

Bayerische
Julius-Maximilians-Universität
Würzburg
Fakultät für Physik und Astronomie
Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik

Erste Staatsprüfung für ein Lehramt an Realschulen 2011
Schriftliche Hausarbeit

„Physik im Tierreich“

Planung und Durchführung eines Lehr-Lern-Labors

von
Annemarie Hausmann

September 2011

Prüfer und Betreuer:
Prof. Dr. Thomas Trefzger

Gliederung

Seite:

1. Gliederung.....	3
2. Einleitung.....	6
3. Grundlegendes der Physikdidaktik.....	8
3.1. Der Begriff Physikdidaktik.....	8
3.2. Elementarisierung.....	9
3.3. Methoden.....	10
3.3.1. Methodische Großformen.....	10
3.3.2. Unterrichtskonzepte des Physikunterrichts.....	10
3.3.3. Der Gruppenunterricht als Sozialform.....	12
3.4. Alltagsvorstellungen.....	13
3.5. Experimente im Unterricht.....	13
3.5.1. Allgemeines über Experimente.....	14
3.5.2. Schülerexperimente.....	15
4. Motivation.....	16
4.1. Fach Physik.....	16
4.2. Lehr-Lern-Labor.....	16
4.3. Themenwahl.....	16
5. Allgemeines über Lehr-Lern-Labore.....	18
5.1. Lehr-Lern-Labore als außerschulische Lernerfahrung.....	18
5.2. Lehr-Lern-Labore als komplexe Lernumgebung.....	19
5.3. Lehr-Lern-Labore als und ihre Wirksamkeit.....	20
5.4. Lehr-Lern-Labore als erfahrungsbasiertes Lernen.....	21
5.5. Nachteile eines Lehr-Lern-Labors.....	22
6. Lehrplan der Realschule.....	24
6.1. Lehrplan der 7. Klasse.....	24
6.2. Lehrplan der 8. Klasse.....	25
6.3. Lehrplan der 9. Klasse.....	26
6.4. Zusammenhang des Lehrplans mit dem Lehr-Lern-Labor.....	26
7. Entwicklung des Lehr-Lern-Labors.....	28
7.1. Grundgedanken zum Lehr-Lern-Labor.....	28
7.1.1. Themengebiete des Lehr-Lern-Labors.....	29
7.1.2. Gegenüberstellung von Themen und Tieren.....	29
7.2. Themenauswahl und Tierausswahl.....	33

7.3. Die ausgewählten Tiere näher betrachtet	34
7.3.1. Das Vierauge	34
7.3.2. Die Fledermaus	37
7.3.3. Der Fisch und der Vogel	43
7.3.4. Die Polarbewohner	50
7.3.5. Der Zitteraal	53
7.4. Physikalische Grundlagen	56
7.4.1. Optik	57
7.4.2. Akustik	64
7.4.3. Mechanik	69
7.4.4. Wärmelehre	74
7.4.5. Elektrizitätslehre	77
7.5. Das Lehr-Lern-Labor	83
7.5.1. Station Optik	83
7.5.2. Station Akustik	90
7.5.3. Station Mechanik	96
7.5.4. Station Wärmelehre	101
7.5.5. Station Elektrizität	106
7.6. Durchführung	112
7.7. Auswertung und Beurteilung	135
8. Zusammenfassung und Ausblick	153
9. Anhang	154
9.1. Arbeitsheft mit Lösungen	155
9.2. Vogelpuzzle	226
9.3. Hilfekarten	231
9.4. Checklisten für die Betreuer	239
9.5. Beobachtungsbogen für die Schüler	241
9.6. Beobachtungsbogen für die Betreuer	243
9.7. Beobachtungsbogen für die Präsentation	248
9.8. Brief an die Schulleitung	249
9.9. Brief an die Eltern	250
9.10. Beiliegende DVD	251
10. Abbildungsverzeichnis	252
11. Tabellen- und Grafikverzeichnis	257

12. Bücherquellenverzeichnis.....	258
13. Internetquellenverzeichnis.....	260
14. Danksagung.....	266
15. Erklärung.....	268

2. Einleitung

In dieser Arbeit werden die Fächer Physik und Biologie im Rahmen eines Lehr-Lern-Labors miteinander verknüpft. Man schaue sich hierzu zuerst die Wörter selbst an. Der Begriff Biologie kommt aus dem griechischen (*ho bios*) und bedeutet das „Leben“ und der Begriff Physik, der ebenfalls aus dem Griechischen stammt (*he physike*), bedeutet die „Natürliche“. Klassisch versteht man unter der Physik die „Lehre von der unbelebten Materie“. Diese beiden Begriffe scheinen sich im ersten Moment zu widersprechen, da sie konträr zueinander stehen. Betrachtet man die Geschichte der beiden Naturwissenschaften, so sind Überschneidungen, gemeinsame Arbeiten und Ergänzungen zu entdecken.

Physikalische Entdeckungen führen immer wieder zu Entwicklungsschüben, sowohl in der Biologie als auch in der Medizin, den beiden Wissenschaften vom Leben.

Die Physik begegnet uns im alltäglichen Leben, wie zum Beispiel bei Werkzeugen, Computern, Handys und vielem mehr. Doch oft wird dem Fach Physik unterstellt, dass kein direkter Zusammenhang zu dem alltäglichen Leben besteht. Die Physik ist weitgehend als Wissenschaft von der unbelebten Materie bekannt und für viele Schüler¹ nicht interessant genug, um sich mit ihr auseinanderzusetzen (Zwick und Renn (2000)).

Doch die Errungenschaften der Physik sind wichtige Hilfsmittel für die Biologie, wie folgendes Beispiel zeigt. Erst nachdem das Mikroskop erfunden war, war es möglich, die kleinsten, lebensfähigen Einheiten –die Zellen- zu beobachten. Später wurde mit der Erfindung des Elektronenmikroskops eine neue Ära der Wissenschaft eingeläutet. Aber auch zum Beispiel die Röntgenstrukturanalyse ist heute aus der Molekularbiologie nicht mehr wegzudenken.

Aber auch umgekehrt sind biologische Erkenntnisse für die Physik notwendig. Ein Beispiel dafür ist der Botaniker Robert Brown, der den staubfeinen Bärlappsamen ins Wasser gelegt hat und dabei beobachten konnte, dass sie unregelmäßige Zitterbewegungen ausführen. Aus dieser Beobachtung heraus fiel es Albert Einstein leichter, eine Vorstellung vom atomaren Aufbau der Materie zu bekommen.

Immer wieder berührten sich Physik und Biologie in der Vergangenheit, dennoch bewegten sie sich auch teilweise auseinander.

¹ Aus Gründen besserer Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Alle Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Die Biologie und vor allem auch das Tierreich sind häufig ein Vorbild für Forscher der Physik. So werden viele Phänomene aus dem Tierreich beobachtet und dann versucht, diese für uns Menschen nutzbar zu machen. Hierfür gibt es unzählige Beispiele, wie das Spinnennetz und die Militärkleidung, Entenfüße und Flossen, Form der Pinguine als Vorbild für U-Boote, Wärmedämmung nach „Eisbärenart“, und vieles mehr.

Durch die Physik können viele Naturphänomene erst verständlich gemacht werden. Sie hilft, Regeln und Gesetze zu erschaffen, um dann mit ihnen zu arbeiten und sie auf andere Bereiche zu übertragen.

Diese Zulassungsarbeit soll den Schülern die Zusammenhänge der Biologie und der Physik verdeutlichen und so die Schüler für das Fach Physik, aber auch für die Biologie begeistern. Im Rahmen dieser Arbeit werden physikalische Phänomene in der Tierwelt näher betrachtet und anschaulich erklärt. Dabei stehen immer das eigene Handeln und das Experimentieren im Vordergrund. Denn schon Johann Wolfgang von Goethe sagte: „Überhaupt lernt niemand etwas durch bloßes Anhören und wer sich in gewissen Dingen nicht selbsttätig bemüht, weiß die Sache nur oberflächlich.“

Zum Aufbau dieser Arbeit: In dieser Arbeit werden zuerst das Grundlegende der Physikdidaktik und eine kurze Erläuterung über Lehr-Lern-Labore im Allgemeinen dargestellt. Dann folgt die Motivation für den gewählten Ablauf der Arbeit. Daraufhin werden die Lehrpläne näher betrachtet, um dadurch die passenden Themen und Anforderungen für die Schüler aufzuzeigen. Auf der Grundlage des Lehrplans, der Physikdidaktik und auch der Lehr-Lern-Labore-Theorie wird dann ein eigenes Lehr-Lern-Labor entwickelt. In der Entwicklung des Lehr-Lern-Labors werden passende Tiere als Beispiel für Physik und Biologie gewählt, wobei stets ein Augenmerk auf den Lehrplan gelegt wird. Schließlich wird das Lehr-Lern-Labor mit einer 10. Klasse durchgeführt, anschließend finden Befragungen zum Thema statt und werden daraufhin reflektiert.

3. Grundlegendes der Physikdidaktik

In diesem Kapitel wird Grundlegendes zur Physikdidaktik, wie die Elementarisierung, Methoden, Sozialformen, Schülervorstellungen und Experimente betrachtet. Man muss beachten, dass die Themen nur angerissen werden. Sie dienen im Weiteren zur Planung und Konzeption des Lehr-Lern-Labors. Die Entwicklung des Lehr-Lern-Labors bezieht sich und baut auf die Physikdidaktik auf. Beim Erarbeiten dieses Kapitels wurde auf das Buch „Physikdidaktik. Theorie und Praxis“ von Kircher, Girwitz, Haußler (Hrsg.) [KGHPD] zurückgegriffen, da es ein Standardwerk in der Physikdidaktik ist. Andere Quellen werden extra angegeben.

3.1. Der Begriff Physikdidaktik

Damit der Begriff Physikdidaktik leichter verständlich wird, empfiehlt es sich, ihn in seine Bestandteile aufzuspalten. In Physikdidaktik stecken die Begriffe Physik und Didaktik. Diese Begriffe werden nun kurz erläutert, um sie dann als Ganzes zu begreifen.

Zuerst wird der Begriff „Physik“ erläutert. Experimentalphysiker und theoretische Physiker arbeiten eng zusammen und entwickeln methodische Strukturen der Physik. Genauso gehören zu ihren Aufgaben begriffliche Strukturen der Physik zu entwerfen und zu sichern. Dabei werden Grundlagen für technische Anwendungen der Physik geschaffen. Gerade die technischen Anwendungen spielen im Unterricht eine große Rolle, da sie das Interesse der Kinder wecken und somit aus dem heutigen Unterricht nicht mehr wegzudenken sind. Die Physik ist die Lehre über das Natürliche, sie beobachtet, stellt Regeln und Gesetzmäßigkeiten auf.

Nun wird der Begriff „Didaktik“ dargelegt. Didaktik beschreibt eine Wissenschaft im Bezug auf das Lehren und Lernen sowie die Theorie der Bildungsinhalte und der Lehrpläne. Sie beschäftigt sich mit der Theorie des Unterrichts auf der Mikroebene, auf der Mesoebene mit der Schule als gestaltete Handlungsanstalt und mit der Schule als gesellschaftliche Institution auf der Makroebene. Die Didaktik besteht aus der Methodik und der Unterrichtsforschung. Wolfgang Klafki trennt die theoretische Wissenschaft klar von der Methodik, die sich mit den praktischen Verfahren des Lehrens und Lernens (dem Wie des Lernens) befasst, ab[WTS].

Die Physikdidaktik ist eine Bezugswissenschaft aus den Naturwissenschaften, Geistes- und Erziehungswissenschaften, sie verbindet diese Bereiche mit einander.

3.2. Elementarisierung

Unter Elementarisierung versteht man die didaktische Reduktion des fachlichen Inhaltes. Man zerlegt die Bestandteile und vereinfacht sie in Sinneinheiten. Hierbei entsteht ein Erklärungsmuster. Sinn der Elementarisierung ist die Sachstruktur der Physik mit Hilfe von kleinen Sinneinheiten aufzuarbeiten, um sie dann in die Sachstruktur des Unterrichts zu bringen.

Die Rekonstruktion sollte fachgerecht, schülergerecht und zielgerecht ablaufen. Vor allem werden bei der Elementarisierung Modelle angesprochen. Modelle ermöglichen komplexe Sachverhalte einfacher und strukturierter darzustellen. Hierbei muss stets an Erweiterungen gedacht werden. Allerdings sind mit quantitativen Erweiterungen von Modellen häufig qualitative Bedeutungsänderungen verbunden.

Bei den Erklärungsmustern müssen die Alltagsvorstellungen der Schüler berücksichtigt werden.

Beispiele der didaktischen Rekonstruktion für das Lehren von Physik im Unterricht sind: Abstrahieren, Idealisieren, Symbolisieren, Entwicklung theoretischer Modelle, Bildung von Analogien, Strukturmodellen und Funktionsmodellen. Möglichkeiten für das Lehren von Physik sind das Beschränken auf das Phänomen, auf das Prinzip und auf das Qualitative, das experimentelle und bildhafte Veranschaulichen, das Zerlegen in mehrere methodische Schritte, sowie das Einbeziehen historischer Entwicklungsstufen.

Das lernpsychologische Grundmuster von Bruner besitzt drei aufeinander folgende Stufen. Die Erste ist die Enaktive (handelnd), darauf folgt die Ikonische (bildlich) und dann die Symbolische (formell).

Bei der Elementarisierung können die Inhalte auf drei Arten dargestellt werden, auf die verbalsprachliche, bildhaft-symbolische und formal-mathematische Art. Im Physikunterricht wird häufig durch das Finden von Analogien elementarisiert. Dabei muss beachtet werden, dass die Analogien für die Schüler bekannt sind. Inhalte können weiter durch Experimente dargestellt werden.

Die Elementarisierung ist für die einzelnen Themen des Lehr-Lern-Labors sehr wichtig, da die Physik und auch die Biologie meistens zu komplex für die Schüler sind. Somit ist es sinnvoll eine didaktische Rekonstruktion in elementare Sinneinheiten durchzuführen, ohne die Inhalte zu verfälschen.

3.3. Methoden

Unter Methoden im Unterricht werden verschiedene Formen verstanden. Hier werden kurz methodische Großformen, physikmethodische Unterrichtskonzepte, Artikulationsschemata, Sozialformen des Unterrichts und Handlungsformen des Physiklehrens und –lernens angesprochen. Diese werden in der Pädagogik auch die fünf Methodenebenen genannt.

3.3.1. Methodische Großformen

Im Physikunterricht finden zahlreiche Großformen Verwendung. Dabei ist es wichtig, dass die Lehrkraft versucht, eine methodische „Monokultur“ zu vermeiden. Methodenkonzeptionen nach Meyer (1987) sind zum Beispiel: das Projekt, die Freiarbeit oder auch offener Unterricht, der Lehrgang, das Trainingsprogramm, der Kurs, die Lektion, die Unterrichtseinheit, das Spiel, die Exkursion, das Praktikum, der Workshop oder auch die Projektwoche.

3.3.2. Unterrichtskonzepte des Physikunterrichts

Unterrichtskonzepte thematisieren vor allem die Form und die Art der Wissensvermittlung. Exemplarischer, genetischer, entdeckender und darbietender Unterricht sind die vier verschiedenen Unterrichtskonzepte, die nun näher erläutert werden [KGHPD].

Exemplarischer Unterricht

Hier werden die Inhalte repräsentativ für weitere ähnliche Themen behandelt, das heißt anhand eines Beispiels werden übergreifende Themen behandelt. Bei der Auswahl ist Gründlichkeit durch Selbstbeschränkung sehr wichtig. Hierbei werden physikalische Strukturen, Arbeits- und Verfahrensweisen an Beispielen erarbeitet, verstanden und auf weitere Themen übertragen. Das Prinzip lautet, am Einzelnen das Ganze zu verstehen. Als

Vorteil gilt, Zeit zu gewinnen, um ausgewählte Themen intensiver behandeln zu können [KGHPD].

Genetischer Unterricht

Bereits Comenius forderte ein Lernen in dem die Dinge nach ihrem inneren „Entwicklungsgang“ gelehrt werden sollten [KMTES]. Der genetische Unterricht wird in drei Formen aufgeteilt. In den individual-genetischen Aspekt, bei dem Vorwissen, Vorerfahrungen und entwicklungspsychologische Möglichkeiten der Schüler berücksichtigt werden. Die Alltagsvorstellungen nehmen hierbei einen wichtigen Bestandteil ein. Ein weiterer Aspekt ist der Logisch-genetische, bei dem das Nachentdecken der naturwissenschaftlichen Sachverhalte eine hohe Priorität besitzt. Der letzte Aspekt, der historisch-genetische, wird auf den Ursprung der Erkenntnisgewinnung eines Themas bezogen.

Entdeckender Unterricht

Entdeckender Unterricht ist ein schülerorientierter Unterricht. Dieser findet entweder in der Form des Gruppenunterrichtes oder individualisiert statt. Seine Ziele sind Prozessziele, soziale Ziele, Realitätserfahrungen und Erfolgserlebnisse.

Lernpsychologisch wird dies darin begründet, dass das entdeckende Lernen auf eine einzigartige Weise Motivation und Selbstvertrauen erzeugen und stärken kann und dass das entdeckende Lernen die wichtigste Quelle für intrinsische Motivation und Selbstvertrauen ist. Außerdem wird das Gelernte langfristig im Gedächtnis gespeichert. Daher ist es sinnvoll dieses Konzept im Unterricht einzugliedern.

In der Schule bedeutet „entdecken“ nicht neue Forschungsergebnisse zu gewinnen, sondern Neues zu entdecken. Wenn Hinweise, Ratschläge oder Anweisungen gegeben werden, wird von „gelenkter Entdeckung“ gesprochen. Ansonsten wird es als „Forschender Unterricht“ bezeichnet [KGHPD].

Für die Organisation wird eine längerfristige Grobplanungsphase benötigt, da man Schülerarbeitsmittel bereitstellen muss. Schüler sind im Unterricht die Agierenden und der Lehrer hat eine beratende Funktion inne [KGHPD].

Darbietender Unterricht

Unter darbietendem Unterricht wird ein meist lehrerorientierter Unterricht verstanden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass Sinnvolles und nicht mechanisches Lernen entsteht. Denn nur so kann Motivation zustande kommen. Darüber hinaus sollte der Lernstoff eine Bedeutung für die Schüler haben.

3.3.3. Der Gruppenunterricht als Sozialform

Sozialformen beschreiben die Interaktions- und Kommunikationsform des Unterrichts. Es werden drei Sozialformen unterschieden: Gruppenunterricht, individualisierter Unterricht und Frontalunterricht. Die Sozialform Gruppenunterricht ist auch Bestandteil in dem entstandenen Lehr-Lern-Labor. Aus diesem Grunde wird auch nur diese Sozialform genauer betrachtet.

Der Gruppenunterricht

Der Gruppenunterricht spielt eine große Rolle im Bezug auf schülerorientierten Unterricht.

Eine Gruppe wirkt auf ihre Mitglieder erzieherisch. Außerdem wird durch Gruppenunterricht die Selbstständigkeit der Schüler im Denken, Fühlen und Handeln gefördert. Genauso soll die Fähigkeit und Bereitschaft zum solidarischen Handeln, sowie die Kreativität der Schüler angeregt werden.

Die Schüler müssen im Vorfeld gut auf die Gruppenarbeit vorbereitet werden. Weiter muss sich das ausgewählte Thema für eine Gruppenarbeit eignen, sowie auch der Raum. Weiterer Aspekte sind Gruppenbildung, benötigte Arbeitstechniken, Zeiteinteilung und Verständlichkeit der Arbeitsaufträge.

Da hier immer wieder vom Begriff „Gruppe“ gesprochen wird, wird dieser im Folgenden näher definiert. Eine Gruppe besteht aus 3-6 Personen, die während des gesamten Lehr-Lern-Labors zusammenarbeiten. Im naturwissenschaftlichen Unterricht wird zwischen arbeitsteiligen und arbeitsgleichen Gruppen unterschieden. Während des Lehr-Lern-Labors bekommt jede Gruppe verschiedene Versuche und Aufgaben. Hierbei kann jedoch sowohl von einer arbeitsteiligen als auch von einer arbeitsgleichen Gruppenarbeit gesprochen werden, da die einzelnen Gruppen am Ende des Lehr – Lern – Labors alle Stationen bearbeitet werden

haben. Gruppenunterricht ist eine gute Abwechslung im Physikunterricht und fördert Kreativität, Motivation und soziales Geschick.

3.4. Alltagsvorstellungen

Schüler besitzen bereits im Grundschulalter eine eigene Weltvorstellung. Diese Vorstellungen bestimmen das Lernen, da neue Erkenntnisse stets unter den bereits vorhandenen Eindrücken betrachtet werden. Dies darf die Lehrkraft bei der Unterrichtsplanung nicht außer Acht lassen. Die meisten Vorstellungen der Kinder sind durch Alltagserfahrung entstanden. So haben die Schüler zum Beispiel schon eine genaue Vorstellung vom Schall, von Sehen und Licht, Magnetismus, Wärme, Kraft und Strom, die fachlich oft falsch sein können.

Das im folgenden Verlauf dargestellte Lehr-Lern-Labor soll Alltagsvorstellungen der Schüler mit der Physik verbinden [KGHPD].

Vorstellungen können nicht eliminiert werden, so dass die Lehrkraft berücksichtigen sollte, dass Lernen vielmehr ein Umdenken und ein Kennenlernen neuer Konzepte ist.

Nach Piaget ist das Lernen ein Wechselspiel zwischen Assimilation und Akkommodation. Durch die Assimilation versucht der Lernende, seine neuen Erfahrungen mit den bereits Bekannten zu verknüpfen und abzugleichen. Gelingt dies nicht, muss die Phase der Akkommodation eintreten, bei der der Schüler neue Schemata lernt oder die alten modifizieren muss. Das Vorwissen stellt hierbei notwendige Anknüpfungspunkte dar.

In der Gegenwart werden Alltagsvorstellungen der Schüler durch Medien - vor allem durch Fernsehsendungen – gebildet. In diesen werden physikalische Phänomene zum Teil interessant aufgearbeitet.

3.5. Experimente im Physikunterricht

Experimente spielen im Physikunterricht eine große Rolle. In dieser Arbeit wird zuerst auf Allgemeines eingegangen, um den Begriff mit den vielschichtigen Möglichkeiten und Zielsetzungen näher zu betrachten. Dann werden Schülerexperimente behandelt, diese Stellen eine große Rolle im Lehr-Lern-Labor dar.

3.5.1. Allgemeines über Experimente

Die Begriffe Experiment und Versuch werden hier synonym verwendet, da in der Literatur keine eindeutige Trennung vorgenommen wird. Unter festgelegten und kontrollierbaren Rahmenbedingungen werden Beobachtungen und Messungen an physikalischen Prozessen und Objekten in einem Experiment durchgeführt.

Aus didaktischer Sicht sind Experimente ein Mittel, um physikalische Phänomene zu veranschaulichen und physikalische Vorstellungen zu bilden. Funktionelle Aspekte von Experimenten in der Schule ist, zum Beispiel, das Konkretisieren des physikalischen Wissens. Experimente erweitern den Fragestellungshorizont der Kinder und geben Antworten. Die Schüler lernen hierbei auch naturwissenschaftliches Arbeiten. Dazu gehören folgende Elemente: Beobachten, Planen, Analysieren, Bewerten und Präsentieren. Ein Experiment steht als Bindeglied zwischen Realität und Theorie. Es können verschiedene physikdidaktische Zielsetzungen durch Versuche erreicht werden, beispielsweise: Ein Phänomen klar und überzeugend darstellen, physikalische Konzepte veranschaulichen, Grunderfahrungen aufbauen, physikalische Gesetzmäßigkeiten direkt erfahren, theoretische Aussagen qualitativ prüfen, Vorstellungen nachvollziehen, Physik in Technik und Alltag aufzeigen, Denkanstöße zur Wiederholung oder Vertiefung geben, physikalische Vorstellungen aufbauen, physikalische Gesetze quantitativ prüfen, physikalische Arbeitsweisen einüben, motivieren und Interesse wecken, nachhaltige Eindrücke vermitteln und Meilensteine unserer Kulturgeschichte aufzeigen.

Schulexperimente können verschieden klassifiziert werden. Man unterscheidet in fünf Klassen: Erstens in qualitativ-quantitativ, zweitens in Lehrer- oder Schülerversuch, drittens in Unterrichtsphasen, viertens in Geräteaufwand und fünftens in der Ausführungsform des Versuches. Bei dem Konzept des Lehr-Lern-Labors werden die Experimente von den Schülern selbst durchgeführt. Zumeist sind es qualitative Versuche, die auf die unmittelbare Erfassung durch die Sinne ausgerichtet sind. Die Versuche sind nicht unmittelbar einer bestimmten Phase der Unterrichtseinheit zuzuordnen, da sie nacheinander von allen bearbeitet werden.

Eine angemessene Strukturierung der Inhalte und die Verknüpfung mit dem Vorwissen des Schülers sind nach Ausubel et al. (1980,81) für ein effektives Lernen entscheidende Faktoren. Die Wahrnehmung bei Versuchen spielt hierbei eine große Rolle. Unter diesem Aspekt müssen folgende Kriterien beachtet werden: Gute Sichtbarkeit, Beschränkung auf das

Wesentliche, Akzentuierung wichtiger Komponenten, Struktur des Versuchsaufbaus, Prägnanz, Gliederung des Ablaufs, Bereitstellung verschiedener Orientierungshilfen.

3.5.2. Schülerexperimente

Schon 1905 in den Meranern Beschlüssen (siehe Guntzmer 1908) werden planmäßige Schülerübungen für die physikalische Ausbildung gefordert. Schülerversuche geben den Schülern die Möglichkeit, eigene Erfahrungen zu sammeln und wissenschaftliches Arbeiten einzuüben, um daraus neue physikalische Erkenntnisse erschließen zu können. Schülerversuche verfolgen das Prinzip der Aktivierung und können bei Kindern den Drang nach Eigentätigkeit befriedigen [KGHPD]. Daraus ergeben sich mehrere Zieldimensionen, vom Erwerb experimenteller Fertigkeiten und fachspezifischer Arbeitsweisen, hin zum Erkennen und Verstehen physikalischer Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge in der Anwendung. Außerdem die Entwicklung sozialer Verhaltensweisen in Partner- und Gruppenarbeit [KGHPD].

Schülerversuche müssen vorab sehr gut geplant werden. Hilfestellungen sind in der Strukturierung des Arbeitsablaufs, bei der Hypothesenbildung, der technischen Umsetzung, Datenaufnahme, der Aufbereitung und Interpretation der Daten oft notwendig [KGHPD].

Folgende Vorteile ergeben sich bei der Verwendung von Schülerversuchen. Sie kommen dem Drang nach Eigentätigkeit nach und ermöglichen Methodenwechsel Die Kinder lernen den Umgang mit technischen Geräten und Versuchsaufbauten kennen und außerdem erlernen sie das Überwinden von Schwierigkeiten und die erfolgreiche Datenerfassung. Bei der Durchführung von Schülerversuchen bieten sich Individualisierungs- und Differenzierungsmöglichkeiten an. So lernen Kinder außerdem kooperatives Arbeiten in der Gruppe. Als Nachteil kann gesehen werden, dass ein höherer Organisationsaufwand erforderlich ist, da Materialien als Klassensatz sowie passende räumliche Gegebenheit vorhanden sein müssen. Weiter können bei dieser Art häufig Disziplinschwierigkeiten auftreten.

4. Motivation

4.1. Fach Physik

Das Fach Physik und ihre Didaktik bietet viele interessante und innovative Lehrangebote an. Gerade das „Mind-Center“ eröffnet sowohl Studenten wie auch Schülern eine vielseitiges Lehrangebot. Dieses Lehr-Lern-Labor soll das Lehrangebot zusätzlich ein wenig erweitern.

4.2. Lehr-Lern-Labor

Ein Lehr-Lern-Labor besitzt einige Vorteile, wie sie auch im Kapitel 5 über Lehr-Lern-Labore aufgezeigt werden. Einem Schüler fällt das Lernen durch Handeln einfacher. Konfuzius (aus dem LunYu) sagte: „Was du mir sagst, das vergesse ich. Was du mir zeigst, daran erinnere ich mich. Was du mich tun lässt, das verstehe ich.“ Genau nach dieser Weisheit wird in dieser Arbeit ein Lehr-Lern-Labor entwickelt, da die Schüler in dieser Form des Lehrens und Lernens die Akteure sind. Sie lernen durch Handeln und können so komplexe Themen leichter nachvollziehen. Häufig ist der Unterricht im Allgemeinen sehr lehrerzentriert. Diese Art Unterricht spricht aber besonders die auditiven Lerntypen an. Bei dem Prozess des Lernens wird nicht umsonst auch der Begriff „Begreifen“ verwendet, deshalb sollte den Schülern auch die Möglichkeit gegeben sein, selbst aktiv zu werden. Aber nicht nur für die Schüler, sondern auch für Studenten, ist das Lernen und der Erfahrungsgewinn durch das selbstständige Entwickeln eines Schülerlabors eine wichtige Kompetenzerweiterung.

3.3. Themenwahl

Zahlreiche Studien besagen, dass sich deutsche Schüler prozentual betrachtet nicht sehr für das Fach Physik interessieren. Dies betrifft vor allem Mädchen. Jungen zeigen im Gegensatz zu Mädchen, laut IPN-Studien, ein gesteigertes Interesse an der Physik. Das Fach Biologie dagegen ist bei den Mädchen beliebter und weckt bei diesen ein größeres Interesse. Wegen dieser Gründe wird in dieser Arbeit ein Thema behandelt, dass Mädchen aber auch Jungen im gleichen Maße anspricht. Es gibt, wie schon in der Einleitung erwähnt, viele Zusammenhänge zwischen den beiden Fächern Physik und Biologie. Im Rahmen vom fächerübergreifenden Unterricht werden bereits häufig Zusammenhänge für die Schüler erkenntlich gemacht. Das Lehr-Lern-Labor ist in den Kontext Physik im Tierreich eingebunden worden, da hier viele

Zusammenhänge und Berührungspunkte der beiden Fächer auftreten. Mit Hilfe der Tiere ist es möglich, die Physik mit anschaulichen Beispielen zu vermitteln. Tatsächlich wird sogar ein Großteil der Physik und ihrer Erfindungen mittels Beobachtungen des Tierreiches gewonnen. Außerdem ist dieser Kontext ein bereits vertrauter Bereich für die Schüler, da sie häufig selbst Haustiere besitzen und sich viele Schüler für Tiere interessieren und faszinieren.

Nach den Ergebnissen der IPN-Interessensstudien hängt das Interesse von Schülern nur schwach von dem physikalischen Gebiet ab, sondern vielmehr von der Kontextbezogenheit. Das Interesse ist wesentlich größer, wenn die Physik in einem gewissen Kontext gebunden ist. Verknüpft man die Physik mit Orientierungswissen, welches die Fähigkeit und Kenntnis von Mensch und Natur, beziehungsweise Technik darstellt, dann ist nach Interessenstudien ein erhöhtes Interesse festzustellen [HSWPK].

Das Lehr-Lern-Labor „Physik im Tierreich“ stellt eine Wiederholung eines großen Teiles des Lernstoffes von der siebten bis zur neunten Klasse dar und gibt viele Ausblicke in einen neuen und für die Schüler daher noch unbekanntem Bereich der Physik. Außerdem werden die Themen der Physik in einen Kontext des Orientierungswissens gestellt.

5. Allgemeines über Lehr-Lern-Labore

Das nächste Kapitel bezieht sich hauptsächlich auf das Buch: Kirchner, Girwidz, Häußler (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York. 2007. Aus diesem Grund wird auf Quellenangaben in diesem Abschnitt desweiteren verzichtet, außer es wird sich auf eine weitere Quelle bezogen.

Lehr-Lern-Labore sind außerschulisch betriebene Initiativen, die den Kindern und Jugendlichen eine zielgruppengerechte, manuelle und intellektuelle Auseinandersetzung mit zeitgemäßen, authentischen, lebensweltbezogenen, naturwissenschaftlich-technischen Themenfeldern und Arbeitsweisen ermöglichen. Die Labore geben vielfältige Lernanreize und Möglichkeiten zur Anreicherung und Ergänzung des Unterrichts. Dabei gelten die Angebote zum Lernen durch Experimentieren für die Breiten- ebenso wie für die Spitzenförderung als bedeutsam. Lehr-Lern-Labore haben sich mittlerweile in Deutschland etabliert und fördern die Entwicklung der Qualität von Lehr- und Lernprozessen. Insbesondere verstärken Lehr-Lern-Labore die Rolle des erfahrungsbasierten Lernens.

Ein wichtiges Ziel aller Labor ist es, die Begeisterung und das Verständnis der Heranwachsenden zu steigern und auf diese Weise den fachlichen Nachwuchs zu fördern [IQU 4.1].

Der Begriff Schülerlabor wird in dieser Arbeit synonym mit dem Begriff Lehr-Lern-Labor verwendet. Denn eine Art der Schülerlabore bezieht auch die Lehrerausbildung mit ein. Diese werden dann Lehr-Lern-Labor genannt. Sie finden überwiegend in didaktischen Instituten von Universitäten statt und sehen die Lehramtsausbildung als integralen Bestandteil des Laborbetriebs vor [IQU4.1].

Im Folgenden wird auf die wichtigen didaktischen und psychologischen, sowie auf allgemeine Aspekte bei Lehr-Lern-Laboren eingegangen.

5.1. Lehr-Lern-Labore als außerschulische Lernerfahrung

In Deutschland verlieren naturwissenschaftlich - technische Studienfächer und Berufe, als Folge von teilweise unzureichender Qualität des naturwissenschaftlichen Unterrichts und mangelnder Motivation, an Attraktivität. Dem entgegenzuwirken ist eine vielfältige außerschulische Bildungslandschaft entstanden

Lehr-Lern-Labore ermöglichen ganzen Klassen die Begegnung mit modernen Natur – und Ingenieurwissenschaften. Die Schüler setzen sich aktiv mit naturwissenschaftlichen und technischen Fragestellungen sowie Methoden auseinander. Diese Labore werden in Deutschland zu mehr als 50% von Universitäten betrieben, den nächstgrößeren Teil stellen Forschungseinrichtungen.

Das Hauptziel, Wissenschaft durch erfahrungsbasierte Zugänge erlebbar zu machen, hat sich als tragfähig und höchst erfolgreich erwiesen. Lehr-Lern-Labore ergänzen den Unterricht, indem vielfältige Erfahrungen lebensweltlicher Bezüge des Entdeckens, Forschens und Entwickelns vermittelt werden. Mittlerweile gibt es für alle Altersstufen zugeschnittene Labore, sogar schon für den Kindergarten und später auch für Lehrer und Referendare.

Auch dieses Lehr-Lern-Labor bringt die Erfahrungswelt der Schüler mit der Wissenschaft zusammen, indem es das Tierreich mit seiner Biologie und die Physik miteinander verbindet.

5.2. Lehr-Lern-Labore als komplexe Lernumgebung

Die zentralen Ziele von Lehr-Lern-Laboren sind Förderung von Aufgeschlossenheit und Interesse für Naturwissenschaften und Technik. Weiter soll auch ein zeitgemäßes Bild und die Bedeutung dieser Fächer dargelegt werden. Den Schülern soll darüber hinaus ein Einblick in die Tätigkeitsfelder der Naturwissenschaftler gegeben werden.

Experimente helfen erfahrungsbasierte Zugänge zu Prozessen der Forschung und Entwicklung in der modernen Wissenschaft zu fördern. Es wird ein Lernumfeld, welches sich mit aktiver Auseinandersetzung und lebensweltbezogenen, authentischen Problemen beschäftigt, geschaffen. Dabei wird darauf geachtet, dass Erfahrung und Entfaltung von individuellen Stärken im Vordergrund stehen. Mit dem Ziel fachliche und überfachliche Kompetenzen zu schulen und dabei auf verschiedene Rollenmodelle einzugehen. Das zuvor mangelnde Interesse der Mädchen an der Physik wird durch solch ein Labor gesteigert. Dieses konzipierte Lehr-Lern-Labor soll das Interesse der Mädchen fördern, da diese meist ein größeres Interesse an der Biologie besitzen als an der Physik. Die Tiere sollen dabei helfen die Schülerinnen zu motivieren.

Außerdem werden kognitive Aktivierungen, multiple Perspektiven und Kontexte gefördert. Dadurch werden viele Freiheitsgrade, die in der Schule nicht offen stehen, ermöglicht. In solch einem Labor wird darüber hinaus die Diskursfähigkeit gestärkt. Wegen der oben

Allgemeines über Lehr-Lern-Labore

aufgeführten Argumente, sind Lehr-Lern-Labore sehr komplexe Lernorte. Abschließend kann man sagen, dass das Labor Interesse und Aufgeschlossenheit verstärkt, Image von Naturwissenschaften und Technik verändert, sowie bestimmte Arbeitsweisen vermittelt und Kooperation und Kommunikation fördert.

Bei der Konzipierung eines Lehr-Lern-Labors ist es daher besonders schwer, den Balanceakt zwischen Instruktion und Konstruktion zu halten. Der Lernende muss in geeigneter Weise angeleitet und unterstützt werden, sowie gleichzeitig konstruktivistisch gestaltete Aufgaben bekommen. Bei den Laboren sind die Experimente zum Beispiel fest vorgeschrieben, aber bei den Phasen der Planung, Auswertung und Ergebnispräsentation sollten größere Freiheiten eingeräumt werden.

Merkmale eines Interessefördernden Lernumgebung sind zu einem die wahrgenommene Relevanz des Lernstoffes (zum Beispiel Anwendungsbezüge, Realitätsnähe, Verknüpfung über Fächer,...), die wahrgenommene Instruktionsqualität (gezieltes Situieren, Handlungsorientierung, klare Strukturen,...), dann spielt das wahrgenommene Interesse beim Lehrenden eine große Rolle, die wahrgenommene soziale Einbindung, die wahrgenommene Kompetenzunterstützung und die wahrgenommene Autonomieunterstützung sind weitere Kriterien [ESB36].

5.3. Lehr-Lern-Labore und ihre Wirksamkeit

Die anfangs umstrittene Wirksamkeit von Lehr-Lern-Laboren wurde bewiesen, denn es wurden kurzfristige bis mittelfristige Effekte festgestellt. Die emotionalen, wertbezogenen sowie die epistemischen Interessen werden gefördert. Das Umfeld des Lehr-Lern-Labors kann auch das Selbstkonzept des Schülers positiv verändern. Bei rund 50% der Schüler fördern Lehr-Lern-Labore das Interesse an den einzelnen Fächern. Bei weniger interaktiven oder schulnahen Lehr-Lern-Laboren ist nur noch bei 30% der Schüler mehr Interesse für das jeweilige Thema festzustellen.

Das praktische Arbeiten in Physiklaboren ist nicht mit den negativen Gefühlen der Mädchen für den Physikunterricht behaftet. Vielmehr steigern die Lehr-Lern-Labore ihr fachliches Interesse. Diese Veränderung des Selbstkonzeptes könnte durch positive Selbstwirksamkeitserfahrungen, vielfältige Interaktionsmöglichkeiten und Gelegenheiten zum kooperativen, ergebnisorientierten oder produktorientierten Arbeiten erklärt werden. Auch

Monate nach dem Laborbesuch können Einstellungsänderungen festgestellt werden, da sie ein intensives Lernerlebnis ermöglichten. Schüler lernen nicht nur Neues kennen, sondern offenbar auch anders als im formalen Lernkontext der Schule.

5.4. Lehr-Lern-Laborbesuche als erfahrungsbasiertes Lernen

Lehr-Lern-Labore sind für die Förderung von handlungsrelevanten Kompetenzen und die Entwicklung produktiver Ideen unverzichtbar. Beim Experimentieren tritt die Ideenwelt (minds-on) mit der Erfahrungswelt (hands-on) in Wechselwirkung. Dies ist der Grundstein für das kreative zyklische Lernmodell. Man kann durch Modellieren von den Erfahrung in den Bereich der Theorien und Ideen gelangen und dann wiederum durch Experimentieren wieder zurück in die Erfahrungswelt.

Experimente können Fragen und Ideen generieren, prozedurales Wissen entfalten, Verhaltensmöglichkeiten simulieren, Modellbildung und Gedankenexperimente anregen. Genauso hilft experimentelles Handeln, Konzepte zu verankern, Handlungswissen zu gewinnen, Erfahrungsräume zu erweitern und Ideen sowie abstrakte Prinzipien zu verkörpern.

Besonders bedeutsam ist die explorative Funktion des Experiments, die mit dem Neuen, Unerwarteten und Erklärungsbedürftigen konfrontiert. Experimente stoßen Reflexionsprozesse an. Der kognitive Prozess ist eine komplexe Verknüpfung von Wahrnehmung, Handlung und Introspektion. Das bedeutet, dass auch abstrakteste Vorstellungen auf vielfältige Weise in konkrete Erfahrungs- und Handlungsmuster verankert werden. Kreativitäts- und Abstraktionsleistungen sind ein Wechselspiel von komplementären Hauptformen, dem theoretischem, strukturellem, logischem und erfahrungsbasiertem, prozeduralem, analogischem Wissen.

Damit eine konkrete Laboraktivität der Lernenden das produktive Denken fördert und die Entwicklung von Ideen, Modellen, theoretischen Abstraktionen unterstützen kann, müssen viele Kriterien beachtet werden. Um ein Gelingen für ein Labor zu erhöhen, muss an das Vorwissen und an die Erfahrungen angeknüpft werden. Es sollten herausfordernde, aber zu lösende Probleme gestellt werden. Wichtig sind auch Hilfestellungen bei der Arbeitsplanung, sowie dass die Werkzeuge bereit gestellt sind, und sie zu nutzen. Es sollen auch immer Freiräume zur Verfolgung eigener Ideen gegeben sein.

Allgemeines über Lehr-Lern-Labore

Bei fachlichen Funktionen, stehen Verschränkung von Experimentieren, Modellieren und Konstruieren sowie die Reflexion des Prozesses in Bezug auf Verallgemeinerung, Anwendung und Transfer von Wissen im Vordergrund. Pädagogische Ziele, wie Arbeitshaltung, Selbstwirksamkeitserfahrung und Erwerb von Schlüssel Fertigkeiten, wie beispielsweise Kooperation und Kommunikation, werden verfolgt. Die Lernumgebung eines Labors kann als komplexe Verknüpfung verschiedener Funktionen der Aktivitäten beschrieben werden. Zur Entwicklung von Laboren muss Vorwissen und Erfahrungen beachtet werden, dann sollen den Schülern herausfordernde, aber dennoch lösbare Probleme gestellt werden. Die zu behandelnden Inhalte der Labore sollen in bedeutsame Kontexte eingeordnet werden und mit passenden Versuchen entsprechend verknüpft werden.

Das Ziel und die Wege sollten genauso wie die Hilfestellung bei Arbeitsplanung und die Bereitstellung der Werkzeuge klar für die Schüler formuliert werden. Das kooperative Arbeiten soll gefördert werden, wie auch die Freiheit für eigene Ideen, damit Kompetenz- und Erfolgserlebnisse ermöglicht werden können. Am Ende sollten die Methoden besprochen, sowie die Ergebnisse präsentiert und diskutiert werden, um diese anschließend verallgemeinern und reflektieren zu können.

Um forschend zu lernen, muss ein Gleichgewicht zwischen den komplementären Elementen des Lehr-Lern-Prozesses bestehen. Es existieren auf der einen Seite Fakten, Theorie, Konzepte und Instruktionen und dem gegenüber auf der anderen Seite Praxis, Kontexte, Prozesse und Konstruktionen.

Aus den drei empirisch unterscheidbaren Mustern im naturwissenschaftlichen Unterricht, der traditionellen lehrerzentrierten Vermittlung, globalen Schüleraktivitäten und fokussierten Schüleraktivitäten, muss ein Gleichgewicht gefunden werden.

Das Ziel ist, junge Menschen gegenüber Naturwissenschaften, wie Physik, positiv zu stimmen und damit kreative Köpfe zu gewinnen, indem authentische Bezüge zur Lebenswelt hergestellt werden.

5.5. Nachteile von Lehr-Lern-Laboren

Es gibt neben vielen Vorteilen auch einige Nachteile. Sowohl Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung erfordern einen sehr hohen Zeitaufwand und auch sehr viele Materialien. Damit eine reibungs- und problemlose Durchführung gewährleistet ist, benötigt man

außerdem an jeder Station einen Betreuer, der bei Fragen und Problemen zur Seite steht. Letztendlich könnte auch die Haltung der Schüler gegenüber einer neuen Lernmethode Schwierigkeiten verursachen und somit den Lernvorgang hemmen.

6. Lehrplan der Realschule

Der nachfolgende Text bezieht sich auf den Lehrplan der Realschulen in Bayern.

Das Fach Physik leistet einen wesentlichen Beitrag zur Bildung in den Naturwissenschaften, so dass die Begriffe Natur und Umwelt für Schüler besser zu verstehen sind und somit auch ein Bewusstsein dafür geschaffen werden kann. Im Physikunterricht lernen die Schüler naturwissenschaftliche Denkweisen kennen und gewinnen neue Erkenntnisse durch Experimente. Außerdem sollen Zusammenhänge aufgezeigt und mit Hilfe von Modellen weitere Phänomene dargelegt werden. Bei den Schülern sollen weiterhin auch Forscher- und Erfindungsgeist geweckt und eine Aufgeschlossenheit gegenüber Naturwissenschaften entwickelt werden. Ziel ist, dass die Lernenden Vorteile und Nachteile der Physik für die Gesellschaft und der Technik kritisch betrachten können [IQU 5.1].

In den verschiedenen Wahlpflichtfächergruppen einer bayerischen Realschule unterscheidet sich der Lerninhalt in der Tiefe und teilweise auch in den Themen. Außerdem sind die Anforderungen sehr unterschiedlich. Im Unterricht werden Themen aus der Mechanik, Optik, Astronomie, Wärmelehre, Elektrizitätslehre und auch aus der Atom- und Kernphysik behandelt.

6.1. Lehrplan der 7.Klasse

In dieser Jahrgangsstufe sollen die Schüler behutsam und ohne große Übermathematisierung an das Fach Physik mit seinen Denk- und Arbeitsweisen herangeführt werden. Die Inhalte werden vor allem phänomenologisch betrachtet. [IQU2]

In der siebten Jahrgangsstufe werden die Schüler zum ersten Mal mit Themen aus der Optik, Mechanik und Akustik konfrontiert. In der Optik werden die Ausbreitung und die Reflexion von Licht genauer betrachtet. Im Anschluss daran werden Brechung, Totalreflexion und Dispersion näher erläutert. Außerdem sind optische Instrumente und Linsen Teil des Lehrplanes. In der Mechanik wird die Länge und Längenmessung, die Kraft und auch die Masse bis hin zum Teilchenmodell gelehrt. Darauf folgt der dritte Themenkomplex: die Akustik. Hier wird von der Entstehung, über die Ausbreitung, bis hin zum Empfang vom Schall gesprochen. Bei diesem Themenbereich wird das Tierreich bereits explizit genannt, nämlich beim Hörbereich der Menschen und Tiere [IQU2].

6.2. Lehrplan der 8.Klasse

In dieser Jahrgangsstufe gibt es für den Einerzweig und den Zweier- bzw. Dreierzweig zwei verschiedene Lehrpläne für das Fach Physik. Für den Zweier- und Dreierzweig ist dies das erste Schuljahr mit dem Fach Physik.

Der Lehrplan sieht für den Einerzweig vor, sich in die Fachsprache und Grundbegriffe der Physik einzuarbeiten und sich dabei eigenständig mit dem physikalischen Arbeiten und dem selbstständigen Experimentieren vertraut zu machen. Das Interesse der Schüler soll somit gesteigert werden. Die Themengebiete, die in diesem Schuljahr behandelt werden, entsprechen weiterhin der Mechanik. Bestandteil sind Dichte, Reibung, Arbeit, Leistung und Bewegung. In dem Themengebiet Mechanik der Flüssigkeiten und Gase sind es die Unterthemen Druck in Flüssigkeiten und Gasen, Schweredruck in Flüssigkeiten, Luftdruck, Gesetz von Boyle-Mariotte und Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen. Das abschließende Themengebiet dieser Jahrgangsstufe ist die Astronomie. Es wird ein Überblick über die verschiedenen Weltbilder, unser Sonnensystem, Milchstraßensysteme, Galaxien und das Weltall gegeben [IQU3].

In den beiden anderen Zweigen liegt der Schwerpunkt darin, dass die Schüler in das Fach Physik und dessen Arbeits- und Denkweisen eingeführt werden. Sie lernen das sorgfältige Beobachten sowie auch das Planen, Durchführen und Bewerten von Experimenten, um ein Problem zu lösen. Dabei dürfen die Anwendungsmöglichkeiten nicht außer Acht gelassen werden. Auch in diesen Zweigen werden die Themengebiete Optik, Mechanik und Mechanik der Flüssigkeiten und Gase thematisiert. In der Optik wird das Modell des Lichtstrahles behandelt, damit die Schüler Naturerscheinungen und technische Anwendungen besser verstehen und erklären können. Die Schüler erfahren, dass, je nach Messgerät, die Längenmessungen unterschiedliche Messgenauigkeiten besitzen können. Dieser Aspekt zählt zu der Mechanik. Weiter erkennen die Schüler, dass Messungen notwendige Voraussetzungen für die Gewinnung physikalischer Aussagen sind. Es entstehen bei einer Messung unvermeidliche Messfehler, die im Rahmen des Unterrichts sinnvoll betrachtet und beachtet werden müssen. Außerdem lernen die Schüler die Grundgrößen Kraft und Masse kennen. Mit diesem Wissen verfügen sie über die grundlegenden Kenntnisse der Mechanik. Der erlernte Stoff dient als Basis für die abgeleiteten Größen, wie beispielsweise Dichte und Reibung. Im Rahmen dieser Themen lernen die Schüler außerdem den sicheren Umgang mit Proportionalitäten. Im Zusammenhang mit Kraftwandlung werden Begriffe, wie Arbeit,

Energie und Leistung kennengelernt und verstanden. Einen ersten Einblick in den Aufbau der Materie erhalten die Schüler durch das Teilchenmodell. Im weiteren Verlauf des Schuljahres wird die Mechanik im Bezug auf Flüssigkeiten behandelt. Insbesondere wird hier der Druck thematisiert. Im Zusammenhang mit einigen Alltagsbeispielen verstehen und begreifen die Schüler den Schweredruck in Luft und Wasser [IQU3].

6.3. Lehrplan der 9. Klasse

Im Einerzweig lernen die Schüler den sicheren Umgang mit physikalischen Experimenten und erfahren etwas über die damit verbundene physikalische Erkenntnisgewinnung. In der Elektrizitäts- und auch in der Wärmelehre wird das Teilchenmodell vertieft. Dieses dient als Grundlage für weitere Erklärungen. Durch eine Erweiterung des Energiebegriffes entsteht der 1.Hauptsatz der Wärmelehre. Außerdem erfahren die Schüler, dass für die Erklärung des thermischen Verhaltens von Körpern eine Erweiterung des Teilchenmodells notwendig ist. Dies geschieht durch die beiden neuen Phänomene der kinetischen und potenziellen Energie. In der Elektrizitätslehre wird auf das bereits erlernte Wissen von Magnetismus und elektrischer Ladung als Grundgröße aufgebaut. Es wird um den elektrischen Stromkreis als Energieübertragungssystem erweitert. Der elektrische Strom wird mit seiner Wirkung und seinen verschiedenen Anwendungen behandelt. Mit den abgeleiteten Größen der elektrischen Stromstärke und elektrische Spannung sollen die Schüler die Grundlagen der Elektrizitätslehre kennenlernen und verstehen [IQU4].

In den nicht naturwissenschaftlichen Zweigen werden in der 9. Jahrgangsstufe ebenfalls die Themengebiete Wärmelehre und Elektrizitätslehre behandelt. Allerdings ist der Physikunterricht nicht, wie im naturwissenschaftlichen Zweig, dreistündig, sondern lediglich zweistündig [IQU4].

6.4. Zusammenhang des Lehrplanes mit dem Schülerlabor

In diesem Lehr-Lern-Labor sollen die Fähigkeiten wie zum Beispiel naturwissenschaftliche Denkweisen, neue Erkenntnisse durch Experimente und Zusammenhänge aufgedeckt, sowie Forscher- und Erfindungsgeist geweckt und gefördert werden. Den Schülern werden nämlich Zusammenhänge zwischen Naturwissenschaften und dem Tierreich aufgezeigt. Der Erfindungsgeist wird hierbei durch zahlreiche Problemstellungen und Experimente geschult

und gefördert. Ein weiteres Ziel dieses Lehr-Lern-Labors ist es, den Sinn für die Umwelt zu schärfen.

Das Lehr-Lern-Labor greift Themengebiete der 7. bis 9. Klasse auf und wiederholt einzelne Elemente. Weiter können aber auch einige Elemente während des Schuljahres zu den passenden physikalischen Elementen im Tierreich aufgegriffen werden. Diese können dann als praxisnahe Beispiele den Unterricht interessanter gestalten. Aus diesem Grund ist jeweils eine Station des Lehr-Lern-Labors für 45 Minuten konzipiert worden. Im Folgenden wird der Lehrplan näher mit seinen Themengebieten betrachtet und diese rücken mit den einzelnen Tieren in den Vordergrund. Das Lehr-Lern-Labor verknüpft die beiden Naturwissenschaften Physik und Biologie. In einzelnen Fällen werden sogar auch Gebiete der Chemie behandelt. Hierbei steht dennoch die Physik im Vordergrund. Die Schüler lernen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen besser kennen, welches ein Ziel des Physikunterrichtes darstellt [IQU 5.1].

7. Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

7.1. Grundgedanken zum Lehr-Lern-Labor

Ein Schülerlabor hat viele Vorteile für Schüler, allerdings ist es oft sehr schwierig im Rahmen der Schule ein Schülerlabor besuchen zu können. Oft sind die passenden Schülerlabore nicht in der Nähe der Schulen und so ist ein Besuch eines solchen Labors mit viel Organisation und hohem Zeitaufwand verbunden. Schwierig genug ist es schon ein Zeitfenster zu finden, indem man ein Schülerlabor, bei dem eng gehaltenen Lehrplan, hinlegen kann. Der zeitliche Aufwand betrifft nicht nur den Physiklehrer, sondern auch die anderen Lehrkräfte, die dafür ihre Stunden nicht halten können.

Hinzu kommen noch die Kosten, die durch einen Besuch von einem Schülerlabor entstehen. Alleine die Anfahrtskosten mit dem Bus oder mit der Bahn oder eventuelle Eintrittsgelder sind für manche Schüler und deren Familien eine enorme finanzielle Belastung. Diese betroffenen Schüler, deren Familien am Existenzminimum leben, stehen sowieso schon unter großem Druck und sollten nicht noch weiter belastet werden.

Deshalb ist es ein Ziel, dass dieses Schülerlabor auch transportabel und somit unabhängig vom Ort ist. Man kann das Schülerlabor auch in den verschiedensten Klassenräumen und Physikräumen aufbauen. Somit können Kosten, Zeit und organisatorischer Aufwand heruntergefahren werden.

Ein weiteres Kriterium, welches dieses Schülerlabor erfüllen soll, ist die Versuche, wenn möglich nachbaubar für die Schüler zu gestalten. Das heißt, dass sie nicht aus zu komplexen Materialien und Instrumenten aufgebaut sein sollen und die Kosten der Materialien nicht zu teuer sein dürfen. Der Sinn dahinter ist, dass Schüler die Experimente eventuell selber bauen können. Sie sollen dabei lernen, dass Physik ein nahbares Fach ist, was nicht aus Instrumenten besteht, dass man im Alltag nicht wieder findet und dass man Physik selber erfahren kann. Dies soll die eigenen Fähigkeiten im Experimentieren und im physikalischen Verständnis der Schüler stärken und kann auch die Experimentierfreude wecken.

Zudem sind die Stationen auf 45 Minuten ausgelegt. Und die einzelnen Stationen können völlig unabhängig voneinander bearbeitet werden, dies ermöglicht die Stationen im Physikunterricht einzubauen ohne andere Fachstunden in Beschlag nehmen zu müssen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch das Schülerlabor an der Universität Würzburg durchgeführt. Trotzdem werden die oben genannten Aspekte bei der Planung bedacht.

7.1.1. Themengebiete des Lehr-Lern-Labors

Das Schülerlabor soll als Ergänzung, Vertiefung und als Wiederholung gedacht sein. Hier sollen zu den Themen im Lehrplan verschiedene Tiere und deren Physik als motivierende Beispiele für den Physikunterricht gezeigt werden. So kann das Schülerlabor am Ende der 9. oder am Anfang der 10. Klasse gezeigt werden, um die Themengebiete der Physik nochmals aufzufrischen oder zu vertiefen. Oder man kann die einzelnen Stationen passend zu den einzelnen Themengebieten als Beispiele und Experimente einbringen. Da, wie schon bekannt, gerade die Mädchen meist kein großes Interesse an Physik haben, ist es zur Motivation sehr wichtig, Fächer miteinander zu verbinden. Hier wird die Physik mit der Biologie verbunden. Das Interesse an der Tierwelt wird genutzt, um Interesse und Alltagsbezug in die Physik zu bringen. Hierbei kann auch gelernt werden, dass die Physik nichts Neues erfindet, sondern schon Bekanntes auf andere Gebiete überträgt. Hierbei war die Tierwelt schon oft ein großes Vorbild. Die Physik beobachtet und versucht diese Phänomene zu erklären, um sie dann in Regeln und Gesetzen zu formulieren. Diese Arbeitsweise soll bei dem folgenden Schülerlabor nachempfunden werden, dabei soll erkannt werden, dass auch in der Biologie Gesetze und Regeln formuliert werden.

7.1.2. Gegenüberstellung von Themen und Tieren

Nun folgen einige Beispiele und Anregungen für die zu behandelnden Themen aus dem Lehrplan. Im Rahmen dieses Schülerlabors werden nur die fett gedruckten Tiere näher berücksichtigt. Die dünn gedruckten Tiere sind nur weitere Beispiele, die in den Unterricht einfließen können und ihn so bereichern können.

Klassenstufe	Themen des Lehrplans der Realschule	Beispiel aus der Tierwelt
7.Klasse (bzw. 8. Klasse II/III) Optik	Ausbreitung des Lichts Reflexion des Lichts Brechung, Totalreflexion und Dispersion Optische Linsen und optische Instrumente	<ul style="list-style-type: none"> • Menschaugen im Vergleich mit anderen Tieren • Sehen unter Wasser (Vierauge) • Chamäleon Farbwechsel • Selbstleuchtende Tiere • Fischreiher (Polarisationsfilter) • Regenwurm (Hell-Dunkel-Sehen) • Napfschnecken (Richtungssehen) • Nautilus (Lochauge)
7.Klasse (bzw. 8.Klasse II/III) Mechanik	Länge; Längenmessung Kraft Masse Teilchenmodell	<ul style="list-style-type: none"> • Jesus-Christus-Echse (Teilchenlehre) • (Stromlinienform der Fische und Vögel)
7. Klasse Akustik	Entstehung von Schall Ausbreitung von Schall Empfang von Schall	<ul style="list-style-type: none"> • Fledermaus (Echoorientierung) • Delfine, Fettschwalm, Salangane, Flughunde (Echoorientierung) • Akustische Warnsignale in der Tierwelt (zum Beispiel

		<p>Hase, Klapperschlange)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lärmauswirkung auf das Tierreich
<p>8. Klasse</p> <p>Mechanik</p>	<p>Dichte</p> <p>Reibung</p> <p>Arbeit, Energie, Leistung</p> <p>Bewegungen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Floh (Sprunghöhe) • Gepard (Beschleunigung) • Känguru, Schneeleopard (Sprungweite) • Krebs (Hebel) • Ameise (Hubarbeit) • Vogelschnäbel (Hebel)
<p>8. Klasse</p> <p>Mechanik der Flüssigkeiten und Gase</p>	<p>Druck in Flüssigkeiten und Gasen</p> <p>Schweredruck in Flüssigkeiten</p> <p>Luftdruck</p> <p>Gesetz von Boyle-Mariotte</p> <p>Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vögel (Fliegen) • Fische (Schwimmen, Schweben, Sinken) • Wal (Schwimmen)
<p>8.Klasse</p> <p>Astronomie</p>	<p>Überblick über die verschiedenen Weltbilder</p> <p>Unser Sonnensystem</p> <p>Milchstraßensystem – Galaxien – Weltall</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Schwefelbakterien (Leben ohne Sauerstoff) • Leben nach Gezeiten (Meeresbewohner)
<p>9. Klasse</p> <p>Wärmelehre</p>	<p>Innere Energie, Wärme, Temperatur</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Eisbär • Pinguine

	<p>Wärmeübertragung</p> <p>Konvektion (ca. 2 Std.)</p> <p>Verhalten der Körper bei Temperaturänderung</p> <p>(Temperatur, Druck und Volumen als Zustandsgrößen eines eingeschlossenen Gases</p> <p>Erwärmungsgesetz, spezifische Wärmekapazität</p> <p>Verdampfen</p> <p>Erster Hauptsatz der Wärmelehre</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Polarfuchs • Gletscherflöhe (Leben bei extrem kalten Temperaturen)
<p>9. Klasse</p> <p>Elektrizitätslehre</p>	<p>Magnetismus</p> <p>Ruhende elektrische Ladung, elektrische Ladung als Grundgröße</p> <p>Elektrisches Feld</p> <p>Bewegte elektrische Ladung; elektrischer Strom</p> <p>Magnetfeld stromdurchflossener metallischer Leiter</p> <p>Kraftwirkung auf stromdurchflossene metallische Leiter im Magnetfeld</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Taube, Schildkröten, viele Zugvögel und Fische(Magnetfeldorientierung) • Zitteraal • Muskelpotential bei Tieren • Elektrische Tiere

	Elektrizitätsleitung im Vakuum Elektrische Arbeit – elektrische Energie – elektrische Spannung – elektrische Leistung	
--	--	--

Tabelle 1: Übersicht der Themen

Die fettgedruckten Themen und Tiere werden in diesem Schülerlabor bearbeitet.

7.2. Themenauswahl und Tierausswahl

Alle tierischen Beispiele sind sorgfältig gewählt worden um Interesse zu fördern, Alltagsbezug zu schaffen und ein großes Gebiet der jeweiligen Themen abzudecken. Außerdem werden die Themen auch unter biologischen und ökologischen Aspekten betrachtet.

In der Astronomie sind leider keine besonders geeigneten Tiere vorhanden, um das Schülerlabor zu bereichern, deshalb wird dieses Thema ausgegrenzt. Hinzu kommt noch, dass der Zeitrahmen von 5-mal eine dreiviertel Stunde schon ziemlich groß und ausgelastet ist. Damit das Lehr-Lern-Labor, keinen zu großen Zeitrahmen in Anspruch nimmt, wird hier auf die Ausarbeitung im Themenbereich der Astronomie verzichtet.

Für das Themengebiet Optik wird der Fisch und im besonderem ein Vierauge berücksichtigt. Hierbei wird das Sehen unter Wasser näher betrachtet und dessen Problematik besprochen. Hierbei wird die Reflexion, Brechung, Weitsichtigkeit und Kurzsichtigkeit näher ins Auge gefasst. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf dem Auge und seine Funktionen.

In der Akustik ist die Fledermaus nun ein Beispiel, das gewählt wurde. Anhand dieses Beispiels lässt sich die Schallentstehung, die Schallausbreitung, der Schallempfang und der Dopplereffekt sowie die Schallreflexion näher betrachten. Da die Akustik nur im Einerzweig behandelt wird, muss für das Schülerlabor von einem niedrigen Kenntnisstand ausgegangen werden, da nicht nur Schüler des Einerzweiges das Schülerlabor besuchen werden.

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

In der Mechanik, hier ist auch die Mechanik der Flüssigkeiten und der Gase gemeint, sind zwei Tierarten gewählt worden. Zum einen ist die Gattung der Vögel als Beispiel herausgezogen worden, um die verschiedenen Schnäbel als Kraftwandler, hier der Hebel, zu vergleichen und dann ist noch der Fisch, der die Rolle des Auftriebs und Drucks sowie die Dichte beim Schwimmen klären soll, gewählt worden. Der Lehrplan ist so aufgebaut, dass der erste Teil der Mechanik in der 7. Klasse den Grundstein für den zweiten Teil der Mechanik in der 8. Klasse bildet, deshalb ist es nicht notwendig aus dem ersten Teil und aus dem zweiten Teil ein Tier zu betrachten, da das Tier aus dem zweiten Teil auf das Grundwissen zuvor aufbaut.

In der Wärmelehre werden gleich drei Tiere als Repräsentanten gewählt, das sind der Eisbär, der Polarfuchs und der Pinguin. An ihnen sollen die Wärmeleitung, Wärmeabsorption, Wärmedämmung und Wärmeübertragung näher betrachtet werden. Außerdem sollen die Zusammenhänge zwischen der Optik und der Wärmelehre verdeutlicht werden, indem ein Zusammenhang zwischen der Farbe und der Wärme geschaffen wird.

Der Zitteraal soll in der Elektrizitätslehre ein Beispiel für Ladung, Spannung und Gefahren von elektrischem Strom aufzeigen. Hinzu werden der Aufbau von Batterien und ihre Funktionen näher betrachtet.

Die Tiere, die nicht ausgewählt wurden, können aber dennoch für das Gestalten vom Unterricht sehr interessant sein und andere Schwerpunkte der Physik näher beleuchten.

In dem Schülerlabor werden auch Themen der Ökologie physikalisch aufgearbeitet und führen so zu einem besseren Verständnis auch in der Biologie. Die Biologie und die Physik werden eng miteinander verknüpft und teilweise miteinander verwoben.

7.3. Die ausgewählten Tiere näher betrachtet

7.3.1. Das Vierauge

Das Vierauge gehört zu den Zahnkarpfen und wird ungefähr 30cm lang. Es lebt in schlammigen Küstengewässern Brasiliens und Mittelamerikas. Vieraugen zählen zu den Oberflächenfischen, bei denen sich eine querliegende Scheidewand, die das Auge in zwei Teile teilt mit je zwei getrennten Pupillen, gebildet hat. So können die Tiere gleichzeitig über und unter Wasser sehen [IQU5].

Beim Tauchen unter Wasser sehen Menschen nur sehr verschwommen. Wenn sie eine Taucherbrille tragen, sehen sie die Umrisse deutlicher. Bei den Fischen ist das anders, sie können unter Wasser scharf sehen [SSBMGB].

Das menschliche Auge ist dem Sehen in der Luft angepasst. Da ein Großteil der Brechung an der Cornea stattfindet, spielt die Brechung allerdings keine große Rolle unter Wasser, da der Lichtstrahl unter Wasser kaum an der Cornea und an dem dahinterliegenden Kammerwasser gebrochen wird. Cornea und Kammerwasser besitzen zusammen in etwa die gleiche optische Dichte wie Wasser. Die Brechung der Linse ist zu klein, um die Lichtstrahlen noch auf der Linse bündeln zu können, deshalb entsteht ein unscharfes Bild ungefähr so wie bei einem Weitsichtigen. Bei Fischen hat sich das Auge entsprechend an ihre Umwelt angepasst. Da die Brechung an der Hornhaut fast zu vernachlässigen ist, ist die Hornhaut bei Fischen oftmals kaum gewölbt. Dagegen hat sich die Linse, da sie alleine für die Brechung zuständig ist, so entwickelt, dass sie eine hohe Brechkraft besitzt. Die Linse der Fische hat eine große Krümmung und ist deshalb meist kugelförmig. Auch ist die Linse der Fische optisch dichter als die Linse der Menschen. Allerdings ist die Linse nicht wie beim Menschen elastisch. Die Akkommodation bei Fischen findet über eine Abstandsveränderung von Linse und Netzhaut statt, ähnlich wie bei einer Kamera [SSBMGB].

Sehen an der Luft:

Beim Menschen kann, zur Vereinfachung, das Auge als eine Kugel, die einen Durchmesser im Durchschnitt von 2,4 cm besitzt, angesehen werden. Die optische Wirkung findet vor allem beim Übergang von Luft ($n_L = 1$) zum Kammerwasser ($n_W = 1,34$) und noch zu einem sehr geringem Teil an der Augenlinse statt. Betrachtet man die Hornhaut als sphärisch rund mit dem Radius $r = 0,8\text{cm}$, dann ist nach der Abbildungsgleichung (siehe hierzu das Kapitel über die Optik):

$$f_H = r \cdot n_W / (n_W - n_L) = 0,8\text{cm} \cdot 1,34 / (1,34 - 1) \approx 3\text{cm}.$$

Die noch benötigte Brechkraft, um das Bild auf der Netzhaut abzubilden, wird mit Hilfe der Linse und ihres Ziliarmuskel gewonnen, indem die Linse in entspanntem Zustand flachgezogen ist [IQU6].

Sehen unter Wasser:

Wenn sich ein Menschaugen unter Wasser ($n_W=1,34$) befindet, dann wird die vorhandene Brechung durch den Übergang von Luft zum Innenaugen, wie bereits erwähnt, weitgehend

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

aufgehoben. Das heißt, es bleibt nur noch die Brechkraft der Augenlinse übrig. So reicht die Brechung von angenommenen $n_{AL}=1.42$ und auch bei einer maximalen Akkommodation von einem Radius von beiden Flächenwahrscheinlich $r_{AL}=0,6\text{cm}$ nicht aus, um das Bild auf die Netzhaut abzubilden. Siehe hierzu die Abbildungsgleichung: $f_{AL}=1/2n_W r_{AL}/(n_{AL}-n_W)=4,43\text{cm}$ [IQU6].

Mit Hilfe einer Taucherbrille kann man unter Wasser wieder scharf sehen. Dies liegt daran, dass sich eine Luftschicht zwischen Hornhaut und Wasser befindet und somit wieder die normale Brechkraft wirkt.

Akkommodation im Tierreich:

Vögel, Säugetiere und die meisten Reptilien ändern ihre Bildweite mit Hilfe ihrer flexiblen Linse, die sie unterschiedlich krümmen können. Bei Fischen ist dies nicht möglich, da bei ihnen kaum Brechung an der Hornhaut, deren Krümmung ohne Bedeutung ist, stattfindet. Deshalb entwickelten sie eine sphärische, relativ harte Linse mit einer hohen Brechzahl (ca. 1,5 im Kern). Fische verändern nicht ihre Linse, sondern verändern den Abstand zwischen der Linse und der Netzhaut [IQU6]. Wie bereits erwähnt, besitzen sie eine Linse, die sehr kugelförmig ist, dies würde aber bei allen anderen Lebewesen eine starke sphärische Aberration hervorrufen. Das Fischauge hat sich dem angepasst, indem die Linse eine inhomogene, nach außen hin abnehmende Brechzahl besitzt. Dadurch kann eine sphärische Aberration deutlich verringert werden. Eine solche Linse nennt man auch Matthiessenlinse [SSBMGB].

Augen, die auf das Sehen in Luft spezialisiert sind, sind unter Wasser in der Regel weitsichtig. Augen, die für das Sehen unter Wasser konzipiert sind, sind an der Luft kurzsichtig, wenn ihre Hornhaut stark gekrümmt ist. Ist die Hornhaut eben, dann ist die Oberfläche der Hornhaut praktisch unabhängig davon, ob sich Luft oder Wasser davor befindet. Solche Augen besitzen zum Beispiel Pinguine. Beim Kormoran hingegen wird beispielsweise das Auge so gequetscht, dass sich sowohl Hornhaut als auch Linse stärker wölben [IQU6].

Das Vierauge besitzt hingegen zwei relativ große, in zwei Hälften geteilte Augen. Die oberen Augenhälften dienen dazu, oberhalb der Wasseroberfläche zu sehen, damit sie bei der Jagd Insekten sehen können. Die untere Hälfte von den Augen dient zum gleichzeitigen Sehen unter Wasser. Damit können sie ins Wasser gefallene Insekten und für sie gefährliche

Raubfische rechtzeitig entdecken. Das Vierauge ist somit dem Problem der unterschiedlichen Brechung mit seinen „vier“ Augen umgangen.

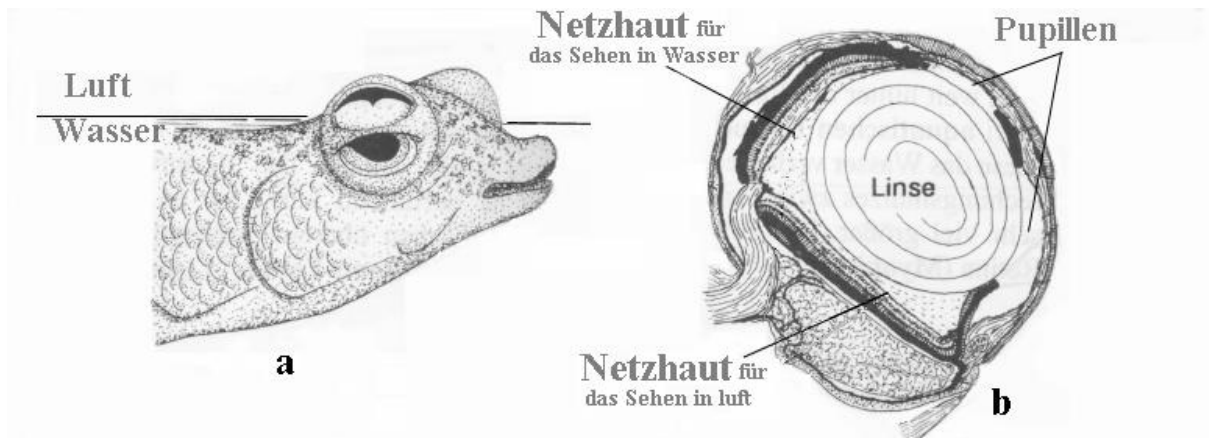


Abb. 1 Das Vierauge.

Quelle: „Können Fische unter Wasser besser sehen als Menschen?“ von G. Colicchia und H. Wiesner [IQU6]

In Skizze a sieht man den Kopf eines Vierauges und die zweigeteilten Augen. In Skizze b ist ein Querschnitt durch das Auge des Vierauges zu sehen. Die Augenlinse ist kugelförmig bis eiförmig und füllt das Augennere weitgehend aus. Sie kann gleichzeitig zwei Bilder fokussieren, eines für den Bereich über dem Wasser und eines für den Bereich unter Wasser. Die Linse ist in der oberen Hälfte stark und in der unteren Hälfte schwach gekrümmt, um so eine optimale Brechung für die verschiedenen Medien zu gewährleisten [IQU6].

7.3.2. Die Fledermaus

Fledermäuse (Microchiroptera) gehören zu den Säugetieren und zeigen auch deren Merkmale. Das heißt, sie sind gleichwarm, besitzen ein Fell, haben äußere Ohrmuscheln, gebären lebende Junge und säugen diese. Was sie jedoch von vielen Säugetieren unterscheidet, ist, dass sie als einzige Gruppe aktiv fliegen können. Außerdem können Fledermäuse für ihre Größe ein hohes Alter erreichen, was daran liegt, dass sie eine besondere ökologische Nische besiedeln. Die Fledermaus als fliegender Nachtrüber hat kaum Fressfeinde. Um Erfolg als nächtliche Jägerin zu haben, entwickelten die Fledermäuse eine für Landtiere einzigartige Ultraschall-Echoortung. Diese macht sie vom Tageslicht unabhängig. Es gibt unter den Fledermäusen nicht nur Insektenjäger, wobei auf diesen im Rahmen dieser Arbeit ein

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Schwerpunkt gelegt wird, sondern auch Fleisch-, Früchte und Blattfresser und sogar Fischjäger sowie Blutsauger. Es gibt sogar eine tropische Art von Fledermäusen, die als „Kolibris der Nacht“ bezeichnet werden, da sie sich im Schwirrflug von Nektar ernähren [DHNHFE].

In dieser Arbeit wird besonders auf die Echoortung der Fledermäuse eingegangen, da sie als Beispiel für die Akustik dient.

Entdeckung der Echoortung:

Zuerst soll jedoch ein kurzer Ausblick über die historische Entdeckung der Echoortung geliefert werden. Abbé Spallanzani führte im 18. Jahrhundert Experimente zur Orientierung der Fledermäuse durch. Hierfür spannte er Fäden in einem Raum und lies die Fledermäuse durch diesen Hindernisparcours fliegen. Dabei stellte er fest, dass sich Fledermäuse zwar mit verschlossenen Augen orientieren konnten, aber nicht mit verschlossenem Mund und Ohren. Diese Ergebnisse ließen Spallanzani zu dem Schluss kommen, dass Fledermäuse sich mit für uns nicht hörbaren Lauten orientieren müssen. C. Jurine wiederholte diese Versuche und kam zu selben Ergebnissen. Aber erst D. Griffin konnte die Thesen bestätigen, indem er im Jahre 1938 die ersten Fledermausgeräusche aufnahm. Somit bestätigten sich einige vorausgegangene Theorien zur Echoorientierung der Fledermäuse: dass Fledermäuse mit dem Maul Geräusche ausstoßen und mit den Ohren ihr Echo aufnehmen. Außerdem stellte sich dabei heraus, dass die meisten Fledermäuse ihre Laute im Ultraschallbereich aussenden [DHNHFE].

Die Echoortung:

Das Prinzip der Echoortung ist dem Radar sehr ähnlich. Allerdings werden hier an Stelle von elektromagnetischer Strahlung, Schallwellen verwendet. Die Echoorientierung wird außerdem zur Jagd und zur Kommunikation benötigt. Die Funktionsweise ist eine Sender-Empfänger-Kombination, welche kurze Laute erzeugt und die zurückkehrenden Echos wieder empfängt. Dabei wird aus der Laufzeit die Entfernung der Gegenstände berechnet. Die Lautimpulse müssen kurz sein, damit das leisere Echo nicht von dem Ruf selber übertönt wird. Die genaueste Berechnung der Entfernung aus der Laufzeit geschieht mittels des Verfahrens der Kreuzkorrelation. Man geht davon aus, dass im Gehirn einer Fledermaus eine neuronale

Rechenoperation möglich sei. Die Richtungsbestimmung ist im Gegensatz zur Entfernungsbestimmung komplizierter. Es gibt verschiedene Möglichkeiten der Richtungsbestimmung. Zum einen durch Ausstrahlen eines sehr eng gebündelten Strahls, mit dem die Umwelt abgetastet wird, so dass Echos nur aus der Richtung zurückkommen können, von der sie abgestrahlt wurden. Zum anderen die Nutzung mehrerer Empfänger, aus denen man mit Hilfe der Laufzeitunterschiede die Richtung berechnen kann. Werden breitbandige Signale eingesetzt, kann man aus den Klangfarben des Echos die Richtung bestimmen. Die verschiedenen Fledermausarten haben unterschiedliche Kombinationen aus den drei Möglichkeiten entwickelt [DHNHFE].

Das Erzeugen von Lauten geschieht bei Fledermäusen nicht anders als bei anderen Säugetieren. Der Laut wird erzeugt, indem mit Druck Luft über die Stimmlippen gepresst wird. So wird die Luft in Schwingungen versetzt. Da die Stimmlippen der Fledermäuse sehr klein und straff sind, können Fledermäuse sehr hohe Frequenzen erzeugen. Die Schwingungen werden durch Nasen- und Rachenraum als Resonanzräume verstärkt und frequenzgefiltert. Fledermäuse nutzen verschiedene Frequenzen und auch verschiedene frequenzkonstante und frequenzmodulierte Rufe. Ein grundsätzliches Problem stellt die geringe Intensität des Echos dar. Mittelgroße Insekten reflektieren etwa das Echo mit einer Lautstärke von 30 dB zurück. Das sind 30 dB weniger, als der das Objekt treffende Schall. Der Ruf sollte deshalb eine möglichst große Lautstärke besitzen. Allerdings verursacht ein lauter Ruf eine gewisse Totzeit für die Ohren, so dass in dieser Zeit keine Echos wahrgenommen werden können.

Rechenbeispiel: Bei einer Schallgeschwindigkeit von 340 m/s und einem Ruf von 5 ms Länge bewegt sich der Schall in dieser Zeit 1700mm. Das heißt, dass die Fledermaus innerhalb einer Entfernung von 85cm das Echo nicht wahrnehmen kann. Berücksichtigt man zudem den „forward masking“ Effekt, der nach einem lauten Hörereignis weitere Hörereignisse für einen kurzen Moment maskiert, vergrößert sich die Totzeit des Ohres weiter. Dieses Problem von Ruf und Echo lässt sich auf zwei Arten lösen. Die häufigste Weise ist das Verkürzen der Rufdauer, wobei allerdings die zurückkehrende Schallenergie verringert wird. Bei einer Verkürzung des Rufes auf 1ms würde die „Totzeit“ nur noch eine Entfernung von 17 cm betreffen [DHNHFE].

Außer der Überlappung des Echos und des Rufes, existiert noch ein weiteres Problem. Das Echo eines kleinen Insektes wird von einem Echo eines größeren Gegenstandes wie zum Beispiel einer Wand übertönt. So muss das Insekt auch einen gewissen Abstand von einem

größeren Gegenstand haben, damit es überhaupt von der Fledermaus detektiert werden kann. Aus diesen Gründen haben die Fledermäuse nur ein sehr kleines „störfreies Fenster“, um Insekten wahrnehmen zu können [DHNHFE].

Bei der Richtungsbestimmung treten ebenfalls einige Schwierigkeiten auf. Der geringe Abstand der Ohren der Fledermäuse reicht nicht aus, um die Richtung mit Hilfe von Laufzeitunterschieden festzustellen. Die komplizierten Formen ihrer Ohrmuscheln dienen als „Raum-Richtungs-spezifischer Frequenzfilter“, damit aus der Klangfarbe die Richtung des Echos zugeordnet werden kann. Die Ohrmuscheln sind so gebaut, dass der eintreffende Schall mit Hilfe von Interferenzen zwischen verschiedenen möglichen Wegen zum Trommelfell ein richtungsspezifisches Frequenzspektrum aufmoduliert. So können bestimmte Frequenzen von ihrer Intensität herabgesetzt oder sogar ausgelöscht werden. Diese Funktionsweise klappt nur bei breitbandigen Ortungsrufen [DHNHFE].

Echoorientierung der Hufeisennase:

Eine andere besondere Möglichkeit entwickelte sich bei den Hufeisennasen. Sie stoßen ihre Rufe aus der Nase aus. Dies ermöglicht ihnen, auch weiterhin präzise Rufe mit vollem Maul auszusenden. Außerdem können sie mit dieser Methode einen sehr gebündelten Strahl erzeugen, jeweils aus einem der benachbarten Nasenlöchern. Da die Ortungsrufe der Hufeisennase sehr konstant sind und eine genau eingehaltene Frequenz besitzen, bleibt auch die Wellenlänge λ der Schallwellen über den ganzen Ruf konstant. Haben nun die beiden Nasenlöcher einen Abstand von $\lambda/2$, löschen sich in beiden seitlichen Richtungen die seitlichen Schallwellen durch Interferenz aus. So kann die gesamte Schallenergie nach vorne gebündelt werden. Zudem haben die Hufeisennasen sehr bewegliche Ohren, die sie blitzschnell bewegen und somit ihre Hörwelt besser „abtasten“ können. Dazu werden kurze Rufabstände benötigt. Hufeisennasen entwickelten eine ungewöhnliche Anpassung. Sie können ihre Echos auch während ihrer Rufe hören. Ihr Gehör ist nicht für alle Frequenzen gleich stark empfindlich, so ist zum Beispiel der Hörbereich für den Ruf selber nicht so empfindlich. Um zu verstehen, wie dies funktioniert, sind Kenntnisse über den Dopplereffekt notwendig. Durch diesen wird klar beschrieben, warum die Frequenz des Echos höher ist, als die des Rufes. Dadurch, dass sich die Fledermaus bewegt, tritt der Dopplereffekt auf (siehe hierzu den Dopplereffekt in dem Kapitel 7.4.2 Akustik) [DHNHFE].

Bei den Hufeisennasen ist im Gegensatz zu den meisten anderen Säugetieren die Cochlea (der Schneckengang des Innenohrs) nicht mit dem Felsenbein der Schädeldecke verwachsen, so dass eine möglichst geringe Schallübertragung über den Knochen erfolgt.

Anpassung des Rufes an die Umwelt:

Warum sich nicht alle Fledermäuse mit dem gleichen Ruf orientieren, wird von physikalischen Grenzbedingungen der Echoortung determiniert. Die Frequenz einer Schallwelle bestimmt die mögliche Auflösung von Strukturen, da auch Schall um Hindernisse gebeugt und nicht reflektiert wird, wenn diese in der Größenordnung der Wellenlänge geraten oder kleiner als diese sind. Dass aber nicht alle Fledermäuse mit einer sehr hohen Frequenz rufen, um eine bessere Auflösung erzielen zu können, liegt an der mit der Frequenz ansteigenden, sphärischen Dämpfung bei der Schallausbreitung in Luft. Hohe Frequenzen haben nur eine sehr kurze Reichweite, das heißt, sie sind gut geeignet in einer Umwelt mit vielen Hindernissen, aber weniger gut geeignet in einer Umwelt, wo lange Reichweiten benötigt werden [DHNHFE].

Eine andere Variable für unterschiedliche Rufe ist die Bandbreite der Ortungslaute. Alle Energie in ein schmales Frequenzband zu investieren, hat den Vorteil, dass so eine höhere Empfindlichkeit durch Summieren der Erregungen ermöglicht wird. Außerdem ermöglicht es eine bessere Spezialisierung auf diesem Frequenzband und der Dopplereffekt kann genutzt werden. Jedoch ist ein breitbandiges Signal auch von Vorteil, denn so können viele Nervenzellen im Ohr angeregt werden. Hierdurch lässt sich die Zeitverschiebung von Ruf und Echo mit Hilfe der Kreuzkorrelation messen. Außerdem können dabei Interferenzen entstehen, die wichtige Hinweise zur Entfernung, Beschaffenheit und Richtung eines Gegenstandes beinhalten [DHNHFE].

Eine weitere Variable ist die Rufdauer. Bei einer langen Rufdauer ist die Wahrscheinlichkeit größer ein interessantes Echosignal zu detektieren. Allerdings besteht, wie bereits erwähnt, die Gefahr, dass das Echo durch den lauten Ruf nicht zu hören ist. Der Vorteil von einer kurzen Rufdauer ist, dass das „blinde Fenster“ sehr klein ist und dadurch eine genauere Messung der Laufzeit und Distanz möglich wird [DHNHFE].

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Design der Ortungslaute:

Betrachtet man die oben genannten Unterschiede, versteht man auch die verschiedenen Ruflaute bei unterschiedlicher Einnischung der Fledermäuse. Fliegt eine Fledermaus vorwiegend im freien Luftraum und mit hoher Geschwindigkeit, dann sollte sie Hindernisse und Beute schon aus weiter Entfernung bemerken können. Dazu eignen sich lange Rufe mit niedriger Frequenz und geringer Bandbreite. Jagt eine Fledermaus allerdings in dichter Vegetation, dann sollten die Rufe mit hoher Frequenz und großer Bandbreite ausgesendet werden. Größere Fledermäuse haben tiefere Frequenzen, da sie in der Regel größere Beute fangen wollen, als kleinere Fledermäuse. Die Ruflaute sind nicht nur artspezifisch, eine Fledermaus passt ihre Rufe sogar der jeweiligen Jagd- und Flugsituation an. So unterscheiden sich die Rufe sowohl bei einem Transferflug, und Suchflug, als auch bei Annäherungsphase und Endphase, indem die Fledermaus die passende Art von Rufen ausstößt, um ein optimales Echo zu erzielen [DHNHFE].

„Kampf der Technik gegen die Technik“:

In der nachfolgenden Tabelle werden die einzelnen Entwicklungen in der Evolution näher betrachtet und die darauf folgende Reaktion der verschiedenen Tiere seitens der Beutetiere wie auch der Jäger veranschaulicht dargestellt. Diese Schritte der Evolution ziehen sich als Roten Faden durch die Station über die Akustik.

Insekten:		Fledermaus:
Nachtaktiv	➔	Nachtaktiv, Ultraschallorientierung
Sensoren zum Wahrnehmen der Fledermausrufe (Fallenlassen oder ausweichen)	➔	Ballistischer Flug

Eigenes Sonar (Störsonar)	➔	Orientierungsverlust
Starke Beschuppung und lange Fransen	➔	schlechtes Echo, sehr ungenau
Verstopfung des Mauls	➔	Führt zur Desorientierung, Zahnlücke oder Nasenlaute

(Tabelle 3: Kampf der Technik gegen die Technik)

7.3.3. Der Fisch und der Vogel

Sowohl der Hebel als auch der Auftrieb sind Teilgebiete der Mechanik. Der Vogel mit seinen verschiedenen Schnabelformen steht als Repräsentant für den Hebel. Der Fisch mit seiner Schwimmblase wird als Beispiel für das physikalische Phänomen Auftrieb herangezogen.

Der Vogel:

Mit den Vögeln eroberten zum ersten Mal warmblütige Wesen die ökologische Nische Luftraum. Um flugfähig zu sein, muss das Körpergewicht gering sein. Im Laufe der Evolution hat sich das Vogelskelett den Anforderungen entsprechend angepasst. So entwickelten sich ein extrem leichtes Skelett und ein leistungsstarkes Atmungssystem. Außerdem ist ihr Verdauungstrakt äußerst schnell, damit kein unnötiger Ballast mitgetragen werden muss [IQU7].

Im Laufe der Zeit haben sich die Schnäbel als perfekte Lösung für flugfähige Tiere herausgestellt. Denn er ist extrem leicht und trotzdem stabil. In der Natur gibt es viele verschiedene Formen und Funktionen von Schnäbeln. Der Hornschnabel dient beispielsweise der Nahrungsaufnahme und Nahrungsbeschaffung. Jedoch ist der Grundaufbau der Schnäbel bei allen Vögeln gleich. Der Oberschnabel ist am Schädelknochen befestigt und damit unbeweglich. Der Unterschnabel ist mit dem Schädel durch ein Gelenk befestigt. Dies macht ihn sehr beweglich. Der Schnabel besteht aus Schnabelhorn beziehungsweise aus Keratin.

Dies hat außer dem geringen Gewicht auch den Vorteil, dass es viele Formen annehmen kann [DSVAW].

Der Kiefer stellt einen einarmigen Hebel dar, dessen Drehpunkt das Kiefergelenk ist. Der Hebel ist ein Kraftwandler. Die Kraft geht vom Kaumuskel aus. Da die Vogelrassen in zahlreichen ökologischen Nischen leben, haben verschiedene Anpassungen bei ihren Schnabelformen stattgefunden. So sind die Schnäbel hoch entwickelte und spezialisierte Werkzeuge geworden. So kann man oft mit einem Blick auf den Schnabel die Ernährungsgewohnheiten der verschiedenen Vögel erkennen. Nun werden für diese Arbeit die wichtigsten Schnabelformen genauer beschrieben und dann mit Werkzeugen für den Menschen verglichen. Diese Werkzeuge haben häufig ähnliche Funktionen und stellen einen Hebel dar [IQU7].

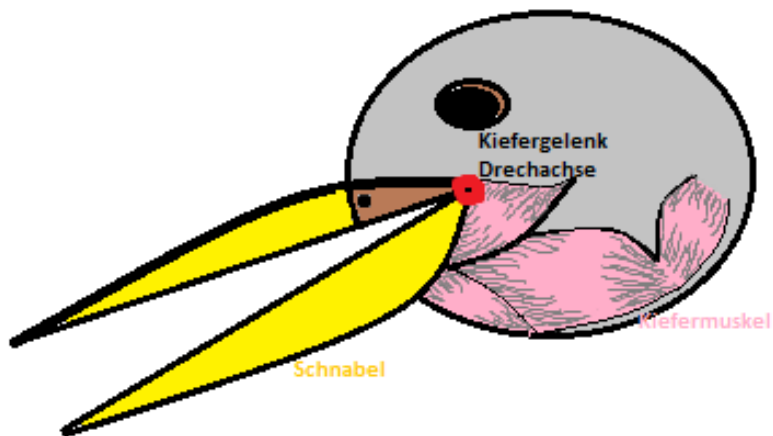


Abb. 3.24: Vogelschnabel

Der Hakenschnabel:

Diese Form von Schnabel findet man bei Papageien und Greifvögeln. Der Schnabel wird manchmal auch als Krummschnabel bezeichnet. Hierbei ist der Oberschnabel manchmal mehr, manchmal weniger stark gekrümmt und ein ganzes Stück länger als der Unterschnabel. Viele Papageienarten ernähren sich von Früchten und Samen. Der Schnabel weist auf seiner Innenseite quer verlaufende Rillen auf, die dazu dienen, die Nahrung zu fixieren. Aras, zum Beispiel, können problemlos mit ihren kräftigen Schnäbeln die harte Schale von Paranüssen knacken. Außerdem dient dieser Schnabel den Papageien nicht nur zur Nahrungsaufnahme, sondern auch als Kletterhilfe. Sie können sich mit ihrem Schnabel einhaken und so besseren Halt finden [IQU7].

Bei dieser Art von Schnäbeln finden wir nicht nur ein Werkzeug, das den unseren gleicht. Zum einen ist der Schnabel, wie ein Nussknacker aufgebaut. Er besitzt sogar die quer gelegenen Rillen zum festeren Halt der Nuss. Zum anderen hat der Schnabel auch noch die Kletterhilfefunktion. So ein Werkzeug kennt man auch vom Klettern. Dort werden verschiedene Haken verwendet, um sich in Löcher in der Wand einzuhaken, damit man auch hier einen besseren Halt erlangen kann [IQU7].

Bei Greifvögeln und auch bei Aasfressern wird der Hakenschnabel zum Zerteilen der Beute benutzt. Mit diesem Schnabel können die Beutetiere jedoch auch tot gebissen werden.

Diese Funktion des Schnabels gleicht einer Geflügelschere. Mit dieser Schere kann Geflügel problemlos zerkleinert werden.



Abb. 3.12: Gänsegeier [IQU7]



Abb. 3.13: Geflügelschere [IQU 3.13]

Der Spitzschnabel:

Insektenfresser verfügen über spitze, schmale und pinzettenartige Schnäbel. Bei diesen sind Ober- und Unterschnabel normalerweise gleichlang. Typische Vertreter dieser Schnabelform sind zum Beispiel Bachstelzen und Schwalben. Sehr kurze, spitze Schnäbel sind zum Fangen von Insekten aus der Luft geeignet. Längere, pinzettenartige Schnäbel, wie ihn zum Beispiel ein Wiederhopf besitzt, ermöglichen das Ernähren von Insekten, die sich im teilweise hohen Gras befinden. Bienenfresser hingegen brauchen die langen Schnäbel zum Schutz vor ihrer giftigen Nahrung beim Fangen. So können sie Nahrung beziehen, vor der andere insektenfressende Vögel zurückschrecken [IQU7].

Diese Art von Schnabel kann wieder mit verschiedenen Werkzeugen verglichen werden. Zum einen ist dieser Schnabel wie eine Pinzette mit der man gezielt kleine Gegenstände greifen kann. Zum anderen sind diese Schnäbel geeignet als Abstandhalter, wie zum Beispiel eine Grillzange.



Abb. 3.14: Schwalbe [IQU7]



Abb. 3.15: Pinzette [IQU3.15]

Der Kegelschnabel:

Die Körnerfresser tragen einen harten, kegelförmigen Schnabel, der ihnen hilft, harte Samen problemlos zu knacken. Bei Finken zum Beispiel kann man so eine Art von Schnabel finden. Die Schnäbel wirken im Verhältnis zum Gesicht viel zu mächtig. Allerdings können sie so Nahrung beziehen, die von anderen Vogelarten verschmäht bleibt [IQU7].

Ein Nussknacker würde dieser Form von Schnabel am Nächsten kommen. Denn auch mit ihm kann man harte Samen und Kerne zerteilen.



Abb. 3.16: Kernbeißer [IQU7]



Abb. 3.17: Nussknacker [IQU3.17]

Der Kreuzschnabel:

Diese Form von Schnabel stellt eine Besonderheit in der Vogelwelt dar. Die Besitzer dieser Schnäbel haben sich auf den nahrhaften Samen aus den Zapfen von Fichten, Lärchen und Kiefern spezialisiert. Ihre Ober- und Unterschnäbel liegen nicht wie bei anderen spitzschnabligten Vogelarten der kompletten Länge nach aufeinander, sondern ihre Enden

überkreuzen sich. Der gekreuzte Schnabel hilft ihnen die einzelnen Schuppen eines Zapfens aufzubiegen, umso mit der Zunge an die Samen zu gelangen [IQU7].

Der Kreuzschnabel ist mit einer Art Brecheisen zu vergleichen. Mit diesem kann man verschiedene Gegenstände aufbrechen.



Abb. 3.18: Fichtenkreuzschnabel [IQU7] Abb. 3.19: Spreitzer [IQU3.19]

Der Seihschnabel:

Der Flamingo hat sich an eine sehr enge ökologische Nische angepasst. Sie haben einen Seihschnabel entwickelt, mit dem sie Algen und kleine Krebstiere aus dem Wasser fischen. Dazu senken sie den Kopf so in das Wasser, dass sich der Oberschnabel zuunterst befindet. Wegen der höheren Beutetierkonzentration liegt der Schnabel mit der Spitze nach hinten zeigend knapp unter der Wasseroberfläche. Der Unterschnabel der Flamingos weist eine knollige Verdickung auf und enthält überdies eine wabenartige, mit Luft gefüllte Struktur. Diese Gegebenheit verleiht dem Schnabel einen optimalen Auftrieb. So bleibt der Schnabel ohne Kraftaufwand in der gleichen Position. Im Schnabel befindet sich ein Knick. Dadurch stehen bei geöffnetem Zustand die Schnabelhälften auf der gesamten Länge gleich weit auseinander. An den Rändern tragen Ober- und Unterschnabel feine haarige Lamellen, in denen sich Algen oder kleine Krebse verfangen können, wenn der Flamingo mit Hilfe der Zunge Wasser durch den Schnabel pumpt [IQU7].

Diese Funktion des Seihschnabels kommt einem Kescher sehr nahe. Mit ihm kann man Dinge aus dem Wasser sieben. Das gleiche Prinzip findet man bei vielen Wasservögeln, wie zum Beispiel der Ente mit einem Pflanzenfresserschnabel. Besonders gut sieht man den Vergleich bei dem Schnabel eines Pelikans, der einen sogenannten „Kescherschnabel“ entwickelt hat [IQU7].



Abb. 3.20: Peikan [IQU7]



Abb. 3.21: Kescher [IQU3.21]

Der Stocherschnabel:

Einige Vögel finden ihre Nahrung in feuchter Erde oder im Watt. Kleine Krebse, Würmer oder Muscheln, zum Beispiel, verstecken sich dort. Um an diese Delikatessen zu gelangen und dabei ein trockenes Gefieder zu behalten, ist es wichtig, ein langes Fangwerkzeug an ihrem hochbeinigen Körper zu besitzen. Die Schnäbel sind sehr lang, spitz und schmal. Damit lässt sich im Schlamm wunderbar nach Nahrung suchen und es hilft, winzige Beutetiere im Schnabel zu fixieren [IQU7].

Diese Form von Schnabel ähnelt auf einer Weise einer Pinzette und auf der anderen Weise einem Unkrautstecher.



Abb. 3.22: Stelzenläufer[IQU7]



Abb. 3.23: Unkrautstecher [IQU3.23]

Der Fisch:

Der Fisch kann schweben, sinken und steigen. Ähnlich wie bei einem U-Boot funktioniert beim Fisch das Prinzip des Auftriebes. Die Schwimmblase der Knochenfische ist ein unpaares und hydrostatisches Organ. Sie entwickelte sich als dorsale Aussackung vom Kiemendarm und blieb zunächst mit diesem durch den Luftgang verbunden. Bei vielen Knochenfischen ging jedoch diese Verbindung im Laufe der Evolution verloren. Die dorsale Lage der Schwimmblase, oberhalb des Schwerpunktes des Körpers ist eine Voraussetzung für ihre hydrostatische Funktion. In der Regel kann man die Schwimmblase in eine hintere Kammer, die Vorblase, Prävesica und in eine vordere Kammer, die eigentliche Schwimmblase, an deren Übergang sich eine Einschnürung befindet, unterteilen. In der Regel kann Unterdruck durch Gassekretion an einer Gasdrüse, dem „Roten Körper“ in der Wand der vorderen Kammer kompensiert werden. Resorption von Gas erfolgt in der Wand der hinteren Kammer. Die Gasaufnahme und -abgabe erfolgt chemisch, durch Diffusion oder mit Hilfe des Blutkreislaufes, dies wird hier allerdings nicht näher betrachtet. Die Hauptaufgabe der Schwimmblase ist ihre hydrostatische Funktion. Die Schwimmblase kann durch verschiedene Füllmengen die Dichte des Fisches verändern (spezifisches Gewicht). Dadurch bewirkt sie, dass der Fisch sich ohne zusätzliche Muskelkraft in verschiedenen Wassertiefen aufhalten kann. Weitere Funktionen und Abwandlungen der Schwimmblase werden hier nicht näher betrachtet [DSVAW].

Für die späteren Versuche wird vereinfacht angenommen, dass sich in der Blase ein Gas, wie unsere Umgebungsluft befindet, obwohl sich dies bei jeder Fischart unterscheidet.

Ein Fisch, der in großer Tiefe schwimmt, ist dem enormen Schweredruck des Wassers ausgesetzt. Damit nun die Schwimmblase nicht zusammengedrückt wird, muss in ihr der gleiche Druck herrschen, wie in ihrer Umgebung. Beim Aufsteigen gibt der Fisch Gas aus der Schwimmblase ab und passt sich so dem abnehmenden Schweredruck an. Holt man aber einen Fisch plötzlich aus der Tiefe an die Oberfläche, kann der Fisch den Druck der Schwimmblase nicht schnell genug verringern. Dies hat zur Folge, dass die Schwimmblase sich stark ausdehnt und ihn aufbläht. Dies führt zum Tod des Fisches.

Haie dagegen besitzen keine Schwimmblase. Sie müssen ständig mit ihren Flossen in Bewegung sein, wenn sie steigen oder schweben möchten, andernfalls würden sie sinken. Haie sind ein Beispiel für den dynamischen Auftrieb. Diesem wird hier allerdings nicht mehr Aufmerksamkeit geschenkt.

Der Bau eines Fisches unterscheidet sich je nach Bedingungen des Umfeldes, in dem er lebt. So sind platte Fische oft an einen Ort gebunden und müssen sich nicht viel und schnell

fortbewegen. Bei ihnen ist die Tarnung wichtiger. Muss jedoch ein Fisch im offenen Wasser schnell und beweglich sein, besitzt er eine Stromlinienform. So kann er schneller und energiesparender schwimmen. Er erfährt dadurch weniger Reibung und erzeugt keine großen Verwirbelungen [DSVAW].

7.3.4. Die Polarbewohner

Die Polarbewohner sollen den Schülern die Wärmelehre näher bringen. Dazu werden die verschiedenen Tiere, Eisbär, Pinguin und Polarfuchs, näher betrachtet. Im Folgenden wird kurz über die Tiere selbst, über die ökologischen Nischen und deren Anpassungen sowie über die ökologischen Gesetze und deren Zusammenhang mit der Physik näher erläutert.

Der Eisbär:

Der Eisbär, auch bekannt als Polarbär, ist eine Raubtierart aus der Familie der Bären. Er ist in den nördlichen Polarregionen beheimatet und ist eng mit dem Braunbär verwandt. Er gehört zu den größten Landraubtieren der Erde. Männchen und Weibchen erreichen unterschiedliche Körpergrößen. Die Weibchen sind in der Regel etwas kleiner als die Männchen. Die Männchen erreichen ungefähr eine Rumpflänge bis zu 2,60m und eine Schulterhöhe von bis zu 1,60m, dabei haben sie ein Gewicht zwischen 300 und 800kg. Das gelblich-weiße Fell dient in eisigem Umfeld der Tarnung. Das Fell ist sehr dicht, ölig und daher noch wasserabweisend. Wegen dieser Eigenschaften ist das Fell ein sehr guter Wärmedämmer. Unter dem Fell ist die Haut eines erwachsenen Eisbären schwarz. Darunter befindet sich eine 5 bis 10 cm dicke Fettschicht, die nicht nur als Energiereserve dient, sondern auch eine exzellente Wärmedämmung gewährt. Die äußeren Fellhaare sind hohl und haben so eine kleine Luftschicht, welche die Wärmedämmung noch optimiert. Das Fell absorbiert die Ultraviolettstrahlung[IQU4.1].

Eisbären schützen sich durch die Kombination mehrerer Effekte erfolgreich vor der Kälte. Sogar Temperaturen von -70°C bereiten Eisbären keine großen Schwierigkeiten. Das dichte, wasserabweisende Fell lässt auch keinen Schnee im Pelz gefrieren. Die eingeschlossene Luft erzeugt eine Isolierschicht. Die Körperwärme kann so nicht schnell entweichen. Das gekräuselte Fell ist dabei sehr hilfreich. Ein anderer Aspekt ist, dass der Eisbär durch das Luftpolster mehr Auftrieb erfährt [IQU4.1].

Eine Theorie besagt, dass die Haare als Lichtleiter fungieren, da sie innen hohl und mit einer technischen Glasfaser vergleichbar sind. Die Sonnenstrahlen werden so auf die schwarze Haut geleitet, dort absorbiert und in Wärme umgewandelt. Diese wird dann in der Fettschicht gespeichert. Diese Theorie ist allerdings stark umstritten [IQU8][IQU9].

Die Bergmannsche Größenregel besagt, dass bei endothermen Tieren, die Individuen einer Art in den kälteren Arealen ihres Verbreitungsgebietes größer sind, als in den Wärmeren. Dies gilt auch innerhalb einer Familie oder einer Gattung. Diese Regel betrifft auch Eisbären. Denn sie sind die größten Bären, die es gibt und sogar das größte Landraubtier der Erde. Die Regel lässt sich auch mathematisch und physikalisch begründen. Denn Volumen und Oberfläche steigen zueinander nicht proportional an. Die Oberfläche steigt quadratisch mit der Größe, das Volumen steigt dagegen kubisch. Da die Wärme über die Oberfläche abgegeben wird, nimmt der Wärmeverlust relativ zur kleineren Oberfläche hin ab. Das heißt wiederum, mit zunehmender Größe verringert sich der relative Wärmeverlust [BVWTG].

Der Pinguin:

Der Pinguin ist nicht nur am Südpol zu finden, sondern sogar bis hin in tropische Länder. Die Größe der Pinguine nimmt dabei mit zunehmender Temperatur ab. Das heißt, auch sie sind klassische Beispiele für die Bergmannsche Größenregel [BVWTG].

Betrachtet man die Pinguine, die am Pol wohnen, dann erkennt man bei ihnen eine sehr gute Anpassung an die Kälte. Zum einen haben Pinguine eine dicke Fettschicht, die sie vor Wärme schützt und zum anderen haben sie noch drei dicke Schichten mit Federn, die Wasserabweisend wirken. Außerdem sind in dem Gefieder kleine Luftpolster eingeschlossen, die eine gute Wärmedämmung bieten [IQU4.2].

Pinguine haben zudem in der Gruppe eine Technik entwickelt, wie sie sich gegenseitig warm halten. Dies geschieht, indem sie sich eng aneinander stellen und die Äußersten dann immer wieder in die Mitte wandern. So muss keiner ständig außen bleiben. Die Pinguine ändern dabei kontinuierlich minimal ihren Platz, so wird die ganze Gruppe ständig durchgemischt. So wird die Wärme, die in der Mitte der Gruppe liegt, gerecht verteilt [IQU11].

Eine weitere interessante Anpassung an den kalten Lebensraum der Pinguine hat in den Füßen und Flügeln stattgefunden. So können sich Pinguine risikofrei auf eisigen Untergrund stellen und dort auch verharren ohne festzufrieren. Beim Menschen ist das anders. Er friert innerhalb

kürzester Zeit barfuß auf einem gefrorenen See fest. Die Ursache dafür liegt bei den Pinguinen darin, dass sich in ihren Füßen Wärmetauscher befinden. Die Wärmetauscher funktionieren nach dem gleichen Prinzip wie Wärmetauscher in einem Haus. Bei Pinguinen fließt das kalte Blut von den Füßen in den Venen zurück zum Herzen. Die Arterien und Venen laufen dabei eng verwoben miteinander. In den Arterien läuft warmes, sauerstoffreiches Blut, das vom Herzen kommt. Im Gegenstromprinzip kühlt so das venöse Blut das arterielle Blut ab und die Arterien wärmen das zurückfließende Blut in den Venen vor. Somit haben die Pinguine immer kalte Füße. Dies spart zum einen Energie, die sonst von den Füßen an die Umwelt abgegeben wird und zum anderen sorgt es dafür, dass Pinguine auf dem Eis nicht festfrieren. Beim Menschen dagegen bringt die Wärme des Fußes das Eis zum Schmelzen. Das dann angetaute Eis wird in der kalten Umgebung schnell wieder abgekühlt und beginnt zu gefrieren. Dabei friert der Menschenfuß fest [IQU12]. Pinguine in tropischen Ländern haben dagegen eher mit Überhitzung zu kämpfen. Deshalb besitzen sie verhältnismäßig große Flügel, damit über eine große Fläche Hitze abgegeben wird. Dies entspricht auch einem ökologischen Gesetz, das nun beim Polarfuchs näher betrachtet wird [IQU4.2].

Der Polarfuchs:

Der Polarfuchs lebt in den nördlichen Polarregionen und gehört zu der Familie der Wildhunde. Allerdings ist er der einzige Wildhund, der die Farbe seines Pelzes den Jahreszeiten entsprechend anpasst. Im Sommer sind Kopf, Rücken, Schwanz und Beine braun, die Flanken und der Bauch hell-beige. Außerdem ist das Fell deutlich kürzer als im Winter. Es bietet so in der Tundra eine gute Tarnung. Im Winter treten zwei verschiedene Farberscheinungen auf. Zum einen ein weißes Fell und zum anderen eine blaue Variante. So unterscheidet man die Polarfüchse zwischen Weißfuchs und Blaufuchs. Zwar ist die blaue Variante die Dominante, doch sind die weißen Füchse besser getarnt und können sich so sehr gut behaupten. Polarfüchse haben eine verhältnismäßig kurze Schnauze, sehr kurze Ohren und recht kurze Beine. Damit sind sie ein sehr gutes Beispiel für die Allensche Regel. Diese besagt, dass bei homoiothermen Organismen, die relative Länge der Extremitäten in kalten Klimazonen geringer ist, als bei verwandten Arten und Unterarten in wärmeren Gebieten [BVWTK]. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Extremitäten eine Vergrößerung der Körperoberfläche bewirken. Da homoiotherme Tiere ihre Körpertemperatur unabhängig von der Außentemperatur konstant halten, ist es in kälteren Gebieten von Vorteil, dass sie

möglichst klein sind. Denn umso weniger Wärmeenergie wird an die Umwelt abgegeben. Betrachtet man dagegen den verwandten Wüstenfuchs, kann man dort extrem lange Ohren feststellen. Sie können so mehr Wärme abgeben und sich so vor Überhitzung schützen [IQU4.2].

7.3.5. Der Zitteraal

Eine Vielzahl von Fischen, im Ganzen etwa 200 Arten, sind in der Lage elektrische Entladungen zu erzeugen. Voraussetzung hierzu sind „elektrische Organe“. Beim Zitteraal kann die erzeugte Spannung bis zu 600 V betragen. Diese stark elektrischen Fische verwenden die elektrischen Entladungen zur Selbstverteidigung und auch zum Betäuben oder Töten von Beutetieren. Bei schwach elektrischen Fischen dient die Elektrizität dazu ein elektrisches Feld aufzubauen, um sich zu orientieren. Dies wird hier aber nicht näher betrachtet [DSVAW].

Bei der Erzeugung elektrischer Entladungen handelt es sich um eine außergewöhnliche Art von Muskelfunktion. Die Organe bestehen aus umdifferenzierter quergestreifter Muskulatur, die einen Struktur- und Funktionswandel durchlaufen hat. Der entstandene Strom ist als Serie von Aktionsströmen, die an den Zellmembranen entstehen, aufzufassen. Die Spannung hängt von der Hintereinanderschaltung von Hunderten und Tausenden von Elementen ab. Bei ganz beträchtlich verringertem Widerstand der Membranelemente entsteht Spannung im Vergleich zum Widerstand an der Membran einer gewöhnlichen Muskelfaser. Bei Knorpelfischen liegen viele elektrische Säulen parallel, somit ist die erzeugte Spannung sehr gering und die Stromstärke sehr hoch. Bei der Hintereinanderschaltung der Säulen, mit mehreren tausenden Platten, ist dann die entstandene Spannung sehr hoch und die Stromstärke sehr niedrig. Dies trifft auch auf den Zitteraal zu [DSVAW].

Die umgewandelten Muskelfasern haben sich zu elektrischen Platten entwickelt. Diese scheibenförmigen Gebilde sind in Säulen angeordnet. Diesen Aufbau kann man mit der Voltaschen Säule vergleichen [DSVAW].

Der Zitteraal (*Electrophorus electricus*) ist nicht mit den Aalen verwandt, sondern wird nur wegen seines schlangenförmigen Körpers so genannt. Er ist im Süßwasser beheimatet. Es ist ein Fisch, der seinen Schwanzmuskel zu einem einzigen riesigen Elektroorgan umgewandelt hat. Alle Organe des Zitteraals liegen in einem etwas verdickten Körpersegment gleich hinter

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

dem Kopf. Der gesamte Rest des Körpers (ca. 70%) ist eine einzige steuerbare Batterie, der Electroplax, das elektrische Organ des Zitteraals [IQU14].

Die Flächen der Platten stehen senkrecht zur Längsachse des Körpers und sind somit in Richtung von cranial nach caudal (Kopf zu Rücken) hintereinander geschichtet. Die Innervation erfolgt durch ein einzelnes Riesen-Neuron, dessen Perikaryon, der Zellkörper einer Nervenzelle, im vorderen Rückenmarksbereich liegt und mit bloßem Auge sichtbar ist. Das Axon verlässt das Rückenmark mit dem 2. oder 3. Spinalnerv im ventralen Ast. Es bekommt dann sehr bald eine sehr dicke bindegewebsartige Hülle und verzweigt sich über das ganze elektrische Organ [DSVAW].

Bau der elektrischen Platte:

Die elektrischen Platten sind in einem dreidimensionalen Bindegewebsgitter aufgehängt. Gallertartiges Bindegewebe umgibt diese in einer breiten Zone um die Flächen der elektrischen Platten. Die Platte selbst kann in drei Schichten unterschieden werden: eine oft strukturarme Zentralzone und zwei plasmatische, papillöse Randzonen mit zahlreichen Kernen. Die beiden Flächen der Platte verhalten sich unterschiedlich. So zeigt die caudale Plattenfläche zahlreiche verzweigte und anastomosierende Plasmafortsätze, in denen sich Zellkerne befinden. Außerdem befinden sich plumpe, nicht verzweigte Papillen auf der cranialen Plattenfläche (schädelwärts). Dort befinden sich Synapsen, die wie die neuroplasmatische Endplatte aufgebaut sind. Die Nervenfasern sind an der caudalen zottenhaften Fläche. Bei der Entladung ist die Seite, an der der Nerv herantritt, elektrisch negativ geladen. Deutliche elektronenoptische Differenzen zeigen die beiden Platten. Die nicht innervierte Plattenfläche besitzt ein feines Netzwerk von Tubuli, deren Membran mit der Oberflächenmembran zusammenhängt. Die Gegenseite hingegen besitzt nur grobe Einfaltungen, an denen präsynaptische Strukturen vorkommen können. Der elektronenoptische dichte Inhalt setzt sich immer weiter in den extracellulären Raum fort. Beim Zitteraal entstehen sekundär im Bereich einer Sprossungszone Platten aus unreifen Myoblasten [DSVAW].

Funktion des elektrischen Organs:

Auf der glatten Seite befinden sich Synapsen, die wie neuro-motorische Endplatten aufgebaut sind. Die Dichte der Synapsen und von nikotinischen Acetylcholinrezeptoren in der postsynaptischen Membran sind äußerst groß. Wenn die Nervenfasern aktiviert werden, dann kommt es aus diesem Grund zu einem starken Kationenstrom in die glatte Zellseite. Im Ruhezustand ist das Membranpotential der Platte gleichmäßig negativ. Zwischen glatter und papillöser Seite besteht keine Potentialdifferenz. Wird aber der Nerv aktiviert, dann bewirkt dieser, dass ein Einstrom von Kationen in Gang gesetzt wird. Durch die Acetylcholinrezeptoren ist auf der glatten Seite der Platte eine starke Depolarisation der postsynaptischen Membran zu bemerken. Die Polarität des Membranpotentials wird invertiert. Dadurch werden Werte um die +50mV erreicht. Da das Potential auf der papillösen Seite unverändert negativ bleibt, ergibt sich eine Potentialdifferenz von 140mV zwischen den beiden Platten. Diese Spannung könnte zum Beispiel mit einer extrazellulären Meßelektrode gemessen werden. Mehrere tausende Platten sind seriell in Säulen angeordnet. Durch diese Spannungsbeiträge summieren sich die Spannungsbeiträge der einzelnen Platten zu hohen Spannungswerten, die bis zu 600V erreichen können. Die Stromstärke hingegen wird durch die Anzahl der parallel angeordneten Säulen definiert und kann bis zu 50A erreichen [DSVAW].

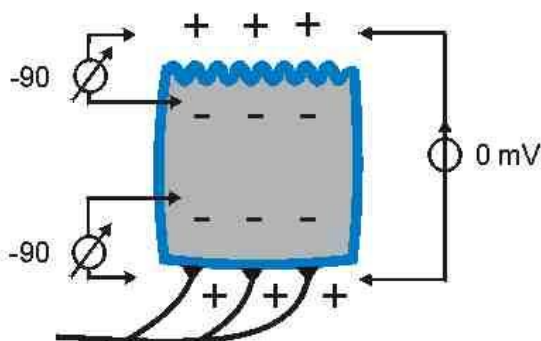


Abb. 5.17: elektrische Platte im Ruhezustand [IQU5.3]

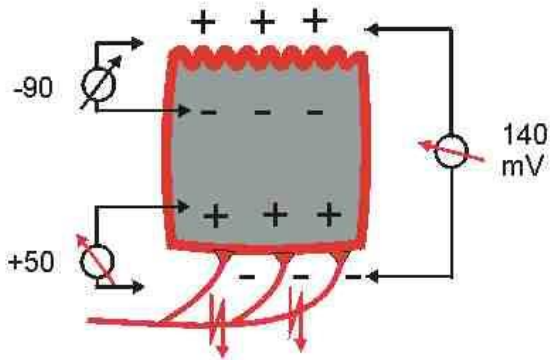


Abb. 5.18: elektrische Platte im aktivierten Zustand [IQU5.3]

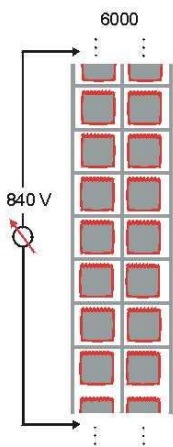


Abb. 5.19: elektrische Säule [IQU5.3]

7.4. Physikalische Grundlagen

Im nachfolgenden Kapitel werden die physikalischen Grundlagen für die verschiedenen Stationen dargestellt. Die verschiedenen Kapitel werden nacheinander und auch einzeln betrachtet. Hierbei werden nicht alle Themen, die im Lehrplan aufgeführt werden, betrachtet, sondern nur die explizit benötigten Inhalte für das Schülerlabor.

7.4.1. Optik

Bei dieser Station werden verschiedene Teilgebiete der Optik angesprochen. Vorausgesetzt wird, dass die Schüler den Begriff Lichtstrahl bereits kennen. Zunächst wird das Phänomen der Brechung genauer betrachtet.

Brechung:

Vorab eine allgemeine Erklärung zur Ausbreitung des Lichts. Mit Hilfe des Huygens-Fresnel'schen Prinzips kann die Wellenausbreitung im homogenen Medium und auch in komplizierteren Fällen verdeutlicht werden. Man stelle sich vor, dass sich in jedem Punkt einer Wellenfront ein Streuzentrum befindet, von dem wieder eine Kugelwelle ausgeht. Alle diese Kugelwellen überlagern sich zu einer neuen Wellenfront. Deshalb breitet sich das Licht geradlinig aus [MGP].

Aus diesem Grund kann die Ausbreitungsrichtung durch eine Linie (einen „Strahl“) angenähert werden. Untersucht man die Phänomene mit Hilfe dieser Annäherung, dann spricht man von der geometrischen Optik [HRWP].

Betrachte man nun die Brechung aus Sicht einer ebenen Welle. Trifft diese Welle schräg auf die ebene Grenze zwischen zwei Medien, in denen die Ausbreitungsgeschwindigkeiten unterschiedlich sind, zum Beispiel c_1 und c_2 , dann wird die Grenzfläche dicht mit Huygens-Streuzentren besetzt. Die entstehenden Streuwellen haben in den beiden Medien verschiedene Radien r_1 bzw. r_2 . Die Radien verhalten sich zueinander wie $\frac{c_1}{c_2}$. Das Verhältnis $\frac{r_1}{r_2}$ bestimmt das Verhältnis der Sinus Winkel, die die Wellenfronten (Tangentialebenen) mit der Grenzfläche bilden [MGP].

Daraus erhält man das *Brechungsgesetz*: (Glg.1)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$$

Dieses gilt für alle Wellenarten [MGP].

Auch das Prinzip nach Fermat, dass eine Welle zwischen zwei Punkten immer so läuft, dass sie dazu möglichst wenig Zeit braucht, ist mit dem Brechungsgesetz vereinbar [MGP].

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Nun wird die Brechung aus geometrischer Sicht betrachtet. Fällt ein Lichtstrahl aus dem Vakuum, um α gegen das Einfallslot geneigt, auf die Oberfläche eines Mediums, so wird ein Teil reflektiert, der hier aber nicht näher betrachtet wird. Der andere Teil erfährt eine Richtungsänderung, die Brechung in das Medium und läuft dort unter dem Winkel β gegen das Lot weiter. Nach Snellius gilt: (Glg.2)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n,$$

n heißt Brechzahl oder Brechungsindex des Mediums. Sie steht für eine bestimmte Lichtfarbe (Wellenlänge) einer Materialkonstante [MGP].

Wie schon oben gesehen beruht Brechung einer Welle auf ihren unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten c in den beiden Medien und zwar

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}.$$

Also gibt die Brechzahl an, um wie viel langsamer das Licht im Medium (c_m) läuft, im Vergleich zum Vakuum (c_0): (Glg.3)

$$n = \frac{c_0}{c_m}$$

Daraus ergibt sich für den Übergang zwischen zwei beliebigen Medien 1 und 2: (Glg.4)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}.$$

Den Stoff mit der größeren Brechzahl nennt man optisch dichteres Medium. Wenn n sich nicht sprunghaft ändert, sondern sich allmählich, wie zum Beispiel in einer Lösung oder in der Atmosphäre, ändert, dann knickt der Lichtstrahl nicht, sondern krümmt sich stetig [MGP].

Wichtige Brechungsindizes (Tabelle 2):

Für Licht der Gelben Natrium-Linie (589nm)

Vakuum	$n=1$
Luft (0°C, 1atm)	$n=1,00029$
Wasser (20°C)	$n=1,33$
Quarzglas	$n=1,46$

Ein anderer wichtiger Aspekt, der noch näher betrachtet werden muss, ist die Linse und die optischen Instrumente.

Sphärisch brechende Flächen:

Linsen sind aus fertigungstechnischen Gründen meistens durch eine Kugelfläche begrenzt. Deshalb wird der Durchgang durch eine Kugelfläche, die zwei Medien 1 und 2 trennt, betrachtet. Dabei sind der Krümmungsradius r und der Krümmungsmittelpunkt C . Das Licht wird von einem Objekt O emittiert, welches sich im ersten Medium mit dem Brechungsindex n_1 befindet. Es wird durch die sphärische Fläche in das Medium n_2 gebrochen. Nun können virtuelle und reelle Bilder entstehen. Dies hängt vom Verhältnis der Brechungsindizes n_1 und n_2 , sowie von der Geometrie der Situation ab. An jedem Punkt, an dem ein Strahl auf die Grenzfläche trifft und gebrochen wird, verläuft die Normale zur brechenden Fläche radial durch den Krümmungsmittelpunkt C . Tritt der Strahl in ein optisch dichteres Medium ein, so knickt er zur Normalen hin ab. Tritt der Strahl dagegen von einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium ein, so knickt er von der Normalen weg ab [HRWP]. Verläuft der gebrochene Strahl daraufhin in Richtung der optischen Achse, so entsteht dort ein reelles Bild. Wenn jedoch der gebrochene Strahl von der optischen Achse weg zeigt, spricht man von einem virtuellen Bild, das von einem Beobachter durch rückwärtige Verlängerungen des Strahls und den anderen hier nicht erwähnten Strahlen, gesehen werden kann. Somit kann man sagen, dass reelle Bilder auf der Seite der brechenden Fläche, die vom Objekt abgewandt ist, und virtuelle Bilder auf der Objekt zugewandten Seite der Fläche entstehen [HRWP].

Befindet sich das Objekt vor einer konvex brechenden Fläche, so ist der Krümmungsradius positiv. Negativ ist der Krümmungsradius hingegen, wenn sich das Objekt vor einer konkaven Fläche befindet.

Für Strahlen, die kleine Winkel mit der optischen Achse einschließen, gilt: (Glg.5)

$$\frac{n_1}{g} + \frac{n_2}{b} = \frac{n_2 - n_1}{r},$$

wobei hier g die Gegenstandsweite zur sphärischen Fläche und b die Bildweite sind [HRWP].

Linsen:

Hier wird aus Gründen der Einfachheit nur von dünnen Linsen ausgegangen. Man versteht darunter Linsen, die im Verhältnis zu der Bildweite, der Objektweite und den Krümmungsradien in ihrer breitesten Stelle sehr schmal sind. Bei dickeren Linsen müssen hingegen noch die Hauptebenen berücksichtigt werden. Außerdem werden wegen der Einfachheit für spätere Versuche nur die Strahlen betrachtet, die kleinere Winkel mit der optischen Achse darstellen.

Als Linsen werden transparente Körper bezeichnet, die zwei brechende Flächen besitzen und deren optischen Achsen aufeinander treffen [HRWP].

Die optischen Achsen einer Linse sind die gemeinsamen Achsen. Befindet sich eine Linse in einem Medium wie zum Beispiel Luft, wird ein einfallender Lichtstrahl beim Eintritt in die Linse gebrochen, so durchläuft er die Linse und wird beim Austreten in die Luft ein zweites Mal gebrochen. Jede dieser Brechungen kann die Ausbreitungsrichtung eines Lichtstrahles ändern [HRWP].

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten von Linsen. Wenn parallel verlaufende Lichtstrahlen auf eine Linse treffen und dort so gebrochen werden, dass sie beim Austritt aus der Linse in einem Punkt aufeinandertreffen, spricht man von einer Sammellinse. Werden sie allerdings so gebrochen, dass sie hinter der Linse auseinander streben, dann spricht man von einer Zerstreuungslinse [HRWP].

Für dünne Linsen gibt es die Brennweite f , die, wie beim Spiegel, in Beziehung zu der Bildweite und der Gegenstandsweite steht. Die beiden Brennweiten der Linsenhälften addieren sich [MGP]: (Glg.6) (Linsengleichung)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$$

Eine weitere Formel für Linsen, die sich in Luft ($n_1=1$) befinden, ist die Linsenschleiferformel. (Sie wird aus der Gleichung 5 hergeleitet, nachzuschlagen in: Halliday, Resnick, Walker: „Physik“. S.1022-1023.): (Glg.7)

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Ist die Linse wie in den späteren Versuchen nicht in der Luft, sondern in einem anderem Medium, ersetzt man das n durch $\frac{n}{n_{Medium}}$ oder $\frac{n_1}{n_2}$ (Glg.8):

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_1}{n_2} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right),$$

wobei hier n_1 der Brechungsindex der Linse und n_2 der Brechungsindex des umgebenden Mediums ist [HRWP].

Eine bikonvexe Linse hat $r_1 > 0$, $r_2 < 0$ und positive Brechkraft. Sie ist eine Sammellinse, genauso wie eine konvex-konkav-Linse mit $r_1 > 0$ und $r_2 > 0$, aber es muss hier gelten $r_2 > r_1$. Diese Linsen sind in der Mitte dicker als außen. Bei einer Zerstreuungslinse ist es genau umgekehrt [MGP].

Für eventuelle Bildkonstruktionen werden drei verschiedene Strahlen verwendet: der Parallelstrahl, der Mittelpunktstrahl und der Brennpunktstrahl. Der Parallelstrahl fällt parallel zur optischen Achse in die Linse ein und wird durch den Brennpunkt F_2 gebrochen. Der Brennpunktstrahl geht durch den Brennpunkt F_1 und fällt dann in die Linse ein, beim Austritt ist er parallel zu der optischen Achse. Der Mittelpunktstrahl verläuft durch den Mittelpunkt der Linse und ändert so seine Richtung durch die Brechung nicht, da er die Flächen in einer Region durchquert, wo sie nahezu parallel sind [MGP].

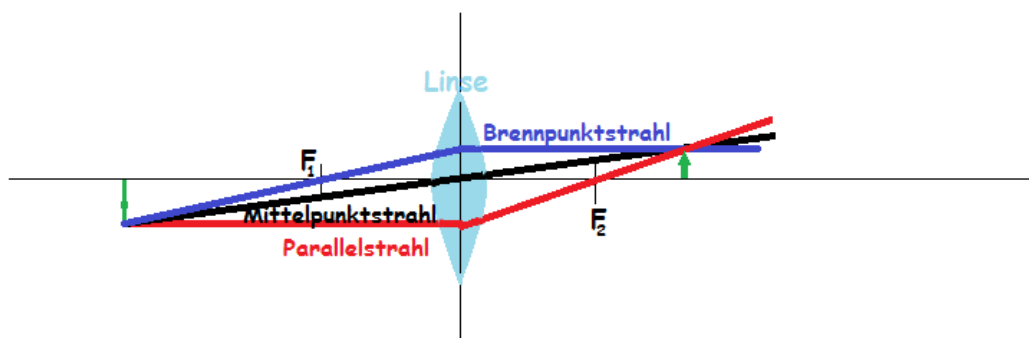


Abb.1.13: Strahlengang durch Linse

Augenaufbau:

In der nachfolgenden Zeichnung sieht man den schematischen Aufbau eines Auges. Um das Auge zu beschreiben, gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten mit unterschiedlichsten Komplexitätsgraden. Das einfachste Modell würde aus einer dünnen Linse und einem ebenen Schirm bestehen. Daran kann verdeutlicht werden, dass in der Physik stets ein Kompromiss für die Schüler zwischen einer wünschenswerten detailgetreuen Beschreibung der Natur und den vorhandenen mathematischen und physikalischen Grundkenntnissen, sowie dem Verständnis gefunden werden muss.

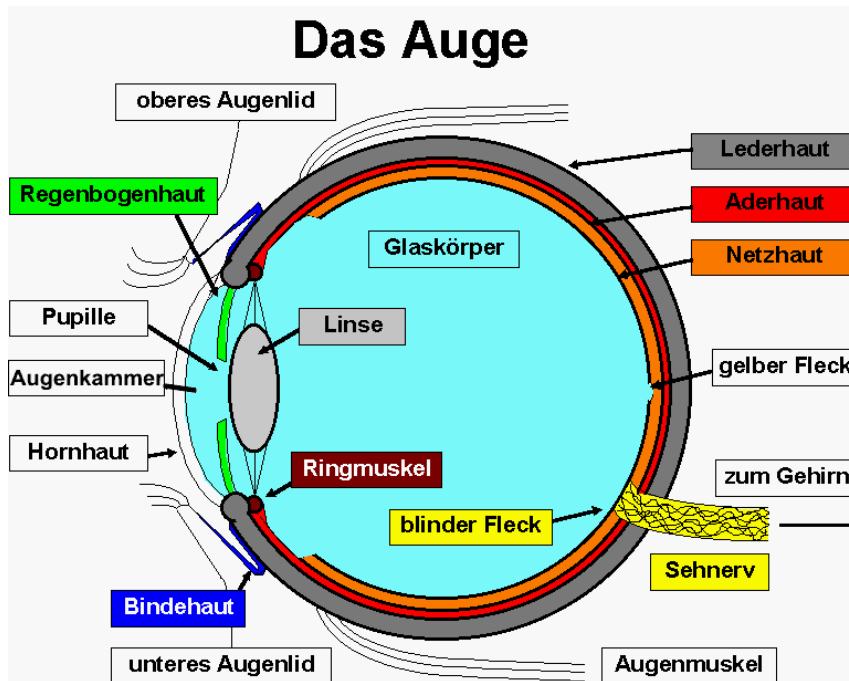


Abb. 1.14: Aufbau eines Auges

Graphik von „Leifiphysik“ [IQU7]

Die Augenlider schützen das Auge vor dem Eindringen von Fremdkörpern durch ein reflexartiges Schließen des Lides bei Kontakt mit den Härchen. Die Hornhaut schützt das Auge nach außen und bricht schon einen Teil des Lichts. Die Augenkammer ist mit Augenwasser gefüllt und schützt so die Linse. Sie bildet mit der Linse, der Hornhaut und dem Glaskörper das Abbildungssystem. Die Iris regelt die Größe der Pupille und damit die Menge des einfallenden Lichts wie eine Blende. Bei geringer Lichtmenge wird die Pupille geweitet und bei großer Lichtmenge verengt. Diesen Vorgang nennt man Adaption. Der Ziliarmuskel (Ringmuskel) ändert die Krümmung der Linse. Dadurch kann man mit dem Auge in der Ferne scharf sehen, wenn die Linse flach gezogen ist. Will man in der Nähe scharf sehen, muss die Linse runder sein. Das automatische Verändern der Entfernungseinstellung durch Verändern der Linsenwölbung nennt man Akkommodation. Die Linse ist das wesentliche Abbildungssystem des Auges und wird hier wie eine optische Linse behandelt. Der Augenmuskel dient zum Drehen des Augapfels um ein größeres Blickfeld zu bekommen. Der Glaskörper ist ein wichtiger Bestandteil des Abbildungssystems und sorgt für einen gleichbleibenden Abstand zwischen Linse und Netzhaut. Die Netzhaut beinhaltet die Sehsinneszellen, die Stäbchen und Zäpfchen, die ihre Informationen an den Sehnerv in elektrischen Impulsen weitergeben und durch diesen zum Gehirn weitergeleitet werden, wo sie zu einem Bild verarbeitet werden. Die Aderhaut versorgt die Netzhaut mit Nährstoffen. Die Lederhaut schützt das Auge von außen vor Verletzungen. Am sogenannten gelben Fleck sitzen die Sehnerven am gebündeltesten. Deshalb ist hier das schärfste Sehen möglich. Fällt das Bild jedoch auf den blinden Fleck, kann es nicht wahrgenommen werden. Dort ist der

Ausgang des Sehnervs, deshalb sind hier keine Sehzellen. Deswegen ist das Auge an dieser Stelle blind [IQU7].

Akkommodation:

Soll ein Gegenstand im Auge scharf abgebildet werden, müssen Gegenstandsweite g und Bildweite b , sowie die Brennweite f so aufeinander abgestimmt sein, dass die Linsengleichung (Glg.6) erfüllt ist. Für einen Großteil der Brechung ist die Hornhaut oder auch Cornea genannt, zuständig. Die Aufgabe der Feineinstellung übernimmt die Linse, um das Bild scharf abzubilden. Dies funktioniert bei einem Menschen anders als bei einer Kamera, bei der die Bildweite mit dem Verändern des Abstandes von Linse und Schirm das Bild scharf stellt. Beim menschlichen Auge ist der Abstand fest. Es wird dementsprechend die Brennweite der Linse verändert. Dazu dient die Ziliarmuskulatur, die die Linse verschieden krümmen kann. Bei angespanntem Muskel ist der Durchmesser des Ringmuskels klein und deshalb die Krümmung der Linse besonders groß [SSBMGB].

Abbildungsfehler:

Die Linse und die Cornea des Auges haben im Vergleich zu ihrem Durchmesser und ihrer Dicke eine sehr kleine Brennweite. Deshalb kann man nicht mehr von dem idealisierten Modell einer dünnen Linse ausgehen. Wie schon erwähnt, legt der Lichtstrahl bei einer dicken Linse eine nicht mehr zu vernachlässigende Strecke zurück. Dadurch können, vor allem beim Auge, folgende Fehler bei Linsen auftreten:

Bei der sphärischen Aberration treffen sich die parallelen Strahlen nicht im Brennpunkt, da sie am Linsenrand in einem anderen Winkel, als dem Linsenmittelpunkt, auftreffen.

Die chromatische Aberration, die farbige Ränder hervorruft, ist auf die unterschiedliche Brechung von verschiedenen Farben zurückzuführen.

Der Astigmatismus liegt bei einer Linse vor, die nicht in jede Richtung gleich stark gekrümmt ist. Ein Punkt wird dann nicht mehr als ein Punkt, sondern als Strich abgebildet. Beim Auge ist jedoch weniger die Linse, als die Cornea, dafür verantwortlich [SSBMGB].

7.4.2. Akustik

Eine Station dieses Lehr – Lern – Labors baut auf dem physikalischen Teilgebiet Akustik auf. Es werden die Themen Schallentstehung, Schallausbreitung und Schallreflexion vorgestellt. Außerdem werden noch Themen wie Interferenz, Resonanz, Reflektion, Interferenz und der Doppler-Effekt angesprochen, um die Echoorientierung der Fledermäuse verständlicher zu vermitteln.

Schallwellen:

Schallwellen sind longitudinale Wellen. Sie breiten sich von einer idealisierten Punktquelle P mit Hilfe eines dreidimensionalen Mediums aus. Wellenfronten bilden Kugelflächen, deren Mittelpunkt im Punkt P liegt. Die Wellenfronten und Strahlen verlaufen radial von P weg. Wellenfronten sind Flächen, bei denen die Auslenkung der Luftteilchen aufgrund der Schwingung denselben Wert hat. Strahlen geben die Richtung der Wellenausbreitung an und stehen senkrecht auf den Wellenfronten. In der Nähe des Ausbreitungspunktes sind die Wellen kugelförmig. Je weiter man sich jedoch von der Schallquelle entfernt, desto weniger sind die Wellen gekrümmt. Aus diesem Grund kann man sie auch als ebene oder planare Welle bezeichnen.

Schallgeschwindigkeit:

Die Geschwindigkeit des Schalls hängt auf der einen Seite von der Trägheit des Mediums ab und auf der anderen Seite von der elastischen Eigenschaft des Mediums. Folgende Gleichung beschreibt die Schallgeschwindigkeit: (Glg. 8)

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{\text{elastische Eigenschaft}}{\text{Trägheitseigenschaft}}}$$

Das Kompressionsmodul K steht die Volumenänderung eines kleinen Elements eines Mediums unter Druck: (Glg. 9)

$$K = - \frac{\Delta p}{\Delta V/V}$$

Hierbei ist $\Delta V/V$ die relative Volumenänderung, verursacht durch die Druckveränderung Δp .

Somit ergibt sich für die Schallgeschwindigkeit folgende Gleichung: (Glg. 10)

$$v = \sqrt{\frac{K}{\rho}}$$

Hier werden nun τ durch K und μ durch ρ ersetzt. Die Schallgeschwindigkeit von Luft bei einer Temperatur von 20°C beträgt $343\frac{m}{s}$. Die Dichte im Wasser ist zwar größer als in Luft, aber das Kompressionsmodell von Wasser ist wesentlich größer als das von Luft. Deshalb ist die Schallgeschwindigkeit in Wasser (20°C) $1402\frac{m}{s}$. [HRWP]

Schallausbreitung:

Die Schallausbreitung lässt sich an einem Beispiel sehr schön verdeutlichen. Hat man ein langes, luftgefülltes Rohr und versetzt einen Kolben an einem Ende in Sinusschwingung, so erzeugt man Wellen wie Schallwellen. Wird der Kolben in das Rohr hineingeschoben, dann werden die benachbarten Luftelemente zusammengedrückt. Beim Herausziehen des Kolbens kann das Luftelement wieder zurück, um den Druck auszugleichen. Da jedes Luftelement ein benachbartes Luftelement hat, drückt jedes Luftelement das nächste weg. Deshalb breitet sich die Druckänderung als Schallwelle in diesem Rohr aus.

Die Luftelemente schwingen parallel zur x-Achse und die Position zur Ruhelage wird durch die x-Koordinate bestimmt. Zur Beschreibung der Auslenkung aus der Ruhelage, wird hier die Bezeichnung $s(x,t)$ verwendet. Da es sich um eine sinusförmige Ausbreitung der Schallwelle handelt, kann man eine Gleichung aufstellen mit sowohl dem Sinus als auch dem Kosinus: (Glg. 11)

$$s(x, t) = s_m \cos(kx - \omega t)$$

s_m ist hier die Auslenkungsamplitude, die der maximalen Auslenkung des Luftelements aus der Ruhelage entspricht. K ist die Wellenzahl, ω die Winkelgeschwindigkeit, f die Frequenz, λ die Wellenlänge, v die Wellengeschwindigkeit und T die Periode., Mit all diesen Größen wird die Schallwelle definiert. [HRWP]

Interferenz:

Schallwellen können interferieren. Im Folgenden wird die Interferenz mit gleicher Ausbreitungsrichtung mit zwei gleichartigen Wellen betrachtet. Man nehme an, dass zwei voneinander entfernte Punktquellen gleichzeitig Schallwellen aussenden, die in Phase sind und die gleiche Wellenlänge besitzen. Es wird nun die resultierende Welle in Punkt P betrachtet. Der Abstand beider Quellen zu Punkt P ist viel größer als der Abstand der beiden Quellen zueinander. Somit kann man davon ausgehen, dass die Ausbreitungsrichtung in Annäherung die Gleiche ist. Würden die Wellen zu dem Punkt P einen gleich großen Weg zurücklegen, wären sie in Phase. Das bedeutet, dass eine konstruktive Interferenz stattfindet. Bei einer konstruktiven Interferenz addieren sich jeweils die beiden Wellenberge und Wellentäler zu einem größeren Wellenberg beziehungsweise zu einem größeren Wellental. Sind die Wege nun nicht gleichlang und die Wellen kommen nicht in Phase an, sondern in einer Phasenverschiebung, muss dies genauer betrachtet werden. [HRWP] Die Phasenverschiebung ϕ bei P hängt von der Weglängendifferenz $\Delta L = |L_2 - L_1|$ ab. Man stellt die Beziehung zwischen der Phasenverschiebung und der Weglängendifferenz über die Wellenlänge her. 2π rad entsprechen genau einer Wellenlänge. Daraus folgt die Verhältnisgleichung: (Glg. 12)

$$\frac{\phi}{2\pi} = \frac{\Delta L}{\lambda}$$

Und aus der Phasenverschiebung folgt: (Glg. 12) [HRWP]

$$\phi = \frac{\Delta L}{\lambda} 2\pi$$

Konstruktive Interferenz findet für ϕ gleich 0 statt, sowie bei 2π und einem ganzzahligen Vielfach von 2π , das heißt $\phi = k(2\pi)$, wobei $k=0, 1, 2, 3, 4, \dots$ [HRWP]

Destruktive Interferenz tritt auf, wenn ϕ gleich einem ungeraden Vielfachen von π ist. Eine destruktive Interferenz ist eine Auslöschung der Wellenberge und Täler, da auf jeden Wellenberg ein gleich großes Wellental kommt und so die Welle ausgelöscht wird. Dies tritt auf, wenn $\phi = (2k+1)\pi$, für $k=0,1, 2, 3, 4, \dots$. Dann ist die Welle exakt außer Phase.

Natürlich können auch Interferenzen zwischen den Wellen auftreten, die nicht einem der beiden Extremen, konstruktiv und destruktiv, entsprechen [HRWP].

Schallintensität:

Die Schallintensität I einer Schallwelle an einer Fläche ist gleich der durchschnittlichen Übertragungsrate pro Fläche, mit der Energie durch oder auf die Welle übertragen wird: (Glg.13)

$$I = \frac{P}{A},$$

wobei P die Zeitrates der Energieübertragung, also die Leistung, der Schallwelle ist. A ist die Fläche, auf die die Schallwelle trifft. Die Intensität der Schallwelle hängt mit der Auslenkungsamplitude s_m der Schallwelle zusammen, wie man in folgender Gleichung erkennen kann: (Glg.14.)

$$I = \frac{1}{2} \rho v \omega^2 s_m^2$$

Die Intensität zu berechnen, ist sehr komplex und wird deshalb in dieser Arbeit nicht näher berücksichtigt, da die Echos, die von einem Gegenstand zurück reflektiert werden, sich mit den neuen Schallwellen einer Schallquelle überlagern. Vernachlässigt man die Echos und geht von einer Punktquelle aus, von der eine kugelförmige Schallwelle ausgeht und P_s der Leistung der Quelle entspricht, erhält man folgende Gleichung: (Glg 15)

$$I = \frac{P_s}{4\pi r^2} \quad [\text{HRWP}]$$

Dopplereffekt:

Für folgende Erklärung bezieht sich der Dopplereffekt lediglich auf die Schallwellen und es wird die ruhende Luft als Bezugssystem vorausgesetzt.

Ein Dopplereffekt tritt immer dann auf, wenn sich Sender und Empfänger relativ zueinander bewegen.

Bewegt sich ein Wellenerzeuger mit der Geschwindigkeit v durch das wellentragende Medium, bei diesem Versuch die Luft, dann werden die Wellenfronten vor ihm zusammengedrängt und hinter dem Wellenerzeuger auseinander gestreckt [GPM].

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Bewegt sich aber ein Empfänger in die Schallwelle hinein, also in Richtung des Senders, dann trifft er schneller hintereinander auf die Wellenberge, wodurch sich die wahrgenommene Frequenz erhöht. Somit gilt bei bewegtem Empfänger: (Glg. 16) [DHNHFE]

$$f(\text{beim Beobachter}) = f_{\text{abgesandt}} + df, \quad \text{wobei } df = f_{\text{abgesandt}} \cdot v/c$$

df ist die Frequenzänderung, v die Bewegungsgeschwindigkeit des Empfängers und c die Schallgeschwindigkeit.

Bei bewegter Schallquelle gilt: (Glg. 17) [DHNHFE]

$$f(\text{beim Beobachter}) = f_{\text{abgesandt}} + df, \quad \text{wobei } df = \frac{1}{1-v/c}$$

Da die rufende Fledermaus ein bewegter Sender ist, die außerdem in das Echo, welches von einem Objekt reflektiert wird, hinein fliegt, auch ein bewegter Empfänger ist, kann annähernd gelten: (Glg.18) [DHNHFE]

$$df = 2 \cdot f \cdot \frac{v}{c}$$

Bei einer typischen Fluggeschwindigkeit einer Fledermaus von ca. $5 \frac{m}{s}$ beträgt die Frequenzänderung also rund 3%, was dann bei einer Ruffrequenz von zum Beispiel 100kHz eine Frequenzänderung von ca. 3kHz beträgt [DHNHFE].

Die allgemeine Gleichung für den Doppler-Effekt lautet: (Glg.19)

$$f' = f \frac{v \pm v_E}{v \pm v_Q}$$

wobei hier v die Schallgeschwindigkeit in der Luft, v_E die Geschwindigkeit des Empfängers und v_Q die Geschwindigkeit der Quelle relativ zur Luft ist. Die Wahl der Plus- oder Minuszeichen hängt davon ab, ob der Abstand zwischen Empfänger und Quelle kleiner wird. Wenn dies der Fall ist, muss das Vorzeichen so gewählt werden, dass die Frequenz größer wird. Wenn der Abstand aber nun kleiner zwischen Empfänger und Quelle wird, dann muss das Vorzeichen so gewählt werden, dass die Frequenz kleiner wird.

Kreuzkorrelation:

Die Kreuzkorrelation $F(t)$ misst den Einfluss einer Zeitverschiebung $\Delta t = \tau$ auf Übereinstimmung beziehungsweise auf die Ähnlichkeit zweier Zeitfunktionen $g(t)$ und $f(t)$. Wenn $f(t)$ die Zeitfunktion des ausgesandten Rufes beschreibt und $g(t)$ die Zeitfunktion des Echos, dann kennzeichnet ein Maximum von $F(t)$ also diejenige Zeitverschiebung Δt , die eine maximale Übereinstimmung von Ruf und Echo ergibt. Damit kann die Laufzeit des Schalls errechnet werden [DHNHFE]. (Glg. 19):

$$F(t) = \int g(\tau) \cdot f(t + \tau) \cdot d\tau$$

7.4.3. Mechanik

Für die Station der Mechanik werden zwei Tierarten vorgestellt, die zwei unterschiedliche Themengebiete der Mechanik vertreten. Mittels der Fische soll die Physik des Schwimmens, Schwebens und Sinkens näher gebracht werden. Mit Hilfe der Vögel wird der Hebel und deren unterschiedlichen Gebrauch als Kraftwandler anhand der Schnäbel gezeigt.

Die Physik, die nun anhand der Fische näher betrachtet wird, ist der Auftrieb.

Schweredruck:

Eine Flüssigkeitssäule mit der Höhe h und dem Querschnitt A hat das Gewicht $F = g\varrho hA$. und auf den Grund dieser wirkt deshalb der Druck mit folgender Gleichung: (Glg.20) [MGP]

$$p = \frac{F}{A} = g\varrho h$$

Auftrieb:

Betrachtet man einen wassergefüllten Beutel in einem Wasserbecken, wobei die Masse des Beutels so gering ist, dass sie vernachlässigt werden kann, dann befindet er sich in einem Schwebezustand. Die nach oben gerichtete Kraft ist die Auftriebskraft F_A (oder auch einfach nur Auftrieb genannt). Sie hängt mit der Zunahme des Drucks mit der Tiefe in dem umgebenden Medium zusammen. Außerdem wirkt auf den Beutel noch die Gewichtskraft F_G [HRWP]. Auf die Grundfläche des Körpers wirkt eine Kraft $F_2 = g\varrho h_2 A$ und auf die obere

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Deckfläche wirkt eine Kraft $F_1 = \rho g h_1 A$. Die horizontalen Kräfte heben sich gegenseitig auf. Die Differenz der beiden Kräfte beschreibt den Auftrieb: (Glg.21) [MGP]

$$F_A = F_2 - F_1 = \rho g (h_2 - h_1) A = \rho g V$$

Also ist der Auftrieb gerade das Gewicht der verdrängten Flüssigkeitsmenge (Archimedes).

Das sogenannte Archimedische Prinzip gilt für alle Fluide. Wenn also ein Körper ganz oder teilweise in ein Fluid eintaucht, dann wirkt auf diesen Körper eine Auftriebskraft \mathbf{F}_A von dem umgebenden Fluid. Diese Kraft ist nach oben und so der Gewichtskraft entgegen gerichtet. Sie ist vom Betrag her das vom Körper verdrängte Gewicht des Fluides: (Glg.22) [HRWP]

$$F_A = m_F g,$$

wobei m_F die Masse des von dem Gegenstand verdrängten Fluids ist.

Schwimmen, Tauchen, Schweben:

Ein Körper vom Gewicht F_G , homogen oder nicht, erfährt ganz eingetaucht die Auftriebskraft F_A . Bei $F_A = F_G$ schwebt der Körper im indifferenten Gleichgewicht, bei $F_A > F_G$ schwimmt der Körper und ein Teil ragt aus der Oberfläche des Fluids heraus, gilt allerdings $F_A < F_G$ dann sinkt der Körper nach unten [HRWP].

Stabilitätsbedingungen beim Schwimmen:

Der Angriffspunkt der Gewichtskraft \mathbf{F} ist der Schwerpunkt S des Körpers. Jedoch ist der Angriffspunkt der Auftriebskraft \mathbf{F}_A der Schwerpunkt S_F des verdrängten Fluides. Wenn nun zum Beispiel bei einem schweren Kiel sein Schwerpunkt S unter S_F liegt, dann ist seine Schwimmlage stets stabil. Jede Kippung verursacht ein Drehmoment [MGP].

Scheinbares Gewicht in einem Fluid:

Misst man zum Beispiel einen Stein auf einer Waage, dann entspricht die Anzeige dem tatsächlichen Gewicht des Steines. Wenn wir den gleichen Messvorgang nun unter Wasser machen, dann vermindert der Auftrieb, der auf den Stein wirkt, die Gewichtsanzeige. Diese

Gewichtsanzeige entspricht nun dem scheinbaren Gewicht. Im Allgemeinen hängt das scheinbare Gewicht mit dem tatsächlichen Gewicht zusammen, wie folgende Gleichung zeigt: (Glg.23) [HRWP]

$$\left(\begin{array}{c} \text{scheinbares} \\ \text{Gewicht} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{c} \text{tatsächliches} \\ \text{Gewicht} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{c} \text{Betrag der} \\ \text{Auftriebskraft} \end{array} \right)$$

$$\text{Gewicht}_{\text{Schein}} = \text{Gewicht} - F_A$$

Strömung:

Die Bewegung realer Strömungen ist zu komplex. Deshalb bezieht sich das Folgende auf die Bewegung idealer Strömungen. Man betrachte nun vier verschiedene Bedingungen von Strömungen [HRWP].

1. Bei einer gleichmäßigen Strömung (auch laminare Strömung genannt) verändert sich die Geschwindigkeit des Fluiden in einem Punkt nicht, weder im Betrag noch in der Richtung.
2. Im Falle der inkompressiblen Strömung geht man davon aus, dass seine Dichte überall denselben konstanten Wert besitzt.
3. Nun wird die nichtviskose Strömung betrachtet. Um diese näher betrachten zu können, wird zunächst der Begriff Viskosität erläutert. Die Viskosität bei Fluiden entspricht der Reibung bei Festkörpern. Bei beiden Systemen wird die kinetische Energie des bewegten Gegenstands in thermische Energie umgewandelt. Anders umschrieben kann man ebenfalls sagen, dass Viskosität ein Maß dafür ist, wie sehr sich ein Fluid gegen das Fließen „sträubt“. Wasser hat beispielsweise eine viel kleinere Viskosität als Honig. Gäbe es keine Viskosität, könnte sich ein Gegenstand durch ein viskositätsfreies Fluid bewegen ohne einen Widerstand zu verspüren. Denn ohne Viskosität gäbe es keine bremsende Kraft.
4. Die wirbelfreie Strömung hilft zu vereinfachen. Zu überprüfen ist diese Eigenschaft mit Hilfe eines Staubkorns. Bringt man ein Staubkorn in eine wirbelfreie Strömung, so dreht sich das Staubkorn niemals um die eigene Achse seines Schwerpunktes, sondern kann, muss aber nicht, eine Kreisbewegung beschreiten.

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Kontinuität:

Nun wird eine Beziehung zwischen v einer laminaren Strömung eines idealen Fluides und der Querschnittsfläche A aufgezeigt. Da das Fluid inkompressibel ist, muss in der gleichen Zeitspanne das gleiche Volumen bei unterschiedlicher Querschnittsfläche austreten. So erhält man die Kontinuitätsgleichung: (Glg.24) [HRWP]

$$A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Sie gilt auch für sogenannte Flussröhren.

Die turbulente Strömung spielt bei dem dynamischen Auftrieb, der durch Druckunterschiede zustande kommt, eine große Rolle. Allerdings wird dieser im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht weiter betrachtet, da er zu komplex für die Schüler ist.

Nun folgt der zweite Teil der Mechanik:

Vogelschnäbel haben die Funktion eines Kraftwandlers. Der Schnabel stellt einen einarmigen Hebel dar. Um die Funktionsweise eines Schnabels zu verstehen, wird nun die Physik dahinter betrachtet.

Drehmoment:

Der Drehimpuls: (Glg.25) [HRWP]

$$F_t = m \cdot a_t$$

a wird durch: (Glg.26)

$$a = r \cdot \alpha$$

ersetzt, da so die Drehgröße erhalten wird. Beide Seiten werden mit r multipliziert: (Glg.27)

$$r \cdot F_t = m \cdot r^2 \cdot \alpha$$

Das Produkt $r \cdot F_t$ heißt Drehmoment: (Glg.28) [HRWP]

$$M = r \cdot F_t$$

$$M_i = m_i \cdot r_i^2 \cdot \alpha$$

Man kann sich einen starren Körper, der um eine feste Achse rotiert, als eine Ansammlung von einzelnen Teilchen vorstellen, von denen sich jedes auf einer Kreisbahn bewegt. Alle Teilchen haben dieselbe Winkelgeschwindigkeit ω und dieselbe Winkelbeschleunigung α .

Dabei ist M_i das Drehmoment, das mit der Gesamtkraft auf das i -te Teilchen wirkt ist. Summiert man beide Seiten dieser Gleichung über alle Teilchen, ergibt sich: (Glg.29) [MGP]

$$\sum M_i = \sum m_i r_i^2 \alpha = (\sum m_i r_i^2) \alpha = I \alpha$$

Das Drehmoment M bezüglich der Achse A , das durch die Kraft verursacht wird, ist $M = F_t r$. Im Allgemeinen reicht der Ausdruck $F_t r$ aus, um das Drehmoment zu berechnen; in der Praxis lässt sich die Rechnung aber oft vereinfachen, wenn andere Ausdrücke für das Drehmoment verwendet werden: (Glg.30) [HRWP]

$$F_t = F \sin \Phi$$

Hierbei ist ϕ der Winkel zwischen der radialen Richtung und der Kraftrichtung. Damit lässt sich das Drehmoment ausdrücken als: (Glg.31)

$$M = F_t r = (F \sin \Phi) r.$$

Die Wirkungslinie einer Kraft ist eine Parallele zur Kraftrichtung, die durch den Angriffspunkt der Kraft verläuft. Es gilt: (Glg.32) [HRWP]

$$r \sin \Phi = l,$$

wobei der Hebelarm l der senkrecht gemessene Abstand zwischen der Drehachse A und der Wirkungslinie der Kraft ist. Damit lässt sich das Drehmoment angeben als: (Glg.33)

$$M = F l$$

Daraus folgt für das Drehmoment: (Glg.34)

$$M = F_t r = F r \sin \Phi = F l$$

Anschließend ist die Formel für das Gleichgewicht eines Hebels noch relevant: (Glg.35) [HRWP]

$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

Da $M_1 = M_2$ gelten soll, um ein Gleichgewicht herzustellen.

7.4.4. Wärmelehre

Die ökologischen Regeln, wie beispielweise die Allensche Regel oder Bergmannsche Regel, besitzen einen physikalischen Hintergrund, der im weiteren Verlauf dieses Kapitels dargelegt wird. Zunächst werden die Begriffe Temperatur und Wärme voneinander abgegrenzt. Wärme ist die in ihrem System oder an ihre Umgebung aufgrund eines Temperaturunterschiedes ausgetauschte Energie [HRWP].

Bei der Wärmekapazität wird ausschließlich auf Festkörper und Flüssigkeiten eingegangen.

Wärmekapazität:

Die Wärmekapazität C eines Gegenstandes ist die Proportionalitätskonstante zwischen der Wärme Q , die aufgenommen oder abgegeben wird, und einer bestimmten Temperaturänderung ΔT dieses Gegenstandes: (Glg.36)

$$Q = C\Delta T = C(T_f - T_i),$$

hier ist T_i die anfängliche oder Initialtemperatur und T_f die End- beziehungsweise Finaltemperatur des Gegenstandes. [HRWP] Der Gegenstand besitzt nicht eine bestimmte Wärmekapazität, sondern überträgt diese lediglich.

Spezifische Wärme:

Die Wärmekapazität zweier gleicher Materialien ist proportional zu ihrer Masse. Die spezifische Wärmekapazität (oder auch spezifische Wärme genannt) gibt das Verhältnis von Wärmekapazität pro Masse an. Deshalb wird aus Gleichung 36 folgende Gleichung, die sich nun auf das Material bezieht: (Glg.37) [HRWP]

$$Q = cm\Delta T = cm(T_f - T_i)$$

1. Hauptsatz der Thermodynamik

Nach jahrhundertelanger Suche und Erfahrung aller Patentämter gibt es kein Perpetuum Mobile 1. Art, das heißt, es gibt keine Maschine, die fähig ist, Arbeit zu verrichten, ohne Energie aus ihrer Umgebung zu verbrauchen oder Energie abzugeben. [MGP] Der erste Hauptsatz der Wärmelehre besagt, dass die innere Energie E_{int} eines Systems zunimmt, wenn dem System Energie in Form von Wärme zugeführt wird und sie abnimmt, wenn dem System durch die geleistete Arbeit W Energie entzogen wird. In Form einer Gleichung sieht es wie folgt aus: (Glg.38) [HRWP]

$$\Delta E = E_{int,f} - E_{int,i} = Q - W \quad \text{oder} \quad dE_{int} = dQ - dW$$

Der erste Hauptsatz bezieht sich auf geschlossene Systeme.

Im Folgenden werden die drei Arten von Wärmeübertragung näher betrachtet.

Wärmeleitung:

Wenn zum Beispiel ein Schürhaken im Feuer liegt, dann wird zuerst der Haken heiß, aber dann mit der Zeit auch der Griff. Das liegt daran, dass Schwingungsamplituden der Atome und Elektronen des Metalls am Ende des Schürhakens, aufgrund der hohen Umgebungstemperatur durch das Feuer, sehr groß werden. Die großen Schwingungsamplituden und die damit verbundene Energie werden an benachbarte Atome von Atom zu Atom weitergegeben. Wärme strömt immer längs eines Temperaturgefälles, und umso stärker je steiler das Temperaturgefälle ist [MGP]. Betrachtet man nun eine Platte dann kommt man zur folgenden Gleichung des Wärmestroms P_L , das ist die Zeit pro übertragener Energiemengen: (Glg.39) [HRWP]

$$P_L = \frac{Q}{t} = \lambda A \frac{T_H - T_K}{L}$$

T_H ist die höhere Temperatur und T_K die niedrigere Temperatur. Die Stoffkonstante λ wird als Wärmeleitzahl oder auch als thermische Leitfähigkeit bezeichnet. Sie ist, wie schon oben erwähnt, vom Material abhängig. Leitet ein Gegenstand die Wärme gut, dann ist er ein guter Wärmeleiter und hat eine hohe Leitfähigkeit λ . Leitet er schlecht, ist er ein guter Wärmeisolator.

Konvektion:

Der Energietransport, Konvektion genannt, tritt auf, wenn ein Fluid in Kontakt mit einem Gegenstand kommt, der heißer als das Fluid ist. An der Kontaktstelle erwärmt sich das Fluid und dehnt sich aus, wodurch seine Dichte abnimmt. Dadurch ist das erwärmte Fluid nun leichter als das umgebende Fluid und beginnt aufgrund des Auftriebs nach oben zu steigen. Daraufhin fließt ein Teil des kälteren Fluids in Richtung der Kontaktstelle nach und der Prozess beginnt von neuem [HRWP].

Strahlung:

Bei der Wärmestrahlung dienen elektromagnetische Wellen als Übermittler. Für diese Art von Wärmeübertragung ist kein Medium notwendig. Die Strahlung kann sich auch im Vakuum ausbreiten, wie zum Beispiel von der Sonne zur Erde. Die Rate P_S , mit der ein Gegenstand Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung emittiert, hängt sowohl von der Oberfläche A des Körpers ab, sowie von der Temperatur dieser Fläche (in Kelvin). Man kann sie durch folgende Gleichung darstellen: (Glg.40)

$$P_S = \sigma \epsilon A T^4 \quad , \text{ wobei}$$

$\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ die Stefan-Boltzmann-Konstante ist. Das Symbol ϵ steht für den Emissionsgrad der Oberfläche des Gegenstandes und hat je nach Art der Oberfläche einen Wert zwischen 0 und 1. Einen Gegenstand mit einer Oberfläche mit maximalen Emissionsgrad 1. 0 kann man auch als schwarzen Körper oder auch als schwarzen Strahler bezeichnen. Eine solche Oberfläche entspricht aber einem idealen Grenzfall und tritt in der Natur nicht auf. Die Gleichung muss in Kelvin angegeben werden, damit am absoluten Nullpunkt keine Strahlung mehr emittiert wird. Wenn ein Körper nun Wärme absorbiert, lautet die Gleichung: (Glg.41) [HRWP]

$$P_{abs} = \sigma \epsilon T_U^4$$

Ein schwarzer Strahler mit $\epsilon = 1$ absorbiert sämtliche auftreffende Strahlungsenergie, es wird also keine Strahlung reflektiert oder gestreut. Da ein Gegenstand einerseits Strahlung abgibt und aber andererseits auch Strahlung aufnimmt, wird die Gesamtrate P_{ges} des Energieaustausches durch folgende Gleichung ausgedrückt: (Glg.42) [HRWP]

$$P_{ges} = P_{abs} - P_S = \sigma \epsilon A (T_U^4 - T^4)$$

P_{ges} ist positiv, wenn mehr Energie absorbiert, als emittiert wird und negativ, wenn mehr Energie durch Abstrahlung verloren geht.

7.4.5. Elektrizitätslehre

Für die Station der Elektrizität werden einige Begriffe wie Ladung, Stromstärke, Spannung und der Stromkreislauf als bekannt vorausgesetzt. Der Kondensator, die Reihenschaltung, das elektrische Feld, das elektrische Potential und auch die Batterie sollen an dieser Station verdeutlicht werden.

Elektrische Ladung:

Es gibt zwei Arten von elektrischer Ladung, positive und negative, die sich gegenseitig neutralisieren können. Gleichnamige Ladungen stoßen sich ab und ungleichnamige Ladungen ziehen sich an. Ladung bleibt im abgeschlossenen System immer erhalten. Sie ist in ganzzahlige Vielfache der Elementarladung $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$ C (Coulomb) gequantelt [MGP]. Die elektrische Kraft zwischen zwei geladenen Elementarteilchen ist etwa 10^{40} mal größer als die Gravitation, die zwischen ihnen herrscht. Die Kraft zwischen zwei Punktladungen hat die Richtung ihrer Verbindungslinie. Zwischen zwei Punktladungen Q und Q' wirkt eine Kraft, die proportional zum Produkt QQ' ist. Die Kraft zwischen zwei Ladungen vom Abstand r ist proportional zu r^{-2} . Das Coulomb-Gesetz lautet: (Glg.36) [MGP]

$$\mathbf{F} = \frac{QQ'}{4\pi\epsilon_0 r^2} \mathbf{r}_0$$

Dabei ist $\epsilon_0 = 8,8542 \cdot 10^{-12}$ die Influenzkonstante. Als Einheit ergibt sich dann 1 Coulomb = 1C = 1As.

Kräfte, die von Ladungen ausgehen, sind additiv. Dies betrifft nicht nur an der gleichen Stelle angreifende Kräfte, sondern auch beliebig angeordnete Ladungen.

Elektrisches Feld:

Kräfte, die auch dann wirken, wenn der geladene Körper ruht, sind elektrische Kräfte oder auch Coulomb-Kräfte. Wo diese Kräfte auftreten, herrscht ein elektrisches Feld. Kräfte, die

dagegen nur dann herrschen, wenn sich der geladene Körper bewegt, sind proportional zu der Geschwindigkeit des Körpers, aber senkrecht zu der Bewegungsrichtung ausgerichtet. Diese Art von Kraft wird Lorentz-Kraft genannt und wo sie auftritt, herrscht ein Magnetfeld. Die elektrische Feldstärke wird durch die Ladung Q eines Körpers und der erfahrenen Kraft F definiert: (Glg.37) [MGP]

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{Q}$$

Ein elektrisches Feld erzeugt elektrische Feldlinien. Der elektrische Fluss ϕ durch eine definierte Fläche hängt mit der Feldstärke \mathbf{E} genauso zusammen, wie der Volumenstrom einer Flüssigkeit mit der Strömungsgeschwindigkeit v . Wenn die Fläche A senkrecht zum Feld \mathbf{E} steht und \mathbf{E} überall auf der Fläche gleich verteilt ist, dann gilt folgende Gleichung: (Glg.38)

$$\phi = AE$$

Steht \mathbf{E} allerdings nicht senkrecht, sondern in einem Winkel α zur Flächennormale und ist dabei \mathbf{E} konstant, dann gilt folgende Gleichung: (Glg.39)[MGP]

$$\phi = AE \cos \alpha = \mathbf{AE}$$

Der elektrische Fluss, der aus einer beliebigen in sich geschlossenen Fläche hervortritt, ist proportional zu der Gesamtladung Q , die innerhalb dieser Fläche herrscht. Dies definiert folgende Gleichung: (Glg.40) [MGP]

$$\phi = \frac{1}{\epsilon_0} Q$$

,wobei hier ϵ_0 erneut die Influenzkonstante ist. Diese Flussregel erklärt die Bildung von elektrischen Feldern. Sie besagt, dass elektrische Feldlinien nur bei positiven Ladungen beginnen und bei negativen Ladungen enden.

Spannung und Potential:

Wirkt eine elektrostatische Kraft innerhalb eines Systems zweier oder mehrerer geladener Teilchen, dann kann man dem Zustand dieses Systems eine elektrische Energie U zuweisen. Ändert sich die Konfiguration des Systems von einem Initialzustand i zu einem Finalzustand f , so verrichtet die elektrostatische Kraft an den Teilchen des Systems eine Arbeit W , nach folgender Gleichung: (Glg.41) [HRWP]

$$\Delta U = U_f - U_i = -W,$$

wobei ΔU eine Zustandsänderung darstellt. Das Minuszeichen bedeutet, dass im besonderen Falle die Kraft selbst Arbeit verrichtet. [MGP]. Wie bei allen konservativen Kräften ist auch hier, die von der elektrostatischen Kraft verrichtete Arbeit vom Weg unabhängig. Wenn die Verschiebungsenergie zwischen zwei Punkten konstant ist, dann hat das Feld E ein eindeutiges elektrisches Potential V : (Glg.42) [HRWP]

$$V = \frac{U}{q}$$

Die elektrische Potentialdifferenz ΔV zwischen zwei beliebigen Punkten i und f in einem elektrischen Feld ist durch die Differenz der Werte der potentiellen Energie pro Einheitsladung zwischen diesen beiden Punkten gegeben: (Glg.43)

$$\Delta V = V_f - V_i = \frac{U_f}{q} - \frac{U_i}{q} = \frac{\Delta U}{q} = -\frac{W}{q}$$

Die Potentialdifferenz in einem elektrischen Feld zwischen zwei Punkten wird durch das Negative der Arbeit, die die elektrische Kraft an einer Einheitsladung leistet, welche vom einen zum anderen der beiden Punkte gebracht wird. Eine Potentialdifferenz kann positiv, negativ oder null sein nach Vorzeichen und Beträgen der Ladung und Arbeit [HRWP].

Kapazität:

Das Potential U einer Punktladung oder einer Metallkugel ist zur Ladung Q proportional. Diese Proportionalität zwischen U und Q gilt für jede Ladungsverteilung. (Glg.44) [MGP]

$$Q = CU,$$

wobei hier die Konstante C die Kapazität ist. Sie hängt von der Gestalt des Leiters ab. Energie lässt sich in Form von potentieller Energie speichern, so auch in einem Kondensator. Er sammelt elektrische Energie während des Ladevorganges und baut dabei ein elektrisches Feld auf. Nach dem Ladevorgang erhält der Kondensator das elektrische Feld bei und speichert so die im Feld erhaltene Energie. Danach kann er sich wieder entladen. [HRWP]

Zwei ebene Metallplatten mit der Fläche A stehen einander gegenüber. Sie haben entgegengesetzte gleiche Gesamtladungen. Es existiert ein Feld zwischen den beiden Platten (am Rand greift es etwas in die Umgebung hinaus, umso weniger, je kleiner der Abstand d

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

ist). Zwischen den Platten ist das Feld homogen und senkrecht zur Platte. Der Fluss ist also $AE = \frac{Q}{\epsilon_0}$, das Feld $E = \frac{Q}{\epsilon_0 A}$. Die Potentialdifferenz zwischen den beiden Platten ist definiert durch $U = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 A}$. Daraus folgt die Kapazität eines Plattenkondensators: (Glg.45) [MGP]

$$C = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 A}{d}$$

Wenn man nun die Kondensatoren in Parallelschaltung bringt, addieren sich ihre Kapazitäten. (Glg.46)

$$C = C_1 + C_2$$

Schaltet man nun die Kondensatoren in Reihe, dann addieren sich ihre reziproken Kapazitäten (Glg.46):

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

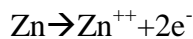
Batterien:

Folgende Darstellung dient zum Verständnis einer Zink-Kohle-Batterie.

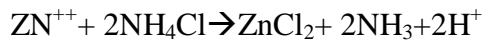


Abb. 5.21: Zink-Kohle-Batterie

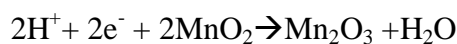
Am negativen Pol (Zinkelektrode) lösen sich Zinkionen. Dadurch wird die Elektrode negativ.



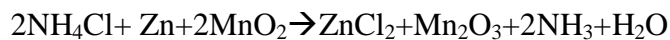
Danach reagieren die Zinkionen mit dem Elektrolyt. In den Zink-Kohle-Batterien werden hierzu Salmiaklösungen verwendet.



Am positiven Pol reagieren die Wasserstoffionen und Elektronen. Die Elektronen gelangen über den äußeren Kreis zum positiven Pol, der aus Braunstein besteht.



Somit ergibt sich als Gesamtreaktion:



[IQU5.2]

Der entscheidende Vorgang in der Batterie ist die Elektronenabgabe des Zinks und die Elektronenaufnahme durch das Mangan des Braunsteins. Der Kohlestab hat lediglich die Aufgabe, den elektrischen Kontakt zwischen dem äußeren Kreis und dem Braunstein herzustellen. Im äußeren Stromkreis entsteht ein Ladungstransport durch die negativen Elektronen von der Zn- zur C-Elektrode. In der Zelle allerdings wandern die positiven Ionen von der Zn- zur C-Elektrode.

Das unedle Metall Zink löst sich im Elektrolyten (Salmiak) selbst auf. Deshalb besitzt eine Batterie nur eine begrenzte Lebensdauer [IQU5.1].

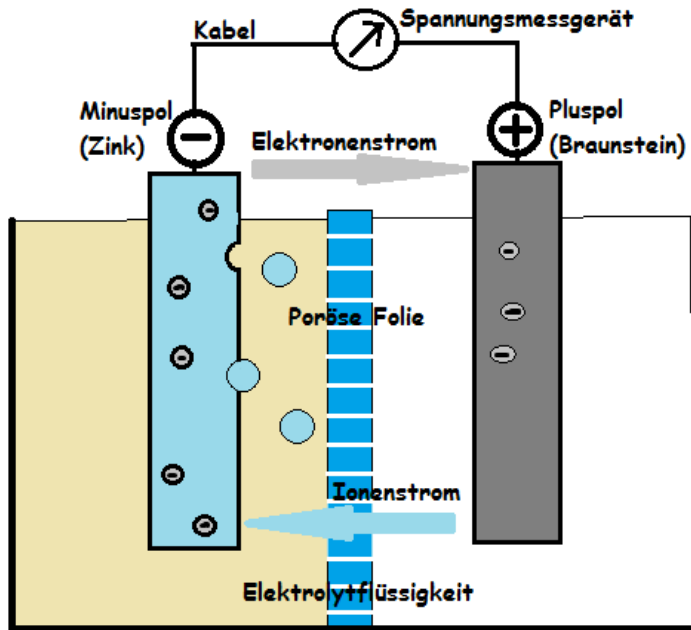


Abb. 5.16: Schematischer Vorgang in einer Batterie

Maschenregel:

Die Kirchhoffsche Regel besagt, dass die Gesamtspannung längs einer geschlossenen Masche einer Schaltung, Null ist. Das heißt die Summe aller Spannungsabfälle an den einzelnen Elementen, aus denen die Masche besteht, ist gleich Null: [MGP] (Glg.47)

$$\sum U_i = 0$$

7.5. Das Lehr-Lern-Labor

Im Folgenden werden die einzelnen Stationen mit ihren Informationstexten und Versuchen vorgestellt und somit der Ablauf des Lehr – Lern – Labors erläutert. Insgesamt hat das Lehr-Lern-Labor fünf Stationen. Jede Station beinhaltet verschiedene Versuche, Texte und Aufgaben, welche die Schüler bewältigen. Es wurde bei der Gestaltung darauf geachtet, dass die Schüler stets vor abwechslungsreiche Aufgaben gestellt werden. Bei allen Versuchen liegt der Schwerpunkt darauf, die Tiere und die damit verbundene Biologie näher kennenzulernen. Hierbei werden teilweise ökologische und evolutionäre, wie aber auch technische Besonderheiten hervorgehoben. Ziel aller Stationen ist nicht nur das Verstehen der Physik, sondern auch das Erkennen des Zusammenhangs zum Fach Biologie.

7.5.1. Station Optik

An der Optik - Station wird das Sehen unter Wasser für die Schüler verdeutlicht. Am Beispiel des Tieres „Vierauge“ werden Auszüge des physikalischen Teilbereichs der Optik erklärt. Es wird vorausgesetzt, dass die Schüler bereits die Lichtbrechung kennen und auch im Umgang mit Linsen und deren Abbildungen geübt sind. Außerdem werden die Begriffe Sammellinse und Zerstreuungslinse als bekannt vorausgesetzt.

1. Text: „Vierauge“

Im Text über das Vierauge erhalten die Schüler Informationen über die Lebensweise, sowie genaue Informationen über die Augen des Tieres. Im Anschluss daran sollen sich die Schüler näher mit der Augenskizze beschäftigen. Dabei sollen sie herausfinden, dass das obere Augenpaar für das Sehen über Wasser und das Untere für das Sehen unter Wasser zuständig ist. Außerdem erfahren die Schüler, dass der Fisch mit diesen Augen seine Beute und auch seine Fressfeinde oberhalb und unterhalb der Wasseroberfläche bemerken kann. Erste Überlegungen über mögliche Strahlengänge von Augenlinse zur Netzhaut sollen ebenfalls im Rahmen dieses Textes von den Schülern angestellt werden.

2. Versuch: „Fischfang“

In einem Becken mit Wasser liegt eine Münze am Grund. Die Schüler haben die Aufgabe, die Münze mit Hilfe eines Zielrohres und eines „Metallspießes“ zu treffen. Hierfür stellen die Schüler zunächst den richtigen Winkel zwischen Zielrohr und Wasseroberfläche ein. Es ist darauf zu achten, dass das Zielrohr nicht die Wasseroberfläche berührt. Anschließend führen die Schüler den „Metallspieß“ durch das Zielrohr und versuchen so, die Münze zu treffen.

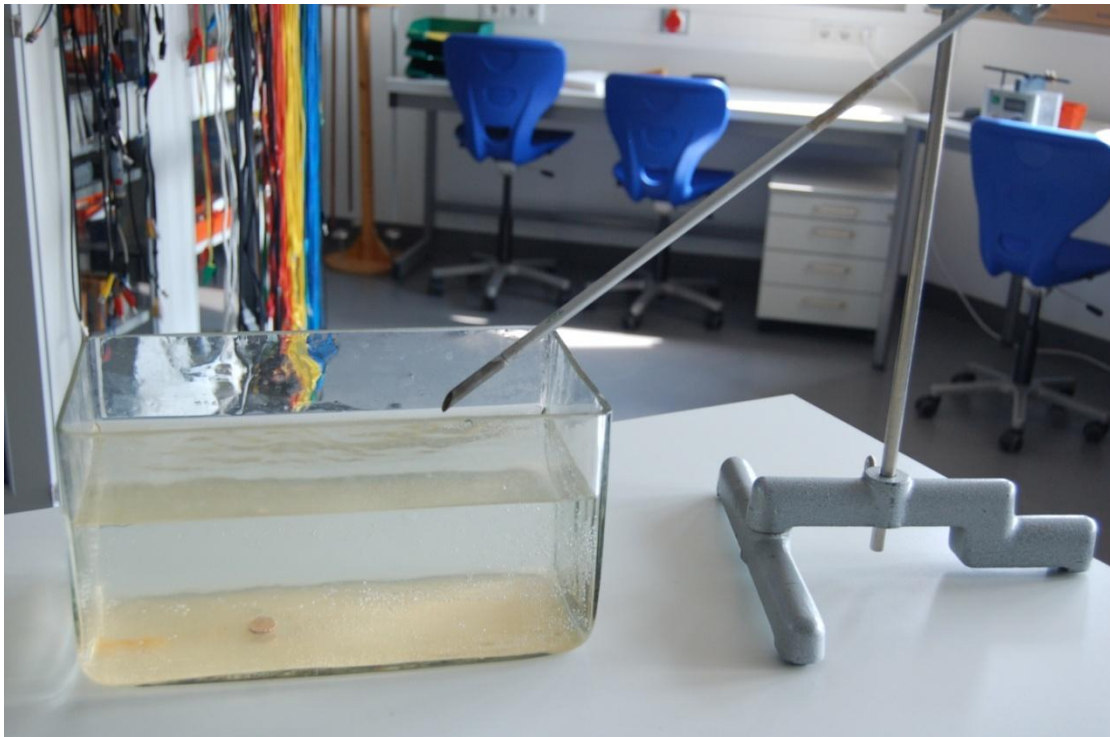


Abb.:1.9. Versuch „Fischfang“

Bei diesem Versuche stellen die Schüler fest, dass sie die Münze mit dem „Metallspieß“ nicht treffen können, da hier ein optisches Phänomen vorliegt. Der Grund für das Nichttreffen der Münze liegt bei der Lichtbrechung beim Übergang von einem optisch dünneren in ein optisch dichteres Medium. Dieser Versuch wurde ausgewählt, da hierbei die Brechung sehr schön verdeutlicht werden kann und die Vorteile des Vierauges zu erkennen sind.

Als Transferleistung dient die Überlegung, dass man einen „Fisch“ unter Wasser an einer anderen Stelle sieht, als er sich eigentlich befindet.

3. Versuch: „Brechung“

In diesem Versuch wird noch einmal die Brechung wiederholt. Auf einen Halbkreis aus Glas wird ein Lichtstrahl gerichtet. Der ganze Versuchsaufbau ist auf einer Winkelskala angeordnet, um die Abweichung des Lichtstrahls besser erkennen zu können. Der Halbkreis kann in Folgeversuchen wahlweise auch aus unterschiedlichen Materialien bestehen. Das unterschiedliche Material verursacht verschiedene Brechungsindizes, so können die Schüler ebenfalls unterschiedliche Brechungsverläufe erkennen. Die verschiedenen Winkelmaße werden im Arbeitsheft notiert und die Schüler zeichnen ungefähre Strahlengänge in das Heft ein, so dass die Brechung zum Lot hin hervorgehoben wird. Hierbei sollen die Schüler den Winkel als mathematisches Maß mit der Brechung verbinden.

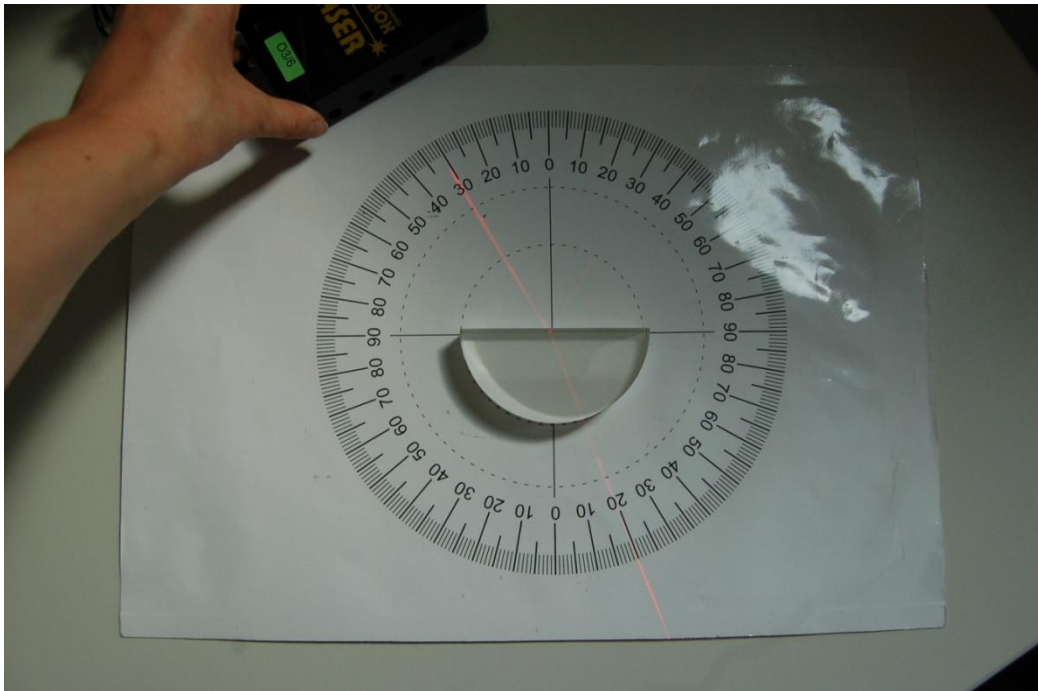


Abb. 1.10: Versuch „Brechung“

4. Text: „Funktionsweise des menschlichen Auges“

An dieser Stelle erhalten die Schüler einen kurzen Informationstext über das menschliche Auge. Außerdem ist ein Augenmodell dargestellt. Mit Hilfe von diesem wird erklärt, dass Linse und Hornhaut das Licht brechen und es auf der Netzhaut abbilden. Darauf folgt eine Darstellung eines vereinfachten Strahlengangs, um die

Brechung im Auge zu verdeutlichen. Außerdem folgt die Erklärung, dass sich die Linse für die Akkommodation, also zum Scharfstellen des Sehbildes, verformt.

5. Versuch: „Sehen unter Wasser“

Die Schüler erhalten ein einfaches, nachgebautes Augenmodell.

Bau des Augenmodells:

Das Augenmodell besteht aus zwei zusammengesetzten Teilen zum einem aus einer Styroporhohlkugel mit einem Durchmesser von ca. 12cm. In eines der beiden Teile wird in die Mitte ein Loch von ca. 1,5 cm Durchmesser geschnitten. In dieses Loch wird eine Linse aus Plexiglas (Brechkraft von 15,4 dpt.) eingeklebt, die der Wirkung der gekrümmten Hornhaut entspricht. Von der anderen Halbkugel wird mittig ein Kugelabschnitt abgetrennt und mit Transparentpapier beklebt. Dieses transparente Papier bildet das eingefangene Bild ab und stellt somit die Netzhaut dar. Das Innere der Kugel wird mit schwarzer Farbe ausgemalt, damit Streulicht weitestgehend eliminiert werden kann. Hinter der Linse mit fester Brennweite kann man nun eine akkommodationsfähige Linse einsetzen, die der Augenlinse entspricht. Diese Linse wird aus einer Plastikschaale ($d \approx 4\text{cm}$), die von einer durchsichtigen Gummimembran umgeben ist und mit Hilfe eines Dichtungsringes verschlossen wird, nachgebaut. In den Rand der Schale wird ein Loch (d ca. 0,4cm) gebohrt, damit man hier ein Schlauchstück straff einschieben kann. Die Schale wird mit Wasser gefüllt und an eine Spritze mit circa 1 ml Wasser angeschlossen. Mithilfe der Spritze kann zusätzliches Wasser in die Schale gedrückt werden, wodurch sich die Gummihaut nach außen wölbt. Die Akkommodation erfolgt somit wie beim menschlichen Auge durch Änderung der Brechkraft der Linse. Die Bauanleitung stammt aus G. Collicchia, H. Wiesner: „Simulation von Fehlsichtigkeit. Akkommodationsfähige Augenmodelle für den Unterricht, Naturwissenschaften im Unterricht“ Heft 82 (2004) S.15-17.

Der Versuch:

Das selbst gebaute Augenmodell ist Grundlage für diesen Versuch. Der komplette nachfolgende Versuch findet auf einem Overheadprojektor statt, um einen ausreichenden Lichteinfall gewährleisten zu können. Die akkommodierende Linse wird so eingestellt, dass der zu fixierende Gegenstand deutlich auf der „Netzhaut“ zu

sehen ist. Dies erreicht man, indem man Wasser in die Gummilinse füllt. Dieser Vorgang entspricht dem Akkommodationsprozess des Auges. Im weiteren Verlauf des Versuches wird das Augenmodell auf einen Behälter, der zu einem Drittel mit Wasser gefüllt ist, gestellt, so dass es sich auf dem gut sichtbaren Bild befindet. Mit Hilfe der Gummilinse wird das Bild erneut scharf gestellt. Mit Hilfe dieses Versuches wird den Schülern verdeutlicht, dass man Gegenstände beim Tauchen verschwommen sieht. Ein anderer Behälter ist randvoll mit Wasser gefüllt. Wird das Augenmodell auf diesen wassergefüllten Zylinder gestellt und versucht das Bild scharf zu stellen, erkennt man, dass die Akkommodationsfähigkeit der Linse nicht mehr ausreichend genug ist, um das Bild scharf abzubilden.



Abb. 1.11: Versuch „Sehen unter Wasser“

6. Text: „Akkommodation bei Fischen“

Im darauf folgenden Informationstext erfahren die Schüler, wie die Akkommodation bei Fischen funktioniert. Es werden zwei Möglichkeiten dargestellt, wie ein Bild scharf auf die Netzhaut abgebildet werden kann. Dies geschieht zum einen durch das

Verändern der Linsenbrechkraft und zum anderen durch das Variieren des Abstandes zwischen Netzhaut und Linse.

7. Versuch: „Akkommodation unter Wasser bei Fischen“

Hierzu wird weiteres Augenmodell benötigt, das wie folgt, zuvor gebaut wird (Anleitung nach G. Colicchia und H. Wiesner: „Können Fische unter Wasser besser sehen als Menschen“):

Bau des Augenmodells:

Das Modell besteht aus zwei ineinander verschiebbaren wasserdichten Zylindern. Für den äußeren Zylinder bietet sich eine Plastikflasche an. An die Verschlussöffnung werden zwei Sammellinsen, einmal mit 15,4 dpt (vordere Linse mit Krümmung nach vorne zeigend, symbolisiert die Hornhaut) und einmal mit 8,3 dpt (verkörpert die Linse), eingeklebt. Diese stellen das optische System eines Auges dar. Der innere Zylinder besitzt an seinem inneren Ende ein semitransparentes Papier, welches auch hier die Netzhaut darstellen soll. Auch hier wird das Innere mit schwarzer Farbe eingefärbt, damit das Streulicht reduziert wird.

Der Versuch:

Der vorherige Versuch wird wiederholt und die Schüler erkennen, dass sie das Bild mit diesem Augenmodell durch Verändern des Abstandes zwischen Netzhaut und Linse scharf stellen können. Dieser Versuch steht symbolisch für die zweite Möglichkeit der Akkommodation.



Abb. 1.12: Versuch „ Akkommodation unter Wasser bei Fischen“

8. Am Ende dieser Station kann die Gruppe je nach Zeit noch folgende Denkanstöße diskutieren:

Sieht man unter Wasser bei Fehlsichtigkeit besser als mit gesundem Auge? Wenn ja, bei höherer Kurzsichtigkeit oder höherer Weitsichtigkeit?

Ändert sich die Brechkraft eines Auges bei der Benutzung einer Tauchermaske?

Für die Durchführung dieser Station sollen Hilfekarten bereitgestellt werden. Auf der einen Hilfekarte ist der Strahlengang im Auge eines Vierauges zu sehen und auf der anderen Hilfekarte ist eine schematische Darstellung der Fehlsichtigkeit im menschlichen Auge dargestellt.

7.5.2. Station Akustik

An dieser Station lernen die Schüler die Fledermaus sowie die evolutionäre Entwicklung der Echoorientierung und die zugrundeliegende Physik kennen. Dies geschieht durch verschiedene Versuche und eingestreute Informationstexte. Den Schülern sind laut Lehrplan bereits einige Themengebiete der Akustik bekannt. Es werden die Schallausbreitung, Funktionsweise des Ohrs und Lautentstehung vorausgesetzt. Text: „Nachtaktivität“

1. Text „Nachtaktivität“

Als erstes werden die Schüler mit einem Text über die Nachtaktivität der Insekten konfrontiert. Ein Teil der Insekten hat die Nische der Nacht besiedelt. Ein Grund dafür sei, so ihren Fressfeinden zu entkommen. Außerdem wird hier die Fledermaus das erste Mal erwähnt, denn sie hat sich an diese ökologische Nische angepasst, indem sie sich mit Ultraschallecho orientiert. Außerdem wird in diesem Informationstext der Ultraschall kurz erklärt.

2. Versuch: „Ultraschall“

Es folgt ein Versuch zum Anhören des Ultraschalls. Hierbei werden die



Abb. 2.10: Versuch „Ultraschall“

Schüler feststellen, dass sie die Ultraschalltöne mit dem bloßen Gehör nicht wahrnehmen können. Mit einem Ultraschallempfänger können die Töne jedoch „sichtbar“ gemacht werden. Der Ultraschallempfänger leuchtet auf, wenn er eine Ultraschallfrequenz detektiert. Außerdem sollen die Schüler selbst verschiedene Geräusche machen und somit feststellen, ob bei diesen auch Ultraschalltöne erzeugt werden.

3. Text: „Ultraschallwahrnehmung“

An dieser Stelle lesen die Schüler einen Informationstext über Insekten, die die Fähigkeit entwickelten, Ultraschall wahrzunehmen. So können sie der Fledermaus durch einen kontrollierten Sturz ausweichen. Die Fledermaus entwickelte daraufhin einen Art Taumelflug und benutzt ihre Flügel als Kescher, damit sie die Insekten dennoch fangen kann.

4. Versuch: „Wie der Schall zum Ohr gelangt“

Für den Versuch werden zwei Tamburine, ein Anschläger und ein Tischtennisball benötigt. Hängt man die beiden Tamburine direkt nebeneinander und den Tischtennisball so auf, dass er das Fell eines Tamburins berührt, erkennt man, dass sich der Tischtennisball bewegt, wenn man auf das andere Tamburin schlägt. Der Versuch soll modellhaft zeigen, wie Schallwellen das Trommelfell durch die Luft von einer Schallquelle aus in Schwingungen versetzen. Der Schalldruck wird durch die Schwingung des Tamburinfells demonstriert. Die Schüler stellen fest, dass durch das Anschlagen Luftteilchen hinter dem Fell des ersten Tamburins in Bewegung gesetzt werden und Schwingungen auf das zweite Tamburin übertragen.



Abb. 2.11: Versuch „Wie der Schall zum Ohr gelangt“

Deshalb bewegt sich der Tischtennisball. Die Luftteilchen werden, wie in dem Kapitel 7.4.2 über die Physik der Akustik schon beschrieben, in longitudinale Wellen versetzt und übertragen so die Bewegungsenergie der Schallquelle. Außerdem sollen die Schüler in diesem Teil der Station den Aufbau und die Funktionsweise des menschlichen Ohrs wiederholen. Hierfür bringen sie die einzelnen Teile des Ohrs in die richtige Reihenfolge. Bei Schwierigkeiten können die Schüler auf die Hilfekarte mit einer Ohrabbildung zurückgreifen.

5. Text: „Schlechtes Echo“

Im weiteren Verlauf der Station erfahren die Schüler durch einen Text über nachtaktive Insekten, dass diese immer mehr Fransen und eine starke Beschuppung an ihrem Körper zur Tarnung entwickelten.

6. Versuch: „Schallreflexion“

Bei diesem Versuch werden zwei Papprollen, ein Buch und ein Kuscheltier benötigt. Die zwei Röhren werden in einem spitzen Winkel zueinander auf einen Tisch gelegt. An der Spitze der beiden Rohre wird zuerst das Buch gestellt. In das eine Rohrende wird nun gesprochen und ein Gruppenmitglied hält sein Ohr an das andere Rohrende. Er hört ein deutliches Echo des Gesprochenen. Der Schall wird von dem Buch reflektiert. Setzt man nun das Kuscheltier anstelle des Buches und wiederholt den Versuch, wird man feststellen, dass die Reflexion des Schalls nicht mehr so deutlich an das Ohr gelangt. Dieser Versuch verdeutlicht den Schülern den evolutionären Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Insekten und der dadurch entstandenen Tarnung.

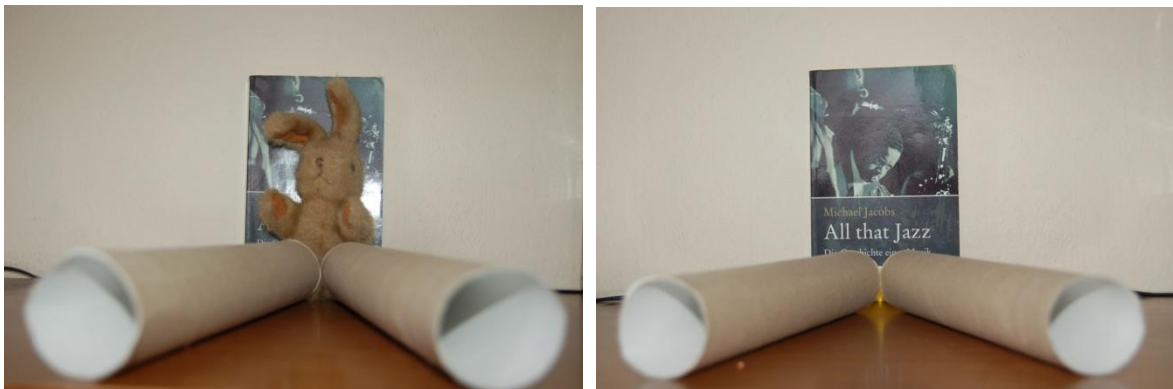


Abb. 2.12 und 2.13. Versuch „Schallreflexion“

7. Versuch: „Schallausbreitung“

In diesem Versuch sollen die Schüler eine schwingende Stimmgabel über ein berußtes Glas ziehen und so die „Schallwellen“ sichtbar machen. Dieser Versuch dient zur Wiederholung, dass der Schall aus Wellen besteht. Außerdem ist dieses Wissen für den weiteren Verlauf dieser Station notwendig.

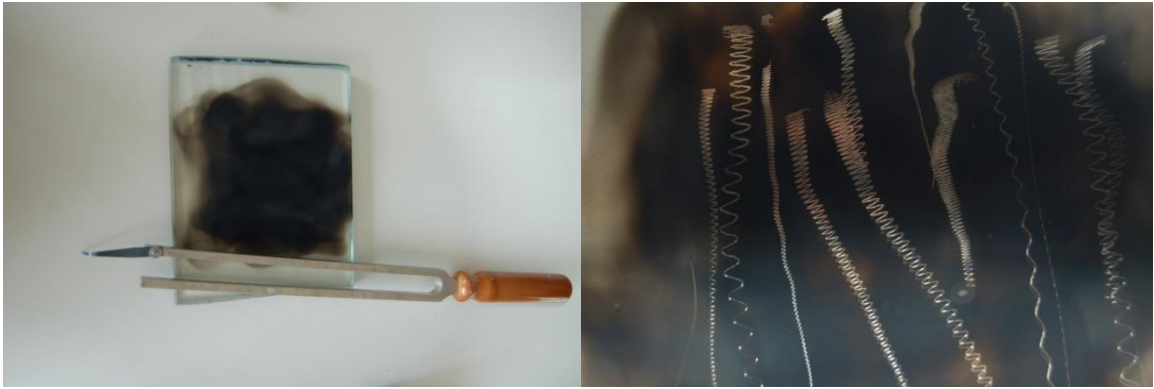


Abb. 2.14 und 2. 15: Versuch „Schallausbreitung“

8. Text „Der Dopplereffekt“

Der folgende Text erklärt den Schülern, dass sich die Fledermaus mit Hilfe des Dopplereffektes orientiert und so die Entfernungen besser einschätzen kann. Der Dopplereffekt ist den Schülern bereits aus dem Alltag, nur oft nicht unter diesem Namen, bekannt. Man erinnert sie an einen vorbeifahrenden Rettungswagen, um so an ihr Vorwissen anzuknüpfen.

9. Versuch: „Reflexion und Dopplereffekt“

In einem Wasserbecken liegt ein Wellenauslöser. Die entstehenden Wellen breiten sich im Wasser aus und treffen auf ein Hindernis. Die Schüler beobachten diesen Vorgang. Als nächstes wird der Wellenauslöser in Bewegung versetzt. Auch hier sollen die Schüler beobachten. Sie erhalten einen kurzen Informationstext zum Dopplereffekt, damit sie das Phänomen in der Kürze der Zeit nachvollziehen können. Zum einen wird ein Hindernis in das Wellenbecken gesetzt und die Reflexion beobachtet. Zum anderen sollen die Schüler das Hindernis entfernen und den Wellenauslöser gleichmäßig in eine Richtung bewegen. Auch diesen Vorgang sollen die Schüler genau verfolgen.

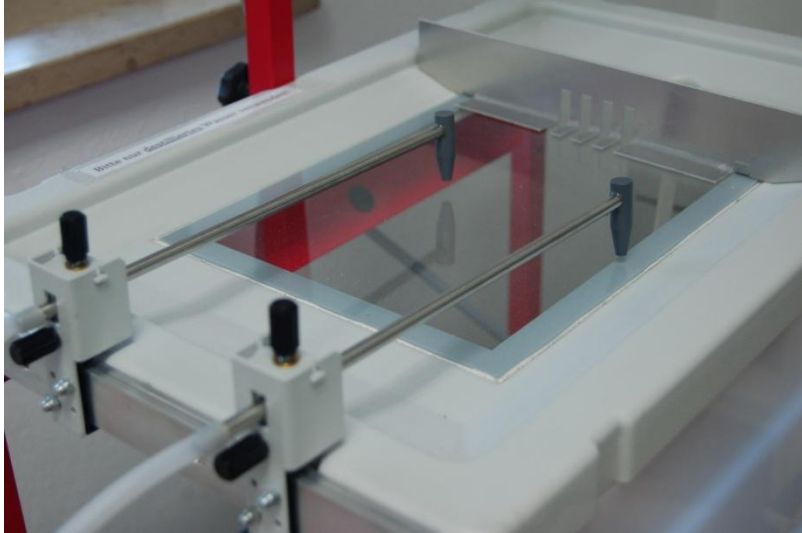


Abb. 2.16. Versuch „Reflexion und Dopplereffekt“

10. Text: „Verstopftes Maul“

Am Ende kommt ein abschließender Informationstext über Falter, die das Maul der Fledermaus mit Absicht verstopfen. Denn so verlieren die Fledermäuse ihre Orientierung und können keine weiteren Falter mehr fressen. Die Fledermaus dagegen hat sich aus diesem Grund in zwei Richtungen weiterentwickelt. Es entstand eine rhizophile Art Fledermäuse, welche die Laute nicht mit dem Mund, sondern mit der Nase als Sendetrichter ausstoßen. So kann die Echoortung der Fledermaus trotz verstopften Maules funktionieren. Außerdem ermöglicht diese Art von Schallsender eine genauere Orientierung mit Hilfe von Interferenz.

11. Zusatzversuch: „Laufzeitdifferenz“

Bei diesem Versuch hält sich ein Gruppenmitglied an beide Ohren Trichter, die mit einem langen Schlauch verbunden sind. Ein weiteres Gruppenmitglied klopft auf den Schlauch. Der Schüler mit den Trichtern an den Ohren soll nun feststellen, auf welche Hälfte des Schlauchs geschlagen wurde. Bei diesem Versuch erfahren die Schüler, was eine Laufzeitdifferenz ist. Außerdem zeigt der Versuch, dass Schall für seine Ausbreitung Zeit benötigt.



Abb. 2.17: Versuch „Laufzeitdifferenz“

12. Versuch: „Akustikmemory“

Bei ausreichend Zeit können die Schüler ein akustisches Memory spielen. Das „Sony Memory“ funktioniert wie ein normales Memory, nur eben akustisch. Man legt eine Karte auf das Kartenlesegerät, es erklingt ein Geräusch, nun muss man das passende Geräusch auf einer weiteren Karte finden.



Abb. 2.18: Memory

7.5.3. Station Mechanik

Die Mechanik-Station ist in zwei Teile aufgeteilt. Der erste Teil handelt vom Auftrieb bei Fischen und der zweite Teil beschäftigt sich mit dem Vogelschnabel als Hebel.

Der Auftrieb:

1. Versuch: „Archimedes auf der Spur“

Die Schüler erfahren zunächst anhand eines kurzen Informationstextes den historischen Hintergrund über die Entdeckung von Archimedes. Dieser Text handelt von Archimedes, der für den König überprüfen sollte, ob die Krone aus reinem Gold oder einer Mischung aus Gold und einem günstigeren Stoff bestand. Anschließend finden die Schüler in einem Versuch selbst heraus, ob die Knetkrone und Knetkugel aus gleichem Material bestehen oder, ob ein Gegenstand mit einem weiteren Material versehen wurde. Sie hängen hierfür beide Knetgegenstände an eine Waage und stellen fest, dass sie gleich viel wiegen. Daraufhin wird die Versuchsanordnung in einen Wasserbehälter gestellt, so dass die beiden zumessenden Gegenstände vollständig ins Wasser getaucht sind. Dabei stellen die Schüler fest, dass die Waage ins Ungleichgewicht gerät. Daraus lässt sich schließen, dass die beiden Gegenstände nicht aus identischem Material bestehen, sondern eine unterschiedliche Dichte und somit einen unterschiedlichen Auftrieb besitzen müssen. In die Krone wurde im Vorfeld nämlich tatsächlich Styropor eingearbeitet. Neben dieser Erkenntnis lernen die Schüler, dass Gegenstände an der Luft ein anderes Gewicht besitzen, wie in Wasser. Der Versuch wird außerdem noch mit einem Fischmodell durchgeführt. Zunächst wird es mit einem Kraftmesser an der Luft und anschließend unter Wasser gemessen. Sowohl die Gewichtskraft im Wasser als auch an der Luft werden notiert, so dass die Schüler im Anschluss die Differenz der beiden Werte berechnen können. Die Erklärung hierfür folgt im nächsten Text.

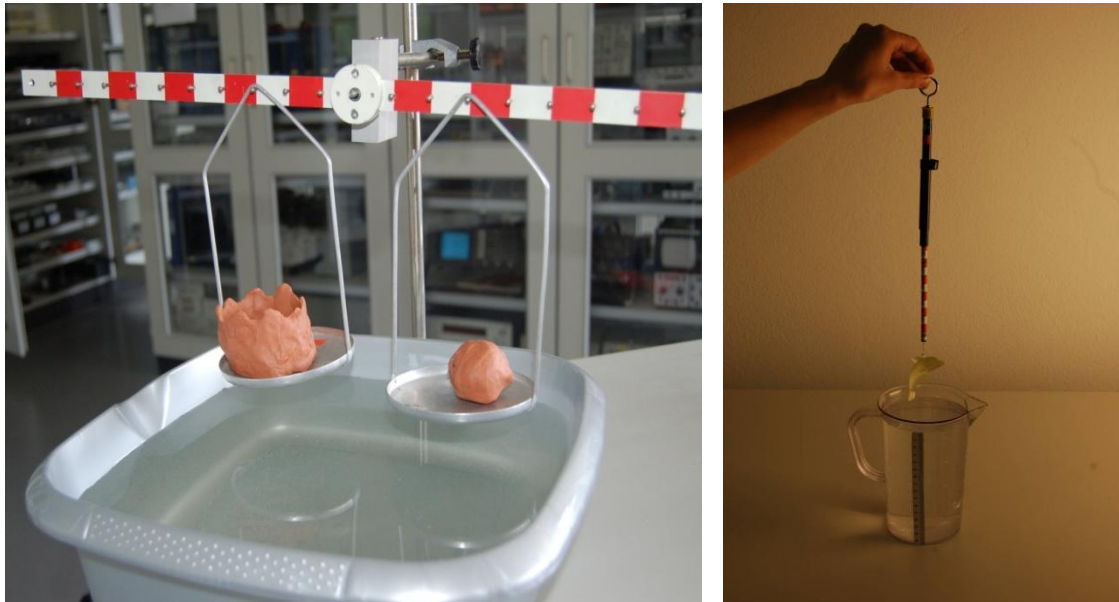


Abb.3.5 und 3.6: Versuch „Archimedes

2. Text: „Die Auftriebskraft“

Im folgenden Informationstext lernen die Schüler die Begriffe Auftrieb und Dichte kennen. Im Rahmen dieses Textes wird außerdem das archimedische Prinzip wiederholt. Sie erfahren, dass ein größeres Gewicht, wie beispielsweise das eines Wals, kein Hindernis darstellt, um schwimmen zu können. Weiter erfahren die Schüler, dass die beim vorherigen Versuch ermittelte Differenz die Auftriebskraft des Körpers ist. Ein weiteres Thema des Textes ist der Druck, der auf einen Gegenstand in einem Fluid wirkt.

3. Versuch: „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“

Im Rahmen dieses Versuches lernen die Schüler den Aufbau des Fisches und dabei besonders die Schwimmblase näher kennen. Ein weiterer Aspekt ist, dass die Schüler erfahren, wie Fische ohne großen Kraftaufwand auf und ab schwimmen können.

Dazu werden ein großes Gefäß, eine Glaspipette mit Hütchen und Wasser benötigt. Das Gefäß wird mit Wasser gefüllt. In das Gefäß wird anschließend eine mit Wasser gefüllte Pipette gelegt. Die Schüler beobachtet, was mit der Glaspipette geschieht. Danach wird ein wenig Wasser aus der Pipette gedrückt, so dass sich oben kleinere Luftblasen bilden. Der Versuch wird nun wiederholt und die Gruppe beobachtet

erneut. Daraufhin wird so viel Wasser aus der Pipette gedrückt, dass sie im Wasser schweben kann. Die Ursache für das Beobachtete liegt darin, dass sich die Dichte der Pipette im Verhältnis zur umgebenden Dichte der Flüssigkeit verändert. Wenn die Dichte größer ist, dann sinkt die Pipette, ist sie identisch, dann schwebt die Pipette. Ist die Dichte dagegen kleiner, dann schwimmt die Pipette. Die Dichte beschreibt das Verhältnis von Masse zu Volumen. Damit ist nicht entscheidend, wie schwer ein Gegenstand ist, sondern wie sich das eigene Volumen zum eigenen Gewicht verhält (Dichte = Masse durch Volumen). Der Fisch kann mit Hilfe seiner Schwimmblase sein Volumen verändern, daraus folgt die Veränderung seiner Dichte. Am Ende des Versuches sollen die Schüler die Dichten verschiedener Materialien vergleichen. Dies ermitteln sie entweder intuitiv oder mittels eines Zusatzversuches.

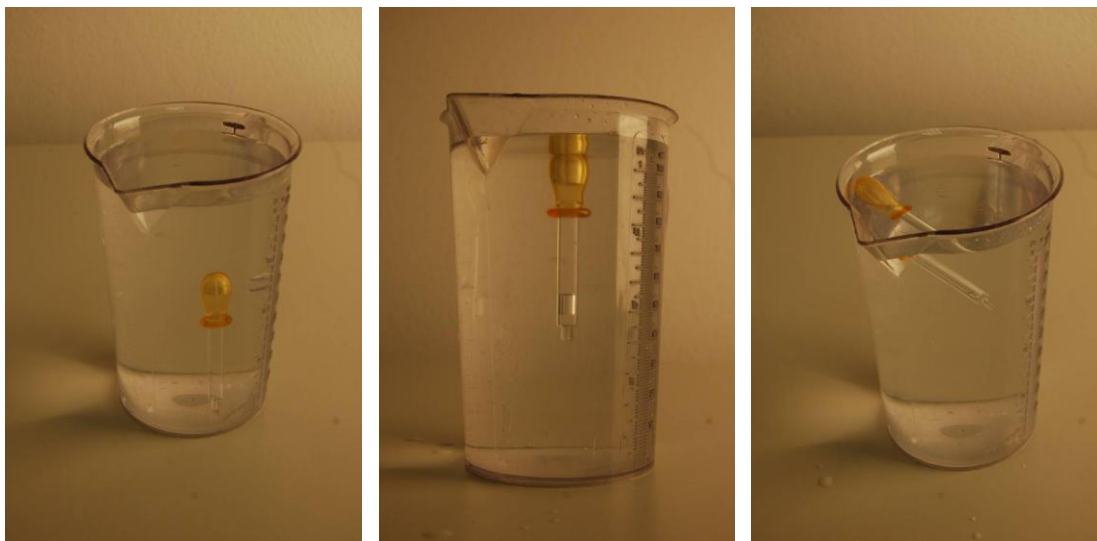


Abb. 3.7-9: Versuch „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“

4. Text: „Die Schwimmblase“

Bei diesem Text folgen genauere Erklärungen zur Schwimmblase. Ein Fisch lässt Gas entweichen, um sinken zu können und nimmt Gas auf, um wieder aufsteigen zu können. Die Funktionsweise der Schwimmblase wird kurz erläutert, ebenso wie ihre Entwicklung.

5. Versuch: „Kartesischer Taucher“

Für den nächsten Versuch werden ein kartesischer Taucher und eine mit Wasser gefüllte Plastikflasche benötigt. Der kartesische Taucher kann wahlweise auch durch ein Backöfläschen ersetzt werden. Das Backöfläschen füllt man nun etwa zu einem Fünftel mit Wasser und steckt es mit der Öffnung voran in die Flasche. Die Flasche wird verschlossen und seitlich zusammengedrückt. Hierbei beobachtet man, dass sich beim Drücken das Backöfläschen nach unten sinkt. Es steigt wieder nach oben, wenn der Druck nachgelassen wird. Der Wasserstand im Backöfläschen steigt, wenn das Fläschen sinkt und hebt sich, wenn das Fläschen aufsteigt. Durch Druck auf die Flasche wird das Luftvolumen im Backöfläschen verringert. Dadurch verändert sich auch der Auftrieb des Backöfläschens. Betrachtet man das Backöfläschen und die darin enthaltene Luft als ein Ganzes, dann verändert sich das Luftvolumen je nach Druck, der von außen wirkt. Dadurch verdrängt der Körper weniger Wasser und erfährt einen geringeren Auftrieb. Die Gewichtskraft des Körpers ist unabhängig vom Druck. Dieser Versuch steht exemplarisch für den Schweredruck, der auch auf die Fische wirkt.



Abb. 3.10: Versuch „Kartesischer Taucher“

6. Zusatzversuch: „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“

Der nachfolgende Versuch und der Informationstext werden nur behandelt, wenn ausreichend Zeit dafür vorhanden ist.

Man benötigt einen hohen Standzylinder mit Skala, der zur Hälfte mit Wasser gefüllt ist, außerdem einige verschiedene Holzkörper mit etwa dem gleichen Gewicht. Man lässt diese Holzkörper nacheinander in das Gefäß gleiten und notiert sich die Eintauchtiefe mit der dazugehörigen Form. Die Eintauchtiefe ist umso größer, je mehr der Körper einer spindelförmigen Stromlinienform ähnelt.

Dieses Phänomen ist beim Körperbau eines Fisches und auch bei anderen im Wasser lebenden Wesen zu beobachten. Sie können sich ohne größeren Widerstand im Wasser fortbewegen. Diese Körperform ist ein Selektionsvorteil, da er eine energiesparende Fortbewegung unter Wasser ermöglicht. In der Evolution ist diese Form konvergent bei auch nicht verwandten, im Wasser lebenden Tieren aufgetreten. Diese Form ist energiesparend, da sie kaum Wasserwiderstand bietet.



Abb. 3.11: Versuch „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“

Der Hebel:

Im zweiten Teil der Station werden Hebelfunktionen der Vogelschnäbel den Werkzeugen gegenübergestellt. Außerdem sollen die Schüler mit Hilfe des Schnabels Vogelnahrung und vergleichbare Werkzeuge zuordnen. Sie bekommen hierzu Bilderkarten von Schnäbeln, Werkzeugen und Nahrung, die sie passend zuordnen müssen. Zur Kontrolle können die Schüler die Namen der verschiedenen Schnabelformen auf der Rückseite lesen, wenn die Bilderkarten richtig zugeordnet wurden.

Die Schüler erhalten darüber hinaus einen Informationstext mit Skizze über den Hebel. Mit Hilfe dieses Textes erkennen die Schüler einen Zusammenhang zwischen Hebel und Schnabelform.

7.5.4. Station Wärmelehre

Die Wärmelehre-Station handelt von der Anpassung der Tiere an kalte Regionen der Erde. Der Eisbär, der Pinguin und der Polarfuchs werden als Beispiel für die ökologischen Gesetze herangezogen. Die Versuche dieser Station erklären und veranschaulichen den physikalischen Sinn dieser Gesetze in der Biologie.

1. Versuch „Wärmeisolation bei Säugetieren“

Alle gleich-warmen Tiere, die in den kälteren Zonen leben, haben eine gemeinsame Eigenschaft. Sie müssen sich alle gegen die niedrigen Temperaturen schützen und bewerkstelligen dies bestenfalls sehr energiesparend. Dieser Versuch dient dazu, die Funktionsweise eines dichten Fells zu erklären. Dazu werden zwei Bechergläser, zwei Reagenzgläser, zwei gleich große Thermometer und mehrere Fellstücke benötigt. Ein Becherglas wird mit den Fellstücken bestückt und das andere Becherglas bleibt leer. In beide Reagenzgläser wird warmes Wasser (ca. 50°C) gefüllt und jeweils ein Thermometer platziert. Die beiden Reagenzgläser werden in jeweils eines der beiden Bechergläser gestellt. Im Abstand von 5 Minuten werden die verschiedenen Temperaturen in den beiden Reagenzgläsern abgelesen. Das Thermometer darf dabei nicht aus dem Reagenzglas herausgenommen werden. Dabei ist zu erkennen, dass die Wassertemperatur des Reagenzglases, das von den Fellstücken umgeben ist, langsamer sinkt als die Wassertemperatur des anderen Reagenzglases. , Ursache hierfür ist, dass die Luft ein schlechter Wärmeleiter ist. Rund um das Becherglas bildet

sich eine warme Luftschicht, die durch das Fell festgehalten wird und so nicht in die kältere Umgebung diffundieren kann. Deshalb findet der Wärmeaustausch zwischen dem warmen Reagenzglas und der umgebenden Luft verlangsamt statt. Dieser Effekt tritt in dem anderen Becherglas nicht auf. Das hat zur Folge, dass der Wärmeaustausch besser funktioniert- Aus diesem Grund kühlt das Wasser schneller ab. Die Messzeit wird auf ungefähr 20 Minuten begrenzt. Wenn am Ende der Station noch Zeit ist wird hier noch ein Zeit-Temperatur-Verlauf gezeichnet von den Schülern [FBKB1].



Abb. 4.8: Versuch „Wärmeisolation bei Säugetieren“

2. Versuch „Bergmannsche Regel“

Während die ersten fünf Minuten Wartezeit abgewartet werden, sollen die Schüler den nächsten Versuch aufbauen.

Es werden zwei Rundkolben benötigt, einen kleinen und einen deutlich größeren, sowie warmes Wasser (ca. 50°C) und ein Infrarotthermometer. Die Rundkolben sollen mit warmem Wasser gefüllt werden. Auch hier werden alle fünf Minuten die Wassertemperaturen gemessen. Die Schüler stellen dabei fest, dass die Temperatur in dem kleineren Rundkolben schneller abnimmt, als im größeren Rundkolben. Mit Hilfe dieses Versuches lernen die Schüler die Bergmannsche Regel kennen. Die Messzeit wird auf ca. 15 bis 20 Minuten begrenzt. Die Bergmannsche Regel wird in einem im

Anschluss zur Verfügung gestellten Informationstext näher erläutert. Am Ende kann auch hier, wenn noch Zeit ist, ein Zeit-Temperaturverlauf eingezeichnet werden.

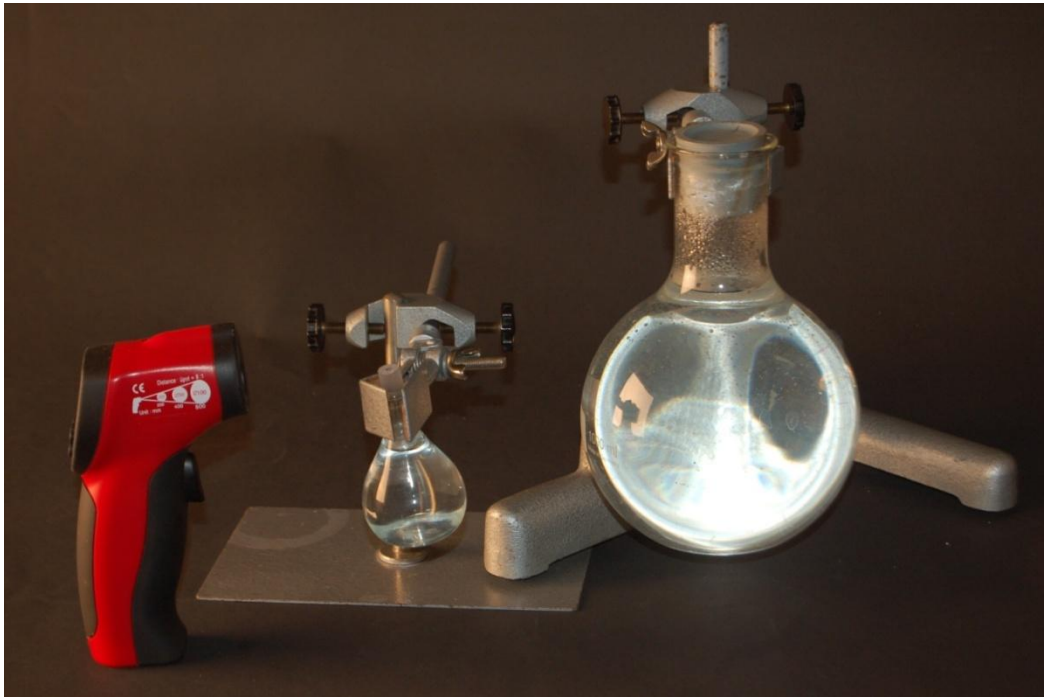


Abb. 4.9: Versuch „Bergmannsche Regel“

3. Versuch: „Schwarz oder Weiß“

Zunächst erhalten die Schüler einen kurzen Informationstext über die schwarze Haut der Eisbären. Die neu gewonnenen Informationen erproben die Schüler im folgenden Versuch. Hierzu werden zwei Petrischalen präpariert und eine mit schwarzem sowie eine mit weißem Karton ausgelegt. In diese Petrischalen wird jeweils ein Schokoladenriegel gelegt und beide unter die Rotlichtlampe gestellt. Nach 10 Minuten werden die Schokoladenstücke erneut betrachtet. Die Konsistenz der Schokolade wird geprüft. Es ist zu erkennen, dass die Schokolade auf dem schwarzem Karton deutlich schneller schmilzt als die auf dem weißen Karton. Daraus ergibt sich der Zusammenhang zwischen der dunklen Haut des Eisbären und dem schwarzem Karton.

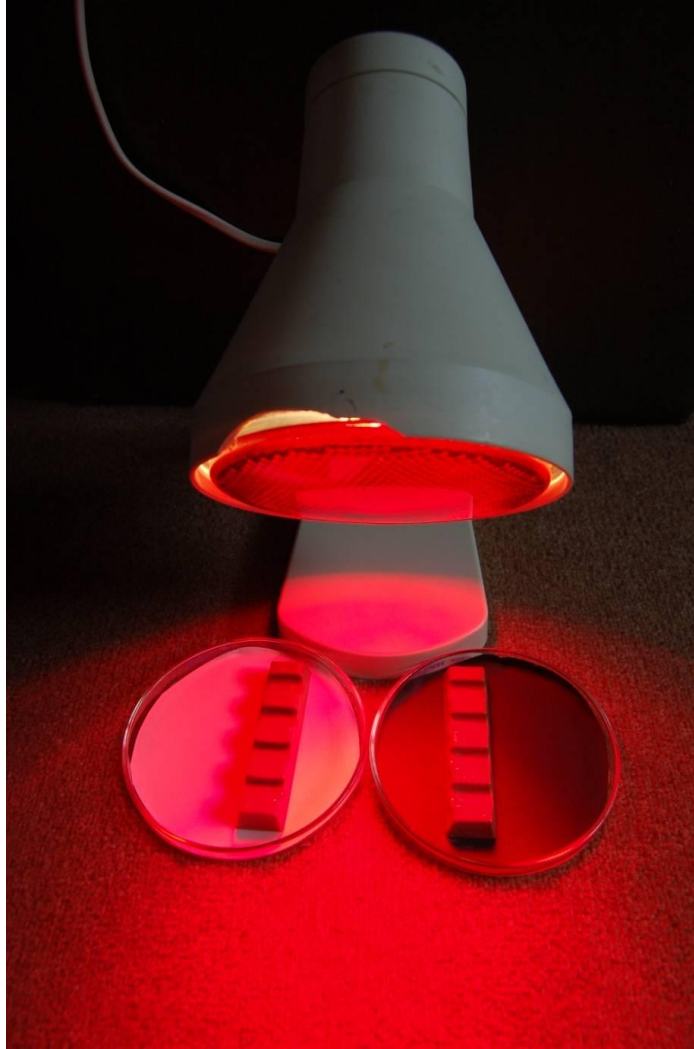


Abb.4.10: Versuch „Schwarz oder Weiß“

4. Text: „Polarbewohner und Bergmannsche Regel“

Die Bergmannsche Regel tritt unter anderem bei Pinguinen und Eisbären auf. Dabei zeigt sich, dass das Körpervolumen im Vergleich zur Körperoberfläche stärker zunimmt. Dies wird den Schülern anhand eines rechnerischen Beispiels verdeutlicht. Im Anschluss daran folgt die Allenschen-Regel. Außerdem wird noch einmal auf die „Farben“ Schwarz und Weiß zurückgegriffen und der dazugehörige physikalische Hintergrund erklärt.

5. Versuch: „Wärmetauscher“

In den Füßen von den Pinguinen befinden sich Wärmetauscher, die nach dem Gegenstromprinzip funktionieren. Dies ist eine weitere Art der Temperaturregulation.

Für den Versuch benötigt man ein Kupferrohr. Das Rohr wird, wie in der Abbildung zu sehen, gebogen, so dass an einem Ende eine Schlaufe entsteht.

Warmes Wasser wird in einen kleinen Eimer gefüllt und mit einem Verschluss langsam in den Schlauch gelassen, der im längeren Kupferrohr endet. Das Kupferrohr liegt mit seiner Schleife in eiskaltem Wasser und führt dann in einen weiteren Behälter. An vier Stellen wird die Wassertemperatur gemessen: zunächst am Beginn des Kupferrohrs, dann kurz bevor das Wasser in der Röhre in das kalte Becken gelangt, nachdem das Wasser das kalte Becken verlassen hat und zum Schluss, kurz bevor das Wasser abfließt. Dabei ist zu erkennen, dass die Temperatur sowohl ab- als auch zunimmt. Im Anschluss an den Versuch erhalten die Schüler eine Skizze mit Pinguinfüßen, in der erklärt wird, wie das Gegenstromprinzip funktioniert und um welchen ökologischen Hintergrund es sich handelt [IQU4.2].

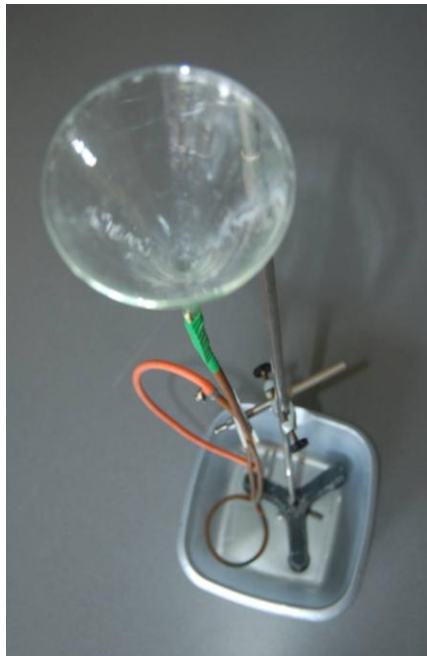


Abb. 4.11: Versuch „Wärmetauscher“

6. Die Schüler diskutieren, sofern genügend Zeit vorhanden ist, weshalb eine Zunge an Eis festfriert, aber die Pinguinfüße nicht.
7. Falls noch ausreichend Zeit vorhanden ist, tragen die Schüler die Messergebnisse von Versuch 1 und 2 graphisch auf. Somit ist sehr deutlich zu erkennen, welche Ergebnisse diese Versuche vermitteln sollen.

7.5.5 Station Elektrizität

Bei der Station Elektrizität geht es darum, dass sich die Schüler mit der Funktionsweise des Zitteraals beschäftigen. Dies geschieht auch hier mit Hilfe einiger Versuche. So lernen die Schüler das Funktionsprinzip einer Batterie und auch das eines Zitteraals kennen. Hierbei spielen nicht nur das Fach Physik, sondern auch die Fächer Biologie und Chemie eine Rolle.

1. Versuch: „Apfelbatterie“

Für diesen Versuch werden mindestens vier Filmdosen, ein saurer Apfel (Küchenreibe) oder Apfelmus, drei Kohlestäbe, drei Zinkstäbe- oder -streifen, eine rote Leuchtdiode und vier Kupferdrähte oder vier Experimentierkabel und Krokodilklemmen benötigt.

Durchführung:

Die von der selbstgebauten Batterie erzeugte elektrische Leistung ist so gering, dass man lediglich eine Leuchtdiode zum Leuchten bringen kann. Um das Leuchten der Diode dennoch gut wahrnehmen zu können, bohrt man ein Loch in eine Filmdose und steckt die Leuchtdiode hindurch. Der Apfel wird gerieben und der Apfelbrei in die drei anderen Filmdosen verteilt. In jede der gefüllten Filmdosen werden jeweils ein Zink- und ein Kohlestab gesteckt. Danach werden die Stäbe mit dem Draht mit Hilfe der Krokodilklemmen verbunden. Der Stromkreis wird über die Leuchtdiode geschlossen. Dabei werden der Kohlestab der ersten Filmdose und der Zinkstab der dritten Dose verbunden. Die Leuchtdiode leuchtet nur, wenn die Polung der Batterie stimmt. Dazu muss beachtet werden, dass der Minuspol der Diode (langes Beinchen) mit dem Kohlestab verbunden wird. Wichtig ist außerdem, dass sich die Zink- und Kohlestäbe nicht berühren.

Der Versuch zeigt, wie eine Batterie aufgebaut ist. Es gibt verschiedene Arten von Batterien, aber dennoch funktionieren alle nach dem gleichen Prinzip. Es findet in einer Batterie immer eine Ladungstrennung durch einen chemischen Prozess statt. Es gibt zwei elektrische Pole, einen Plus- und einen Minuspol, die sich in einem Elektrolyt (Säure oder Lauge) befinden. Verbindet man die Pole der Batterie über ein Kabel miteinander, so fangen die Elektronen im Kabel vom Minus- zum Plus-Pol an zu wandern. Es wandern hierbei nicht nur die Elektronen aus der Batterie, sondern auch die Elektronen aus den Kabeln. Die Batterie gibt sozusagen den „Anschub“ für

die Bewegung der Elektronen. Bei dem Prozess verändern sich die Materialien innerhalb der Batterie. Deshalb besitzt diese nur eine begrenzte Lebensdauer. Um eine ausreichend große Spannung zu erzeugen, werden bei diesem Versuch drei Batterien in Reihe geschaltet. Die Schüler sollen hierbei den Versuch selbstständig aufbauen. Lediglich der Apfel wird aus Zeitgründen im Vorfeld präpariert.



Abb. 5.12: Versuch „Apfelbatterie“

2. Text: „Die Zink-Kohle-Batterie“

Als nächstes folgt eine schematische Darstellung einer Batterie. Mit der Hilfe dieser und einem Informationstext über die Elektronenwanderung in einer Batterie, in dem sich einige Lücken zum selbst ausfüllen befinden, soll das Funktionsprinzip einer Batterie erklärt werden. Die Wörter für die Lücken sind zur Selbstkontrolle am Ende der Seite angegeben.

3. Versuch: „Apfelbatterie Ergänzung“

Hierzu wird der Versuch „Apfelbatterie“ nochmals betrachtet. Wenn nicht alle drei Film Dosen in Reihe geschaltet werden, sondern lediglich zwei oder nur eine, ist kein Leuchten oder ein nur sehr schwaches Leuchten der Diode zu erkennen. Dies verdeutlicht, dass sich der Strom durch eine Reihenschaltung verstärkt.

4. Versuch: „Serienschaltung“

Bei diesem Versuchsteil sollen die Schüler selbstständig eine Schaltung aufbauen. Hierbei soll die Spannung dreimal gemessen werden. Die Schaltung stellt eine einfache Reihenschaltung von drei Batterien dar. Zu beobachten ist, dass die Stromstärke mit jeder hinzugefügten Batterie zunimmt. Um dies den Schülern zu verdeutlichen, kann zusätzlich zudem Spannungsmessgerät eine Glühbirne in den Stromkreis geschaltet werden, damit das Leuchten der Birne den Stromfluss anzeigt. Man muss darauf achten, dass die ungleichnamigen Pole miteinander verbunden sind, da ansonsten eine Differenzspannung entsteht.

Durch den Versuch wird den Schülern aufgezeigt, dass sich die Spannung durch eine Reihenschaltung vergrößert. Die sich bei der Reihenschaltung von getrennten Spannungsquellen bildende Gesamtspannung, ist die Summe der Teilspannungen, deren Vorzeichen nach der Maschenregel zu beachten sind.

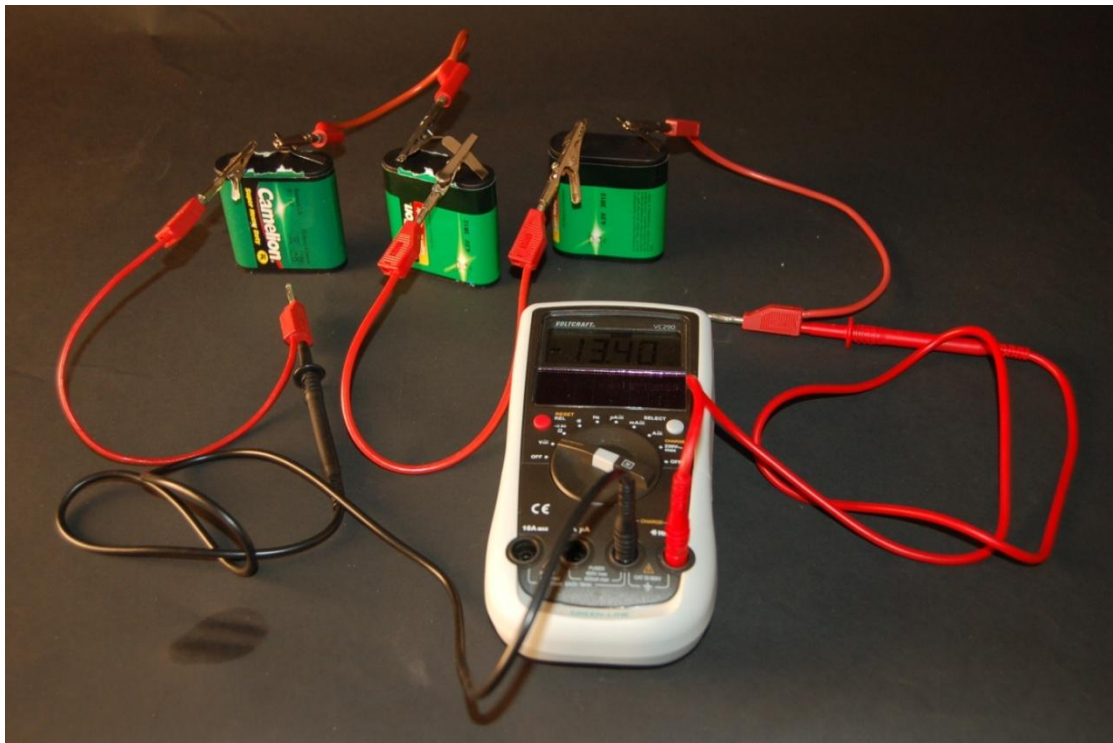


Abb. 5.13: Versuch „Serienschaltung“

5. Text: „Aufbau des Zitteraals“

Bei diesem Informationstext wird das elektrische Organ des Zitteraals näher betrachtet. Zur besseren Anschaulichkeit wird auch eine Skizze beigefügt. Hierbei

wird darauf geachtet, dass ein Ausschnitt eines Elements des elektrischen Organs vergrößert dargestellt wird. Außerdem wird erklärt, dass auch hier viele tausende dieser Elemente in Reihe geschaltet werden, um die Spannung zu erhöhen.

6. Versuch: „Voltasche Säule“

Um den organischen Aufbau eines Zitteraals besser zu verstehen, wird eine „Voltasche Säule“ nachgebaut. Hierbei entsprechen die einzelnen Voltaelemente, die aus einem Zink- und einem Kupferblättchen, sowie einer Schicht mit Elektrolyt bestehen, einem Element des elektrischen Organs eines Zitteraals.

Die Schüler sollen diese Voltasche Säule selbstständig nachbauen. Dazu werden in regelmäßigen Abstand immer wieder Kupfer- und Zinkplättchen aufeinander gestapelt. Zwischen den beiden Blättchen wird eine mit Elektrolyt getränkte Pappe gelegt. Nun werden die Enden mit Kabeln verbunden und der Stromkreis ist geschlossen. Das erste Kupferblättchen wird auf eine Holzplatte gelegt, wo ebenfalls das erste Kabelende angebracht ist. Als Elektrolytlösung wird hier eine Zitronensäure verwendet. Wenn alle Elemente gestapelt wurden, wird am oberen Ende das andere Kabelende befestigt. Nun messen die Schüler mit einem Spannungsmessgerät die erzeugte Spannung. Man könnte sogar eine Led-Leuchte zum Leuchten bringen. Der Versuchsaufbau kann durch drei Holzstäbe, welche die Münzen stabilisieren, ergänzt werden.

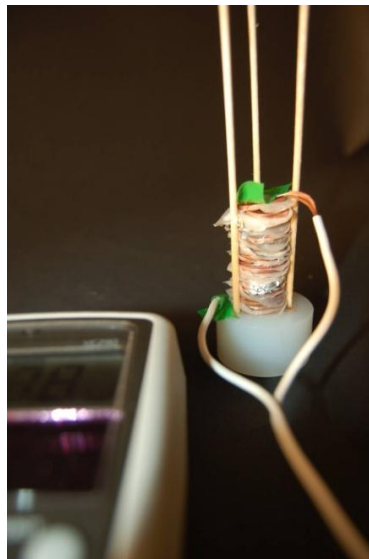


Abb.5.14: Versuch „Voltasche Säule“

7. Versuch: „Leitfähigkeit von Wasser“

Im nächsten Versuch rückt die Leitfähigkeit von Wasser in den Vordergrund. Dazu ist eine einfache Schaltung bereits aufgebaut. Von einer Stromquelle, hier eine Flachbatterie, geht es zu einem Behälter mit Wasser, in den eine Kohleelektrode hineinführt. In den Behälter wird eine zweite Graphitelektrode gehängt, die dann mit einem Kabel zu einer Glühbirne führt. Danach geht es mit Hilfe eines Kabels zurück zur Batterie. Damit die Glühbirne brennt, muss der Stromkreis geschlossen sein. Zur Kontrolle kann, bevor in den Behälter Wasser gefüllt wird, an die beiden Elektroden ein leitender Gegenstand gebracht werden. Daraufhin leuchtet die Glühbirne. Als nächstes wird in den Behälter destilliertes Wasser gefüllt. Daraufhin wird überprüft, ob der Stromkreis geschlossen ist und die Glühbirne leuchtet. Wenn Wasser ein Leiter wäre, würde die Glühbirne leuchten. Da nun die Glühbirne nicht leuchtet, kommt die Frage auf, warum denn Wasser im Zusammenhang mit Strom so gefährlich sei. Nun sollen die Schüler daran erinnert werden, dass sich im Wasser auch gelöste Mineralien befinden. Diese Situation soll mit Hilfe von Kochsalz nachgestellt werden. In den Wasserbehälter wird Kochsalz hineingegeben und umgerührt. Dabei ist zu beachten, dass die Batterie nicht angeschlossen ist. Dann wird der Versuch erneut durchgeführt und es ist zu beobachten, dass Strom fließen kann und die Glühbirne deshalb brennt.

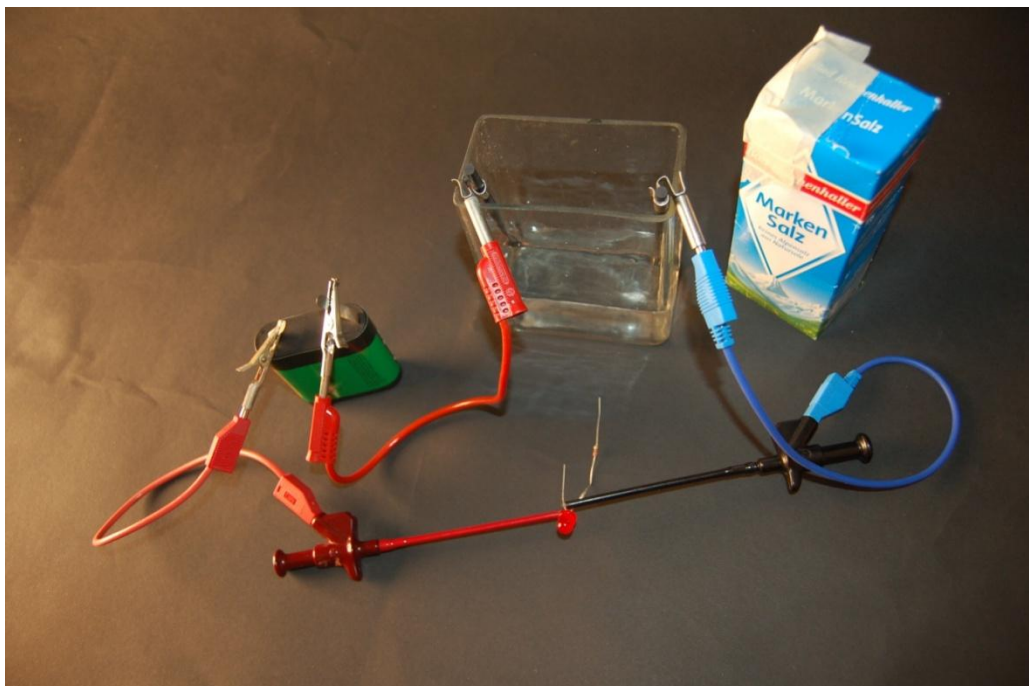


Abb. 5.15: Versuch „Leitfähigkeit von Wasser“

8. Text: „Stromleitung“

Nun folgt ein Informationstext über die Stromleitung bei einem Zitteraal mittels Wasser. Weiterhin wird in dem Informationstext erwähnt, weshalb der Zitteraal die elektrischen Organe benötigt und wozu andere Fischarten die elektrischen Organe verwenden. Beispielsweise nutzen einige Fische ihre elektrischen Organe, um sich in ihrer Umgebung besser zu orientieren. Der Zitteraal verwendet hingegen seine elektrischen Organe zur Verteidigung und zum Beutefang.

9. Zusatzversuch: „Kartoffelbatterie“

Falls noch ausreichend Zeit vorhanden ist, kann eine Kartoffelbatterie nachgebaut werden. Dazu wird eine Kartoffel benötigt, mehrere verschiedene Metallplättchen und Münzen, sowie ein Kopfhörer. Man steckt die verschiedenen Metalle in die Kartoffel und schließt den Kopfhörer immer an zwei Münzen beziehungsweise Metallen an. Sobald Strom fließt, kann man ein Rauschen oder Knacken in den Kopfhörern wahrnehmen. Die Schüler müssen sich bei diesem Versuch allerdings den Aufbau selbstständig überlegen. Die Schüler können hierbei frei experimentieren und selbstständig überprüfen, ob sie den Stromkreis verstanden haben.

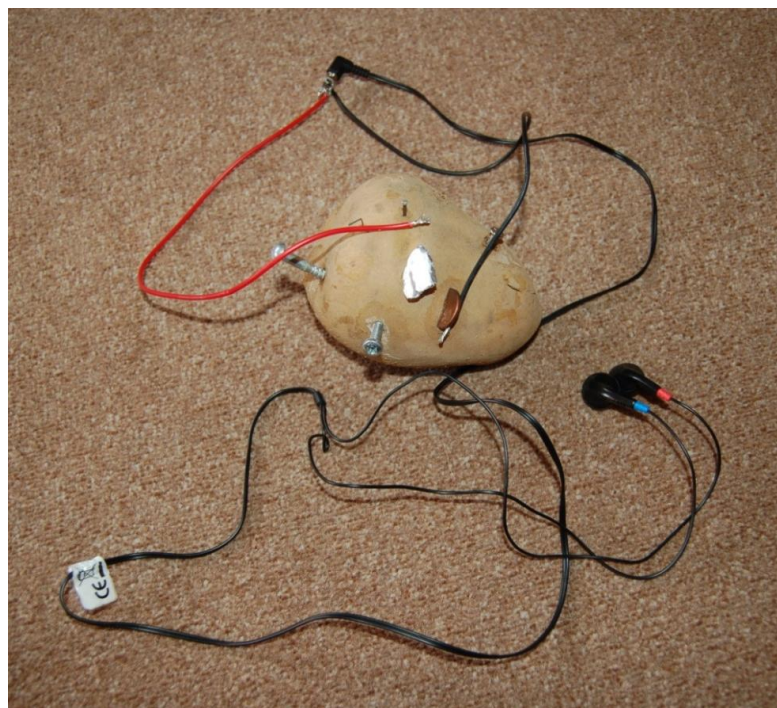


Abb. 5.20: Versuch „Kartoffelbatterie“

7.6. Durchführung des Lehr-Lern-Labors „Physik im Tierreich“

Allgemeines über die Klasse

Es wurde aus terminlichen Gründen eine Klasse aus Hessen zur Durchführung dieses Lehr-Lern-Labors eingeladen, da an bayerischen Schulen zu den möglichen Terminen noch Sommerferien waren.

Es nahm eine 10. Klasse der Henry-Harnischfeger-Schule aus Bad Soden–Salmünster, circa 120 km von Würzburg entfernt, teil. Die Henry-Harnischfeger-Schule ist eine integrierte Gesamtschule. Die Klasse bestand aus 30 Schülern, davon sind 18 Schüler Jungen und 12 Mädchen. Die Schüler sind in verschiedene Physikkursen aufgeteilt. Es gibt A, B und C Kurse, dabei entsprechen die verschiedenen Kurse den jeweiligen Schulformen. In dieser Klasse nehmen 15 Schüler und 6 Schülerinnen am A-Kurs teil, der Rest der Klasse besucht den B-Kurs. Die Schüler haben in den verschiedenen Kursen auch unterschiedliche Lehrer in dem Fach Physik. Die Kurse unterscheiden sich im Schwierigkeitsgrad, im Anspruch und in dem Lernstoff, der behandelt wird, wobei „A“ der schwierigste und „C“ der einfachste Kurs ist.

Geplanter Ablauf und Organisation

Der Ablauf des Lehr-Lern-Labors war so geplant, dass die Schüler um halb zehn Uhr morgens an der Uni ankommen, kurz begrüßt und dann in Gruppen aufgeteilt werden. Daraufhin sollten die Schüler die ersten drei Stationen, die je eine dreiviertel Stunde dauern, bearbeiten. Es sind immer 5 Minuten für den Wechsel der Stationen und als Sammlungsphase zur erneuten Konzentration vorgesehen gewesen. Danach sollte eine Mittagspause von circa einer Stunde stattfinden, in der die Schüler die Mensa der Universität Würzburg kennenlernen sollten. Nach der Pause hätten sich die Schüler wieder zusammengefunden und die letzten beiden Stationen erarbeitet. Am Ende wären die Beurteilungsbögen ausgefüllt worden und die Schüler wären verabschiedet worden.

Allerdings blieb, wegen organisatorischer Schwierigkeiten mit dem Busunternehmen, nur ein zeitlich sehr eng gefasster Rahmen für das Lehr-Lern-Labor. So kam die Klasse erst um 10 Uhr an der Julius-Maximilians-Universität an und musste spätestens um 14 Uhr die Heimfahrt

antreten. Es blieben also nur noch zwei Möglichkeiten: Entweder nicht alle Schüler jede Station bearbeiten zu lassen oder auf die Mittagspause zu verzichten. Nach Absprache mit den begleitenden Lehrkräften wurde die zweite Möglichkeit gewählt.

Durchführung allgemein:

Die Schüler kamen am 07.09.2011 um 10 Uhr am Mind-Center der Universität Würzburg an und wurden kurz begrüßt. Danach stellten sich die Betreuer der einzelnen Stationen kurz namentlich vor. Als nächstes wurden die Schüler in Gruppen aufgeteilt und den einzelnen Station zugewiesen. Die Begrüßung und Aufteilung dauerten circa 10 Minuten. Danach teilten die einzelnen Stationenbetreuer den Schülern die Arbeitshefte aus und die Schüler begannen mit den ersten Aufgaben. Nach je 45 Minuten wechselten die Schüler zur nächsten Station. Allerdings blieb wegen dem zeitlich sehr engen Rahmen nur eine effektive Arbeitszeit von etwa 40 Minuten übrig. Bei der Durchführung fiel auf, dass die Konzentration der Schüler bei der letzten Station nachließ. Am Ende füllten die Schüler die Beurteilungsbögen aus. Die Schüler wurden von der Autorin dieser Arbeit verabschiedet und für die gute Zusammenarbeit gelobt.

Durchführung Optik Station:

Bei den meisten Durchläufen dieser Station war der Zeitrahmen zu knapp bemessen. Die Schüler hatten nicht immer die Gelegenheit die Zusatzfragen zu beantworten und sind beim letzten Versuch „Akkommodation“ bei Fischaugen oft nicht fertig geworden. Ein Problem hierfür war die große Schülerzahl von sechs Schülern je Gruppe, da sie alle nacheinander die einzelnen Versuche machen wollten, wodurch der Zeitrahmen nicht eingehalten werden konnte. Aus diesem Grund müsste für eine solch große Schüleranzahl jeder Versuchsaufbau mindestens zweimal vorhanden sein. Außerdem fehlten hier die 5 Minuten, die durch die Organisation wegfielen, merklich. Allerdings waren die Schüler bei den Versuchen mit viel Eifer und Freude dabei.

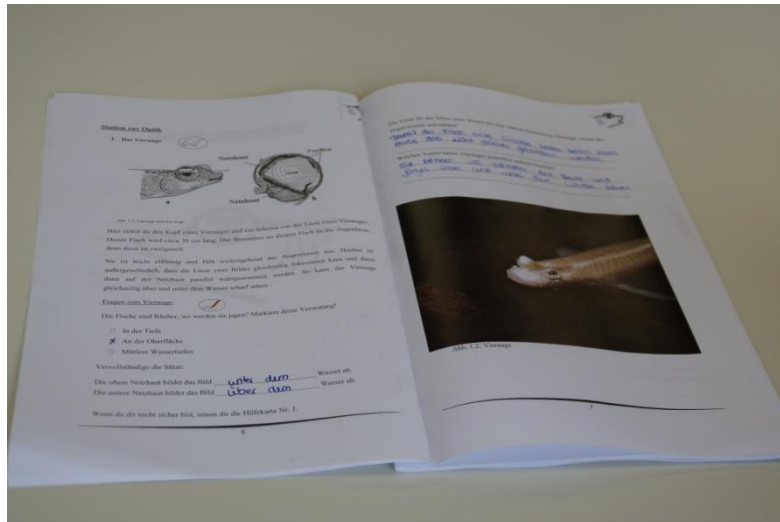


Abb. 1.15: Arbeitsheft „Das Vierauge“

Der Text über das Vierauge wurde wie geplant schnell bearbeitet, war für die Schüler leicht verständlich und weckte das Interesse an dieser Station.

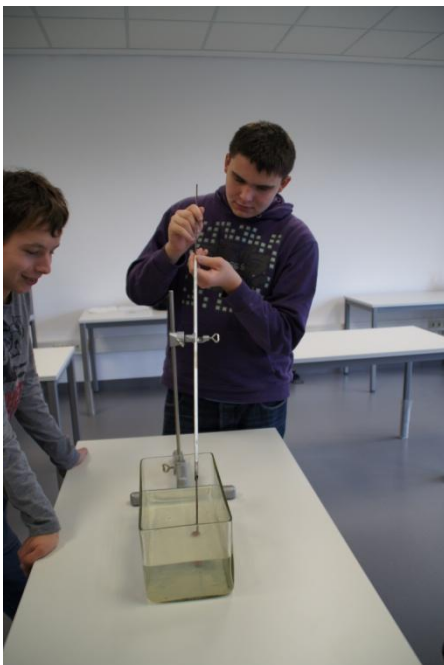
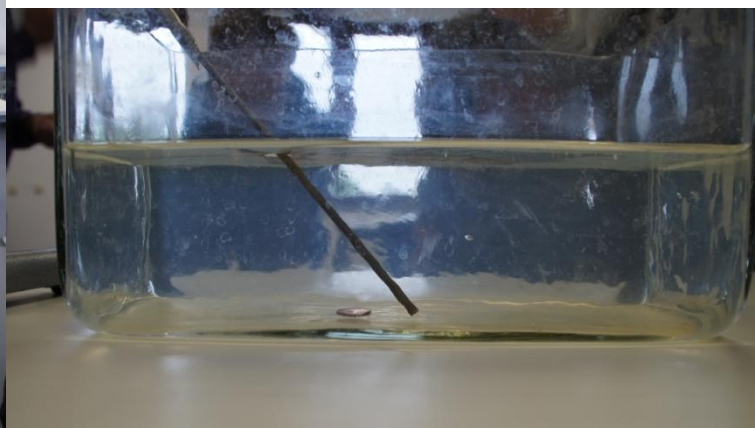


Abb. 2: Links. Schüler beim Versuch „Fischfang“

Abb. 3: Unten. Ergebnis beim Versuch „Fischfang“



Der Versuch mit dem Fischfang funktionierte sehr gut und weckte die Motivation der Schüler. Jeder Schüler wollte den Versuch selbst durchführen. Die dazugehörigen Aufgaben konnten ohne Probleme bearbeitet werden. Ein Schüler fand sogar heraus, dass man die Münze trifft, wenn man senkrecht auf sie zielt.



Abb. 4: Versuch „Brechung“ mit AB

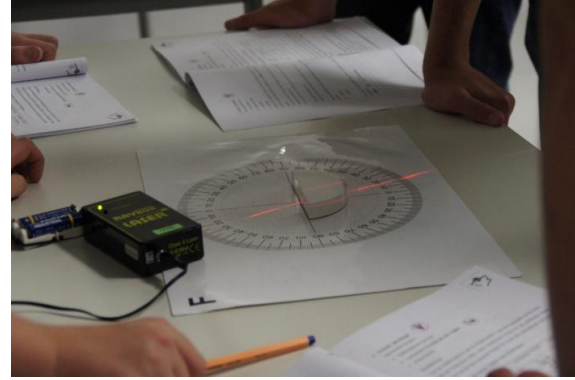


Abb. 5: Versuch „Brechung“

Der Versuch „Brechung“ wurde gut angenommen und ist wie geplant abgelaufen. Allerdings sollte er aus Zeitgründen ein wenig gekürzt werden, indem hier im Höchstfall nur vier Winkel gemessen werden.

Der Text zum Auge wurde von den meisten Schülern im Stillen gelesen, stellte allerdings nicht wie erwartet für die Schüler eine Wiederholung dar. Aus diesem Grund wurden Text und Skizzen nochmals in der Gruppe mit dem Betreuer besprochen. Der Verlauf des „Lichts durch Linsen“ war für die Schüler ebenso neu und musste auch vom Betreuer erklärt werden. Dadurch dauerte dieser Arbeitsschritt länger als erwartet.



Abb. 6: Versuch „Sehen unter Wasser“

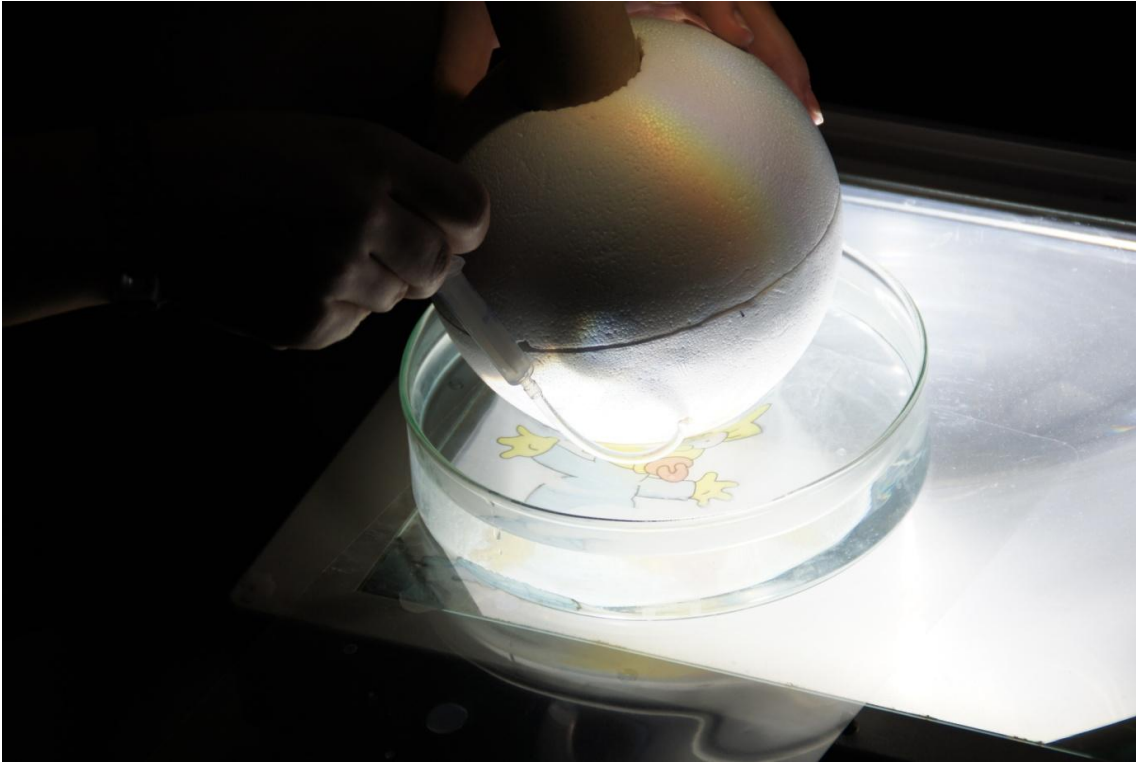


Abb. 7: Versuch „Sehen unter Wasser“

Danach folgte der Versuch „Sehen unter Wasser“. Hierbei konnte auch jeder Schüler selbst das Bild mit Hilfe der akkommodationsfähigen Linse scharf stellen. Für den ersten Teil des Versuches nutzten die Schüler meist keinen Standzylinder, sondern hielten den Abstand nach Augenmaß ein. Dies war so nicht geplant, aber funktionierte dennoch reibungslos. Die weiteren Versuchsteile liefen wie geplant ab. Auch die weiterführende Frage wurde von den Schülern, teilweise mit kleinen Hilfestellungen, gut beantwortet.

Der Text über die „Akkommodation bei Fischen“ und auch die Zeichnung wurde von den Schülern ohne Probleme gelesen.

Der Versuch „Akkommodation bei Fischen“ wurde nicht von allen Gruppen durchgeführt. Bei den Gruppen, die den Versuch nicht behandelt haben, wurden der Versuch und die zu erwartenden Ergebnisse mit dem Betreuer theoretisch besprochen. Bei den anderen Gruppen verlief der Versuch wie geplant.

Die Zusatzfragen wurden bei dieser Durchführung nur ein einziges Mal behandelt, da die anderen Aufgaben und Versuche die Zeit voll ausgeschöpft hatten.

Durchführung Akustik Station:

Als erstes erhielten die Schüler einen Text über die Nachtaktivität von Insekten und Fledermäusen. Bei manchen Gruppen wurde der Text laut vorgelesen, bei anderen hingegen im Stillen.

Der Versuch zum Ultraschall verlief planmäßig.

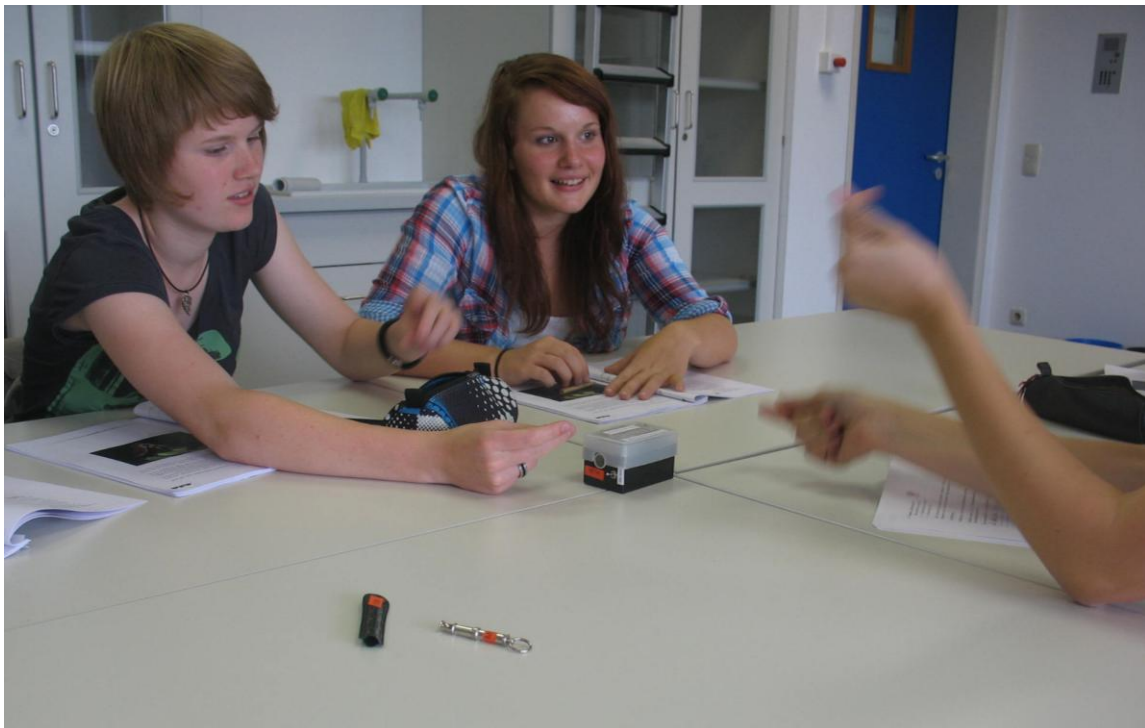


Abb.8: Versuch „Ultraschall“

Danach wurde der Text über die Ultraschallwahrnehmung von Insekten gelesen.

Den nächsten Versuch „Wie der Schall zum Ohr gelangt“ führten die Schüler gemeinsam durch. Die Fragen zu dem Versuch konnten die Schüler beantworten. Um die einzelnen Teile des Ohres in die richtige Reihenfolge zu bringen, benötigten manche Gruppen die Hilfekarte Nummer 1. Teilweise taten sich die Schüler beim Finden der richtigen Position der beiden Tamburine etwas schwer, fanden es jedoch durch Ausprobieren oder mit Hilfestellung heraus.



Abb. 9: Versuch „Wie der Schall zum Ohr gelangt“

Die Schüler konnten erste Vermutungen beim nächsten Teil, über das „schlechte Echo“, anstellen.



Abb. 10: Arbeiten am Text „Schlechtes Echo“

Bei dem Versuch „Schallreflexion“ arbeiteten die Schüler zusammen und stellten den Zusammenhang zum vorherigen Text her.

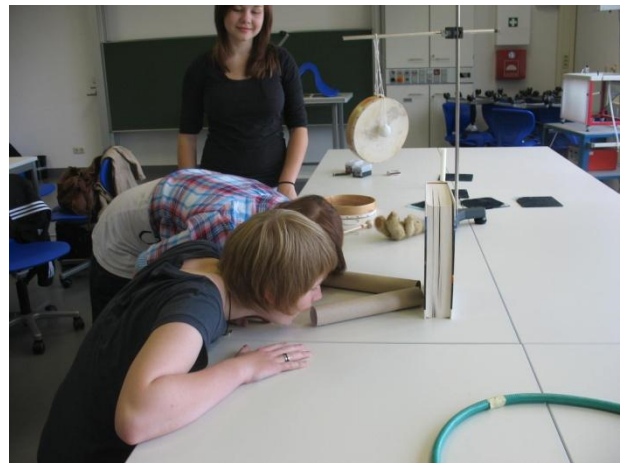


Abb. 11: Versuch „Schallreflexion“ Schnipsen Abb. 12: Versuch „Schallreflexion“ Flüstern

Der Versuch zur „Schallausbreitung“ beeindruckte die Schüler. Jeder Schüler führte diesen Versuch selbst durch. Für die meisten Schüler war es bereits bekannt, dass sich der Schall in Wellen ausbreitet.



Abb. 13: Versuch „Schallausbreitung“

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Der Text zum Dopplereffekt knüpfte an eigene Erfahrungen der Schüler an und war daher für die Schüler gut zu verstehen.

Danach führten die Schüler den Versuch „Reflexion und Dopplereffekt“ durch und konnten dadurch die zuvor theoretisch behandelten physikalischen Phänomene eindrucksvoll erfahren. Die Fragen zu diesem Versuch konnten die Schüler problemlos beantworten.

Als nächstes folgte ein Text über das verstopfte Maul der Fledermäuse und vollendete damit die Station der Akustik.

Den Zusatzversuch zur Laufzeitdifferenz haben nicht alle Gruppen durchführen können. Die Gruppen, die ihn jedoch behandelten, führten ihn reibungslos durch.



Abb. 14: Versuch „Laufzeitdifferenz“

Das Memory spielte nur eine Gruppe. Die Schüler konnten sich hierbei ein wenig von den Versuchen und dem Arbeiten mit den Arbeitsblättern erholen und wurden so neu motiviert.



Abb. 15: „Memory“

Durchführung Mechanik Station:

Der Versuch „Archimedes auf der Spur“ verlief wie geplant. Die Schüler hatten bei der Durchführung keine Schwierigkeiten, allerdings kannten einige Schüler den Versuch bereits. Der Versuch wurde aus Gründen der Einfachheit etwas verändert, Knetkugel und Knetkrone wurden nicht an einer Schnur befestigt, sondern in Waagschalen gelegt. So war das Risiko, dass die Krone bei den Versuchen beschädigt wird, geringer. Auch das Messen der Gewichtskraft des Fisches über und unter Wasser funktionierte bei allen Schülern sehr gut und erstaunte die Meisten, die solch ein eindrucksvolles Ergebnis nicht erwartet hatten.

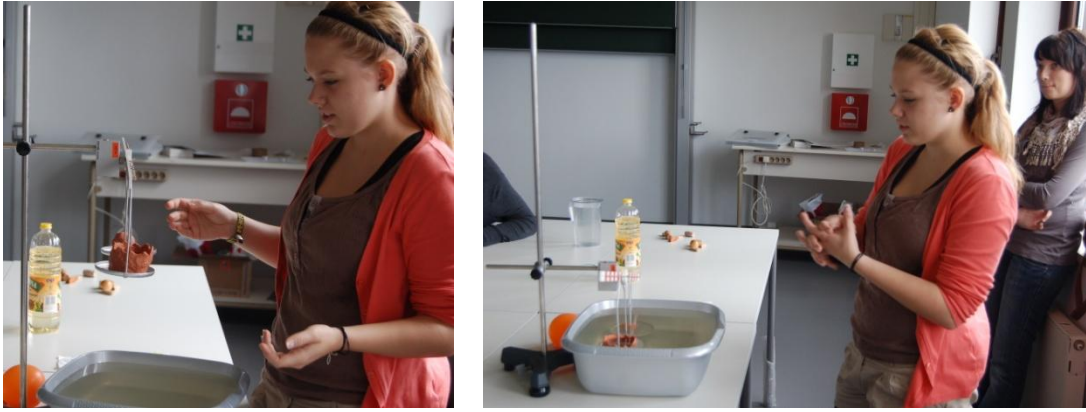


Abb. 16 und 17: Versuch „Archimedes auf der Spur“



Abb. 18: Gewichtskraft des Fisches messen

Der Text über „die Auftriebskraft“ war nicht für alle Schüler leicht zu verstehen. Einige bekamen sogar durch den Anblick der Formeln eine Blockade. Allerdings konnten die Formeln für die Schüler durch ein gemeinschaftliches Besprechen leichter und verständlicher gemacht werden. Dabei halfen die Zeichnung und das Anknüpfen an den Unterricht sehr.

Bei dem Versuch „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“ waren die Schüler mit Eifer dabei und konnten die verschiedenen Stadien mit der Pipette erreichen. Auch die Lösungen

der dazu gehörigen Aufgaben konnten die Schüler ohne größere Probleme leicht in der Gruppe erarbeiten. Lediglich zwei Gruppen testeten jeweils ein, zwei Stoffe aus, um sich beim Dichteverhältnis sicher zu sein. Die Schüler benötigten keine Hilfekarte.



Abb. 19: Versuch „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“

Danach folgte der Text über „die Schwimmblase“. Hier erkannten die Schüler den Zusammenhang zum Pipetten-Versuch und konnten den Lückentext ausfüllen.

Der Versuch zum „Kartesischen Taucher“ kam bei den Schülern sehr gut an und löste Diskussionen über die Erklärung des Phänomens aus. Allerdings taten sich die Schüler schwer, eine Begründung von einer Beobachtung zu unterscheiden. Alle Schüler kamen nach längeren Diskussionen und kleineren Hilfestellungen zum richtigen Ergebnis. Im Text konnten die Schüler durch die vorangegangene Zeichnung und Erklärung, sowie mit Hilfe dieses Versuches, die letzten Lücken recht schnell und einfach ausfüllen.



Abb. 20: Versuch „Kartesischer Taucher“

Den Zusatzversuch „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“ führten nur zwei Gruppen durch. Für diese zwei Gruppen waren Versuch und Lückentext gut zu bearbeiten.



Abb. 21: Versuch „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“

Beim zweiten Teil der Station mit dem Thema „Hebel“ traten häufig Probleme bei der Benennung von Hebeln aus der Umwelt der Schüler auf. Jedoch fiel es ihnen leichter, nachdem ein Beispiel vom Betreuer genannt worden war.

Das Vogelpuzzle hat großen Anklang bei den Schülern gefunden und es wurde dabei auch reichlich über die Funktionen der Hebel und Schnäbel diskutiert. Allerdings stellte sich heraus, dass die Schüler einige Vögel, wie zum Beispiel eine Schwalbe, nicht kannten.



Abb. 22: „Vogelpuzzle“

Durchführung Wärmelehre Station:

Der Versuch zur „Wärmeisolation bei Säugetieren“ verlief wie geplant. Die Schüler konnten den Unterschied der Temperaturverläufe sehr gut messen und beobachten. Auch das Zeitmessen und parallele Weiterarbeiten an den anderen Versuchen funktionierte reibungslos. Die dazu gehörigen Fragen konnten die Schüler problemlos beantworten.

Parallel fingen die Schüler mit dem Versuch „Bergmannsche Regel“ an. Hierbei konnten sie sehr einfach und eindrucksvoll den Zusammenhang von Volumen und Oberfläche entdecken.

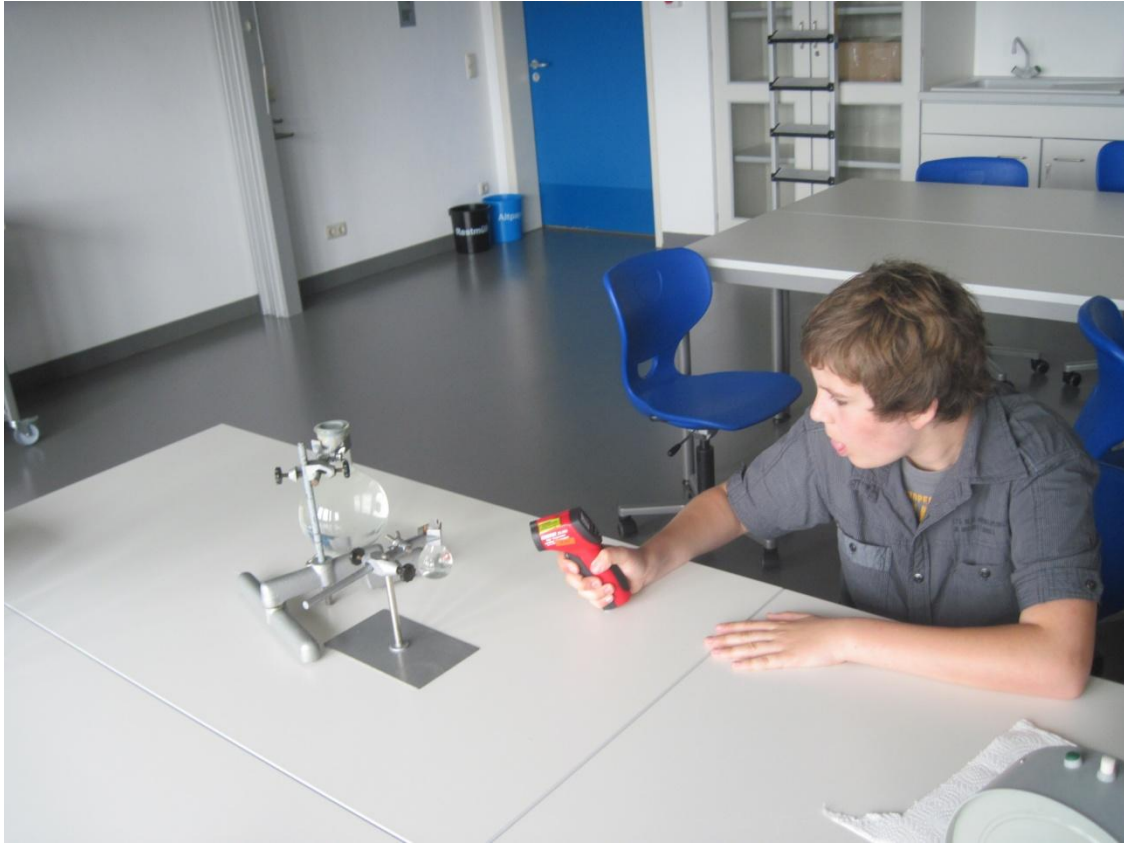


Abb. 23: Versuch „Bergmannsche Regel“

Im Versuch „Schwarz oder Weiß“ erlebten die Schüler wie geplant die Abhängigkeit der Wärmeabsorption von Farbe. Die Schüler hatten hierbei schon Vorkenntnisse. Die dazu gehörigen Fragen konnten die Schüler ohne Probleme lösen.

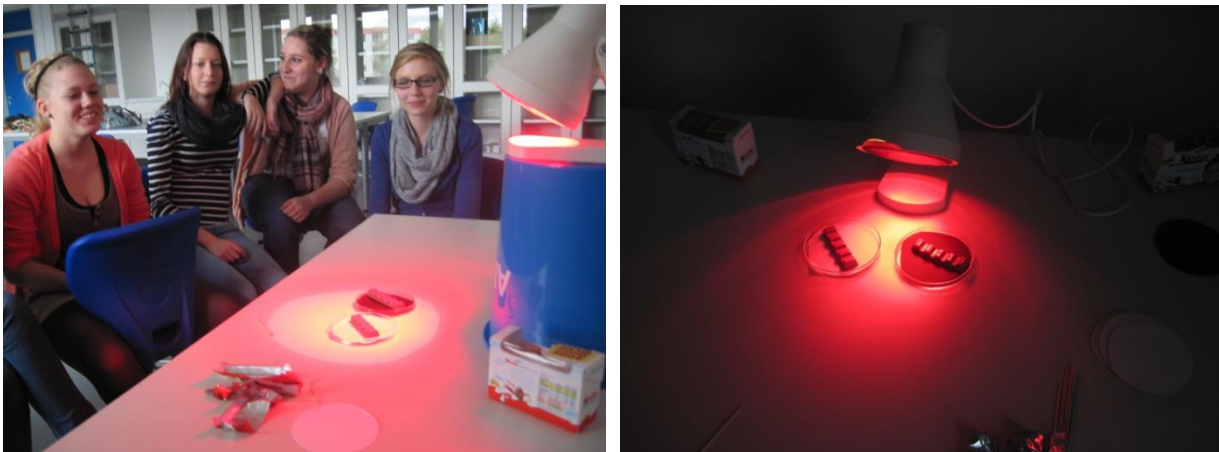


Abb. 24 und 25: Versuch „Schwarz oder Weiß“

Als nächstes bearbeiteten die Schüler das Arbeitsblatt über die ökologischen Regeln. Die Schüler erkannten schnell den Zusammenhang zwischen Versuchen und Regeln. Allerdings hatten fast alle Gruppen große Probleme beim Lösen der Rechenaufgabe. Bei der Allenschen Regel hatten die Schüler keine Probleme die Frage zu beantworten, obwohl einige Schüler dennoch erstaunt waren. Auch der Rest des Textes wurde schnell und ohne Probleme gelesen.

Der Versuch „Wärmetauscher“ funktionierte nicht bei jedem Durchlauf. Das Problem lag zum einem an den zu geringen Temperaturunterschieden, da der Betreuer unachtsam das ganze Eis zu Beginn in die Wasserschüssel gegeben hatte, statt während der ganzen Durchführung für jede Gruppe neues Eis hinzuzugeben. Zum anderen, dass die Infrarot-Thermometer von den Schülern nicht präzise genug auf die Messpunkte gerichtet waren. Ein Verbesserungsvorschlag wäre hierfür, ein Kontaktthermometer zu benutzen oder mit einer Wärmebildkamera den Wärmeverlauf quantitativ anzuzeigen. Bei den Schülern, die keine aussagekräftigen Ergebnisse hatten, half zum Verständnis vor allem die nachfolgende Zeichnung von den Pinguinfüßen.

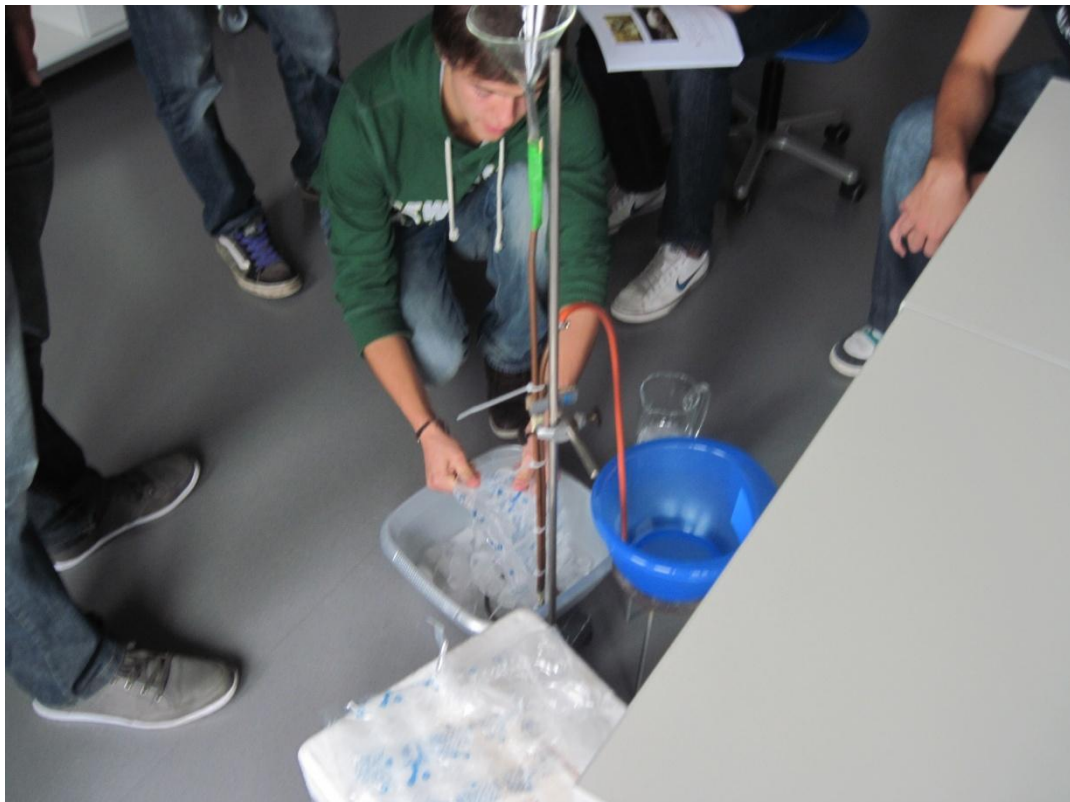


Abb. 26: Versuch „Wärmetauscher“

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Die Zusatzfrage wurde von allen Gruppen bearbeitet. Hierzu benötigten die Schüler allerdings die Hilfekarte. Keine Gruppe hatte noch ausreichend Zeit die Graphen zu zeichnen, da der Betreuer den noch übrig bleibenden Zeitrahmen für nicht ausreichend bemessen hat.

Durchführung zur Elektrizität-Station:

Den einführenden Text dieser Station lasen alle Schüler gespannt und interessiert. Hierbei stellten die Schüler keine weiteren Fragen und verstanden den Text problemlos.

Der Versuch „Apfelbatterie“ funktionierte bei allen Schülern, jedoch meist nicht auf Anhieb, da sie die Leuchtdiode falsch herum anbrachten. Der Betreuer musste auch bei einigen Gruppen darauf achten, dass die Zinkstäbe die Kohlestäbe nicht berührten. Immer löste der Versuch jedoch großes Staunen unter den Schülern aus.



Abb. 27: Versuch „Apfelbatterie“

Die Informationen zur „Zink-Kohle-Batterie“ waren für die Schüler neu und interessant. Es fiel ihnen leicht, die richtigen Wörter für die Lücken zu finden. Die meisten Gruppen arbeiteten gemeinschaftlich.

Beim nachfolgenden Versuch war kein Eingreifen des Betreuers notwendig, da die Schüler selbstständig weiterarbeiteten.

Die Ergänzung zur Apfelbatterie verlief wie geplant und konnte den Schülern eindrucksvoll erste Eindrücke einer Serienschaltung liefern.

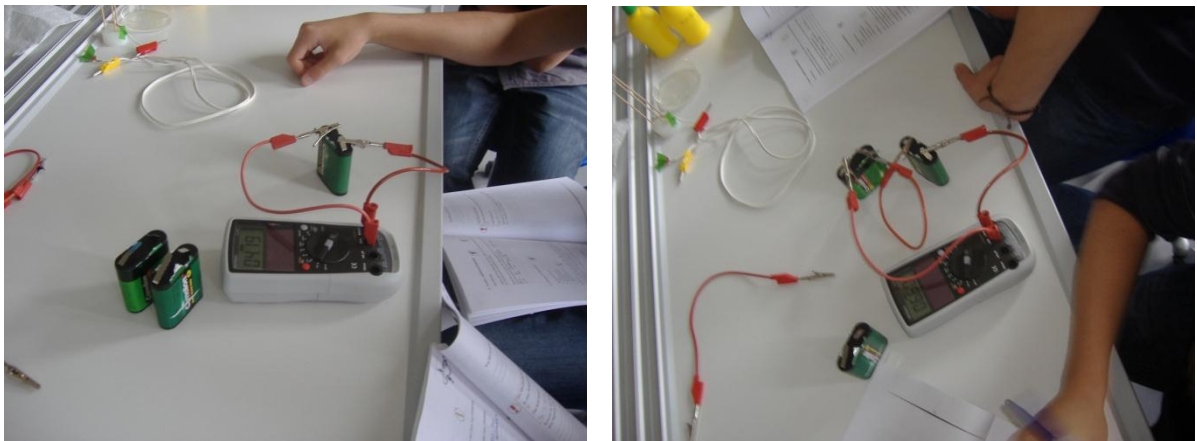


Abb. 28 und 29: Versuch „Serienschaltung“ mit einer und mit zwei Batterien

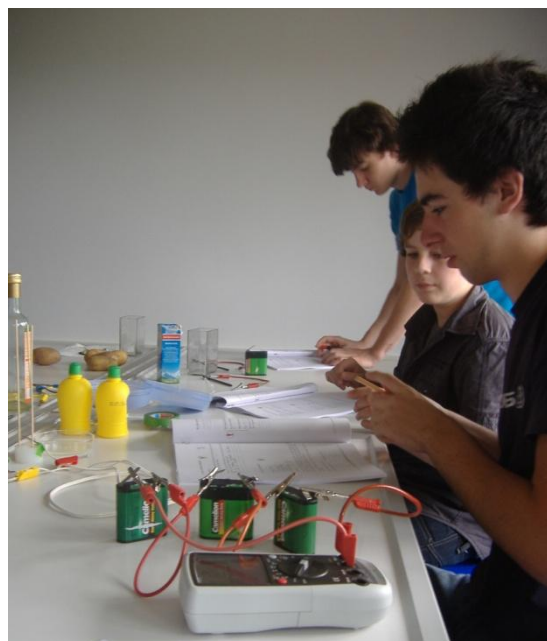


Abb.30: Versuch „Serienschaltung“ mit drei Batterien

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Der Versuch „Serienschaltung“ kam bei den Schülern gut an und klappte auch bei allen Gruppen auf Anhieb. Die Maschenregel war für die Schüler zwar neu, jedoch auch leicht verständlich. Alle Gruppen arbeiteten gut zusammen. Die Schüler konnten die Messergebnisse und deren Fehler auch ohne größere Hilfe erklären.

Den folgenden Text über den „Aufbau des Zitteraals“ konnten die Schüler leicht verstehen.

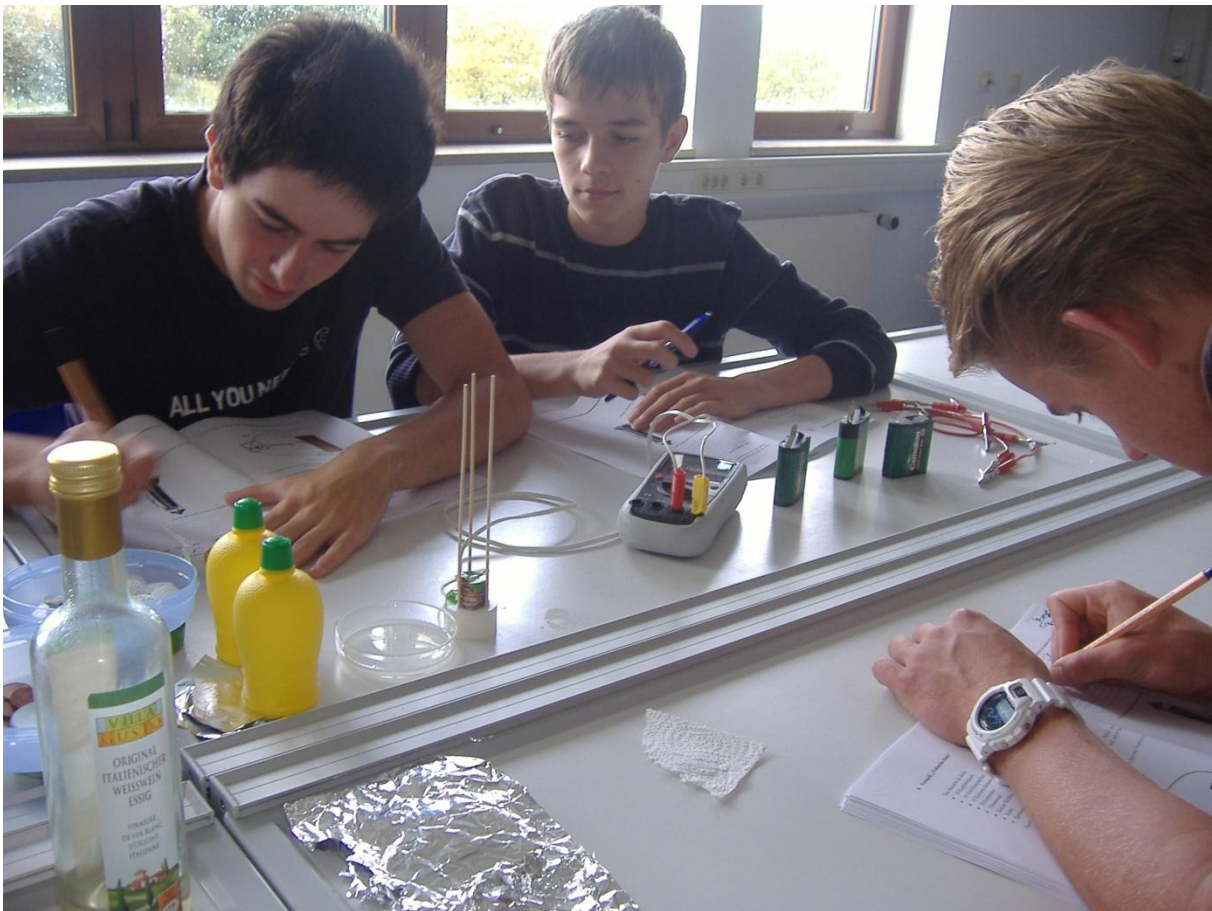


Abb. 31: Arbeiten am Arbeitsheft

Der Versuch zur Voltaschen Säule beeindruckte die Schüler sehr. Oft ergänzten sie den Versuch selbstständig, indem sie noch weitere Elemente aufeinander stapelten. Außerdem probierten sie aus, ob mehr Zitronensaft auch mehr Spannung bedeutet. Die Schüler genossen es, frei zu experimentieren.



Abb. 32: Versuch „Voltasche Säule“

Der nächste Versuch zur „Leitfähigkeit von Wasser“ kam bei den Schülern sehr gut an. Sie wussten auch, dass sich die Stäbe für ein korrektes Ergebnis nicht berühren dürfen. Nur wenige Schüler hatten Probleme beim richtigen Polen der Diode. Sie konnten den Fehler aber leicht und selbstständig beheben. Die meisten Schüler stellten die richtigen Vermutungen an.

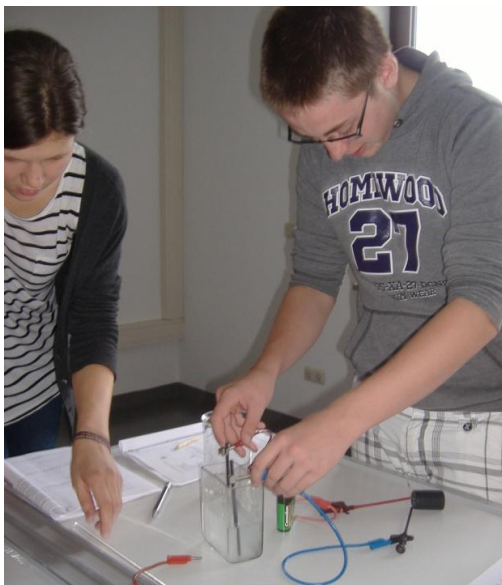


Abb. 33: Versuch „Leitfähigkeit“

Entwicklung des Lehr-Lern-Labors

Der folgende Text konnte von den Schülern gut bearbeitet werden.

Am eindrucksvollsten für die Schüler war der Zusatzversuch, den alle Gruppen bearbeiten konnten. Hierbei kam sehr gut an, die akustischen Reize anzusprechen. Der Versuch war für alle Schüler problemlos durchführbar, lediglich eine Gruppe benötigte die Hilfekarte. Bei den meisten Gruppen reichte ein kleiner Tipp vom Betreuer aus.



Abb. 34: Versuch „Kartoffelbatterie“

Durchführung Präsentation des Lehr-Lern-Labors:

Am 19.09.2011 präsentierte ein Teil der Schüler des B-Kurses im Rahmen des Physikunterrichts das Lehr-Lern-Labor und zwei ausgewählte Versuche. Da die Schüler der Klasse, die das Lehr-Lern-Labor besuchten, in verschiedenen Physikkursen unterrichtet werden, nahm jeweils der andere Teil des Physikkurses nicht am Lehr-Lern-Labor teil.

Die Schüler hatten seit dem Lehr-Lern-Labor Zeit sich für diese Präsentationen vorzubereiten. In der dazwischen liegenden Woche war der Physiklehrer als Betreuer auf Klassenfahrt, die Schüler sollten die freie Zeit nutzen, um die Präsentationen vorzubereiten. Der Rest des Kurses hatte in der Zeit Referate vorzubereiten.

Allerdings stellte sich zu Beginn der Stunde heraus, dass weder die Schüler, die das Lehr-Lern-Labor präsentieren sollten, noch die Schüler, die Referate vorbereiten sollten, sich für diese Stunde vorbereitet hatten. Dennoch stellten zwei Gruppen das Lehr-Lern-Labor vor. Die erste Gruppe präsentierte als Schwerpunkt den Versuch „Schallreflexion“. Die Präsentation dauerte circa 5 Minuten. Danach probierten ein paar Schüler der Klasse den Versuch selbst aus.



Abb. 35: Präsentation „Schallreflexion“



Abb. 36: Versuch „Schallreflexion“ in der Klasse

Die zweite Gruppe präsentierte den Versuch „Wärmetauscher“. Auch diese Präsentation dauerte nur circa 5 Minuten. Allerdings wurde hier der Versuch selbst nicht durchgeführt.

Die Schüler benötigten bei der Präsentation sehr viel Hilfe vom Lehrer.



Abb. 37: Präsentation „Wärmetauscher“

7.7. Auswertung und Beurteilung

Für die Auswertung und Beurteilung des Lehr - Lern – Labor „Physik im Tierreich“ wurden am Ende der Durchführung Fragebögen von Schülern und auch von Betreuern ausgefüllt. Die Fragebögen befinden sich im Anhang. Zunächst wird auf die Antworten der Schüler eingegangen.

Der Fragebogen wurde mit Hilfe des Buches „Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken“ von Katrin Engeln entwickelt. Bei der Konzipierung des Fragebogens wurde darauf geachtet, dass er kurz und einfach für Schüler gehalten ist. Außerdem werden die emotionale Komponente, das Fachinteresse, das Sachinteresse, Geschlecht, Qualität der Zusammenarbeit, Verständlichkeit, Akzeptanz, Einstellung zur Physik und der Biologie und das Gefallen erfragt. Außerdem wird auch nach dem Interesse an Tieren und nach Haustieren gefragt. Dadurch sind die Bereiche der Persönlichkeit, der Laborvariablen sowie das aktuelle Interesse abgedeckt.

Zu Beginn muss noch erwähnt werden, dass ein Schüler den Fragebogen nicht abgegeben hat. Aus diesem Grund kann die Auswertung des Lehr - Lern - Labors nur über die 29 abgegebenen Fragebögen erstellt werden.

Die Frage nach der Station, mit welcher angefangen wurde, dient der Zuordnung zu den einzelnen Gruppen. Die Frage nach dem Geschlecht ist aus Gründen des Vergleiches gestellt worden, ebenfalls wie die Frage nach dem Physikkurs.

Hat dir das Schülerlabor gefallen?

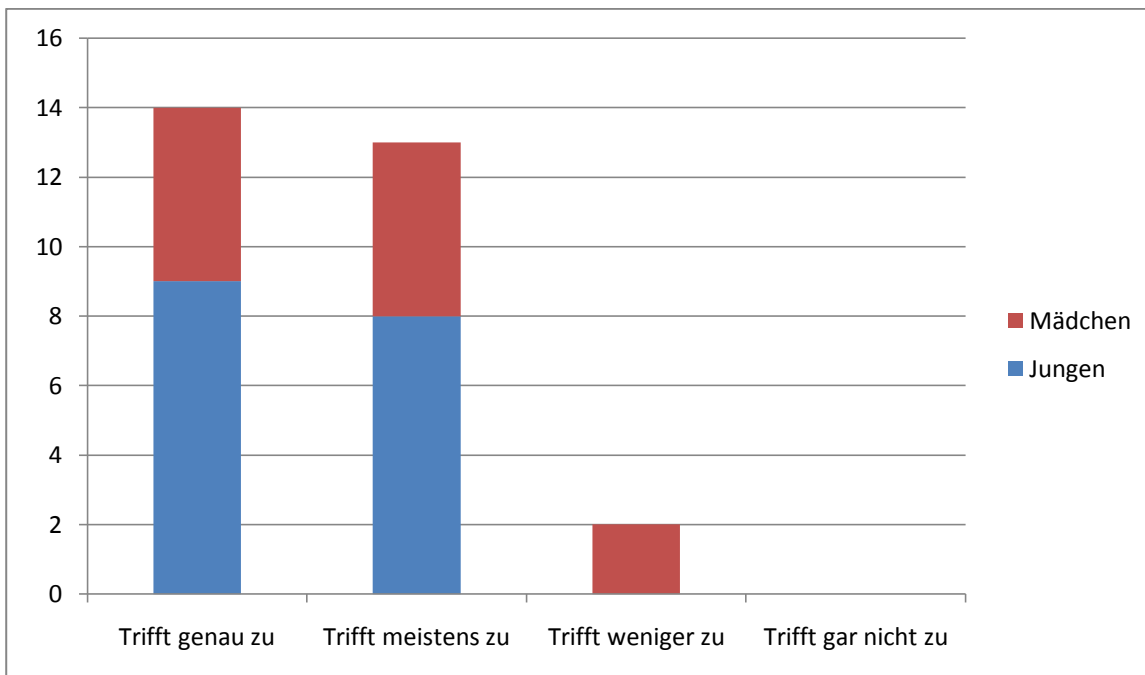


Diagramm 1: „Hat dir das Schülerlabor gefallen?“

Man kann in diesem Diagramm sehr gut erkennen, dass den meisten Schülern das Lehr - Lern - Labor gefiel. Die zwei Mädchen, denen es weniger gefiel, haben jedoch in der Rubrik „Kritik“ deutlich hervorgehoben, dass sie mit einem der Betreuer nicht auskamen und ihnen aus diesem Grund das Lehr – Lern - Labor nicht gefallen habe. An dieser Stelle ist anzumerken, dass die Mädchen aus der Gruppe stammten, die sich bei der Durchführung ziemlich demotiviert zeigte. Außerdem versuchten sie ständig mit dem Handy zu kommunizieren und sich während den Versuchen zu schminken. Die darauf erfolgten Ermahnungen des Betreuers empfanden sie als persönlichen Angriff und reagierten mit Zicken.

Den restlichen Schülern gefiel das Lehr - Lern - Labor, hierbei spielte das Geschlecht keine Rolle. Es fiel jedoch auf, dass die Schülerinnen und Schüler des A-Kurses geringfügig mehr Gefallen an dem Lehr - Lern - Labor fanden als die Schüler und Schülerinnen des B-Kurses.

Ein häufig genannter Grund für das nicht 100%- Gefallen des Lehr - Lern - Labors war die Länge der Durchführung.

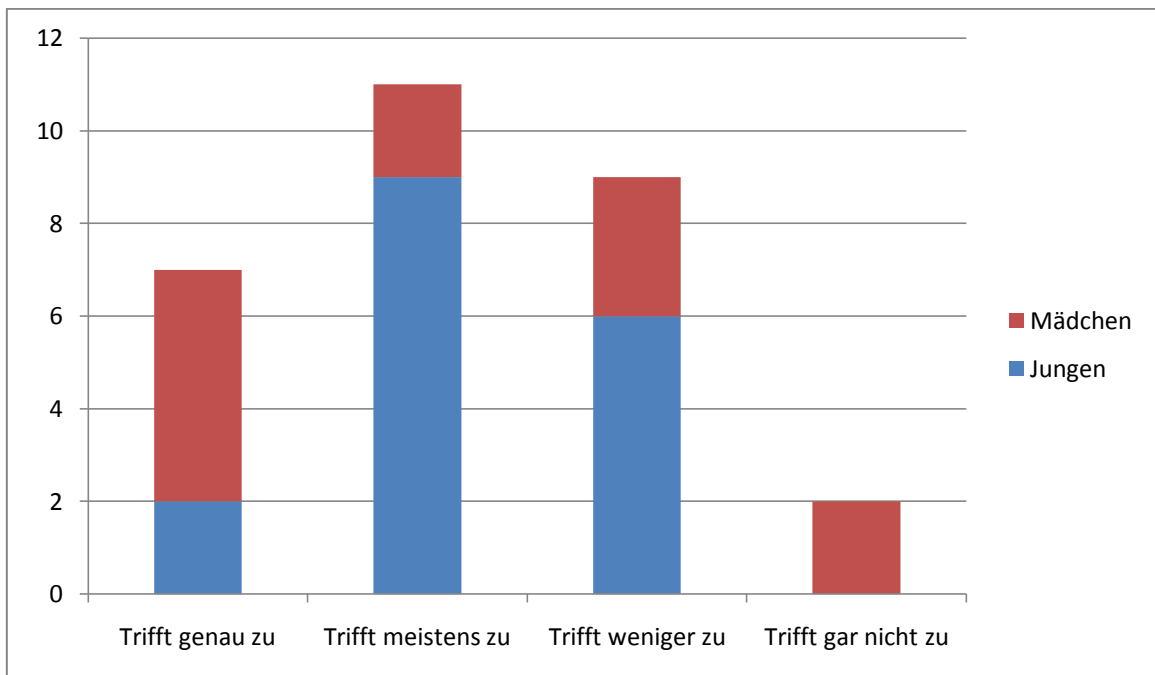
Interessierst du dich für Tiere?

Diagramm 2: „Interessierst du dich für Tiere“

Es fällt auf, dass das Interesse an Tieren nicht sehr groß ist. Vor allem ein paar Mädchen interessieren sich gar nicht für Tiere. Das Interesse ist im Schnitt mittelmäßig. Es fällt vor allem auf, dass Jungen sich durchschnittlich deutlich mehr für Tiere interessieren, als die Mädchen.

Hast du Haustiere?

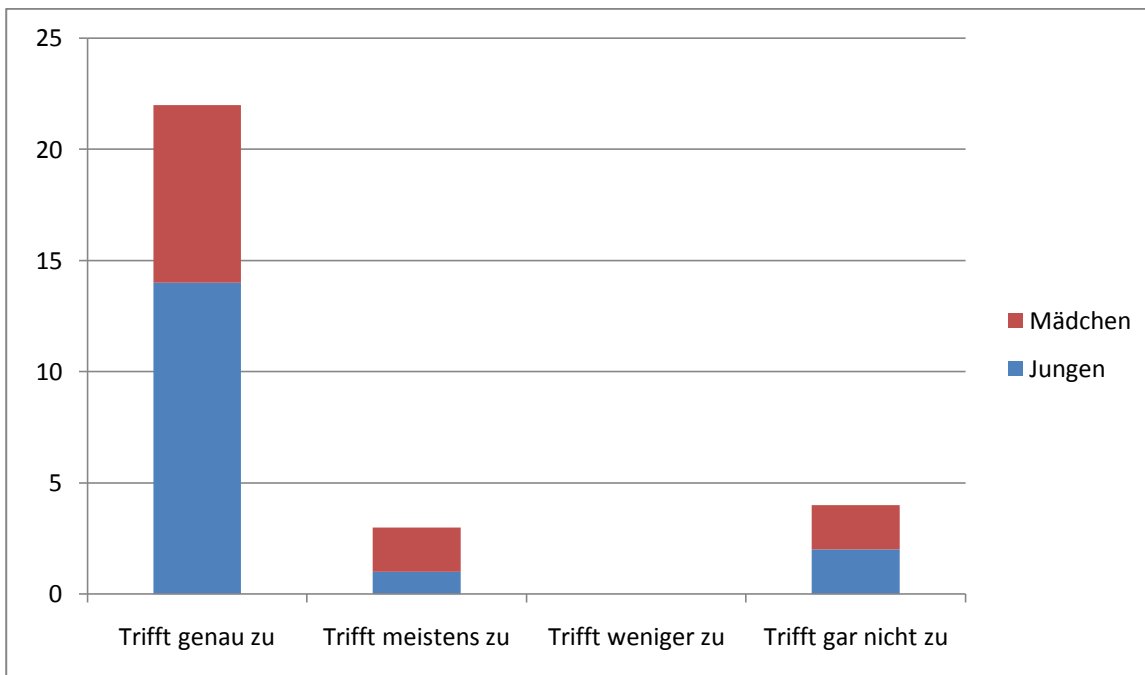


Diagramm 3: „Hast du Haustiere?“

Bei diesem Diagramm ist erstaunlich, dass die meisten Schüler Haustiere besitzen, obwohl sie sich laut Diagramm 2 nicht so sehr für Tiere interessieren. Zur Erklärung von „trifft meistens zu“ muss gesagt werden, dass diese Schüler das Kreuzchen hinsetzten, wenn sie im Moment keine Haustiere mehr besitzen. Es sind in der Klasse nur vier Schüler, die keine Haustiere haben oder hatten.

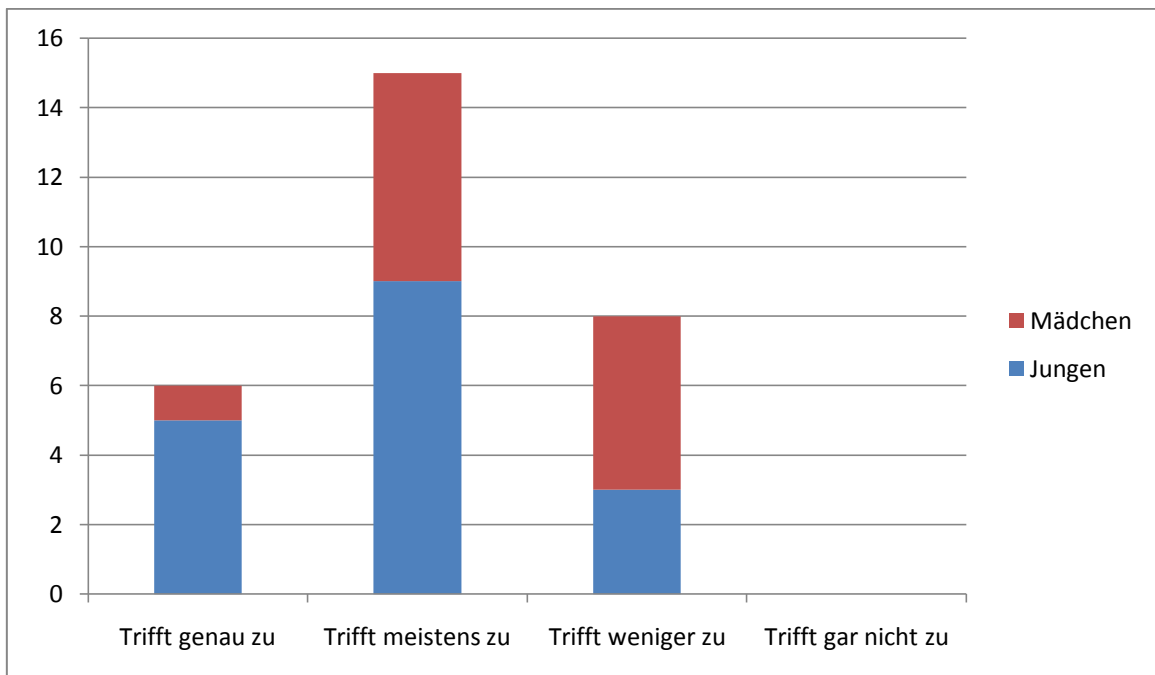
Interessierst du dich für das Fach Physik?

Diagramm 4: „Interessierst du dich für das Fach Physik“

Hier sieht man, dass sich die Schüler im Durchschnitt für das Fach Physik interessieren. Allerdings zeigen die Jungen ein gesteigertes Interesse am Fach Physik als die Mädchen. Die Mädchen und drei der Jungen des B-Kurses haben dagegen kein sehr großes Interesse an dem Fach Physik. Es ist aber bemerkenswert, dass sich keiner der Schüler für das Fach Physik gar nicht interessiert. Die Gruppe der Jungen im A-Kurs interessiert sich im Schnitt am meisten für das Fach Physik.

Interessierst du dich für das Fach Biologie?

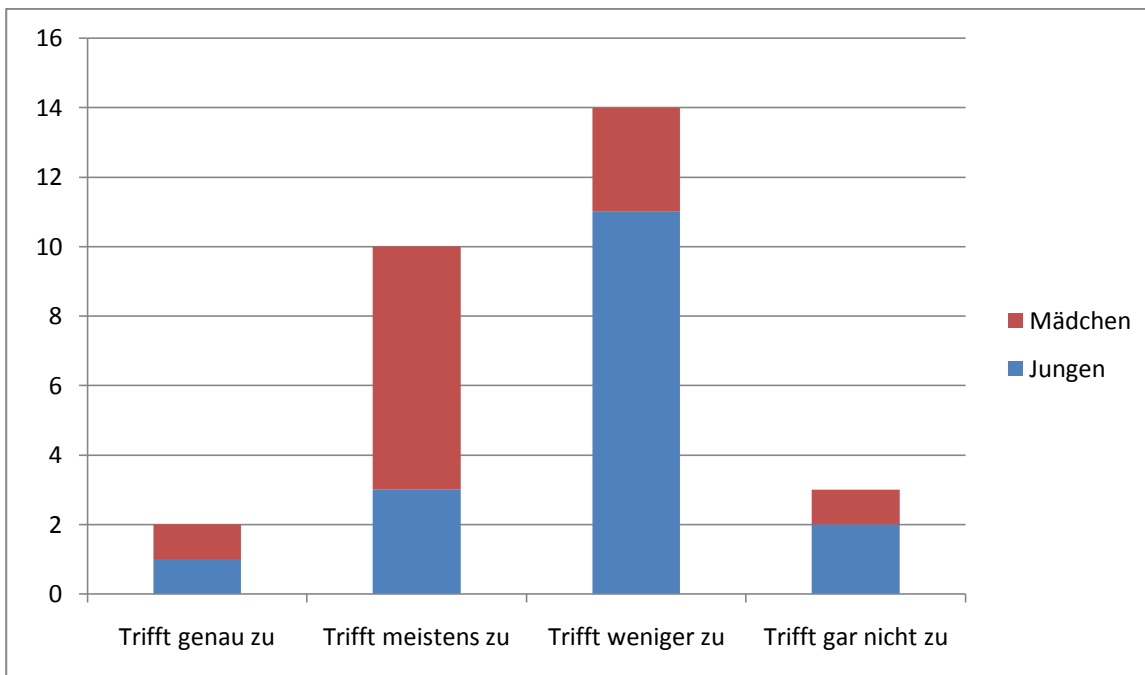


Diagramm 5: „Interessierst du dich für das Fach Biologie?“

In diesem Diagramm kann man im Vergleich zu der obigen Frage, nach dem Interesse an dem Fach Physik, deutlich erkennen, dass das Interesse der Klasse an dem Fach Biologie deutlich geringer ist. So zeigen zwar die Mädchen im Vergleich zu den Jungen ein größeres Interesse an dem Fach Biologie, trotzdem ist es nicht viel größer als an dem Fach Physik. Ein paar Schüler besitzen sogar gar kein Interesse an dem Fach Biologie. Dies ist erstaunlich, da das Fach Biologie im Allgemeinen als beliebter als das Fach Physik eingestuft wird. Beispielsweise stellt Whitefield (1980) unter Verwendung von Rangskalen fest, dass Physik und Chemie, anders als Biologie, zu den unbeliebtesten Schulfächern gehören. Diese Ablehnung zeigte später auch eine Studie von Zwick und Renn (2000). Umso verwunderlicher, dass in dieser Klasse die Tendenz des Interesses an den Fächern eher umgekehrt ist.

Hast du dir schon mal Gedanken gemacht über die Zusammenhänge von Physik und Tieren?

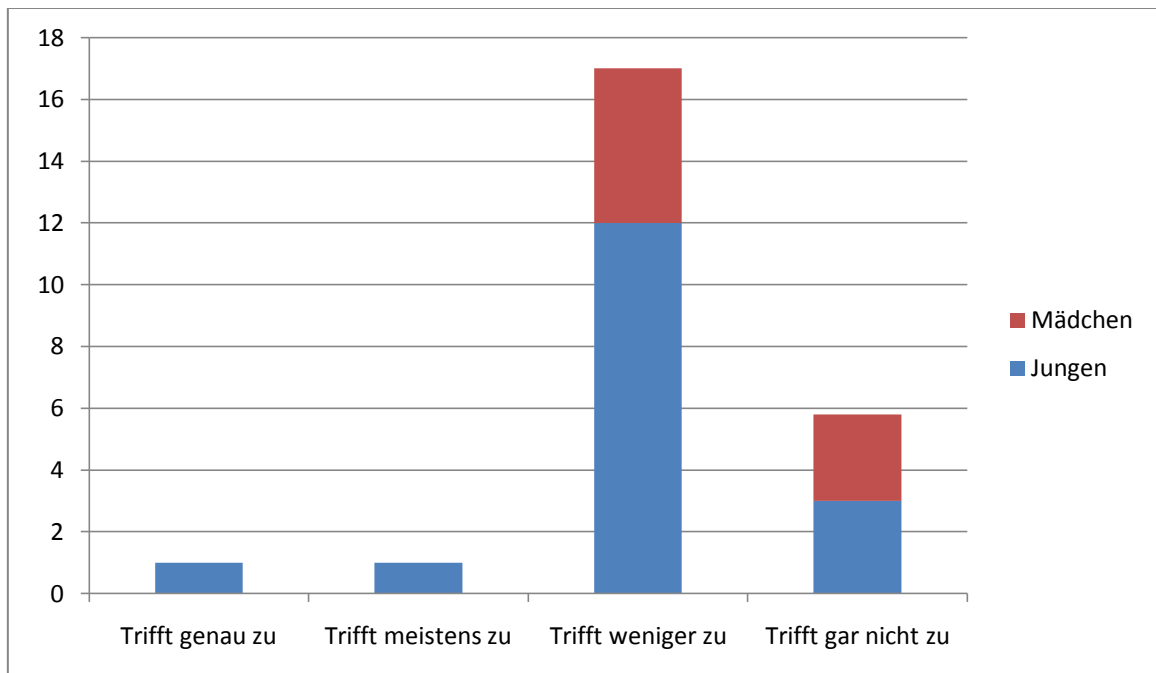


Diagramm 6: „Hast du dir schon mal Gedanken gemacht über die Zusammenhänge von Physik und Tierreich?“

Man erkennt aus diesem Diagramm sehr gut, dass die Schüler sich zuvor eher weniger Gedanken über die Zusammenhänge von Physik und Tieren machten. Es gibt lediglich zwei Jungen, die sich zuvor schon mal Gedanken über die Zusammenhänge von Physik und Tieren machten, je einer aus dem A sowie aus dem B-Kurs. Die Mädchen aus A- und B-Kurs machten sich im Vorfeld gleich wenig Gedanken über die Zusammenhänge von Tieren und Physik.

Wie gut hat deine Gruppe zusammengearbeitet?

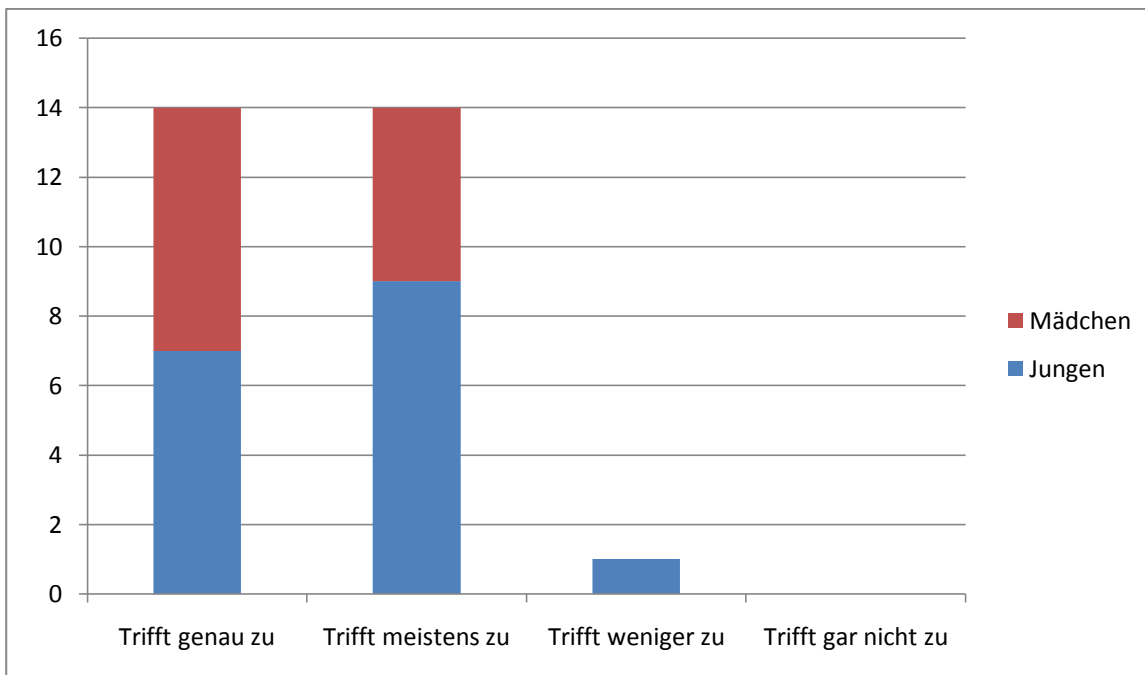


Diagramm 7: „Wie gut hat deine Gruppe zusammen gearbeitet?“

Man erkennt, dass die meisten Schüler sich in ihrer Gruppe und mit der Zusammenarbeit ihrer Gruppe wohl fühlten. So haben sie sich „super verstanden“ oder gemeinsam „besprochen und geholfen“. Allerdings haben einige Schüler festgehalten, dass die Mitarbeit innerhalb der Gruppe, in der sich die Schüler teilweise über einen Betreuer ärgerten, nicht ausgewogen war und manche Gruppenmitglieder „keine Lust“ hatten. Gerade der einzige Junge in dieser Gruppemerkte in seiner Kritik an, dass es „weniger Mädchen in einer Gruppe“ sein sollten. Es fiel hierbei auf, dass die Schüler ihre Zusammenarbeit dennoch als meistens gut empfanden, auch wenn sie Kritik an ihrer Gruppe äußerten. Zum Beispiel empfanden einige Schüler das Arbeitstempo als zu langsam.

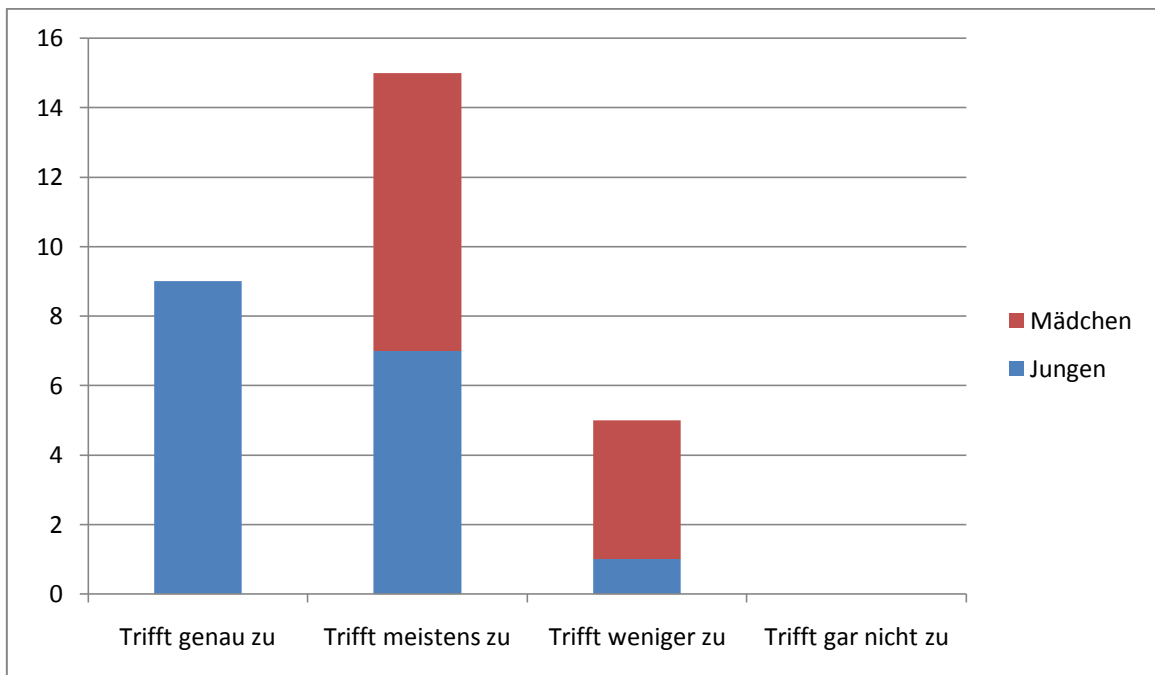
Hattest du genügend Zeit?

Diagramm 8: „Hattest du genügend Zeit“

Hierbei fällt auf, dass gerade die Mädchen einen Zeitdruck verspürten. Dabei benannten die meisten Mädchen explizit die Station, die ihnen zu umfangreich vorkam, nämlich die Optik-Station. Außerdem äußerten die Schüler auch, dass sie „zu langsam gearbeitet“ hätten. Ein weiterer Punkt ist auch, dass die Schülerinnen oft „trifft weniger zu“ angekreuzt haben mit der Begründung: „Schülerlabor war zu lange“. Allerdings bezieht sich diese Begründung nicht explizit auf die Frage. Deshalb muss davon ausgegangen werden, dass einige Schüler die Frage nicht richtig verstanden, denn die Zeit, die sie hatten, sollten sie beurteilen und nicht die Dauer des Lehr - Lern - Labors.

Hast du dir mit der Bearbeitung der einzelnen Versuche leicht getan?

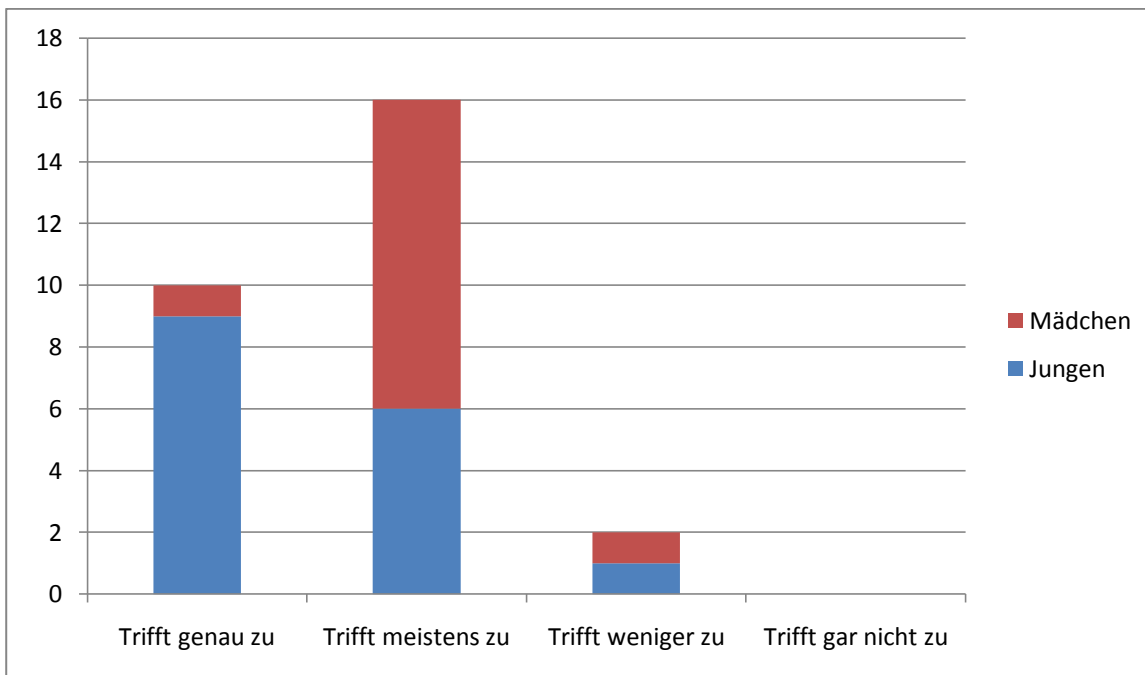


Diagramm 9: „Hast du dir mit der Bearbeitung der einzelnen Versuche leicht getan?“

Im Durchschnitt haben sich die Schüler meistens bei der Bearbeitung der Versuche leicht getan. Nur zwei der Schüler empfanden die Versuche als nicht immer leicht. Diese Schüler gaben an, dass die Versuche für sie „teilweise kompliziert“ oder „teilweise schwer“ seien. Der Rest der Schüler und Schülerinnen gab an, dass die Stationen „Spaß gemacht“ hätten. Weitere Kommentare lauteten: „gute Bilder“, „interessante Versuche“ und „gut erklärt“. Aus diesem Diagramm kann geschlossen werden, dass die meisten Schüler mit den Versuchen gut zu Recht gekommen sind. Es lässt sich aber eine Tendenz erkennen, nämlich dass die Jungen besser zurechtkamen, als die Mädchen. Die Beurteilung ist nicht von der A- und B-Kurszugehörigkeit abhängig.

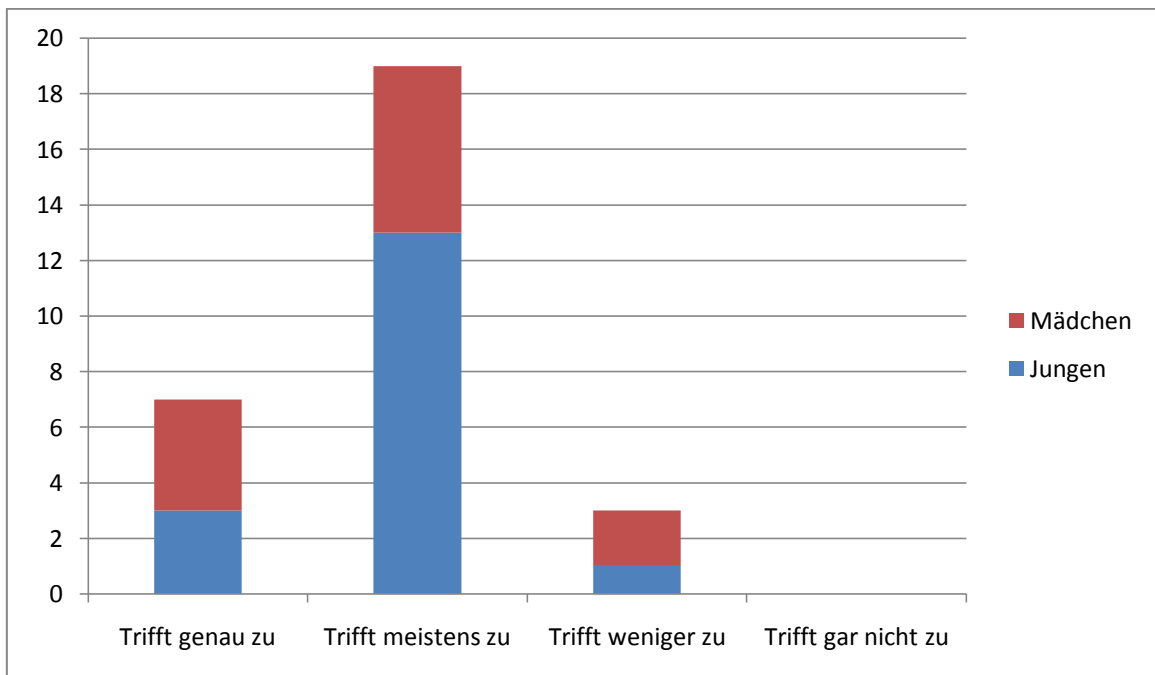
Wie fandest du die Arbeitsblätter?

Diagramm 10: „Wie fandest du die Arbeitsblätter“

Im Großen und Ganzen fanden die Schüler die Arbeitsblätter meistens gut. Hierbei kann man keine deutlichen geschlechtlichen Unterschiede erkennen. Man konnte allerdings feststellen, dass die Schüler und Schülerinnen des B-Kurses die Arbeitsblätter tendenziell besser fanden als die Schüler des A-Kurses. Gerade die Schüler des A-Kurses fanden die „Texte(n) zu lange“. Es gab aber auch sehr viel positive Kritik, nämlich, dass die Arbeitsblätter „sehr übersichtlich und ansprechend“ gestaltet seien. Vielen Schülern haben auch die Bilder sehr gefallen. Außerdem fanden sie die Arbeitsblätter „leicht“ und „interessant“. Einige Schüler gaben als Kritik „schreiben ist unnötig“ an, was darauf schließen lässt, dass diese Schüler weniger Arbeitsblätter und mehr Versuche gehabt haben wollten.

Fandest du die Themen interessant?

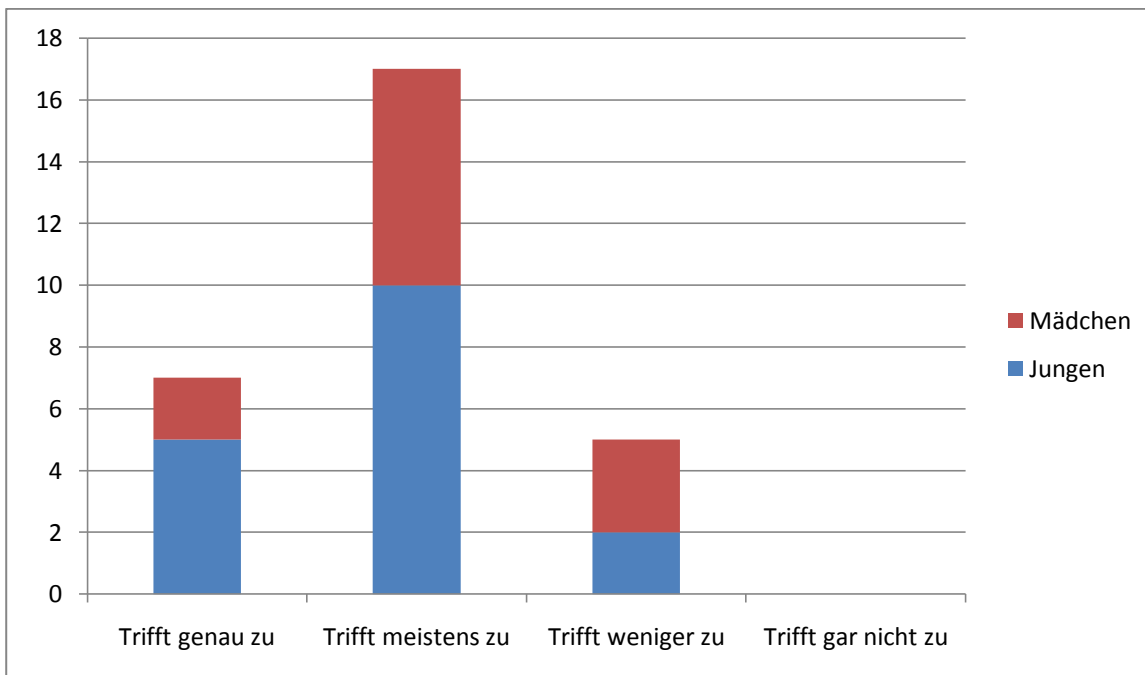


Diagramm 11: „Fandest du die Themen interessant?“

Hierbei erkennt man gut, dass die Schüler im Durchschnitt die Themen meistens interessant fanden. Die Begründungen zu dieser Frage waren sehr unterschiedlich. Zum einen fand ein großer Teil der Mädchen, die Themen nicht so interessant, da sie etwas mit Physik zu tun hatten („Physik ist doof“). Allerdings bemerkten dies ein paar Schüler, die zuvor an dem Fach Physik meistens Interesse bekundeten. Oftmals fanden die Schüler nicht alle Themen gleich interessant. Viele Schüler äußerten, dass sie schon „vieles gewusst“ hätten. Andere hingegen gefiel vor allem „das Neue“ kennenzulernen. Vor allem die Elektrik- und die Mechanik-Station kam bei den Schülern gut an. Auffällig ist, dass vor allem die Schüler des B-Kurses die Themen interessant fanden.

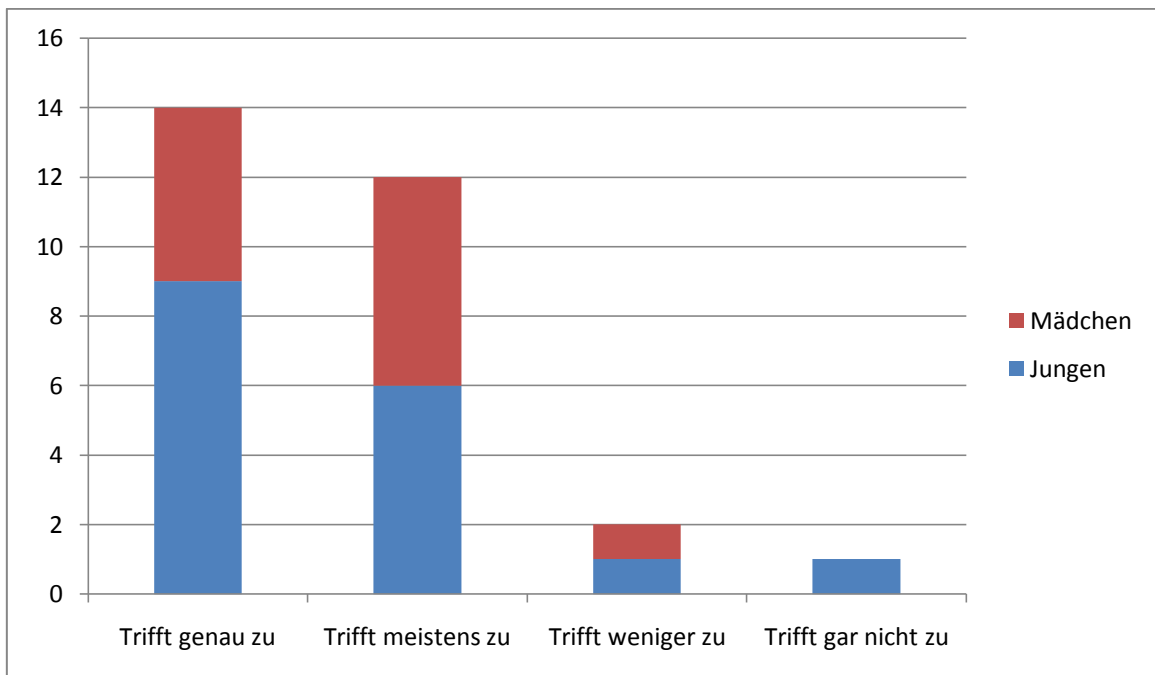
Würdest du gerne noch einmal ein Schülerlabor in der Art machen?

Diagramm 12: „Würdest du gerne noch einmal ein Schülerlabor in der Art machen?“

Es ist auffällig, dass die meisten Schüler und Schülerinnen gerne noch einmal ein Lehr - Lern - Labor besuchen möchten. Nur drei Schüler würden es weniger oder gar nicht mehr besuchen wollen. Hierzu muss man allerdings sagen, dass der Schüler, der trifft gar nicht zu angekreuzt hat, die Frage scheinbar nicht verstand, denn er schrieb: „mit einem neuen Thema gerne, habe das hier ja jetzt schon gemacht“. Der Junge, der „trifft weniger zu“ an kreuzte, war auch sehr unzufrieden mit seiner Gruppe.. Das Mädchen, welches „trifft weniger zu“ an kreuzte, gab als Begründung „Physik ist doof“ an. Ansonsten fiel bei dieser Frage auf, dass viele Schüler „sehr viel Spaß“ hatten, es „gerne wieder“ machen wollen, das Lehr - Lern - Labor als „toll und spannend“ empfanden und vor allem die „andere Art etwas zu Lernen“ schätzten.

Warst du von den Zusammenhängen von Physik und den Tieren erstaunt?



Diagramm 13: „Warst du von den Zusammenhängen von Physik und den Tieren erstaunt?“

Wie man hier erkennen kann, waren die meisten Schüler nicht sonderlich erstaunt über die Zusammenhänge der Physik und den Tieren. Umso erstaunlicher ist es jedoch, dass sie als Begründung angaben, dass sie die Zusammenhänge bereits kannten, aber in der Frage „Hast du dir schon mal Gedanken gemacht über die Zusammenhänge von Physik und Tieren?“ häufig negierten. Sie erklärten das mangelnde Erstaunen mit Fernsehsendungen und einer der Schüler mit dem Unterricht. Viele schrieben aber auch, dass die Zusammenhänge für sie neu waren. Einer schrieb als Begründung: „Alles hängt zusammen und Physik liefert Erklärungen“. Andere hingegen fanden die Zusammenhänge „nicht erstaunlich aber sehr interessant“.

Anmerkungen, Tipps, Kritik, Lob,...

In dieser Rubrik bekamen die Schüler die Gelegenheit, sich noch einmal frei zu äußern.

Ein paar Mädchen der Gruppe, die in ihrem Verhalten auffielen, machten hier nochmals deutlich, dass sie mit einem bestimmten Betreuer nicht auskamen.

Es fiel auf, dass viele Schüler, vor allem die Jungen, die Stühle sehr interessant fanden. Diese lenkten die Schüler während der Durchführung auch häufig ab, indem sie versuchten Wettrennen zu fahren.

Viele Schüler merkten noch mal an, dass sie die Versuche gut, die Organisation sehr gut und das Lehr - Lern - Labor sehr interessant fanden. Außerdem bemerkten sie noch, dass es viel besser als Schule gewesen sei. Einige Schüler bemerkten auch noch, dass es eine „schöne Idee“ gewesen sei. Außerdem empfanden sie zum Teil, „die Lehrung war verständlich, gut erklärt“.

Auch eine häufig genannte Kritik war, dass sich die Schüler eine Durchführung mit mehr Zeit, aber mit Pause, gewünscht hätten.

Beurteilungen der Beobachtungsbögen für Betreuer:

Die Betreuerbögen wurden nicht nach jeder Gruppe, sondern am Ende der Durchführung ausgefüllt. Dadurch sind die Antworten von den verschiedenen Gruppen schon gemittelt, das heißt, es wurde bereits ein Gesamteindruck von der Station und den einzelnen Teilen wiedergegeben.

Drei der Betreuer fanden, dass die Schüler meist gleich gut mitarbeiteten. Die zwei anderen Betreuer hingegen fanden, dass die Schüler gar nicht gleich gut mitarbeiteten.

Interessant ist, dass ein Teil der Betreuer, im Gegensatz zu den Schülern selbst, den Eindruck hatten, dass sie als Gruppe nicht immer gut zusammengearbeitet hätten.

Dafür waren sich alle Betreuer einig, dass die Schüler meistens motiviert gewesen seien.

Bei der Frage, ob sich die Kinder die ganze Zeit konzentriert hätten, besaßen alle Betreuer die gleiche Meinung, nämlich, dass es meistens zutrifft.

Hingegen waren die Betreuer bei der Frage, ob die Schüler vom Raum, Ambiente,... abgelenkt waren, nicht einstimmig. Nicht in jedem Raum standen die Drehstühle, durch welche die Schüler abgelenkt waren.

An der Elektrik-Station konnten alle Gruppen den Zusatzversuch durchführen. An der Mechanik-, Akustik- und Wärmelehre- Station konnte dagegen nur ein Teil der Gruppen die Zusatzversuche bearbeiten. An der Optik-Station war die Zeit oft zu knapp.

Die Texte und Abbildungen, sowie Aufgabenstellungen und Versuchsaufbauten waren an allen Stationen gut für die Schüler leicht und eindeutig zu verstehen.

Bei der Frage nach dem Interesse und Staunen der Schüler ergaben sich für die einzelnen Texte und Versuche verschiedene Empfindungen. Sie reichten von „trifft meistens zu“ bis hin zu „trifft weniger zu“.

Im Durchschnitt interessierten sich die Schüler meistens für die Themen.

Die Schüler waren im Großen und Ganzen weder über- noch unterfordert mit den Texten, Abbildungen, Aufgabenstellungen und Versuchen. Nur bei wenigen Ausnahmen, wie zum Beispiel bei dem Text „ökologische Regeln“, waren die Schüler durch das Rechnen teilweise

überfordert. Auch beim Lesen der Texte im Allgemeinen ist den Betreuern einige Male aufgefallen, dass sich die Schüler beim Lesen selbst schwer getan haben.

Bei den Vorkenntnissen sah es auch ganz unterschiedlich aus. Die Schüler besaßen an der Optik-Station keinerlei Vorkenntnisse. In der Akustik besaßen die meisten Schüler bereits häufig Vorkenntnisse. Vorkenntnisse an der Mechanik-Station waren teilweise vorhanden. An der Wärmelehre-Station verfügten die Schüler bei den meisten Versuchen schon über Vorkenntnisse, mit der Ausnahme „ökologischer Regeln“ und „Wärmetauscher“. An der Elektrik-Station konnten die Schüler meistens auf ihre Vorkenntnisse zurückgreifen.

Auch bekamen die Betreuer den Eindruck, dass die meisten Schüler etwas gelernt haben.

Die Betreuer gaben den Verbesserungsvorschlag, dass man den Schülern zwischen den einzelnen Stationen eine Pause gönnen sollte. Ein anderer Verbesserungsvorschlag war, die Schüler nicht alle Stationen bearbeiten zu lassen.

Auswertung Präsentation:

Bei der Präsentation des Lehr - Lern - Labors im B-Kurs waren zwei Beobachter anwesend. Schon zu Beginn der Stunde haben die Schüler angemerkt, dass sie sich nicht auf die Präsentationen vorbereitet hätten.

Bei der ersten Präsentation über den Versuch „Schallreflexion“ beteiligten sich alle Schüler. Allerdings musste der Lehrer während der Präsentation häufig eingreifen und helfen. Außerdem musste der Lehrer einige Dinge hinterfragen, so dass die Mitschüler die Präsentation besser verstehen konnten. Die Gruppe trat nervös und unvorbereitet vor die Klasse. Die Schüler legten bei ihrer Präsentation einen besonderen Schwerpunkt auf die Behaarung von Faltern, um Schallreflexion verhindern zu können. Außerdem erwähnten sie die Entwicklung in der Evolution. Die Phänomene wurden physikalisch fast gar nicht erklärt und wenn, auch nicht immer richtig. Die zuhörenden Schüler zeigten hierbei aber stets ihr Interesse und stellten am Ende auch Fragen.

Die zweite Präsentation hatte den Versuch über den „Wärmetauscher“ als Schwerpunkt. Bei dieser Präsentation war viel Unterstützung vom Lehrer notwendig, denn auch diese Gruppe trat unvorbereitet vor die Klasse. Sie zeigte sich außerdem unsicher und etwas uninteressiert. Den Schwerpunkt legten die Schüler auf das Nicht-Festfrieren der Pinguinfüße und der ökologischen Bedeutung dessen. Die physikalischen Phänomene wurden allerdings fast nicht angesprochen und deshalb später vom Lehrer erklärt. Die zuhörenden Schüler zeigten dennoch zum Teil Interesse, obwohl es für sie nicht verständlich erklärt wurde. Trotzdem stellten einige Schüler auch zu diesem Thema Fragen.

Insgesamt war die Klasse sehr unruhig. Man merkte, dass die Schüler sich nicht einmal im Vorfeld die Materialien angeschaut hatten.

8. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde die Konzeption des Schülerlabors „Physik im Tierreich“ beschrieben.

Es ist vor allem zu Beginn der 10. Klasse oder am Ende der neunten Klasse der Realschule ausgelegt. Für die Schüler soll das Schülerlabor eine Wiederholung der Themen im Fach Physik darstellen. Hierfür werden die Themen in einen biologischen Kontext gepackt, um auch die Mädchen noch mehr mit ein zu binden.

Die Durchführung des Schülerlabors und die anschließende Schülerbefragung zeigen, dass das Schülerlabor „Physik im Tierreich“ mit großem Interesse angenommen wurde und auch als ein Erfolg angesehen werden kann. Selbst die Tatsache, dass eine Klasse aus Hessen das Schülerlabor besuchte, obwohl deren Lehrplan für die Konzipierung des Schülerlabors nicht berücksichtigt worden ist, machte keinen größeren Schwierigkeiten.

Das Konzept, mehrere unabhängige Stationen zu entwickeln, in denen die Schüler einen roten Faden erkennen konnten und weitestgehend frei experimentieren konnten, stellte sich als gelungen heraus.

Gespräche mit den Lehrern der durchführenden Klasse zeigten die Begeisterung für das Schülerlabor und für die große Konzentrationsphase der Schüler, sowie für die Möglichkeiten für das freie Experimentieren.

Für das Schülerlabor „Physik im Tierreich“ bieten sich dennoch verschiedene Verbesserungsmöglichkeiten an. So war der Hauptkritikpunkt, dass das Schülerlabor keine Pausen beinhaltet hat und das in der Station zur Optik die Zeit zu knapp war, da hier nicht immer alle Versuche durchgeführt werden konnten. Um dieses Problem zu umgehen müsste ein größerer Zeitrahmen eingeplant werden und mindestens eine große Pause eingelegt werden. In der Optik Station müssten die Versuchsaufbauten mindestens zweimal vorhanden sein, damit die Versuchsdurchführung nicht solange dauert und dennoch jeder Schüler den Versuch durchführen kann.

9. Anhang

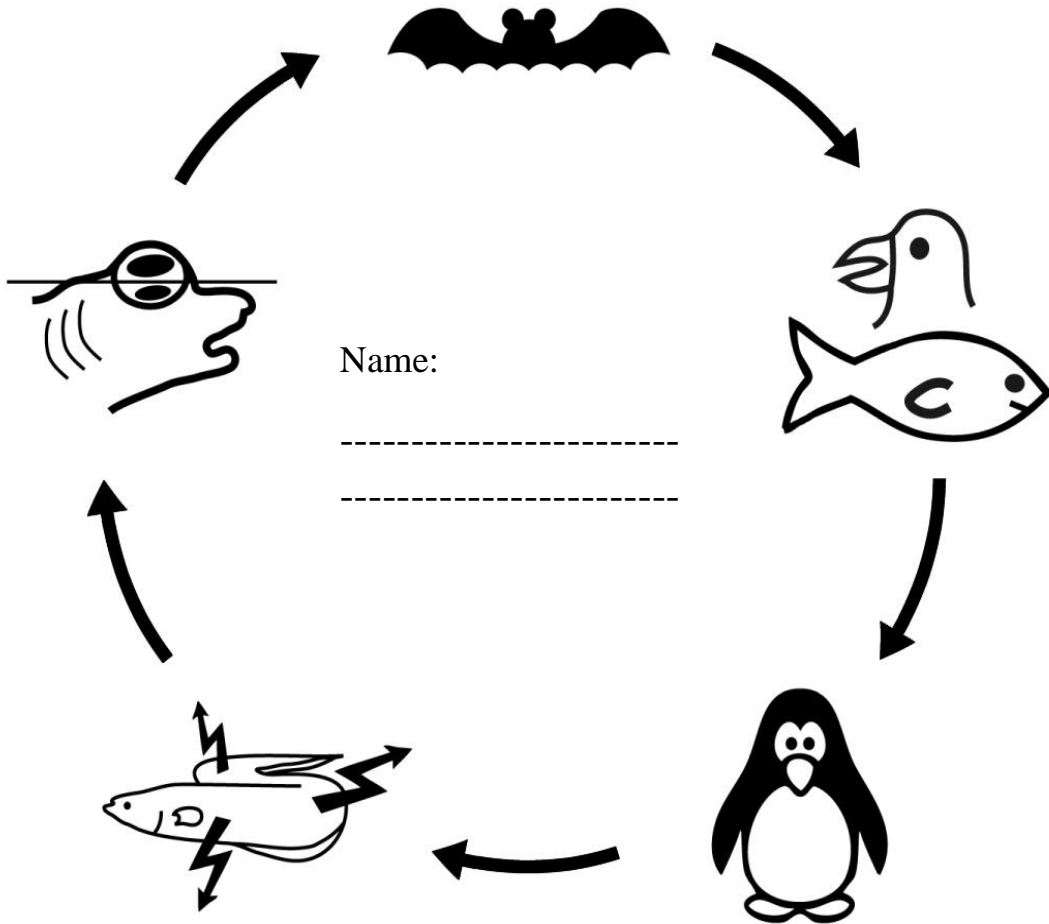
Im folgenden Teil werden alle Texte und Dokumente angehängt, die für die Entwicklung und die Durchführung des Lehr-Lern-Labors notwendig waren. Die Dokumente befinden sich in der Original Seiteneinrichtung, die aus praktischen Gründen so gewählt worden ist, damit sie für einen eventuellen späteren Gebrauch wiederverwendet und herauskopiert werden können.

Bei den Checklisten, den Beobachtungsbögen der Schüler, der Betreuer und auch bei der Präsentation wird jeweils ein Beispiel ausgewählt, die übrigen Checklisten und Beobachtungsbögen können auf der CD im Anhang eingesehen werden.

Physik im Tierreich

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Lehrstuhl für Physikdidaktik



Ein Lehr-Lern-Labor

Ausgearbeitet von

Annemarie Hausmann

Betreut von

Prof. Dr. Thomas Trefzger

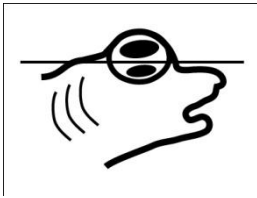
September 2011

Ablauf:

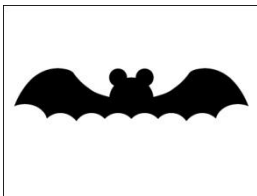
Am Anfang wirst du in Gruppen aufgeteilt. In deiner Gruppe wirst du eine Station nach der anderen durchlaufen, dabei hältst du die Reihenfolge, die auf dem Deckblatt ist ein. Du hast ca. eine dreiviertel Stunde für jede Station Zeit, deshalb arbeite zügig und genau mit deiner Gruppe.

In dem Arbeitsheft gibt es immer wieder Zeichen, damit du dich schneller orientieren kannst.

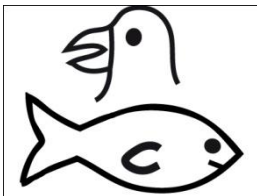
Hier folgt eine kurze Erklärung dieser Zeichen:



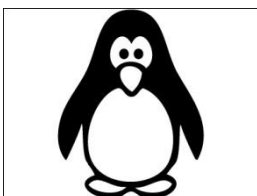
Station zur Optik



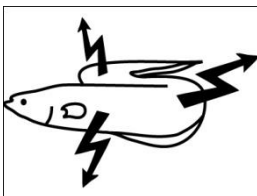
Station zur Akustik



Station zur Mechanik



Station zur Wärmelehre



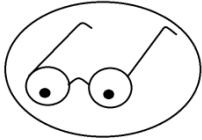
Station zur Elektrizität



Vorsicht mit den Augen! Laser!



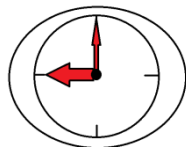
Achtung Strom!



Hier findest du etwas zum Lesen.



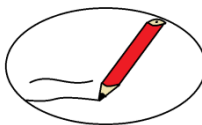
Hier findest du einen Versuch.



Achte auf die Uhr!



Wichtig! Ein Merksatz!





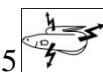


Hier hast du eine Aufgabe zu lösen.

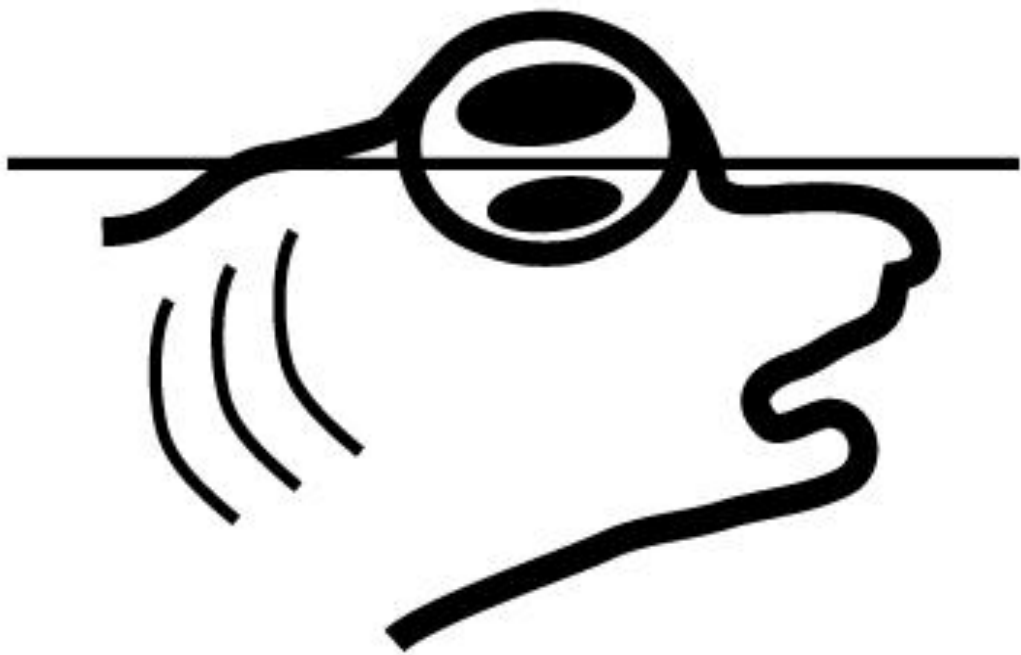


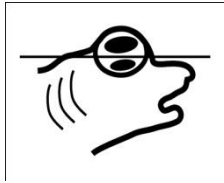
Hier findest du was zum Rechnen.

Inhaltsverzeichnis

Ablauf	2
Inhaltsverzeichnis	4
Station zur Optik	5 
Station zur Akustik	18 
Station zur Mechanik	30 
Station zur Wärmelehre	43 
Station zur Elektrizität	55 
Abbildungsverzeichnis	70

Station zur Optik





Station zur Optik

1. Das Vieraug

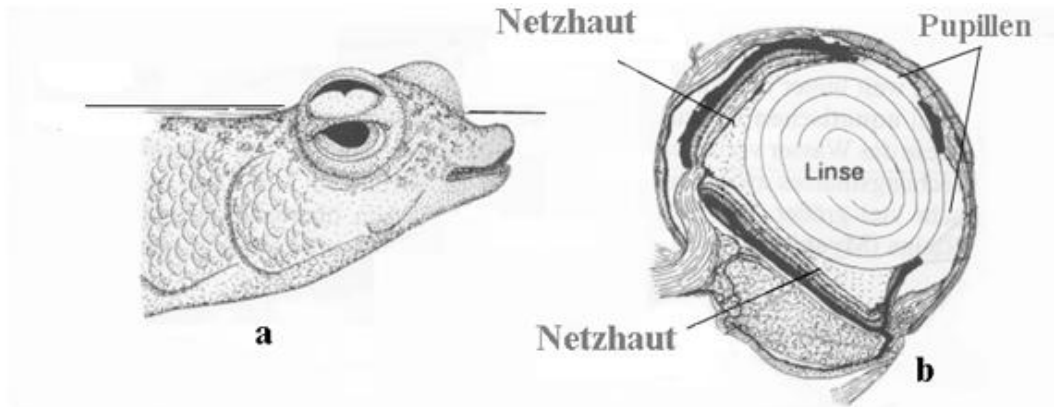
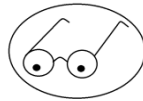


Abb. 1.1: Vieraug und sein Auge

Hier siehst du den Kopf eines Vierauges und ein Schema von der Linse eines Vierauges. Dieser Fisch wird circa 30 cm lang. Das Besondere an diesem Fisch ist die Augenlinse, denn diese ist zweigeteilt.

Sie ist leicht eiförmig und füllt weitestgehend das Augenninnere aus. Hierbei ist außergewöhnlich, dass die Linse zwei Bilder gleichzeitig fokussieren kann und diese dann auf der Netzhaut parallel wahrgenommen werden. So kann das Vieraug gleichzeitig über und unter dem Wasser scharf sehen.

Fragen zum Vieraug:



Die Fische sind Räuber, wo werden sie jagen? Markiere deine Vermutung!

- In der Tiefe
- An der Oberfläche
- Mittlere Wassertiefen

Vervollständige die Sätze:

Die obere Netzhaut bildet das Bild unter dem Wasser ab.

Die untere Netzhaut bildet das Bild über dem..... Wasser ab.

Wenn du dir nicht sicher bist, nimm dir die Hilfekarte Nr. 1.



Die Linse für das Sehen unter Wasser hat eine stärkere Krümmung. Überlege, woran das liegen könnte und erkläre!

Durch die stärkere Krümmung hat die Linse eine größere Brechung.

Welchen Vorteil haben Vieraugen gegenüber anderen Fischen?

Ein Vorteil ist, dass das Vierauge gleichzeitig über der Wasseroberfläche und unter dem Wasser sehen kann. Das Vierauge kann so schneller Beutetiere und Jäger oberhalb und unterhalb des Wassers wahrnehmen.

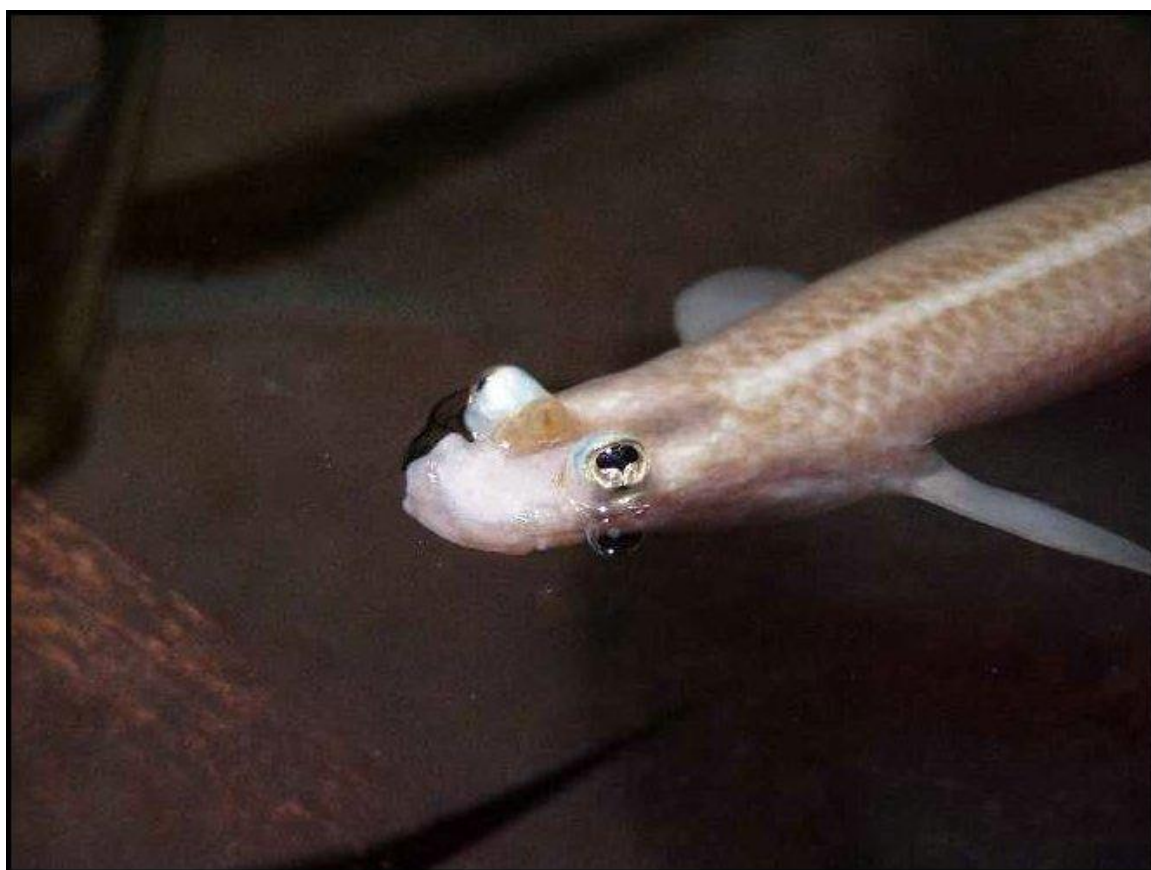
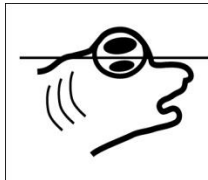


Abb. 1.2: Vierauge



2. Versuch: „Fischfang“



Das brauchst du dazu:

- Wasserbecken
- Zielrohr mit Stativ
- Metallstab
- Zielobjekt

Schau zuerst durch das Zielrohr und stelle den Winkel so ein, dass du das Zielobjekt durch das Zielrohr genau anvisierst. Hierbei ist es **wichtig**, nur durch das Zielrohr zu schauen.

Stelle das Zielrohr in genau dieser Position an dem Stativ fest und stecke den Metallstab durch das Zielrohr.

Ziel ist es, dass du das Zielobjekt mit dem Metallstab mit Hilfe des Zielrohres triffst.

Hast du das Zielobjekt getroffen?

Wenn du es nicht auf Anhieb getroffen hast, beantworte folgende Fragen:

Hast du den Gefäßboden mit dem Metallstab oberhalb oder unterhalb des Zielobjektes getroffen?

- Oberhalb
 Unterhalb

Woran könnte es gegebenenfalls liegen, dass du das Zielobjekt unter Wasser nicht getroffen hast?

Das Licht wird gebrochen, dadurch scheint die Münze an einem anderen Ort zu liegen, als sie es wirklich tut.



3. Versuch: „Brechung“



Das brauchst du dazu:

- Halbkreisprisma aus Glas
- Laserpointer (**Vorsicht mit den Augen**)
- Winkelscheibe



Durchführung:

Lege das Halbkreisprisma auf die Winkelscheibe. Lasse den Laserstrahl auf die flache Seite des Halbkreises fallen. Stelle verschiedene Winkel für den einfallenden Strahl ein. Lese nun die dazu passenden Winkel ab, in dem der Lichtstrahl ein- und ausfällt.

Notiere in der unteren Tabelle sechs Winkelpaare:

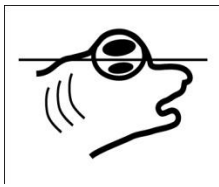
	Einfallender Winkel	Ausfallender Winkel	Ausfallender Winkel für 2. Material
1			
2			
3			
4			

(Hast du am Ende noch Zeit, verwende noch einen Halbkreis aus einem anderen Material. Beobachte, wie sich die Winkel der ausfallenden Strahlen verändern, obwohl die einfallenden Winkel identisch sind. Vergleiche die ausfallenden Winkel miteinander.)

Merke:



- Einfallender und gebrochener Strahl liegen in einer Ebene.
- Der Strahlengang ist umkehrbar.
- Von zwei Medien ist dasjenige das optisch dichtere, das den Lichtstrahl beim Übergang von einem in das andere Medium zum Lot hin bricht, das heißt, dass der Winkel hier kleiner wird.



Markiere das optisch dichtere Medium!

Glasprisma

Luft



Skizziere nun in die unteren Abbildungen den Verlauf der Strahlen und schreibe jeweils das verwendete Medium hinzu:

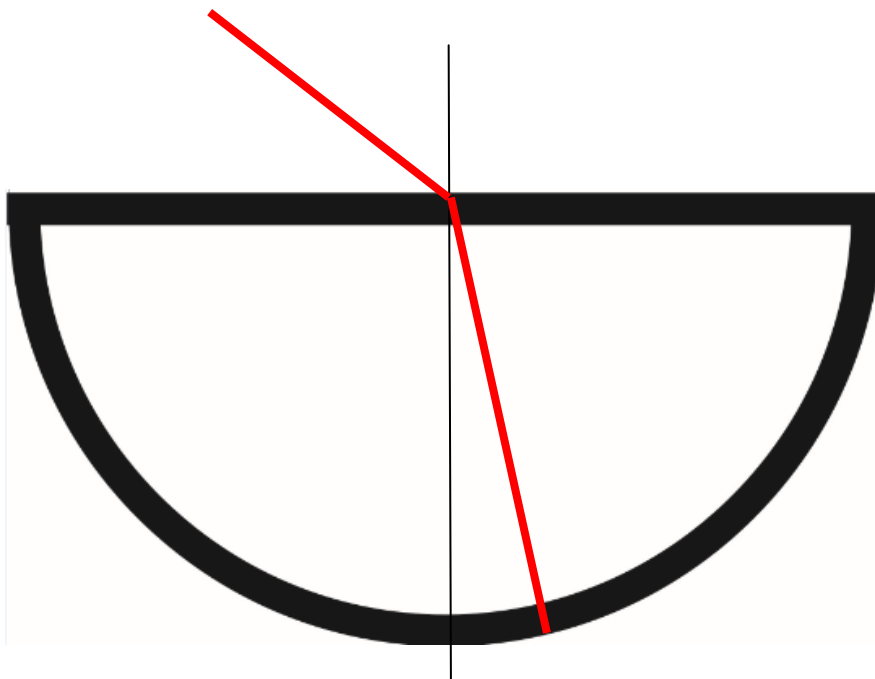
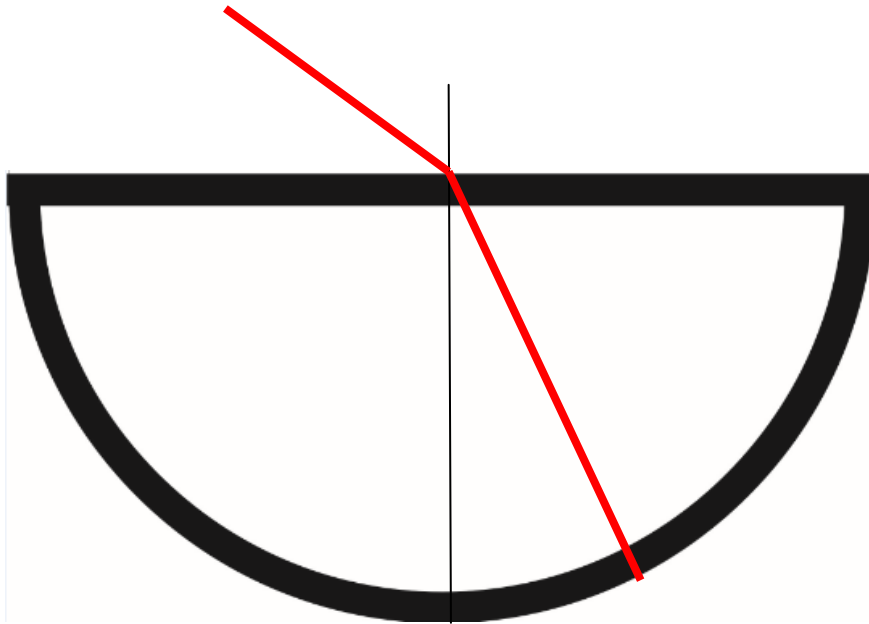


Abb. 1.3:



4. Funktionsweise des menschlichen Auges

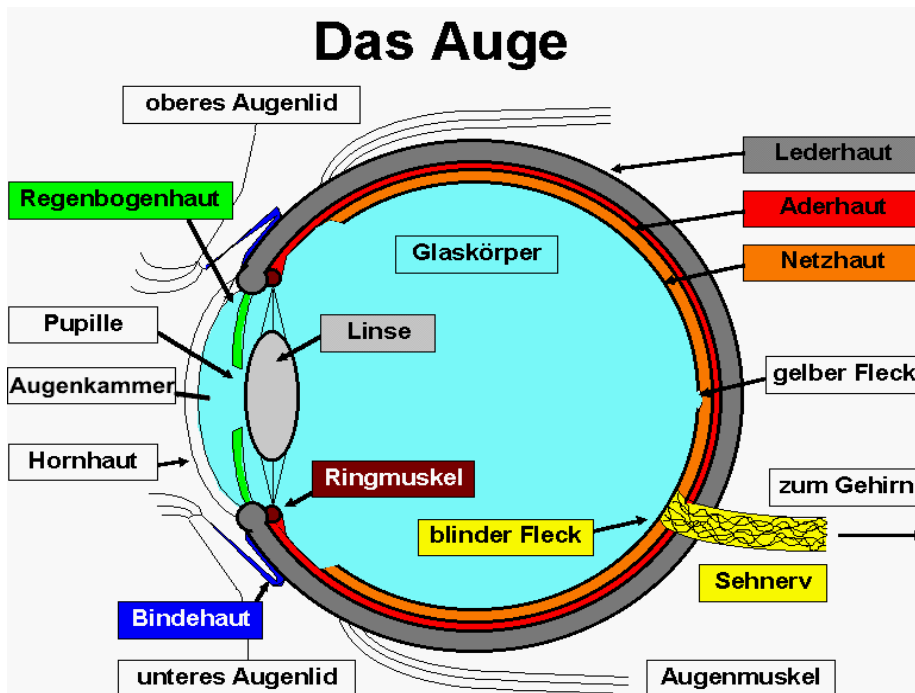
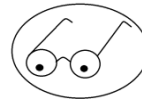


Abb. 1.4:

Du siehst eine schematische Darstellung des menschlichen Auges.

Die Lichtstrahlen fallen durch die Hornhaut, die Augenkammer, den Glaskörper und die Linse, dadurch werden sie so gebrochen, dass sie auf der Netzhaut abgebildet werden. Zum scharfen Sehen kann sich die Linse mit Hilfe des Ringmuskels krümmen. Diesen Vorgang nennt man Akkommodation. Deshalb wird ein Bild sowohl aus der Nähe als auch aus der Ferne scharf auf der Netzhaut abgebildet. Ferne Gegenstände werden beim entspannten Sehen scharf abgebildet, das heißt der Augenmuskel ist entspannt und die gesamten Bändchen, die den Muskel mit der Linse verbinden, ziehen die Linse flach. Dadurch wird die Brennweite vergrößert. Für das scharfe Sehen von nahen Gegenständen ist der Augenmuskel angespannt und somit die Linse stärker gewölbt.

Die Regenbogenhaut funktioniert wie eine Blende, indem sie nur einen Teil des Lichtes in das Auge fallen lässt. Von der Netzhaut wird das Bild von den Nervenzellen wahrgenommen und an das Gehirn als eine Information über Nerven weiter geleitet.

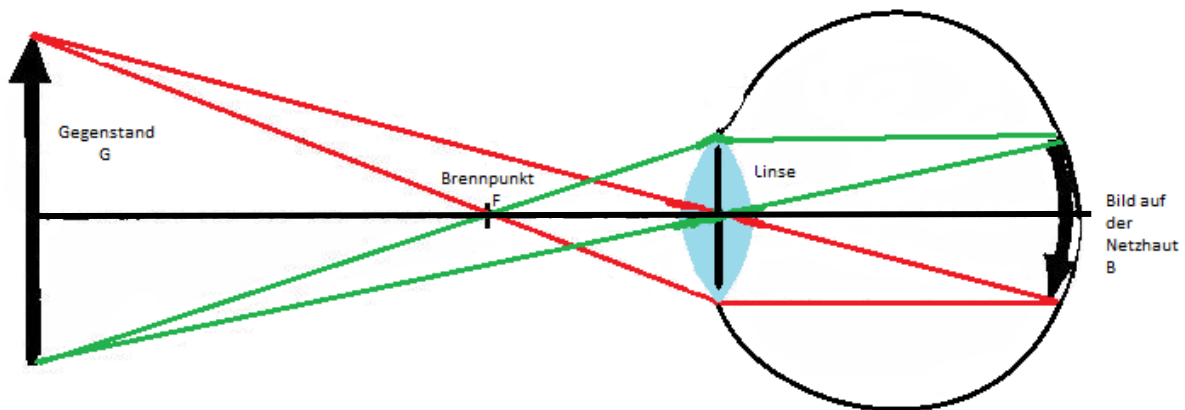
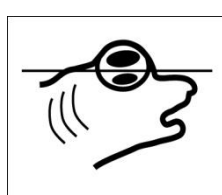
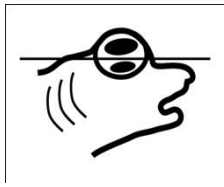


Abb. 1.5: Skizze des Strahlenganges im Augapfel.

Der schwarze Pfeil stellt einen Gegenstand dar. Die roten und grünen Linien stellen jeweils Lichtstrahlen dar. An ihnen sieht man schematisch, wie das Licht durch die Linse gebrochen wird. Auf der Netzhaut wird der Gegenstand als Bild abgebildet.

Die Linse im menschlichen Auge ist eine Sammellinse, denn sie ist zum Einen konvex gebogen und zum Anderen bündelt sie die Strahlen hinter der Linse.

Je gekrümmter eine Linse ist, desto mehr wird das Licht gebrochen.



5. Versuch: „Sehen unter Wasser“



Das brauchst du dazu:

- Augenmodell mit verstellbarer Linse
- 3 Standzylinder
- Wasser
- Bild auf Folie
- Overheadprojektor

Durchführung:



Nimm dir das Augenmodell und stelle ein scharfes Bild auf dem Transparentpapier, das die Netzhaut darstellt, her. Halte dazu das Augenmodell circa 25 cm, mit Hilfe eines Standzylinders, von dem Bild entfernt.

Wenn du in die Linse mit Hilfe der Spritze verschieden viel Wasser spritzt, „krümmst“ du sie unterschiedlich stark und es entsteht mit etwas Geschick ein scharfes Bild auf dem Transparentpapier des Augenmodelles.

Nimm nun einen mit Wasser randvoll gefüllten Standzylinder und stelle ihn auf das Bild, welches auf dem Overheadprojektor steht. Lege darauf das Augenmodell. Versuche erneut durch Veränderung der Wassermenge das Bild scharf zu sehen.

Woran könnte es liegen, dass du das Bild nicht richtig scharf sehen konntest?

Man kann die Linse nicht genug krümmen, dadurch reicht die Brechung nicht aus, um ein Bild unter Wasser scharf zu stellen.

Nimm den dritten Glaskolben und fülle ihn nicht ganz randvoll, so dass zwischen Augenmodell und Wasseroberfläche noch ein wenig Platz ist. Stelle ihn dann auf das Bild. Kannst du das Bild nun scharf stellen?

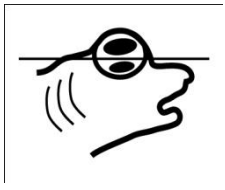


Wie siehst du Umriss beim Tauchen ohne Taucherbrille? Erkennst du einen Zusammenhang? Erkläre!

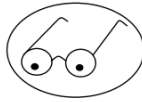
Man sieht beim Tauchen ohne Taucherbrille die Gegenstände unscharf.

Unsere Linse kann sich nicht stark genug krümmen, um das Licht so zu brechen, dass es auf die Netzhaut abgebildet wird.

Beim Übergang von Wasser zum Auge findet eine kleinere Brechung statt, als beim Übergang von Luft zum Auge.



6. Akkommodation bei Fischen



Aus deiner Erfahrung heraus hast du bestimmt schon festgestellt, dass du unter Wasser nicht scharf sehen kannst. Du hast bereits herausgefunden, dass dies an den Grenzen der Akkommodation unserer Augen liegt. Die menschliche Augenlinse kann sich nur bis zu einem bestimmten Grad verkrümmen und deshalb nur bis zu einer bestimmten Entfernung Gegenstände scharf abbilden. Das unscharfe Bild entsteht, da das Bild erst hinter der Netzhaut exakt abgebildet wird. Menschen sind praktisch weitsichtig unter Wasser. Bei Weitsichtigkeit entsteht das Bild erst hinter der Netzhaut und bei Kurzsichtigkeit entsteht das Bild kurz vor der Netzhaut. Dadurch nehmen Leute mit Fehlsichtigkeit Bilder unscharf wahr.

Fische haben eine andere Art von Akkommodation entwickelt. Bei uns Menschen ist der Abstand zwischen der Linse und der Netzhaut fest, bei Fischen jedoch variiert dieser. Durch Veränderung des Abstandes zwischen Linse und Netzhaut werden Bilder scharf gestellt.

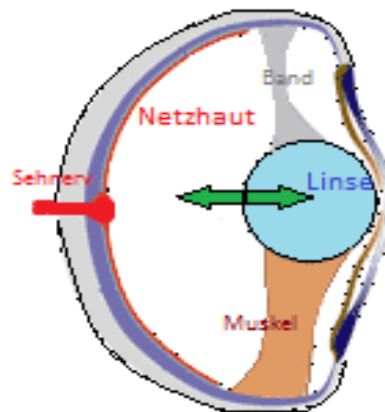
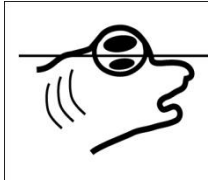


Abb.: 1.6.

Haiauge mit beweglicher Linse

Die Pfeile zeigen wie die Linse sich bewegen kann, wenn der Muskel sich an- oder entspannt. Dadurch wird das Bild wieder genau auf die Netzhaut abgebildet.



7. Versuch: „Akkommodation bei Fischen“

Das brauchst du dazu:

- Augenmodell aus zwei Plastikflaschen
- Standzylinder
- Bild auf Folie
- Overheadprojektor

Durchführung:

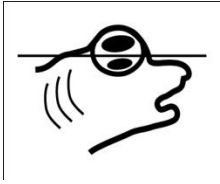
Stelle den Standzylinder, wie zuvor, auf das Bild, welches auf dem Overheadprojektor liegt. Platziere das zweite Augenmodell auf dem randvoll-gefüllten Wasserbehälter. Versuche erneut das Bild scharf zu stellen, indem du die innere Flasche verschiebst. Das Bild wird auf dem Transparentpapier des Augenmodells abgebildet.

Beschreibe die Position der beiden Flaschen, bei der du das Bild mit diesem Augenmodell scharf gesehen hast!

Versuche nun das Bild mittels des Augenmodells mit einem ungefüllten Wasserbehälter scharf zu stellen.

Wie weit ist die innere Flasche jeweils herausgezogen worden, damit das Bild scharf abgebildet wurde. Lese die Länge an dem Zentimeterband der Flasche ab.

Länge in cm in der Luft	
Länge in cm im Wasser	



8. Noch mehr Fragen.....



Wenn ihr noch viel Zeit habt, beantwortet folgende Fragen.

Sieht man unter Wasser besser, wenn man kurzsichtig oder weitsichtig ist? Erkläre!

(Nimm dir hierzu, wenn du unsicher bist, eine Hilfekarte.)

Man sieht als Kurzsichtiger unter Wasser besser, da man durch die geringe Brechung durch das Wasser das Bild wieder auf die Netzhaut abbilden kann. Bei einem Kurzsichtigen ist beim Sehen an der Luft die Brechung zu stark und so ist der Brennpunkt dann vor der Netzhaut.

Ändert sich die Brechkraft eines Auges bei der Benutzung einer Taucherbrille?

Schreibe deine Vermutung auf und begründe!

Durch die Taucherbrille entsteht zwischen Auge und Objekt eine Luftschicht. Die Luftschicht sorgt wieder für eine optimale Brechung, für die das menschliche Auge gebaut ist.

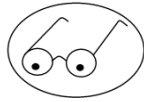
Station zur Akustik





Station zur Akustik

1. Nachtaktivität



Im Laufe der Evolution entwickeln sich Merkmale von Lebewesen einer Population von Generation zu Generation um. Sie passen sich beispielsweise besser an ihre Umgebungen an oder besetzen sogar neue Lebensräume. Häufige Gründe hierfür sind Nahrungsmangel und Jäger.

Nicht jede Veränderung ist nützlich und somit auch für das Lebewesen sinnvoll, aber nur die nützlichen Veränderungen haben eine Chance sich durchzusetzen.

Wegen der Evolution sind manche Insekten nachtaktiv, damit sie weniger Fressfeinde haben. Viele Insekten besitzen daher sehr lichtempfindliche Augen oder einen guten Geruchssinn, um sich besser in der Dunkelheit zu Recht zu finden.

Allerdings entwickelten sich auch einige Fressfeinde weiter, wie zum Beispiel Eulen und Fledermäuse.

An dieser Station beschäftigst du dich besonders mit der Fledermaus. Sie orientiert sich nicht nur mit ihren sehr guten Augen, sondern vor allem auch mit ihrer Ultraschallechoortung. Sie stößt dabei kurze Knackgeräusche oder lange Summtöne aus, um somit ihre Umwelt abzutasten.

Schall, der oberhalb von 20 kHz liegt, ist für uns Menschen nicht hörbar. Diesen Bereich bezeichnet man als Ultraschall.

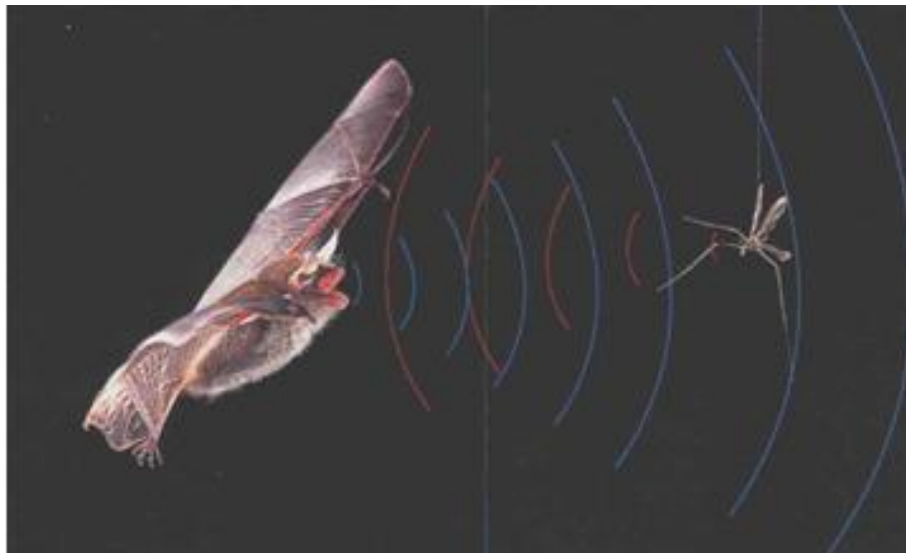


Abb. 2.1:
Schematische Echoortung einer Fledermaus



2. Versuch: „Ultraschall“

Das brauchst du dazu:

- Ultraschallempfänger
- Ultraschallsender

(Der Ultraschallempfänger leuchtet, wenn er Ultraschalltöne wahrnimmt. Auf andere Frequenzen, das heißt auf andere Töne, spricht er nicht an.)

Durchführung:

Probiere aus, was Ultraschallgeräusche erzeugt.

Überprüfe zuerst, ob der Ultraschallempfänger richtig funktioniert, indem du den Ultraschallsender benutzt.

Wieso kannst du den Ton nicht hören? Erkläre!

Unser Ohr kann Ultraschallfrequenzen nicht wahrnehmen, da das Ohr für diese Frequenz nicht empfindlich ist. Die Frequenz ist zu hoch.

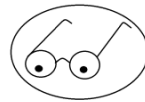
Mache als nächstes verschiedene Geräusche, wie zum Beispiel klatschen, mit den Fingern schnipsen, rufen,....

Notiere kurz, wann der „Batdetektor“ (Ultraschallempfänger) anschlägt und wann nicht. Kreuze an!

Geräusch	Batdetektor schlägt an	Batdetektor schlägt nicht an
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		



3. Ultraschallwahrnehmung



Fledermäuse können mit Hilfe der Ultraschallechoortung Insekten orten und somit dann auch fangen.

Einige Insekten haben zum Schutz vor den Jägern die Eigenschaft entwickelt, Ultraschalltöne wahrzunehmen. Durch Ultraschallsensoren können sie rechtzeitig die Fledermaus erkennen und ihr durch einen kontrollierten Sturz ausweichen.

Daraufhin entwickelte sich die Fledermaus weiter. Sie senkt ein wenig ihre Flughöhe, wenn sie ein Insekt ortet, damit sie so das Insekt mit sehr großer Wahrscheinlichkeit fangen kann. Außerdem verwendet die Fledermaus ihre Flügel als Kescher, um die fliehenden Insekten dennoch zu fangen.

Die Fledermaus nimmt, im Gegensatz zu den Insekten, den Schall mit den Ohren wahr. Der Aufbau des Fledermausohrs gleicht dem des Menschenohrs. Doch wie funktioniert das?



Abb. 2.2:
Fledermaus bei der Jagd



4. Versuch: „Wie der Schall zum Ohr gelangt“



Das brauchst du dazu:

- Zwei Tamburine, die hintereinander an einem Stativ hängen
- Tischtennisballpendel
- Schlägel

Durchführung:

Befestige den Tischtennisball so am Stativ, dass er das Fell des zweiten Tamburins berührt, aber dennoch in die andere Richtung frei schwingen kann.

Schlage mit dem Schlägel auf das Tamburin, welches das Tischtennisballpendel nicht berührt.

Was kannst du beobachten? Schreibe auf!

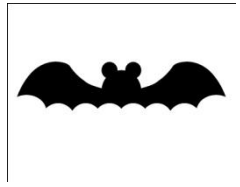
Warum bewegt sich der Tischtennisball?

Wenn auf das eine Tamburin geschlagen wird, werden die Luftteilchen in Schwingungen gebracht. Die Schwingungen werden vom zweiten Tamburin aufgenommen, dadurch fängt der Tischtennisball an zu hüpfen.

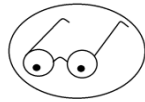
Bringe die einzelnen Bestandteile des menschlichen Ohrs in die Reihenfolge, wie sie schwingen, wenn die Schallwelle am Ohr ankommt. Nummeriere die einzelnen Teile des Ohrs

- | | |
|--|----------|
| <input type="checkbox"/> Amboss | <u>4</u> |
| <input type="checkbox"/> ovales Fenster | <u>6</u> |
| <input type="checkbox"/> Hammer | <u>3</u> |
| <input type="checkbox"/> Trommelfell | <u>2</u> |
| <input type="checkbox"/> Luft im äußeren Gehörgang | <u>1</u> |
| <input type="checkbox"/> Steigbügel | <u>5</u> |
| <input type="checkbox"/> Gehörschnecke | <u>7</u> |

Tipp: Wenn du dir nicht mehr sicher bist, dann nimm dir die Hilfekarte Nummer 1.



5. Schlechtes Echo



Manche Insekten bildeten im Laufe der Evolution eine starke Beschuppung, Fransen oder Haare.



Abb. 2.3:
Nachtfalter mit vielen Fransen



Aus welchem Grund könnte das für diese Insekten hilfreich sein? Denke an die Fledermaus. Schreibe deine Vermutungen auf!

Schlechtes Echo. Die Beschuppung stellt eine akustische Tarnung vor den Fledermäusen dar.



6. Versuch: „Schallreflexion“



Das brauchst du dazu:

- Zwei Pappröhren
- Buch
- Plüschtier

Durchführung:

Stelle die zwei Pappröhren in einem spitzen Winkel zu einander auf. An der Spitze stellst du das Buch auf. Klatsche in die eine Pappröhre und halte gleichzeitig das Ohr an die andere Pappröhre.

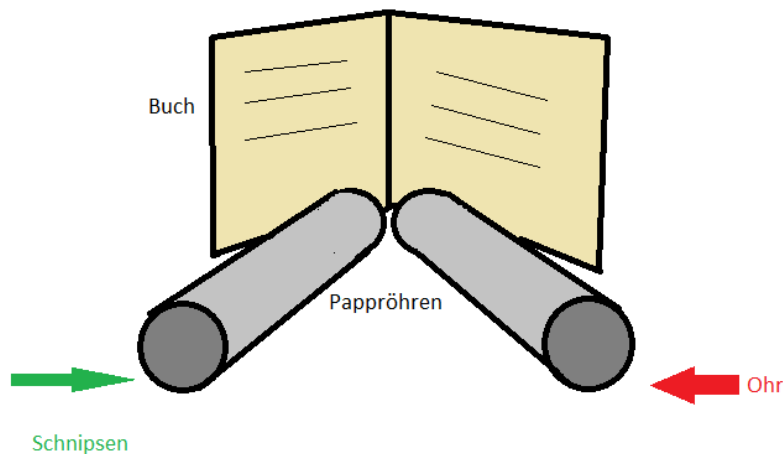


Abb. 2.4: Versuchsaufbau

Beschreibe, was du hören konntest!

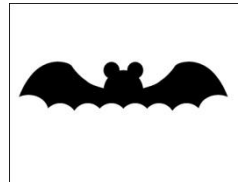
Stelle nun zwischen die Pappröhrenenden und dem Buch ein Plüschtier auf. Wiederhole dann den Versuch.

Hörst du einen Unterschied? Woran könnte es deiner Meinung nach liegen? Schreibe deine Vermutungen auf?

Eine glatte Oberfläche reflektiert das Echo besser als eine unebene Fläche. Das Echo ist dumpfer und leiser, da der Schall „verschluckt“ wird.

Erkennst du einen Zusammenhang zwischen diesem Versuch und dem Falter? Schreibe auf welchen!

Der Falter hat Schuppen und Fransen, um ein schlechtes Echo für die Fledermaus zurück zu werfen.



7. Versuch: „Schallausbreitung“



Das brauchst du dazu:

- Stimmgabel mit Nadel
- berußtes Glas

Durchführung:

Schlage die Stimmgabel an einem harten Gegenstand an. Nimm dann die schwingende Stimmgabel und ziehe mit der Nadel über die berußte Glasscheibe.

Fahre mal schneller und mal langsamer mit der Stimmgabel über die Glasscheibe.

Was kannst du sehen? Beschreibe die Linie, welche du mit der Stimmgabel gezogen hast!

Wellenlinien

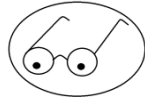
In welcher Form breitet sich Schall aus? Schreibe auf!

Der Schall breitet sich in Form von Wellen aus.

Was bringt der Schall zum Schwingen, damit wir ihn hören können? Erkläre!

Der Schall bringt die einzelnen Luftteilchen zum Schwingen.

Wenn bei dem Versuch oder dem Beantworten der Fragen Schwierigkeiten auftreten, bitte den Betreuer um Hilfe oder nimm dir die Hilfekarte Nr.2.



8. Der Dopplereffekt

Hast du schon einmal einen vorbeifahrenden Rettungswagen gehört?
Was hast du dabei gehört? Schreibe auf!

Damit die Fledermaus den Abstand mit Hilfe des Echos besser berechnen kann, entwickelte sie verschiedene Methoden.

Zum Einen verwendet sie die Laufzeitdifferenz von Schall. Schall benötigt nämlich eine gewisse Zeit, um sich auszubreiten. So ist die Zeit bis zum eintretenden Echo vom Abstand des Gegenstandes abhängig.

Zum Anderen macht die Fledermaus sich den Dopplereffekt zu Nutzen. Der Dopplereffekt tritt entweder bei bewegten Schallquellen oder bei bewegten Schallempfängern auf. Die Fledermaus ist beides zugleich, denn sie bewegt sich beim Aussenden des Lautes und auch beim Empfangen des Echos.

Bewegt sich eine Schallquelle auf einen Beobachter zu, so liegen die Verdichtungen in Bewegungsrichtung näher zusammen und daher nimmt der Beobachter eine höhere Frequenz wahr. Entfernt sich die Schallquelle, so ist die wahrgenommene Frequenz kleiner und deshalb der wahrgenommene Ton tiefer.

Die Fledermaus berechnet den Unterschied der Tonhöhen, beziehungsweise der Frequenzen, um die Entfernung eines Gegenstandes oder eines Beutetieres ermitteln zu können.

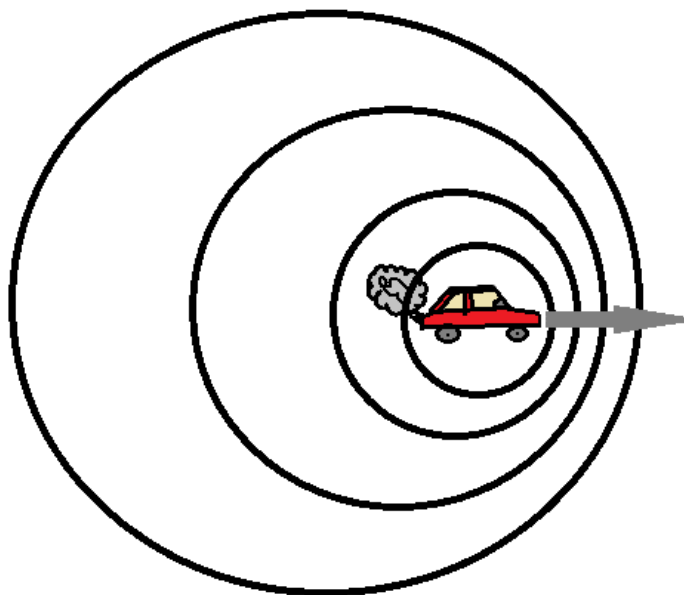
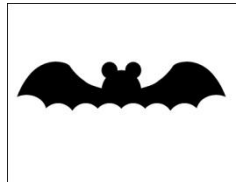


Abb. 2.5:
Dopplereffekt bei einem fahrenden Auto



9. Versuch: „Reflexion und Dopplereffekt“



Wie du schon gesehen hast, breitet sich Schall in Wellen aus, ähnlich wie eine Wasserwelle.

Das brauchst du dazu:

- Flaches Wasserbecken
- Wellenauslöser
- Hindernis

Durchführung:

Stelle den Wellenauslöser in das Wasserbecken und betrachte die Wellen im Wasser. Setze anschließend das Hindernis in das Becken.

Was kannst du beobachten? Schreibe auf!

Hole das Hindernis aus dem Becken. Nimm dann den Wellenauslöser vorsichtig in die Hand und bewege ihn langsam und möglichst gleichmäßig durch das Wasser.

Was fällt dir auf? Wie nennt man deiner Meinung nach diesen Effekt? Schreibe auf!

Dopplereffekt. Die vorderen Wellen haben einen geringeren Abstand als die hinteren Wellen.

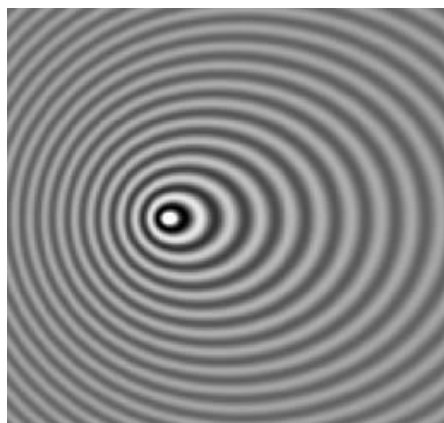


Abb. 2.6: Bild des Dopplereffekts in einem Wasserbecken.



10. Verstopftes Maul



Bei einigen Insekten hat sich außerdem eine neue Strategie zum Schutz vor Fledermäusen entwickelt. So haben viele Nachtfalter Widerhaken gebildet, mit denen sie für die Fledermäuse nur schwer runterzuschlucken sind. So verstopfen die Insekten das Maul der Fledermäuse. Dies führt bei Fledermäusen zur Orientierungslosigkeit, denn mit vollem Maul können die Fledermäuse nur unklare Laute ausstoßen. So retten die Insekten sich zwar nicht selbst, aber vorerst ihre Artgenossen.

Aus diesem Problem heraus hat sich von Zeit zu Zeit parallel eine neue zweite Art von Fledermäusen entwickelt, die Rhinophilen. Diese Art Fledermäuse sendet Laute durch die Nase aus. So können sie sich auch mit verstopftem Maul weiter orientieren.

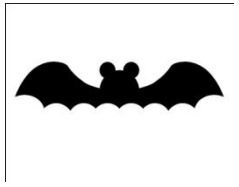
Diese Fledermäuse haben einen trichterförmigen Aufsatz auf der Nase. Mit diesem können sie einen gezielten und gebündelten Laut ausstoßen.

Außerdem funktionieren die zwei Nasenlöcher wie zwei Spalten, die eng aneinander liegen. Dies ermöglicht den Fledermäusen mit Hilfe von Interferenz, eine Überlagerung der Schallwellen, sich noch genauer zu orientieren.



Abb. 2.7:

Eine Große Hufeisennase mit Nasenaufsatz



11. Versuch: „Laufzeitdifferenz“



Das brauchst du dazu:

- Schlauch mit zwei Trichtern
- Dicke Stricknadel

Durchführung:

Eine Person bekommt die beiden Trichter an die Ohren gesetzt, die mit dem Schlauch verbunden sind. Auf dem Schlauch findest du eine Markierung, die die Mitte des Schlauchs anzeigt. Jetzt schließt die Person die Augen. Eine weitere Person schlägt mit der Nadel auf den Schlauch. Die Person mit den Trichtern an den Ohren soll mit einer Handbewegung deuten auf welcher Seite des Schlauchs mit der Nadel geschlagen wurde.

Schätze ab, bei viel Abstand zur Mitte noch erkannt werden kann, auf welche Hälfte geschlagen wurde.



Schall benötigt für die Ausbreitung Zeit. In der Luft legt der Schall in einer Sekunde eine Strecke von 340 Metern zurück. Durch die Zeitdifferenz, die der Schall von einem Ohr zum anderen Ohr braucht, kann nicht nur die Fledermaus die Richtung bestimmen, sondern auch wir Menschen.

12. Memory

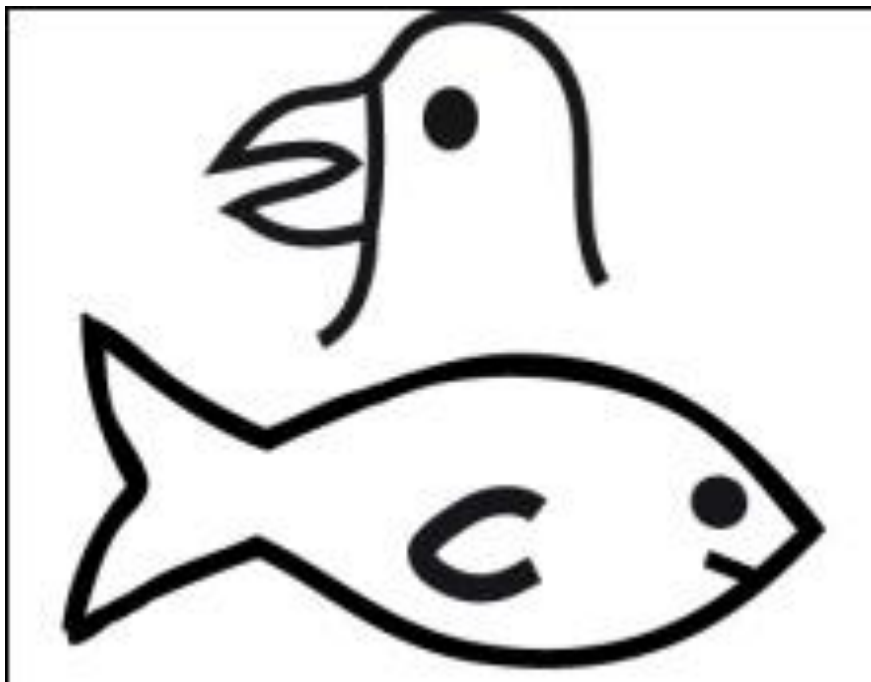
Finde die passenden Geräusche zueinander.

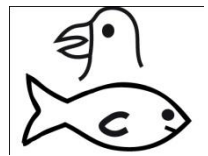
So funktioniert es:

Wähle zwei Kärtchen und lege sie nacheinander auf das Kartenlesegerät. Wenn es die passenden Kärtchen sind, dann hörst du zweimal das gleiche Geräusch. Wer am Ende die meisten Kartenpaare gefunden hat, der hat gewonnen

Viel Spaß!

Station zur Mechanik

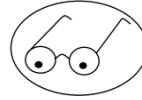




Station zur Mechanik

I. Teil

1. Versuch: „Archimedes auf der Spur“



Vor Jahrhunderten stand Archimedes vor dem gleichen Problem wie du jetzt gleich stehen wirst.

Damals war Archimedes von König Hieron II beauftragt worden, herauszufinden, ob die Krone wie bestellt aus reinem Gold wäre oder ob das Material durch billigeres Metall gestreckt worden sei. Ein großes Problem war, dass die Krone beim Experimentieren nicht zerstört werden durfte.

Überlieferungen nach hatte Archimedes den rettenden Einfall in der Badewanne. Angeblich lief er daraufhin durch die Stadt und rief laut Heureka („Ich hab es gefunden“).

Das brauchst du dazu:



- Knetkugel mit Schnur
- Knetkrone mit Schnur
- Waage
- Kraftmesser
- Wasserbehälter
- Plastikfisch

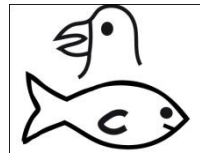
Finde heraus, ob die Knetkrone aus reiner Knete besteht ohne sie zu zerstören.

Durchführung:

Hänge die beiden Gewichte an jeweils eine Seite der Waage. Was kannst du beobachten? Schreibe auf!

Stelle die Waage mit den beiden Knetgegenständen so ins Wasser, dass sich sowohl Kugel als auch Krone komplett im Wasser befinden.

Was erkennst du? Schreibe auf!



Sind Krone und Kugel deiner Meinung nach aus dem gleichen Material? Begründe deine Vermutung!

Sie können nicht aus dem gleichen Material sein. Sie haben zwar ein gleiches Gewicht, aber einen unterschiedlichen Auftrieb, daraus kann man schließen, dass sie unterschiedliche Dichte besitzen.

Nimm dir den Plastikfisch und miss die Gewichtskraft einmal in der Luft und einmal unter Wasser. Benutze hierfür den Kraftmesser. Notiere jeweils die Gewichtskraft. (Vergiss nicht die richtige Einheit)

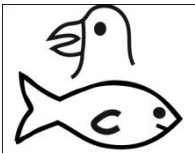
$F_{\text{Luft}} =$ _____

$F_{\text{Wasser}} =$ _____

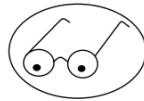
Berechne die Differenz von den beiden Gewichtskräften:



$F_{\text{Luft}} - F_{\text{Wasser}} =$ _____



2. Die Auftriebskraft



Unter Wasser sind schwerere Gegenstände leichter als an der Luft. Es scheint, als würde auf einen Körper unter Wasser eine kleinere Gewichtskraft wirken. In Wirklichkeit ist aber die Gewichtskraft an der Luft und im Wasser gleich groß, da die Erdanziehung gleich groß bleibt. In Wasser dagegen wirkt noch eine nach oben gerichtete Kraft auf den Körper. Die Auftriebskraft.

Zusätzlich wirken im Wasser auf den Körper Kräfte von allen Seiten. Diese nehmen mit der Wassertiefe zu. Deshalb sind die Kräfte auf die Flächen des Körpers je nach Wassertiefe verschieden groß.



Archimedisches Prinzip: Die Auftriebskraft auf einen Körper in einer Flüssigkeit ist genauso groß wie die Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit.

$$F_A = \rho_{Fl} \cdot g \cdot V_{Körper}$$

(F_A ist die Auftriebskraft, ρ_{Fl} ($\rho = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$) ist die Dichte der Flüssigkeit, g die Gravitationskonstante und $V_{Körper}$ das Volumen des Körpers)

Die oben ermittelte Differenz entspricht der Auftriebskraft des „Fisches“.

$$\begin{aligned} F_A &= \rho_{Fl} \cdot g \cdot V_{Körper} \quad , (m_{\text{verdrängt}} = \rho_{Fl} \cdot V_{Körper}) \\ &= m_{\text{verdrängt}} \cdot g \quad , m_{\text{verdrängt}} = \text{verdrängte Flüssigkeitsmasse} \\ &= F_{G, \text{verdrängt}} \quad , F_{G, \text{verdrängt}} \text{ ist die Gewichtskraft von } m_{\text{verdrängt}} \end{aligned}$$

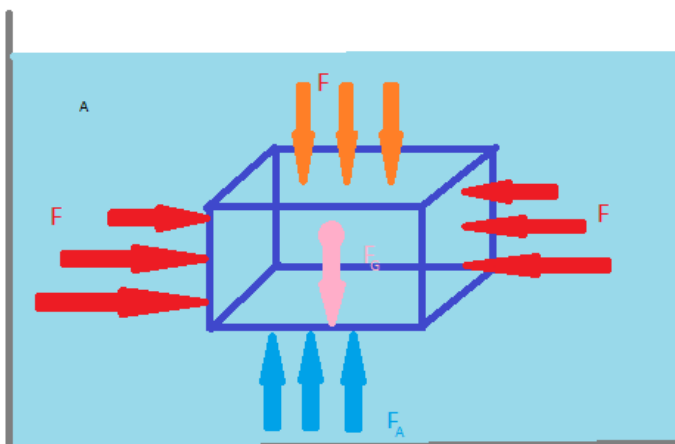
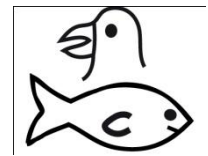


Abb. 3.1:

Kräfte auf einen Würfel unter Wasser

Hier sieht man die verschiedenen Kräfte, die auf einen Körper im Wasser wirken. Die roten und orangen Pfeile stellen den Schweredruck dar, die blauen Pfeile den Auftrieb und der rosa Pfeil die Gewichtskraft.



3. Versuch: „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“

Wie kann ein Fisch im Wasser schwimmen?

Wie kann er von der Wasseroberfläche zum Grund und wieder zurück schwimmen?

Einige Fische können ihre Dichte variieren. Dazu besitzen sie eine Schwimmblase.

Das brauchst du dazu:



- Großes Glasgefäß mit Wasser
- Glaspipetten mit Hütchen

Durchführung:

Stelle das Glasgefäß mit Wasser auf den Tisch. Fülle die Pipette sowie auch das Hütchen vollständig mit Wasser. Lege dann die Pipette auf die Wasseroberfläche und beobachtet, was passiert. Schreibe deine Beobachtungen auf!

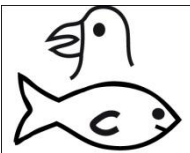
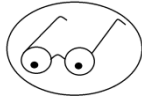
Drücke jetzt ein wenig Wasser aus dem Hütchen, so dass sich oben eine Luftblase bilden kann. Lege die Pipette wieder auf das Wasser!

Was kannst du beobachten? Schreibe auf!

Versuche nun genau so viel Wasser aus der Pipette auszudrücken, dass sie im Wasser schweben kann.

Versuche die beobachteten Phänomene zu erklären:

Luft hat eine kleinere Dichte als Wasser, dadurch hat die Luft einen großen Auftrieb. Wenn viel Luft in der Pipette ist, dann steigt und schwimmt diese, wenn wenig Luft in dem Hütchen ist, dann sinkt sie.



Wenn die Dichte des Körpers größer ist als die Dichte der Flüssigkeit, dann sinkt der Körper.

Wenn die Dichte des Körpers kleiner ist als die Dichte der Flüssigkeit, dann steigt der Körper.

Sind die Dichte des Körpers und der Flüssigkeit gleich groß, dann schwebt der Körper.

Wenn du dir nicht sicher bist, dann nimm dir die Hilfekarte Nr. 1.

Welches Medium besitzt eine größere Dichte? Füge Größer (>) - beziehungsweise Kleinerzeichen (<) ein. Probiere aus!

- | | | |
|----------|--------------------------|----------|
| Wasser | <input type="checkbox"/> | Luft |
| Wasser | <input type="checkbox"/> | Holz |
| Wasser | <input type="checkbox"/> | Stein |
| Wasser | <input type="checkbox"/> | Öl |
| Wasser | <input type="checkbox"/> | Metall |
| Wasser | <input type="checkbox"/> | Styropor |
| Styropor | <input type="checkbox"/> | Metall |

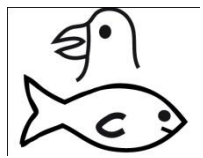


Zusatzversuch:

Wenn du dir nicht sicher bist, kannst du es ausprobieren.

Das brauchst du dazu:

- Wasserbehälter
- Luftballon
- Holz
- Stein
- Öl
- Münze
- Styropor



4. Die Schwimmblase

Die Schwimmblase ist ein Organ der Knochenfische. Sie ist dafür verantwortlich, dass der Fisch im Wasser schweben kann.

Die Schwimmblase wird aus einer Ausstülpung des Vorderdarms gebildet und stellt eine Weiterentwicklung der Fischlunge dar.

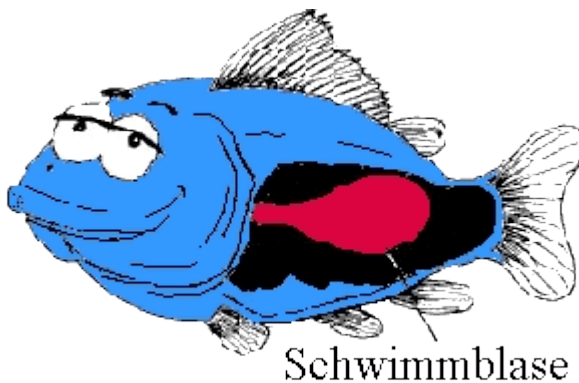
Die meisten Fische besitzen eine Schwimmblase, es gibt nur wenige Ausnahmen, wie zum Beispiel Haie. Diese Fische müssen dann durch ständiges Schwimmen Auftrieb erzeugen.

Die Schwimmblase kann auf zwei Arten gefüllt werden. Zum einen über das Abschlucken mit dem Maul von Luft, die dann über den Darm in die Schwimmblase gelangt und zum anderen über die Blutgefäße, die das gelöste Gas von den Kiemen transportieren und in die Schwimmblase diffundieren lassen.



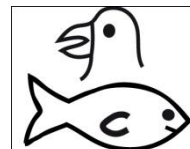
Wenn der Fisch in Richtung Wasseroberfläche schwimmen möchte, muss er Gas in die Schwimmblase hineinpumpen.

Wenn der Fisch sinken möchte, dann muss er Gas aus der Schwimmblase abpumpen.



Schwimmblase

Abb. 3.2: Fisch mit Schwimmblase



5. Versuch: „Kartesischer Taucher“

Das brauchst du dazu:



- Backöfläsche
- Plastikflasche
- Wasser

Durchführung:

Fülle das Backöfläschen zu einem Fünftel mit Wasser. Fülle die Plastikflasche randvoll mit Wasser. Stecke dann das Backöfläschen mit der Öffnung zuerst in die Wasserflasche und drehe den Verschluss gut zu.

Drücke nun die beiden Seiten der Plastikflasche zusammen.

Was kannst du beobachten? Schreibe auf!

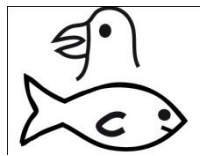
Wann sinkt die Backöfläsche?

Wenn man drückt, sinkt die Flasche.

Vergleiche den Wasserstand im Backöfläschen, wenn es am Boden der Flasche ist mit dem Wasserstand wenn es sich am Deckel befindet. Schreibe deine Beobachtungen auf!

Warum ist die Wasserlinie im Backöfläschen abhängig von der Position? Schreibe deine Vermutungen auf!

Durch das Drücken gelangt mehr Wasser in die Flasche und die Luft wird dabei zusammengedrückt.



Warum sinkt das Backöfläschchen? Schreibe deine Vermutungen auf!

Durch den Druck, der von außen auf die Flasche wirkt, wird die Luft in dem Backöfläschchen zusammengedrückt. Dadurch strömt mehr Wasser in das Fläschchen. Und der Auftrieb wird durch das kleinere Volumen der Luft und der höheren Dichte geringer. Dadurch sinkt die Backöfläschchen.

Sinkt ein Fisch, dann nimmt der Druck zu, das bedeutet für die Schwimmblase, dass sie weiter zusammengedrückt wird. Der Fisch muss also noch Gas in die Schwimmblase pumpen, um nicht so schnell abzusinken.

Umgekehrt nimmt der Druck mit abnehmender Tiefe ab, dadurch dehnt sich die Schwimmblase aus. Damit der Fisch nicht zu schnell steigt, muss er sogar teilweise noch Luft ablassen.

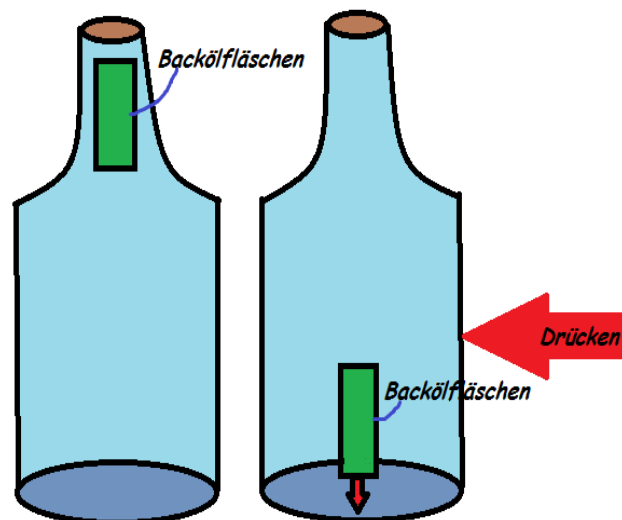
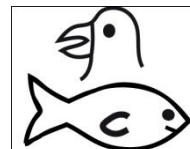


Abb. 3.3: Versuchsaufbau



6. Zusatzversuch: „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“



Das brauchst du dazu:

- Standzylinder mit Skala
- Wasser
- Verschiedene Holzkörper

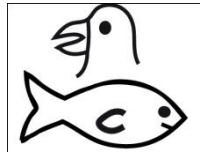
Durchführung:

Fülle den Standzylinder bis zur Markierung mit Wasser. Lass nacheinander die Holzkörper aus gleicher Höhe in das Wasser fallen und messe, wie tief sie maximal eintauchen.

Gegenstand	Eintauchtiefe

Welchen Zusammenhang erkennst du zwischen Eintauchtiefe und Form? Schreibe auf!

Lange, stromlinienförmige, spindelförmige Körper sinken tiefer.



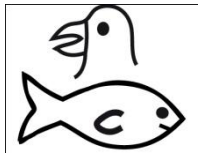
Die Fischkörper sind meist stromlinienförmig gebaut. Durch diese Form besitzen sie einen geringen Widerstand. Die äußere Form bietet eine energiesparende Art der Fortbewegung im Wasser. Viele Tiere, die zeitweise im Wasser leben, besitzen diese Form.

Nenne einige Tiere, die solch einen Körper besitzen:

Robben, Wasserschlangen, Krokodile, Echsen, Pinguine

Durch diese Form wird nicht viel Wasser aufgewirbelt und somit entsteht kein großer Widerstand.

(aufwirbeln, energiesparend, Widerstand (2X), stromlinienförmig)



II. Teil

Der Hebel

Unter einem Hebel versteht man einen um eine feste Achse drehbaren, starren Körper.

Der Hebel ist ein Kraftwandler.

Kraftwandler sind einfache Geräte, mit denen ein oder mehrere Variablen der Kraft verändert werden können. Variablen einer Kraft sind beispielsweise Angriffspunkt, Betrag und Richtung.

Die Drehwirkung wird durch das Drehmoment M beschrieben.

Welche Hebel sind dir aus deiner Umwelt bekannt? Schreibe sie auf!

Hammer, Wippe, Türgriff, Waage, Arm, Schüppe, Schubkarren

Auch im Tierreich gibt es Hebel. Beispielsweise ist der Kiefer ein einarmiger Hebel, wobei das Kiefergelenk der Drehpunkt ist. Die Kraft geht vom Kaumuskel aus.

Gerade bei Vögeln gibt es die verschiedensten Funktionen des „Kiefers“. Da sich die Vögel auf bestimmte Lebensräume und bestimmte Nahrungsmittel spezialisiert haben, entwickelten sich auch ihre Schnäbel zu einzigartigen Werkzeugen.

Man unterscheidet in der Physik zwischen einem einseitigen und einem zweiseitigen Hebel. Der Kiefer und auch der Vogelschnabel entsprechen einem einseitigen Hebel. Beim einseitigen Hebel greifen im Gegensatz zum zweiseitigen Hebel beide Kräfte auf einer Seite des Hebels an. Diese wirken aber in unterschiedliche Richtungen.

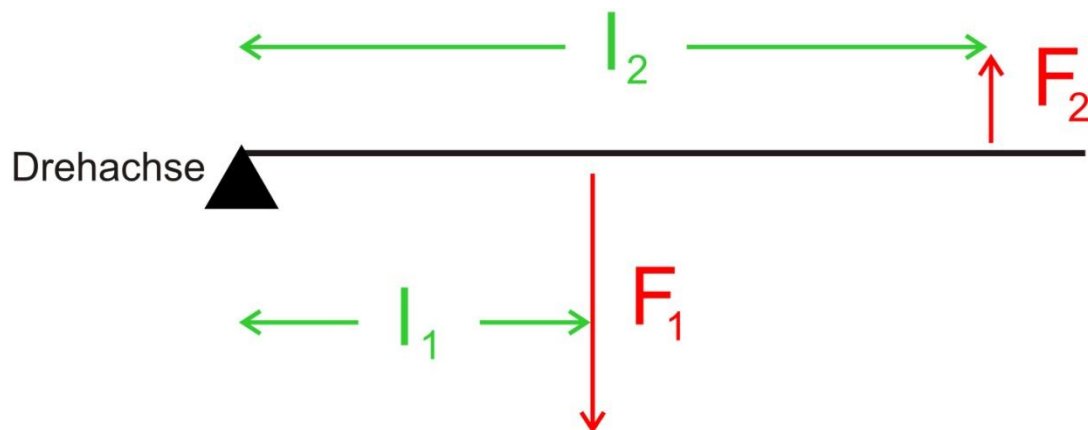
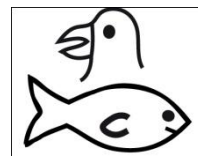


Abb. 3.4: Einarmiger Hebel



7. Vogelpuzzle

Durchführung:

Auf eurem Arbeitsplatz liegen Kärtchen.

Auf den Kärtchen sind jeweils immer ein Vogelschnabel, ein Werkzeug und ein Nahrungsmittel der einzelnen Vögel abgebildet.

Versuche immer drei Kärtchen, die zusammen gehören, zu finden. Schau dir hierfür den Vogelschnabel, das passende Werkzeug und die Nahrung des Vogels an.

Zur Kontrolle stehen auf der Rückseite die Namen der Schnabelformen.

Fülle aus!

Schnabelform	Vogelbeispiel	Nahrung	Vergleichbares Werkzeug/ Gerät
Röhrenschnabel	Kolibri	Nektar aus Blüten	Pipette

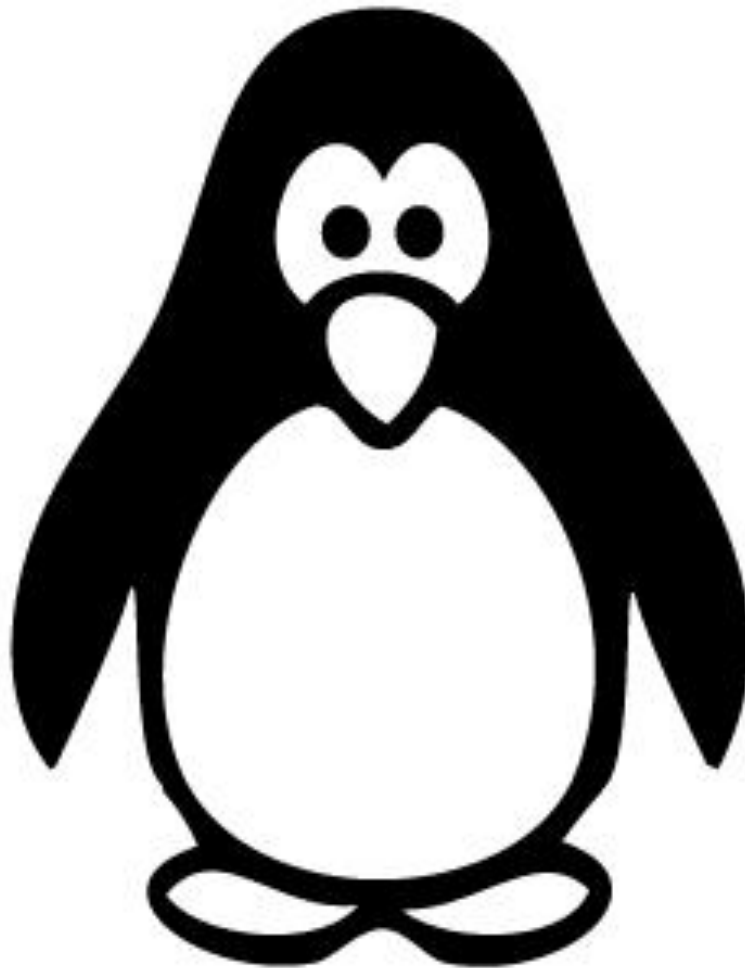
Folgendes Beispiel erleichtert dir den Versuch:

Der Kolibri ernährt sich von Blumennektar. Um an den begehrten Nektar heran zu kommen, braucht er einen langen dünnen Schnabel. Dieser Schnabel ist mit der Funktion einer Pipette zu vergleichen.

Tipp:

Es sind nicht immer nur Werkzeuge gezeigt, die zum direkten Beschaffen der Nahrung dienen, auch der Weg zur Nahrung wird hier berücksichtigt.

Station zur Wärmelehre





Station zur Wärmelehre

Für die kommenden Aufgaben und Versuche ist es wichtig, dass ihr die Aufgaben gleichmäßig in der Gruppe verteilt. Ihr müsst teilweise verschiedene Versuche zeitgleich durchführen. Arbeitet zügig und genau.

1. Versuch: „Wärmeisolation bei Säugetieren“

Das brauchst du dazu:



- Zwei Bechergläser
- Zwei Reagenzgläser
- Zwei Thermometer
- Fell
- Warmes Wasser
- Eieruhr

Durchführung:

Fülle ein Becherglas mit Fell. Fülle dann in beide Reagenzgläser warmes Wasser von ca. 50°C. Stelle nun die beiden Reagenzgläser in jeweils ein Becherglas.

Stelle ein Thermometer in jedes Reagenzglas. Achte darauf, dass während der gesamten Messung, das Thermometer nicht herausgezogen wird.

Miss **alle 5 Minuten** die Temperatur und trage sie in die Tabelle ein.

Einer in deiner Gruppe ist für das Zeitnehmen bei diesem Versuch verantwortlich.

In welchem Reagenzglas kühlt das Wasser schneller ab?

- Ohne Fell
- Beide gleich schnell
- Mit Fell

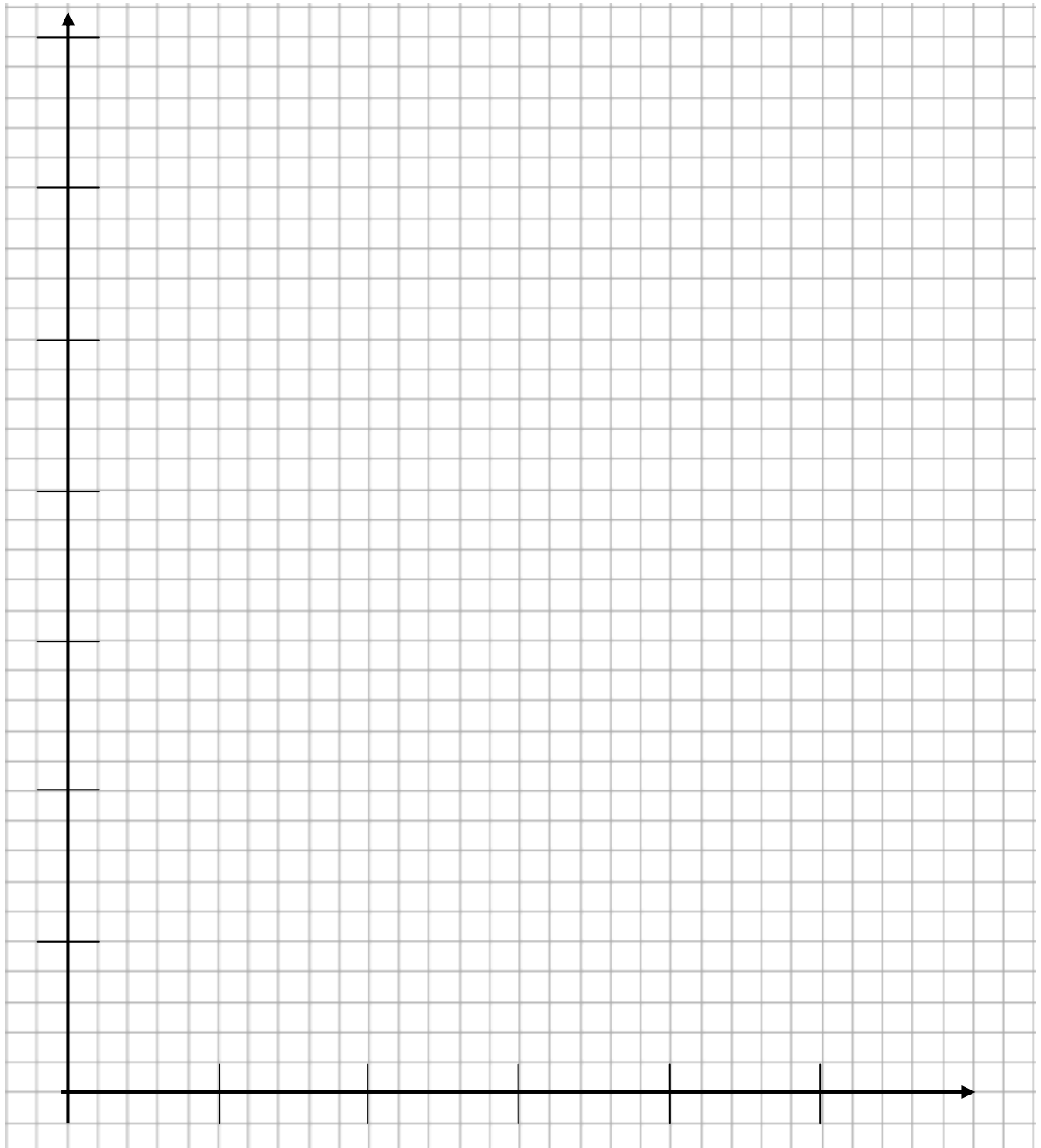
Zeit in Minuten	T in °C (mit Fell)	T in °C (ohne Fell)
0		
5		
10		
15		
20		



Bearbeite **erst** die nächsten Aufgaben und kehre am Ende der Versuche hierher zurück.



Zeichne die beiden Temperaturverläufe in Abhängigkeit von der Zeit in einen Graphen. Benutze die Farbe Rot für die Temperatur mit Fell im Becherglas und Grün für die Temperaturen ohne Fell.





Warum haben Tiere, die in kalten Gebieten wohnen ein dichtes Fell? Kreuze deine Vermutung an!

- Das dicke Fell ist warm.
- Das Fell schließt die Luft ein, damit die Wärme nicht entweichen kann.
- Andere Möglichkeit: _____

Denkanstoß:

Ist ein Pullover, der auf dem Boden im Schnee liegt, warm?

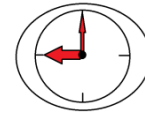


Abb. 4.1: Eisbär



2. Versuch: „Bergmannsche Regel“

Das brauchst du dazu:

- Großer Rundkolben mit Stativ
- Kleiner Rundkolben mit Stativ
- Warmes Wasser
- Infrarot-Thermometer (!Vorsicht mit den Augen!)
- Uhr



Durchführung:

Befestige die beiden Rundkolben in den Stativen und befülle sie mit warmem Wasser (ca. 50°C). Dann stelle in jeden Rundkolben ein Thermometer.

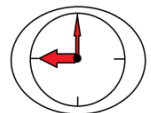
Miss auch hier die Temperatur zu Beginn der Messung und dann **alle 5 Minuten**.

Trage die gemessene Temperatur in die Tabelle ein.

Zeit in Minuten	Temperatur (in °C) im großen Rundkolben	Temperatur (in °C) im kleinen Rundkolben
0		
5		
10		
15		
20		

In welchem Rundkolben wird das Wasser deiner Meinung nach langsamer abkühlen? Begründe!

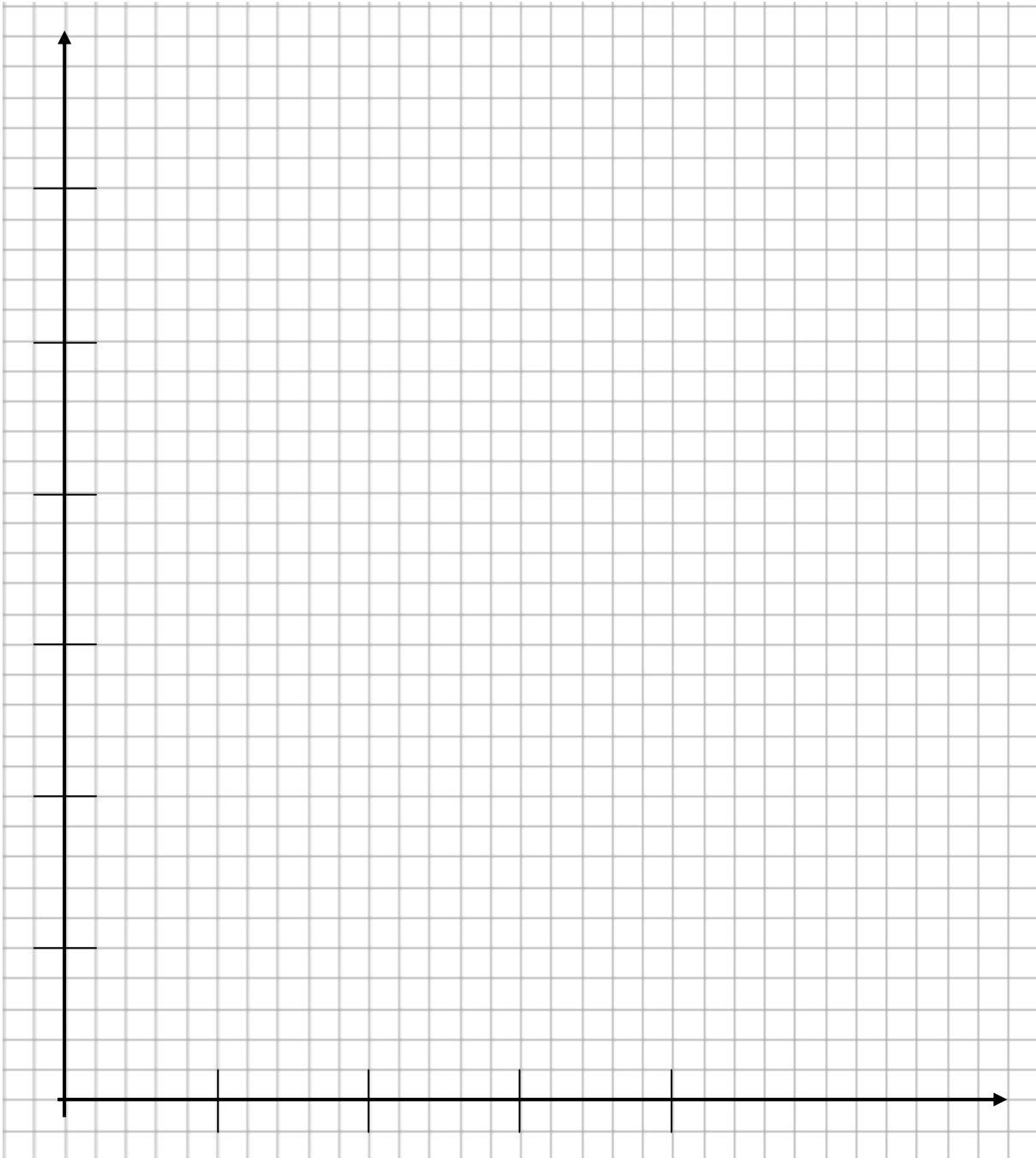
- Großer Rundkolben,
weil _____
- Beide gleich schnell,
weil _____
- Kleiner Rundkolben,
weil er ein kleineres Volumen zur großen Oberfläche besitzt



Auch hier ist wieder ein Gruppenmitglied für die Zeitmessung verantwortlich. Bearbeitet auch hier erst die nächsten Versuche!



Zeichne die beiden Temperaturverläufe in Abhängigkeit von der Zeit in einen Graphen ein! Benutze unterschiedliche Farben!





3. Versuch: „Schwarz oder Weiß“

Der Eisbär besitzt unter seinem weißen Fell eine schwarze Haut.

Warum ist deiner Meinung nach, die Haut des Eisbären schwarz? Schreibe auf!

Das brauchst du dazu:



- Zwei Petrischalen
- Schwarze und weiße Pappe
- Zwei Schokoriegel
- Rotlichtlampe
- Holzspachtel

Durchführung:

Lege in jede Petrischale eine Pappe. Lege auf die Pappe jeweils einen Schokoriegel. Platziere nun beide Schalen unter der Rotlichtlampe.

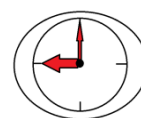
Was wird mit den Schokoriegel passieren? Schreibe deine Vermutungen auf!

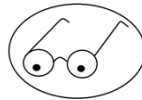
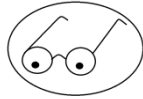
Teste nach 10 Minuten mit dem Holzspachtel die Konsistenz der beiden Schokoriegel! Kannst du einen Unterschied zwischen den beiden Schokoriegeln erkennen? Schreibe ihn auf!

Woran kann deiner Meinung nach der Unterschied liegen? Schreibe auf!

Schwarze Farbe absorbiert die Wärmeenergie, dadurch heizt sich der Untergrund mehr auf.

Du darfst gerne die Schokolade essen.





4. Ökologische Regeln

Die Bergmannsche Regel:

Die Bergmannsche Regel stammt aus der Ökologie. Sie beschreibt den Zusammenhang von Größe und Vorkommensort einer Tierart.

Sie lautet:

Ist eine Tierart, wie zum Beispiel der Pinguin oder der Bär, über einen großen Teil der Erde verteilt, ist festzustellen, dass die Tiere, die in kälteren Gegenden leben, deutlich größer sind, als die in wärmeren Gegenden.

So ist zum Beispiel der Pinguin, der am Pol lebt, deutlich größer als der Pinguin, der in der Nähe des Äquators lebt.

Woran kann das liegen? Schreibe deine Vermutungen auf!



Oberfläche eines Würfels: $O=6a^2$

(a ist die Kantenlänge des Würfels)

Volumen der Würfels: $V=a^3$

Beispiel:

Berechne das Volumen und die Oberfläche von Würfeln mit einer Kantenlänge von 1cm und mit einer Kantenlänge von 10cm. Vergleiche die beiden Ergebnisse.

$O_{1cm}=6cm^2$

$V_{1cm}=1cm^3$

$O_{10cm}=600cm^2$

$V_{10cm}=1000cm^3$

O_{1cm} ist im Vergleich zu V_{1cm} größer, als O_{10cm} zu V_{10cm} .

Steigt das Volumen oder die Oberfläche des Würfels im Verhältnis schneller? Schreibe auf!

Das Volumen steigt mit einer dreier Potenz deutlich schneller als die Oberfläche mit einer zweier Potenz.

Der Galapagos-Pinguin lebt in der Nähe des Äquators und bekommt eine Größe von ca. 48 bis 53 cm bei einem Gewicht von ca. 1,5 bis 2,5 kg.



Der Kaiserpinguin dagegen erreicht eine Größe von 100 bis 130 cm und ein Gewicht von 22 kg bis 37 kg. Er ist am Südpol beheimatet.



Abb. 4.2: Galapagos-Pinguin



Abb. 4.3: Kaiserpinguine

Die Allensche Regel:

Die Allensche Regel stammt ebenfalls aus der Ökologie.

Sie beschreibt den Zusammenhang von Extremitäten (zum Beispiel: Ohren, Füße, Rute) einer Tierart zu ihrem Vorkommensort.



Welcher Fuchs hat deiner Meinung nach größere Ohren? Derjenige, der in der Wüste lebt oder der an den Polen lebt? Begründe deine Entscheidung!



Der Wüstenfuchs hat größere Ohren, damit er Wärme an die Umwelt abgeben kann. Der Polarfuchs muss in kälteren Gebieten kleinere Ohren haben, damit er weniger Wärme an die Umwelt abgibt. Durch größere Extremitäten haben die Tiere eine größere Oberfläche.

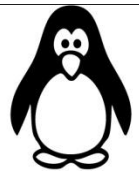
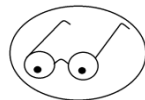


Abb. 4.4: Wüstenfuchs



Abb.4.5: Polarfuchs



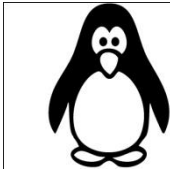
Schwarz oder weiß?



Die Eigenschaft der schwarzen „Farbe“ ist, dass sie kein Licht reflektiert, sondern das Licht komplett aufnimmt.

Die weiße „Farbe“ reflektiert hingegen das ganze Licht und absorbiert somit nur sehr wenig Licht.

Der Eisbär besitzt das weiße Fell, um in seiner Umwelt besser getarnt zu sein. Außerdem existieren Theorien, dass das weiße Fell das Licht auf die Haut leitet. Die schwarze Haut absorbiert dann das Licht. Somit kann die Wärmeenergie gespeichert werden.



5. Versuch: „Wärmetauscher“

Das brauchst du dazu:

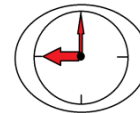


- Gebogenes Kupferrohr
- Heißes Wasser
- Eiswasser
- Trichter
- Glasschale
- Zwei Wasserbehälter
- Infrarot-Thermometer (!Vorsicht mit den Augen!)



Durchführung:

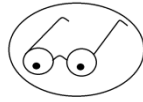
An dem Kupferrohr sind vier Punkte markiert, an denen im Laufe des Versuches die Temperatur mit dem Infrarot-Thermometer gemessen wird. Stelle das Kupferrohr mit dem Bogen in Eiswasser. Schütte dann langsam heißes Wasser in den Trichter. Miss die Temperatur an den vier Punkten mit dem Kontaktthermometer, während das Wasser durch das Kupferrohr fließt.



Trage die Messergebnisse in die Tabelle ein.

Temperatur in Punkt 1	
Temperatur in Punkt 2	
Temperatur in Punkt 3	
Temperatur in Punkt 4	

Versuche die Ergebnisse zu erklären! Schreibe auf!



Der Pinguin besitzt in seinen Füßen einen Wärmetauscher. Das arterielle Blut wärmt das venöse Blut vor und das venöse Blut dagegen kühlt das arterielle Blut, welches vom Herz zu den Füßen fließt, ab.

Die Pinguine haben auf Grund dieser Eigenschaft stets kalte Füße. Daher geben sie nicht viel Wärme und somit auch Energie an die Umwelt ab.

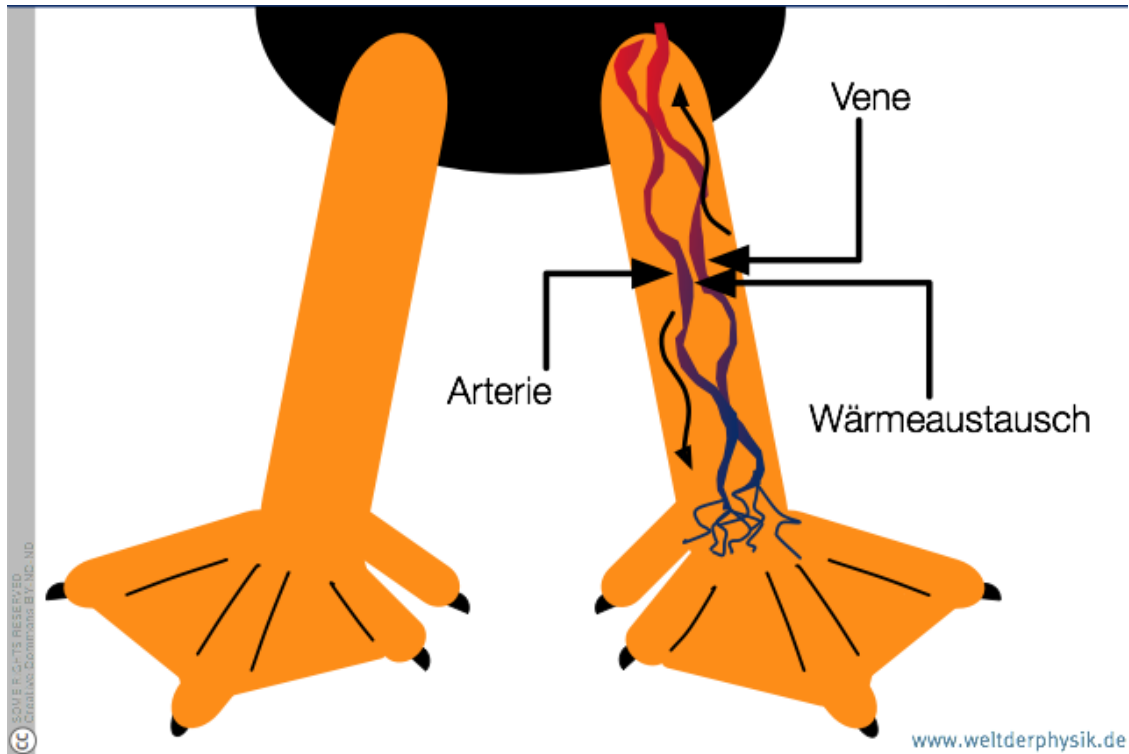


Abb. 4.6: Pinguinfüße

Diese Abbildung zeigt den Blutkreislauf in den Füßen eines Pinguins, bei dem Wärme „getauscht“ wird.

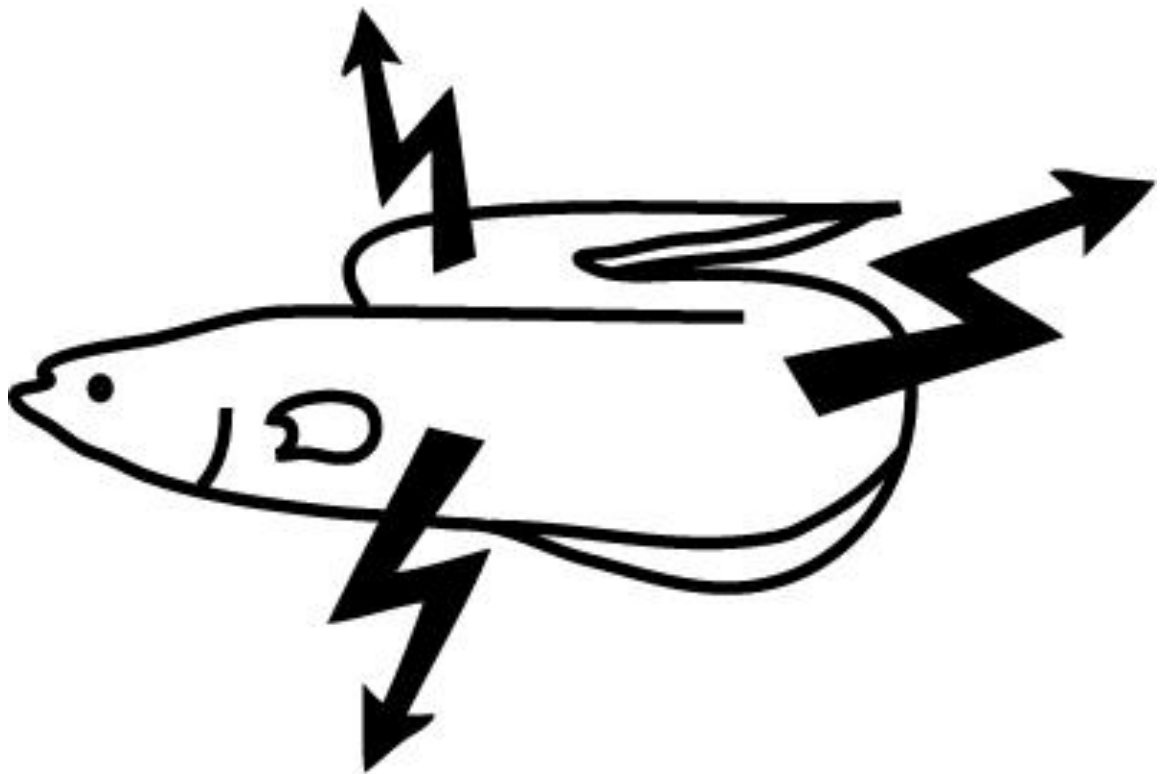
Warum kann ein Pinguin nicht auf dem Eis festfrieren? Wir Menschen dagegen frieren mit unserer Zunge im Winter an Metallen fest. Versuche dieses Phänomen zu erklären!



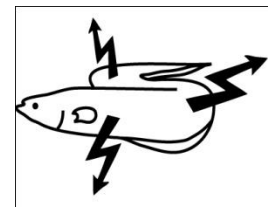
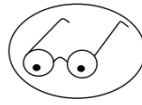
Uns (Tipp: Nimm dir die Hilfekarte Nr.1)

Unsere Zunge ist sehr warm, wenn man mit ihr ein Metall berührt, wird die Wärme abgeleitet über das Metall und die Spucke wird kalt und friert an. Pinguine haben kalte Füße und geben so kaum Wärme über die Füße an die Umwelt ab, so kann das Eis nicht schmelzen und die Füße nicht festfrieren.

Station zur Elektrizität



Station zur Elektrizität



„Ich sah Peter dabei zu, wie er energisch die Machete schwang, als er plötzlich einen Schrei ausstieß und durch das brusttiefe Wasser zurück stürmte. „Strom! Elektrischer Strom!“ schrie er. Er sah schreckensbleich aus, und mir war sofort klar, dass er einen Schlag von einem Zitteraal bekommen hatte.

Er lehnte sich schlotternd ans Kanu. Da er immer noch ziemlich geschockt aussah, nahm ich die Machete und schlug einen langen Ast von einem Baum am Ufer ab. Dann ging ich langsam und vorsichtig auf das Gestrüpp zu und schlug dabei mit der flachen Seite der Machetenklinge auf das Wasser und stocherte mit dem Ast am Flussboden herum. Es war nicht ungefährlich.“

Diese Erzählung stammt aus dem Buch „Piranhas zum Frühstück“ von John Harrison.

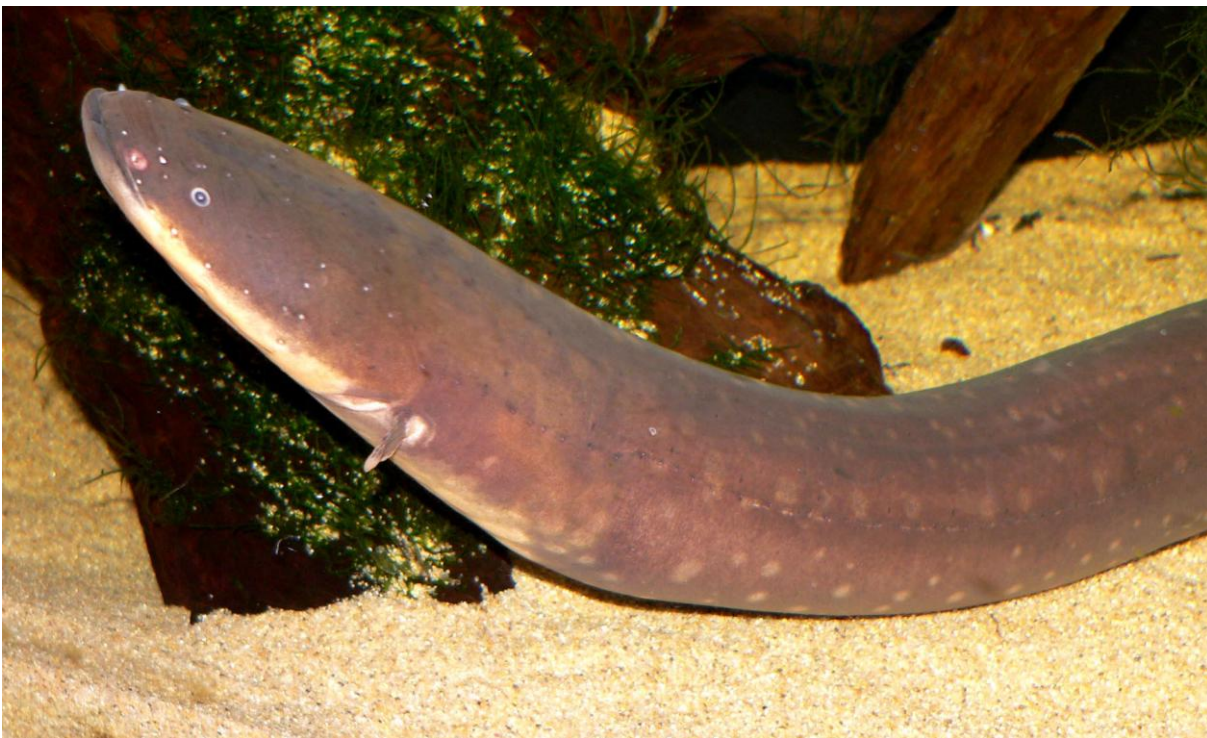
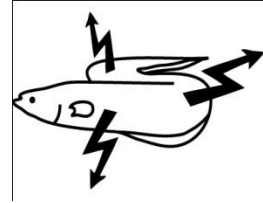


Abb. 5.1: Zitteraal

Da der Zitteraal in seiner Form einem Aal ähnelt, wurde er nach diesem benannt.

Doch wie „funktioniert“ ein Zitteraal? Wie kann er Strom erzeugen und wofür benötigt ein Fisch eigentlich Strom?



1. Versuch: „Apfelbatterie“

Das brauchst du dazu:



- Vier Filmdosen, eine mit Loch
- Geriebenen, sauren Apfel
- Drei Kohlestäbe
- Drei Zinkstäbe
- Rote Leuchtdiode
- Vier Kabel
- Krokodilklemmen
- Eierkarton



Durchführung:

Fülle in drei Filmdosen den geriebenen Apfel. Stecke in die vierte Filmdose die Leuchtdiode. So kannst du das Leuchten besser erkennen. Stelle die ganze Apparatur in einen Eierkarton, um mehr Stabilität zu haben.

Stecke in jede mit Apfelbrei gefüllte Filmdose einen Kohlestab und einen Zinkstab.

Verbinde die Stäbe, wie auf der Abbildung, mit Hilfe der Krokodilklemmen mit Kabeln.

Schließe den Stromkreis mit der Leuchtdiode. Hierzu verwende den Kohlestab der ersten Filmdose und den Zinkstab der dritten Dose. Beachte dabei, dass die langen Beinchen der Diode mit dem Kohlestab verbunden werden müssen.

Schreibe das Beobachtete auf!

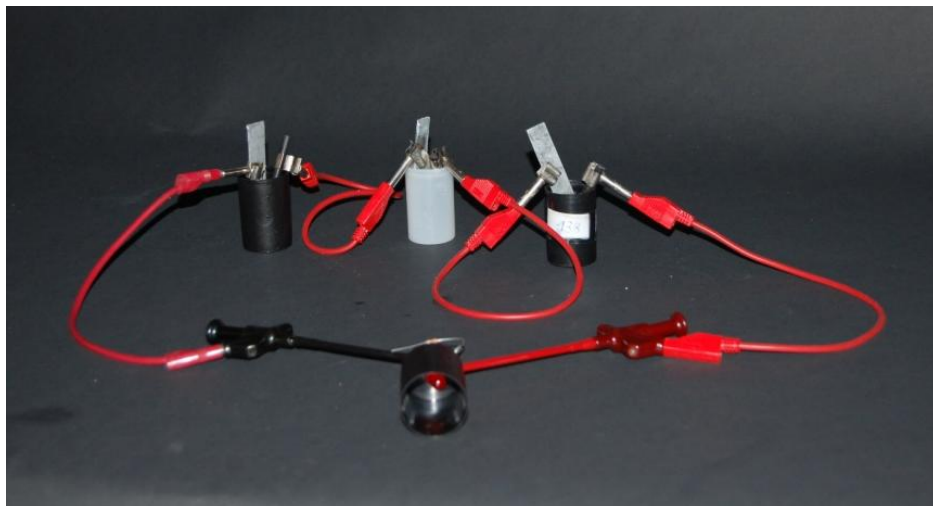
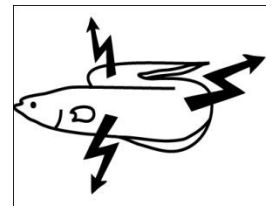


Abb.: 5.2. Schaltkreis einer Apfelbatterie

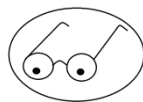


Merke:



Wenn zwei verschiedene Metalle in die Lösung eines Elektrolyten (z. B. Apfelbrei) gebracht werden, löst sich das „unedlere Metall“ auf. Seine Atome gehen als positive Ionen in die Lösung. Das Metall selbst wird von den zurück bleibenden Elektronen negativ geladen.

Dem „edleren“ Metall werden durch die Lösung Elektronen entzogen, deshalb wird es positiv. Werden nun Drähte bzw. Kabel von außen angelegt, gleichen sich die Ladungen aus und es fließt Strom.



2. Die Zink-Kohle-Batterie



Es existieren zwei elektrische Pole, ein Minus- und ein Pluspol.

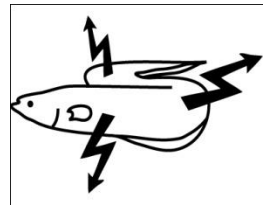
Der Kohlestab stellt den Minuspol dar und der Zinkstab ist in diesem Fall der Pluspol.

Es gibt verschiedene Arten von Batterien. Sie funktionieren aber dennoch nach dem gleichen Prinzip. In einer Batterie findet Ladungstrennung durch einen chemischen Prozess statt.

Wir betrachten als Beispiel eine Zink-Kohle-Batterie. Sie wurde von dem Chemiker Georges Leclanché (1839-1882) erfunden. Die übliche Zink-Kohle-Batterie besteht aus einem Zinkbecher, in den eine eingedickte Salmiaklösung und Braunstein gefüllt sind. In diesem eingedickten Brei steckt ein Kohlestift. Die Spannung einer frischen Zink-Kohle-Batterie beträgt ca. 1,5 V.



Abb.5.3: Batterie im Querschnitt



Die Elektronen wandern in den Kabeln vom Minus- zum Pluspol.

In der Batterie selbst wandern die Elektronen vom Plus- zum Minuspol.

Eine Batterie gibt den „Anschub“ für die Elektronenwanderung.

Da sich hierbei die Materialien in der Batterie verändern, hat eine Batterie nur eine begrenzte Lebensdauer.



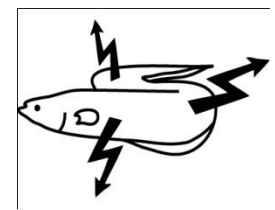
Abb. 5.4: Verbrauchte Batterie

Das „unedle“ Metall Zink löst sich in Elektrolyten (Salmiak) selbst auf. Das heißt die Zinkelektrode gibt Zn^{++} -Ionen ab und lädt sich dadurch negativ auf. Die Elektronen können erst dann abfließen, wenn der Stromkreis durch Kabel geschlossen ist.

Die positiven, im Elektrolyt gelösten, Zinkionen laden diesen und den damit leitenden, verbundenen Kohlestab positiv auf. Es bildet sich eine Spannung zwischen den Elektroden.

Ist der Stromkreis nun geschlossen, fließen die Elektronen der Zinkelektrode über den „Verbraucher“ zur Kohlelektrode und ziehen dadurch die positiven Ionen zur Kohlelektrode.

(Elektronen, Pluspol, Minuspol, Ladungstrennung, Zinkstab, Spannung, Lebensdauer)



3. Versuch: „Apfelbatterie Ergänzung“



Durchführung:

Variiere den Versuchsaufbau von eben, indem du nur eine und dann zwei Film Dosen mit Apfelbrei an die Leuchtdiode schaltest.

Kannst du ein Leuchten der Diode erkennen, wenn nur eine oder zwei Film Dosen verwendet werden? Schreibe mit Begründung auf!

4. Versuch: „Serienschaltung“



Das brauchst du dazu:

- Kabel
- Krokodilklemmen
- Spannungsmessgeräte
- Drei Batterien
- Glühbirne zur Kontrolle



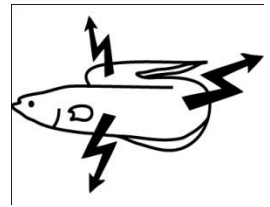
Durchführung:

Nimm dir eine Batterie und verbinde den Plus- mit dem Minuspol. Lege ein Spannungsmessgerät an. Schließe hierfür das eine Ende an den Pluspol und das andere Ende an den Minuspol an. Achte auf die richtige Polung. Diese findest du auf dem Gerät. Falls du dir nicht sicher bist, frage deinen Betreuer!

Wiederhole den Versuch, indem du zunächst zwei Batterien und dann drei Batterien in Reihe schaltest.

Notiere die Ergebnisse in der Tabelle:

Anzahl an Batterien in Reihe	Spannung in Volt (V)



Was fällt dir auf? Schreib auf!

Die Maschenregel besagt:



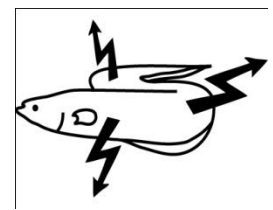
In einer Reihenschaltung von mehreren Stromquellen addieren sich die Spannungen U .

Das heißt formell:

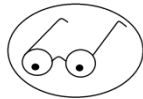
$$U_{\text{ges}} = U_1 + U_2 + U_3$$

Kommst du mit deinen Messergebnissen zu einem vergleichbaren Ergebnis? Falls nein, begründe, woran es liegen kann!

Abgenutzte Batterien, Energien werden in zum Beispiel Wärme umgewandelt, Widerstand von Kabel, Messfehler, ...



5. Aufbau des Zitteraals



Der Zitteraal ist eigentlich nicht mit den Aalen verwandt, sondern wird nur wegen seines schlangenförmigen Körpers so genannt. Es ist ein Fisch, der seinen Schwanzmuskel zu einem einzigen riesigen Elektroorgan umfunktioniert hat.

Etwa 70% des Körpers ist eine einzige steuerbare Batterie. Sie wird auch Electroplax genannt.

Die elektrischen Organe von Zitteraalen, aber auch von anderen elektrischen Fischen, bestehen aus umgewandelten Muskelfasern, sogenannten elektrischen Platten, die nicht mehr kontrahieren können.

Die elektrischen Platten sind auf einer Seite uneben und auf der der andern Seite glatt. Auf der glatten Seite befinden sich Synapsen, die einen Impuls geben, damit die elektrische Platte anfängt zu arbeiten. Es gibt sehr viele Synapsen an einer Membran.

Im Ruhezustand, das heißt es gab keinen Impuls von einer Synapse, ist die Platte gleichmäßig negativ zwischen der glatten und der unebenen Seite geladen. Siehe hierzu folgende Abbildung:

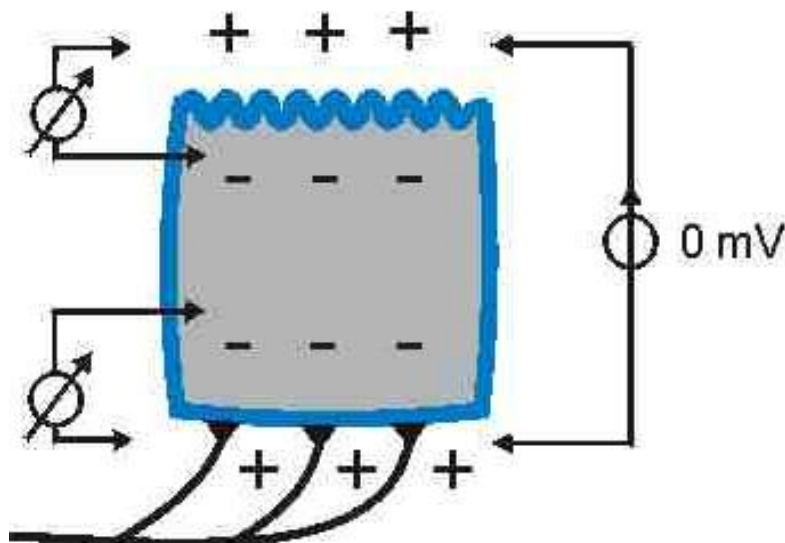


Abb. 5.5: Eine elektrische Platte im Ruhezustand

Bei Aktivierung der Nerven wird die Platte depolarisiert. Das heißt, es tritt ein Spannungsabfall von der einen zu der anderen Seite auf. Dies passiert, da an der Außenseite der Membran Kationen einströmen und so die Außenseite der glatten Seite negativ geladen wird. Auf der Innenseite wandern nun die positiv geladenen Teilchen zu der Innenwand der glatten Seite. Siehe hierzu die nächste Abbildung:

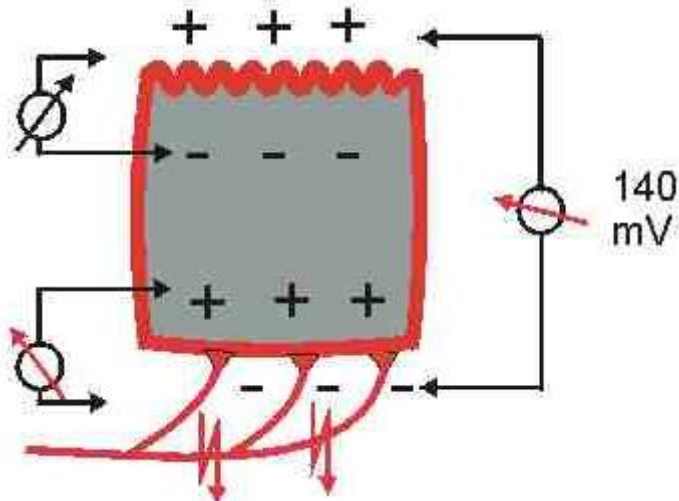
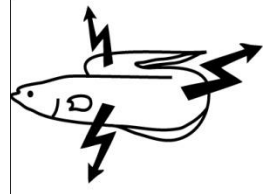


Abb. 5.6: Eine aktivierte elektrische Platte

Wie du eben in dem Versuch feststellen konntest, erhöht sich die Spannung, wenn mehrere Spannungsquellen in Reihe geschaltet werden.

Aus diesem Grund findet man bei einem Zitteraal mehrere Tausende dieser elektrischen Platten, die in Reihe in Säulen geordnet sind.

Durch diese Reihenschaltung summieren sich die Spannungsbeiträge der einzelnen Platten zu hohen Spannungswerten, die fast 1000 V erreichen können.

Mehrere Säulen werden parallel angeordnet. Dadurch kann eine Stromstärke von bis zu 50 Amper erreicht werden.

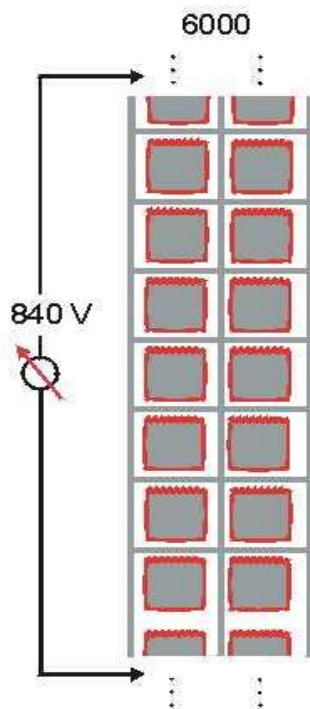
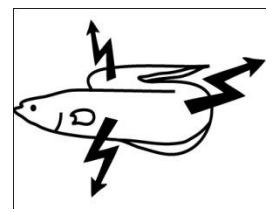


Abb.5.7: Säulen aus elektrischen Platten.



6. Versuch: „Voltasche Säule“



Das brauchst du dazu:

- 10 Kupfermünzen
- 10 Alufolienscheiben
- 10 Küchenrollenscheiben
- Holzapparatur
- Zitronensaft
- Kleiner Behälter
- Kabel
- Spannungsmessgerät

Durchführung:



Tränke die Küchenrolle in den Zitronensaft.

Auf der Holzapparatur ist ein Kabel befestigt. Lege auf dieses Kabel eine Alupapierscheibe, dann das mit Zitronensaft getränkte Küchenpapier und zuletzt eine Kupfermünze.

Wiederhole diese Reihenfolge bis du keine Münzen mehr hast.

Lege auf die oberste Münze das andere Kabelende aufgefächert hin und fixiert es mit einem Klebeband.

An dem Kabel ist ein Spannungsmessgerät montiert.

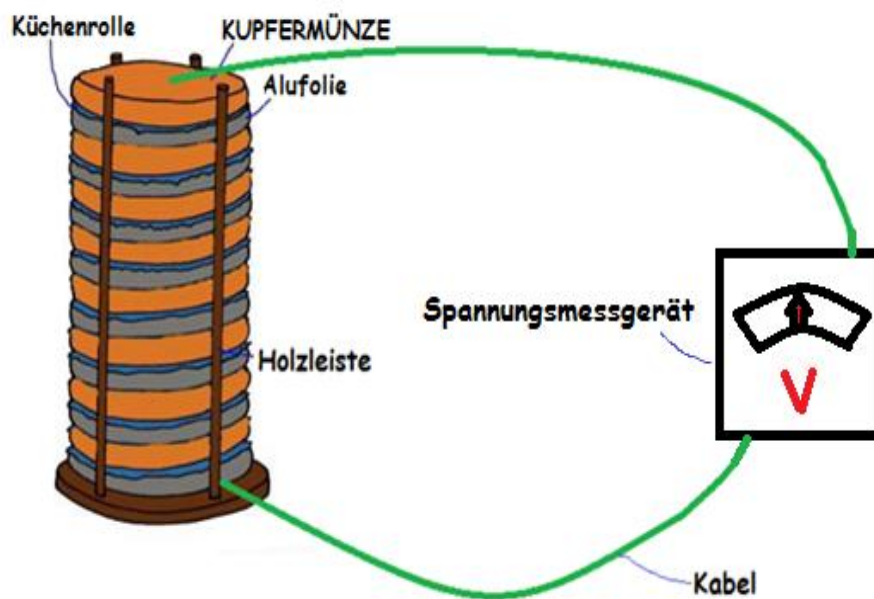
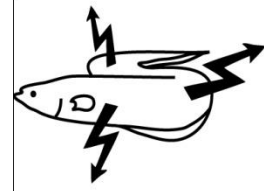


Abb. 5.8: Aufbau einer Voltaschen Säule



Hast du eine Spannung messen können? Was meinst du passiert hier?
Was fließt? Was wandert? Schreibe auf!



Es fließt ein Strom. Elektronen wandern durch die einzelnen Teile (Kupfer, Alu, Zitronensaft (Elektrolyt)). Die einzelnen Elemente sind in Reihe geschaltet, dadurch wird die Spannung erhöht.

Die ursprüngliche Voltasche Säule sah so aus:

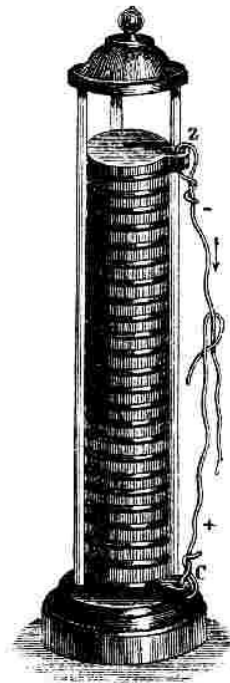
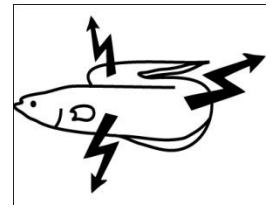


Abb. 5.9: Voltasche Säule



7. Versuch: „Leitfähigkeit von Wasser“

Das brauchst du dazu:



- Wasserbehälter
- Zwei Kohlestäbe
- Destilliertes Wasser
- Kochsalz
- Batterie
- Kabel
- Led-Leuchte
- Löffel

Durchführung:



Hänge den Kohlestab, der mit dem Kabel an der Batterie befestigt ist, in den leeren Wasserbehälter.

Auf der anderen Seite des Behälters hängst du einen Kohlestab hinein, dieser ist über Kabel zuerst mit einer Led-Leuchte und dann mit der Batterie verbunden.

Gieße nun das destillierte Wasser in den Wasserbehälter.

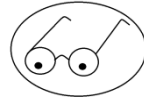
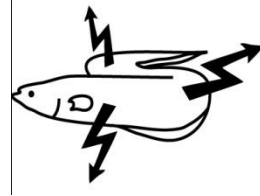
Was kannst du beobachten? Schreibe auf!

Erkläre deine Beobachtungen!

Nimm die Batterie vom Schaltkreis und gib Kochsalz in das Wasserbecken. Was passiert deiner Meinung nach, wenn du die Batterie wieder an den Schaltkreis hängst? Schreibe deine Vermutungen auf!

Destilliertes Wasser leitet nicht, da es ein Isolator (Nichtleiter) ist. Sind aber im Wasser gelöste Mineralien, können Elektronen wandern und es fließt ein Strom.

Probiere nun aus und notiere deine Beobachtungen!



8. Stromleitung

Strom kann nur dann fließen, wenn der Stromkreis geschlossen ist. Ein Material muss hierfür elektrisch leitfähig sein, wie es bei den meisten Metallen der Fall ist, damit es Strom leiten kann. Wenn ein Material nicht leitet, dann ist es ein Isolator und wenn es Strom leiten kann, bezeichnet man es als Leiter.

Destilliertes Wasser ist kein Leiter, da keine Teilchen vorhanden sind, die Elektronen transportieren oder abgeben können. Gibt man aber Kochsalz in das Becken dazu, so existieren dann Teilchen, die Elektronen abgeben und transportieren können. Deshalb ist die Verbindung Wasser und Strom so **gefährlich**, da sich im normalen Wasser **stets** gelöste Mineralien befinden.

Wenn der Zitteraal nun elektrische Impulse aussendet, bildet sich ein elektrisches Feld um ihn. Wenn nun ein Beutetier oder ein Fressfeind in dieses elektrische Feld des Zitteraals kommt, werden sie unter Strom gesetzt. Dieser ist für Schmerzen, Betäubung, oder gar für den Tod der anderen Tiere verantwortlich.

Manche elektrische Fische nutzen das elektrische Feld auch zur Orientierung in trüben Gewässern.

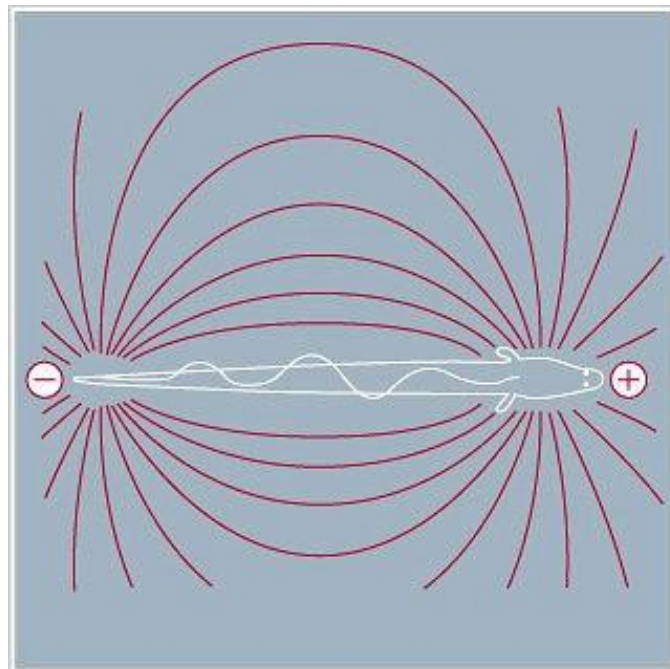
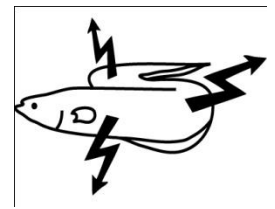


Abb. 5.10: Elektrisches Feld eines Zitteraals



9. Kartoffelbatterie

Wenn noch sehr viel Zeit ist, kannst du folgenden Versuch machen.

Das brauchst du dazu:



- Eine Kartoffel
- Verschiedene Münzen
- Verschiedene Metalle
- Kopfhörer mit Kabeln

Durchführung:

Nun hast du schon so viele Versuche aufgebaut, versuche dir selbst einen Versuchsaufbau zu überlegen.



Wenn du gar keine Idee hast, dann nimm dir eine Hilfekarte.

Skizze des Versuches:



Was kannst du beobachten? Wie kannst du dir das erklären?

Abbildungsverzeichnis:

Piktogramme: Annemarie Hausmann

Informationszeichen: Annemarie Hausmann

Karopapier: <http://www.karopapier.de/downloads/karopapier.pdf>

Abb. 1.1: „Können Fische unter Wasser besser sehen als Menschen?“ von G.Colicchia und H. Wiesner

Abb.1.2:

http://www.tiermotive.de/tieralbum/4images/details.php?image_id=4929&mode=search

Abb. 1.3: Annemarie Hausmann

Abb. 1.4: http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/02augen/aufbau-1.htm

Abb. 1.5: Annemarie Hausmann

Abb. 1.6: http://www.leifiphysik.de/web_ph09/umwelt_technik/12sehen/akom.htm, bearbeitet von Annemarie Hausmann

Abb. 1.7: <http://home.arcor.de/shismatic/kurios/tiere/vierauge.htm>

Abb. 1.8: <http://www.sehtestbilder.de/images/visus-auge-sehschaerfe-netzhaut.jpg>

Abb. 2.1: http://www.naturschutz-glattbach.de/02_02_Fledermausschutz.html

Abb. 2.2: <http://www.nabu-leverkusen.de/index.php?id=14>

Abb.2.3:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Ptilophora_plumigera.jpg/300px-Ptilophora_plumigera.jpg

Abb. 2.4: Annemarie Hausmann

Abb. 2.5: Annemarie Hausmann

Abb. 2.6: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Doppler_effect.jpg

Abb. 2.7: <http://naturkalender.info/201007.php>

Abb.2.8:http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Anatomy_of_the_Human_Ear_de.svg&filetimestamp=20091118102053

Abb. 2.9: Annemarie Hausmann

Abb. 3.1: Annemarie Hausmann

Abb. 3.2: http://www.leifiphysik.de/web_ph08/umwelt_technik/15_fisch/fisch.htm

Abb. 3.3: Annemarie Hausmann

Abb. 3.4: Annemarie Hausmann

Alle Vogelbilder des Puzzles:

<http://www.wildvogelhilfe.org/sonderbeitraege/grundwissen/schnabelformen.html>

Haken: http://www.bergzeit.de/out/pictures/0/sol_x01562-00_th.jpg

Geflügelschere: http://www.productpilot.com/de/zulieferer/kretzer-scheren-gmbh/produkt/mf_bat_0000208166/de

Spreitzer: http://www.ff-lappersdorf.de/images/ausruestung_spreitzer.jpg

Pinzette: http://www.asket.de/pinzetten/anatomische_pinzette/index_ger.html

Nussknacker: <http://www.100design-möbel.com/typo3temp/pics/f441a487ba.jpg>

Kescher: <http://www.hechtfreunde.de/shop/images/8204003.jpg>

Unkrautstecher: <http://www.gartentechnik24-online.de/Wolf-Garten-multi-star/Wolf-Garten-Classic-Line-Geraete/WOLF-Garten-Unkrautstecher-KS-2K::2766.html>

Abb. 4.1: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Polar_Bear_2004-11-15.jpg&filetimestamp=20060503183117

Abb.4.2:[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Galapagos_penguin_\(Spheniscus_mendiculus\)_-Isabela2.jpg&filetimestamp=20080413135144](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Galapagos_penguin_(Spheniscus_mendiculus)_-Isabela2.jpg&filetimestamp=20080413135144)

Abb. 4.3: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Aptenodytes_forsteri_-_Snow_Hill_Island%2C_Antarctica_-_adults_and_juvenile-8.jpg

Abb. 4.4: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:W%C3%BCstefuuss--w.jpg?uselang=de>

Abb.4.5:<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Polarfuchscele4.jpg&filetimestamp=20051004174509>

Abb. 4.6: <http://www.weltderphysik.de/de/7817.php?i=7818>

Abb. 4.7: <http://www.weltderphysik.de/de/7817.php?i=7819>

Abb.5.1:http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Electrophorus_electricus_3.jpg

Abb. 5.2: Annemarie Hausmann

Abb. 5.3: http://www.leifiphysik.de/web_ph10/umwelt-technik/03batterien/batterien.htm

Abb. 5.4: http://www.leifiphysik.de/web_ph10/umwelt-technik/03batterien/batterien.htm

Abb. 5.5: <http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm>

Abb. 5.6: <http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm>

Abb. 5.7: <http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm>

Abb. 5.8: <http://www.physikfuerkids.de/historie/volgal/page6.html>; bearbeitet von Annemarie Hausmann

Abb. 5.9: <http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm>

Abb.5.10:http://www.welt.de/multimedia/archive/01033/aal1_DW_Wissenscha_1033255g.jpg

g

9.2. Vogelpuzzle

Das nachfolgende Dokument ist das Vogelpuzzle. Das Vogelpuzzle ist eine Aufgabenstellung aus der Mechanik Station und befindet sich extern von dem Arbeitsheft für die Schüler. Es ist in Querformat eingerichtet und wird bei Gebrauch an den Linien geschnitten in einzelne Puzzleteile.

Papagei



Früchte,
Samenkörner
und Nüsse

(Tipp: auch aus
dicht verzweigten
Bäumen)

Haken festen Halt beim Klettern



Gänsegeier



Aas

und

Fleisch

Geflügelschere





Rauchschwalbe
Kernbeißer

Kleine Insekten



Pinzette



Kerne und harte Samen



Nussknacker

Fichtenkreuzschnabel



Samen
aus
Zapfen



Spreitzer

Pelikan



Fische
und
kleine Krebse

Kescher





Stelzenläufer

Würmer,
kleine
Schnecken,
kleine Krebse,
Wasserkäfer,
Kaulquappen

Unkrautstecher



9.3. Hilfekarten

Die nächsten Dokumente sind Hilfekarten zu den einzelnen Stationen des Lehr-Lern-Labors. Auch hier ist aus Gründen der Formatierung und der späteren Wiederverwendung die Original-Formatierung beibehalten worden.

1. Hilfekarte Optik

232

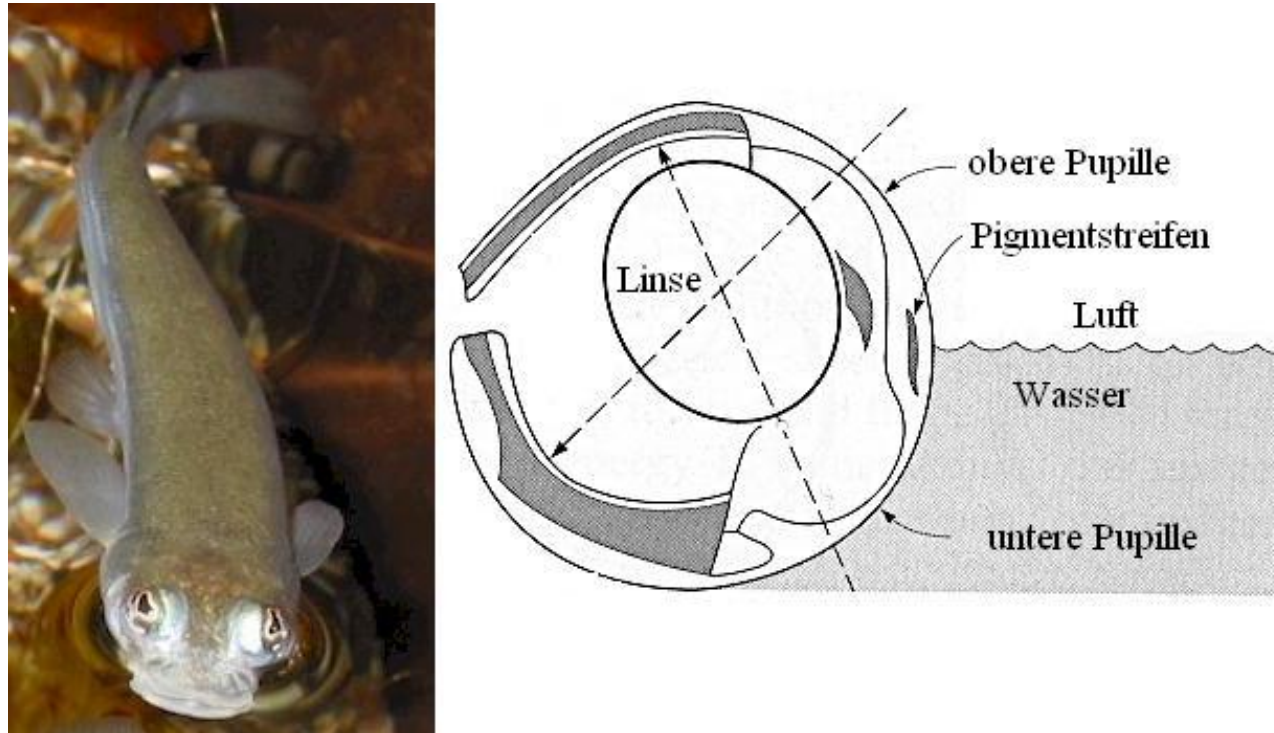


Abb.: 1.7.

Bei der rechten Abbildung sieht man mit Hilfe der Pfeile, aus welcher Richtung das Licht jeweils auf die Netzhaut fällt.

2.Hilfekarte Optik

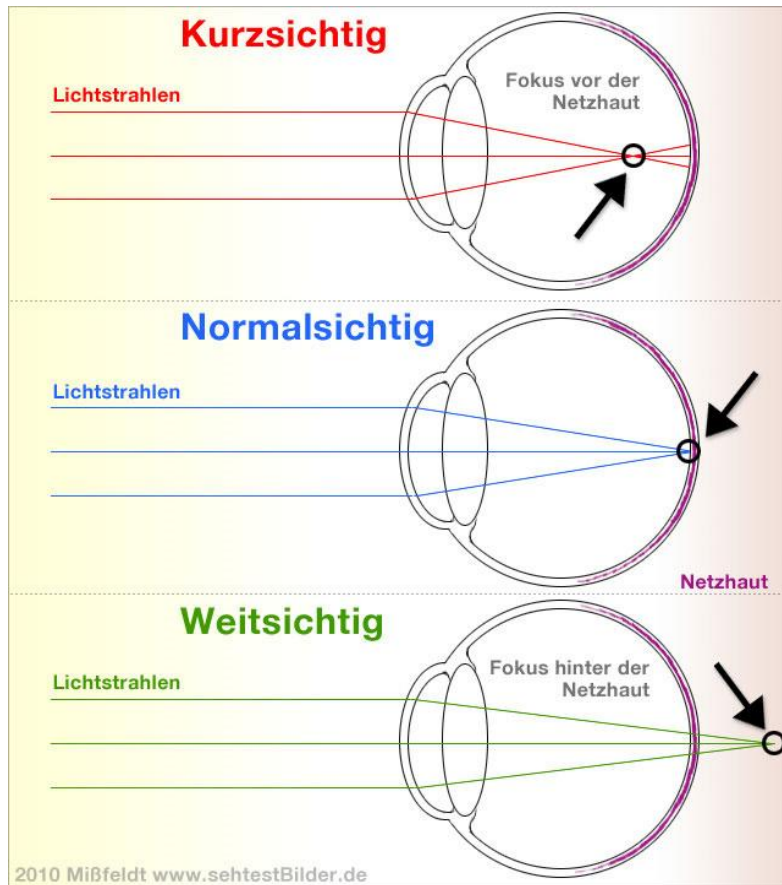


Abb. 1.8:

Fehlsichtigkeit bei Augen

Wenn bei einer Fehlsichtigkeit die Bilder auf einer Netzhaut abgebildet werden, dann sieht man das Bild unscharf, da nun der Brennpunkt (der Fokus) nicht mehr auf der Netzhaut liegt.

1. Hilfekarte Akustik

234

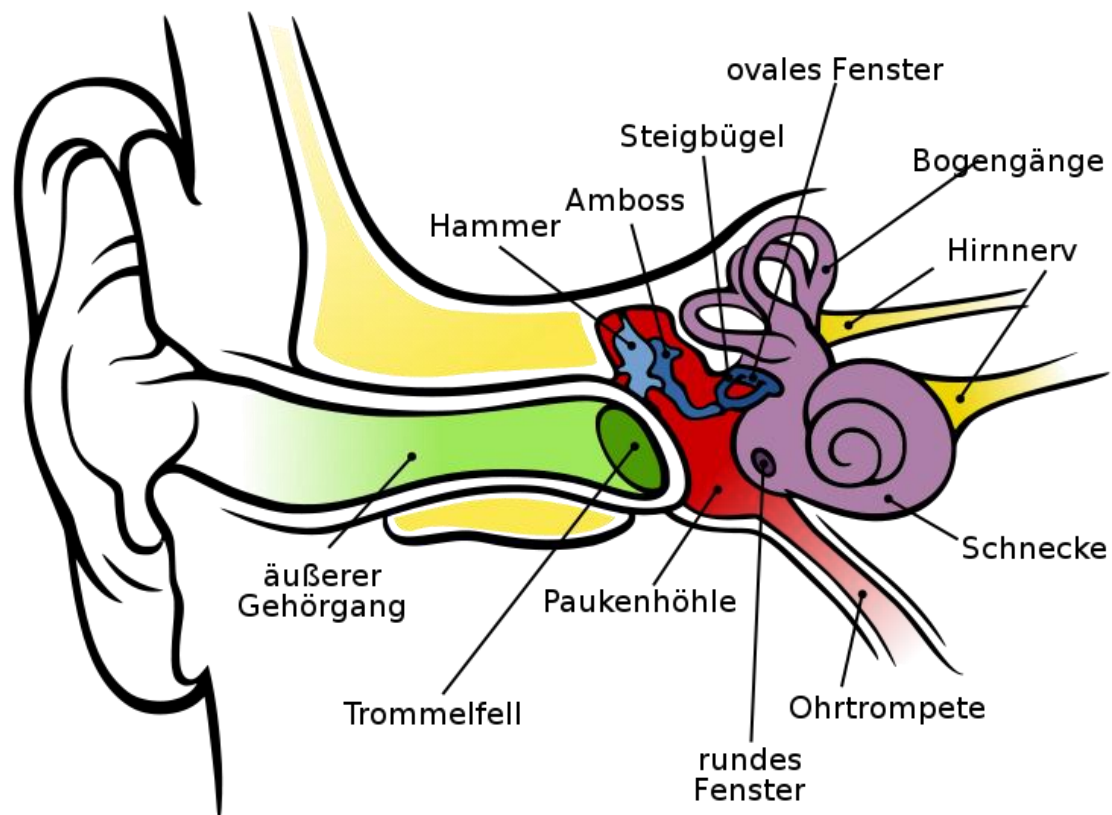


Abb. 2.8:

Das Ohr

2. Hilfekarte Akustik



235

Abb. 2.9: Rußplatte

Hier siehst du eine Rußplatte auf der eine schwingende Stimmgabel gezogen wurde.

1.Hilfekarte Mechanik

Die Dichte

Jedes Element hat eine andere Dichte, deshalb spricht man auch von der spezifischen Dichte.

236

Die Dichte beschreibt das Verhältnis der Masse m zum Volumen V eines Körpers. Die Dichte ist eine Stoffeigenschaft.

Sinken, Schweben, Steigen (Schwimmen)

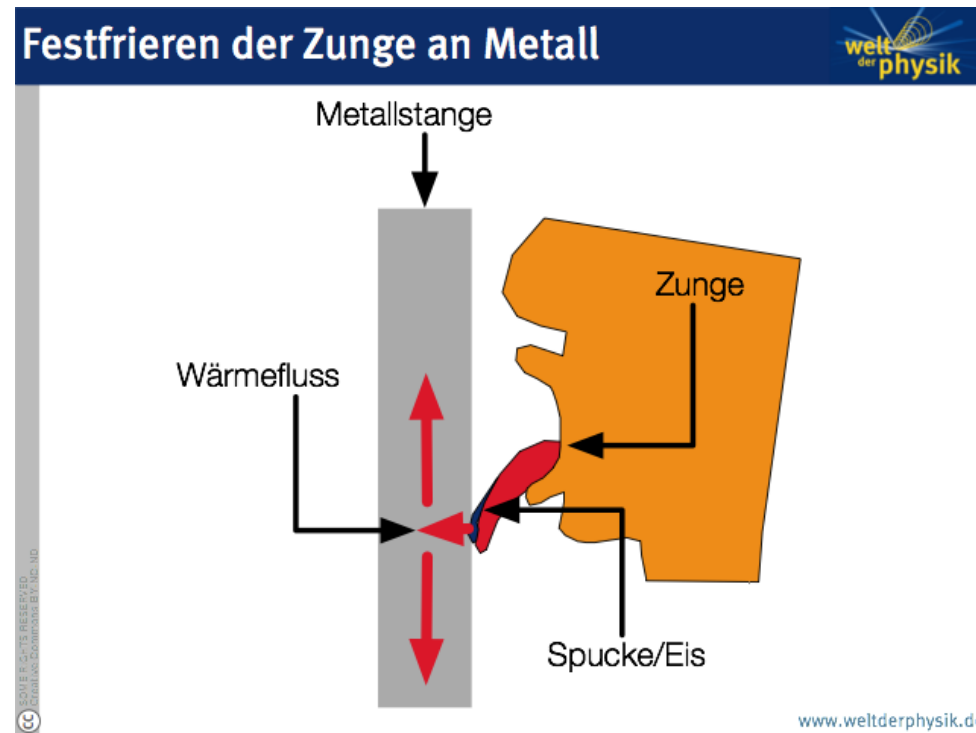
Sinken: $F_G > F_A$

Schweben: $F_G = F_A$

Steigen: $F_G < F_A$

F_G ist die Gewichtskraft, F_A ist die Auftriebskraft

1. Hilfekarte Wärmelehre



237

Abb. 4.7:

Die roten Pfeile zeigen an, wie die Wärme weg transportiert wird

1. Hilfekarte Elektrizität

238

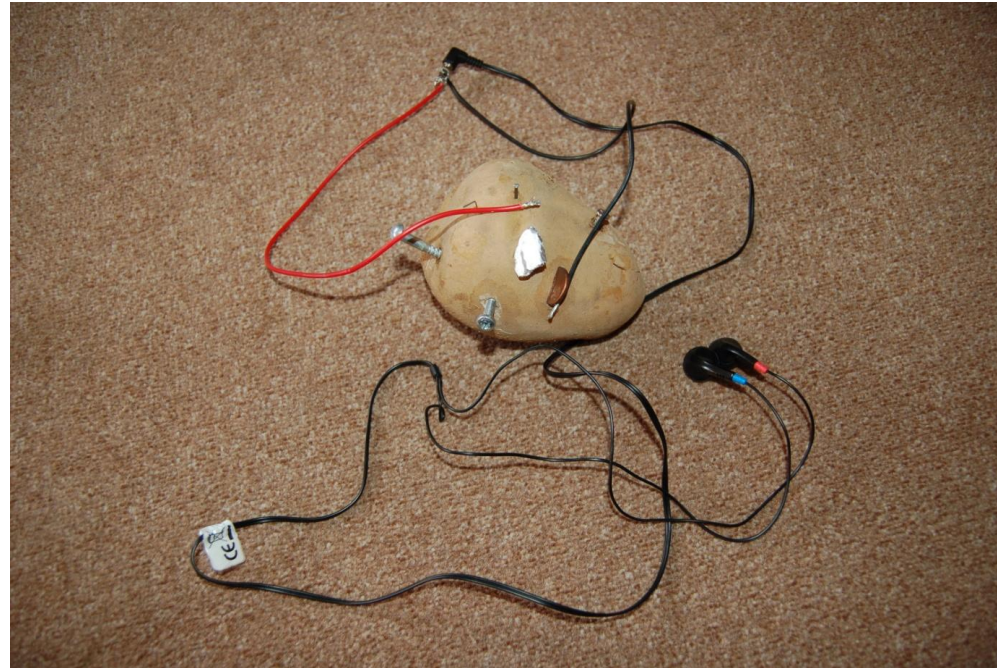


Abb. 5.11: Kartoffelbatterie

Hier seht ihr einen möglichen Aufbau einer Kartoffelbatterie.
Wenn ihr nun die zwei Kabelenden an jeweils ein Metall haltet, könnt ihr vielleicht etwas hören.
Woran könnte es liegen, dass nicht bei jeder Kombination von Metallen etwas zu hören ist?

9.5. Checkliste für die Betreuer der Optik Station:

Erst mal vielen Dank, dass du mich bei meiner Zulassungsarbeit unterstützt und eine Station betreust.

Als erstes werde ich dir paar allgemeine Dinge erklären, auf die du achten sollst.

Stationsarbeit:

- Beobachtungsbogen ausfüllen und Fotos machen
- Gebe den Schülern, wenn sie Fragen oder Probleme haben, Hilfestellungen.
- Bei der Bearbeitung der AB's: Schriftliche Antwort eventuell im Vorfeld mündlich mit den Schülern formulieren, bitte kurz und knapp aufschreiben lassen
- Bitte achte auf die Uhr. Versuche die Schüler zum zügigen Weiterarbeiten zu motivieren.
- Wenn noch Zeit übrig ist, können Zusatzversuche oder Zusatzaufgaben bearbeitet werden
- Lieber einen Versuch weniger bearbeiten, aber dafür konnten die Schüler den anderen Versuchen folgen
- Schreibe mir bitte auf:
 - Fragen, die die Schüler stellen
 - Hilfestellungen, die die Schüler benötigt haben
- Denke bitte auch an die didaktischen Methoden (schwächeren Schülern Hilfestellungen geben, ...)
- Ihr unterstützt die Schüler bei der Durchführung und Bearbeitung der Versuche
- Nach der Durchführung der einzelnen Versuche aufräumen und darauf achten, dass alle Materialien noch da sind
- Gebt den Schülern bei Bedarf die Hilfekarten und die Durchführungskarten für die einzelnen Versuche

Informationen zu der Optik Station:

- Ihr arbeitet mit einem Laser. Bitte achte darauf, dass sie mit den Augen aufpassen.
- Versuch: „Brechung“: Führt den Versuch erst nur mit einem Medium durch und erst später, wenn noch Zeit ist mit einem zweitem Medium. Befülle hierfür den leeren Halbkreis mit Wasser. Der Laser muss während des ganzen Versuches nur einen Strahl aussenden (Klicke hierfür ein paar Mal auf den Knopf)
- Gebe die Hilfekarten nur bei Bedarf
- Vorsicht mit den Augenmodellen. Es soll immer nur ein Schüler durch ein Augenmodell schauen.
- Lasse die Schüler über die Zusatzfragen am Ende ruhig länger diskutieren.

9.5. Beobachtungsbogen für die Schüler

Allgemeine Fragen:

1. Zuerst einmal, du bist ein

Mädchen

Junge

2. In welchem Physikkurs bist du?

A-Kurs

B-Kurs

3. Interessierst du dich für Tiere?

4. Hast du Haustiere?

5. Interessiert du dich für das Fach Physik?

6. Interessierst du dich für das Fach Biologie?

7. Hast du dir schon mal Gedanken gemacht über die Zusammenhänge von Physik und Tieren?

Trifft
genau zu

Trifft
meistens
zu

Trifft
weniger
zu

Trifft gar
nicht zu

Fragen zum Schülerlabor:

8. Mit welcher Station hast du angefangen?

Optik

Akustik

Mechanik

Wärme

Elektrizität

9. Hat dir das Schülerlabor gefallen?

Anhang

Trifft
genau zu

Trifft
meistens
zu

Trifft
weniger
zu

Trifft gar
nicht zu

10. Wie gut hat deine Gruppe zusammen gearbeitet
Begründe kurz!

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

11. Hattest du genügend Zeit?
Begründe kurz.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

12. Hast du dir mit der Bearbeitung der einzelnen
Versuche leicht getan?
Begründe kurz.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

13. Wie fandest du die Arbeitsblätter?
Begründe kurz.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

14. Fandest du die Themen interessant?
Begründe kurz.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

15. Würdest du gerne noch einmal ein Schülerlabor in
der Art machen?
Begründe kurz.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

16. Warst du von den Zusammenhängen von Physik
und den Tieren erstaunt?
Begründe kurz.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

17. Hier hast du Platz für Anmerkungen, Tipps, Kritik, Lob,

9.6. Beobachtungsbogen für die Betreuer

1. Allgemeine Fragen:

	Trifft genau zu	Trifft meistens zu	Trifft weniger zu	Trifft gar nicht zu
➤ Haben alle Kinder gleich gut mitgearbeitet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Haben sich die Kinder die ganze Zeit konzentriert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Waren die Kinder vom Raum, Ambiente, ... abgelenkt?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Der Betreuer musste häufig allgemein helfen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler haben als Gruppe zusammen gearbeitet?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren motiviert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ War ausreichend Zeit für die Zusatzversuche übrig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Das Vierauge:

➤ Waren Text und Abbildung leicht und eindeutig für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte das Lesen des Textes tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Text überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Text unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Versuch: „Fischfang“

	Trifft genau zu	Trifft meistens zu	Trifft weniger zu	Trifft gar nicht zu
➤ Waren Aufgabenstellung & Versuchsaufbau eindeutig und leicht für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte die Durchführung dieses Versuches tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Versuch: „Brechung“

➤ Waren Aufgabenstellung & Versuchsaufbau eindeutig und leicht für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte die Durchführung dieses Versuches tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Funktionsweise des Auges

	Trifft genau zu	Trifft meistens zu	Trifft weniger zu	Trifft gar nicht zu
➤ Waren Text und Abbildung leicht und eindeutig für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte das Lesen des Textes tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Text überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Text unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Versuch: „Sehen unter Wasser“

➤ Waren Aufgabenstellung & Versuchsaufbau eindeutig und leicht für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte die Durchführung dieses Versuches tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Akkommodation bei Fischen

	Trifft genau zu	Trifft meistens zu	Trifft weniger zu	Trifft gar nicht zu
➤ Waren Text und Abbildung leicht und eindeutig für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte das Lesen des Textes tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Text überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Text unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Versuch: „Akkommodation bei Fischen“

➤ Waren Aufgabenstellung & Versuchsaufbau eindeutig und leicht für Schüler zu verstehen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Wie lange dauerte die Durchführung dieses Versuches tatsächlich? _____				
➤ Schüler brachten ihr Interesse und Staunen zum Ausdruck?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler interessierten sich für dieses Thema?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt überfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler waren bei diesem Versuch/Arbeitsblatt unterfordert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Die Schüler hatten bereits Vorkenntnisse?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Allgemeine Fragen:

	Trifft genau zu	Trifft meistens zu	Trifft weniger zu	Trifft gar nicht zu
➤ Hat es dir mit den Gruppen Spaß gemacht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Hattest du den Eindruck, dass die Schüler etwas mitnehmen konnten?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Hat sich die Zusammenarbeit innerhalb der Gruppe mit zunehmender Zahl gebessert?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
➤ Hier ist Platz für Verbesserungsvorschläge, Kritik, Lob,				

9.7. Beobachtungsbogen für die Präsentation

➤ Dauer der gesamten Versuchspräsentation?

Trifft
genau zu Trifft
meistens
zu Trifft
weniger
zu Trifft gar
nicht zu

➤ Es waren alle Gruppenmitglieder beteiligt.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

➤ Welche Versuche wurden vorgestellt?

➤ Es war oft eine Unterstützung vom Lehrer notwendig.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

➤ Wie trat die Gruppe vor der Klasse auf? (sicher, unsicher, nervös,...)

➤ Worauf wurde der Schwerpunkt gelegt?

➤ Die Phänomene wurden physikalisch korrekt erklärt.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

➤ Die zuhörenden Schüler zeigten Interesse.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

➤ Die zuhörenden Schüler stellten Fragen.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Weitere Anmerkungen:

9.8. Brief an die Schulleitung

Sehr geehrte Schulleitung,

Mein Name ist Annemarie Hausmann und ich studiere im 6. Semester an der Julius-Maximilians-Universität in Würzburg Mathe und Physik für das Lehramt an Realschulen. Ich schreibe im Moment meine Zulassungsarbeit für das erste Staatsexamen im Fach Physik. Dazu entwickle ich ein Lehr-Lern-Labor zu dem Thema Physik im Tierreich.

Für das Lehr-Lern-Labor habe ich Schüler von ihrer Schule eingeladen. Dazu werden Schüler mit ihrem Lehrer nach Würzburg an die Universität fahren.

In dem Lehr-Lern-Labor werden 5 Themen der Physik näher betrachtet (Optik, Akustik, Mechanik, Wärmelehre und Elektrizitätslehre). Zu jedem Thema wird eine Station mit verschiedenen Versuchen durchgeführt. Die Schüler werden hierzu in Gruppen aufgeteilt und durchlaufen nacheinander die Stationen.

Mein Ansprechpartner für dieses Projekt ist Herr Lindenblatt, mit dem ich telefonisch gesprochen habe.

Bei weiteren Fragen können Sie sich gerne bei mir melden.

Unter der E-Mail-Adresse: annemarie@saugut.de oder der Telefonnummer 0151/23474993 bin ich zu erreichen.

Mit freundlichen Grüßen und Vielen Dank

Annemarie Hausmann

9.9. Brief an die Eltern

Liebe Eltern,

mein Name ist Annemarie Hausmann und ich studiere im 6. Semester an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg Mathe und Physik für das Lehramt an Realschulen. Am Ende meines Studiums ist es erforderlich, eine Zulassungsarbeit in einem der beiden Fächer zu schreiben. Ich habe mich für das Fach Physik entschieden und beschäftige mich mit dem Thema „Physik im Tierreich“.

Im Rahmen dieser Zulassungsarbeit entsteht ein Lehr-Lern-Labor für Schüler. Hierbei werde ich den Kindern einen Überblick, angelehnt an den Lehrplan, über physikalische Phänomene im Tierreich verschaffen. Ihre Kinder werden zusammen mit ihrem Lehrer an die Universität Würzburg kommen, dort werden sie spannende physikalische Phänomene im Tierreich kennen lernen.

Ihre Kinder werden verschiedene Stationen durchlaufen. Jede der 5 Stationen beschäftigt sich mit einem anderen Thema. Dabei können sie bei Rückfragen stets auf zahlreiche Betreuer zurückgreifen.

Im Verlauf dieses Projektes werde ich das eine oder andere Foto von ihren Kindern während der Durchführung der Versuche machen. Diese Bilder werde ich zu Dokumentationszwecken auch in meine Zulassungsarbeit einarbeiten. Die Zulassungsarbeit mit unzensierten Bildern wird lediglich dem Prüfungsamt sowie dem entsprechenden Professor an der Universität vorgelegt. Bei anderen Veröffentlichungen werden alle Bilder ihrer Kinder geschwärzt oder unkenntlich gemacht, so dass niemand mehr zu erkennen ist. Falls sie es dennoch nicht möchten, dass Ihr Kind in der Zulassungsarbeit erscheint, bitte ich Sie den folgenden Abschnitt auszufüllen.

Ich freue mich schon jetzt auf die Zusammenarbeit mit Ihren Kindern.

Vielen Dank und liebe Grüße

Annemarie Hausmann

(Bitte hier abtrennen)

Ich bin damit einverstanden, dass Bilder von meinem Sohn/ meiner Tochter _____ gemacht werden.

Ich bin **nicht** damit einverstanden, dass Bilder von meinem Sohn/meiner Tochter _____ gemacht werden.

Hiermit Bestätige ich, dass ich das Informationsschreiben von Annemarie Hausmann erhalten habe.

Ort, Datum

Unterschrift

9.10. Beiliegende DVD

Auf der beiliegenden DVD sind alle Materialien gespeichert, die für die Durchführung des Lehr-Lern-Labors „Physik im Tierreich“ benötigt werden.

Die Versuchsanleitungen sind als Schüler- und Betreuerversion im PDF- und Word- Format beigefügt.

Zusätzlich befinden sich im Ordner „Bilder“ weitere Bilder von den Durchführungen des Lehr-Lern-Labors „Physik im Tierreich“.

Zuletzt ist die gesamte Arbeit unter „Examensarbeit“ als PDF auf der DVD beigelegt.

10. Abbildungsverzeichnis:

Abb. 1: Das Vierauege	37
Abb. 1.1: Vierauege und sein Auge	160
Abb. 1.2: Vierauege	161
Abb. 1.3: Halbkreise	164
Abb. 1.4: Aufbau eines Auges	165
Abb. 1.5: Skizze des Strahlenganges im Augapfel	166
Abb. 1.6: Haiauge mit beweglicher Linse	169
Abb. 1.7: Hilfekarte Nr.1 Optik	232
Abb.1.8: Fehlsichtigkeit der Augen	233
Abb. 1.9: Versuch „Fischfang“	84
Abb. 1.10: Versuch „Brechung“	85
Abb. 1.11: Versuch „Sehen unter Wasser“	87
Abb. 1.12: Versuch „Akkommodation unter Wasser bei Fischen“	89
Abb. 1.13: Strahlengang durch Linse	61
Abb. 1.14: Aufbau eines Auges	62
Abb. 1.15: Arbeitsheft „Das Vierauege“	114
Abb. 2: Schüler beim Versuch „Fischfang“	114
Abb. 2.1: Schematische Echoortung einer Fledermaus	173
Abb. 2.2: Fledermaus bei der Jagd	175
Abb. 2.3: Nachtfalter mit vielen Fransen	177
Abb. 2.4: Versuchsaufbau	178
Abb. 2.5: Dopplereffekt bei einem fahrenden Auto	180
Abb. 2.6: Bild des Dopplereffekts in einem Wasserbecken	181
Abb. 2.7: Eine große Hufeisennase mit Nasenaufsatz	182
Abb. 2.8: Das Ohr	234
Abb. 2.9: Rußplatte	235

Abb. 2.10: Versuch „Ultraschall“	90
Abb. 2.11: Versuch „Wie der Schall zum Ohr gelangt“	91
Abb. 2.12 und Abb. 2.13: Versuch „Schallreflexion“	92
Abb. 2.14 und 2.15: Versuch „Schallausbreitung“	93
Abb. 2.16: Versuch „Reflexion und Dopplereffekt“	94
Abb. 2.17: Versuch „Laufzeitdifferenz“	95
Abb. 2.18: Memory	95
Abb. 3: Ergebnis beim Versuch „Fischfang“	114
Abb. 3.1: Kräfte auf einen Würfel unter Wasser	187
Abb. 3.2: Fisch mit Schwimmblase	190
Abb. 3.3: Versuchsaufbau	192
Abb. 3.4: Einarmiger Hebel	195
Abb. 3.5: Versuch „Archimedes auf der Spur I“	97
Abb. 3.6: Versuch „Archimedes auf der Spur II“	97
Abb. 3.7 bis 3.9: Versuch „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“	98
Abb.3.10: Versuch „Kartesischer Taucher“	99
Abb. 3.11: Versuch „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“	100
Abb.3.12: Gänsegeier	45
Abb. 3.13: Geflügelschere	45
Abb.3.14: Schwalbe	46
Abb. 3.15: Pinzette	46
Abb. 3.16: Kernbeißer	46
Abb. 3.17: Nussknacker	46
Abb. 3.18: Kreuzschnabel	47
Abb. 3.19: Spreitzer	47
Abb. 3.20: Pelikan	48
Abb. 3.21: Kescher	48

Abbildungsverzeichnis

Abb.3.22: Stelzenläufer.....	48
Abb. 3.23: Unkrautstecher.....	48
Abb. 3.24: Vogelschnabel.....	44
Abb. 4: Versuch „Brechung“ mit AB.....	115
Abb. 4.1: Eisbär.....	200
Abb. 4.2: Galapagos-Pinguin.....	205
Abb. 4.3: Kaiserpinguin.....	205
Abb. 4.4: Wüstenfuchs.....	206
Abb. 4.5: Polarfuchs.....	206
Abb. 4.6: Pinguinfüße.....	208
Abb. 4.7: Zunge an Metall.....	237
Abb. 4.8: Versuch „Wärmeisolation bei Säugetieren“.....	102
Abb. 4.9: Versuch „Bergmannsche Regel“.....	103
Abb. 4.10: Versuch „Schwarz oder Weiß“.....	104
Abb. 4.11: Versuch „Wärmetauscher“.....	105
Abb. 5: Versuch „Brechung“.....	115
Abb. 5.1: Zitteraal.....	210
Abb. 5.2: Schaltkreis einer Apfelbatterie.....	211
Abb. 5.3: Batterie im Querschnitt.....	212
Abb. 5.4: Verbrauchte Batterie.....	213
Abb. 5.5: Eine elektrische Platte im Ruhezustand.....	216
Abb. 5.6: Eine aktivierte elektrische Platte.....	217
Abb. 5.7: Säulen aus elektrischen Platten.....	217
Abb. 5.8: Aufbau einer Voltaschen Säule.....	218
Abb. 5.9: Voltasche Säule.....	219
Abb. 5.10: Elektrisches Feld eines Zitteraals.....	221
Abb. 5.11: Kartoffelbatterie.....	238

Abb. 5.12: Versuch „Apfelbatterie“	107
Abb. 5.13: Versuch „Serienschaltung“	108
Abb. 5.14: Versuch „Voltasche Säule“	109
Abb. 5.15: Versuch „Leitfähigkeit von Wasser“	110
Abb. 5.16: Schematischer Vorgang in einer Batterie	280
Abb.5.17: elektrische Platte im Ruhezustand	55
Abb. 5.18: elektrische Platte im aktivierten Zustand	56
Abb. 5.19: elektrische Säule	56
Abb.5.20: Versuch „Kartoffelbatterie“	111
Abb. 5.21: Zink-Kohle-Batterie	80
Abb. 6: Versuch „Sehen unter Wasser“	115
Abb. 7: Versuch „Sehen unter Wasser“	116
Abb.8: Versuch „Ultraschall“	117
Abb. 9: Versuch „Wie der Schall zum Ohr gelangt“	118
Abb. 10: Arbeiten am Text „Schlechtes Echo“	118
Abb. 11: Versuch „Schallreflexion“ Schnipsen	119
Abb. 12: Versuch „Schallreflexion“ Flüstern	119
Abb. 13: Versuch „Schallausbreitung“	119
Abb. 14: Versuch „Laufzeitdifferenz“	120
Abb. 15: „Memory“	121
Abb. 16: Versuch „Archimedes auf der Spur“	122
Abb. 17: Versuch „Archimedes auf der Spur“	122
Abb. 18: Gewichtskraft des Fisches messen	122
Abb. 19: Versuch „Sinken, Schweben, Steigen, Schwimmen“	123
Abb. 20: Versuch „Kartesischer Taucher“	124
Abb. 21: Versuch „Guter Schwimmer oder schlechter Schwimmer“	124
Abb. 22: „Vogelpuzzle“	125

Abbildungsverzeichnis

Abb. 23: Versuch „Bergmannsche Regel“	126
Abb. 24 und 25: Versuch „Schwarz oder Weiß“	126
Abb. 26: Versuch „Wärmetauscher“	127
Abb. 27: Versuch „Apfelbatterie“	128
Abb. 28 und 29: Versuch „Serienschaltung“ mit einer und mit zwei Batterien	129
Abb.30: Versuch „Serienschaltung“ drei Batterien	129
Abb. 31: Arbeiten am Arbeitsheft	130
Abb. 32: Versuch „Voltasche Säule“	131
Abb. 33: Versuch „Leitfähigkeit“	131
Abb. 34: Versuch „Kartoffelbatterie“	132
Abb. 35: Präsentation „Schallreflexion“	133
Abb. 36: Versuch „Schallreflexion“ in der Klasse	134
Abb. 37: Präsentation „Wärmetauscher“	134

11. Tabellen- und Diagrammverzeichnis:

Tabelle 1: Übersicht der Themen.....	30
Tabelle 2: Brechungsindizes.....	58
Tabelle 3: Kampf der Technik gegen die Technik.....	43
Diagramm 1: Hat dir das Schülerlabor gefallen?“.....	136
Diagramm 2: „Interessierst du dich für Tiere“.....	137
Diagramm 3: „Hast du Haustiere?“.....	138
Diagramm 4: „Interessierst du dich für das Fach Physik“.....	139
Diagramm 5: „Interessierst du dich für das Fach Biologie?“.....	140
Diagramm 6: „Hast du dir schon mal Gedanken gemacht über die Zusammenhänge von Physik und Tierreich?“.....	141
Diagramm 7: „Wie gut hat deine Gruppe zusammen gearbeitet?“.....	142
Diagramm 8: „Hattest du genügend Zeit“.....	143
Diagramm 9: „Hast du dir mit der Bearbeitung der einzelnen Versuche leicht getan?“.....	144
Diagramm 10: „Wie fandest du die Arbeitsblätter“.....	145
Diagramm 11: „Fandest du die Themen interessant?“.....	146
Diagramm 12: „Würdest du gerne noch einmal ein Schülerlabor in der Art machen?“.....	147
Diagramm 13: „ Warst du von den Zusammenhängen von Physik und den Tieren erstaunt?“.....	148

12. Bücherquellenverzeichnis

BVWTG: Carl Bergmann: Ueber die Verhältnisse der Wärmeökonomie der Thiere zu ihrer Grösse. Abgedruckt aus den Göttinger Studien.1847. Göttingen bei Vandenhoeck und Ruprecht.1848.

DHNHFE: Dietz, Helversen, Nill: Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. 2007 Franckh-Kosmos-Verlag.

DSVAW: Dietrich Starck: vergleichende Anatomie der Wirbeltiere auf evolutionsbiologischer Grundlage. Band 3: Organe des aktiven Bewegungsapparates, der Koordination, der Umweltbeziehung, des Stoffwechsels und der Fortpflanzung. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York 1982.

ESB36: Katrin Engeln: „Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken“. Studien zum Physiklernen Herausgegeben von H. Niederer und H. Fischler. Band 36. Logos Verlag Berlin. 2004.

FBKB1: Kurt Freytag (Hrsg.): „Biologische Kurzversuche“. Band 1. Humanbiologie, Allgemeine Biologie. Aulis Verlag Deubner, Köln. 2007

FBKB2: Kurt Freytag (Hrsg.): „Biologische Kurzversuche“. Band 2. Zoologie, Botanik, Mikroorganismen. Aulis Verlag Deubner, Köln. 2007

G. Collicchia, H. Wiesner: „Simulation von Fehlsichtigkeit. Akkommodationsfähige Augenmodelle für den Unterricht, Naturwissenschaften im Unterricht“ Heft 82 (2004) S.15-17.

HRWP: Halliday, Resnick, Walker: Physik. WILEY-VCH. Weinheim. 2005.

HSWPK: Hartmut Wiesner, Horst Schecker, Martin Hopf (Hrsg.). Physikdidaktik. Kompakt. Aulis Verlag in der Stark Verlagsgesellschaft, 2011.

KGHPD: Kirchner, Girwidz, Häußler (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg New York. 2007, 2009.

KMTES: Hanna Kiper, Hilbert Meyer, Wilhelm Topsch: Einführung in die Schulpädagogik. Unterricht Schule. Studium kompakt. Mit zwei Beiträgen von Renate Hinz. 20002 Cornelson Verlag Scriptor GmbH & Co.KG, Berlin. 5. Auflage 2010

MFTH: Müller, Frings (2009): „Tier- und Humanphysiologie - Eine Einführung“. Springer Verlag

MGP: D. Meschede: Gerthsen Physik. „Die ganze Physik zum 21. Jahrhundert“. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 2004.

SSBMGB: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München ISB: Grundlagen der Biophysik. Handreichung für den Unterricht in der gymnasialen Oberstufe. München 2009, BRIGG Pädagogik.

Whitefield, R.C. (1980): “Educational research & science teaching”. School Science Review.

WTS: Werner Wiater: Theorie der Schule. Prüfungswissen – Basiswissen Schulpädagogik. Auer Verlag GmbH, Donauwörth. 3.überarbeitete Auflage 2009.

Zwick, M. & O. Renn (2000): „Die Attraktivität von technischen und ingenieurwissenschaftlichen Fächern bei der Studien-und Berufswahl junger Frauen und Männer.“ Stuttgart: Akademie für Technikfolgeabschätzungen.

13. Internetquellenverzeichnis

[IQU1]:

<http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=ef0a7ffa587462ba515ec737e5b44fe1> Letzter Zugriff am 24.08.11 um 22:19

[IQU2] 7. Klasse:

<http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=dde231ee9f7f79494fb4cb62368bc7ce> Letzter Zugriff am 04.07.11

[IQU3] 8.Klasse:

<http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=cb001a9eb3247f1af15075b4d4b0d585> Letzter Zugriff am 04.07.11

[IQU4] 9. Klasse:

<http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?MNav=5&QNav=4&TNav=1&INav=0&Fach=&Fach2=&LpSta=6&STyp=5&Lp=344> Letzter Zugriff am 04.07.11

[IQU4.1]: <http://www.natur-lexikon.com/Texte/MZ/001/00037-eisbaer/MZ00037-eisbaer.html> Letzter Zugriff am 21.09.11 um 14:26

[IQU4.2]: http://www.hoffmeister.it/biologie/04.07abiotische_faktoren.pdf Letzter Zugriff am 21.09.11 um 15:20

[IQU4.2]: http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/inhalt_materialien/phy_med_waerme/koerpertemp_mensch.pdf Letzter Zugriff am 26.09.11 um 10:19

[IQU5]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Vieraugen> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 12:39

[IQU5.1]:

http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/06batterien/batterien.htm#a
Letzter Zugriff am 01.09.11 um 17:40

[IQU5.2]:

http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/06batterien/batterien_ch.htm
Letzter Zugriff am 01.09.11 um 18:18

[IQU5.3]: <http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm> Letzter Zugriff am 21.09.11 um 12:27

[IQU6]: http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/inhalt_materialien/phy_med_opt/sehen_u_wasser.pdf von G. Colicchia und H. Wiesner: „Können Fische unter Wasser besser sehen als Menschen?“ Letzter Zugriff am 15.08.11 um 20:31

[IQU7]: Alle Vogelbilder
<http://www.wildvogelhilfe.org/sonderbeitraege/grundwissen/schnabelformen.html>
Letzter Zugriff am 16.08.2011

[IQU8]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Eisbaer> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:28

[IQU 9]: <http://www.suite101.de/content/waermedaemmung-nach-eisbaerenart-a49197> Letzter Zugriff am 18.08.11 um 18:32

[IQU10]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Pinguine> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:32

[IQU11]: <http://www.weltderphysik.de/de/4245.php?ni=2800> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:29

[IQU12]: <http://www.weltderphysik.de/de/7817.php> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:30

[IQU13]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Polarfuchs> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:33

[IQU14]: Stephan Frings, Uni Heidelberg, Abt. Molekulare Physiologie Januar 2003
<http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm> Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:19

Abb. 1.2: Vieraugen:

http://www.tiermotive.de/tieralbum/4images/details.php?image_id=4929&mode=search Letzter Zugriff am 19.08.11 um 11:07

Abb. 1.3: Vieraugen Strahlengang:

<http://home.arcor.de/shismatic/kurios/tiere/vieraugen.htm> Letzter Zugriff am 30.08.11 um 12:33

Internetquellenverzeichnis

Abb. 1.4: Augenaufbau:

http://www.leifiphysik.de/web_ph07_g8/umwelt_technik/02augen/aufbau-l.htm

Letzter Zugriff am 30.08.11 um 12:17

Abb. 1.6: Haiauge:

http://www.leifiphysik.de/web_ph09/umwelt_technik/12sehen/akom.htm Letzter

Zugriff am 30.08.11 um 12:27,

Abb. 1.8: Fehlsichtigkeit: <http://www.sehtestbilder.de/images/visus-auge-sehschaerfe-netzhaut.jpg> Letzter Zugriff am 19.08.11 um 11:54

Abb. 2.1: Fledermaus mit Beute: [http://www.naturschutz-](http://www.naturschutz-glattbach.de/02_02_Fledermausschutz.html)

[glattbach.de/02_02_Fledermausschutz.html](http://www.naturschutz-glattbach.de/02_02_Fledermausschutz.html) Letzter Zugriff am 19.08.11 um 15:18

Abb. 2.2: Fledermaus bei der Jagd: <http://www.nabu-leverkusen.de/index.php?id=14>

Letzter Zugriff am 19.08.11 um 15:35

Abb. 2.3: Aufbau des Ohres:

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Anatomy_of_the_Human_Ear_de.svg](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Anatomy_of_the_Human_Ear_de.svg&filetimestamp=20091118102053)

&filetimestamp=20091118102053 von Anatomy_of_the_Human_Ear.svg: Chittka L,

Brockmann Letzter Zugriff am 19.08.11 um 16:49

Abb. 2.3: Nachtfalter: University of Georgia:

[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Ptilophora_plumigera.jp](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7d/Ptilophora_plumigera.jpg/300px-Ptilophora_plumigera.jpg)

Abb. 2.6: Doppler-Effekt:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Doppler_effect.jpg Letzter

Zugriff am 19.08.11 um 15:57

Abb. 2.7: Große Hufeisennase: <http://naturkalender.info/201007.php> von Eka Hein /

www.fotocommunity.de (ID 14949035) Letzter Zugriff am 19.08.11 um 16:42

Abb. 3.2: Fisch mit Schwimmblase

http://www.leifiphysik.de/web_ph08/umwelt_technik/15_fisch/fisch.htm Letzter

Zugriff am 30.08.11 um 13:08

[IQU 3.13]: Geflügelschere: [http://www.productpilot.com/de/zulieferer/kretzer-](http://www.productpilot.com/de/zulieferer/kretzer-scheren-gmbh/produkt/mf_bat_0000208166/de)

[scheren-gmbh/produkt/mf_bat_0000208166/de](http://www.productpilot.com/de/zulieferer/kretzer-scheren-gmbh/produkt/mf_bat_0000208166/de) Letzter Zugriff am: 16.08.11 um 11:13

[IQU3.15]: Pinzette:

http://www.asket.de/pinzetten/anatomische_pinzette/index_ger.html Letzter Zugriff am 21.09.11 um 10:26

[IQU3.17]

Nussknacker:

<http://www.100design-möbel.com/typo3temp/pics/f441a487ba.jpg> Letzter Zugriff am 21.09.11

[IQU3.19] Spreitzer: http://www.ff-lappersdorf.de/images/ausruestung_spreitzer.jpg Letzter Zugriff am 21.09.11 um 10:58

[IQU3.21]: Kescher: <http://www.hechtfreunde.de/shop/images/8204003.jpg> Letzter Zugriff am 16.08.11 um 13:09

[IQU3.23] Unkrautstecher: <http://www.gartentechnik24-online.de/Wolf-Garten-multi-star/Wolf-Garten-Classic-Line-Geraete/WOLF-Garten-Unkrautstecher-KS-2K::2766.html> Letzter Zugriff am 21.09.11 um 12:01

Abb. 4.1: Eisbär: http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Polar_Bear_2004-11-15.jpg&filetimestamp=20060503183117 von Ansgar Walk. Letzter Zugriff am 16.08.11 um 18:16

Abb. 4.2: Galapagospinguin:

[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Galapagos_penguin_\(Spheniscus_mendiculus\)_-Isabela2.jpg&filetimestamp=20080413135144](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Galapagos_penguin_(Spheniscus_mendiculus)_-Isabela2.jpg&filetimestamp=20080413135144) Letzter Zugriff am 17.08.11 um 11:08

Abb. 4.3:Kaiserpinguine:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a3/Aptenodytes_forsteri_-_Snow_Hill_Island%2C_Antarctica_-_adults_and_juvenile-8.jpg Letzter Zugriff am 17:08.11 um 11:12

Abb. 4.4: Wüstenfuchs:

<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:W%C3%BCstefuuss--w.jpg?uselang=de> Letzter Zugriff am 17.08.11 um 16:17

Abb. 4.5: Polarfuchs:

<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Polarfuchscele4.jpg&filetimestamp=20051004174509> Letzter Zugriff am 17.08.11 um 16:21

Internetquellenverzeichnis

Abb. 4.6: PinguinfüÙe: <http://www.weltderphysik.de/de/7817.php?i=7818> Letzter Zugriff am 17.08.11 um 19:51

Abb. 4.7: Zunge an Metall: <http://www.weltderphysik.de/de/7817.php?i=7819> Letzter Zugriff am 20.08.11 um 11:53

Abb. 5.1: Zitteraal:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/aa/Electrophorus_electricus_3.jpg
Letzter Zugriff am 18.08.11 um 11:48

Abb. 5.10: Zitteraal E-Feld:

http://www.welt.de/multimedia/archive/01033/aal1_DW_Wissenscha_1033255g.jpg
Letzter Zugriff am 19.08.11 um 10:06

Abb. 5.3: Kohle-Zink-Batterie: http://www.leifiphysik.de/web_ph10/umwelt-technik/03batterien/batterien.htm Letzter Zugriff am 18.08.11 um 15:34

Abb. 5.4: Verbrauchte Batterie: http://www.leifiphysik.de/web_ph10/umwelt-technik/03batterien/batterien.htm Letzter Zugriff am 18.08.11 um 15:34

Abb. 5.5; Abb. 5.6. und 5.7: Aufbau Zitteraal:

<http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm> Letzter Zugriff am 18.08.11 um 17:14

Abb. 5.8: Voltasche Säule: <http://www.physikfuerkids.de/historie/volgal/page6.html>
Letzter Zugriff am 19.08.11 um 09:24

Abb. 5.9: Voltasche Säule historisch

<http://www.sinnesphysiologie.de/gruvo03/elektro/plax.htm> Letzter Zugriff am 18.08.11 um 17:14

Bauanleitung für Linse: http://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/materialien/inhalt_materialien/phy_med_opt/simulation_fehlsicht.pdf
Letzter Zugriff am 14.09.11 um 10:22

Folienbild: <http://joshuafarrell.co.uk/images/zzzzzz.gif> Letzter Zugriff am 01.09.11 um 09:34

Haken: http://www.bergzeit.de/out/pictures/0/sol_x01562-00_th.jpg Letzter Zugriff am: 16.08.11 um 11:05

Karopapier: <http://www.karopapier.de/downloads/karopapier.pdf> Letzter Zugriff am 16.08.11 um 17:53

14. Danksagung

Zum Abschluss möchte ich mich bei allen Unterstützern und Beteiligten, die mich beim Erstellen dieser Arbeit auf verschiedenste Art und Weise hilfreich unterstützten, bedanken.

Zunächst möchte ich mich sehr herzlich bei Herrn Prof. Dr. Thomas Trefzger bedanken, der mir bei der Planung und Konzeption dieser Arbeit viele konstruktive und hilfreiche Anregungen gab. Außerdem hatte er während der gesamten Erstellung meiner Arbeit stets ein offenes Ohr für meine Fragen und stets einen Ratschlag für mich parat.

Danken möchte ich auch den beiden Physiklaborantinnen Kathrin Löffler und Astrid Kudzus, für die unkomplizierte und gute Zusammenarbeit, sowie die tatkräftige Unterstützung beim Bau der einzelnen Stationen und Erstellung der Versuche.

Ein Dank gilt auch den restlichen Mitarbeitern des Lehrstuhls, die mir neben vielen organisatorischen Tipps und Hilfen auch beim Druck meiner Arbeit halfen, besonders möchte ich hier Herrn Markus Elsholz, Herr Klein und auch Herr Martin namentlich nennen.

Ebenfalls möchte ich Herrn Wilhelm Zirkel, für die große Hilfe mit dem Kupferrohr und seine wertvollen Tipps, danken.

Ein großer Dank gilt auch meinen Freunden und Kommilitonen, die mir sowohl beim Bau der Stationen halfen, mich aber auch als Probanden bei einigen Versuchen oder auch als Betreuer unterstützen. An dieser Stelle möchte ich Christina Röhl ganz herzlich danken.

Außerdem möchte ich Lisa Klaas und Julian Hornung ganz herzlich für ihre wertvollen Tipps, Hilfestellungen, sowie auch für zahlreiche Aufmunterungen während des ganzen Entstehungsprozesses dieser Arbeit danken.

Ein großes Dankeschön möchte ich auch meiner Familie und meinem Freund Johannes Schneider aussprechen. Sie hielten mir so oft den Rücken für diese Arbeit frei, sprachen mir viel Mut und Geduld zu, lasen zahlreiche Stunden Korrektur und unterstützten mich stets bei all meinen Vorhaben. Besonders hervorheben möchte ich meine Schwester Rebecca, die mich sowohl auch beim Aufbau als auch bei der Durchführung des Lehr-Lern-Labors tatkräftig unterstützte.

Ein besonderer Dank geht auch an die beteiligten Schüler und insbesondere an Herrn Lindenblatt, der spontan und unkompliziert mit seiner Klasse, trotz einer langen Anfahrt, mein Lehr-Lern-Labor besuchte.

Vielen Dank!

Danksagung

15. Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit in allen Teilen selbstständig gefertigt und keine anderen als in der Arbeit angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Soweit nicht anders angegeben wurden alle Abbildungen und Tabellen selbst erstellt.

.

Würzburg, den

Unterschrift