstand, d.h. wir lassen die Lichtstrahlen genau auf die Sehgrube fallen. Je mehr die Lichtstrahlen die Randbereiche der Netzhaut treffen, um so weniger scharf wird das Bild, denn dort sind ja nur Stäbchen.



Bau der Netzhaut

Quelle: PHILLIPS, W.D. AND CHILTON, T.J. (1994)

- Male die Zapfen in der Abbildung blau, die Stäbchen rot aus.
- Weshalb sieht man mit den Stäbchen nicht so scharf wie mit den Zapfen?

Der Blinde Fleck (Hausaufgabe)**Theoretische Grundlage:**

Dicht neben der Sehgrube verlässt der Sehnerv den Aufapfel. Hier sind keine Sehzellen vorhanden, und es können keine Lichtreize aufgenommen werden. Diese Stelle heisst deshalb der *Blinde Fleck*.

Durchführung (☺):

1. Halte dieses Blatt ausgestreckt vor dich hin. Schliesse nun das linke Auge und fixiere mit dem rechten das **Kreuz**. Nähere jetzt das Blatt langsam deinem Auge.
2. Drehe anschliessend das Blatt so, dass sich der Kreis links vom Kreuz befindet und wiederhole den Versuch, wobei Du das rechte Auge geschlossen und das linke offen hast.
 - a) Notiere deine Beobachtungen.
 - b) Veranschauliche den Strahlengang mit einer geeigneten Skizze.
 - c) Weshalb sieht man eigentlich mit beiden Augen das ganze Gesichtsfeld lückenlos?
 - d) Welche Nummer hat der Blinde Fleck in der Abbildung S. 43?



Farbsehen (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die Idee der *Dreifarbigkeit* (Trichromatizität) geht auf den Engländer THOMAS YOUNG zurück. Heute unterscheidet man *additive Grundfarben* (Abb. 1) oder *Primärfarben* (rot, grün, blau) von *subtraktiven Grundfarben* oder *Sekundärfarben* (magenta, cyan, gelb). Das letztere Trio wird zum Beispiel bei Farbkopierern und im Druckereigewerbe benutzt. HELMHOLTZ (1821 - 1894) hatte erkannt, dass etwas anderes herauskommt, wenn man gelbes und blaues Licht kombiniert (*additive Mischung*) als wenn man gelbe und blaue *Wasserfarben* übereinander malt (*subtraktive Mischung*).

Heute weiss man, dass **im Auge drei** Farbpfänger (**Rezeptoren**) sitzen, die blau-violett-empfindlichen, die grün-empfindlichen und die gelb-rot-empfindlichen Zapfen, deren Empfindlichkeitsbereiche sich aber überlappen (Abb 2).

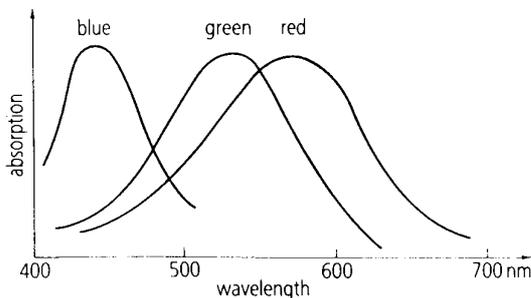


Abb. 2 Unterschiedliche Empfindlichkeit der drei Farbrezeptoren in menschlichen Zapfen.

Quelle: RAVEN, P., EVERT, R.F. UND CURTIS, H. (1988)

keine Farben mehr erkennen können. Die Zapfen werden durch die geringen Lichtwerte nicht mehr gereizt und wir erhalten von der Landschaft jetzt nur noch ein reines "Stäbchenbild" in verschiedenen Grautönen. "In der Nacht sind alle Katzen grau!" sagt ja ein bekanntes Sprichwort. Reine Nachttiere, wie etwa die Eulen besitzen überhaupt keine Zapfen. Sie können also keine Farben sehen.

Durchführung:

- Male auf der Abszisse in Abb.2 ein kontinuierliches Spektrum in der richtigen Farbreihenfolge ein.
- Male die Farben in Abb. 1 ein.
- Erstelle eine Tabelle und vergleiche anhand der Texte auf Seite 51, 53 und 54 Zapfen und Stäbchen miteinander nach folgenden Kriterien: Anzahl, Lichtempfindlichkeit, Farbempfindlichkeit, Vorkommen auf der Netzhaut, scharf sehen.
- Warum sind in der Nacht alle Katzen grau?

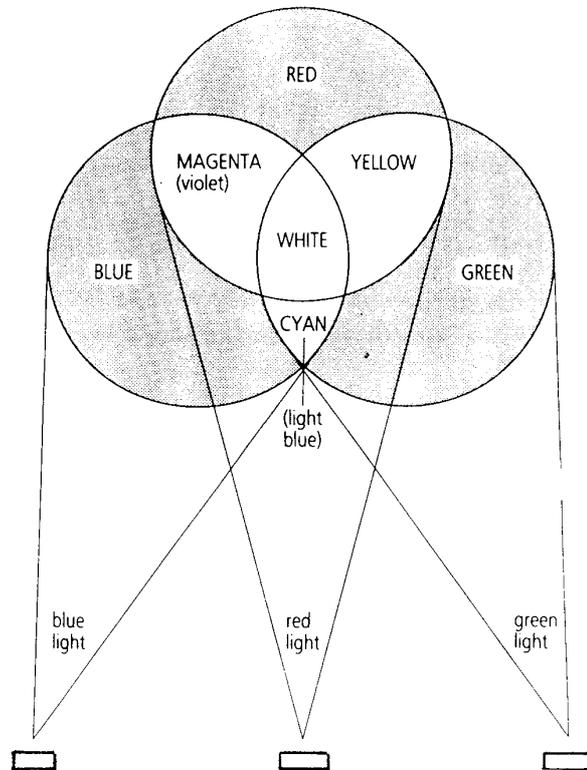


Abb. 1 Farbmischungen

Quelle: PHILLIPS, W.D. AND CHILTON, T.J. (1994)

Die Zapfen dienen ausserdem dem Farbsehen. Sie allein vermitteln uns in einem komplizierten Vorgang die Buntheit dieser Welt. Dafür sind sie aber bedeutend weniger lichtempfindlich als die Stäbchen, wovon wir uns leicht überzeugen können: Sitzen wir im Freien und beobachten das langsame Hereinbrechen der Dämmerung, so bemerken wir, dass wir allmählich

Reaktion auf unterschiedliche Lichtverhältnisse (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Das menschliche Auge hat prinzipiell zwei Möglichkeiten, auf unterschiedliche Lichtintensitäten zu reagieren. Die erste Möglichkeit besteht darin, die Iris mehr oder weniger zu öffnen. Die zweite Möglichkeit liegt in der Lichtempfindlichkeit der Stäbchen.

Die Stäbchen sind über die ganze Netzhaut verteilt; sie können nur Helligkeitsunterschiede aufnehmen und vermitteln uns ein Bild, das etwa einem Schwarz-Weiss-Film entspricht. Da mehrere Stäbchen den aufgenommenen Lichtreiz auf derselben Nervenfasern zum Gehirn leiten (vgl. S.51), können wir mit den Stäbchen nicht sehr scharf sehen. Dafür sind sie aber ausserordentlich lichtempfindlich. Sie besitzen ausserdem die Fähigkeit, bei schwachem Licht ihre Empfindlichkeit um das etwa Fünftausendfache steigern zu können; treten wir beispielsweise aus dem hellen Sonnenlicht in einen dunklen Raum, so sehen wir zunächst gar nichts. Nach einiger Zeit haben aber die Stäbchen ihre Lichtempfindlichkeit erhöht, und wir können allmählich Einzelheiten erkennen. Die höchste Empfindlichkeit wird erst nach 45 Minuten erreicht. Kommen wir dann wieder ins helle Sonnenlicht, so sind wir zunächst geblendet; aber schon nach wenigen Minuten haben die Stäbchen ihre Empfindlichkeit wieder herabgesetzt, und wir können normal sehen. Diese Anpassung der Stäbchen an verschiedene Helligkeitsgrade nennt man **Adaption** (lat. adaptare = anpassen).

Quelle: verändert nach FALKENHAHN, H.-H. (1968)

Material:

Taschenlampe, dünnes Buch

Durchführung (☺☺):

- a) Betrachte die Pupille (den „schwarzen Fleck“) im Auge Deiner Kollegin/ Deines Kollegen schätze den Durchmesser und notiere den Wert.
- b) Beobachte die Pupille beim Verdunkeln des Raumes und schätze dann ihren Durchmesser im halbdunklen Raum erneut. Schreibe auch diesen Wert auf.
- c) Halte im halbdunklen Raum zwischen die beiden Augen Deiner Partnerin oder Deines Partners ein dünnes Buch oder Heft. Leuchte nun mit der Taschenlampe so auf ein Auge, dass das andere im Dunkeln bleibt. Beobachte und protokolliere die Reaktionen der Pupillen beider Augen.

Räumliches oder stereoskopisches Sehen (Hausaufgabe)**Theoretische Grundlage:**

Betrachtet man einen Gegenstand zunächst nur mit dem linken und dann mit dem rechten Auge, so erhalten wir zwei Bilder, die sich etwas voneinander unterscheiden. Unsere Augen haben einen Abstand von etwa 6.5 cm. Dadurch müssen zwei Bilder entstehen, die umso mehr voneinander abweichen, je dichter sich der Gegenstand vor unserem Auge befindet. Das räumliche Sehen vermittelt uns auch ein Gefühl für die Entfernungen der betrachteten Gegenstände. Der Grund liegt darin, dass jedes Auge einen Gegenstand aus einem anderen Blickwinkel wahrnimmt, wodurch die Abbildungen auf der Netzhaut geringfügig gegeneinander verschoben sind. Diese Verschiebungen werden neural (= vom Nervensystem ausgehend) gegeneinander verrechnet und zu einem räumlichen Eindruck vereinigt.

Material:

Pro Person ein Bleistift, möglichst dickes Buch mit festem Einband

Durchführung: (☺☺):

1. Setzt euch einander gegenüber. Nehmt je einen Bleistift in die rechte Hand und haltet ihn auf gleicher Höhe quer vor euch hin, so dass die Spitzen der beiden Stifte gegeneinander schauen. Schliesst das linke Auge oder deckt es mit der Hand zu. Versucht dann, die beiden Bleistiftspitzen aufeinander treffen zu lassen. - Wiederholt den Versuch, ohne dass ihr dabei ein Auge schliesst.

a) Könnt ihr Unterschiede feststellen?

2. Stelle das Buch ganz leicht geöffnet vor dich auf den Tisch. Der Buchrücken ist gegen dich gerichtet, so dass du gleichzeitig den vorderen und den hinteren Buchdeckel sehen kannst. Halte nun nacheinander zuerst dein rechtes und dann dein linkes Auge zu.

a) Was siehst du mit jedem Auge einzeln (Skizze)?

b) Was siehst du, wenn du beide Augen offen hast (Skizze)?

c) Weshalb sieht man eigentlich mit beiden Augen offen nicht zwei verschiedene Bilder?

Zeitliches Auflösungsvermögen

Theoretische Grundlage:

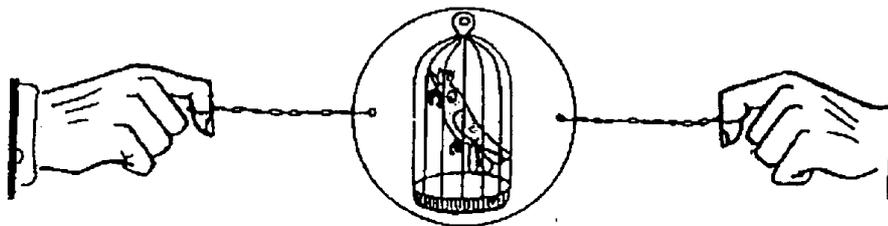
In den Sehzellen spielt sich ein fotochemischer Prozess ab. Sie enthalten einen lichtempfindlichen Stoff, der wegen seiner roten Farbe *Sehpurpur* heisst. Wenn dieser Stoff vom Licht getroffen wird, so zersetzt er sich. Das bewirkt einen Reiz, den der zugehörige Nerv zum Sehzentrum im Gehirn weiterleitet. Im Bruchteil einer Sekunde wird aber der Sehpurpur wieder neu gebildet, so dass die Zelle wieder aufnahmebereit für neue Reize ist. Die menschlichen Sehzellen können diesen Vorgang etwa zwanzigmal in einer Sekunde wiederholen. Trifft die Sehzellen eine noch schnellere Folge von Lichtreizen, so werden die Einzelreize nicht mehr voneinander getrennt und gehen ineinander über (zuerst als Flimmern, dann als kontinuierliches Bild). Mit dieser Tatsache rechnet der Film, der uns 24 Bilder pro Sekunde zeigt und dadurch eine fortlaufende Bewegung vortäuscht. Das *zeitliche Auflösungsvermögen* eines Auges gibt also an, wieviele Lichtreize pro Zeiteinheit noch als Einzelreize wahrgenommen werden können. Manche schnellfliegenden Tiere haben eine bedeutend grössere Fähigkeit, Einzelbilder voneinander zu unterscheiden. Einer Libelle würde beispielsweise der erwähnte Film als eine abgehackte Folge von Bildern erscheinen, denn sie kann bis zu 300 Einzelbilder pro Sekunde voneinander trennen!

Material:

runde Scheibe (auf einer Seite ein Papagei, auf der andern ein Vogelkäfig gezeichnet) mit Schnüren.

Durchführung (☺):

Spanne die Scheibe zwischen die Hände und drehe sie einige Male um. Versetze sie durch vorsichtiges Ziehen in möglichst schnelle Drehung (vgl. Zeichnung)



- Notiere deine Beobachtung.
- Interpretiere deine Beobachtung.
- In der Mikroskopie hast du den Begriff *räumliches Auflösungsvermögen* kennengelernt. Wiederhole die Definition für das räumliche Auflösungsvermögen.

Das Auge ist auf Luft eingestellt**Material:**

hohe Glaswanne, bis ca. 8 cm unter den Rand mit Wasser gefüllt, Zeitungsseite, Taucherbrille, Handtuch

Durchführung (☺☺):

Lege die Zeitung so unter die Glaswanne, dass auf der rechten Seite der Wanne noch etwas Text hervorragt.

1. Halte deinen Kopf so über die rechte Längswand der Wanne, dass sich dein linkes Auge über dem Wasser, dein rechtes Auge über dem offen liegenden Zeitungsteil befindet. Lies den Text **senkrecht** von oben, sowohl durchs Wasser, wie auch ausserhalb der Wanne.
2. Ziehe den Kopf etwas zurück, so dass du **schräg** auf die Zeitung blickst und lies weiter.
3. Tauche dein Gesicht ins Wasser und versuche den Text zu lesen.
4. Wiederhole Teilversuch 3 mit einer Taucherbrille.

a) Notiere die Beobachtungen zu den einzelnen Teilversuchen und versuche sie zu erklären.

Dichte und Kraft

Checkliste

AUFGABE	✓
Schwimmfähigkeit in Wasser..... 60	
Stoffe haben eine Dichte 61	
Schwimmfähigkeit in anderen Flüssigkeiten als Wasser 62	
Der Cartesianische Taucher..... 63	
Die Schwimmblase des Fisches 64	
Übungsaufgaben zur Dichte (Hausaufgabe)..... 65	
Was ist "Kraft", und wie misst man Kräfte? (Theorie, Demonstration) 66	
Auftrieb 67	
Spielt das Volumen des eingetauchten Körpers eine Rolle?..... 68	
Spielt die Form des eingetauchten Körpers eine Rolle? 69	
Spielt die Art der Flüssigkeit eine Rolle? 70	
Das Archimedische Prinzip..... 71	
Das Archimedische Prinzip (Fortsetzung) 72	
Übungsaufgaben zu Auftriebskraft und Archimedes (Hausaufgabe)..... 73	
Kohäsionskräfte – Oberflächenspannung von Wasser..... 74	
Adhäsionskräfte..... 75	
Meniskus und Kapillarwirkung..... 76	
Exaktes Ablesen des Volumens von Wasser..... 77	
Bestimmung der Oberflächenspannung 78	

Dichte und Kraft

Lernziele

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	den Begriff der <i>Dichte</i> zu definieren und ihr Symbol sowie ihre Einheit anzugeben			
2.	das Volumen eines bestimmten Gegenstandes zu bestimmen			
3.	die Dichte von Festkörpern und Flüssigkeiten experimentell zu bestimmen			
4.	die Masse eines Körpers zu berechnen, wenn seine Dichte und sein Volumen gegeben ist			
5.	das Volumen eines Körpers zu berechnen, wenn seine Masse und seine Dichte gegeben ist			
6.	zu erklären, wo sich die Schwimmblase der Fische befindet und wie Fische sie einsetzen, um in verschiedenen Wassertiefen schweben zu können			
7.	eine Aussage darüber zu machen, wie sich mit zunehmender Wassertiefe der Druck verändert und wie ein Fisch darauf reagieren kann			
8.	mit der Schublehre richtig umzugehen			
9.	den Begriff der <i>Kraft</i> zu erklären und ihr Symbol sowie ihre Einheit anzugeben			
10.	Kräfte mit Pfeilen darzustellen			
11.	den Federkraftmesser richtig einzusetzen und seinen Aufbau zu skizzieren			
12.	zwischen Masse und Kraft zu unterscheiden			
13.	die <i>Auftriebskraft</i> eines Körpers in einer beliebigen Flüssigkeit zu bestimmen			
14.	zu erklären, unter welchen Bedingungen ein Körper in einer bestimmten Flüssigkeit schwimmt, steigt, schwebt oder sinkt			
15.	anzugeben, von welchen Faktoren die Auftriebskraft abhängt			
16.	das <i>Archimedische Prinzip</i> zu erklären und bei der Lösung theoretischer Aufgaben anzuwenden			
17.	einiges aus dem Leben von Archimedes zu erzählen und seinen berühmten Ausruf «heureka» zu kommentieren			
18.	folgende Begriffe zu erklären: <i>Kohäsionskraft, Oberflächenspannung, Adhäsionskraft, Kapillarwirkung, Meniskus</i>			
19.	zu erklären, weshalb sich ein Wasserläufer ohne abzusinken auf der Wasseroberfläche fortbewegen kann			
20.	die Wirkung von Spülmitteln auf die Oberflächenspannung zu erläutern			
21.	das Volumen einer Flüssigkeit in einem Messzylinder genau abzulesen			

Schwimmfähigkeit in Wasser

Material:

grosses Gefäss mit Wasser, 2 grosse Messzylinder, Alltagsgegenstände (z.B. Bleistift, Radiergummi, Münzen, Nadel etc.), Metall-, PVC-Würfel, Holz, Stein, Zylinder aus Holz, Metall, PVC, 3 Arten Gummi, Kork

Durchführung:

Überprüfe die Schwimmfähigkeit von Alltagsgegenständen.

- a) Erstelle eine Tabelle mit den zwei Spalten *Schwimmer* und *Nichtschwimmer*. Trage die von dir getesteten Gegenstände ein und erstelle innerhalb jeder Spalte nochmals eine Rangfolge.
- b) Warum schwimmen die einen Körper und die anderen nicht ?
- c) Warum gibt es innerhalb jeder Gruppe nochmals Unterschiede ?

Vielleicht kannst du die Aufgaben b) und c) erst beantworten, wenn du den Versuch auf S. 65 gemacht hast.

Stoffe haben eine Dichte

Theoretische Grundlage:

Unter der **Dichte ρ** (Aussprache "Rho") eines Körpers versteht man den **Quotienten aus der Masse m und dem Volumen V** . Sie kennzeichnet das Material, aus dem der Körper besteht.

$$\rho = m/V; \text{ Einheit } 1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ kg/dm}^3$$

Wenn man die Dichte eines Körpers angibt, so nimmt man an, er sei einheitlich aus einem einzigen Material aufgebaut, er sei *homogen*. Andernfalls liefert der Quotient $\rho = m/V$ nur eine *mittlere Dichte*.

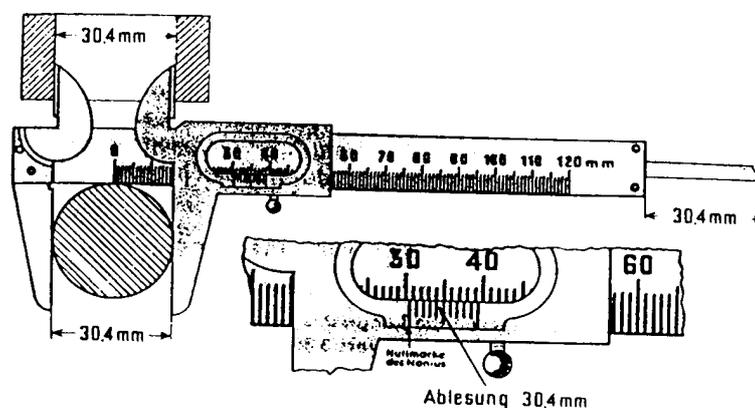
Formel für die Volumenberechnung eines Zylinders: $V = 3.14 \cdot r^2 \cdot h$; $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$

Material:

Schale, Waage, Schieblehre, dünner Stab oder Pinzette (Draht), Überlaufgefäß, grosser Messzylinder, kleiner Messzylinder, **Korkstopfen**, **3 Arten Gummi (rot, grau orange)**, **10 Groschen-Münze**, **Stein**, **Zylinder aus Holz**, **Zylinder aus Metall**, **Zylinder aus PVC**

Durchführung:

- Erstelle eine Tabelle mit sieben Spalten (Gegenstand - Masse (g) - Volumen (cm^3) - Bestimmung des Volumens - Dichte (g/cm^3) - schwimmt - schwimmt nicht)
- Ermittle für jeden oben **fett** gedruckten Testgegenstand die Masse, das Volumen (vgl. S.77) und die Dichte und trage in deine Tabelle ein ob der Körper schwimmt oder nicht.
- Vervollständige die Tabelle.
- Bestimme auch die Dichte von Wasser und trage die entsprechenden Werte ebenfalls in die Tabelle ein.
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Dichte eines Gegenstandes und seiner Schwimmfähigkeit in Wasser? **! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !**
- Wie berechnet man die Masse eines Körpers, wenn seine Dichte und sein Volumen gegeben ist?
- Wie berechnet man das Volumen eines Körpers, wenn seine Masse und seine Dichte gegeben ist?
- Skizziere die Techniken, wie man das Volumen eines Körpers durch Wasserverdrängung mit dem Messzylinder und dem Überlaufgefäß ermitteln kann.



Quelle: DORN, F. (1968)

Schwimmfähigkeit in anderen Flüssigkeiten als Wasser

Material:

zwei kleine Bechergläser, Brennsprit, Waage, Messzylinder, roter, grauer und oranger Gummi, Kochsalz, Rührstab

Durchführung:

1. Gib in ein Becherglas Wasser in ein anderes Brennsprit. Teste die Schwimmfähigkeit der drei Gummistücke in Wasser und in Brennsprit.

- a) Stelle die Ergebnisse in einer Tabelle dar.
- b) Gib die Größenordnungen der Dichte der Gummistückchen im Vergleich zur Flüssigkeit an.
- c) Bestimme die Dichte von Brennsprit.

2. Fülle ein Becherglas mit Wasser und lege die Gummistücke hinein. Gib Salz dazu und rühre gut um. Wiederhole die Zugabe von Salz, bis ein zweites Gummistückchen schwimmt.

- a) Welches Gummistückchen beginnt zu schwimmen?
- b) Bestimme nun die Dichte des Salzwassers und vergleiche sie mit der Dichte der Gummistücke sowie mit der Dichte von reinem Wasser.
- c) Welche allgemeine Aussage lassen diese Experimente zu?
! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !

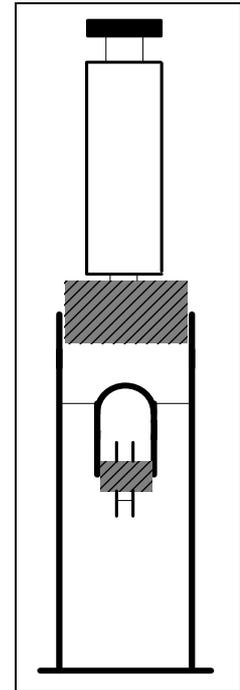
Der Cartesianische Taucher

Material:

Schale, Standzylinder, passender Stopfen mit Loch, Spritze, "Cartesianischer Taucher" (= kurzes Reagenzglas mit Stopfen und Röhren), Wasser

Durchführung:

Fülle den Standzylinder zu etwa $\frac{3}{4}$ mit Wasser und gib den Taucher mit dem Röhren nach unten hinein. Stecke die Spritze fest in den Stopfen ein, ziehe den Spritzenkolben etwa zur Hälfte heraus und setze dann den Stopfen samt Spritze fest auf den Standzylinder auf. Der "Taucher" sollte jetzt nur noch ganz wenig aus dem Wasser schauen. (Taucht mehr als etwa 1 mm von ihm aus dem Wasser auf, so nimm ihn nochmals heraus und fülle etwas Wasser ein.) Halte den Standzylinder und den Stopfen gut fest und drücke den Spritzenkolben **langsam** ganz in die Spritze hinein. Beobachte die Reaktion des "Tauchers". - Bringe den Taucher durch entsprechende Manipulation am Spritzenkolben zum Auf- und Absteigen und zum Schweben (= Verharren auf gleicher Höhe). Versuche ihn so lange wie möglich auf halber Höhe zu halten.

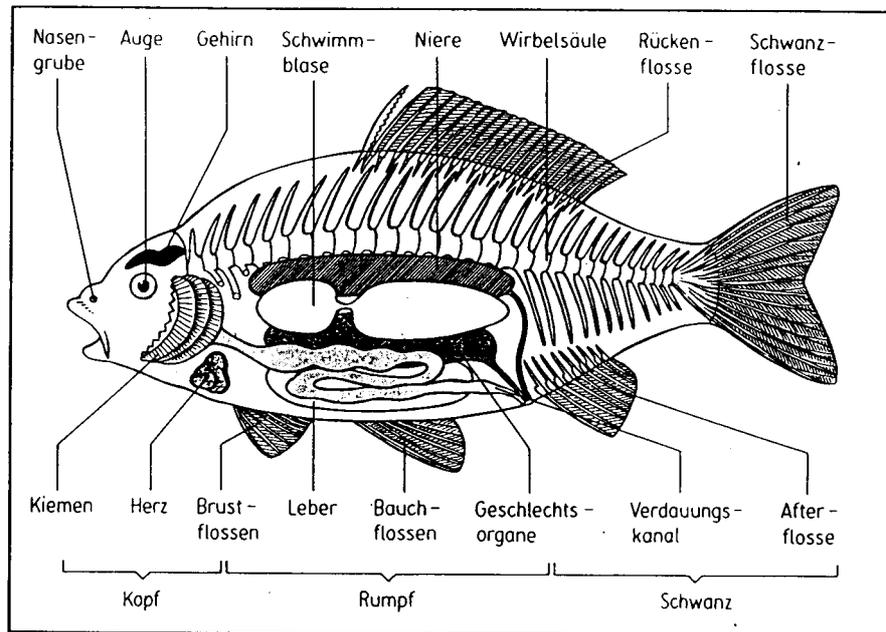


- Zeichne den Taucher so, wie er sich während des Auftauchens und so, wie er sich während des Abtauchens präsentiert. Achte dabei vor allem auf den Wasserstand innerhalb des Tauchers.
- Beschreibe genau, was geschieht, wenn der Spritzenkolben herausgezogen wird. Verwende dabei die Begriffe *Dichte*, *Masse* und *Volumen*. Vielleicht kannst du diese Aufgabe erst lösen, wenn du die Seiten 60 und 61 bearbeitet hast.

Die Schwimmblase des Fisches

Theoretische Grundlage:

Die Aufgabe der Schwimmblase besteht darin, den Fisch in jeder Wassertiefe schweben zu lassen. Sie ist ein grosser, derbhütiger, ein- oder mehrkammeriger, mit Gas prall gefüllter Sack zwischen Darm und Wirbelsäule der meisten Knochenfische (Abb), der es v.a. frei schwimmenden Fischen ermöglicht, ihre Dichte der des umgebenden Wassers anzupassen, so dass sie ohne besonderen Kraftaufwand frei schweben. Bewegt sich der Fisch nach unten, nimmt der Wasserdruck auf den Körper des Fisches zu. Dadurch wird



Quelle: BAER, H.-W. und zahlreiche Mitarbeiter (1975)

das Volumen des Fisches geringer. Weil die Masse konstant bleibt, wird die Dichte grösser. Als Folge davon würde der Fisch immer weiter absinken. Um den Schwebezustand zu erreichen, muss der Fisch also zusätzlich Luft in die Schwimmblase aufnehmen, um seine Dichte der Wasserdichte anzupassen. Die unterschiedlichen Druckverhältnisse in verschiedenen Wassertiefen können durch Veränderung der Gasmenge in der Schwimmblase kompensiert werden. Überdruck in der Schwimmblase gleichen die Fische durch Gasabgabe über den Luftgang (Gasspucken) aus, während sie Unterdruck durch zusätzliche Gasbildung mit einer besonderen Gasdrüse kompensieren. Bewegt sich der Fisch nach oben, wird der Wasserdruck geringer, infolgedessen wird das Volumen des Fisches grösser, seine Dichte wird somit geringer. Der Fisch würde immer weiter nach oben getrieben werden. Um dies zu verhindern, muss der Fisch aus seiner Schwimmblase Luft ablassen.

Material:

Spritze mit rostfreiem Draht, Standzylinder mit Wasser, Trinkhalm, Fischmodell

Durchführung:

1. Puste mit dem Trinkhalm so in den Standzylinder hinein, dass das untere Ende des Halms zunächst ganz knapp unter der Wasseroberfläche ist und dann immer tiefer eingetaucht wird.
 - a) Wann musst du stärker pusten?
 - b) Wie verändert sich also der Wasserdruck mit zunehmender Tiefe?
 - ! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !
2. Bringe die Spritze zum Schweben.
 - a) Worin besteht der grundsätzliche Unterschied zwischen diesem Experiment und dem Cartesianischen Taucher?
 - b) Wie verhalten sich Masse und Volumen zueinander, wenn die Spritze schwebt (vgl. S.61)?
 - c) Inwiefern kann man dieses Experiment mit der Schwimmtechnik des Fisches vergleichen?
 - d) Male die Schwimmblase des Fisches mit Farbe aus.
 - e) Warum schwimmen tote Fische mit dem Bauch nach oben?

Übungsaufgaben zur Dichte (Hausaufgabe)

1. Erstelle eine Tabelle mit vier Spalten (Grösse - Symbol - Einheit - Messgerät oder Rechnung). Die Grössen seien: Masse - Volumen - Dichte - Kraft. Ergänze die Tabelle.
2. Zwei metallische Gegenstände sehen ziemlich ähnlich aus. Der eine hat eine Masse von 120 g und ein Volumen von 44.5 cm³, der andere hat eine Masse von 144 g und ein Volumen von 83 cm³. Um welche Stoffe könnte es sich handeln (vgl. nachstehende Tabelle)?
3. Kann ein Lastwagen 3 m³ Platin transportieren ?
4. Die Luft im Physikpraktikum wird in einen Behälter hineingepresst. Kann man diesen Behälter tragen? (Volumen des Raumes schätzen)
5. Eine Zehngroschenmünze hat einen Durchmesser von 1.935 bis 1.970 cm und eine Masse von 1 bis 1.11 g. Sie ist 0.135 bis 0.155 cm dick.
 - a) Berechne den Radius (r) dieser Münze.
 - b) Berechne das Volumen (V) dieser Münze
 - c) Berechne die Dichte (ρ) des Metalls der Münze. Schwimmt sie?
 - d) Vergleiche mit der untenstehenden Dichtetabelle und bestimme das Material der Münze.
 - e) Nenne einige Gründe für die Ungenauigkeit der angegebenen Zahlen. Ordne sie in eine der drei Kategorien: Messgerät ungenau, Grösse nicht gut definiert, ungeschickte Durchführung.

Lösungsratschläge für die Aufgabe 5:

Es empfiehlt sich, jede Rechnung zweimal zu machen. So kann die Antwort in Form eines Intervalls angegeben werden (z.B. "Das Volumen ist zwischen ... cm³ und ... cm³").

Obergrenze des Produktes = Höchstwert · Höchstwert

Aber: Obergrenze des Quotienten = Höchstwert des Dividenden/Mindestwert des Divisors

Untergrenze des Quotienten = Mindestwert des Dividenden/ Höchstwert des Divisors

Tab. Dichte einiger Festkörper, Flüssigkeiten und Gase

Feste Körper	Dichte in g/cm ³	Flüssigkeiten	Dichte bei 18 °C in g/cm ³
Aluminium	2.70	Ethanol (Brennsprit)	0.791
Blei	11.34	Benzol	0.879
Eisen	7.86	Diethylether	0.716
Gold	19.3	Petroleum	0.85
Jenaer Glas	2.5	Glycerin	1.260
Kork	0.2 bis 0.4	Kohlenstoffdioxid	1.98
Kupfer	8.93	Quecksilber	13.55
Magnesium	1.74	Wasser	0.9986
Natrium	0.97	Benzin	ca 0.7
Platin	21.4	Gase	Dichte bei 0 °C und 1.013 bar in g/dm³
Silber	10.51	Ammoniak	0.771
Stearin	ca. 0.9	Luft	1.293
Wolfram	19.3	Chlor	3.21
Zink	7.14	Helium	0.178
		Sauerstoff	1.43
		Stickstoff	1.25
		Wasserdampf bei 100 °C und 1.013 bar	0.6
		Wasserstoff	0.0899

Was ist "Kraft", und wie misst man Kräfte? (Theorie, Demonstration)

Theoretische Grundlage:

Lässt man einen Ball los, so wird er von der Erde mit einer bestimmten Kraft angezogen und beschleunigt. Diese Erdanziehungskraft nennt man **Gewichtskraft** (F_G) oder auch **Schwerkraft**. Man weiss, dass die Erde keine exakte Kugel ist. Die Pole liegen etwas näher am Erdmittelpunkt als der Äquator. Sehr genaue Kraftmesser zeigen, dass ein und derselbe Körper an den Polen eine etwas grössere Gewichtskraft erfährt als bei uns. Alle Körper sind an den Polen um 0.5 % schwerer als am Äquator und um 0.25 % schwerer als bei uns in Mitteleuropa.

Messung von Kräften:

Kräfte werden mit dem **Federkraftmesser** gemessen. Im Federkraftmesser ist eine Schraubenfeder aus Stahldraht von zwei Plastikhülsen umgeben, die leicht gegeneinander verschoben werden können. Verlängert dann eine Kraft die Feder, so wird auf der inneren Hülse eine Skala sichtbar. Je nach Härte der Feder haben Kraftmesser verschiedene Messbereiche.

Symbol und Einheit der Kraft:

Das *Symbol* für die Kraft ist ein grosses **F** (force). Die *Einheit* der Kraft ist das **Newton N**. Sie ist nach dem englischen Physiker ISAAC NEWTON (um 1700) benannt, der die Gesetze der Mechanik aufgestellt hat.

Ortsabhängigkeit der Kraft:

Der Mond ist kleiner als die Erde. Er zieht alle Körper auf seiner Oberfläche nur mit dem 6. Teil der Gewichtskraft an, die sie auf der Erde erfahren würden. Zieht also die Erde einen Körper mit $F = 6 \text{ N}$ an, so würde er an der Oberfläche des Mondes von diesem nur die Gewichtskraft 1 N erfahren. Deshalb konnten Raumfahrer auf dem Mond mit der gleichen Muskelkraft viel höher springen als bei uns. Dagegen ist auf dem grössten Planeten des Sonnensystems, dem Jupiter, die Gewichtskraft, die ein Körper erfährt, 2.6mal so gross wie bei uns. **Betrag und Richtung der Gewichtskraft, die ein Körper erfährt, hängen also vom jeweiligen Ort ab.**

Masse und Kraft:

Mit 1 g bzw. 1 kg bezeichnet man die Einheit der Masse m , nicht der Kraft F . Mit **Balkenwaagen** vergleicht man Massen. **Die Masse ist unabhängig vom Ort.** Wenn also ein Astronaut zum Mond reist, verringert sich zwar sein Gewicht (die Kraft, mit welcher er vom Mond angezogen wird, Gewichtskraft), seine Masse bleibt aber unverändert. **Ein Körper der Masse 1 kg erfährt in Mitteleuropa die Gewichtskraft 9.8 N . 10 N. Eine**

Tafel Schokolade von 100 g erfährt also eine Gewichtskraft von etwa 1 N.

Darstellung von Kräften:

Kräfte werden mit Pfeilen dargestellt. Die **Richtung** des Pfeils deutet die Richtung an, in der die Kraft wirkt; die Länge des Pfeils deutet die Grösse (**Betrag**) der Kraft an. Dazu vereinbart man für seine Länge einen Kräftemassstab, z.B. 1 cm entspricht 1 N. Den Pfeil heftet man meist an den Punkt des Körpers, in dem die Kraft angreift, an den **Angriffspunkt**.

Quelle: DORN, F. UND BADER, F. (1992)

Material:

verschiedene Federkraftmesser.

Durchführung:

- Zeichne die Erde mit verschiedenen Gegenständen an der Oberfläche. Trage die Richtung der Gewichtskraft ein.
- Zeichne einen Federkraftmesser.
- Welche Kraft kannst du mit deinem kleinen Finger ausüben?
- Nenne einige andere Kräfte.
- Zeichne einige Beispiele von Körpern, die einer oder mehreren Kräften ausgesetzt sind und trage die Richtung, die ungefähre Grösse und den Angriffspunkt der Kraft mit einem Pfeil ein.

Auftrieb

Theoretische Grundlage:

Hast du schon einmal versucht, einen Ball unter Wasser zu drücken? Es gelingt nur mit grosser Kraftanstrengung. Lässt man den Ball los, schnellt er nach oben. Ein in eine Flüssigkeit eingetauchter Körper erfährt zusätzlich eine Kraft nach oben. Diese Kraft heisst **Auftriebskraft F_A** (kurz: "Auftrieb"). Sie täuscht einen Gewichtsverlust vor und wird aus der Differenz der Gewichtskraft F_G in Luft und der Gewichtskraft F_{G^*} in Wasser berechnet. Diesen scheinbaren Gewichtsverlust empfindet man z.B. beim Baden; man fühlt sich von der Schwere befreit. Spitze Steine, auf die man tritt, spürt man umso weniger, je tiefer man ins Wasser eingetaucht ist.

Material:

Schale, Stativmaterial, Federkraftmesser (2 N), 4 Gegenstände, 1000 ml Becherglas

Durchführung:

- Miss die Gewichtskraft F_G aller 4 Gegenstände in Luft und halte die Werte in der Tabelle fest.
- Miss die scheinbare Gewichtskraft der 4 Gegenstände, wenn sie in Wasser eingetaucht sind (F_{G^*}).
- Berechne die Auftriebskraft F_A .
- Zeichne die Versuchsanordnung zweimal: Einmal mit einem Körper in Luft und daneben mit demselben Körper eingetaucht in Wasser. Achte dabei auf die Skala am Federkraftmesser. Trage die Kräfte mit Pfeilen ein.
- Kannst du aus den Werten in der Tabelle irgendeine Gesetzmässigkeit oder Vermutung ableiten?

Gegenstand	Gewichtskraft F_G in Luft (N)	Gewichtskraft F_{G^*} in Wasser (N)	Auftriebskraft $F_A = F_G - F_{G^*}$ (N)
Stein			
Stopfen aus ...			
Gewichtsstück			
Körper aus ...			

Spielt das Volumen des eingetauchten Körpers eine Rolle?

Material:

Stativmaterial, Federkraftmesser (2 N), 4 gleiche Gewichtsstücke, Becherglas 1000 ml.

Durchführung:

Hänge die 4 Gewichtsstücke untereinander an den Federkraftmesser und lies die gesamte Gewichtskraft ab. Stelle dann das Stativ mit dem Federkraftmesser und den daran hängenden Gewichtsstücken so neben das zu ca. 3/4 mit Wasser gefüllte Becherglas, dass gerade das unterste Gewichtsstück ins Wasser taucht. Lies wieder die Gewichtskraft ab. Senke dann die Halterung so weit ab, dass 2, dann 3 und schliesslich alle 4 Gewichtsstücke im Wasser sind. Schreibe jedesmal die abgelesene Gewichtskraft auf.

- a) Skizziere die Versuchsanordnung einmal.
- b) Fertige eine gute Tabelle an und gib darin an, wieviele Gewichtsstücke jeweils eingetaucht sind. Halte die abgelesenen Gewichtskräfte in der Tabelle fest.
- c) Ergibt sich ein Zusammenhang zwischen der Anzahl der eingetauchten Gewichtsstücke und der gemessenen Gewichtskraft in Wasser? - Formuliere Deine Feststellungen in einem kurzen Text.
- d) Welcher Zusammenhang besteht also zwischen dem Volumen eines eingetauchten Körpers und der Auftriebskraft? Formuliere eine "je ... desto - Beziehung".
! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !

Spielt die Form des eingetauchten Körpers eine Rolle?

Material:

Schale, Stativmaterial, Federkraftmesser (2 N), Knetmasse, Becherglas, Draht

Durchführung:

1. Forme einen beliebigen Körper aus Knetmasse. Bestimme mit dem Federkraftmesser seine Gewichtskraft F_G und seine Gewichtskraft F_{G^*} , wenn er in Wasser eingetaucht ist. Berechne daraus F_A .
2. Gib dem Körper eine andere Gestalt und miss erneut die zwei Grössen F_G und F_{G^*} .
3. Wiederhole 2.
 - a) Halte die gemessenen Werte in einer übersichtlichen Tabelle fest.
 - b) Vergleiche die gemessenen Daten F_G und F_{G^*} für die 3 Körper. Schreibe auf, was Dir auffällt. Berücksichtige dabei, worin die 3 Körper übereinstimmen und worin sie sich unterscheiden.
 - c) Spielt die Form des eingetauchten Körpers also eine Rolle?
! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !

Spielt die Art der Flüssigkeit eine Rolle?

Material:

Schale, Stativmaterial, Federkraftmesser (2 N), Knetmasse, 2 Bechergläser, Haken, Spiritus.

Durchführung:

Forme 2 verschieden schwere Körper aus Knetmasse. Miss für beide die Gewichtskraft F_G , die Gewichtskraft F_{G^*} , wenn der Körper in Wasser, und die Gewichtskraft F_{G^+} , wenn er in Spiritus eingetaucht ist.

- a) Fertige eine Tabelle an, welche die *Gewichtskraft* der beiden Körper in Luft, in Wasser und in Spiritus zeigt.
- b) Fertige eine zweite Tabelle an, in die die *Auftriebskraft* beider Körper in den beiden Flüssigkeiten eingetragen wird.
- c) Spielt die Art der Flüssigkeit also eine Rolle? **!Hebe dieses Gesetz deutlich hervor! !**
- d) Versuche die unterschiedlichen Auftriebskräfte zu begründen.

Das Archimedische Prinzip

Theoretische Grundlage:

ARCHIMEDES (287 - 212 v. Chr.) war der bedeutendste Naturwissenschaftler der Antike. Er hat in Astronomie, Geometrie, Arithmetik, Mechanik und Technik so Bedeutendes geleistet, dass sein Werk noch im 16. und 17. Jh. anregend auf die Entwicklung von Mathematik und Naturwissenschaften gewirkt hat.

Bereits in der Antike wurde ARCHIMEDES zur legendären Figur. Es zirkulierten Anekdoten, die, wenn vielleicht auch nicht wahr, so doch charakteristisch für ihn sind: Im Bade sitzend, soll er das Prinzip des Auftriebes entdeckt und sogleich seine Nutzenanwendung begriffen haben. »Heureka, heureka!« (Ich hab's, ich hab's [gefunden]!) - rufend, sei er splitternackt durch die Strassen nach Hause gelaufen. Besonderen Ruhm erntete ARCHIMEDES durch die Konstruktion von Verteidigungsmaschinen, als seine Vaterstadt Syracus zwei Jahre lang (213/211) von den Römern belagert wurde. Die Stadt fiel erst durch eine Kriegslist. Bei den sich üblicherweise anschliessenden Grausamkeiten kam ARCHIMEDES ums Leben.

ARCHIMEDES setzte u.a. auseinander, dass er durch Überlegungen aus der Mechanik, z.B. mit Hilfe des Waagemodells, das Ergebnis gefunden und dann erst auf strenge mathematische Weise bewiesen habe. "Denn einiges von dem, was mir auf 'mechanische Weise' klar wurde, wurde später auf geometrische Art bewiesen, weil die Betrachtungsweise dieser [mechanischen] Art der [strengen] Beweiskraft entbehrt. Denn es ist leichter, den Beweis zustande zu bringen, wenn man schon vorgehend durch die 'mechanische' Weise einen Begriff von der Sache gewonnen hat, als ohne derartige Vorkenntnis."

Das Archimedische Prinzip:

Die auf einen eingetauchten Körper wirkende Auftriebskraft ist gleich gross wie die Gewichtskraft der vom Körper verdrängten Flüssigkeit bzw. des von ihm verdrängten Gases.

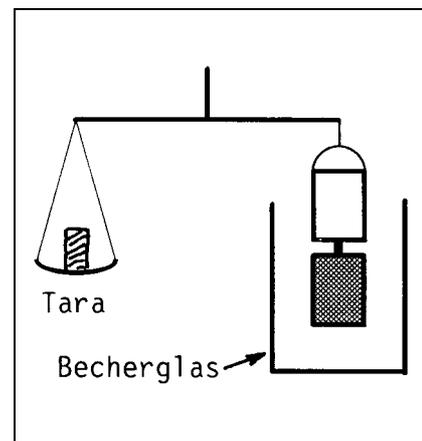
Material:

Schale, Balkenwaage, Tara, 2 grosse Bechergläser, Tropfpipette, Metallbecher mit hineinpassendem Zylinder, Wasser.

Durchführung:

Stelle die Versuchseinrichtung gemäss Zeichnung auf. Die Waage muss sich ziemlich genau im Gleichgewicht befinden! Fülle dann Wasser ins Becherglas, bis der Zylinder vollständig eingetaucht ist. Wahrscheinlich musst du wegen der starken Auftriebskraft, die der Zylinder erfährt, das Becherglas etwas anheben. *Nun wollen wir herausfinden, wie gross die Auftriebskraft ist.* Dabei geht es nicht darum, genaue Zahlen anzugeben.

Bringe die Waage wieder ins Gleichgewicht, ohne dass Du irgend etwas von der momentanen Einrichtung entfernst.



- Skizziere die Waage dreimal: (1) Ausgangslage - (2) Nach dem Auffüllen des Becherglases mit Wasser (Ungleichgewicht) - (3) Dein Vorgehen, damit die Waage wieder ins Gleichgewicht kommt.
- Erkläre, warum sich die Waage jetzt wieder im Gleichgewicht befindet.
- Wie gross ist also die Auftriebskraft F_A ?
- ! Hebe das Archimedische Prinzip deutlich hervor! !

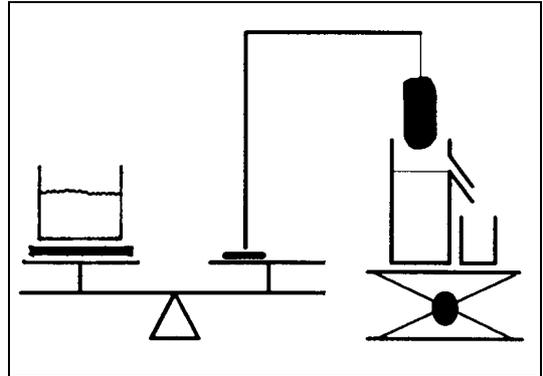
Das Archimedische Prinzip (Fortsetzung)

Material:

Tafelwaage, Tara, Stativmaterial, Plastillinkörper mit Haken und Schnur, Überlaufgefäss, kleines Becherglas, Laborboy, Wasser.

Durchführung:

1. Stelle die Versuchseinrichtung gemäss Zeichnung auf und bringe die Waage genau ins Gleichgewicht. Drehe dann den Laborboy vorsichtig hoch, bis der Plastillinkörper vollständig im Wasser hängt.



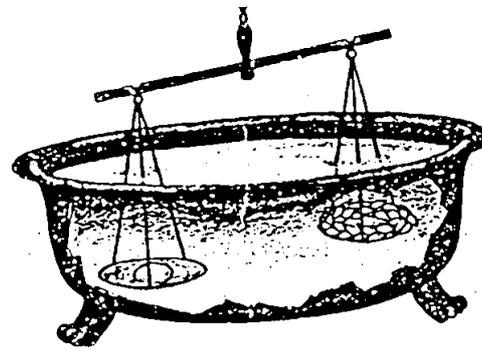
2. Gehe genau so vor wie in 1), nur dass diesmal das Becherglas auf der Waagtafel neben dem Stativ steht. Natürlich musst du das Überlaufgefäss so drehen, dass sich der Überlauf wieder über dem Becherglas befindet!
- a) Zeichne die Einrichtung wieder in der Endstellung auf (Plastillinkörper eingetaucht).
 - b) Erkläre, warum sich im Versuch gemäss 2) nicht das gleiche abspielt wie in 1).
 - c) Vergleiche die auf den eingetauchten Plastillinkörper wirkende Auftriebskraft ($F_{A(\text{Körper})}$) mit der Gewichtskraft des Wassers ($F_{G(\text{Wasser})}$) im Becherglas.

Übungsaufgaben zu Auftriebskraft und Archimedes (Hausaufgabe)

1. König HIERON VON SYRAKUS liess sich aus einem Barren reinen Goldes eine Krone anfertigen. Sie gelang dem Goldschmied sehr gut. Trotzdem war der König nicht zufrieden. Die Krone schien ihm eine etwas andere Farbe zu haben als das Barrengold, das der Goldschmied verwenden sollte. Ob er einen Teil des Goldes durch billigere Metalle ersetzt hatte?

Aber wie sollte König HIERON seinen Verdacht beweisen? Er beauftragte den Gelehrten ARCHIMEDES mit der Lösung dieses Problems. Der grübelte lange darüber nach, bis er schliesslich - gerade als er ein Bad nahm - doch noch den entscheidenden Einfall hatte. Am nächsten Tag liess sich ARCHIMEDES die Krone und einen gleich schweren Klumpen Gold vom König geben. Beides hängte er an eine Waage: Goldklumpen und Krone waren im Gleichgewicht.

Dann liess er eine Wanne mit Wasser füllen und senkte die Waagschale samt Krone und Goldbarren langsam hinein. Nun geschah etwas Erstaunliches: Die Waagschale mit dem daranhängenden Goldklumpen senkte sich im Wasser (Abb).



Keiner der Umstehenden verstand das. ARCHIMEDES aber wies auf den Goldschmied und rief: "Da steht ein Betrüger!"

- a) Wieso konnte ARCHIMEDES so sicher sein, dass der Goldschmied betrogen hatte?
- b) Was könnte der Goldschmied in die Krone gemogelt haben (vgl. S.65)?
- 2.
- a) Ein Körper wiegt in Luft 70 N, eingetaucht in Wasser noch 40 N. Berechne das Volumen des Körpers und seine Dichte.
- b) In einer unbekanntenen Flüssigkeit wiegt dieser Körper nur noch 30 N. Wie gross ist die Dichte dieser Flüssigkeit?
3. Wenn ein Fisch tiefere Wasserschichten aufsucht, wird seine Schwimmblase durch den grösser werdenden Wasserdruck zusammengedrückt, wodurch das Volumen des Fisches abnimmt.
- a) Wie verändert sich die auf den Fisch wirkende Auftriebskraft?
Der Fisch reagiert auf den erhöhten Druck durch Abscheidung von Sauerstoff aus dem Blut in die Schwimmblase.
- b) Was erreicht er damit?
- c) Was würde mit dem Fisch geschehen, wenn die geschilderte Reaktion ausbliebe?
- 4.
- a) Wann sinkt, schwebt, steigt oder schwimmt ein Körper in einer Flüssigkeit?
- b) Wie tief taucht ein schwimmender Körper in die Flüssigkeit ein?
- c) Weshalb springt ein Ball nach oben, wenn man ihn unter Wasser los lässt?
Beantworte diese Fragen mit Hilfe der Begriffe *Dichte*, *Auftriebskraft* und *Gewichtskraft*.

Kohäsionskräfte – Oberflächenspannung von Wasser

Theoretische Grundlage:

Kohäsionskräfte

Feste Körper lassen sich sehr schwer dehnen oder zusammenpressen. Diesem Vorhaben wirken Kräfte zwischen den Teilchen entgegen (vgl. S. 20). Solche Kräfte machen sich auch zwischen Teilchen in Flüssigkeiten bemerkbar. Sie sorgen dafür, dass sich flüssige Stoffe fast nicht zusammenpressen lassen. Sie halten auch die Flüssigkeitsteilchen beieinander, wenn man sie auseinanderzureissen versucht. Man unterscheidet abstossende und anziehende Teilchenkräfte.

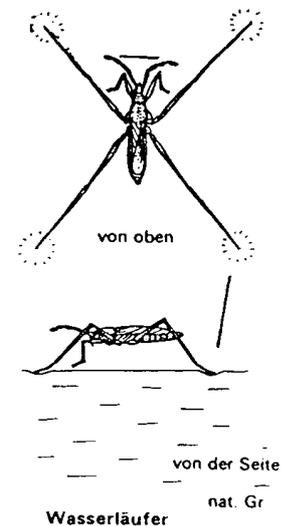
Die anziehenden Kräfte zwischen gleichartigen Teilchen bezeichnet man als Kohäsionskräfte.

Oberflächenspannung

Nur unmittelbar benachbarte Teilchen können einander abstossen. Die mit Kohäsionskräften ausgeübte Anziehung erstreckt sich dagegen auch über weitere Entfernungen. Dieser Unterschied in der Reichweite beider Arten von Kräften führt zur Oberflächenspannung.

Im Flüssigkeits*innern* wirken die Kohäsionskräfte auf ein Teilchen gleichmässig aus allen Richtungen.

An der Oberfläche überwiegt eine Gesamtkraft nach innen. Unter deren Einfluss ist die Flüssigkeit bestrebt, sich so zusammenzuziehen, als wäre sie von einer gespannten Gummihaut umschlossen (Wassertropfen). Dieses Phänomen bezeichnet man als Oberflächenspannung (vgl. Wasserläufer).



Quelle: KELLER, G. UND FREYTAG, K. (1982)

Material:

Becherglas mit Wasser, Nähnadeln, Pinzette, 10-Groschen-Stück, Tiegelzange, Spülmittel

Durchführung:

1. Lege mit einer Pinzette vorsichtig eine Nähnadel auf die Wasseroberfläche in der Schale. Die Nadel und ihr Spiegelbild müssen vor dem Auflegen parallel sein.

Lege mit der Tiegelzange ein 10-Groschen-Stück vorsichtig auf die Wasseroberfläche in der Schale. Vor dem Auflegen müssen Geldstück und Wasseroberfläche genau parallel sein.

- Zeichne von der Seite, wie Münze und Nadel in die Oberfläche einsinken.
- Weshalb "schwimmt" die Nähnadel und das 10-Groschen-Stück, obwohl Eisen bzw. Aluminium in Wasser normalerweise untergeht? Vergleiche mit dem Wasserläufer.

2. Warte bis die Wasseroberfläche wieder ganz ruhig ist. Gib einen Tropfen Spülmittel auf eine Fingerbeere und halte diese dann am Rand der Schale sehr vorsichtig auf die Wasseroberfläche, so dass letztere nicht bewegt wird.

- Welche Wirkung hat das Spülmittel?

☉ Spüle die Schale gründlich aus und fülle sie dann für die nächste Gruppe mit frischem Wasser.

Adhäsionskräfte

Theoretische Grundlage:

Anziehungskräfte zwischen (eng benachbarten) Teilchen verschiedener Stoffe nennt man Adhäsionskräfte.

Material:

Gefäß ohne gewölbten Rand (evtl. Standzylinder oder Messzylinder), Wasser, Reagenzglas, Kunststoffwanne als Unterlage oder Brunnentrog

Durchführung:

1. Giesse über dem Brunnentrog Wasser sehr langsam aus dem schwach geneigten Glasgefäß ohne gewölbten Rand. Beobachte, wie das Wasser herunterrinnt.

a) Zeichne deine Beobachtung!

2. Fülle ein Reagenzglas über den Rand hinaus mit Wasser, ohne dass dieses überläuft. Betrachte nun den Wasserspiegel.

a) Zeichne deine Beobachtung!

b) Suche eine Erklärung für beide Versuche.

Meniskus und Kapillarwirkung

Theoretische Grundlage:

Adhäsionskräfte treten nie für sich allein auf. Sie wirken immer mit Kohäsionskräften gemeinsam.

Die Kohäsionskräfte im Wasser sind kleiner als die Adhäsionskräfte gegenüber dem Glas. Deshalb wird Wasser am Glas hochgezogen (=Meniskus, griech. "Möndchen").

In dünnen Glasröhrchen, sog. *Kapillaren* (lat. capillus = Haupthaar, Barthaar) ziehen die Adhäsionskräfte das Wasser nicht nur am Rand, sondern im ganzen Rohrquerschnitt nach oben. Je enger die Kapillare ist, desto mehr können sich diese Kräfte auswirken und desto höher steigt das Wasser.

Kapillarkräfte wirken aber auch in Pflanzen, Böden, Textilien, Schwämmen und bei chromatographischen Vorgängen (vgl. S. 101).

Material:

Becherglas mit Wasser, trockene Pasteurpipetten, Mikropipetten, Glasstab

Durchführung:

1. Fülle das Becherglas mit etwas Wasser (ca 0.5 cm hoch). Betrachte den Rand der Flüssigkeit und auch die Berührungsstelle zwischen der Wasseroberfläche und einem Glasstab.
2. Halte die Pasteurpipette erst mit der breiten Öffnung, dann mit der dünnen Öffnung ein wenig ins Wasser. Beobachte den Wasserspiegel in der Pipette.
3. Halte nun die Mikropipette ins Wasser und beobachte ebenfalls.
 - a) Zeichne deine Beobachtungen!
 - b) Suche eine Erklärung für die beiden Versuche und schreibe sie in dein Heft!

Exaktes Ablesen des Volumens von Wasser

Theoretische Grundlage:

Beim Umgang mit dem Messzylinder lässt sich das genaue Ablesen eines Flüssigkeitsstandes üben. Die Oberfläche einer Flüssigkeit in einem Volumenmessgerät ist entweder nach unten (konkav, z.B. bei Wasser) oder nach oben (konvex, z.B. bei Quecksilber) gewölbt. Diese Wölbung wird als *Meniskus* (griech. "Möndchen") bezeichnet. Zum Ablesen muss sich der Meniskus in Augenhöhe befinden und das Gefäß senkrecht gehalten werden.



Quelle: BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

Material:

verschiedene Messzylinder aus Glas, Wasser

Durchführung:

Fülle verschiedene Volumina Wasser in verschiedene Messzylinder und lass deinen Kollegen das genaue Volumen bestimmen.

Bestimmung der Oberflächenspannung

Theoretische Grundlage:

Ein Wassertropfen bleibt wegen der Oberflächenspannung an der Tropfpipette hängen. Die Oberflächenspannung entspricht der Kraft, die nötig ist, um den Tropfen abzureissen. Bei sich langsam bildenden Tropfen ist diese Kraft die eigene Gewichtskraft des Tropfens.

Material:

Saubere Tropfpipette mit Volumenskala, 100 ml Becherglas, Spülmittel, Dosiervorrichtung (eine Dosis Spülmittel sollte weniger als 0.05 ml betragen)

Durchführung:

Fülle das Becherglas mit Wasser. Saug die Pipette voll. Leere sie so langsam wie möglich und zähle, wieviele Tropfen in einem cm^3 ($1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$) enthalten sind.

Gib eine Dosis Spülmittel in das Wasser und rühre gut um. Saug die Pipette mehrmals voll, damit das Spülmittel gleichmässig vermischt ist. Zähle wieder die Tropfenzahl in einem cm^3 . Wiederhole mit 2,3,4 10 Dosen Spülmittel.

☉ Wasche den Becher anschliessend mehrmals mit sauberem Wasser, um jede Spur von Spülmittel zu entfernen.

Auswertung:

- Halte deine Resultate in der Tabelle fest (vgl Vorschlag). Berechne bei jedem Versuch das Volumen eines Tropfens (in cm^3), seine Masse in g (Dichte des Wassers = 1 g/cm^3) und seine Gewichtskraft in Millinewton mN (Gewichtskraft = Masse mal 9.81, vgl. S. 66).
- Stelle die Resultate graphisch dar (Abszisse: Anzahl der Dosen Spülmittel, Ordinate: Gewichtskraft eines Tropfens).

	Anzahl Tropfen pro cm^3	Tropfenvolumen (cm^3)	Tropfenmasse (g)	Gewichtskraft des Tropfens (mN)
Reines Wasser				
+ 1 Dosis Spülm.				
+ 2 Dosen Spülm.				
+ 3 Dosen Spülm.				
+ 4 Dosen Spülm.				
+ 5 Dosen Spülm.				
+ 6 Dosen Spülm.				
+ 7 Dosen Spülm.				
+ 8 Dosen Spülm.				
+ 9 Dosen Spülm.				
+ 10 Dosen Spülm.				

Diskussion:

Formuliere in Sätzen "Je grösser ..., desto ..." folgende Beziehungen:

- Zahl der Tropfen pro cm^3 - Masse eines Tropfens
- Masse eines Tropfens - Oberflächenspannung
- Menge des Spülmittels - Oberflächenspannung
- Handelt es sich immer um Proportionalitätsbeziehungen?

Stoffe und ihre Trennung

Checkliste

Zum Thema **STOFFEIGENSCHAFTEN** findest du 10 Arbeitsplätze. Bearbeite in der gegebenen Zeit in beliebiger Reihenfolge so viele Aufträge, wie du sorgfältig bewältigen kannst. Dabei musst du beachten:

- Einzelne Arbeitsplätze sind freiwillig (frw.), die meisten obligatorisch (obl.),
- ☺ bedeutet, dass du den entsprechenden Arbeitsauftrag allein,
- ☺☺ dass du den entsprechenden Arbeitsauftrag zusammen mit einer Partnerin oder einem Partner bearbeiten sollst.
- Jede Arbeit, die du anfängst, musst du zu Ende bringen.

AUFGABE	✓
Grundlagen der Laborarbeit..... 81	
Richtiges und falsches Verhalten beim Experimentieren..... 81	
Gefahrstoffe und ihre Kennzeichnung 82	
Laborgeräte..... 83	
Der Bunsenbrenner 84	
Aufbau des Bunsenbrenners 84	
Regulieren des Brenners, Flammentypen 85	
Temperaturmessungen in der Brennerflamme (Demonstration) 87	
Richtiges Erhitzen einer Flüssigkeit im Reagenzglas 87	
Stoffeigenschaften..... 88	
1 Geruch ☺☺ 88	
2 Elektrische Leitfähigkeit ☺☺..... 89	
3 Klang ☺☺ freiwillig..... 90	
4 Wärmebeständigkeit ☺☺ freiwillig 91	
5 Wärmeleitfähigkeit ☺ 92	
6 Löslichkeit von Feststoffen und Flüssigkeiten ☺☺ 93	
7 Löslichkeit und Temperatur ☺☺..... 94	
8 Löslichkeit von Gasen ☺☺ 95	
9 Magnetisierbarkeit ☺☺..... 96	
10 Eigenschaften des Körpers / Eigenschaften des Stoffes..... 97	
Stoffe trennen – Stoffe erkennen..... 98	
Sedimentation..... 98	
Zentrifugation..... 99	
Extraktion..... 100	
Chromatographie..... 101	
Filtration..... 102	
Destillation 103	
Analyse eines Feststoffgemisches 104	
Zuckergewinnung (Film)..... 105	

Stoffe und ihre Trennung

Lernziele

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	die Sicherheitsvorschriften in einem Chemielabor einzuhalten			
2.	einige Gefahrensymbole und Kennbuchstaben von gefährlichen Chemikalien richtig zu interpretieren			
3.	die Beschriftung eines Chemikalienetiketts zu erklären			
4.	die von dir verwendeten Laborgeräte richtig zu benennen			
5.	den Aufbau eines Gasbrenners zu skizzieren und seine Funktionsweise zu erklären			
6.	den Brenner richtig zu bedienen und seine Vorteile zu nennen			
7.	die verschiedenen Flammentypen und ihre Eigenschaften zu kommentieren und anzugeben, wann man die verschiedenen Flammen einsetzt			
8.	die unterschiedlichen Temperaturzonen in den verschiedenen Flammen annäherungsweise zu ermitteln			
9.	zu erklären, was man unter einem <i>Siedeverzug</i> versteht, wie er entsteht, welche Gefahren mit ihm verbunden sind und was man dagegen unternehmen kann			
10.	zu erläutern, was man chemisch betrachtet unter <i>Stoffen</i> versteht			
11.	die verschiedenen Eigenschaften, anhand derer man Stoffe voneinander unterscheiden kann, anzugeben			
12.	einige <i>Körpereigenschaften</i> zu nennen und diese von <i>Stoffeigenschaften</i> zu unterscheiden			
13.	die Faktoren zu nennen, die daran beteiligt sind, dass eine Substanz geruchlich wahrgenommen werden kann			
14.	die chemischen Symbole für Eisen, Aluminium, Kupfer und Blei anzugeben			
15.	einige gute und einige schlechte Wärmeleiter aufzuzählen und zu erklären, weshalb sich eine raue Oberfläche wärmer anfühlt als eine glatte			
16.	die nachstehenden Begriffe zu erklären und Beispiele anzugeben: <i>Lösung, Lösungsmittel, Löslichkeit, gesättigte Lösung, ungesättigte Lösung, Bodenkörper, Emulsion, Suspension, homogenes Gemisch, heterogenes Gemisch</i>			
17.	die Löslichkeit von Gasen und Feststoffen in einer Flüssigkeit bei zunehmender Temperatur der Flüssigkeit graphisch darzustellen			
18.	zu kommentieren, worin die Bedeutung der Temperatur und damit des Sauerstoffgehaltes für die Ökologie eines Gewässers liegt			
19.	anzugeben, zwischen welchen Metallen magnetische Kräfte wirken und worin sich magnetische Kräfte von Gravitationskräften unterscheiden			
20.	anzugeben, welche magnetischen Pole sich gegenseitig anziehen bzw. abstossen			
21.	zu erklären, worin sich Reinstoffe von Gemischen unterscheiden			
22.	zu erklären, worauf die Eigenschaften von Gemischen beruhen			
23.	das Prinzip der nachstehenden Trennverfahren zu beschreiben, den Versuchsaufbau zu skizzieren und Anwendungsbeispiele aufzulisten: <i>Zentrifugation, Extraktion, Chromatographie, Sedimentation, Filtration, Destillation, Trennen mit dem Magneten, Abdampfen</i>			
24.	eine Färbemöglichkeit von Fett in Milch zu beschreiben			
25.	den Begriff der <i>E-Nummern</i> zu erklären und zu begründen, weshalb man diese Nummern eingeführt hat, sowie einige Beispiele zu nennen			
26.	die Trennmethode bei der Zuckerherstellung zu nennen und den Begriff der <i>Melasse</i> zu erklären			

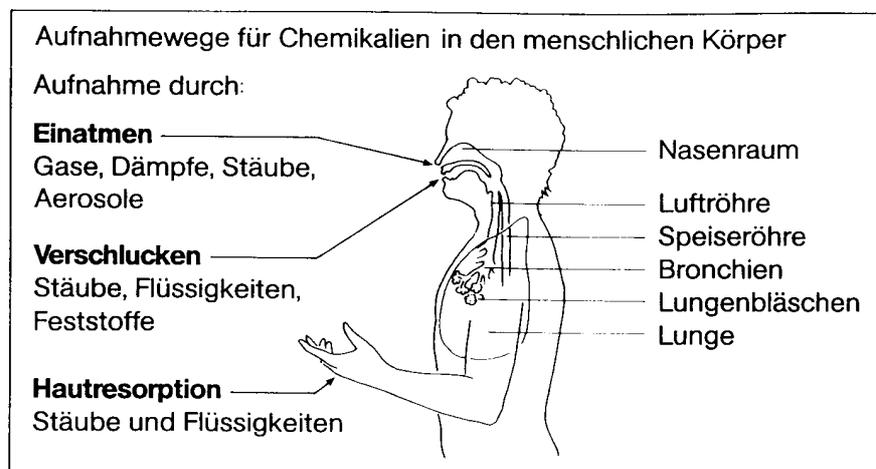
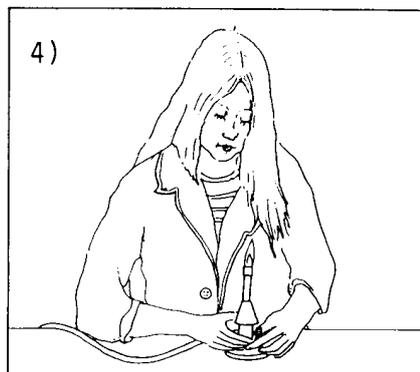
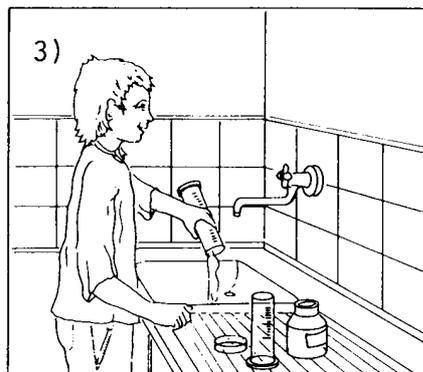
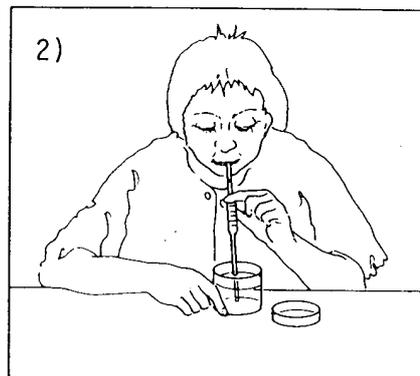
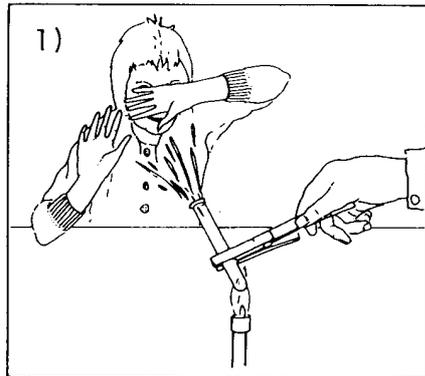
Richtiges und falsches Verhalten beim Experimentieren

Unfälle beim Experimentieren lassen sich verhindern, wenn man sorgfältig arbeitet und Regeln und Vorschriften genau beachtet.

Durchführung:

In den Bildern kannst du einige Fehler erkennen. Beschreibe jeweils

- das fehlerhafte Verhalten,
- die daraus entstehenden Gefahren,
- wie man sich in der Situation richtig verhalten müsste.
- Welche anderen Dinge müssen im Labor beachtet werden?



Quelle: BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

Gefahrstoffe und ihre Kennzeichnung

Theoretische Grundlage:

Mit vielen Chemikalien kann man bei sachgemäßem Umgang relativ gefahrlos experimentieren. Es gibt jedoch auch zahlreiche Chemikalien, die aufgrund ihrer Eigenschaften eine besondere Gefährdung für die Gesundheit oder Umwelt darstellen. Sie können z.B. giftig, ätzend, explosionsgefährlich oder krebserregend sein. Chemikalien mit solchen Eigenschaften werden als *Gefahrstoffe* bezeichnet. Der Umgang mit diesen Stoffen ist in der *Gefahrenstoffverordnung* geregelt. Diese Verordnung regelt auch die Kennzeichnung dieser Chemikalien. Nach den Richtlinien der EU müssen Gefahrstoffe mit einem *Gefahrensymbol* und einem *Kennbuchstaben* gekennzeichnet und mit *Gefahrenhinweisen* (R-Sätze) und *Sicherheitsratschlägen* (S-Sätze) versehen werden. Die Kennzeichnung 'umweltgefährlicher' Stoffe wurde in Deutschland Ende 1993 eingeführt. Als umweltgefährlich müssen Stoffe bezeichnet werden, wenn "sie selbst oder ihre Umwandlungsprodukte geeignet sind, die Beschaffenheit des Naturhaushaltes, von Wasser, Boden oder Luft, Klima, Tieren, Pflanzen oder Mikroorganismen derart zu verändern, dass dadurch sofort oder später Gefahren für die Umwelt herbeigeführt werden können".

Durchführung:

a) Ordne dem Etikett die folgenden sieben Angaben zu:

1. Bezeichnung des Stoffes
2. Gefahrensymbol
3. Gefahrenbezeichnung
4. Kennbuchstabe
5. Hinweise auf besondere Gefahren (R-Sätze)
6. Sicherheitsratschläge (S-Sätze)
7. Name und Anschrift des Herstellers

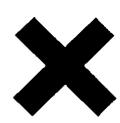
Methanol

T		Giftig	R 11 Leichtentzündlich R 23/25 Giftig bei Berührung mit der Haut und beim Verschlucken
F		Leichtentzündlich	S 2 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen S 7 Behälter dicht geschlossen halten S 16 Von Zündquellen fernhalten – nicht rauchen S 24 Berührung mit der Haut vermeiden

Chemie AG, Trichterstraße 7
D-1234 Hinterwald

Quelle: BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

b) Übersetze die englischen Ausdrücke und ergänze das Fehlende.

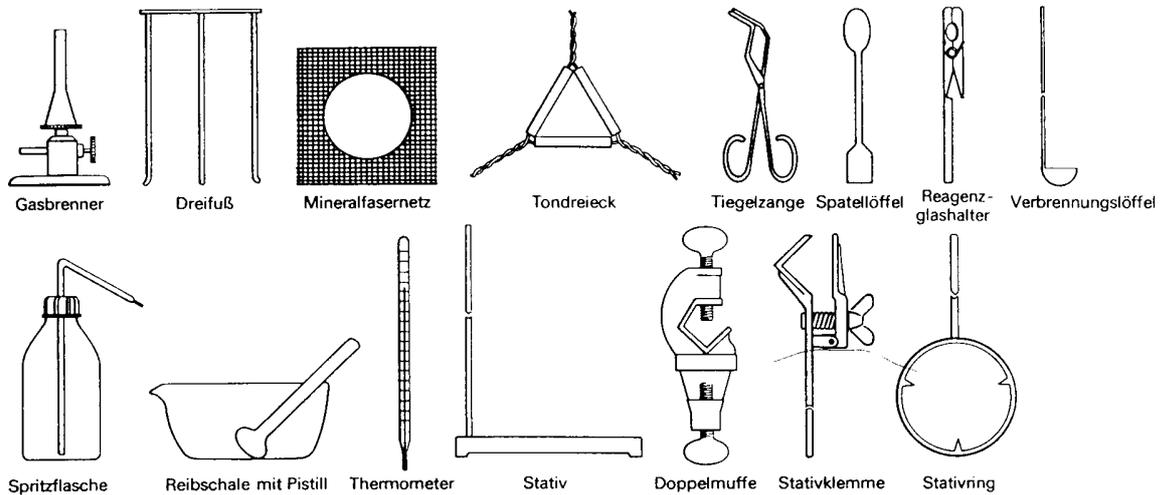
Symbol					
Bezeichnung					
	very Toxic	Toxic	Noxious	Irritating	Corrosiv
Kennbuchstabe	T+	T	Xn	Xi	C

Symbol					
Bezeichnung					Umwelt-gefährlich
	Explosiv	Flammable	Oxidizing		Nature
Kennbuchstabe	E	F/ F+	O		N

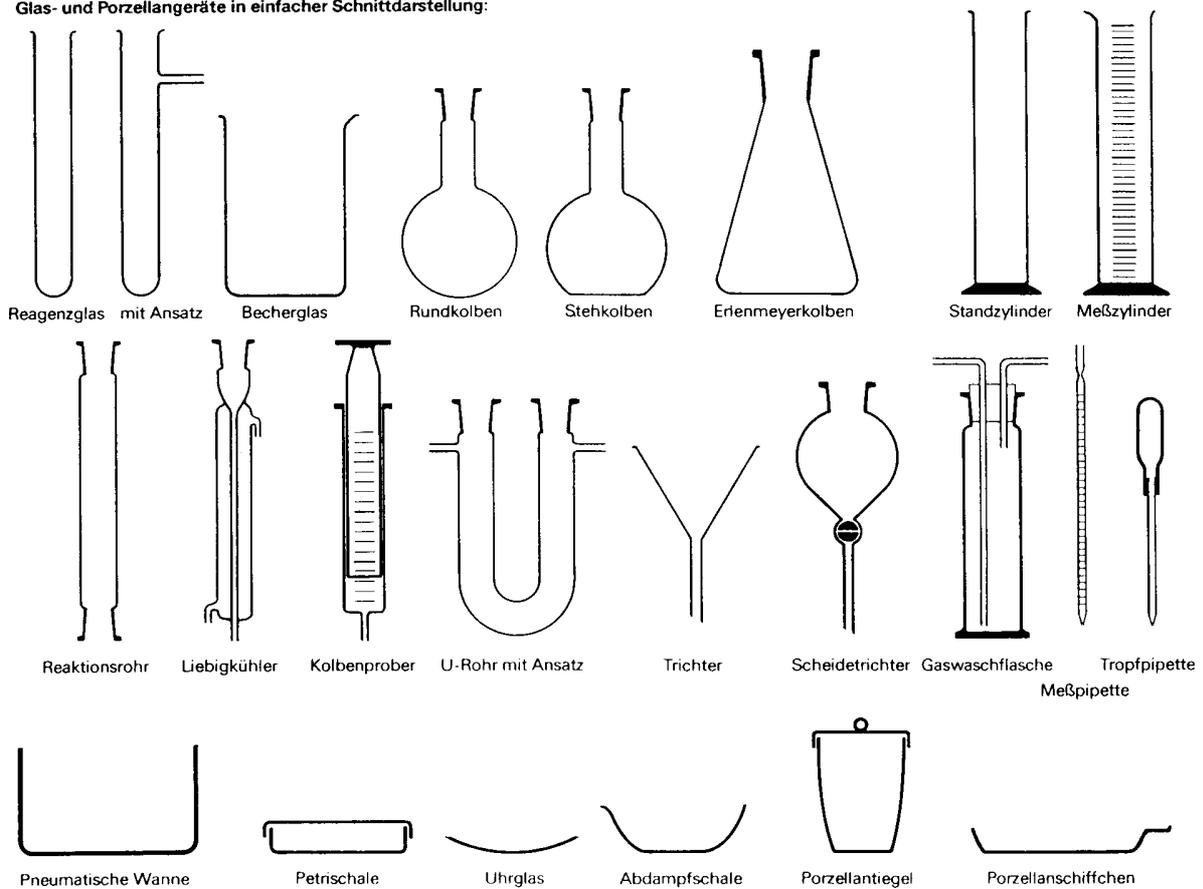
Laborgeräte

Durchführung:

a) Lerne die Namen der von dir verwendeten Laborgeräte auswendig.



Glas- und Porzellengeräte in einfacher Schnittdarstellung:



Quelle: BAURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

Aufbau des Bunsenbrenners**Theoretische Grundlagen:**

Der Gasbrenner wurde 1855 vom Heidelberger Professor Robert Wilhelm BUNSEN erfunden. BUNSEN (1811 - 1899) war als Dozent an verschiedenen Schulen tätig. Er war ein vielseitiger Forscher und Praktiker und erfand u.a. auch die Wasserstrahlpumpe.

Das aus der Düse in das Brennerrohr (= Mischrohr) einströmende Erdgas saugt über eine verstellbare Öffnung die zur Verbrennung erforderliche Luft an. Ist die Öffnung gross, dann wird viel Luft angesaugt; die Flamme besitzt dann einen dunklen Innenkegel und einen bläulichen Aussenkegel (Überschuss an Sauerstoff). Ist die Öffnung klein, dann wird wenig Luft angesaugt und es ergibt sich eine hell leuchtende, stark russende Flamme geringerer Temperatur.

Material:

Bunsenbrenner

Durchführung:

Löse den Brenner vom Gasschlauch und studiere seinen Aufbau von aussen. Beachte das *Mischrohr* (= *Schornstein*) und den *Brennerfuss*.

Schraube dann ohne Gewalt anzuwenden das Mischrohr ab.

- a) Zeichne den zerlegten Brenner und beschrifte: *Mischrohr*, *Brennerfuss*, *Gaszufuhr*, *Gasregulierung*, *Gasdüse* (dort tritt das Gas bei eingeschaltetem Brenner aus), *Gasröhrlein*.
- b) Welche Funktion hat wohl die bewegliche Manschette am Mischrohr? - Schreibe die vermutete Antwort auf.
- c) Kann man das Erdgas an der Gasdüse auch entzünden, wenn das Mischrohr abgeschraubt ist?
- d) Woher hat das "Mischrohr" wohl seinen Namen?
- e) Welches sind die Vorteile des Brenners?

Regulieren des Brenners, Flammentypen

Material:

Bunsenbrenner, Zündhölzchen, Magnesiastäbchen,

Durchführung:

1. Inbetriebnahme des Brenners; leuchtende Flamme.

Luftregulierung geschlossen, Gasregulierung offen (Hebel senkrecht). Halte ein brennendes Zündhölzchen dicht über den Schornstein des Brenners. Öffne den **gelben Hahn** am Korpus durch Drücken und Drehen im Gegenuhrzeigersinn bis in die Horizontale. Evtl. dauert es einige Sekunden, bis sich am Brenner eine Flamme bildet.

a) Zeichne die Flamme möglichst naturgetreu in die Tabelle. Verwende dazu Farbstifte.

b) Überlege Dir, warum es sinnvoll ist, das brennende Zündhölzchen an den Brenner zu halten, **bevor** man den Gashahn aufdreht, und schreibe deine Vermutung auf.

Halte dann ein Magnesiastäbchen in die Flamme. Prüfe an verschiedenen Stellen der Flamme und beachte die Russbildung.

c) Protokolliere deine Beobachtungen.

2. Sparflamme

Drehe die Gasregulierung am Brenner zu (Hebel waagrecht).

☞ Auf welchem Weg gelangt jetzt das Gas zur Mündung des Mischrohrs?

Die Sparflamme schaltet man dann ein, wenn man den Brenner einmal für kurze Zeit nicht braucht.

3. Entleuchtete Flamme

Öffne die Gasregulierung erneut: Leuchtende Flamme. - Drehe langsam an der Luftregulierung, bis die Flamme nicht mehr leuchtet.

☞ Zeichne auch diese Flamme farbig und möglichst naturgetreu in die Tabelle ein.

4. Rauschende Flamme

Öffne die Luftregulierung vollständig. Zeichne die Flamme auf. - Führe dann das Köpfchen eines ungebrauchten Zündhölzchens dicht über dem Mischrohr ins Zentrum der Flamme.

☞ Was beobachtest du, und was kannst du daraus schliessen?

5. Flammentemperatur

Halte ein Magnesiastäbchen in die rauschende Flamme und warte ab, ob es zu glühen beginnt. Achte darauf, dass du an verschiedenen Stellen prüfst und an jeder Stelle eine Zeit lang verweilst.

☞ Protokolliere deine Beobachtungen und schreibe auf, wie sie zu deuten sind.

6. Ausschalten des Brenners

Stelle die leuchtende Flamme ein und schliesse den gelben Gashahn durch Zurückdrehen in die Senkrechte. In der Endstellung muss er etwas "herausspringen".

☞ Vervollständige die Tabelle.

Tabelle: Vergleich der Flammentypen des Bunsenbrenners

	Leuchtende Flamme	Entleuchtete Flamme	Rauschende Flamme
naturgetreue Zeichnung			
Luftregulierung			
Höhe			
Farbe			
Form			
Geräusch			
Temperatur			
Russbildung			

Temperaturmessungen in der Brennerflamme (Demonstration)

Material:

Temperaturfühler und Anzeigergerät, Bunsenbrenner

Durchführung:

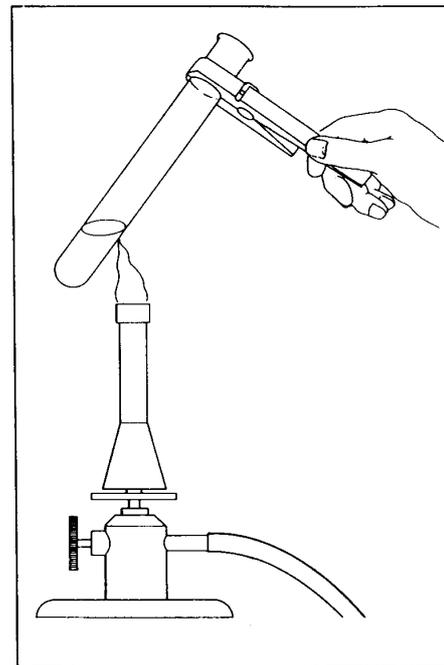
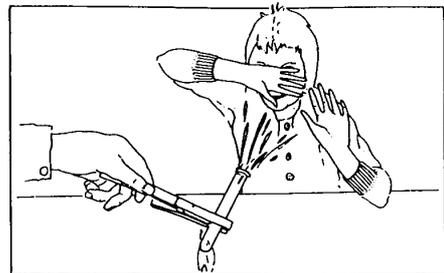
a) Skizziere, wie die Temperatur in einer Flamme gemessen wird und trage die festgestellten Messwerte in die Tabelle (S.86) ein.

Richtiges Erhitzen einer Flüssigkeit im Reagenzglas

Theoretische Grundlage:

Unter dem Begriff *Siedeverzug* versteht man eine Bezeichnung für die Erscheinung, dass eine Flüssigkeit unter bestimmten Voraussetzungen (extremer Reinheitsgrad von Flüssigkeit und Gefäß, glatte Gefäßwand) oft weit über ihre Siedetemperatur erhitzt werden kann, ohne dass der Siedevorgang einsetzt. Bei chemisch reinem Wasser können dabei Temperaturen von nahezu 300 °C erreicht werden. Eine derartige überhitzte Flüssigkeit beginnt bei der kleinsten Erschütterung *schlagartig* unter *heftigem Aufwallen* zu sieden, wobei ihre Temperatur auf die normale Siedetemperatur absinkt. Dieser Vorgang ist wegen seines *explosionsartigen* Charakters in der Regel unerwünscht. Deshalb versucht man, den Siedeverzug durch Einbringen von sogenannten *Siedesteinchen* oder *Siedestäbchen* in die Flüssigkeit zu verhindern. Normalerweise verwendet man Siedesteinchen nur in Bechergläsern, Erlenmeyerkolben usw. nicht aber in Reagenzgläsern.

Quelle: SCHÜLER DUDEN (1988)



Quelle: BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

Material:

Reagenzglas, Bunsenbrenner, Wasser, Reagenzglashalter, Schutzbrille, Siedesteine

Durchführung:

1. Setze die Schutzbrille auf.
 2. Fülle das Reagenzglas etwa zu einem Drittel mit Wasser und gib zwei *Siedesteine* hinein.
 3. Spanne das Reagenzglas kurz unterhalb der Öffnung in den Reagenzglashalter ein.
 4. Entzünde den Gasbrenner und stelle die rauschende Flamme ein. Halte das Reagenzglas *schräg* in die Flamme und achte darauf, dass sich die *Flamme vorwiegend etwas unterhalb des oberen Flüssigkeitspegels* befindet (Abb.). **Achtung! Die Öffnung des Reagenzglases darf nicht auf Personen gerichtet sein!**
 5. *Bewege* das Reagenzglas leicht durch die Flamme. Beende den Versuch, wenn das Wasser siedet.
 6. Wiederhole das Erwärmen von Wasser *ohne Siedesteinchen*.
- b) Warum sollte das Wasser nicht zuerst am Boden des Reagenzglases erhitzt werden?
c) Durch welche Massnahmen wird ein Herausspritzen des Wassers verhindert?

1 Geruch ☺☺

Material:

6 nur durch Nummern gekennzeichnete Flaschen mit: Benzin, Essig, Salmiakgeist, Spiritus, Nagellackentferner, Wasser, Waschpulver, Haarshampoo, Handseife, Zucker, Salz, Kaffeepulver, Teebeutel: Schwarztee, Lindenblütentee, Kamillentee; Currypulver; Handtuch.

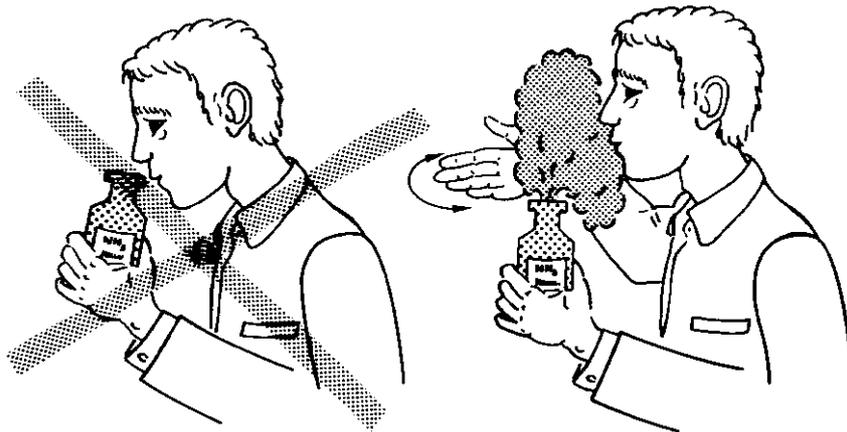
Durchführung:

1. Öffne die erste Flasche und lege den Deckel mit der Öffnung nach oben auf den Tisch. Prüfe vorsichtig den Geruch der Flüssigkeit durch Zufächeln (Abb.). Verschliesse die Flasche.

a) Notiere, welche Flüssigkeit enthalten ist.

Verfahre mit den weiteren Flaschen in gleicher Weise.

Beachte: Es darf nur immer eine einzige Flasche geöffnet sein! (Sonst könnten dich Fremdgerüche stören und es bestünde die Gefahr, dass Deckel verwechselt werden.)



b) Vergleiche deine Liste mit der Liste im Lösungsordner.

2. Lasse deine Partnerin oder deinen Partner mit verbundenen Augen vorsichtig an den Substanzen riechen.

a) Haltet fest, welche der vorgelegten Substanzen leicht, welche nur schwer oder gar nicht am Geruch erkennbar sind.

b) Was bewirkt, dass ein Stoff geruchlich wahrgenommen werden kann?

c) Warum ist es bei gewissen Stoffen schwierig bis unmöglich, sie am Geruch zu erkennen?

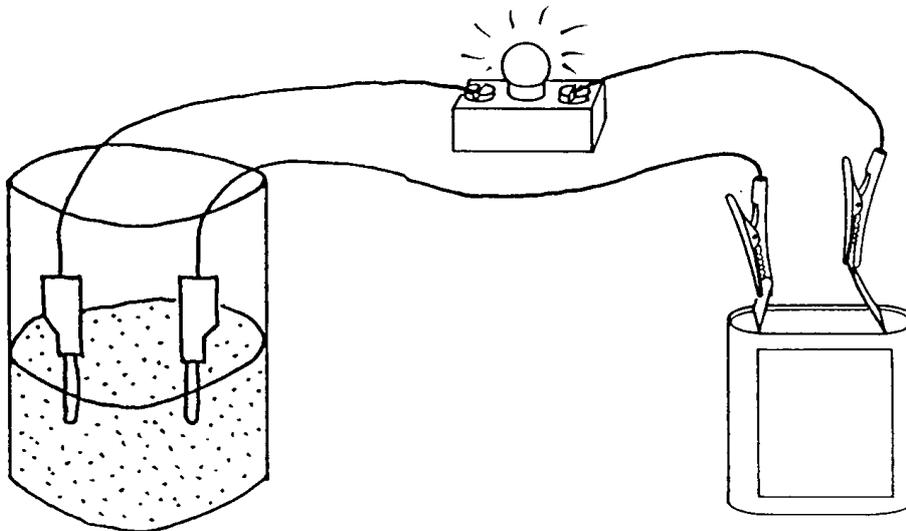
2 Elektrische Leitfähigkeit ☺☺

Material:

Batterie (4.5 V), Glühlämpchen (3.8V/0.2 A), Lampenfassung, 3 Kabel, 2 Krokodilklemmen, 2 Bechergläser (100 ml), Chemikalienlöffel, Zucker, Kochsalz, destilliertes oder entmineralisiertes Wasser, Würfel (Eisen Fe, Aluminium Al, Kupfer Cu, Blei Pb, Holz)

Durchführung:

1. Gib in das Becherglas 1 cm hoch Kochsalz. Baue die Schaltung gemäss der Abbildung auf. Stelle deine Ergebnisse in einer Tabelle dar.



- a) Leitet Kochsalz den Strom?

Teste in dem anderen Becherglas den Zucker auf die gleiche Weise.

- b) Leitet Zucker den Strom?

Löse das Kochsalz und den Zucker in Wasser auf.

- c) Überprüfe ihre elektrische Leitfähigkeit.

- d) Was kann man über die Leitfähigkeit von dest. Wasser sagen?

- 2) Kontrolliere die elektrische Leitfähigkeit der 5 Würfel, indem du sie zwischen die beiden Enden der Kabel hältst.

☞ Protokolliere deine Ergebnisse.

3 Klang ☺☺ freiwillig**Material:**

6 unterschiedliche Münzen verschiedener Währungen, Handtuch

Durchführung:

Lasst die Münzen nacheinander auf den Tisch fallen und vergleicht den Klang, der dabei entsteht. - Versucht dann die Münzen mit verbundenen Augen aufgrund ihres Klanges zu erkennen.

✎ Schreibt auf, was ihr dabei empfunden und erfahren habt.

4 Wärmebeständigkeit ☺☺ freiwillig**Material:**

2 Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Bunsenbrenner, Zündhölzchen, 2 Bechergläser, 100 ml, Glasstab, Spatel, Schwefelpulver, gelbes Kreidepulver.

Durchführung:

Gib je eine Spatelspitze Schwefelpulver ins 1. Becherglas und ins 1. Reagenzglas. Ins 2. Becherglas und ins 2. Reagenzglas kommt je eine Spatelspitze gelbes Kreidepulver.

1. Fülle die beiden Bechergläser etwa zur Hälfte mit Wasser und rühre dann kräftig mit dem Glasstab.
2. Erhitze die beiden Reagenzgläser nacheinander vorsichtig in der entleuchteten Flamme. Dazu fasst man das Reagenzglas mit dem Reagenzglashalter ganz oben, hält es schräg in die Flamme (**die Öffnung darf niemals gegen Personen gerichtet sein!**) und bewegt es in der Flamme, so dass der Inhalt gleichmässig erhitzt wird (vgl. S. 87).

- a) Protokolliere, was du beobachten kannst.
- b) Wie kann man Schwefelpulver und gelbes Kreidepulver voneinander unterscheiden?

Entsorgung:

☹ Reagenzglas mit Schwefel: Abfall. Hole dafür ein sauberes Reagenzglas für die nächste Gruppe. Die anderen Glasgefäße ausspülen und die Bechergläser mit einem Handtuch abtrocknen.

5 Wärmeleitfähigkeit ☺

Theoretische Grundlage:

Unter Wärmeleitung versteht man eine Art der Wärmeübertragung, bei der die Wärmeenergie nur zwischen unmittelbar benachbarten Teilchen in festen oder unbewegten flüssigen und gasförmigen Stoffen übergeht. Die Teilchen an den wärmeren Orten übertragen dabei ihre höhere Geschwindigkeit (vgl. S. 20) durch Stösse auf die sich langsamer bewegenden Nachbarpartikel an den kälteren Stellen.

Wärmeleitung liegt beispielsweise vor, wenn man einen Metallstab mit einem Ende in die Flamme des Bunsenbrenners hält. Nach kurzer Zeit wird auch das andere Ende so heiss, dass man es nicht mehr in der Hand halten kann. Macht man denselben Versuch mit einem Glasstab, so stellt man fest, dass dabei die Wärme nur sehr langsam vom heissen Ende auf das kalte übertragen wird: Glas ist ein *schlechterer Wärmeleiter* als Metall. *Gute Wärmeleiter* sind alle Metalle. *Schlechte Wärmeleiter* sind Holz, Glas Porzellan, Steingut, Textilien, Schnee, Wasser und Luft. Ein Mass für die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes ist die *Wärmeleitzahl* (*spezifisches Wärmeleitvermögen*). Sie wird gemessen in $\text{kJ}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K})$ oder in $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$.

Wärmeleitzahl einiger Stoffe bei Normalbedingungen in $\text{kJ}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{K})$ (z.T. Durchschnittswerte)

Kupfer	1420
Stahl	210
Natursteine (z.B. Granit)	10
Eis	7.6
Stahlbeton	6
Ziegelstein	3
Fensterglas	3
Wasser	2.1
Alkohole	0.7
Holz	0.4 - 1.4
Holzwoleplatten	0.3
Korkplatten	0.15
Schaumstoffe (z.B. Styropor)	0.15
Glaswolle	0.13
Luft	0.09
Xenon	0.02

Quelle: SCHÜLER DUDEN (1988)

Material:

Elektr. Heizer, Becherglas 250 ml, Siedesteinchen, je 1 Silber-, Stahl- und Kunststofflöffel, 2 Granitplatten einseitig poliert, Styroporplatte.

Durchführung:

1. Lege 3 Siedesteinchen ins Becherglas, fülle es etwa zu $\frac{3}{4}$ mit Wasser, stelle die 3 Löffel hinein und erhitze auf dem Heizer zum Sieden (Heizstufe 3). Schalte den Heizer aus und nimm die Löffel nacheinander aus dem siedenden Wasser.

- Vergleiche die Löffeltemperaturen miteinander.
- Kannst du die Unterschiede erklären?

☺ Stelle dann die Löffel wieder ins noch heisse Wasser und lasse das Becherglas auf dem ausgeschalteten Heizer für Nachfolgende stehen.

2. Lege eine Hand für etwa 1 Minute auf die Styroporplatte und die andere auf eine Granitplatte. Lege anschliessend die eine Hand auf die polierte Seite der einen, die andere auf die roh-geschliffene Seite der zweiten Granitplatte.

- Gibt es einen Temperaturunterschied zwischen Granit- und Styroporplatte?
- Gibt es einen Temperaturunterschied zwischen glatter und roher Platte?
- Erkläre die Unterschiede anhand der Wärmeleitzahlen aus der Tabelle.

6 Löslichkeit von Feststoffen und Flüssigkeiten ☺☺

Theoretische Grundlage:

Wird etwas Kochsalz in Wasser gegeben, so ist das Salz nach einiger Zeit nicht mehr zu sehen. Es ist aber noch vorhanden. Man sagt, dass Kochsalz hat sich *gelöst*. Dabei ist eine **Lösung**, Kochsalzlösung entstanden. Wasser ist auch ein gutes Lösungsmittel für Zucker und andere Feststoffe. Sogar bestimmte Flüssigkeiten und Gase sind in Wasser löslich, wie alkoholische Getränke und Sprudel zeigen. Eine Lösung ist also eine durchsichtige, flüssige Mischung von Stoffen, die durch und durch einheitlich ist; auch bei stärkster Vergrößerung kann man die einzelnen Bestandteile nicht voneinander unterscheiden. Man sagt, die Lösung sei *homogen* (von griech. "*homo*" = "gleichartig"). *Lösungsmittel sind Flüssigkeiten, die Stoffe lösen. Gelöst werden können Feststoffe, Flüssigkeiten und Gase. Nicht jedes Lösungsmittel kann jeden Stoff lösen.*

Eine **Emulsion** entsteht, wenn eine Flüssigkeit in feinen Tropfen in einer andern Flüssigkeit, in der sie sich nicht auflöst, verteilt wird. Sie ist undurchsichtig.

Eine **Suspension** bildet sich, wenn ein fester Stoff in einer Flüssigkeit, in der er sich nicht auflöst, verteilt wird. Sie ist undurchsichtig.

Emulsionen und Suspensionen sind also *heterogen* (von griech. "*heteros*" = "ungleichartig").

Material:

2 Reagenzglasgestelle mit je 4 Reagenzgläsern (= "Rggl."), 8 Stopfen Gr. 2F, Benzin, Wasser, Zucker, Salz, Mehl, pflanzliches Öl, Tropfpipette, Spatel, Folie für Hellraumprojektor, 2 Faserschreiber "permanent", 2 Faserschreiber "non permanent", Spiritus, Watte.

Durchführung:

1. Gib in die ersten 4 Rggl. je 3 cm hoch Wasser, in die zweiten 4 je 3 cm hoch Benzin. Gib dann ins 1. Rggl. jeder Serie eine Spatelspitze (also wenig!) Zucker, ins 2. ebensowenig Salz, ins 3. ebensowenig Mehl, und ins 4. 3 Tropfen Öl. Verschliesse die Rggl. und schüttle sie gründlich.

a) Fertige eine Tabelle an, in welcher du angibst, was du wo hinein gegeben hast, und ob die Flüssigkeit nach dem Schütteln klar oder trüb war. Schreibe dann in jede Zelle, ob am Versuchsende eine "Lösung", eine "Emulsion" oder eine "Suspension" vorliegt.

2. Zeichne oder schreibe mit den 4 Stiften auf die Folie. Halte diese anschliessend unter das fliessende Wasser. Überlege, wie du den Rest der Zeichnung oder der Schrift auswischen kannst und probiere, ob dein "Rezept" funktioniert.

a) Notiere, womit du Zeichen, die mit wasserfestem Faserschreiber angefertigt wurden, beseitigen kannst.

b) Warum ist dies möglich?

Entsorgung:

Rggl. mit Wasser: Ausguss

Rggl. mit Benzin: weisser Behälter beim Fenster

Alle Rggl. zum Abwaschen

☺ 8 neue Rggl. (aus der Kartonschachtel) bereitstellen.

7 Löslichkeit und Temperatur ☺☺

Theoretische Grundlage:

Lösungsvorgänge spielen in unserer Umwelt eine grosse Rolle. Dabei ist es oft wichtig zu wissen, wie gut oder schlecht sich ein Stoff in einem bestimmten Lösungsmittel löst. Geringe Mengen eines Giftstoffes z.B. in Wasser können lebensbedrohlich sein. Bei der Gewinnung von pflanzlichen Ölen kommt es darauf an, dass eine möglichst kleine Menge Lösungsmittel möglichst viel Öl aus den Früchten herauslöst. *Die Löslichkeit ist eine messbare Stoffeigenschaft. Sie gibt an, wieviel Gramm eines Stoffes sich in 100 Gramm Lösungsmittel lösen.* Weil die Löslichkeit eines Stoffes sich häufig mit der Temperatur verändert, müssen Tabellen mit Angaben zur Löslichkeit immer einen Hinweis auf die Temperatur enthalten. Eine Lösung ist dann *gesättigt*, wenn das Lösungsmittel bei dieser Temperatur auch nach ausreichendem Schütteln keinen Stoff mehr aufnehmen kann, wenn man den zu lösenden Stoff also als *Bodenkörper* sehen kann.

Material:

2 Bechergläser (250 ml), 2 Reagenzgläser, Messzylinder (10 ml), Spatel, Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Gasbrenner, Waage, Vierbein mit Platte, Kochsalz, Kaliumnitrat, Wasser, Thermometer

Durchführung:

1. Fülle ein Reagenzglas mit 10 ml Wasser (1 ml = 1 g)
 - Bestimme die Masse m_1 des gefüllten Reagenzglases mit einer Waage. Stelle dabei das Reagenzglas in ein Becherglas.
 - Löse in möglichst kleinen Portionen Kochsalz darin auf, bis sich ungelöstes Kochsalz absetzt. Häufig schütteln!
 - Bestimme erneut die Masse m_2 .

Wiederhole den Versuch mit Kaliumnitrat.

a) Zeichne eine Tabelle mit fünf Spalten (zu lösender Stoff / Masse m_1 / Masse m_2 / Masse des gelösten Salzes $m_2 - m_1$ / Masse des in 100 g Wasser gelösten Salzes) und drei Zeilen (vorige Angaben / Kochsalz / Kaliumnitrat). Ergänze die Tabelle.

2. Gib in die jeweiligen Reagenzgläser aus Versuch 1 noch soviel Kochsalz bzw. Kaliumnitrat, bis sich ein fingerbreiter Bodenkörper bildet. Erwärme beide Reagenzgläser in einem Wasserbad (ca. 90 °C).

- a) Wie verändert sich die Löslichkeit der beiden Stoffe bei steigender Temperatur?
- b) Übertrage die nachstehenden Werte in ein Diagramm (vgl. S. 95).

Temperatur (in °C)	20	40	60	80
Löslichkeit von Kochsalz (in g/100 g Wasser)	35.8	36.4	37.1	38.1
Löslichkeit von Kaliumnitrat (in g/100 g Wasser)	25	35	50	60

8 Löslichkeit von Gasen ☺☺

Theoretische Grundlage:

Menschen und Tiere benötigen Luft zum Atmen. Beim Atmen wird der Luft Sauerstoff entzogen. Auch in Wasser befindet sich Sauerstoff in *gelöster* Form. Wir können ihn normalerweise weder sehen noch riechen oder schmecken. Trotzdem ist er vorhanden. Die Wasserlebewesen sind von diesem gelösten Sauerstoff abhängig. Bei Wasseruntersuchungen wird die *Löslichkeit* des Sauerstoffs meistens in mg pro Liter Wasser angegeben. *Diese Löslichkeit ist stark von der Wassertemperatur abhängig:*

Temperatur (in °C)	0	5	10	15	20	25	30
Löslichkeit von Sauerstoff (in mg/L bei 1013 mbar)	14.2	12.4	10.9	9.8	8.8	8.1	7.5

Material:

Elektr. Heizer, Becherglas 250 ml (weite Form), Siedesteinchen.

Durchführung:

Fülle das Becherglas zu max. 2/3 mit Leitungswasser, gib 3 Siedesteinchen hinein und stelle es auf den Heizer. Schalte auf Heizstufe 3 und beobachte das Wasser während des Aufheizens sehr genau. - Schaltet den Heizer aus, sobald das Wasser siedet.

- Bei welcher Temperatur beginnen Gasblasen aufzusteigen?
- Woraus bestehen die Gasblasen, die vor dem Sieden des Wassers aufsteigen?
- Woraus bestehen die Gasblasen, die während dem Sieden von Wasser aufsteigen?

☺ Leere anschliessend das Wasser weg und stelle das leere Becherglas neben den Heizer. Wenn man das Becherglas am oberen Rand anfasst, verbrennt man sich die Finger nicht.

d) Welche Eigenschaft des Materials "Glas" macht man sich da zu Nutze?

e) Die Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur ist besonders gut zu erkennen, wenn du die Werte aus der Tabelle in ein Diagramm (Abszisse: Temperatur in °C, Ordinate Löslichkeit des Sauerstoffs in mg/L) überträgst und die Punkte zu einer Kurve verbindest.

f) Welche Folgen kann eine starke Erwärmung des Wassers (z.B. im Sommer oder durch Einleiten von warmem Wasser) für die Wasserlebewesen haben?

9 Magnetisierbarkeit ☺☺

Theoretische Grundlage:

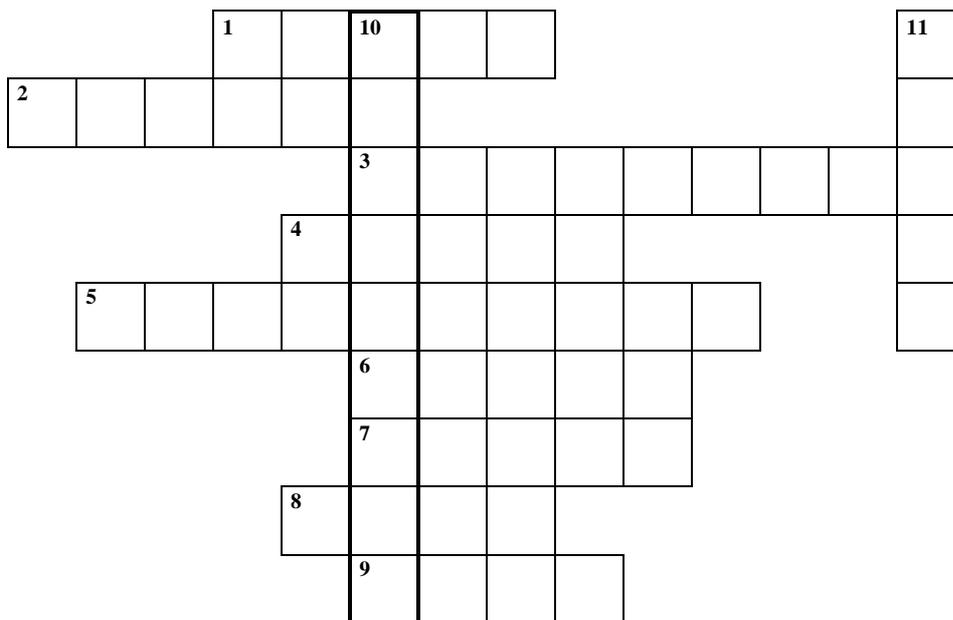
Zwischen zwei Magneten oder zwischen Magneten und den 3 Metallen Eisen, Nickel und Cobalt wirken Anziehungskräfte, *magnetische Kräfte*. Diese Anziehungskräfte treten auch auf, wenn es sich nicht um die reinen Metalle, sondern um *Legierungen* handelt, in denen sie enthalten sind. Legierungen entstehen durch das Zusammenschmelzen mehrerer Metalle. Im Gegensatz zu *Gravitationskräften* tritt bei magnetischen Kräften aber auch eine *Abstossung* auf. Es gibt zwei Arten magnetischer Pole: Nordpole und Südpole. Bei vielen Magneten sind diese Pole durch Farben gekennzeichnet: Rot für den magnetischen Nordpol und Grün für den magnetischen Südpol. *Gleichnamige Pole stossen einander ab, ungleichnamige ziehen sich an.*

Material:

Fahrrad

Durchführung:

- Überprüfe, welche Teile des Fahrrades vom Magneten angezogen werden und stelle die Ergebnisse in einer Tabelle zusammen.
- Löse das Kreuzworträtsel.



Waagrecht:

- Aus diesem Material werden "edle" Fahrradsättel angefertigt.
- Findet Verwendung, weil es den elektr. Strom besonders gut leitet.
- Ein Leichtmetall, das nicht rostet, und im Volksmund unter einer dreibuchstabigen Abkürzung bekannt ist.
- Es glänzt (wenn's sauber ist) und schützt vor Rost. - (An modernen Bikes kaum vorhanden.)
- Wird z.B. anstatt 1 für den Sattel verwendet oder auch für die Umhüllung von Kabeln, weil's elastisch ist, elektrisch nicht leitend und wasserunempfindlich.
- Ungeschützt rostet es.
- Vermengt mit anderen Metallen (also als Legierung) hat Nr. 6 diesen Namen.
- Verdrängt Wasser und schmiert. Durch Beimengungen von Strassenschmutz und Metallabrieb wird's schwarz und verdreckt die Hände, wenn man das Fahrrad pflegt.
- Ohne ... kommst Du nicht weit.

Senkrecht:

- Eine alte, "tierische" Bezeichnung für das Fahrrad; gewissermassen dem "Stahlross" verwandt. Der Ursprung des ersten Wortteils ist wohl in den Speichen zu suchen; der zweite Wortteil ist ein Lasttier.
- Ist elastisch und abriebfest; umhüllt Nr. 9.

10 Eigenschaften des Körpers / Eigenschaften des Stoffes**Material:**

Schachtel mit einem Gemisch zweier Sorten kleiner Schrauben, 5 verschiedene Würfel (Eisen, Aluminium, Kupfer, Blei, Holz); Faserschreiber, 3 Kabel, 2 Krokodil-Klemmen, Lampensockel mit Glühlämpchen, Magnet, Pinzette, 4,5 Volt-Batterie, Waage (steht hinten im Praktikumsraum).

Durchführung:

Das Material kannst du je nach Bedarf benutzen.

1. Sortiere möglichst geschickt und rasch die Nägel in Schachtel und Deckel.

✎ Beschreibe in kurzer Form das Prinzip deines Vorgehens.

2. Gib in einer Tabelle von jedem *Körper* zwei und von jedem der *Stoffe* (aus denen die Körper bestehen) drei Eigenschaften an.

Achtung: Überlege jeweils genau, ob es sich um eine Eigenschaft des Körpers oder um eine solche des Stoffes (= Materials) handelt.

Sedimentation**Theoretische Grundlage:**

Unter Sedimentation (Absetzen) versteht man die Bildung eines *Bodenkörpers (Bodensatzes)* in Flüssigkeiten oder Gasen. Feststoffteilchen, die in einem flüssigen oder gasförmigen *Dispersionsmittel* verteilt sind, sinken dabei unter dem Einfluss der Gewichtskraft (vgl. S.66) oder Zentrifugalkraft (vgl. S.99) wegen ihrer höheren Dichte auf den Boden.

Material:

Glasflasche mit schmutzigem Wasser

Durchführung:

Schüttele die Flasche mit dem schmutzigen Wasser gründlich und stelle sie dann so auf, dass du sie bis zum Ende der 3. Lektion nicht mehr bewegen musst.

- ✎ Zeichne die Verteilung des Schmutzes im Wasser kurz nach dem Schütteln und am Ende des Praktikums.

Zentrifugation**Material:**

Zentrifuge, Zentrifugenröhrchen, Frischmilch, Sudan III in Methanol, Pasteur-Pipette

Durchführung:

Das Zentrifugenröhrchen wird zu drei Viertel mit Frischmilch gefüllt und anschliessend mit Sudan III-Methanol versetzt, bis eine Rosa-Färbung eintritt. Die so vorbereiteten Zentrifugenröhrchen werden nach Anweisung der Lehrperson in der Zentrifuge plaziert und bei 3700 U/min für 8 bis 10 Minuten zentrifugiert.

- a) Zeichne die mit Sudan III-Methanol versetzte Milch vor dem Zentrifugieren.
- b) Zeichne die Milch nach dem Zentrifugieren.
- c) Schlage im Schüler-Duden Chemie nach, was das Zentrifugieren bewirkt. Notiere!
- d) Erkläre die beobachtete Veränderung. (Hinweis: Sudan III-Methanol färbt spezifisch das Fett der Milch an.)

Extraktion

Theoretische Grundlage:

Die Herstellung von Teegetränken ist besonders einfach, wenn man fertige Teebeutel verwendet. Neben verschiedenen Teeinhaltsstoffen werden dabei auch - je nach verwendeter Teesorte - unterschiedliche Farbstoffe in heissem Wasser gelöst. Für den Versuch sind Teesorten mit kräftigen Farben (z.B. Hagebutte, Malve, Hibiscus, Früchtetee) am besten geeignet.

Unter *Extraktion* versteht man das Herauslösen einzelner Stoffe aus einem flüssigen oder festen Gemenge, dem *Extraktionsgut*, mit Hilfe geeigneter Lösungsmittel (*Extraktionsmittel*). Der herausgelöste (*extrahierte*) Stoff heisst *Extrakt* oder *Auszug*. Bei wasserlöslichen Stoffen verwendet man Wasser als Extraktionsmittel. Öle, Fette usw. werden u.a. mittels Ether, Benzin, Chloroform, Benzol u.ä. extrahiert.

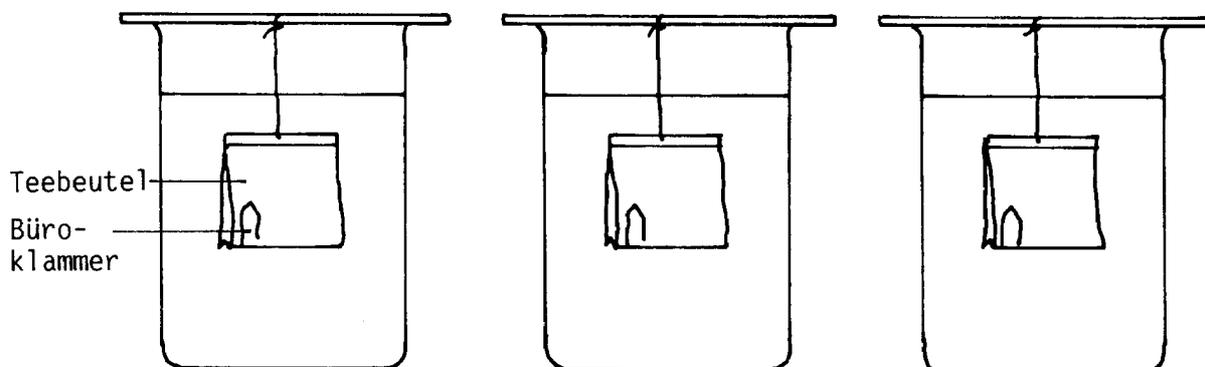
Material:

Becherglas, Glasstab, Teebeutel, Büroklammer, warmes Wasser

Durchführung:

Beschwere einen Teebeutel mit einer Büroklammer und befestige ihn so an einem Glasstab, dass er etwa in halber Höhe in dem Becherglas hängt. Nimm den Glasstab mit dem Teebeutel wieder aus dem Becherglas heraus und fülle dieses mit warmem Wasser. Hänge anschliessend den Teebeutel in das Becherglas.

- Beobachte die Ausbreitung der Farbstoffe und skizziere deine Beobachtung in nachstehender Abbildung (Farbstoffe als rote Punkte markieren) in Abständen von etwa 5 Minuten.
- Was ist das Extraktionsgut, was das Extraktionsmittel?
- Erkläre unter Verwendung der Begriffe "BROWN'sche Bewegung" und "Diffusion" auf welche Weise aus dem Wasser, das weder Geschmack noch Farbe hat, aromatischer, farbiger Tee wurde.
- Welche Rolle spielt beim Extraktionsvorgang die Temperatur?



Chromatographie

Theoretische Grundlage:

Eines der Probleme, denen sich der Chemiker, Biologe oder Biochemiker ständig gegenüber sieht, ist die Trennung und Reinigung einer oder mehrerer Verbindungen aus einer Mischung solcher Verbindungen. Eine der gängigsten Methoden, solche Trennungen zu erreichen ist die Verwendung *chromatographischer Techniken*. Unter dem Begriff Chromatographie (nach den griech. Wörtern *chróma* = Farbe und *gráphein* = schreiben) versteht man ein Verfahren zur Trennung eines Stoffgemisches in seine Einzelbestandteile. Die zu trennenden Substanzen werden dabei über zwei Phasen verteilt. Die eine Phase ist unbeweglich (*stationär*), die zweite Phase dagegen beweglich (*mobil*) und durchwandert die unbewegliche Phase. Die unbewegliche Phase kann ein feinverteilter Feststoff oder eine durch ein festes Trägermaterial stationär gehaltene Flüssigkeit sein. Bei der beweglichen Phase handelt es sich entweder um eine mit der unbeweglichen Phase nicht mischbare Flüssigkeit oder um ein in der unbeweglichen Phase nicht lösbares Gas. Heute gibt es verschiedene Chromatographiemethoden, z.B. die Papierchromatographie PC, die Dünnschichtchromatographie DC, die Säulenchromatographie, die Gaschromatographie GC, die Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie HPLC, die Ionenaustauschchromatographie, die Affinitätschromatographie AC.

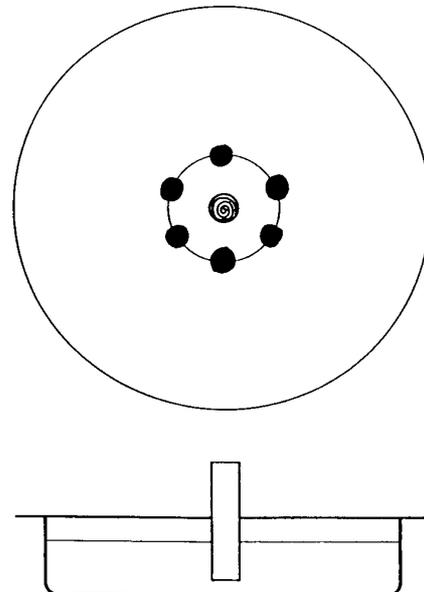
Quellen: WILLIAMS, B. UND WILSON, K. (1978); SCHÜLER DUDEN (1988)

Material:

Petrischale, Bleistift, 20 Rp.- oder 1 Fr.-Stück, Rundfilter, ein Streifen Filterpapier, Lebensmittelfarben, Cola, Abdampfschale, Siedesteinchen, Bunsenbrenner, Vierfuss, Glasstab

Durchführung:

1. Gib einige Milliliter Cola in eine Abdampfschale und füge dabei, um Verspritzungen zu verhindern, einige Siedesteine hinzu. Erhitze das Ganze vorsichtig so lange, bis sich ein sirupartiger Stoff bildet.
2. Lege das Geldstück aufs Zentrum des Rundfilters und zeichne seinen Umriss mit Bleistift nach. Male dann mit den Lebensmittelfarben intensiv gefärbte "Punkte" (\varnothing ca. 3 - 4 mm) auf den Kreis. Trage zusätzlich mit dem Glasstab oder einer Pasteurpipette einige Punkte des eingedickten Colas aus Versuch 1 auf.
3. Fülle den unteren Teil der Petrischale etwa halbhoch mit Wasser (Abb.). Mache ein kleines Loch in der Mitte des Rundfilters. Stecke den aufgerollten Filterpapierstreifen wie einen Docht in dieses Loch und lege den Rundfilter auf die Petrischale, so dass der "Docht" Wasser aufsaugt. Lege den Deckel der Petrischale auf und beobachte. Nimm den Rundfilter aus der Petrischale, sobald das aufgesaugte Wasser an einer Stelle den Rand erreicht hat, entferne den "Docht" und lasse den farbigen Rundfilter trocknen.
 - a) Klebe den trockenen Rundfilter ein.
 - b) Um welche Art der Chromatographie handelt es sich hier?
 - c) Was ist die stationäre Phase, was die mobile?
 - d) Aus wievielen Komponenten besteht der Cola-Farbstoff?
 - e) Welche E-Nummern tragen die Farbstoffe (vgl. ANHANG 1)?



Quelle: BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

Filtration

Theoretische Grundlage:

Filtration ist ein mechanisches Verfahren zum Trennen von festen Stoffen und Flüssigkeiten. Der feste Stoff (*Filtrerrückstand*) wird dabei durch den Filter zurückgehalten, während die Flüssigkeit (*Filtrat*) den Filter passiert. Bei richtiger Anwendung wirkt nicht nur das Gewicht der oben im Filter befindlichen Flüssigkeit, sondern auch der Sog der "hängenden" Flüssigkeit unten im Filter filtrationsbeschleunigend. Das wichtigste Filtriermittel im Laboratorium ist der Papierfilter, der als *Rund- oder Faltenfilter* mit unterschiedlichem Durchmesser verwendet wird. Die Papierfilter sind nur in Verbindung mit geeigneten Filtriergeräten zu verwenden. Für grössere Flüssigkeitsmengen werden Faltenfilter (grössere filtrierende Oberfläche) benutzt.

Gehärtete Rundfilter finden bei der *Vakuumfiltration* Verwendung. Als Filtriergerät dient hier ein *Büchner-Trichter (Nutsche)*. Dieser wird auf eine *Saugflasche* gesetzt, die zur Erzeugung des notwendigen Unterdrucks mit einer Wasserstrahlpumpe verbunden wird.

Quelle: SCHÜLER DUDEN (1988)

Material:

Schmutziges Wasser oder Kaffeesatz in Wasser aufgeschlämmt, Erlenmeyerkolben 250 ml, Trichter, Rundfilter, Faltenfilter, Wasserstrahlpumpe, Büchner-Trichter (Nutsche), Saugflasche

Durchführung:

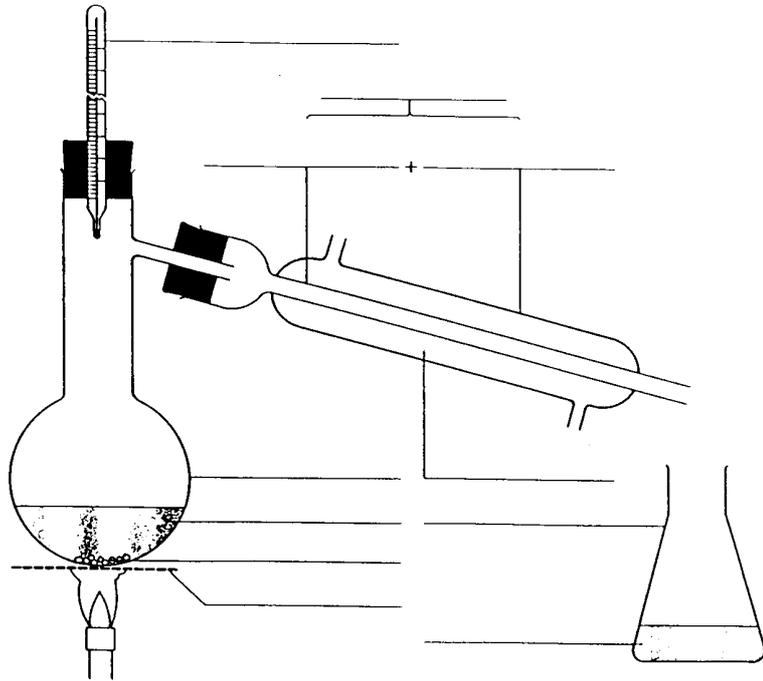
Stelle den Trichter auf den Erlenmeyerkolben, lege den Faltenfilter ein und filtriere das schmutzige Wasser.

- a) Lasse den Filter trocknen und halbiere ihn. Klebe eine Hälfte ein.
- b) Skizziere den Versuchsaufbau und beschrifte die einzelnen Teile (Trichter, Filter, Filtrerrückstand, Filtrat, Erlenmeyerkolben etc.)
- c) Skizziere den Unterschied zwischen einem *Rundfilter* und einem *Faltenfilter*.
- d) Wie kann man einen Rundfilter richtig falten, damit er in den Trichter passt?
- e) Skizziere die Versuchsanordnung der Vakuumfiltration (Lehrerdemo).
- f) Worin besteht der Unterschied zwischen der Vakuumfiltration und der normalen Filtration?

Destillation

Theoretische Grundlage:

Destillation ist ein Verfahren zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen, das auf den *Flüchtigkeitsunterschieden* der Komponenten beruht. Eine Destillation umfasst das *Verdampfen* einer Flüssigkeit durch Erhitzen, die *Wiederverflüssigung (Kondensation)* ihrer Dämpfe durch Kühlen und das *Auffangen* ihrer Dämpfe in einer *Vorlage*. Der durch *Kondensieren* erhaltene Anteil wird *Destillat* (Kondensat), der nicht verdampfende Anteil *Destillationsrückstand* genannt. Voraussetzung für eine gute Trennung der Substanzen ist, dass die Siedepunkte der Komponenten weit genug auseinanderliegen.



Quelle: BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990)

Material:

Rotwein, Siedesteinchen, Stehkolben 250 ml, Destillieraufsatz, Liebigkühler, 2 passende Schläuche, Thermometer mit Schliff, Erlenmeyerkolben 250 ml, elektr. Heizplatte, Stativmaterial

Durchführung:

Stelle die Destillierapparatur gemäss Demonstration auf. Gib drei Siedesteinchen in den Stehkolben und leere etwa 100 ml Rotwein dazu.

Erhitze den Stehkolben auf der Heizplatte (Heizstufe 3). Destilliere, bis du in der Vorlage (Erlenmeyerkolben) etwa 50 ml Destillat aufgefangen hast. Schalte die Heizplatte aus und warte, bis aus dem Kühler nichts mehr abtropft. Stelle dann das Kühlwasser ab.

- Trage die folgenden Begriffe in die Zeichnung ein: Kühlwasser, Vorlage, Siedesteinchen, Lösung, Thermometer, Destillat, Kühlmantel, Kondensationsrohr, Destillierkolben, Liebig-Kühler
- Trage die Fließrichtung des Kühlwassers (blaue Pfeile) und des Destillates (rote Pfeile) ein.
- Nenne zwei Flüssigkeiten, die sich sicher in Rotwein befinden und die mit diesem Verfahren voneinander getrennt werden können.
- Vergleiche in einer Tabelle Farbe, Geruch und Alkoholgehalt (Aräometer: Lehrerdemo) von Destillat und Rotwein.

Analyse eines Feststoffgemisches**Material:**

Schälchen, in welchem versch. feste Stoffe durchmischt sind (= Gemenge); Lupe, Becherglas 250 ml, Glasstab, Magnet, Trichter, Faltenfilter, Erlenmeyerkolben 250 ml, saubere (!) Porzellanschale, 4-Bein mit Drahtdreieck, Bunsenbrenner, Zündhölzchen.

Durchführung:

Studiere das Stoffgemenge

a) Wieviele verschiedene Stoffe kannst du optisch feststellen?

Aufschlänmen: Leere das Gemenge ins Becherglas und fülle dieses etwa zur Hälfte mit Wasser. Rühre mit dem Glasstab gründlich um.

b) Zeichne deine Beobachtungen.

Abrahmen

Untersuchung mit dem Magneten: Fahre mit dem Magneten aussen dem Glas entlang und beobachte, was geschieht.

c) Zeichne!

Filtration: Stelle den Trichter mit angefeuchtetem Faltenfilter auf den Erlenmeyerkolben und giesse den Inhalt des Becherglases hinein.

d) Zeichne!

Eindampfen: (Schutzbrille!) Gib einen kleinen Teil der Flüssigkeit aus dem Erlenmeyerkolben (= Filtrat) in die Porzellanschale, stelle diese auf das 4-Bein mit Drahtdreieck, und erhitze mit entleuchteter Flamme, bis alles Wasser verdampft ist. Prüfe nach dem Erkalten den Geschmack des Rückstandes (Auftupfen mit angefeuchtetem Finger).

e) Wonach schmeckt's?

f) Aus welchen Stoffen bestand also das vorbereitete Gemisch?

Entsorgung:

Filter mit Rückstand: Abfall

Rest des Filtrats: Ausguss.

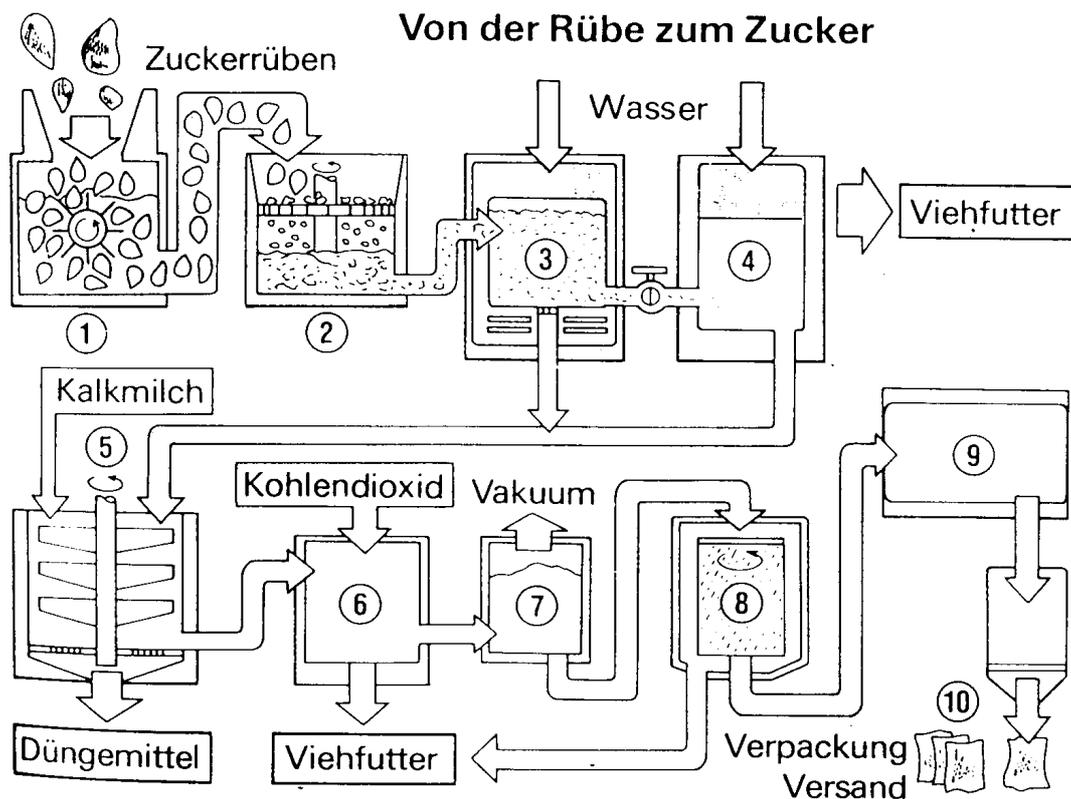
Zuckergewinnung (Film)**Material:**

Video LG-Ch 26; ca 22 Min

Durchführung:

Beantworte die folgenden Fragen:

- Wo steht die im Film gezeigte Zuckerfabrik?
- Wann produziert die Zuckerfabrik Zucker?
- Wie gross wird eine durchschnittliche Ernte ausfallen, wenn ein Landwirt auf einer Hektare Zuckerrüben anpflanzt?
- Durch welches Trennverfahren holt man den Zucker aus den Rüben heraus?
- Wieviele % Zucker enthält der Rohsaft?
- Welche beiden Stoffe gibt man zum Rohsaft, um ihn zu reinigen?
- Wie nennt man den Rohsaft nach der Reinigung?
- Wie erhält man Dicksaft?
- Was ist Melasse?
- Was produziert die Zuckerfabrik ausser Zucker?
- Beschrifte die Abbildung!



Quelle: KELLER, G. UND FREYTAG, K. (1982)

Photosynthese und Atmung

Lernziele

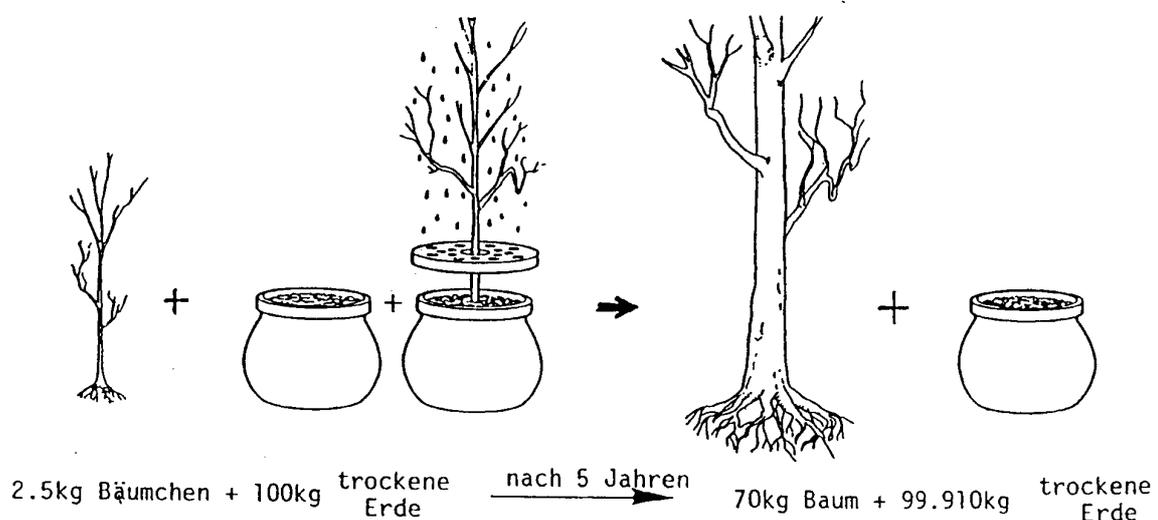
Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	die Experimente von VAN HELMONT und JOSEPH PRIESTLEY zu beschreiben und ihre Ergebnisse zu erklären			
2.	den Sinn des Atmungsvorgangs zu erklären			
3.	die Stoffe, die für den Atmungsvorgang gebraucht werden, sowie die, die dabei entstehen anzugeben und eine Wortgleichung aufzustellen			
4.	die bei der Atmung entstehenden Stoffe nachzuweisen			
5.	experimentell nachzuweisen, dass in Nährstoffen Energie gespeichert ist			
6.	zu erklären, wozu Pflanzen und Tiere Energie benötigen			
7.	die Zusammensetzung der Umgebungsluft zu nennen			
8.	eine pneumatische Wanne richtig einzusetzen und zu beschreiben, wie sie funktioniert			
9.	ein Experiment zu beschreiben, wie man den ungefähren Sauerstoffgehalt der Luft bestimmen kann			
10.	den Vorgang der Photosynthese vereinfacht zu beschreiben und in einer Wortgleichung zusammenzufassen			
11.	zu erklären, wie Lichtintensität und Kohlendioxidgehalt die Photosyntheserate beeinflussen			
12.	zu beschreiben, wie man die Photosyntheserate einer Pflanze erfassen kann			
13.	den Aufbau eines Laubblattes mit einer beschrifteten Skizze zu erklären			
14.	einen dünnen Blattquerschnitt herzustellen			
15.	die Technik, wie man Blattöffnungen sichtbar macht zu schildern und die ungefähre Anzahl von Blattöffnungen pro cm ² Blattfläche anzugeben			
16.	die Blattfarbstoffe, die in Blättern vorkommen zu nennen und sie experimentell voneinander zu trennen			
17.	die folgenden Begriffe zu erklären: <i>Spektrum, Absorption, Reflexion, Transmission</i>			
18.	ein Absorptionsspektrum aufzunehmen und zu interpretieren			
19.	Stärke in Lebensmitteln nachzuweisen			
20.	anzugeben, durch welchen Vorgang in Pflanzen Stärke produziert wird			
21.	Stärkekörner mit dem Lichtmikroskop sichtbar zu machen			
22.	die Aufgaben von Stärke in der Pflanze zu beschreiben			
23.	eine Nahrungskette zu beschreiben und deren Bestandteile zu erklären, insbesondere die Begriffe <i>Produzenten, Konsumenten und Destruenten</i>			
24.	zwischen Energie- und Materialfluss in einem Ökosystem zu unterscheiden			
25.	die zentrale Bedeutung der Photosynthese für den Menschen zu schildern			
26.	den Zusammenhang zwischen Photosynthese und Atmung aufzuzeigen			
27.	die Leistungen der menschlichen Lunge zu beschreiben und die folgenden Begriffe zu erklären: <i>Atemluft, Ergänzungsluft, Vorratsluft, Vitalkapazität und Restluft</i>			

1 Das Experiment von VAN HELMONT (Hausaufgabe)

JOHAN BAPTIST VAN HELMONT (1579 bis 1644) lebte in der Nähe von Brüssel. Er war Arzt, Chemiker und Philosoph. Sein wohl berühmtestes Experiment wollen wir in Gedanken nachvollziehen. Er schrieb dazu folgendes:

"Ich nahm einen irdenen Topf und füllte diesen mit 100 kg in einem Ofen getrockneter Erde. Ich bewässerte die Erde und pflanzte darin einen 2.5 kg schweren, jungen Baum. Nach fünf Jahren wog der nun gewachsene Baum 70 kg. In der Zwischenzeit wurde der Baum nur mit Regenwasser gewässert. Schlussendlich nahm ich den Baum wieder aus dem Topf, trocknete alle Erde des Topfes und wog sie. Dabei fand ich, dass das Gewicht der Erde nur um etwa 90 g leichter war als vor fünf Jahren. Daraus schliesse ich, dass 67.5 kg an Holz, Wurzeln und Rinde aus dem Wasser allein stammen müssen."



Quelle: FLEISCHMANN, K. (1985)

- Warum musste VAN HELMONT die Erde vor jeder Wägung im Ofen trocknen?
- Natürlich hat sich das Gewicht des Baumes stark vergrößert. Den Grund sah VAN HELMONT nur in der Aufnahme von Wasser oder darin vorhandenen Substanzen. Bist du gleicher Meinung oder hast du noch andere Erklärungen?

2 Die Experimente von JOSEPH PRIESTLEY (Hausaufgabe)

Im 18. Jahrhundert lebte in England der Naturforscher und Geistliche JOSEPH PRIESTLEY (1733-1804). Er entdeckte u.a. den Sauerstoff und erfand die pneumatische Wanne zum Auffangen und zur Untersuchung von Gasen.

PRIESTLEY hatte beobachtet, dass gewöhnliche Luft in einem abgeschlossenen Behälter durch eine brennende Kerze oder eine lebende Maus verändert wurde. Die Kerze erlosch nach einer Weile, und die Maus starb. Nun brachte er eine brennende Kerze in den Behälter der toten Maus und stellte fest, dass die Flamme sofort ausging. Die Maus und die Flamme zerstörten oder verbrauchten offenbar den gleichen Bestandteil der Luft. Da aber auf der ganzen Erde alle Lebewesen fortwährend atmen, müsste eines Tages der Teil der Luft, der Leben und Feuer erhält, verbraucht sein - zumindest müsste er unablässig abnehmen.

Dieses Problem bereitete PRIESTLEY einiges Kopfzerbrechen - bis er eine neue, interessante Entdeckung machte: "... am 17. August 1771 brachte er einen Minzezweig in eine Luftmenge, in der eine Wachskerze erloschen war, und fand, dass am 27. desselben Monats eine neue Kerze gut darin brannte."

Quelle: CLAUS, R. und zahlreiche Mitarbeiter (1994)

a) Was konnte PRIESTLEY aus diesem Ergebnis folgern?

3 Atmung und Verbrennung benötigen Sauerstoff – Zusammensetzung der Luft

Material:

1 Rundkolben à 1000 ml, Christbaumkerzen, Streichhölzer, Sauerstoff, pneumatische Wanne, Uhr mit Sekundenzeiger, Handtuch

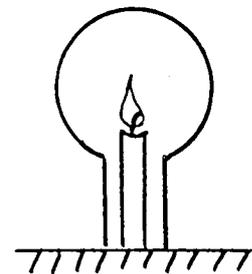
Durchführung:

Gemäss den Angaben von Tab.1 stoppen wir die Brenndauer einer Kerze im Rundkolben. Die Versuche werden je dreimal wiederholt.

a) Trage deine Werte in Tab. 1 ein.

Tab.1. Brenndauer (Sek) einer Kerze bei verschiedenen Luftqualitäten

	reiner Sauerstoff (a)	gewöhnliche Raumluf (b)	ausgeatmete Luft (c)
1. Versuch			
2. Versuch			
3. Versuch			
Durchschnitt			



b) Skizziere, wie du die ausgeatmete Luft in den Rundkolben bringst und beschrifte deine Zeichnung.

c) Notiere deine zusätzlichen Beobachtungen beim Brennen der Kerze in verschiedenen Luft qualitäten.

Aus den Werten der Tab. 1 kann man nun den Sauerstoffgehalt der Raumluf und der ausgeatmeten Luft ungefähr berechnen.

d) Wie machst du das?

e) Trage diese Werte in Tab.2 ein.

Tab.2 Sauerstoffgehalt verschiedener Luftqualitäten

	Sauerstoffgehalt (%)	
	ungefähre Berechnung	effektiver Wert gemäss Literatur
reiner Sauerstoff (a)		
gewöhnliche Raumluf (b)		
ausgeatmete Luft (c)		

f) Zeichne die Zusammensetzung der Luft aus dem Lösungsordner ab.

4 Pflanzen produzieren Sauerstoff

Die Wasserpest *Elodea canadensis* wurde um 1840 aus Nordamerika nach Europa eingeschleppt. Obwohl nur weibliche Pflanzen eingeführt wurden, hat sie seither durch ihre Massenvermehrung (daher der Name Wasserpest) Fischerei und Schifffahrt ernsthaft beeinträchtigt.

Material:

Sprosse der Wasserpest, Reagenzglasgestell, Rasierklinge, Lampe, 3 Reagenzgläser, Leitungswasser, abgekochtes Wasser, Sprudelwasser mit mässigem Kohlendioxidgehalt

Durchführung:

Fülle je eines der drei Reagenzgläser mit Leitungswasser, abgekochtem Wasser (kohlendioxid-frei) und Sprudelwasser (kohlendioxidreich) und stelle sie ins Reagenzglasgestell. Nimm aus dem bereitstehenden Gefäss einen dicht beblätterten, intensiv grün aussehenden Spross der Wasserpest. Schneide ihn mit einer sauberen Rasierklinge in drei ca. 4 cm grosse Stücke. Gib diese Sprosse so in die Reagenzgläser, dass sie vollständig mit Wasser bedeckt sind. Stelle nun die Lampe in einem Abstand von 50 cm auf und beleuchte damit die drei Rgs. Warte einige Minuten, bis aus der Schnittstelle gleichmässig Bläschen aufsteigen. Reagiert die Pflanze nicht, versuche es mit einem anderen Spross. Zähle die Bläschen während einer Minute. Trage deine Werte in die Tabelle ein.

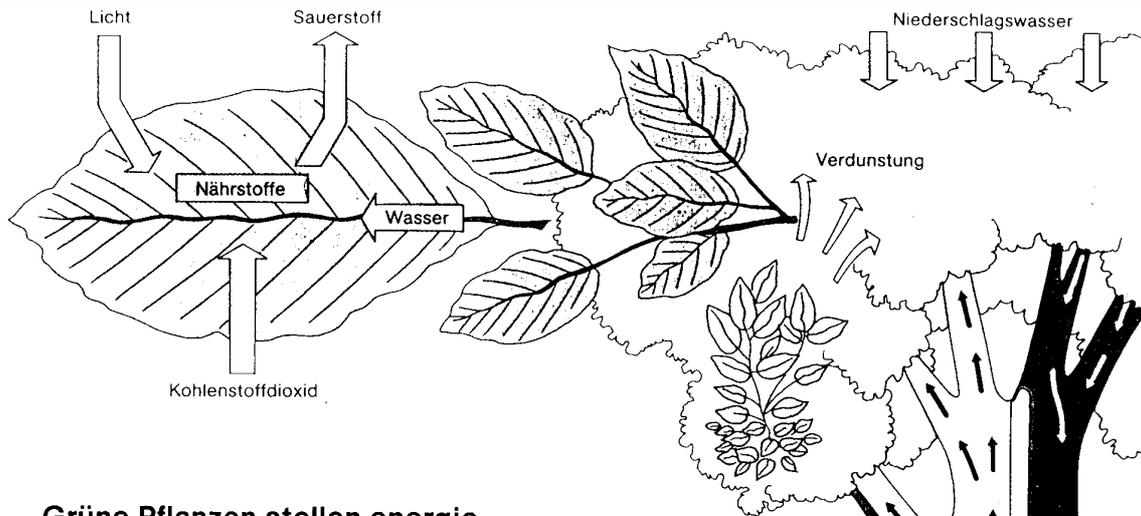
Wenn die Bläschen zu schnell austreten, so dass sie nicht zählbar sind, versuche folgende Methode: Mit einem Filzstift im gleichen Rhythmus wie die Bläschen austreten auf ein Stück Papier tippen, während ein Partner das Papier während 15 Sekunden gleichmässig langsam vorbeizieht. Dann die Punkte zählen und extrapolieren.

- Führe den gleichen Versuch bei einem Lampenabstand von 25 cm und bei abgeschalteter Lampe durch.
- a) Notiere Beobachtungen, die für die Auswertung des Versuchs von Interesse sein könnten.

				
		Leitungswasser	Abgekochtes W. (kohlendioxidfrei)	Sprudelwasser (kohlendioxidreich)
Viel Licht 25 cm	Gruppe			
	Klassenschnitt			
Wenig Licht 50 cm	Gruppe			
	Klassenschnitt			
Kein Licht	Gruppe			
	Klassenschnitt			

- b) Warum wird für den Versuch eine Wasserpflanze verwendet?
- c) Wie beeinflusst das Licht die Bildung des Sauerstoffs?
- d) Wie beeinflusst das Kohlendioxid die Bildung des Sauerstoffs?
- e) Kennst du noch einen weiteren Faktor, der die Photosyntheserate beeinflussen kann?
- f) Wofür ist die Menge des abgeschiedenen Sauerstoffs ein Mass?
- g) Erkläre, weshalb in Gewächshäusern die Pflanzen mit Kohlendioxid begast werden!

5 Der Vorgang der Photosynthese (Hausaufgabe)

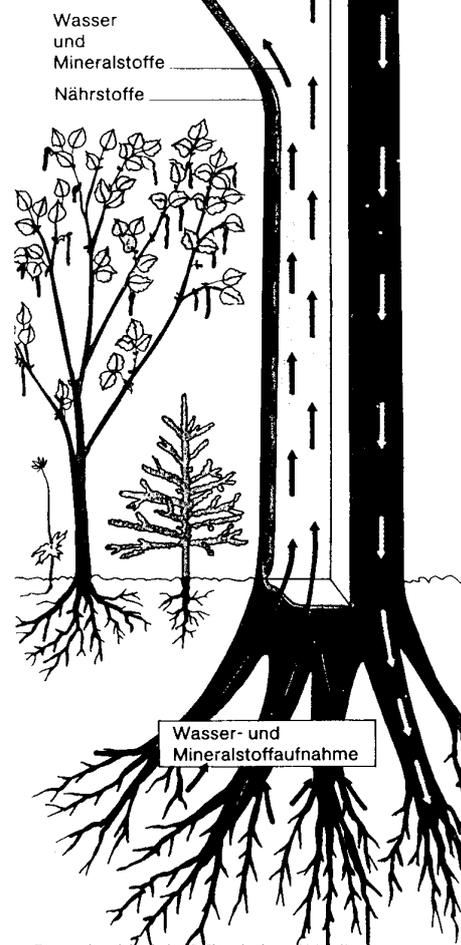


Grüne Pflanzen stellen energie- reiche Stoffe her

Obst, Kartoffeln und Getreide sind wichtige Nahrungsmittel des Menschen, weil sie viel Stärke und damit gespeicherte *Energie* enthalten. Es gilt nun der Frage nachzugehen, wie die Pflanzen Stärke bilden können. Fassen wir deshalb unser momentanes Wissen über die Tätigkeit der Pflanzen zusammen: Pflanzen können

- durch die Wurzeln Wasser und Mineralstoffe aufnehmen und diese in den Gefäßteilen über den Stengel oder Stamm bis in die Blätter transportieren,
- unter Anwesenheit von Licht und Chlorophyll in den Chloroplasten Traubenzucker bilden, der dann sofort in Stärke umgewandelt wird. Dabei wird Kohlenstoffdioxid aufgenommen und Sauerstoff abgegeben.

Einer der ersten, der einen Zusammenhang zwischen den geschilderten Vorgängen vermutete, war INGENHOUSZ. Er mutmaßte: „Nur in Gegenwart von Licht kann Kohlenstoffdioxid in Stoffe der Pflanze umgewandelt werden.“ Somit war schon zum Ausgang des 18. Jahrhunderts der Stoffwechsel bei Pflanzen bekannt, den man heute allgemein unter dem Begriff **Photosynthese** zusammenfaßt.



Quelle: CLAUS, R. und zahlreiche Mitarbeiter (1994)

a) Fasse den Vorgang der Photosynthese in einer Wortgleichung zusammen.

+
→
+

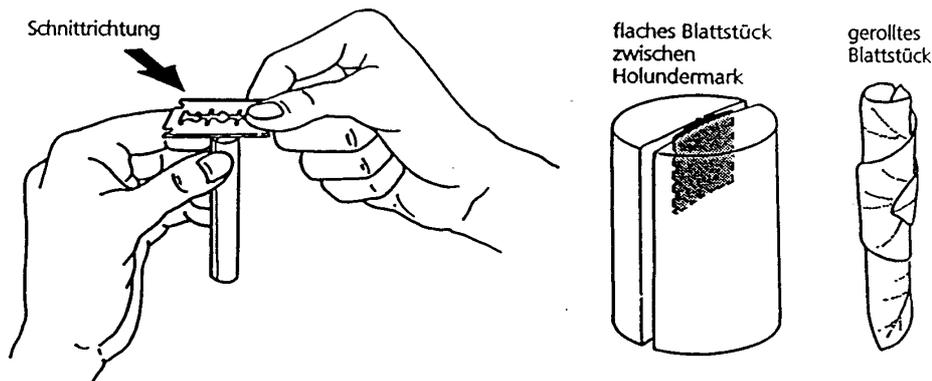
6 Wie ist ein Blatt gebaut?

Material:

Blätter, Holundermark, Rasierklinge, Uhrglas, dest. Wasser, Objektträger, Deckgläschen, LM, Pinzette, Pinselchen, Modell eines Blattes

Durchführung:

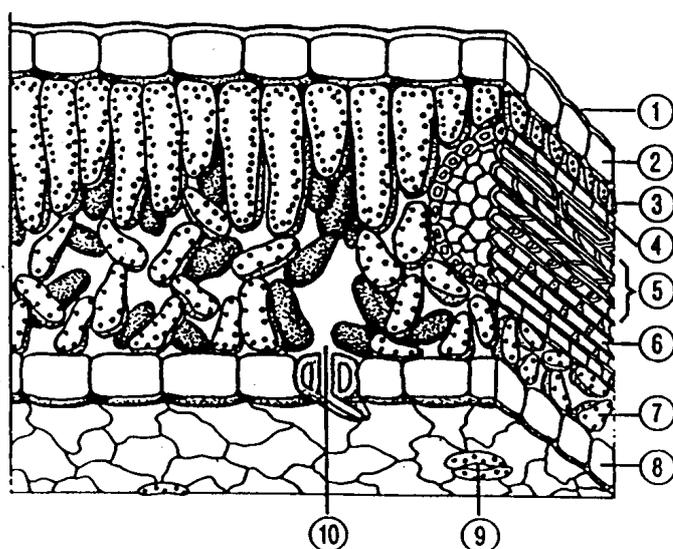
Bette ein kleines Blattstück in Holundermark ein und stelle einige möglichst dünne Querschnitte her.



Quelle: WILDERMUTH, H. (1989)

Sammele alle Querschnitte in einem Uhrgläschen mit Wasser. Übertrage nun die dünnsten Schnitte mit dem Pinsel in einen Tropfen Wasser auf einen Objektträger. Zu dicke Schnitte kippen um; sie sind zur Herstellung eines Präparates nicht brauchbar. Lege ein Deckglas auf und verschaffe dir mit Hilfe der kleinsten Vergrößerung des Mikroskops ein Übersichtsbild.

- a) Male im nachstehenden Blattquerschnitt mit Farbe aus, welche Teile du erkennen kannst.
- b) Besonders wichtig sind die Chlorophyllkörner (Chloroplasten). Weshalb? Kannst du sie sehen?
- c) Beschrifte mit Hilfe des Blattmodells den Querschnitt durch das Laubblatt.



Quelle: JAENICKE, J. UND MIRAM, W. (1990)

7 Die Blattöffnungen (Stomata)

Material:

Blätter von zwei verschiedenen Pflanzen, Nagellack, Pinzette, Objektträger, Deckgläschen, LM

Durchführung:

Bestreiche die Blattunterseite mit Nagellack mit einem etwa 1 cm grossen U, die Oberseite mit einem O. Lass den Lack trocknen und ziehe das Häutchen anschliessend mit einer Pinzette vorsichtig ab. Betrachte es im Lichtmikroskop.

- a) Bestimme die Zahl der Stomata pro cm^2 auf der Blattunter- und oberseite von mindestens zwei verschiedenen Pflanzen und trage die Werte in die Tabelle ein.

Tabelle: Zahl der Spaltöffnungen auf Blättern einiger Pflanzen

Pflanzenart	Oberseite Anzahl/ cm^2	Unterseite Anzahl/ cm^2

- b) Zeichne eine Spaltöffnung (Stomatum).
c) Zeichne die Methode, mit der du die Spaltöffnungen sichtbar gemacht hast.

8 Welche Farbstoffe sind in Blättern?

Material:

Blätter, Schere, Mörser mit Stößel, Aceton, Glasstab, Färbeküvette mit Deckel, Fließmittel (Methanol/Aceton/Wasser 20/4/3), Pasteurpipette, Pillengläschen, Dünnschichtplättchen auf Alu (4 x 8 cm), Mikropipette,

Durchführung:

A) Extraktion der Blattfarbstoffe:

1. Blätter in kleine Stücke schneiden.
2. Feines Material in einen Mörser geben und mit wenig Aceton bedecken. Inhalt mit Stößel zerdrücken. In Färbeküvette 2-3 mm hoch Fließmittel (Methanol/Aceton/Wasser 20/4/3, schon vorbereitet) einfüllen und mit Deckel verschliessen.
3. Klare Flüssigkeit mit Pasteurpipette aufsaugen und in ein Pillengläschen überführen.

B) Dünnschichtchromatographische Auftrennung

1. Eine kleine Menge des Rohextraktes für das Chromatogramm verwenden und mit der Mikropipette als schmale Bande (ca 3 mm breit) am unteren Rand des Dünnschichtplättchens auftragen (ca 1.5 cm vom unteren Rand entfernt, Lehrerdemo).
 2. Dünnschichtplättchen in Küvette stellen; Deckel schliessen; Gefäß nicht mehr bewegen!
 3. Das Fließmittel sollte in waagrechter Front ca. 8 cm steigen. Nach dem Herausnehmen des Plättchens Front mit Bleistift markieren.
 4. Da die Farben mit der Zeit verblassen, ist es sinnvoll, die Flecken mit Bleistift zu umranden.
- a) Male die Farben in der Reihenfolge des Chromatogramms in die Tabelle ein.
- b) Um welche Art der Chromatographie handelt es sich hier (vgl. S.101)?
- c) Welches ist die mobile Phase, welches die stationäre?
- d) Klebe dein Chromatogramm hier unten ein.
- e) Beschrifte die verschiedenen Farbstoffe. Unter den von uns gewählten Bedingungen laufen die Xanthophylle am schnellsten, die Chlorophylle etwas langsamer und die Carotine am langsamsten.

Blattfarbstoff	Farbe
Xanthophylle	
Chlorophyll b	
Chlorophyll a	
Carotine	

9 Absorptionsspektrum eines Chlorophyllextraktes

Theoretische Grundlage:

Das weisse Licht ist aus verschiedenen Farben zusammengesetzt. Diesen Farben können verschiedenen Wellenlängen zugeordnet werden. Wellenlängen werden in Nanometer (nm, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) angegeben (vgl. S.37). So hat blaues Licht eine Wellenlänge von etwa 435 - 480 nm, grünes Licht von 500 - 560 nm und rotes Licht von 605 - 750 nm (Tab.). Ein Gegenstand erscheint dann z.B. rot, wenn er alle Farben ausser die roten Anteile des Lichts *absorbiert* ("verschluckt"). Die roten Anteile werden *reflektiert* ("zurückgeworfen") oder *transmittiert* ("durchgelassen").

Für die Absorption gibt es keine Einheit. Sie variiert zwischen 0 und unendlich (∞). Zwei Farben, die sich zu Weiss ergänzen heissen *Komplementärfarben*. Wenn also der Chlorophyllextrakt grün erscheint, dann ist dies deshalb, weil er die anderen Farben des Spektrums, v.a. den blauen und roten Anteil absorbiert.

Material:

grüne Blätter, Mörser mit Pistill, Aceton, Filter, Trichter, Spektrofotometer, 2 Küvetten, Neutralrotlösung, Methylenblaulösung, Spektraltafel

Durchführung:

Zerschneide etwas grünes Blattmaterial und wirf die Stücklein in einen Mörser. Füge etwas Aceton zu. Zerreihe nun die Blattstücke, bis sich ein grüner Saft gebildet hat. Filtriere den grünen Chlorophyllextrakt in eine Küvette. Vielleicht musst du etwas mit Aceton weiter verdünnen.

Bereite die Referenzküvette vor. Sie muss Aceton enthalten.

Die weitere Arbeit erfolgt nach der Anleitung auf dem Spektrofotometer.

- Miss die Absorption von 400 bis 700 nm mindestens alle 50 nm (Tabelle anfertigen).
- Stelle die Absorption des Chlorophyllextraktes in einem Diagramm dar (Abszisse: Wellenlänge, Ordinate: Absorption).

Nimm nun das Absorptionsspektrum einer roten (Neutralrot) und einer blauen (Methylenblau) Lösung auf.

- Zeichne auch diese Spektren in einem Diagramm auf.
- Gib in eine leere Küvette einen Streifen weisses Papier, und beobachte durch die Öffnung, wie sich die Farbe des Lichts bei verschiedenen Wellenlängen verändert. Ergänze die nachstehende Tabelle.

Tab. Wellenlängen der Spektralfarben und zugehörige Komplementärfarben

Wellenlänge (nm)	Farbe	Komplementärfarbe
400 - 435		gelbgrün
435 - 480	blau	gelb (yellow)
480 - 500		orange, rot
500 - 560	grün	purpur (magenta)
560 - 580		violett
580 - 595	gelb	blau
595 - 605		grünblau
605 - 750	rot	blaugrün (cyan)

10 Pflanzen produzieren Stärke (teilweise als Hausaufgabe)

Material:

Kochplatte, 2 Bechergläser 250 ml und 500 ml, Petrischale, Pinzette, Alufoliestreifen, Büroklammern, Brennsprit, Jod-Jodkaliumlösung (Lugol'sche Lösung), Leitungswasser, Blätter eines Baumes, RG, Stärkepulver, verschiedene Nahrungsmittel

Durchführung:

Vorbereitung zu Hause

Nimm an einem Baum, z.B. einer Linde, Blätter in der folgenden Weise ab: Das Blatt 1 um 06.00 Uhr (Blatt kennzeichnen), das Blatt 2 um 16.00 Uhr am gleichen Tag (kennzeichnen). Decke das Blatt 3 einen Tag lang mit einem lichtundurchlässigen Alustreifen, den du mit Büroklammern befestigst, ab und entferne es am folgenden Tag um 16.00 Uhr.

Während des Praktikums

- 10.1.** (1) Die Blätter werden 1 bis 5 Minuten in kochendes Wasser gelegt. Dadurch werden die Zellwände teilweise zerstört und die Membranen durchlässig gemacht.
(2) Erhitze den Brennsprit im kleinen Becherglas in einem Wasserbad bis zum Sieden (Vorsicht: Brennsprit ist feuergefährlich!) und lege die Blätter hinein. Warte, bis sich alles Blattgrün gelöst hat und die Blätter weiss erscheinen.
(3) Nimm sie aus dem Brennsprit, spüle sie mit Wasser ab und überführe sie in die mit Jod-Jodkaliumlösung gefüllte Petrischale.

a) Notiere deine Beobachtungen.

10.2. Stelle aus wenig Maizena (Stärkepulver) und Wasser eine Lösung her und gib einige Tropfen Jod-Jodkaliumlösung dazu.

b) Was beobachtest du?

c) Kannst du nun das Resultat aus Versuch 10.1. erklären?

10.3. Prüfe nun eigenständig die aufliegenden Lebensmittel auf Stärke.

d) Notiere deine Ergebnisse.

11 Stärkekörner als Reservestoff in der Kartoffel

Material:

Kartoffel, Messer Spatel, Mikroskop, Jod-Jodkaliumlösung (Lugol'sche Lösung), Objektträger, Deckglas, entmineralisiertes Wasser, ein kleines Stück Haushaltspapier, Pasteurpipetten

Durchführung:

Schabe etwas Material von der Schnittfläche der frisch angeschnittenen Kartoffel ab und bringe es auf einen Objektträger. Gib einen Tropfen Wasser dazu und decke mit einem Deckglas ab. Tropfe seitlich an den Rand des Deckglases einen Tropfen Jod-Jodkaliumlösung und sauge von der gegenüberliegenden Seite mit einem kleinen Stück Haushaltspapier die Lösung durch (auf diese Weise verhinderst du eine zu starke Färbung). Untersuche nun das Präparat unter dem Mikroskop. Drehe die Lichtquelle stark auf und schliesse die Blende, um den Kontrast zu erhöhen.

Aufgaben und Fragen:

Versuche, die Bildungsringe eines Stärkekornes zu erkennen (1 bis 3 solcher Bildungsringe können pro Tag zugelegt werden).

Suche verschieden gestaltete Stärkekörner. Am häufigsten sind die einfachen Stärkekörner wie in der Abbildung unten.

Daneben sind etwa 20% zusammengesetzte Stärkekörner zu finden.

a) Zeichne zwei verschiedene Beispiele auf den vorgesehenen Platz in die Abbildung. Benütze dazu einen gespitzten Bleistift.

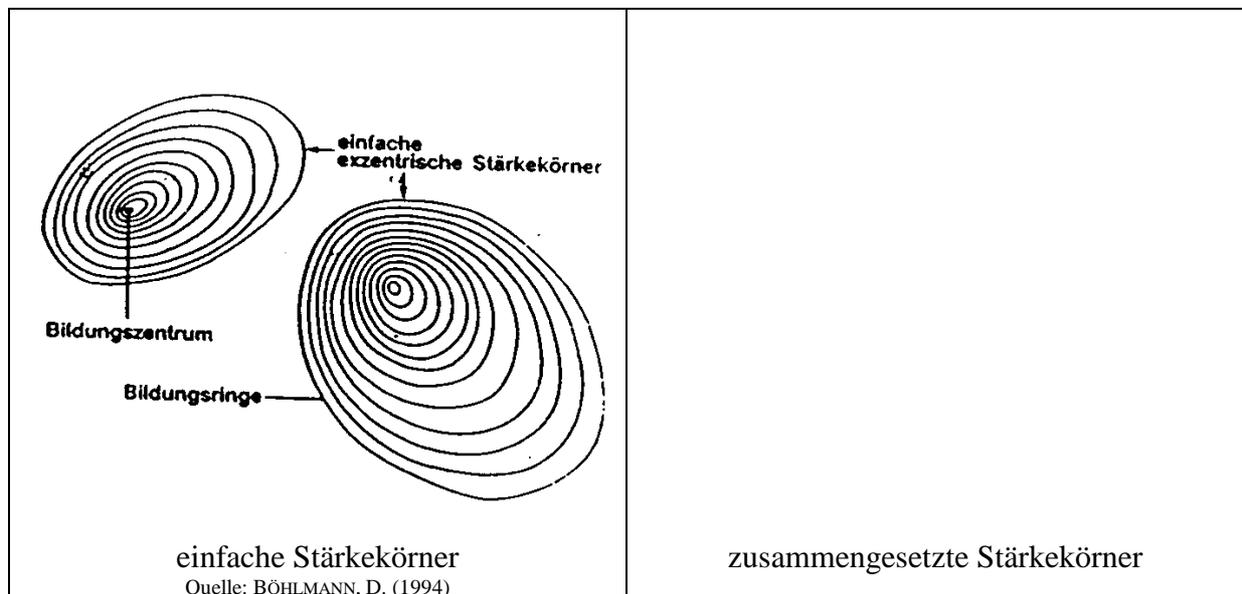


Abb.: Stärkekörner der Kartoffel

12 Der Kreislauf der Stoffe I (Hausaufgabe)

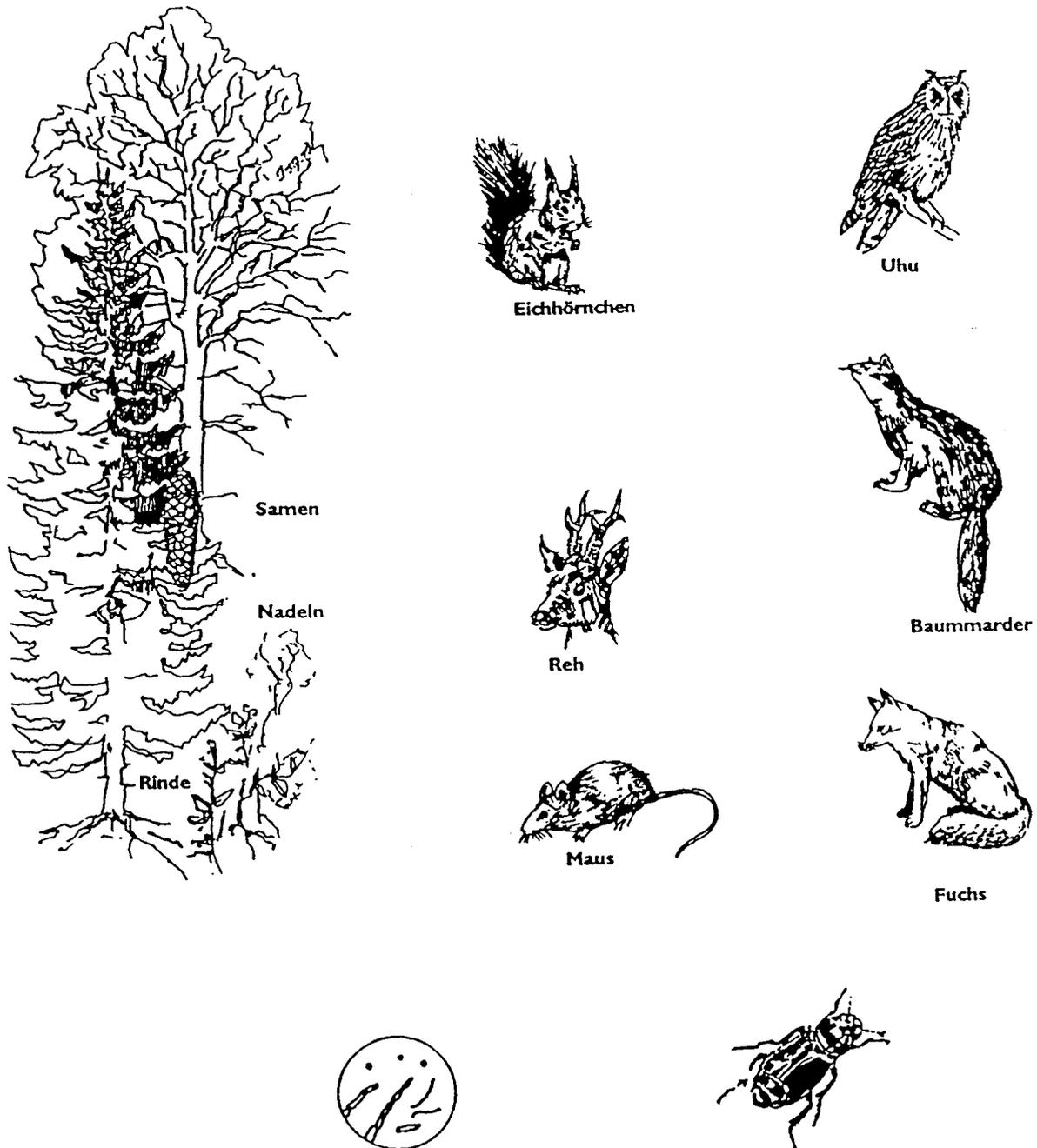
Wurzeln, Stengel, Blätter und Holz, welche durch die Photosynthese von den grünen Pflanzen erzeugt wurden, werden entweder von Tieren oder Menschen verzehrt oder nach dem jährlichen Laubfall bzw. dem Tod der Pflanze im Boden von Würmern, Käfern, Asseln, Springschwänzen, Milben u.a. zerkleinert und anschliessend von Bakterien und Pilzen (Mikro-organismen) weiter abgebaut. Dabei entstehen Mineralstoffe, die die Wurzeln wieder aufnehmen, weil die Pflanzen sie für ihr Wachstum und ihre Gesundheit benötigen.

Die Pflanzen werden als **Produzenten** oder Erzeuger bezeichnet. Die Tiere und wir Menschen sind die **Konsumenten**. Unter den Konsumenten gibt es Pflanzenfresser (Konsumenten 1. Ordnung) und Fleischfresser (Konsumenten 2., 3., ... Ordnung). Die Ausscheidungen der Tiere und ihre Leichen werden ebenfalls von Bakterien und Pilzen zu Mineralsalzen, Wasser und Kohlendioxid abgebaut. Man bezeichnet Bakterien und Pilze daher als **Destruenten** (Reduzenten). Zwischen den grünen Pflanzen, den Tieren und den Mikroorganismen findet also ein dauernder Kreislauf statt.

- a) Was würde geschehen, wenn aus irgendeinem Grund Bakterien und Pilze aus unseren Böden verschwinden würden?
- b) Was würde geschehen, wenn die Pflanzen verschwinden würden?
- c) Was würde geschehen, wenn die Menschen verschwinden würden?

12 Der Kreislauf der Stoffe II (Hausaufgabe)

- a) Zeichne die Nahrungsbeziehungen in der Abbildung mit Pfeilen ein und setze die folgenden Begriffe an die richtige Stelle: Mikroorganismen, Produzenten, Konsument 1. Ordnung, Konsument 2. Ordnung, Destruenten, Reduzenten, Pflanzenfresser, Fleischfresser, Mineralstoffe



Quelle: verändert nach KYBURZ-GRABER, R., MARFURT, F. UND PORTMANN, J. (1991)

13 Nahrungskette - Nahrungsnetz (Hausaufgabe)

1. Versuche die **Nahrungskette** (die Reihe des Gefressenwerdens) in den folgenden drei Beispielen zu ordnen:

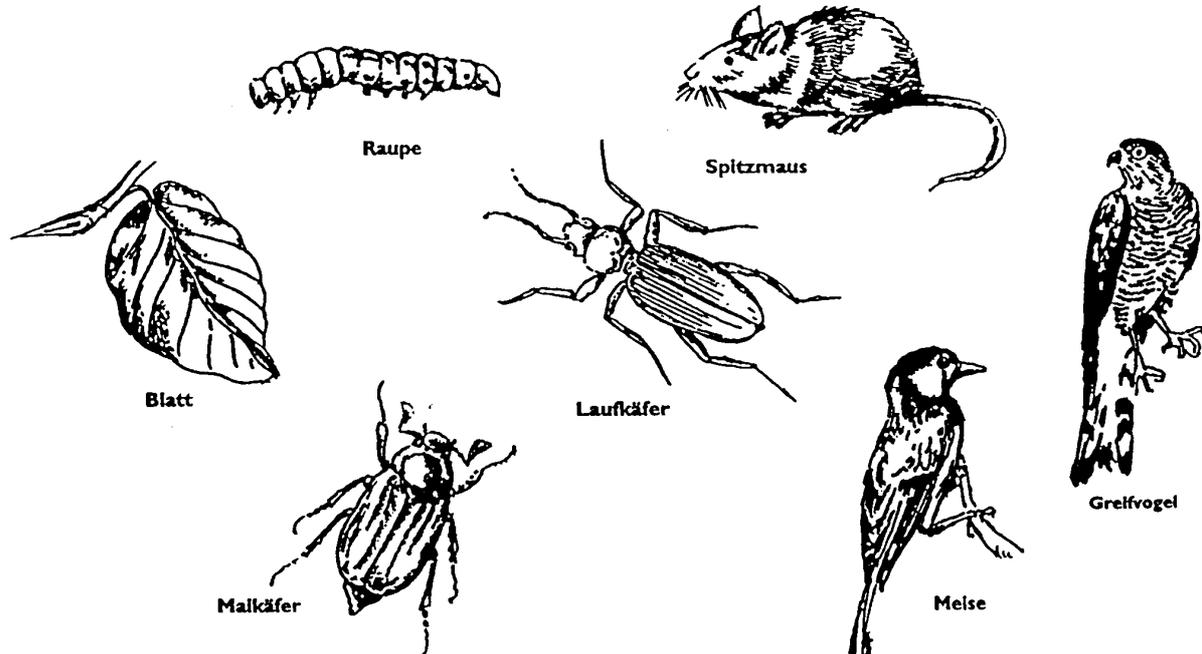
a) Wiesel, Regenwurm, Habicht, Pflanze, Maulwurf

b) Eichenblatt, Habicht, Ringeltaube, Eichenwickler

c) Marder, Buchfink, Buche, Buchenspringrüssler

2. Zeichne alle Nahrungsbeziehungen (Gefressenwerden) mit Pfeilen ein.

Beispiel für ein Nahrungsnetz



Quelle: KYBURZ-GRABER, R., MARFURT, F. UND PORTMANN, J. (1991)

14 Bei der Atmung entsteht Kohlendioxid und Wasserdampf

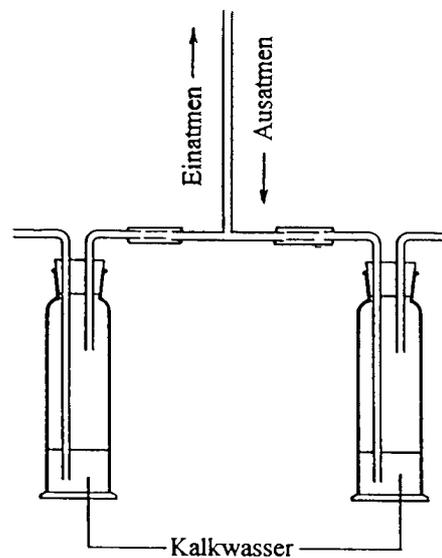
Material:

kleiner Spiegel, 2 Gaswaschflaschen, 2 Schlauchstücke, T-förmiges Verbindungsstück, Trichter, Filterpapier, Kalkwasser.

Durchführung:

1. Stelle den Trichter auf die erste Gaswaschflasche und lege ein Filterpapier ein. Fülle ca. 3 cm hoch Kalkwasser in die Flasche. Beschrifte die zweite Gaswaschflasche auf die gleiche Weise mit ebensoviel Kalkwasser (Beachte: Dieses muss absolut klar sein. Sollte es leicht trüb sein, musst du nochmals filtrieren.). Verbinde dann die beiden Flaschen über die Schlauchstücke so wie in der Abbildung gezeigt. Atme durch das T-Röhrchen vorsichtig und in ruhigem Rhythmus ein und aus, bis in mindestens einer der beiden Gaswaschflaschen eine deutliche Veränderung zu beobachten ist.

- a) Zeichne in die Abbildung alle deine Beobachtungen ein.



- b) Gib an, welcher Unterschied zwischen der Zusammensetzung der Raumluft und derjenigen der ausgeatmeten Luft gemäss deinen Beobachtungen besteht.

Hinweis: Kalkwasser wird weiss getrübt, wenn Kohlenstoffdioxid (= CO_2) eingeleitet wird; man benützt deshalb Kalkwasser, um CO_2 nachzuweisen.

Leere die beiden Gaswaschflaschen und reinige sie sorgfältig (mit etwas verdünnter Salzsäure).

2. Hauche gegen den Spiegel

Beobachtung: _____

Erklärung: _____

15 In Nährstoffen ist Energie gespeichert

Theoretische Grundlage:

Jede Zelle in unserem Körper benötigt Energie. Diese Energie erhalten die Zellen aus der Nahrung. Der Prozess, welcher die Energie freisetzt heisst *Atmung*. Traubenzucker wird gerne verwendet, um Energie zu gewinnen. Beim Atmungsvorgang verbindet sich der Sauerstoff der Luft mit dem Traubenzucker. Diesen Vorgang nennt man *Oxidation*. Wenn du zeigen willst, dass ein Nährstoff Energie enthält, musst du ihm mit Hilfe der Brennerflamme zuerst etwas Energie zuführen (*Aktivierungsenergie*), bis er selbst in der Lage ist, sich mit dem Sauerstoff der Luft zu verbinden. Sobald der Nährstoff heiss genug ist, setzt die Reaktion ein und man kann die freiwerdende Energie z.B. dazu benutzen, Wasser aufzuwärmen.

Material:

Erdnüsse, Traubenzucker, Stärke, Bunsenbrenner, Streichhölzer, Chemikalienlöffel, Thermometer, Nadel, Reagenzglas, Wasser, Stativmaterial

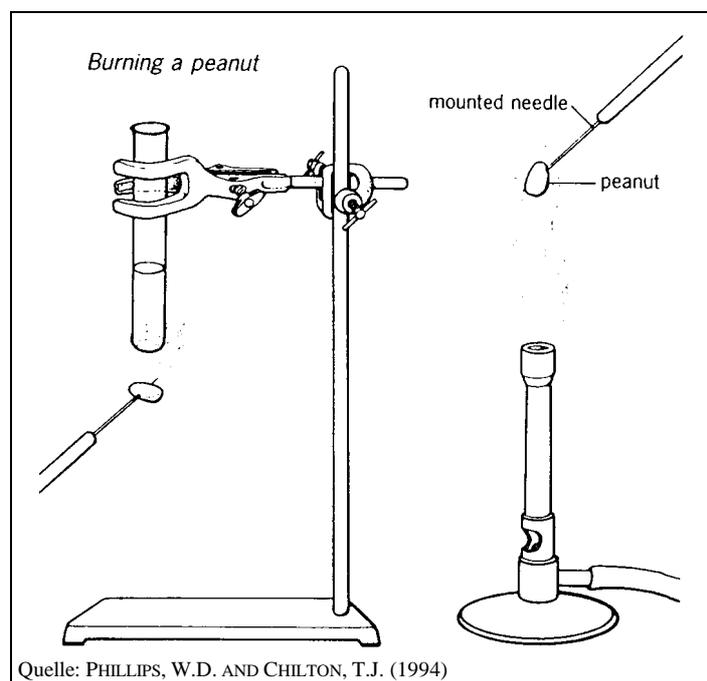
Durchführung:

Baue die Versuchsanordnung wie in der Abbildung gezeigt auf.

- Wäge ein Erdnüsschen (____ g).
- Fülle ein Dir bekanntes Volumen (____ ml) in das Reagenzglas ein und miss die Temperatur des Wassers (____ °C).

Erhitze das Erdnüsschen solange, bis es selbständig zu brennen beginnt. Halte anschliessend das brennende Erdnüsschen unter das Reagenzglas mit Wasser bis es aufhört zu brennen.

- Miss sofort wieder die Wassertemperatur (____ °C).
- Berechne die Temperaturdifferenz (____ °C).



→ Wiederhole den Versuch mit einem Löffel Traubenzucker (____ g) und Stärke (____ g). Verwende dasselbe Wasservolumen wie in b).

☉ Reinige anschliessend den Arbeitsplatz und den Chemikalienlöffel sorgfältig!

- Berechne den Temperaturanstieg pro Gramm Erdnüsschen bzw. Traubenzucker und Stärke.
- Erstelle eine übersichtliche Tabelle, welche alle Werte beinhaltet.
- Worauf ist der Unterschied zurückzuführen?

In gleicher Art könnte man Holz, Papier, Kohle, Erdöl, Erdgas usw. entzünden. All diese Stoffe enthalten Energie, die wir auf verschiedene Arten nützen können.

- Wofür?
- Wofür braucht unser Körper die Energie, die in den Nährstoffen steckt?
- Wie kommt die Energie in die Nährstoffe hinein?
- Wie könnte man zeigen, dass beim Atmungsvorgang auch Wärme entsteht?
- Fasse den Vorgang der Atmung in einer Wortgleichung zusammen.

16 Der Einbahnweg der Energie in einem Ökosystem (Hausaufgabe)

Im Gegensatz zu den Stoffen, die in einem Ökosystem einen Kreislauf durchmachen, nimmt die Energie einen Einbahnweg ein. Auf jeder neuen Stufe einer Nahrungskette gehen energiereiche Stoffe durch den **Kot** der Konsumenten oder deren **Leichen** verloren. Zusätzlich wird viel Energie verbraucht, um den Körper aufzuwärmen. Dies geschieht durch den Vorgang der Atmung. Die **Wärme** geht an die Umgebung und kann so nicht mehr weiter genutzt werden. Energie, die von Organismen einmal genutzt ist, kommt nicht mehr zurück. Sie kann nur durch neue Energie ersetzt werden, die immer von der Sonne kommt.

- a) Versuche mit Hilfe der folgenden Angaben, diesen Einbahnweg des Energieflusses darzustellen.
- b) Weshalb kann eine Nahrungskette nicht beliebig lang sein?

Die Pflanzen nutzen in der Photosynthese nur 1 bis 5 % der auf die Erdoberfläche eingestrahlten Sonnenenergie. Mit Hilfe dieser Energie und den Verbindungen Wasser und Kohlendioxid bauen sie organische Substanz (*Biomasse*) auf. Man nennt sie die *Bruttoprimärproduktion*. Da die Pflanze Energie für ihre Lebensvorgänge (Wachstum, Mineralstoffaufnahme mit der Wurzel, Stofftransport innerhalb der Pflanze) benötigt, wird ein Teil der Bruttoprimärproduktion veratmet, nämlich 58 %. Die restlichen 42 % bezeichnet man als *Nettoprimärproduktion*. Von diesen gehen 26 % in die Zersetzung und nur 16 % der ursprünglichen pflanzlichen Biomasse gehen an die Pflanzenfresser (Konsumenten 1. Ordnung) weiter. Die Pflanzenfresser veratmen 9 % der ursprünglichen Bruttoprimärproduktion, 5.2 % werden als tote organische Substanz im Boden abgebaut. Es bleiben 1.8 % für die Konsumenten 2. Ordnung. Diese veratmen 1.5 % der ursprünglichen pflanzlichen Biomasse und 0.2 % gehen in den Zersetzungsprozess. Damit bleiben schliesslich noch 0.1 % für die Konsumenten 3. Ordnung, die wieder 0.06 % veratmen und 0.04 % an den Zersetzungsprozess abgeben.

19 Leistungen unserer Lunge

Material:

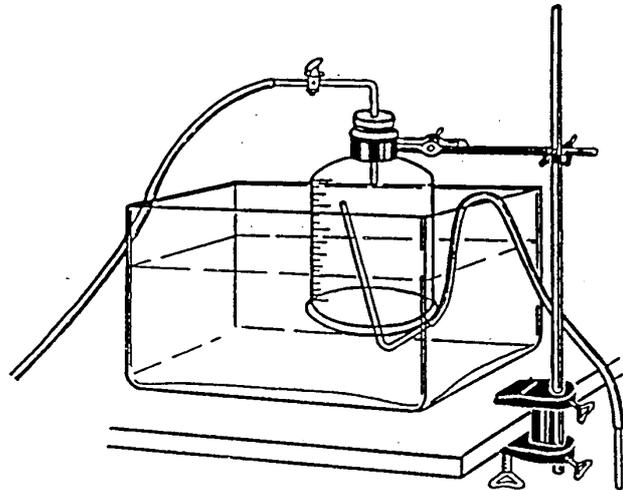
Uhr, graduierte Kunststoffglocke mit passenden Gummistopfen, grosses Becken mit Wasser, Tischklemme, Stativstange Doppelmuffe, Klemme, Glashahn gewinkelt, Vakuumschlauch, Wasserstrahlpumpe, Glasrohr gewinkelt, PVC-Schlauch

Durchführung:

1. Zähle die Atemzüge pro Minute beim Sitzen _____
Zähle die Atemzüge pro Minute nach 10 Kniebeugen: _____
2. Wie lange kannst du den Atem anhalten? _____

3. Bestimmung der Atemluftmenge

Fülle die Glocke durch Absaugen der Luft mit der Wasserstrahlpumpe bis zur 2 L-Marke mit Wasser. Schliesse den Glashahn und stelle die Wasserstrahlpumpe ab. Lege den PVC-Schlauch mit dem gewinkelten Glasrohr so unter die Glocke, dass das Glasrohr über den Wasserspiegel reicht. Blase das in das Glasrohr eingedrungene Wasser aus und atme dann durch den PVC-Schlauch bei geschlossener Nase einige Male normal ein und aus.



Um wieviele ml steigt und sinkt das Wasser bei normalem atmen? _____
ml

Man nennt diesen Wert die *Atem- oder Respirationsluft*.

Zusätzlich kann man noch mehr Luft einatmen (*Ergänzungsluft, Komplementärluft oder inspiratorische Reserverluft*) _____ ml,
bzw. ausatmen (*Vorratsluft, expiratorische Reserverluft*) _____ ml.

Die Glocke wird nun ganz mit Wasser gefüllt. Nach tiefem Einatmen versucht man durch den PVC-Schlauch die gesamte Luft aus der Lunge auszutmen. Man nennt diesen Wert die *Vitalkapazität*.

Meine Vitalkapazität beträgt _____ ml.

Auch bei tiefster Ausatmung bleibt aber noch etwa 1 Liter Luft in der Lunge, die sogenannte *Restluft*.

- a) Fasse die Ergebnisse in einer geeigneten Darstellung zusammen.

20 Nachweis von Kohlendioxid und Wasser beim Verbrennungsvorgang

Bis jetzt haben wir noch nicht direkt nachgewiesen, dass beim Verbrennen von Holz, Erdgas, Wachs, Traubenzucker oder ähnlichem, Kohlendioxid und Wasser entsteht. Diesen Nachweis sollst du nun selbst führen. Aufgrund der Versuche, die du gemacht hast, sollte die Aufgabe zu lösen sein. Der Sinn dieser Arbeit besteht darin, dich zur Selbständigkeit im Planen, Durchführen und Auswerten eines Experimentes anzuhalten.

21 Teste dich selbst! (Hausaufgabe)

Nach Beendigung des Blockes *Photosynthese und Atmung* solltest du in der Lage sein, alle Lücken des folgenden Textes mit den richtigen Worten auszufüllen.

Die Pflanzen auf der Erde betreiben eine andere Art des Stoffwechsels (d.h. Aufnahme, Umbau und Ausscheidung von Stoffen) als die Tiere und der Mensch. Der Vorgang, bei dem sie die Energie der fixieren, heisst Dabei wird insbesondere in den der Pflanze (genauer in den der Zellen) der und der Anteil des Lichts absorbiert, wird reflektiert. Die so aufgenommene Energie wird für den Aufbau von verwendet. Ein einfacher Nachweis für Stärke ist die Blaufärbung bei Zugabe von Eine Pflanze kann aber nicht nur von Licht leben, sie benötigt auch und Mineralstoffe. Dies zeigt sehr schön der Versuch von VAN HELMONT.

Wenn man den Aufbau eines Blattes studiert, erkennt man, dass an gewissen Stellen, genauer auf der, Öffnungen, sogenannte vorhanden sind, durch die Gase in das Blatt eindringen oder das Blatt verlassen können.

Für Menschen und Tiere ist die Stoffwechsel-Aktivität der Pflanze sehr bedeutsam. Sie fressen die von den Pflanzen produzierten Erzeugnisse und heissen deshalb auch Die grünen Pflanzen werden für ihre Rolle als Nahrungslieferanten auch genannt.

Gleichzeitig profitieren wir aber auch von einem Abfallprodukt der Photosynthese, dem Die ausgeatmete Luft eines Menschen enthält % weniger Sauerstoff als die eingeatmete, dafür mehr Dies kann man daran erkennen, dass sich trübt, wenn man ausgeatmete Luft einbläst. Sauerstoff benötigen Mensch und Tier für die Zellatmung, das heisst für den Abbau von in den Zellen. Dabei entsteht auch Der Vorgang bei der Verbrennung von Holz oder einem anderen energiereichen Stoff verläuft ähnlich, aber in unserem Körper wird kein Feuer entfacht! Die Pflanze betreibt ihre Photosynthese-Aktivität nicht selbstlos für uns, sie ebenfalls.

Wenn die Nahrung, die von Pflanzen produziert wurde, von Tieren gefressen wird, nennt man die sich ergebende Abfolge von Lebewesen eine Dabei geht ständig Energie in Form von verloren. Eine solche Kette kann also nicht unendlich lang sein. Leichen und Kot bleiben nicht liegen, sondern werden von den, vor allem und zu Mineralstoffen abgebaut. Dabei ernähren sich diese Organismen. Insgesamt ergibt sich durch die Aktivität der Lebewesen ein der Stoffe, während die Energie, die ursprünglich von der Sonne kam Ohne sie als ständige Energiequelle wäre kein Leben auf der Erde möglich.

Wind und Wetter

Lernziele

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	die absolute und die relative Luftfeuchtigkeit zu definieren und voneinander zu unterscheiden			
2.	die zentrale Aussage der Taupunktkurve zu kommentieren und mit der Taupunktkurve arbeiten zu können			
3.	das Funktionsprinzip des Haarhygrometers zu erklären			
4.	die Bildung von Quellwolken zu erläutern			
5.	den Aufbau der Atmosphäre zu schildern			
6.	auf der Teilchenebene zu erklären, wie die Luft durch Volumenänderung auf Temperaturschwankungen reagiert			
7.	zu erklären, unter welchen Bedingungen die Atmosphäre vom Boden her erwärmt bzw. abgekühlt wird			
8.	einige Eigenschaften von sich schnell bzw. langsam erwärmenden Bodenoberflächen zu beschreiben			
9.	den Begriff <i>Druck</i> zu definieren und seine Einheiten anzugeben			
10.	die Veränderungen des Luftdrucks mit zunehmender Höhe in der Atmosphäre zu kommentieren			
11.	den Luftdruck mit einfachen Mitteln annäherungsweise zu bestimmen			
12.	das Funktionsprinzip des Barometers und des Höhenmessers zu erläutern			
13.	zu erklären, was man unter <i>Isobaren</i> versteht			
14.	zu erklären, weshalb ein Tief meistens schlechtes Wetter, ein Hoch meistens gutes Wetter bringt			
15.	die Entstehung von Hoch- und Tiefdruckgebieten in der Höhe und am Boden als Ergebnis der Lufttemperatur zu erklären (thermische Druckgebilde)			
16.	die thermisch verursachte Luftzirkulation zu erklären (Windregel)			
17.	den Zusammenhang zwischen Isobaren und Windgeschwindigkeit zu erläutern			
18.	die Masseinheiten für die Windgeschwindigkeit und die Windstärke zu nennen und zu unterscheiden			
19.	Windgeschwindigkeiten mit Hilfe des Anemometers und der geeigneten Tabelle einzuschätzen			
20.	die verschiedenen Methoden der meteorologischen Datenerfassung zu schildern			
21.	die Messinstrumente der meteorologischen Datenerfassung zu benennen			

Der Taupunkt

Theoretische Grundlage:

Es muss nicht immer Regen oder Schnee sein. Jeder kann seine Erfahrungen mit atmosphärischer Feuchtigkeit sammeln und Beobachtungen dazu machen: Im Sommer am Morgen, wenn die Wiesen taunass sind oder auch am Abend kann man feststellen, dass das Gras plötzlich feucht wird. In der Luft ist stets gasförmiges Wasser (Wasserdampf oder Luftfeuchtigkeit) enthalten, einmal mehr, einmal weniger. Wir können diesen Wasserdampf weder sehen noch riechen noch schmecken. Bei einer bestimmten Temperatur kann die Luft stets nur eine begrenzte Menge Wasserdampf aufnehmen (Abb.). Je wärmer die Luft ist, desto mehr Feuchtigkeit kann sie aufnehmen. Die abgebildete *Taupunktcurve* zeigt die in der Luft maximal mögliche Wasserdampfmenge, gemessen in g/m^3 , bei unterschiedlich hohen Lufttemperaturen. Luft, die eine Temperatur von $10\text{ }^\circ\text{C}$ hat und $9.4\text{ g}/\text{m}^3$ Wasserdampf enthält, ist *gesättigt*. Was passiert, wenn die Temperatur steigt? Die Luft könnte dann mehr Wasserdampf aufnehmen und ist daher nicht mehr gesättigt. Umgekehrt: Wenn die Temperatur sinkt, dann kann die Luft weniger Wasserdampf aufnehmen, und was zuviel in ihr enthalten ist, wird in Form von Tröpfchen ausgeschieden. So entstehen Nebel, Wolken und schliesslich Regen und Schnee. Die Luftfeuchtigkeit in g/m^3 nennt man *absolute Luftfeuchtigkeit*. Weil nun aber die Wirkung der Luftfeuchtigkeit vor allem davon abhängt, wieviel Feuchtigkeit in der Luft ist, im Verhältnis zu dem, was darin sein könnte, hat man die *relative Luftfeuchtigkeit* eingeführt. Bezeichnen wir die absolute Feuchtigkeit, also das was die Luft wirklich an Wasserdampf enthält, mit F_a und die bei der herrschenden Temperatur maximal aufnehmbaren Gramm pro Kubikmeter mit F_m , dann errechnet sich die relative Feuchtigkeit F_{rel} folgendermassen:

$$F_{rel} (\%) = \frac{F_a}{F_m} \cdot 100$$

Wenn sich Luft, die nicht völlig trocken ist, abkühlt, dann wird sie bei irgendeiner Temperatur den Punkt erreichen, bei dem die absolute Luftfeuchtigkeit F_a zur maximalen F_m geworden ist, bei dem die relative Feuchtigkeit F_{rel} 100 % erreicht hat. Dann wird Feuchtigkeit ausgeschieden, der Wasserdampf kondensiert. Diese Temperatur wird *Taupunkt* genannt.

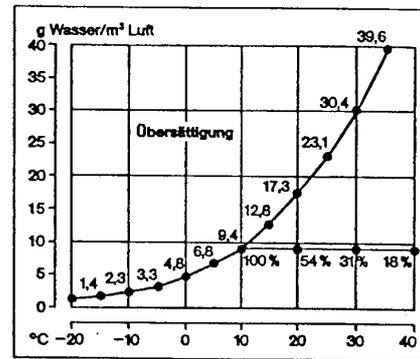
Material:

Blechdose, zwei Thermometer, Eiswürfel, Wasser

Durchführung:

Ermittle den Taupunkt der Luft im Klassenzimmer. Fülle dazu die Blechdose mit Wasser und gib reichlich Eiswürfel hinein. Rühre ständig mit dem Thermometer und beobachte die Temperaturentwicklung. In dem Moment wo die Blechdose aussen mit Kondenswasser (aus der Zimmerluft) beschlagen wird, ist der Taupunkt erreicht.

- Notiere diese Temperatur.
- Zeichne die Versuchsanordnung.
- Wieviel Wasserdampf pro m^3 ist im Schulzimmer enthalten (absolute Luftfeuchtigkeit, F_a)?
- Miss mit dem zweiten Thermometer, das trocken bleiben muss, die Zimmertemperatur.
- Wieviel Wasserdampf pro m^3 könnte gemäss Taupunktcurve maximal im Schulzimmer enthalten sein (F_m)?
- Wie gross ist also die relative Luftfeuchtigkeit (F_{rel})? Zeige den Berechnungsweg!
- Möglicherweise erhältst du einen Wert, der bedeutend tiefer liegt als der, den das Haarhygrometer (S.134) anzeigt. Was könnte die Ursache für diese Abweichung nach unten sein?



Quelle: SEIDLITZ (1993)

Das Haarhygrometer

Theoretische Grundlage:

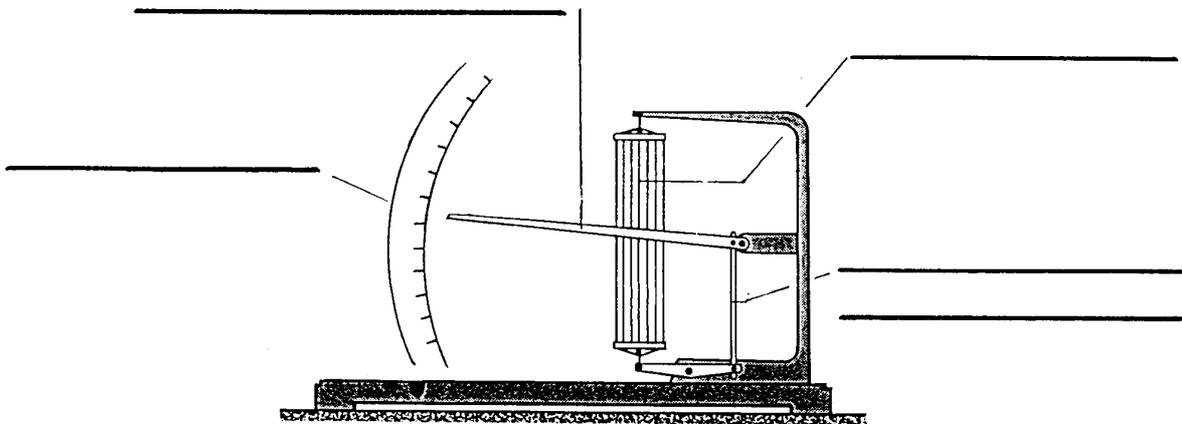
Das Funktionsprinzip des Haarhygrometers beruht auf der Eigenschaft menschlicher Haare, ihre Länge entsprechend der relativen Feuchtigkeit der Umgebungsluft zu ändern. Auch bei vielen anderen organischen Substanzen (z.B. Leder) findet man diese Erscheinung. Bei Menschenhaaren ist sie jedoch besonders ausgeprägt. Sie reagieren auf einen Anstieg der relativen Feuchtigkeit von 10% mit einer Längenzunahme von im Mittel 0.25% und umgekehrt. Dieses Verhalten der Haare geht darauf zurück, dass sie mit der Luft in einem ständigen Wasserdampfaustausch stehen. Ist die Luft feucht, nehmen sie Wasser auf und quellen dabei (dehnen sich aus). Ist die Luft trocken, so geben sie das Wasser unter gleichzeitigem Schrumpfen an sie ab. Leider zeigt das Haar aber auch einige Mängel. Seine Anzeige ist nicht genauer als 3% bis 5% relative Feuchte. Beim längeren Stehen in trockener Luft zeigt es Alterserscheinungen, die Fehler bis zu 10% bewirken können. Man muss das Haarhygrometer daher regelmässig eichen. Dabei wird ein feuchtes Tuch ca. 15 Minuten darüber gehängt (100% Luftfeuchtigkeit) und der Zeiger mit der Justierschraube auf 100% eingestellt. Schliesslich unterliegt das Haar auch einem Strahlungseinfluss. Wird es über die Lufttemperatur erwärmt, so zeigt es eine geringe relative Feuchte an, da sich das Haar bei Erwärmung etwas ausdehnt. Ein ausreichender Strahlungsschutz ist daher auf jeden Fall erforderlich.

Material:

Haarhygrometer

Durchführung:

a) Beschrifte die Abbildung.



b) Fülle den Lückentext aus:

Ist die relative Luftfeuchtigkeit hoch, so wird das Haar _____ und _____ . Ist die relative Luftfeuchtigkeit niedrig, so _____ das Haar und _____ . Die Bewegungen des Haares werden jeweils _____ übertragen.

Feuchtigkeitsmessungen

Material:

Haarhygrometer, Papierstreifenhygrometer, durchsichtiger Plastiksack, Blasebalg, Pressluft,

Durchführung:

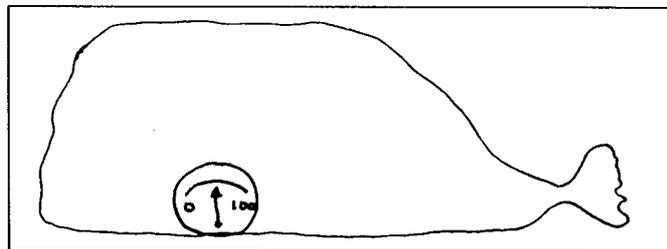
1. Miss die relative Luftfeuchtigkeit an unterschiedlichen Stellen rund um das Schulhaus und im Schulhaus (z.B. Klassenzimmer, Hausgang, beim Feuchtbiotop, auf dem Hartplatz, über dem Rasen usw.)

a) Halte deine Ergebnisse tabellarisch fest.

2. Erstelle für dieses Experiment eine geeignete Tabelle.

2.1. Lege das Hygrometer in den durchsichtigen Plastiksack (Abb.). Blase den Sack mit dem *Blasebalg* auf.

a) Lies die Feuchtigkeit auf dem Hygrometer ab und übertrage den Wert in die Tabelle.



2.2. Drücke die Luft aus dem Beutel und blase ihn anschliessend mit Luft aus der *Pressluftleitung* auf.

b) Was geschieht mit der Feuchtigkeitsanzeige? Übertrage den Wert in die Tabelle.

2.3. Drücke die Luft wieder aus dem Beutel und blase ihn mit dem *Mund* auf.

c) Was beobachtest du? Übertrage den Wert in die Tabelle.

d) Erkläre die unterschiedlichen Ergebnisse.

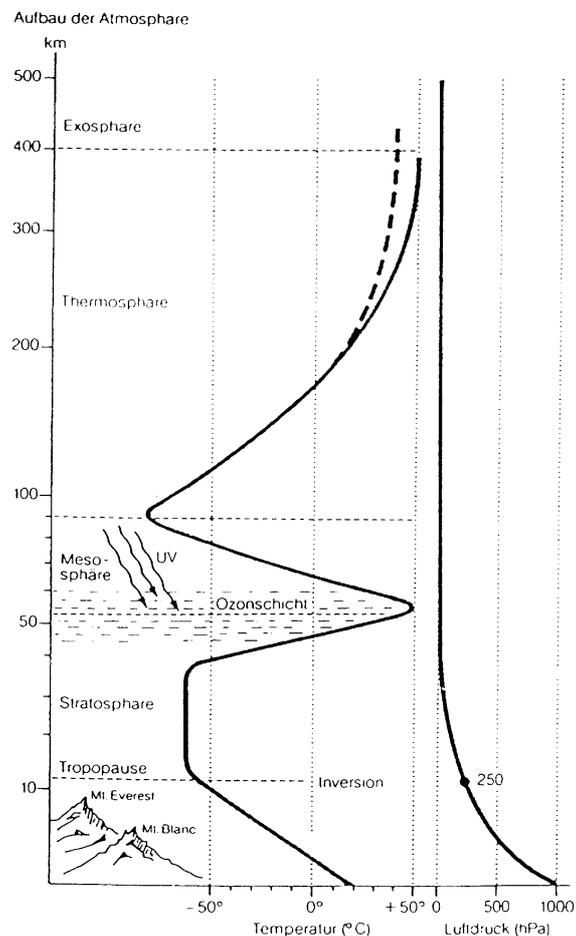
2.4. Wiederhole die Experimente mit einem Papierstreifenhygrometer (billigeres Modell).

e) Vergleiche die Reaktionsgeschwindigkeiten beider Hygrometer.

Der Aufbau der Atmosphäre (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die Atmosphäre, ist eine dünne, durch die Schwerkraft an die Erde gebundene Gashölle. Ihre Dichte nimmt zum Weltraum hin allmählich ab. 95% der Masse der Atmosphäre liegen in den untersten 12 km. Diese unterste Atmosphärenschicht heisst *Troposphäre*. In ihr allein finden die Wettervorgänge statt. Daher wird die Troposphäre auch *Wetterschicht* genannt. Die obere Grenzfläche der Troposphäre heisst *Tropopause*. Oberhalb der Tropopause beginnt die *Stratosphäre*. Hier oben ist die Luft dermassen dünn und trocken, dass es hier „kein Wetter“ mehr gibt. Wer von Euch schon einmal im Flugzeug gereist ist, weiss, dass auf der Reishöhe von rund 12 km immer „schönes Wetter“ d.h. kein Wetterwechsel mehr herrscht. In der Stratosphäre befindet sich die *Ozonschicht*, welche das Leben auf der Erde vor den gefährlichen UV-Strahlen schützt. Die Stratosphäre wird in einer Höhe von rund 50 km durch die *Stratopause* von der darauf folgenden *Mesosphäre* getrennt. Die Mesosphäre wird in rund 100 km Höhe durch die *Mesopause* von der *Thermosphäre* abgegrenzt. Diese geht in rund 400 km Höhe schliesslich fliessend in die *Exosphäre* über, die ihrerseits den Übergang zum Weltall bildet. Die Unterteilung in die verschiedenen Sphären erfolgt besonders aufgrund unterschiedlichster physikalischer Eigenschaften, wie z.B. der Temperatur.



Quelle: BENDER et al. (1995)

Tab. Temperaturen in der Troposphäre an einem Frühlingstag

Höhe (m.ü.M.)	450	800	2000	2800	4000	5000	7500	10000
Temperatur (°C)	20.4	16.2	6.5	0.3	-5.1	-21.3	-34.7	-51.4

Durchführung:

- Ergänze in der Abbildung die fehlenden *kursiv* geschriebenen Fachbegriffe des obigen Textes.
- Zeichne den höchsten Berg Liechtensteins (Grauspitz 2599 m.ü.M.) mit Farbe ein.
- Auf welcher Höhe befindet sich die Ozonschicht?
- Erstelle mit Hilfe der Temperaturangaben der obigen Tabelle ein Diagramm, welches die Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe in der Troposphäre zeigt (Abszisse: Temperatur in °C, Ordinate: Höhe in m.ü.M.)
- Lies aus dem Diagramm eine Faustregel ab, die besagt, um wieviel die Temperatur ungefähr abnimmt, wenn man sich 100 m höher begibt. **! Hebe diese Regel deutlich hervor! !**
- Wieviel ist es also im Triesenberg im Durchschnitt kälter als in Vaduz?
- Gehe vors Haus, betrachte die Landschaft und liste Phänomene auf, welche tatsächlich auf eine Temperaturabnahme mit zunehmender Höhe hinweisen.

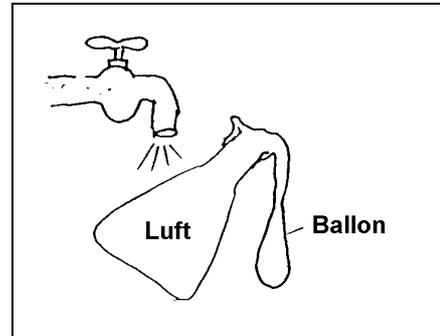
Erwärmen und Abkühlen von Luft**Material:**

grosser Erlenmeierkolben, Luftballon, heisses Wasser vom Brunnen, Tiefkühlschrank oder kaltes Wasser

Durchführung:

1. Stelle den leeren Kolben mit dem Luftballon (vgl. Abb.) während etwa 15 Minuten in den Tiefgefrierschrank. Beobachte.

2. Halte anschliessend den Erlenmeyerkolben mit dem Luftballon unter fliessendes heisses Wasser. Beobachte.



- Protokolliere beide Beobachtungen mit zwei beschrifteten Zeichnungen
- Erkläre die Beobachtungen unter Verwendung der Begriffe *Temperatur*, *Teilchenbewegung* und *Luftvolumen* (vgl. S.20).
- Wie verändert sich die *Dichte* wärmer werdender Luft?
- Wie bewegen sich demnach warme bzw. kalte Luftmassen in der Atmosphäre?

Der Heissluftballon (zusammen mit Lehrer)**Material:**

Bunsenbrenner, Heissluftballon

Durchführung:

1. Entzünde den Brenner
 2. Halte den Heissluftballon mit seiner Öffnung **vorsichtig** in genügendem Abstand so über die Flamme, dass die warme Luft in den Ballon eindringen kann. **Achte darauf, dass dieser nicht von der Flamme zerstört wird !**
-
- a) Erkläre das Aufsteigen des Heissluftballons mit Hilfe des Begriffes der *Teilchenbewegung*, des damit verbundenen *Luftvolumens* und der *Dichte*.
 - b) Welche Parallelen bestehen zum Schwimmen eines Gegenstandes in einer Flüssigkeit (vgl. S. 61e).

Temperaturmessungen**Theoretische Grundlage:**

Die Temperatur gehört zu den Grössen, für die der Mensch ein unmittelbares Empfinden besitzt, das aber wie jedes Empfinden subjektiv ist. Man wird daher gerne dazu verleitet, die Verhältnisse falsch zu beurteilen. Auch wer ein Thermometer besitzt, wird die Temperatur häufig nicht richtig angeben. Das Messen der Temperatur ist fast eine Wissenschaft für sich. Wenn jemand sagt, heute sei die Temperatur auf 50 °C gestiegen, dann verschweigt er sicher, dass das Thermometer den ganzen Tag in der Sonne hängt und direkt auf einem Blech am Balkon montiert ist. Genausogut könnte man es in die Bratpfanne legen; dort würde es noch heisser. Was man nämlich messen will, ist nicht die Temperatur eines von der Sonne durch Strahlung erwärmten Gegenstandes und auch nicht der Luft in der Nähe einer Mauer oder über einer geteerten Strasse, die aufgeheizt worden ist, sondern die Temperatur der Luft in der freien Natur. Nur sie ist für das Wetter kennzeichnend. Die Meteorologen bauen daher ihr Wetterhäuschen auf der Wiese, in bestimmter Höhe über dem Boden, weiss lackiert, denn ein heller Gegenstand reflektiert die meiste Strahlung, während ein dunkler sie aufnimmt und in Wärme verwandelt. Darin befinden sich Thermometer und andere Instrumente.

Material:

Alkoholthermometer, Bimetallthermometer, Flüssigkristallthermometer

Durchführung:

1. Miss die Lufttemperatur *am Boden* über verschiedenen Oberflächen: Auf dem Rasen, auf dem Teer, auf dem Hartplatz, auf Beton und über dem Wasserspiegel des Schulteichs. Versuche anschliessend die *effektive Lufttemperatur* möglichst zuverlässig zu bestimmen.

- a) Erstelle eine tabellarische Übersicht der Messergebnisse.
- b) Schildere die aufgetretenen Probleme bei der Messung.
- c) Welche Aussage kann bezüglich der Erwärmung unterschiedlicher Oberflächen durch die Sonne gemacht werden ?

2. Prüfe, ob die verschiedenen Thermometer wirklich die Zimmertemperatur anzeigen. Melde Abweichungen von mehr als 1 Grad.

3. Lege die verschiedenen Thermometer nebeneinander unter die Tischlampe (. 30 cm).

Schalte das Licht ein und vergleiche den Temperaturanstieg bei allen Thermometern. Hinweis: Der empfindliche Teil ist die Bimetallspirale am Drehpunkt des Zeigers.

Der Druck und seine Einheiten

Theoretische Grundlage:

Die Druckeinheit ergibt sich aufgrund der Definition des Drucks als Quotient aus Kraft- und Flächeneinheit zu 1 N/m^2 , genannt **1 Pascal (Pa)**:

$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = \frac{1}{10000} \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = \frac{1}{100} \frac{\text{cN}}{\text{cm}^2}$$

Grosse Drücke misst man in **Bar (bar)**:

$$1 \text{ bar} = 10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} = 100\,000 \text{ Pa.}$$

1 Millibar (mb) entspricht also einer Kraft von 0.01 N pro cm^2 Fläche.

$$1 \text{ mb} = \frac{0.01 \text{ N}}{\text{cm}^2} = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa (Hektopascal)}$$

Den Luftdruck gibt man in **Hektopascal (hPa)** an: **1 hPa = 100 Pa.**

Material:

Schaumgummi, quaderförmiger Pflasterstein

Durchführung:

Lege den Pflasterstein in verschiedenen Positionen auf den Schaumgummi, einmal mit seiner grössten Fläche und einmal mit der kleinsten Fläche.

- Zeichne die Situation in beiden Positionen. Gib dabei besonders auf die Dicke des unter der Last des Pflastersteins zusammengedrückten Schaumgummis acht.
- Zeichne mit einem Pfeil in beiden Situationen die Gewichtskraft (F_G) ein (vgl. S.66), welche den Schaumgummi zusammendrückt. Müssen die Pfeile in beiden Zeichnungen gleichlang oder mit unterschiedlicher Länge gezeichnet werden, wenn die Länge des Pfeils die Stärke der Kraft symbolisiert?
- Formuliere einen „je-desto-Satz“, der den Zusammenhang zwischen der Grösse der Auflagefläche, der Grösse der Kraft und der Stärke, mit welchem der Schaumgummi zusammengesprengt wird, aufzeigt.
- Formuliere eine einfache Gleichung mit den folgenden drei Worten: *Druck p, Kraft F, Fläche A*. **! Hebe dieses Gesetz deutlich hervor. !**

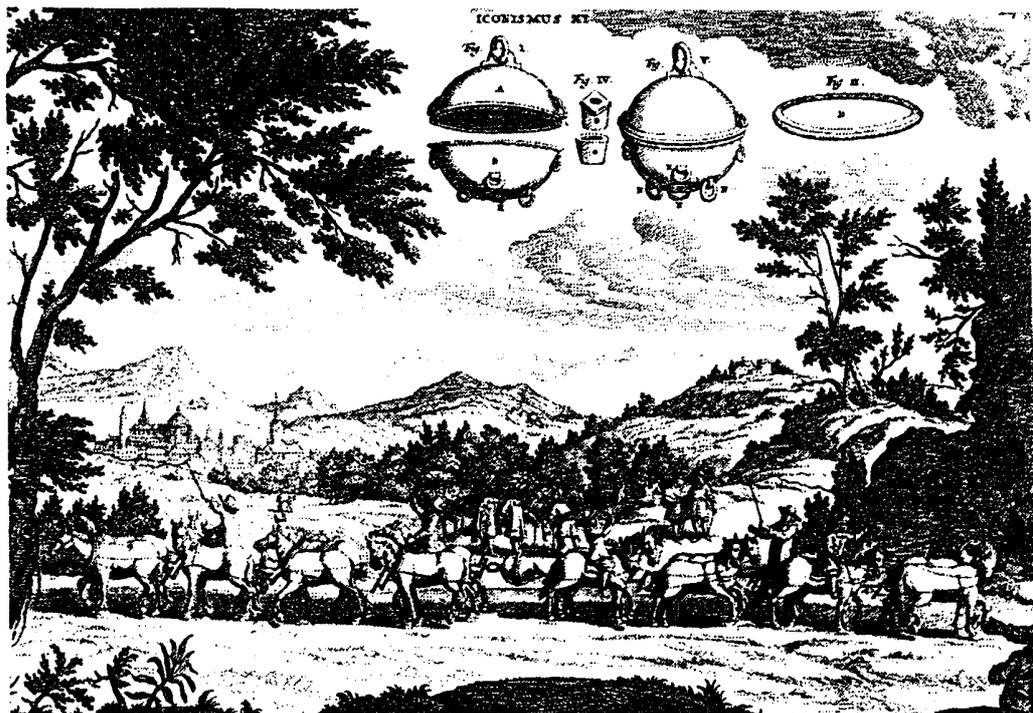
Die Magdeburger Kugel (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die folgende Geschichte ereignete sich im Jahre 1654, also vor mehr als 300 Jahren. Damals sah die Welt ganz anders aus als heute: Man kannte noch keine Flugzeuge und Eisenbahnen. Es gab auch noch keine Autos, ja nicht einmal das Fahrrad war erfunden. Als Verkehrsmittel benutzte man Pferde, Kutschen oder Segelschiffe. Natürlich hatte man auch noch keinen elektrischen Strom, also kein elektrisches Licht, kein Telefon, kein Radio und kein Fernsehen. Zu dieser Zeit lebte in Magdeburg OTTO VON GUERICKE. Er war Bürgermeister der Stadt, fand aber immer noch Zeit, physikalische Experimente durchzuführen. Die interessantesten und auch überraschendsten Versuche führte er Zuschauern vor, so z.B. seinen Versuch mit zwei grossen Halbkugeln:

Vor den Toren der Stadt fanden sich hohe Herren und eine Menge Volk ein. GUERICKE und zwei seiner Gehilfen hantierten auf einer abgesteckten Wiese mit zwei Halbkugeln aus Kupfer. Endlich trat er zurück und seine Helfer legten die beiden Schalen mit einem Lederring als Dichtung zusammen. Eine Halbkugel war mit einem Hahn versehen. Hier wurde eine Luftpumpe angeschlossen, mit der man die Luft aus der Kugel herauspumpen konnte. Nachdem sie eine halbe Stunde gepumpt hatten, wurden vor jede Halbkugel zehn starke Pferde gespannt. Die Rossknechte liessen nun die Peitsche knallen und zwanzig Pferde legten sich mit aller Kraft ins Geschirr. Die Zuschauer hielten den Atem an. Die Zugseile waren zum Zerreißen gespannt, aber die Halbkugeln hielten zusammen, als ob sie miteinander verschraubt wären. Eine mächtige, unsichtbare Kraft musste die beiden Schalen zusammenpressen, davon waren die Zuschauer überzeugt.

Da trat GUERICKE heran. Er öffnete den Hahn, an dem anfangs die Pumpe angeschlossen war, und plötzlich polterten die Schalen wie von selbst auseinander. Die Kunde von GUERICKE'S Versuch lief durch das ganze Land. Sie erregte die Menschen damals fast genauso wie etwa die erste Mondlandung in unserer Zeit.



Quelle: DORN, F.
UND BADER, F.
(1992)

Material:

Zwei Saugnäpfe

Durchführung:

- Zeichne in den Kupferstich mit farbigen Pfeilen die Zugkräfte der Pferde und die Kräfte des Luftdrucks ein, die auf die Kugel wirken. Achte auf Länge und Richtung der Pfeile. Hefte die beiden Saugnäpfe aneinander. So könnt ihr den Versuch von Magdeburg im Kleinen nachvollziehen. Versucht die Saugnäpfe auseinander zu ziehen.
- Wie und warum können die Saugnäpfe auch leichter voneinander getrennt werden ?

Wie stark ist der Luftdruck?

Theoretische Grundlage:

Die Erdatmosphäre erzeugt durch ihre Gewichtskraft einen Schweredruck, den Luftdruck. Er schwankt von Ort zu Ort und auch mit der Zeit, wie man den Wetterkarten im Fernsehen oder in der Zeitung entnehmen kann. Der Mensch hat für den Luftdruck kein Organ. Trotzdem gibt es viele Personen, die veränderte Druckbedingungen körperlich wahrnehmen. Die Grösse des Luftdrucks kann man mit einfachen Versuchen annäherungsweise bestimmen. Der Luftdruck wird heute in hPa (Hectopascal) angegeben $1 \text{ hPa} = 0.01 \text{ N/cm}^2$.

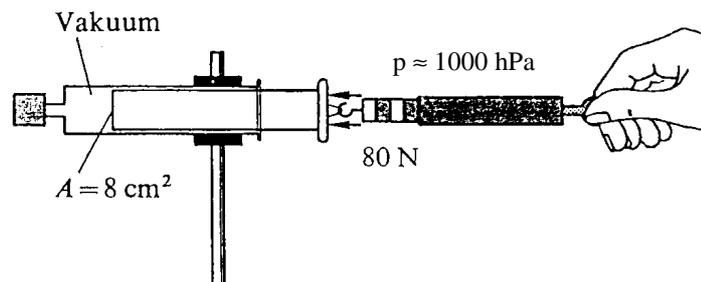
Material:

Plastikspritze (besser Kolbenprober), Millimeterpapier, Saugnapf, Schnur, Federkraftmesser, Plastikgefäss

Durchführung:

1. Schiebe aus der Plastikspritze alle Luft hinaus und verschliesse die Öffnung gut. Die Kraft, die benötigt wird, um den Kolben herauszuziehen, wirkt dem Luftdruck entgegen.

- Welche Kraft benötigst du, um den Kolben herauszuziehen?
- Bestimme die Grösse der vorderen Kolbenoberfläche.
- Berechne daraus den Luftdruck.

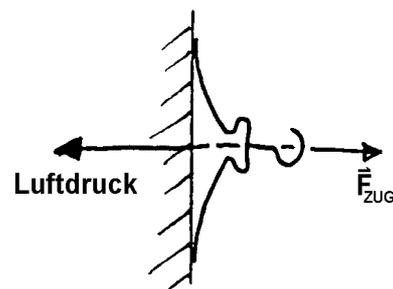


Quelle: DORN, F. UND BADER, F. (1992)

2. Erstelle eine Tabelle mit vier Spalten (Art der Oberfläche - gemessene Kraft in N - Fläche des Saugnapfes in cm^2 - errechneter Luftdruck in hPa).

Jetzt kannst du den Saugnapf an verschiedenen Oberflächen (lackiertes Blech, furnierter Tisch, Plastikgefäss, Holztisch, usw.) befestigen und mit dem Kraftmesser langsam daran ziehen, bis sich der Saugnapf löst.

- Notiere die Stärke der Zugkraft, die benötigt wird, um den Saugnapf zu lösen.
- Schätze mit Hilfe des Millimeterpapiers die Fläche des Saugnapfes in cm^2 .
- Berechne den Luftdruck, welcher den Saugnapf festdrückte. Wähle dazu die Fläche, an der der Saugnapf am besten haftete.
- Vergleiche deine Werte mit dem **'Normalluftdruck' von 1013 hPa** und mit der Anzeige eines Höhenmessers. Diskutiere!
- Warum wird nicht bei allen Oberflächen eine gleich grosse Zugkraft zum Lösen des Saugnapfes gebraucht ?



In welcher Richtung wirkt der Luftdruck ?**1. Taucherglocke****Material:**

Grosses Becherglas, kleines Becherglas.

Durchführung:

Fülle das grosse Becherglas zur Hälfte mit Wasser. Führe anschliessend das kleine Becherglas mit der Öffnung nach unten ins Wasser ein.

- a) Zeichne die Versuchsanordnung.
- b) Notiere deine Beobachtung.
- c) Erkläre die Beobachtung! In welcher Richtung wirkt der Luftdruck?

2. Wasserglas und Blatt Papier**Material:**

Trinkglas, Blatt Papier.

Durchführung:

Fülle das Trinkglas randvoll mit Wasser. Lege nun das Blatt Papier darauf. Gib dabei acht, dass das Papier am Glasrand haften bleibt. Drehe jetzt das Glas rasch auf den Kopf, indem du das Papier festhältst. Lasse nun das Papier los.

- a) Zeichne die Versuchsanordnung.
- b) Notiere deine Beobachtung.
- c) Erkläre die Beobachtung! In welcher Richtung wirkt der Luftdruck?

3. Konservendose**Material:**

Konservendose mit zwei Löchern, Klebeband.

Durchführung:

Fülle die Konservendose mit Wasser auf. Verschliesse ein Loch mit dem Klebeband und versuche das Wasser durch das offene Loch herauslaufen zu lassen.

Entferne das Klebeband und fülle die Konservendose wieder auf. Lasse das Wasser noch einmal herauslaufen. Stellst du einen Unterschied fest?

- a) Zeichne die Versuchsanordnung.
- b) Notiere deine Beobachtung.
- c) Erkläre die Beobachtung! In welcher Richtung wirkt der Luftdruck?

Das Dosenbarometer

Theoretische Grundlage:

Das Dosenbarometer (oder Aneroidbarometer) enthält eine weitgehend luftleer gepumpte flache runde *Dose aus Blech* mit gewelltem Deckel und Boden. Eine *Feder* verhindert, dass sie der von aussen auflastende Luftdruck zusammenpresst. Ändert sich der Luftdruck, so ändert sich auch die Höhe der Dose. Diese Höhenänderung wird über einen *Hebel* und einen *Zeiger* auf eine *Mess-Skala* übertragen. Da die Elastizität des Dosenmaterials von der Temperatur abhängt, belässt man in der Dose einen kleinen Restdruck, der diesen Einfluss kompensiert. Dennoch darf das Dosenbarometer keiner direkten Sonnenbestrahlung ausgesetzt werden. Häufig reagiert das Gerät wegen der Reibung im Übertragungsmechanismus nicht auf kleine Druckänderungen. Hier hilft das berühmte leichte Fingerklopfen auf das Gehäuse.

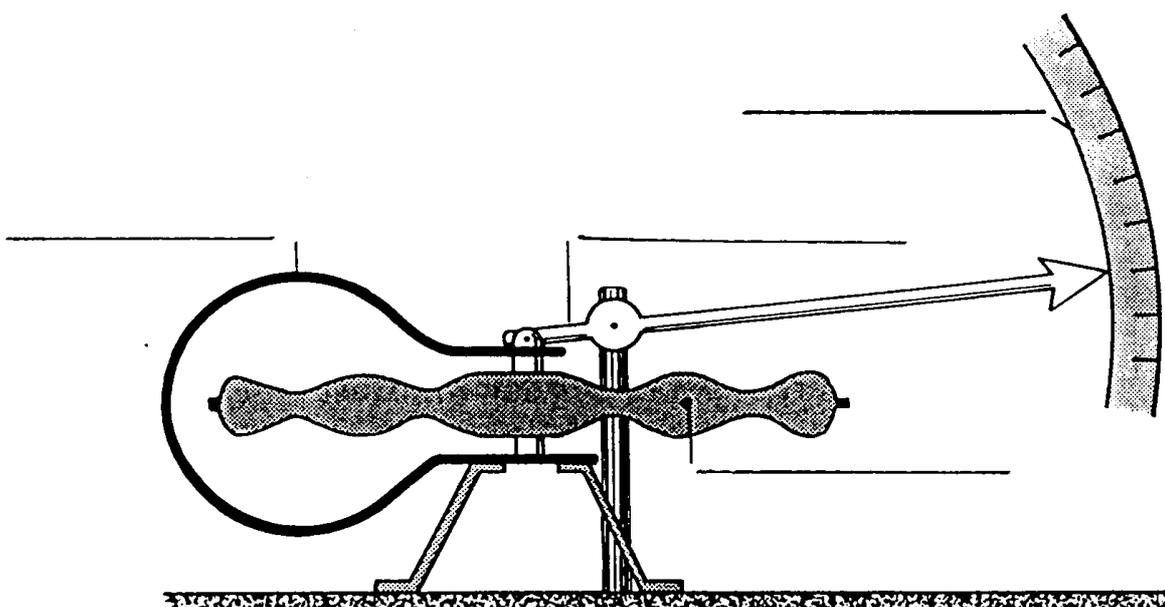
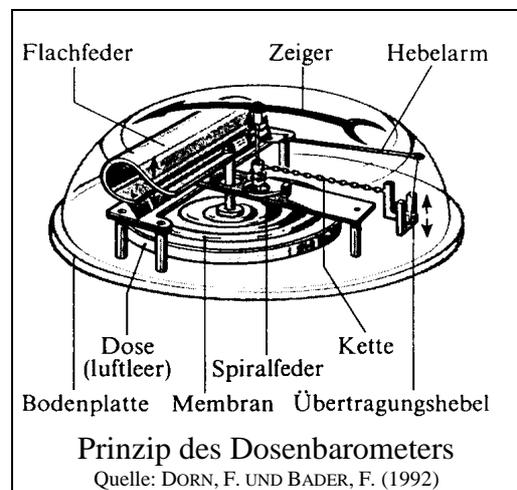
Material:

Dosenbarometer, Plastiksack

Durchführung:

- Welchen Wert zeigt das Barometer an?
- Gib den Barometer in den Plastiksack und blase diesen auf. Welchen Wert erreicht das Barometer jetzt?
- Versuche den Luftdruck im Plastiksack durch Händedruck zu verändern (keine Gewalt anwenden!). Um wieviel hPa kannst du den Luftdruck auf diese Art erhöhen?
- Beschrifte die untenstehende Abbildung.

Verwende dafür die *kursiv* geschriebenen Worte der theoretischen Grundlage.



Der Höhenmesser

Theoretische Grundlage:

Steigt man mit einem Barometer in die Höhe, so fällt der Druck. Das hat gar nichts mit dem Wetter zu tun, sondern ist lediglich Ausdruck der Tatsache, dass die Luftsäule, die sich über uns bis ans obere Ende der Atmosphäre erhebt, beim Höhersteigen kürzer geworden ist. Ein Barometer lässt sich also auch als Höhenmesser verwenden, wenn eine entsprechende Höhenskala gemäss nebenstehender Tabelle eingebaut ist.

Tab. Luftdruckabnahme in der Atmosphäre

Höhe (km)	Druck (hPa)	Höhe (km)	Druck (hPa)
0	1000	6.5	447
0.5	940	7	420
1	883	7.5	395
1.5	830	8	371
2	780	8.5	349
2.5	733	9	328
3	689	9.5	308
3.5	648	10	290
4	609	10.5	272
4.5	572	11	256
5	538	11.5	240
5.5	506	12	226
6	475	12.5	212

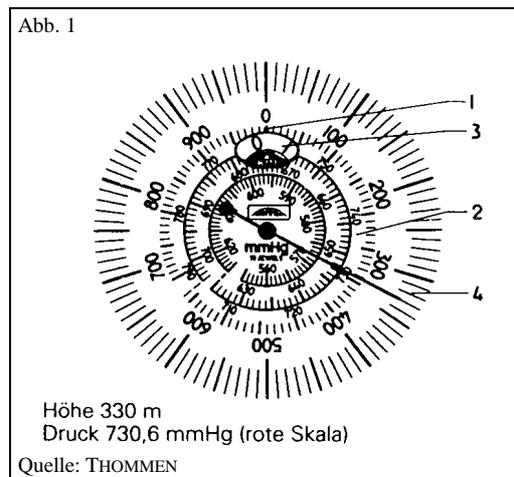
Material:

Höhenmesser, topographische Karte FL

Durchführung:

- Stelle die Werte der Tabelle in einem Diagramm dar (Abszisse: Druck in hPa, Ordinate: Höhe in km)
- Lies aus dem Diagramm eine Faustregel ab, die besagt, um wieviel der Druck ungefähr abnimmt, wenn man sich 100 m höher begibt.
! Hebe diese Faustregel deutlich hervor! !
- Stelle mit dem roten Zeiger die Höhenangabe des Höhenmessers (Skala 4 in Abb. 1) durch Drehen des oben und unten freiliegenden gerippten Stellrings auf die in der topografischen Karte angegebene Höhe ein. Wie hoch liegt das LG?
- Stelle mit Hilfe des Barometers den realen Luftdruck (**absoluter Barometerstand**) im Schulzimmer fest.
- Berechne oder lies ab, wie hoch der Luftdruck heute wäre, wenn sich das Schulzimmer auf Meereshöhe befände (**reduzierter Barometerstand**).
- Miss mit dem Höhenmesser am Boden der Erdgeschosses und am Boden des obersten Stockwerkes im Klassentrakt die Höhe über Meer. Miss dabei jeweils auch den Luftdruck. Um welchen Betrag verändert sich der Luftdruck pro 10 m Höhenzunahme? **! Hebe diese Faustregel deutlich hervor! !** Vergleiche den gefundenen Wert mit deinem Diagramm (**mittlerer (relativer) Barometerstand**).
- Weshalb verändert sich der Luftdruck mit zunehmender Höhe nicht linear?
- Dehnt sich die Dose im Barometer aus oder wird sie zusammengedrückt, wenn man den Barometer von Vaduz nach Triesenberg transportiert?
- Was geschieht mit der Dose im Barometer, wenn Vaduz unter den Einfluss eines Hochdruckgebietes gelangt?

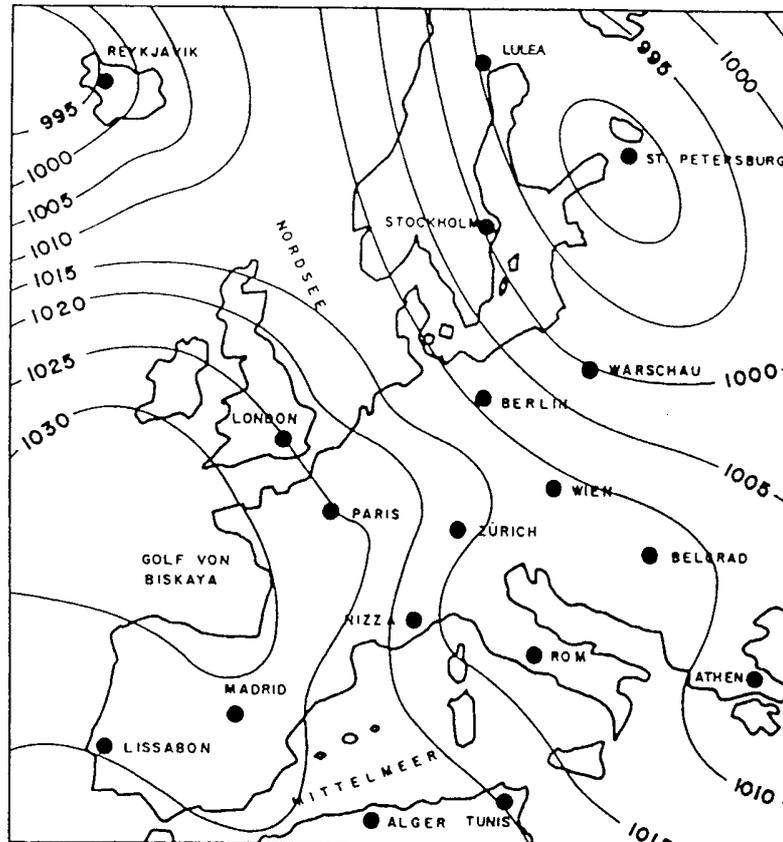
Abb. 1



Die Wetterkarte (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die Tatsache, dass der Luftdruck nicht überall gleich ist, ist für das Wettergeschehen von grösster Bedeutung. In Wetterkarten werden Luftdruckwerte vieler Orte angegeben. Will man diese Werte miteinander vergleichen, so muss man sie auf eine gemeinsame Höhe, beispielsweise auf Meeresniveau, umrechnen. Man sagt diesem Wert dann *reduzierter Barometerstand*. Ein *Hochdruckgebiet* bringt uns meist schönes, sonniges Wetter, weil die Luft aus der Höhe absinkt und sich dabei erwärmt (vgl. S.136). Dadurch lösen sich die Wolken auf (vgl. S.133). Ein *Tiefdruckgebiet* dagegen bringt Wolken und Regen. Auf der Wetterkarte erkennt man die "Hochs" (H) und "Tiefs" (T) an den *Isobaren*. Isobaren sind Linien gleichen Luftdrucks.



Quelle: SHV, Schweizerischer Hängegleitverband (1994)

Material:

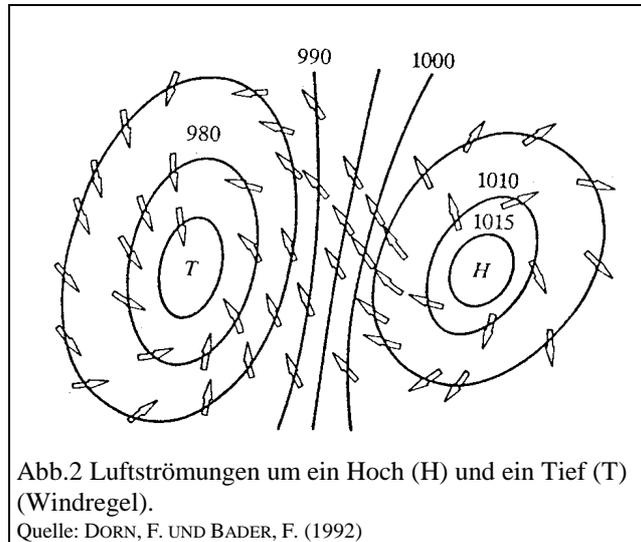
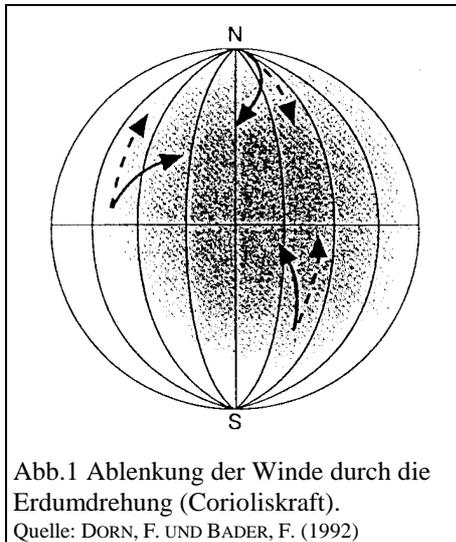
Atlas

Durchführung:

- Um die Wetterkarte übersichtlicher zu machen, solltest du einige Bereiche einfärben. Male das gesamte Gebiet, in dem der Luftdruck geringer ist als 1005 hPa, rot aus (Tiefdruckgebiet). Schreibe ein "T" hinein. Male das gesamte Gebiet, in dem der Luftdruck zwischen 1005 und 1015 hPa beträgt, hellblau oder violett aus. Male das Gebiet, in dem der Luftdruck höher als 1015 hPa ist, dunkelblau aus (Hochdruckgebiet, "H").
- Wie gross ist die Luftdruckdifferenz zwischen der Westküste Islands und dem Montblanc ?
- Wie gross müsste die Luftdruckdifferenz zwischen diesen beiden Gebieten aufgrund der Höhendifferenz sein ?
- Wie gross sind die auf der Wetterkarte wiedergegebenen Luftdruckunterschiede innerhalb des Alpenraums ?
- Wie gross müssten die Luftdruckunterschiede innerhalb des Alpenraums aufgrund der Höhendifferenzen sein ?
- Warum wird der Luftdruck stets reduziert auf Meereshöhe angegeben ?
- Weshalb bringt ein "Tief" meist schlechtes Wetter?

Wind und Wetterkarte (Hausaufgabe)

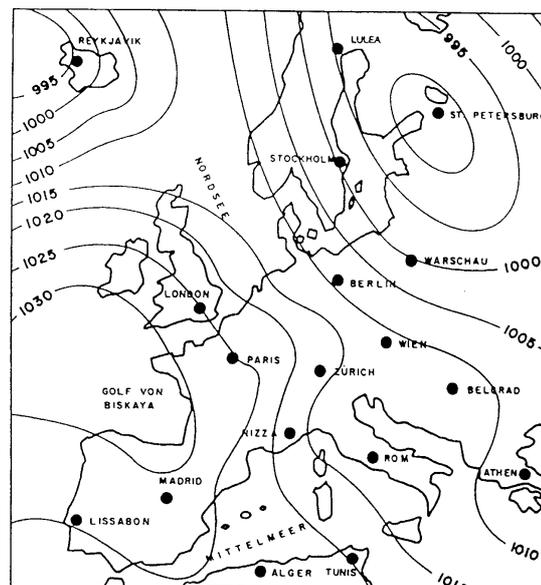
Theoretische Grundlage:



Der geringste Druckunterschied zwischen zwei Orten bewirkt, dass sich Luft vom Ort grösseren Luftdrucks zum Ort kleineren Luftdrucks bewegt, mit anderen Worten: *ein Wind entsteht*. Je grösser der Druckunterschied zwischen zwei Orten ist, desto schneller wird die Luft dieses Druckgefälle hinunterströmen. Je näher also die Isobaren aneinander liegen, desto stärker ist das Druckgefälle und damit der Wind. Luft, die in Richtung Äquator strömt, bleibt gegenüber der Erdrotation zurück, da sie in Gegenden kommt, die eine grössere Geschwindigkeit haben (Abb.1). Polwärts fliessende Luft eilt dagegen der Erdrichtung voraus. Auf der Nordhalbkugel wird der Wind also immer nach rechts (Südhalbkugel nach links) abgelenkt. Es gilt die *Windregel*: Auf der Nordhalbkugel der Erde strömt die in ein Tief hineinfließende Luft im Gegenuhrzeigersinn um das Tief, die aus einem Hoch herausfließende Luft strömt im Uhrzeigersinn um das Hoch (Abb.2).

Durchführung:

- Zeichne in Abb.1 die Richtung der Erdumrotation ein.
- Zeichne in die Wetterkarte die Luftströmungen ein.
- In welcher der folgenden vier Städte ist der Wind am stärksten?
Madrid - Wien - Stockholm - Rom
- In welcher der folgenden vier Städte ist der Wind am schwächsten?
Algier - London - Zürich - Reykjavik

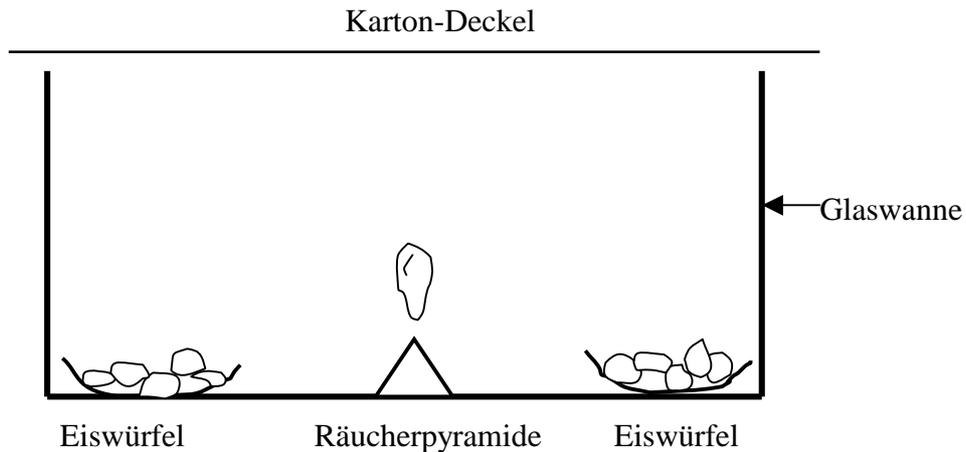


Material:

grosse Glaswanne mit Kartondeckel, drei Schalen, Eiswürfel, Räucherstäbchen oder Räucherpyramiden, Plastillin, Thermometer

Durchführung:

1. (**Demonstrationsversuch**) Richte die Versuchsanordnung gemäss folgender Abbildung ein.



Zünde die Räucherpyramide an und beobachte während 3-5 Minuten die Bewegung des Rauches.

- a) Zeichne den Weg des Rauches in obige Abbildung ein.
- b) Zeichne Hochs und Tiefs ein.
- c) Erkläre die durch den Rauch sichtbargemachte Luftbewegung.

2. Stelle an der geöffneten Eingangstüre des Schulzimmers und an der Eingangstüre in das Schulgebäude mit Hilfe des Rauches die Richtung des Durchzugs fest.

- a) Gib in einer Skizze die Windrichtungen am Boden und im oberen Bereich der Türöffnungen wieder.
- b) Miss die Temperaturen innen/aussen und oben/unten.
- c) Wie sind die Windrichtungen zu erklären ?

Windmessungen

Theoretische Grundlage:

Wenn von *Windrichtung* die Rede ist, dann ist die Himmelsrichtung gemeint, aus der der Wind kommt; der Westwind weht also von West nach Ost. Eine "Windrose" zeigt die Windrichtungen in Winkelgraden von Nord über Ost nach Süd und West. Die *Windstärke* und *Windgeschwindigkeit* kann auf sehr verschiedene Arten festgestellt werden:

Beaufort-Skala	Bezeichnung	Auswirkungen des Windes im Binnenland	Auswirkungen des Windes auf See	Mittlere Windgeschwindigkeit (auf -oder abgerundet)		
				m/s	km/h	Knoten
0	Windstill	Rauch steigt gerade empor	See spiegelglatt	0.3	1	1
1	Leiser Zug, sehr leichter Wind	Windrichtung am Zug des Rauches sichtbar, Fahnen fast unbewegt	Kräuselwellen ohne Schaumkämme zeigen sich da und dort	0.8	3	2
2	Leichte Brise, leichter Wind	Wind im Gesicht fühlbar, bewegt die Blätter an den Bäumen, Windfahne bewegt sich	Kleine Wellen, brechen sich nicht	2.5	9	5
3	Schwache Brise, schwacher Wind	Blätter und dünne Zweige bewegen sich	Kämme beginnen sich zu brechen	4.5	16	9
4	Mässige Brise, mässiger Wind	Staub oder Papierfetzen werden aufgewirbelt, dünne Äste bewegt	da und dort bereits Schaumkronen, Oberfläche stark aufgeraut	6.5	24	13
5	Frische Brise, ziemlich starker Wind	Kleine Laubbäume beginnen zu schwanken	Überall weisse Schaumkämme	9	33	18
6	Starker Wind	Starke Äste in Bewegung, Singen der Telefondrähte, Regenschirme schwierig zu benutzen	Bildung grosser Wellen beginnt, Kämme brechen und hinterlassen grössere weisse Schaumflächen. Etwas Gischt	12.5	45	24
7	Steifer Wind, sehr starker Wind	Ganze Bäume in Bewegung, Hemmung beim Gehen gegen den Wind	See türmt sich, Gischtstreifen, die sich parallel zur Windrichtung legen	15.5	56	30
8	Stürmischer Wind	Bricht Zweige von den Bäumen, erschwert erheblich das Gehen in Freien	Von den Kanten der Kämme beginnt Gischt abzuwehen, Schaumstreifen in der Windrichtung	19	68	37
9	Sturm	Kleinere Schäden an Häusern (Dachziegel und Kaminaufsätze werden abgeworfen)	Hohe Wellenberge, dichte Schaumstreifen, Sicht stellenweise beeinträchtigt	23	82	44
10	Schwerer Sturm, starker Sturm	Entwurzelt Bäume, Ernste Schäden an Häusern	Sehr hohe Wellenberge, weissliches Aussehen der See, allgemeine Sichtverminderung	26.5	96	52
11	Orkanartiger Sturm, heftiger Sturm	Verbreitete Sturmschäden (sehr selten im Binnenland)	Aussergewöhnlich hohe Wellenberge. Durch Gischt herabgesetzte Sicht	30.5	110	60
12	Orkan	Schwerste Verwüstungen	Luft mit Schaum und Gischt angefüllt. See vollständig weiss. Jede Fernsicht hört auf	30.5	110	60

Material:

Anemometer, Ventilator

Durchführung:

- Stelle die Windstärke (Beaufort) auf einem offenen Platz vor dem Gymnasium anhand deiner Beobachtungen in der Natur und mit dem Anemometer fest. Gib die Windgeschwindigkeit (km/h) und Windrichtung an.
- Wie stark ist der Wind, den du mit einem Ventilator oder durch Blasen erzeugen kannst?
- Zeichne den Anemometer und beschrifte ihn.
- Zeichne eine Windrose.

Wie entsteht eine Wetterprognose?**Material:**

Film 1996, 25 Min.

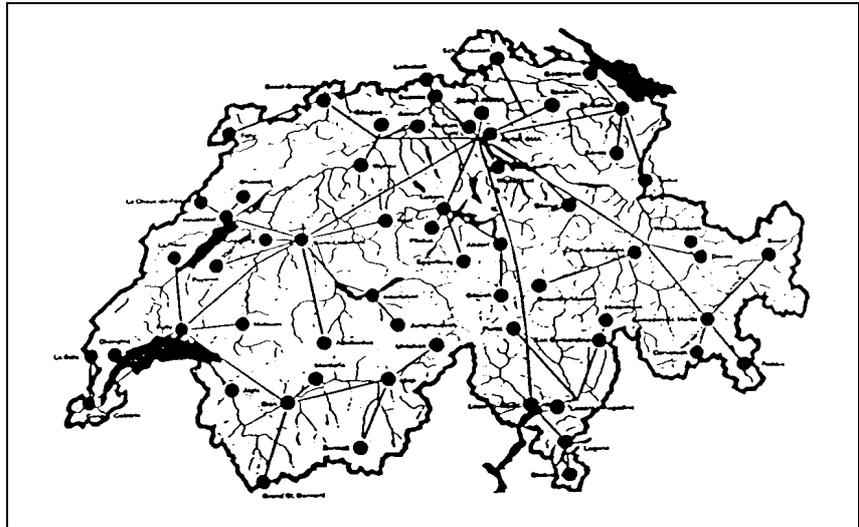
Durchführung:

Beantworte die Fragen zum Film:

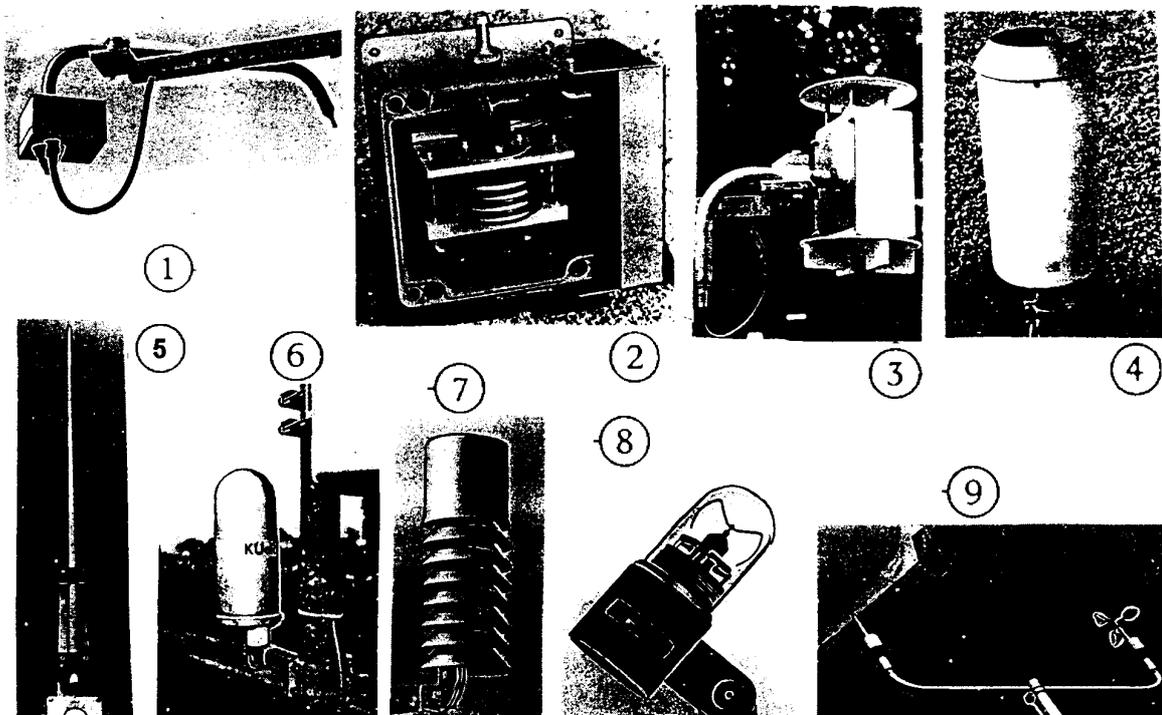
1. In welchen Bereichen sind genaue Kenntnisse der Wetterentwicklung von Vorteil?
2. Seit wann werden Wetterkarten aufgezeichnet?
3. Was bedeutet SMA?
4. Wo hat die SMA ihren Sitz?
5. Wieviele Messstationen hat das ANETZ in der Schweiz?
6. Welche Daten können von diesen Messstationen noch nicht automatisch erfasst werden?
7. Welche Daten werden automatisch erfasst?
8. Welche Möglichkeiten gibt es, Klimadaten von unterschiedlichen Punkten der Erde und der Atmosphäre zu bekommen?
9. Welche Daten erfasst ein Wetterballon?
10. Wie hoch steigt ein Wetterballon etwa?
11. In welcher Höhe befinden sich die Wettersatelliten?
12. In welcher Richtung strömt die Luft auf der Nordhalbkugel um ein Tiefdruckgebiet herum?
13. Wie sicher sind Wetterprognosen?
14. Was versteht man unter dem Begriff "Schmetterlingseffekt"?

Besichtigung der SMA-Wetterstation in Vaduz (Exkursion)

Die abgebildete Karte zeigt das Netz der automatischen Wetterstationen der Schweiz. Die Wetterstation, vor der wir stehen, ist eine davon.



- a) Wo werden die Daten dieser und aller anderen automatischen Wetterstationen gesammelt ?
- b) Kannst Du die unten abgebildeten Messinstrumente an der Wetterstation erkennen ? Beschrifte sie und gib an, was damit gemessen wird.



Quelle: SMA METEOSCHWEIZ

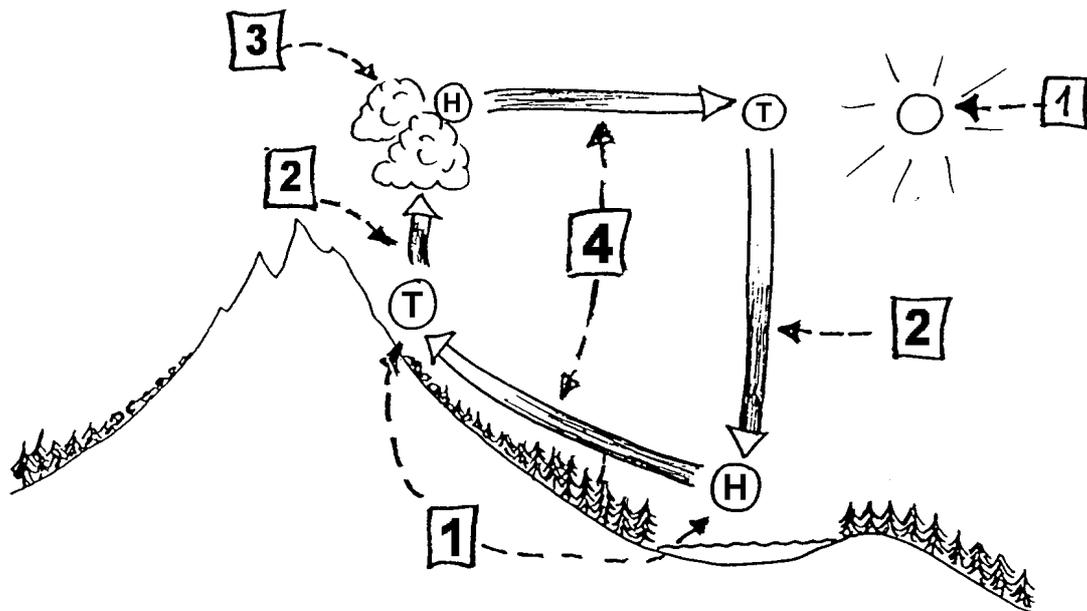
- c) Zeichne die gesamte Wetterstation schematisch ab und beschrifte alle Dir nun bekannten Messinstrumente.

Wiederholung - Rückblick - Zusammenfassung (Hausaufgabe)

Durchführung:

Nun kannst du die abgebildete Wettersituation genau erklären. Gehe dabei folgendermassen vor. In der Abbildung ist die Abfolge der Prozesse bei der Bildung von Quellwolken und Talwind mit Nummern gekennzeichnet. Sie sollen dir bei deinen Ausführungen eine Hilfe sein. Versuche zu jeder Nummer einen kürzeren oder längeren Text zu schreiben, welcher dein Wissen über die Phänomene zusammenhängend aufzeigt und den jeweiligen Prozess so detailliert wie möglich erklärt. Die Absätze zu den einzelnen Nummern sollen zusammen eine abgerundete Erklärung des Gesamtgeschehens ergeben.

Teile dafür das Blatt in zwei Spalten. Die eine Spalte beinhaltet den Hauptpfad, die andere den Nebenzweig. Die Erklärung dieser Wettersituation ist der sogenannte *Hauptpfad*. Daneben hast Du in den letzten Wochen natürlich auch Dinge gelernt, welche nicht direkt für das alleinige Verständnis dieser Wettersituation erforderlich wären, so z.B. das Funktionsprinzip des Barometers oder die physikalische Definition des Drucks. Diese Erkenntnisse stellen die sogenannten *Nebenzweige* dar. Du kannst sie jeweils an entsprechender Stelle gegenüber dem Hauptpfad notieren und mit einem Pfeil vom Hauptpfad aus symbolisch auf den Zusammenhang verweisen.



Zeiten und Zonen

Checkliste

AUFGABE	✓
Tageszeiten – Jahreszeiten..... 155	
Wie kommt es zu Tag und Nacht? 155	
Warum ist es im Sommer länger hell? 156	
Entstehung der Jahreszeiten 157	
Klimazonen 158	
Die solaren Klimazonen der Erde (Hausaufgabe) 158	
Temperaturzonen (Hausaufgabe) 159	
Die effektiven Klimazonen der Erde (Hausaufgabe) 160	
Vegetationszonen und Biome (Hausaufgabe) 161	

Zeiten und Zonen

Lernziele

Nach dem Studium dieses Kapitels solltest du in der Lage sein ...

Nr.	Lernziel	+	±	-
1.	zu erklären, wie es zu Tag und Nacht bzw. Sommer und Winter kommt			
2.	zu erklären, weshalb es im Sommer länger hell ist			
3.	die Zeitverschiebung und das Zustandekommen von Zeitzonen zu erklären			
4.	den ursächlichen Zusammenhang zwischen dem Sonneneinstrahlungswinkel und der Erwärmung der Erdoberfläche zu erläutern			
5.	die Stellung der Erdachse zur Sonne im Sommer und im Winter anzugeben und mit den sich daraus ergebenden Temperaturunterschieden in Verbindung zu bringen			
6.	die Ursache für die Existenz kalter und warmer sowie trockener und feuchter Klimazonen anhand des Sonneneinstrahlungswinkels, der Beleuchtungszonen und der Niederschläge zu erklären			
7.	einige Vegetationszonen und terrestrische Biome zu nennen und ihre besonderen Eigenschaften zu kommentieren			
8.	den Begriff der <i>Isothermen</i> zu erklären			

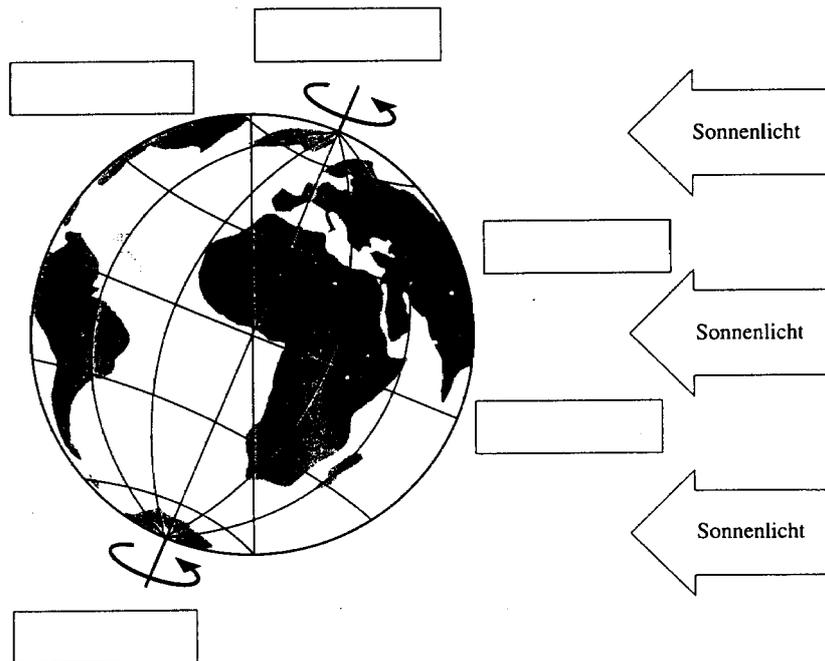
Wie kommt es zu Tag und Nacht?

Material:

Globus, Leuchte, Atlas

Durchführung:

1. Ergänze den Text: Die Erde dreht sich um ihre eigene Achse. Dazu braucht sie _____ Stunden. Dabei wird stets nur die Hälfte von der Sonne beschienen. Dort ist dann gerade _____. Auf der Seite, die der Sonne abgewandt ist, ist _____.



- a) Markiere in der Abbildung Liechtenstein mit einem roten Punkt. Male die Tagseite der Erde gelb, die Nachtseite blau aus.
 - b) Welche Tageszeit ist in Liechtenstein gerade?
 - c) Trage die folgenden Begriffe in die richtigen Kästchen ein: Nordpol – Südpol – Äquator – Tag – Nacht
2. Spiele mit Leuchte und Globus den Vorgang von *Tag und Nacht* durch.
 - a) Zeichne die Erde in Aufsicht (Blick von oben auf den Nordpol hinunter, Nordpol als Zentrum des Kreises). Trage die Erdrotation ein. Zeichne auch die Sonnenstrahlen ein. Markiere den Ort, an dem gerade Mittag ist und beschreibe in wenigen Sätzen, wie die Sonnenstrahlen an dieser Stelle eintreffen und wo überall auf der Erde gleichzeitig Mittag, d.h. 12⁰⁰ Uhr ist.
 - b) Berechne: Wie lange es für einen Ort A dauert, der um 1° weiter westlich als der Ort B liegt, an dem gerade Mittag ist, bis dieser ebenfalls Mittag hat? Wie spät ist es also bei A, wenn bei B 12⁰⁰ Uhr ist?
 - c) Vergleiche die Ergebnisse mit der Karte der Zeitzonen im Atlas. Was ist bezüglich des Verlaufes der Zeitzonen und deren Abgrenzung festzustellen? Was sind wohl die Gründe für diese „komische“ und aus astronomischer Sicht auch „falsche“ Einteilung?

Warum ist es im Sommer länger hell?

- 1) Stell dir vor, du radelst mit dem Fahrrad entlang der eingezeichneten Linien um die Erde. Sie verläuft auf der Nordhalbkugel parallel zum Äquator.
 - a) Zeichne das Wegstück, das jeweils von der Sonne beschienen wird, gelb nach.
 - b) Zeichne das Wegstück, das jeweils in der Dunkelheit liegt, blau nach.

- 2) In den Kästchen stehen jeweils zwei Möglichkeiten. Streiche die falschen Begriffe durch und unterstreiche die richtigen rot.



Sonnenlicht

Das Wegstück, das in der Sonne liegt, ist

 als das in der Dunkelheit.
Es ist hell.

Sonnenlicht

Das Wegstück liegt

in der Dunkelheit. Die Nacht ist

Sonnenlicht

 Bei uns ist es

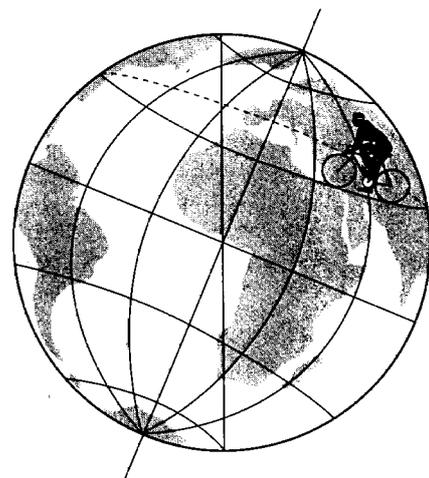
Das Wegstück, das in der Sonne liegt,

ist als das in der Dunkelheit.Es ist hell. Das Wegstück liegt in derDunkelheit. Die Nacht ist .Bei uns ist es .

Sonnenlicht

Sonnenlicht

Sonnenlicht



Entstehung der Jahreszeiten

Theoretische Grundlage:

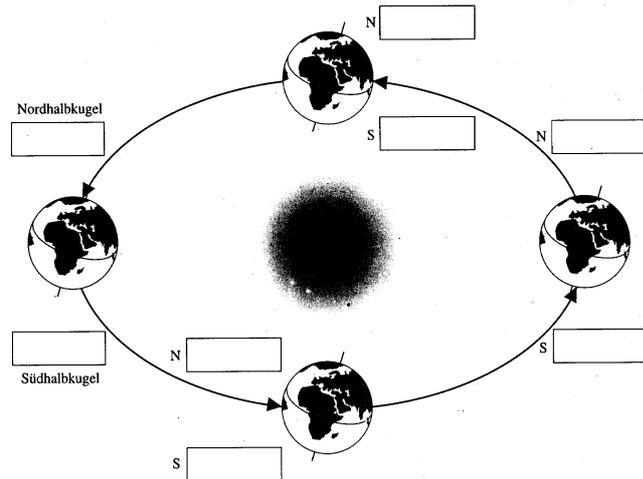
Die Erde umkreist im Laufe eines Jahres einmal die Sonne. Dabei bleibt die Schrägstellung der Erdachse in Bezug zur Erdumlaufbahn immer gleichgerichtet und gleichgross, nämlich 23.5° .

Material:

Tischlampe mit Papierrohr, Globus

Durchführung:

- 1) ✎ Schreibe die Jahreszeiten für die Nordhalbkugel rot, die für die Südhalbkugel grün in die Kästchen.
- 2) Halte deine Hand in rund 15 cm Entfernung vor die Lampe, so dass deren Wärmestrahlung gut spürbar ist. Halte die Handfläche einmal so, dass die Strahlen senkrecht auftreffen und einmal in einem Winkel von rund 45° dazu geneigt.



- ✎ Zeichne beide Situationen schematisch auf und halte in wenigen Sätzen deine Beobachtungen fest.
Hast du Vermutungen für eine Erklärung deiner Beobachtung? Halte diese ebenfalls in kurzer schriftlicher Form fest.
- 3) Bestrahle den Globus mit der Lampe und dem Papierrohr aus einer Entfernung von 10 - 20 cm, einmal im Bereich des Äquators und einmal im Bereich des Polarkreises. Zeichne mit Kreide die Grösse des beleuchteten Feldes auf dem Globus ein.
 - a) Halte deine Beobachtung in einer Querschnittzeichnung fest, welche beide Situationen, Beleuchtung des Äquators und des Polargebietes, zeigt.
 - b) Versuche nun in einigen Sätzen die Zusammenhänge von Breitenlage, Einstrahlungswinkel und Strahlungsenergieerhalt pro Flächeneinheit aufzuzeigen.
- 4) Fülle den Lückentext aus: Die liegt während des voll im Schatten, die wird während des voll besont. Im Sommer der Nordhalbkugel treffen die Sonnenstrahlen auf die Erdoberfläche. Dies hat zur Folge, dass eine Flächeneinheit Wärmestrahlung erhält. Daher ist es im Sommer als im Winter. Im Winter der Nordhalbkugel treffen die Sonnenstrahlen in Winkel auf die Erdoberfläche. Eine Flächeneinheit erhält somit Daher ist es im Winter Die Sonne kann nur im Bereich , also in der senkrecht stehen.

Die solaren Klimazonen der Erde (Hausaufgabe)

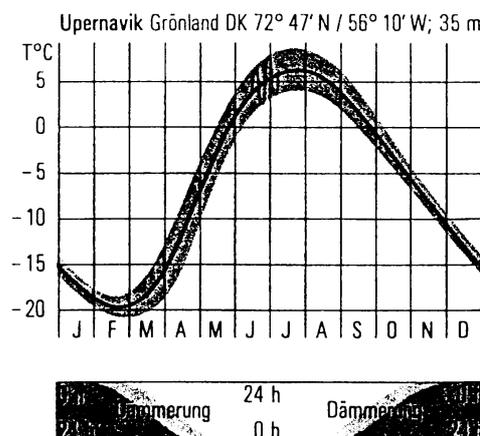
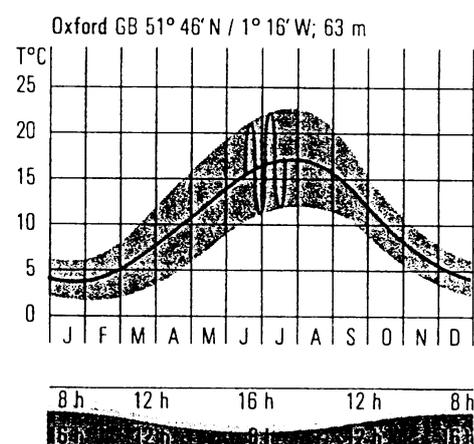
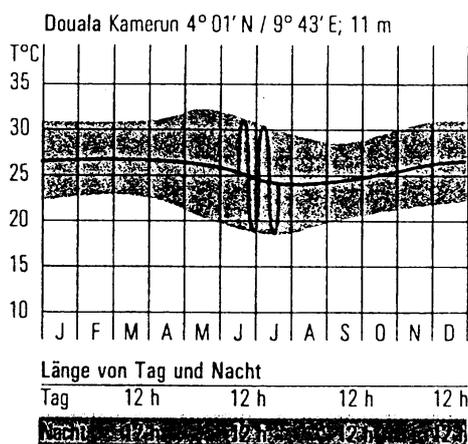
Theoretische Grundlage:

Aufgrund der unterschiedlichen Einstrahlungswinkel erhält die Erdoberfläche je nach Breitenlage ein unterschiedliches Mass an Wärme. Die direkte Folge davon sind die sog. *solaren Klimazonen*, von denen man grundsätzlich drei unterscheidet. Die *tropische*, die *gemäßigte* und die *polare Zone*.

Durchführung:

- a) Erstelle eine Tabelle mit vier Spalten (Kriterium - Tropische Zone - Gemässigte Zone - Polare Zone). Als Kriterium wählst du: **Jahresschwankung der Temperatur - Tagesschwankung der Temperatur - Länge von Tag und Nacht - Länge der Dämmerung (lang, kurz, mittelmässig) - Namen der Abgrenzungslinien zu den benachbarten Zonen.** Fülle die Tabelle mit Hilfe der einkopierten Klimadiagramme aus!

— Jahresschwankung der Monatsmittel  Tagesschwankung



Quelle: BAER, H.-W. und zahlreiche Mitarbeiter (1975)

- b) Welche der oben genannten Kriterien sind für das Wachstum der Pflanzen in diesen Zonen von Bedeutung?

Temperaturzonen (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die räumliche Differenzierung des ökologischen Faktors Wärme, die in Temperaturzonen erkennbar wird (Abb.), geht auf den vom Sonnenstand abhängigen Strahlungsgenuss von Atmosphäre und Erde zurück. Wie die Abbildung erkennen lässt, verlaufen die *Isothermen* (Linien gleicher Temperatur) aber keineswegs genau parallel zu den Breitengraden, sondern zeigen starke Abweichungen nach Norden und Süden.

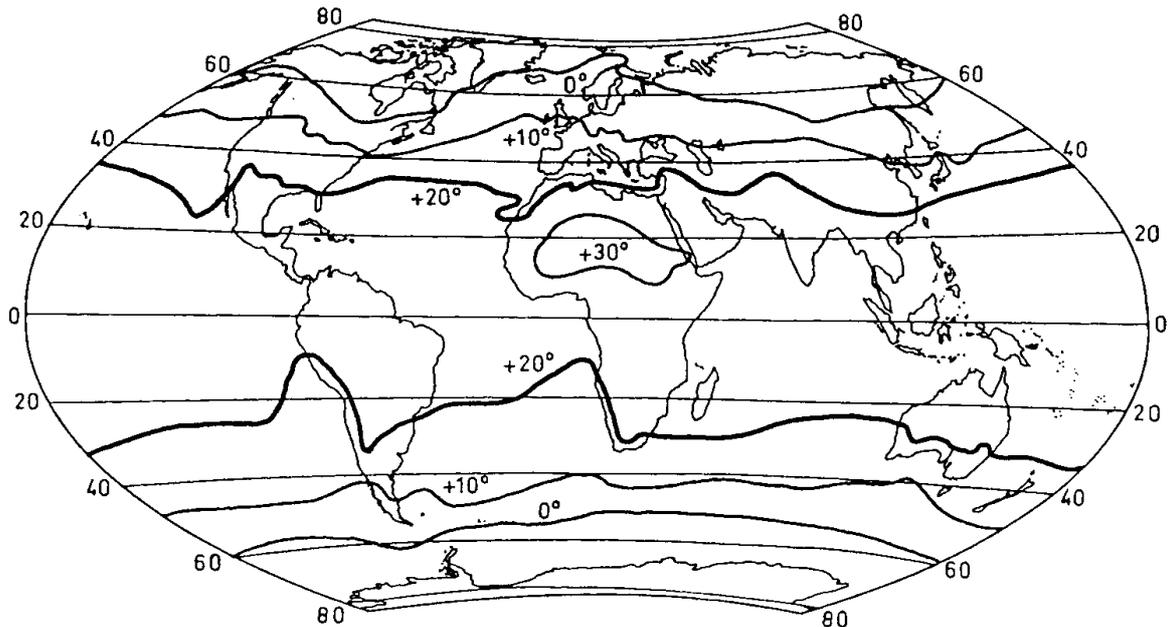


Abb. Temperaturzonen der Erde, vereinfacht dargestellt durch Jahresisothermen
(Linien gleicher mittlerer Jahrestemperatur)

Quelle: BICK ÖKOLOGIE, FISCHER, E.P. (1995)

Durchführung:

a) Worauf sind die Abweichungen der Isothermen von den Breitengraden zurückzuführen?

Die effektiven Klimazonen der Erde (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Die solare Einstrahlung bildet zwar die Grundlage zur Entstehung verschiedenartiger grossräumiger Klimazonen, sie ist aber nicht allein für deren kleinräumigen Charakteristiken und Abgrenzungen verantwortlich, denn sonst müssten Klima und Vegetation überall entlang eines Breitengrades gleich sein. Zusätzlich von Bedeutung sind z.B. die Oberflächengestalt der Erde (Gebirgszüge, Hoch- und Tiefebene), die Verteilung von Land und Meer, Winde, Meeresströmungen und vieles andere. Die daraus hervorgehenden Klimazonen heissen *effektive Klimazonen*. Ein Beispiel aus Asien soll dies zeigen.

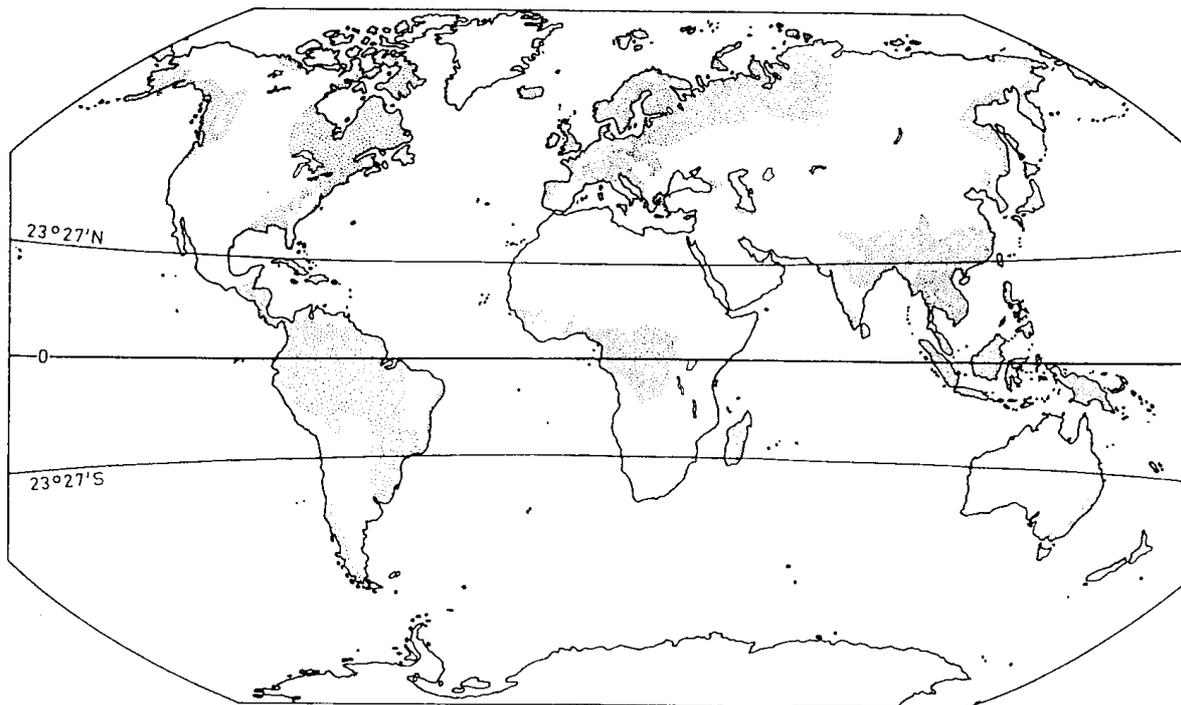


Abb. Grossräumige Verteilung von ariden und humiden (punktiert) Gebieten.

Quelle: BICK ÖKOLOGIE, FISCHER, E.P. (1995)

Material:

Atlas

Durchführung:

- Zeichne in die Karte die Steppe von Kasachstan ein.
- Wie sieht die (vom Klima geprägte) Vegetation hier wohl aus?
- Wie sieht die Vegetation auf gleicher Breitenlage in Westeuropa aus?
- Versuche in einigen Sätzen die Ursachen für diese Unterschiede zu beschreiben.
- Suche drei weitere Beispiele für sehr unterschiedliche Klimata und Vegetationsdecken entlang eines Breitengrades und notiere diese.

Vegetationszonen und Biome (Hausaufgabe)

Theoretische Grundlage:

Ein *Biom* entspricht einem grossen Lebensraum mit dem gleichen Klimatyp und der dafür charakteristischen Vegetation und Fauna. Es ist Ansichtssache, wieviele Biome unterschieden werden sollten, da sie sich überschneiden und scharfe Abgrenzungen kaum den natürlichen Gegebenheiten entsprechen. Lokale Klimaeinflüsse, Bodentypen und Feuer können Grenzen verschieben.

Durchführung:

a) Trage in die beiden Abbildungen Vaduz ein:
 mittlerer jährlicher Niederschlag: 100.5 cm;

mittlere jährliche Temperatur: 9.6 °C;

mittlere jährliche relative Luftfeuchtigkeit: 75 %;

Ortsangabe: 47° 08' nördlicher Breite, 9° 36' östlicher Länge

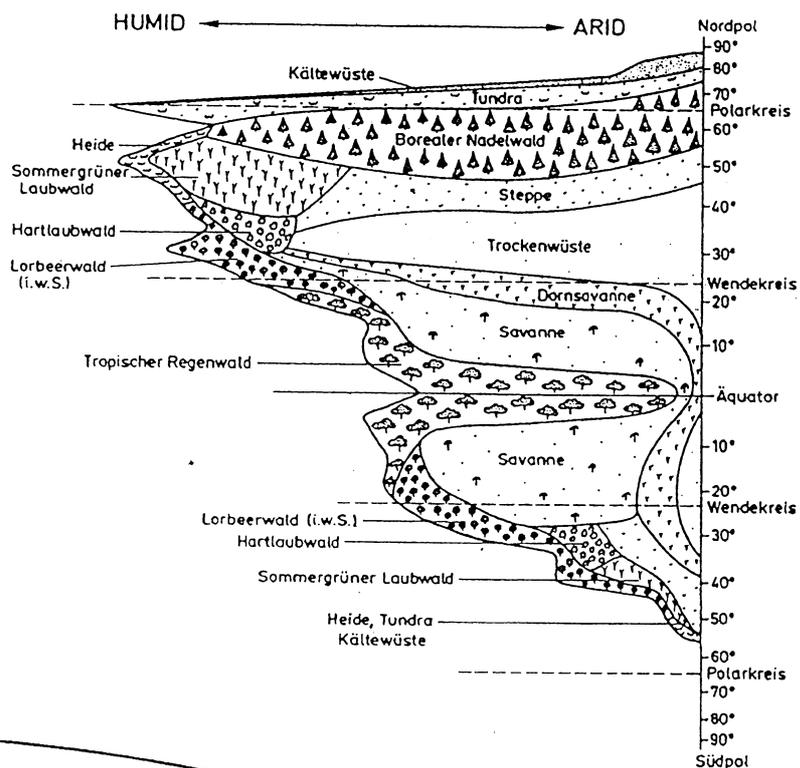


Abb.1 (oben) Klima und Vegetationszonen. Horizontale Verbreitung der Vegetation der Erde in zweidimensionaler Darstellung.

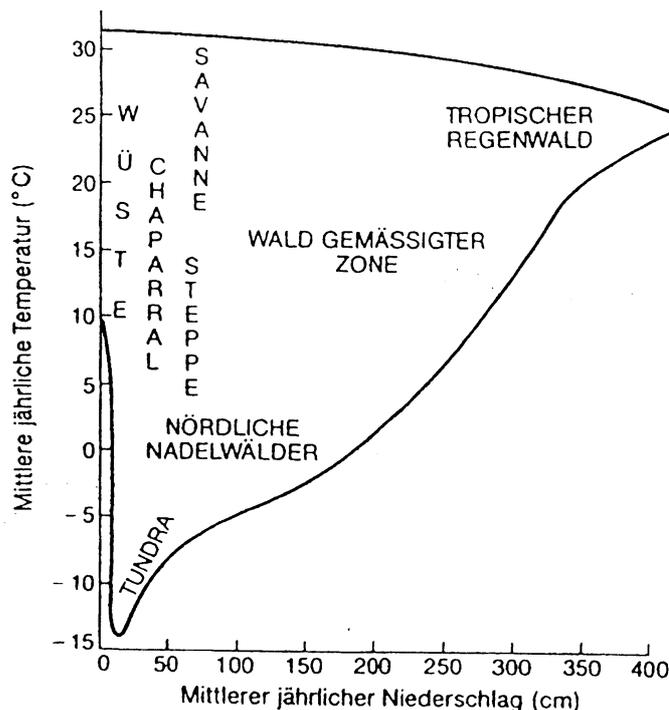


Abb.2 (links) Verbreitung der acht grössten terrestrischen *Biome* im Verhältnis zu mittlerer Jahrestemperatur und -niederschlag. (Nach WHITTAKER, R.H. (1975))

LITERATURVERZEICHNIS

- ASSELBORN, W. (1995): Chemie heute, Lehrerband mit Kopiervorlagen, Hannover.
- BAER, H.-W. und zahlreiche Mitarbeiter (1975): Biologie in Übersichten. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin.
- BÄURLE, W. und zahlreiche Mitarbeiter (1990): Umwelt Chemie; Kopiervorlagen für Arbeitsblätter. Klett, Stuttgart.
- BENDER et al. (1995): Fundamente - Geographisches Grundbuch für die Sekundarstufe II Klett, Stuttgart.
- BICK ÖKOLOGIE: ? BILD SEITE 158 ?
- BÖHLMANN, D. (1994): Botanisches Grundpraktikum zur Phylogenie und Anatomie. Quelle & Meyer Verlag, Wiesbaden.
- CLAUS, R. und zahlreiche Mitarbeiter (1994): Natura. Klett und Balmer Verlag, Zug.
- DEICHA, C. (1998): Optikexperimente. Amtlicher Lehrmittelverlag, Vaduz.
- DORN, F. (1968): Physik. Schroedel, Hannover/Berlin/Darmstadt/Dortmund.
- DORN, F. UND BADER, F. (1992): Physik Mittelstufe. Schroedel, Hannover.
- DUIT, R. und zahlreiche Mitarbeiter (1983): Umwelt Physik. Klett, Stuttgart/Düsseldorf/Berlin/ Leipzig.
- EBEL, H.F. UND BLIEFERT, C. (1994): Vortragen in Naturwissenschaft, Technik und Medizin. VCH, Weinheim/New York/Basel/Cambridge/Tokyo
- FALKENHAHN, H.-H. (1968): Menschenkunde. R. Oldenburg Verlag, München.
- FISCHER, E.P. (1995): Aristoteles, Einstein & Co. Piper, München.
- FLEISCHMANN, K. (1985): Biologie im Schulalltag. ELAR Lehrmittel, Wil.
- HAALA, G. UND WICHERT, G. (1992): Arbeitsblätter Blütenpflanzen. Klett, Stuttgart/Düsseldorf/Berlin/Leipzig.
- JÄCKEL, M. UND RISCH, K.T. (1993): Chemie heute. Schroedel, Hannover.
- JAENICKE, J. UND MIRAM, W. (1990): Biologie heute SII - Lehrerhandbuch für den Sekundarbereich II. Schroedel, Hannover.
- KELLE, A. UND STURM, H. (1977): Tiere leicht bestimmt. Dümmler, Bonn.

- KELLER, G. UND FREYTAG, K. (1982): Stoffe und Modelle. Diesterweg, Frankfurt am Main/Berlin/München und Sauerländer, Aarau/Frankfurt am Main/Salzburg.
- KYBURZ-GRABER, R., MARFURT, F. UND PORTMANN, J. (1991): Integrierte Naturlehre. Sabe, Zürich.
- LEEUWENHOEK, A. (1684): Microscopical observations about animals in the scurf of teeth. Letter of 17 Sep., 1683, published in: Philosophical Transactions of The Royal Society of London, vol. 14 (1684), No. 159, 568-574. Zitiert bei T.D. Brock, Milestones in Microbiology, ASM 1975, 9-10. Aus dem Englischen übersetzt von Volker Eggers.
- PHILLIPS, W.D. AND CHILTON, T.J. (1994): A-Level Biology. Oxford University Press, Oxford.
- RAVEN, P., EVERT, R.F. UND CURTIS, H. (1988): Biologie der Pflanzen. Walter de Gruyter, Berlin/New York.
- SCHMIDT, R.F. (1976): Grundriss der Sinnesphysiologie. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg/New York.
- SCHÜLER DUDEN (1988): Die Chemie. Dudenverlag, Mannheim/Wien/Zürich.
- SEIDLITZ (1993): Mensch und Raum - Physische Geographie. Cornelsen-Schroedel, Berlin.
- SHV, Schweizerischer Hängegleiterverband (1994): Prüfungsfragen.
- SMA METEOSCHWEIZ: ? BILD SEITE 150 ?
- SPEISER, A.P. (1995): Der Regenbogen als physikalische Naturerscheinung. In: Neue Zürcher Zeitung vom 7. Juni 1995, Nr. 129.
- THOMMEN: Manual zur Bedienung des Höhenmessers TOMMEN CLASSIC
- WHITTAKER, R.H. (1975): Communities and Ecosystems, 2nd edn. Macmillan, London
- WILD LEITZ: Einführung in die Praxis der Durchlichtmikroskopie - Broschüre zu HM-LUX 3, Wetzlar
- WILDERMUTH, H. (1989): Biologie - Lehrerkommentar. Lehrmittelverlag des Kantons Zürich.
- WILLIAMS, B. UND WILSON, K. (1978): Praktische Biochemie. Thieme, Stuttgart.

ANHANG 1 Die E-Nummern der Zusatzstoffe in Lebensmitteln

Das System der E-Nummern erlaubt es, die in den Staaten der europäischen Gemeinschaften zugelassenen Zusatzstoffe grenzüberschreitend einwandfrei zu identifizieren. Auch die Schweiz hat sich dem E-Nummern-System angeschlossen. Die nachstehende Liste umfasst alle in der Schweiz zugelassenen Zusatzstoffe mit E-Nummern. Nicht erwähnt sind erlaubte Zusatzstoffe ohne E-Nummern. In Klammer sind jeweils die gängigen Populärbezeichnungen aufgeführt, sofern solche existieren. Die Gruppenbezeichnung wie Farbstoff, Konservierungsmittel etc., weist auf den Verwendungszweck eines Zusatzstoffes hin. Mit einem Buchstaben gekennzeichnete Zusatzstoffe können - vor allem bei häufigem Konsum - unerwünschte Nebenwirkungen haben.

- A Allergische Reaktionen möglich
- C Wirkung im Körper unklar
- G Überdosis kann Nerven reizen und Kopfweg auslösen
- N Kann im Körper in krebserregende Substanzen umgewandelt werden
- P Bei phosphatarmer Diät meiden
- S Zerstört Vitamin B1, kann Kopfweg auslösen, Zellgift
- U Bei übermässigem Konsum wird ADI-Wert (duldbare Tagesdosis) überschritten

E	100	KURKUMIN	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	101	LACTOFLAVIN/RIBOFLAVIN (VITAMIN B2)	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	104	CHINOLINGELB	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	
E	110	GELBORANGE S	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	A
E	120	COCHENILLE (CARMINSÄURE)	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	122	AZORUBIN	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	
E	123	AMARANTH	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	
E	124	PONCEAU 4 R	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	A
E	127	ERYTHROSIN	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	
E	131	PATENTBLAU V	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	A
E	132	INDIGOTIN (INDIGOCARMIN)	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	A
E	140	CHLOROPHYLLE	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	141	KUPFERKOMPLEXE DER CHLOROPHYLLE	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	Id2	BRILLANTSÄUREGRÜN	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	A
E	150	CARAMEL (ZUCKERCOULEUR)	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	151	BRILLANTSCHWARZ BN	SYNTHETISCHER FARBSTOFF	A
E	153	CARBO MEDICINALIS (PFLANZENKOHLE)	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	160	CAROTINOIDE	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	161	XANTOPHYLLE	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	162	BETANIN (RANDENROT)	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	163	ANTHOCYANE	NATÜRLICHER FARBSTOFF	
E	170	CALCIUMCARBONAT	ANTIKLUMPMITTEL/ALKALIE	
E	200	SORBINSÄURE	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	201	NATRIUMSORBAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	202	KALIUMSORBAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	203	CALCIUMSORBAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	210	BENZOESÄURE	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	211	NATRIUMBENZOAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	212	KALIUMBENZOAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	213	CALCIUMBENZOAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	214	pHB-ESTER	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	215	pHB-ESTER-NATRIUMVERBINDUNG	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	216	pHB-N-PROPYLESTER	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	217	pHB-N-PROPYLESTER-NATRILIMVERBINDUNG	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	218	pHB-METHYLESTER	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	219	pHB-METHYLESTER-NATRIUMVERBINDUNG	KONSERVIERUNGSMITTEL	A
E	220	SCHWEFLIGE SÄURE	KONSERVIERUNGSMITTEL/ANTIOXYDANS	S
E	221	NATRIUMSULFIT	KONSERVIERUNGSMITTEL/ANTIOXYDANS	S
E	222	NATRIUMHYDROGENSULFIT	KONSERVIERUNGSMITTEL/ANTIOXYDANS	S
E	223	NATRIUMDISULFIT	KONSERVIERUNGSMITTEL/ANTIOXYDANS	S
E	224	KALIUMDISULFIT	KONSERVIERUNGSMITTEL/ANTIOXYDANS	S
E	236	AMEISENSÄURE	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	250	NATRIUMNITRIT	PÖKELSTOFF	N
E	251	NATRIUMNITRAT (CHILESALPETER)	PÖKELSTOFF	N
E	252	KALIUMNITRAT	PÖKELSTOFF	N
E	260	ESSIGSÄURE	GENUSSSÄURE	
E	261	KALIUMACETAT	GENUSSSÄURE	
E	262	NATRIUMDIACETAT	GENUSSSÄURE	
E	263	CALCIUMACETAT	GENUSSSÄURE	
E	270	MILCHSÄURE	GENUSSSÄURE	
E	280	PROPIONSÄURE	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	281	NATRIUMPROPIONAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	282	CALCIUMPROPIONAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	

E	283	KALIUMPROPIONAT	KONSERVIERUNGSMITTEL	
E	296	APFELSÄURE	GENUSSSÄURE	
E	300	ASCORBINSÄURE (VITAMIN C)	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	301	NATRIUMASCORBAT	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	302	CALCIUMASCORBAT	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	30A	ASCORBYPALMITAT	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	306	TOCOPHEROL (VITAMIN E)	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	307	ALPHA-TOCOPHEROL	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	308	GAMMA-TOCOPHEROL	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	309	DELTA-TOCOPHEROL	ANTIOXYDANS/ UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	310	PROPYLGALLAT	ANTIOXYDANS	A
E	311	OCTYLGALLAT	ANTIOXYDANS	
E	312	DODECYLGALLAT	ANTIOXYDANS	A
E	320	BUTYLHYDROXYANISOL (BHA)	ANTIOXYDANS	A
E	321	BUTYLHYDROXYTOLUOL (BHT)	ANTIOXYDANS	
E	322	LECITHIN	EMULGATOR/ANTIOXYDANS	
E	325	NATRIUMLACTAT	GENUSSSÄURE	
E	326	KALIUMLACTAT	GENUSSSÄURE	
E	327	CALCIUMLACTAT	GENUSSSÄURE	
E	330	ZITRONENSÄURE	GENUSSSÄURE/ANTIOXYDANS	
E	331	NATRIUMCITRAT	GENUSSSÄURE/ANTIOXYDANS	
E	332	KALIUMCITRAT	GENUSSSÄURE/ANTIOXYDANS	
E	333	CALCIUMCITRAT	GENUSSSÄURE/ANTIOXYDANS	
E	334	WEINSÄURE	GENUSSSÄURE	
E	335	NATRIUMTARTRAT	GENUSSSÄURE	
E	336	KALIUMTARTRAT (WEINSTEIN)	GENUSSSÄURE	
E	337	NATRIUMKALIUMTARTRAT	GENUSSSÄURE	
E	338	ORTHOPHOSPHORSÄURE	SÄURE	P
E	339	NATRIUMMONOPHOSPHAT	STABILISATORSALZ	P
E	340	KALIUMMONOPHOSPHAT	STABILISATORSALZ	P
E	341	CALCIUMMONOPHOSPHAT	STABILISATORSALZ/ANTIKLUMPMITTEL	P
E	350	MONONATRIUMMALAT	GENUSSSÄURE	
E	351	DINATRIUMMALAT	GENUSSSÄURE	
E	352	MONOKALIUMMALAT	GENUSSSÄURE	
E	380	TRIAMMONIUMCITRAT	GENUSSSÄURE	
E	400	ALGINSÄURE	VERDICKUNGSMITTEL	
E	401	NATRIUMALGINAT	VERDICKUNGSMITTEL	
E	802	KALIUMALGINAT	VERDICKUNGSMITTEL	
E	403	AMMONIUMALGINAT	VERDICKUNGSMITTEL	
E	404	CALCIUMALGINAT	VERDICKUNGSMITTEL	
E	405	PROPYLENGLYCOLALGINAT	VERDICKUNGSMITTEL	
E	406	AGAR-AGAR	VERDICKUNGSMITTEL	
E	407	CARRAGEENAN	VERDICKUNGSMITTEL	
E	410	JOHANNISBROTKERNMEHL	VERDICKUNGSMITTEL	
E	412	GUAR-GUMMI	VERDICKUNGSMITTEL	
E	413	TRAGANT	VERDICKUNGSMITTEL	
E	414	GUMMI ARABICUM	GELIERMITTEL/OBERFLÄCHENBEHANDLUNG	
E	415	XANTHANGUMMI	VERDICKUNGSMITTEL	
E	416	KARAYAGUMMI	VERDICKUNGSMITTEL	
E	417	TARAGUMMI	VERDICKUNGSMITTEL	
E	420	SORBIT	FEUCHTHALTEMITTEL	
E	421	MANNIT	FEUCHTHALTEMITTEL	
E	422	GLYCERIN	FEUCHTHALTEMITTEL	
E	440	PEKTINE	GELIERMITTEL	
E	442	AMMONIUMPHOSPHATIDE	EMULGATOR	P
E	450	POLYPHOSPHATE	STABILISATORSALZ	P
E	460	MIKROKRISTALINE,CELLULOSE	BINDEMittel	
E	461	CARBOXYMETHYLCELLULOSE	BINDEMittel	
E	463	HYDROXYPROPYLCELLULOSE	BINDEMittel	
E	464	HYDROXYPROPYLMETHYLCELLULOSE	BINDEMittel	
E	465	METHYLÄTHYLCELLULOSE	BINDEMittel	
E	466	NATRIUMCARBOXYMETHYLCELLULOSE	BINDEMittel	
E	470	SALZE DER STEARINSÄURE (STEARATE)	ANTIKLUMPMittel/OBERFLÄCHENBEHANDLUNG	
E	471	MONO- UND DIGLYCERIDE VON SPEISEFETTSÄUREN	EMULGATOR	
E	472	VERESTERTE MONO- UND DIGLYCERIDE VON SPEISEFETTSÄUREN	EMULGATOR/OBERFLÄCHENBEHANDLUNG	
E	473	ZUCKERESTER	EMULGATOR	
E	474	ZUCKERGLYCERIDE	EMULGATOR	
E	475	POLYGLYCERINESTER VON SPEISEFETTSÄUREN	EMULGATOR	
E	476	POLYGLYCERINESTER VON POLYKONDENSIRTER RICINOLSÄURE	EMULGATOR	

E	477	PROPYLENGLYKOLESTER VON SPEISEFETTSÄUREN	EMULGATOR	
E	481	NATRIUMSTEARYLLACTYLAT	EMULGATOR	
E	482	CALCIUMSTEARYLLACTYLAT	EMULGATOR	
E	487	NATRIUMMURYL-SULFAT	EMULGATOR	
E	500	NATRIUMCARBONAT	ALKALIE	
E	501	KALIUMCARBONAT	ALKALIE	
E	503	AMMONIUMCARBONAT (HIRSCHHORN-SALZ)	ALKALIE	
E	504	MAGNESIUMCARBONAT (MAGNESIT)	ALKALIE/ANTI-KLUMPMITTEL	
E	507	SAIZSÄURE	SÄURE	
E	509	CALCIUMCHLORID	SALZ	
E	510	AMMONIUMCHLORID	SALZ	
E	512	ZINNCHLORID	ANTIOXYDANS	
E	514	NATRIUMSULFAT	SALZ	
E	515	KALIUMSULFAT	SALZ	
E	516	CALCIUMSULFAT (GIPS)	SALZ	
E	519	KUPFERSULFAT	GRÜNUNGSMITTEL	
E	524	NATRIUMHYDROXID	ALKALIE	
E	525	KALIUMHYDROXID	ALKALIE	
E	526	CALCIUMHYDROXID	ALKALIE	
E	527	AMMONIUMHYDROXID	ALKALIE	
E	528	MAGNESIUMHYDROXID	ALKALIE	
E	529	CALCIUMOXID (AETZKALK)	ALKALIE	
E	530	MAGNESIUMOXID	ALKALIE	
E	535	NATRIUMFERROCYANID	ANTI-KLUMPMITTEL	
E	536	KALIUMFERROCYANID	ANTI-KLUMPMITTEL	
E	538	CALCIUMFERROCYANID	ANTI-KLUMPMITTEL	
E	541	SÄURES NATRIUMALUMINIUMPHOSPHAT	SÄURE	
E	551	SILICIUMDIOXID (KIESELSÄURE)	BINDEMITTEL/ANTI-KLUMPMITTEL	
E	552	CALCIUMSILICAT	ANTI-KLUMPMITTEL	
E	553 A	MAGNESIUMSILICAT (TALK)	ANTI-KLUMPMITTEL/OBERFLÄCHENBEHANDLUNG	
E	554	NATRIUMALUMINIUMSILICAT	ANTI-KLUMPMITTEL	
E	556	CALCIUMALUMINIUMSILICAT	ANTI-KLUMPMITTEL	
E	574	GLUCONSÄURE	SAVRE	
E	575	GLUCONDELTA-LACTON	SÄURE/UMRÖTEHILFSMITTEL	
E	576	NATRIUMGLUCONAT	SÄURE	
E	578	CALCIUMGLUCONAT	SÄURE	
E	579	EISENGLUCONAT	FÄRBE MITTEL	
E	621	NATRIUMGLUTAMAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	G
E	622	KALIUMGLUTAMAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	G
E	623	CALCIUMGLUTAMAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	G
E	624	MAGNESIUMGLUTAMAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	G
E	625	AMMONIUMGLUTAMAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	627	NATRIUMGUANYLAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	628	KALIUMGUANYLAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	629	CALCIUMGUANYLAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	631	NATRIUMINOSINAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	632	KALIUMINOSINAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	633	CALCIUMINOSINAT	GESCHMACKSVERSTÄRKER	
E	640	GLYCIN	TABLETTIERUNGSMITTEL	
E	641	LEUCIN	TABLETTIERUNGSMITTEL	
E	900	DIMETHYLPOLYSILOXAN	ENTSCHÄUMUNGSMITTEL	
E	901	BIENENWACHS	OBERFLÄCHENBEHANDLUNGSMITTEL	
E	903	CARNAUBAWACHS	OBERFLÄCHENBEHANDLUNGSMITTEL	
E	904	SHELLACK	OBERFLÄCHENBEHANDLUNGSMITTEL	
E	905	PARAFFIN/PARAFFINOL	OBERFLÄCHENBEHANDLUNGSMITTEL	
E	915	KOLOPHONIUM-ESTER	OBERFLÄCHENBEHANDLUNGSMITTEL	
E	920	CYSTEIN	TEIGFÜHRUNGSMITTEL	
E	950	ACESULFAM-K	SÜSSSTOFF	
E	951	ASPARTAM	SÜSSSTOFF	
E	952	CYCLAMAT	SÜSSSTOFF	U
E	956	SACCHARIN	SÜSSSTOFF	U
E	957	THAUMATIN	SÜSSSTOFF	
E	1201	POLYVINYLPIRROLIDOL	TABLETTIERUNGSMITTEL	
E	1411	DISTÄRKEPHOSPHAT I	BINDEMITTEL	P
E	1412	DISTÄRKEPHOSPHAT II	BINDEMITTEL	P
E	1413	PHOSPHATIERTES DISTÄRKEPHOSPHAT	BINDEMITTEL	P
E	1414	ACETYLIERTES DISTÄRKEPHOSPHAT	BINDEMITTEL	P
E	1420	MONOSTÄRKEACETAT I	BINDEMITTEL	
E	1421	MONOSTÄRKEACETAT II	BINDEMITTEL	
E	1422	ACETYLIERTES DISTÄRKEADIPAT	BINDEMITTEL	
E	1423	ACETYLIERTES DISTÄRKEGLYCERIN	BINDEMITTEL	

E	1430	DISTÄRKEGLYCERIN	BINDEMITTEL	
E	1480	HYDROXYPROPYLSTÄRKE	BINDEMITTEL	
E	1441	HYDROXYPROPYL-DISTÄRKEGLYCERIN	BINDEMITTEL	
E	1442	HYDROXYPROPYL-DISTÄRKEPHOSPHAT	BINDEMITTEL	P
E	1505	TRIÄTHYLCITRAT	SCHAUMSTABILISATOR	
E	1520	PROPYLENGLYKOL	FEUCHTHALTEMITTEL	

ANHANG 2 Beispiele verschiedener Diagrammtypen

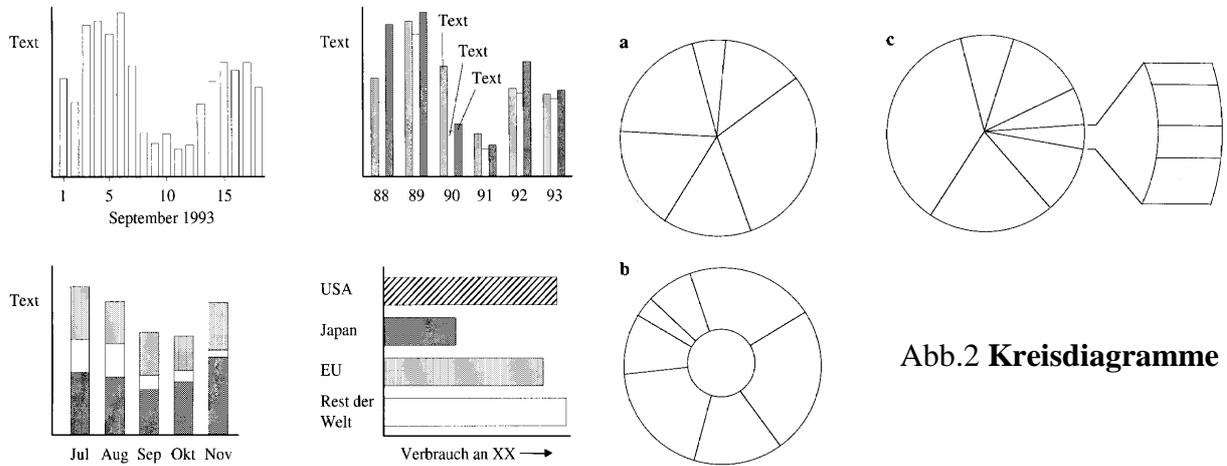


Abb.2 Kreisdiagramme

Abb.1 Balkendiagramme

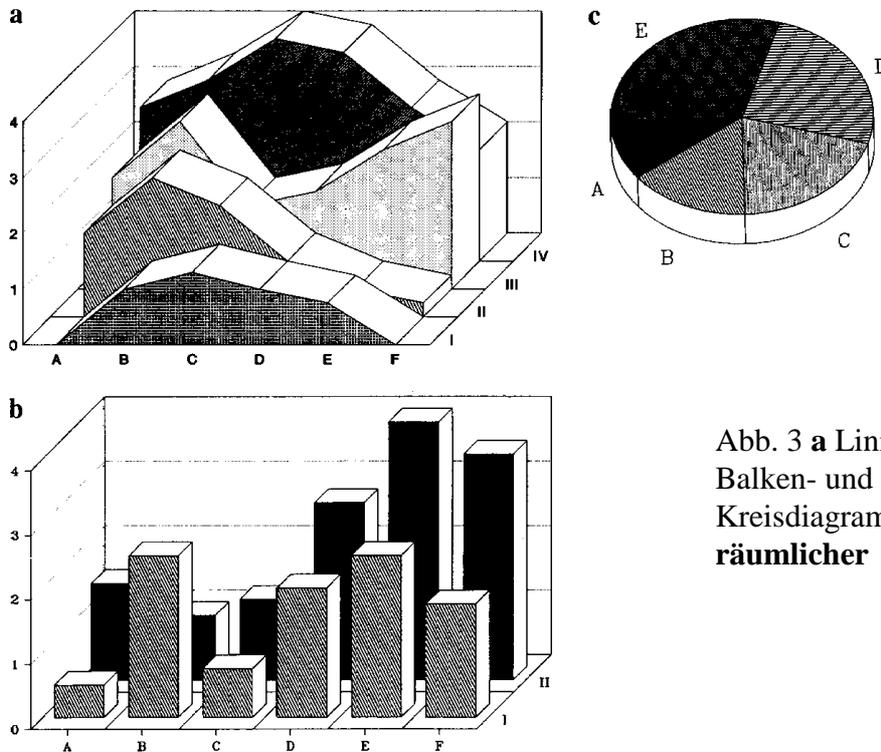


Abb. 3 a Linien-, b
Balken- und c
Kreisdiagramm in
räumlicher

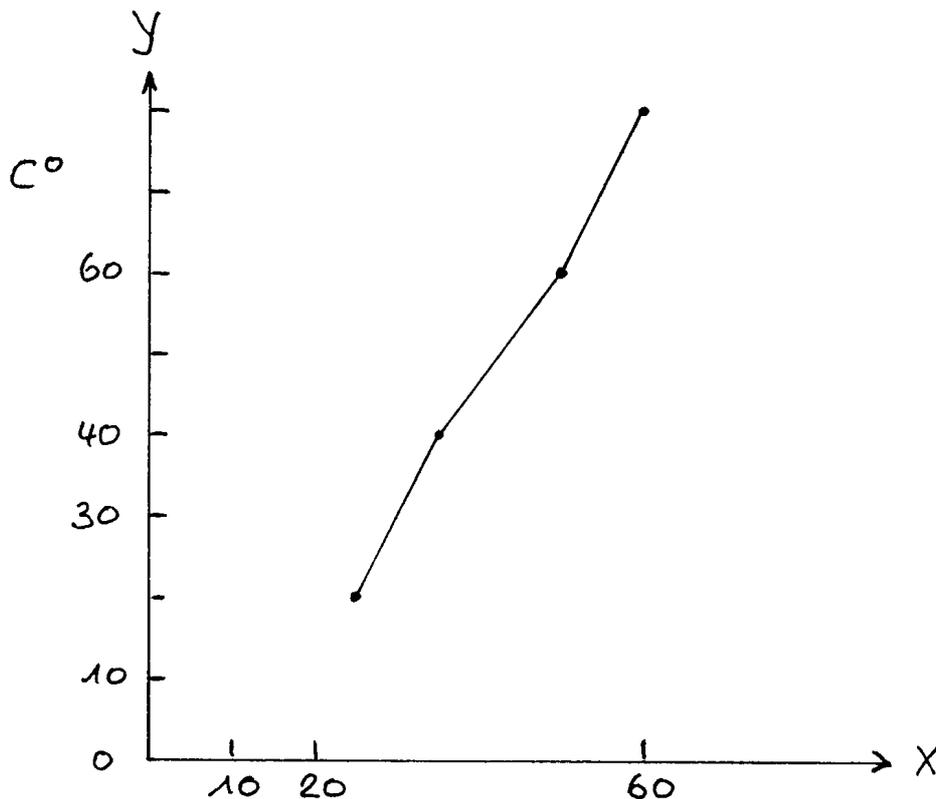
Quelle: EBEL, H.F. UND BLIEFERT, C. (1994):

ANHANG 3 Beispiele von fehlerhaften und korrekten Diagrammen

Es soll folgende Wertetabelle in einem Diagramm dargestellt werden:

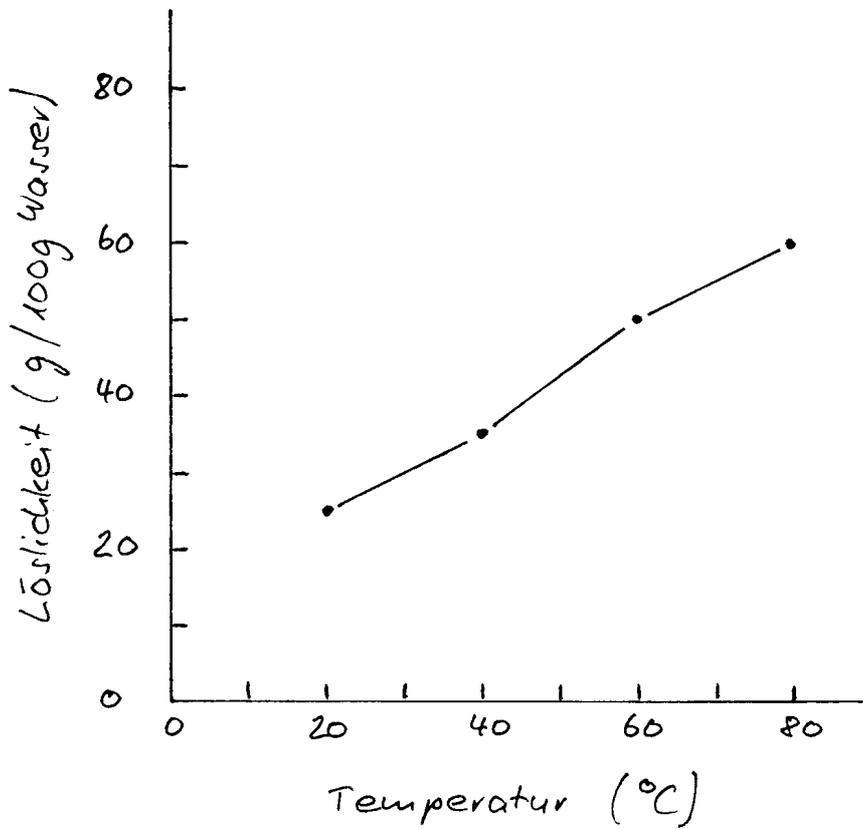
Temperatur (in °C)	20	40	60	80
Löslichkeit von Kaliumnitrat (in g/100 g Wasser)	25	35	50	60

1. Fehlerhafte Darstellung



1. Fehler Auf der horizontalen Achse wurde die abhängige Variable aufgetragen. In der Regel trägt man die unabhängige Variable, also in diesem Fall die Temperatur, auf der horizontalen Achse (Abszisse) ein, und die abhängige Variable, hier also die Löslichkeit, auf der vertikalen Achse (Ordinate). Die Löslichkeit hängt nämlich von der Temperatur des Wassers ab und nicht umgekehrt.
2. Fehler Die Achsen sind mit X und Y beschriftet, statt mit Löslichkeit (g/100 g Wasser) und Temperatur (°C).
Wenn möglich immer Parameter (Temperatur, Löslichkeit) **und** Einheit (in Klammer) angeben.
3. Fehler Die Achsenskalierung ist unregelmässig.
4. Fehler Man schreibt °C nicht C°.

2. Korrekte Darstellung



Löslichkeit von Kaliumnitrat in Wasser bei steigender Temperatur. }

Dieses Diagramm hat auch eine Legende.

ANHANG 4 Beispiele von fehlerhaften und korrekten Tabellen

Tab. 1 Fehlerhafte Darstellung

Gegenstand	Masse (g)	Volumen (cm ³)	Dichte
Korkstopfen	6(g)	29.8175	0.2012
10 Groschen - Münze	1(g)	0.325	3.07
Stein	48(g)	19	2.5
Zylinder aus Holz	5(g)	0.39	12.8205
Zylinder aus Metall	31(g)	18.64567	1.66
Zylinder aus PVC	31(g)	33.5	0.925
Wasser	99.98(g)		99.98

Die Tabelle hat keinen **Rahmen**. Zudem fehlen **Gitternetzlinien**.

In dieser Spalte fehlt die **Einheit**.

In der ganzen Tabelle schwankt die **Zahl der Stellen hinter dem Komma** sehr stark.

In dieser Spalte wird die **Einheit** in jeder Zelle wiederholt, obwohl sie bereits in der Kopfzeile angegeben ist.

In dieser Spalte fehlt in der letzten Zelle die **Angabe**.

Tab.2 Korrekte Darstellung

Gegenstand	Masse (g)	Volumen (cm ³)	Dichte (g/cm ³)
Korkstopfen	6.0	29.8	0.2
10-Groschen-Münze	1.0	0.3	3.3
Stein	47.8	19.0	2.5
Zylinder aus Holz	4.8	0.4	12.0
Zylinder aus Metall	30.7	18.7	1.6
Zylinder aus PVC	31.4	33.5	0.9
Wasser	100.0	99.8	1.0