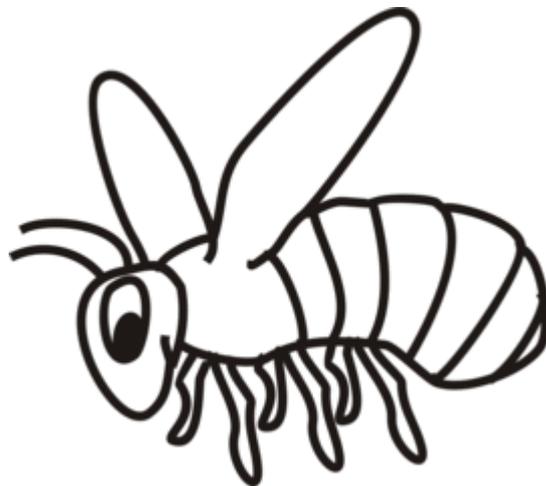


Konzipierung und Durchführung eines Lehr-Lern-Labors

„Die Physik der Biene“

Eine genauere Betrachtung der physikalischen Phänomene der Biene mit
Hilfe der interaktiven HOneyBee Online Studies (HOBOS)



*Schriftliche Hausarbeit zur ersten Staatsprüfung für Lehramt an Realschulen
2013*

Ausgearbeitet von: **Thomas Keim, 11. März 2013**

Prüfer und Betreuer: **Prof. Dr. Thomas Trefzger**

Inhaltsverzeichnis

1.	Inhaltsverzeichnis.....	3
2.	Einleitung.....	5
3.	Grundlegendes der Physikdidaktik	7
3.1	Definition der Physikdidaktik	7
3.2	Elementarisierung.....	8
3.3	Methoden im Physikunterricht.....	9
3.3.1	Methodische Großformen	9
3.3.2	Unterrichtskonzepte	10
3.3.3	Sozialformen	11
3.4	Medien im Physikunterricht	12
3.5	Experimente im Physikunterricht	13
3.5.1	Grundlegendes zu Unterrichtsexperimenten.....	13
3.5.2	Schülerexperimente.....	14
4.	Lehrplan der Realschule	16
4.1	Lehrplan der 7. Jahrgangsstufe.....	16
4.2	Lehrplan der 8. Jahrgangsstufe.....	17
4.3	Lehrplan der 9. Jahrgangsstufe.....	17
5.	Motivation für das Thema „Physik der Biene“	19
5.1	Fachauswahl Physik	19
5.2	Themenwahl Biene	19
5.3	Lehr-Lern-Labor	20
6.	Allgemeine Informationen über Lehr-Lern-Labore	21
6.1	Außerschulische Lernorte	21
6.2	Komplexe Lernumgebung.....	22
6.3	Effektivität der Laboraktivitäten.....	23
6.4	Erfahrungsbasiertes Lernen.....	23
6.5	Zukunftsaussichten für das Lehr-Lern-Labor	24

Inhaltsverzeichnis

7.	Konzipierung des Lehr-Lern-Labors.....	25
7.1	Das HOBOS-Projekt als Grundlage für das Lehr-Lern-Labor.....	25
7.2	Physikalische Eigenschaften der Biene.....	26
7.2.1	Optik.....	26
7.2.2	Mechanik.....	29
7.2.3	Akustik.....	29
7.2.4	Wärmelehre	31
7.3	Physikalische Grundlagen	33
7.3.1	Optik.....	33
7.3.2	Mechanik.....	35
7.3.3	Akustik.....	37
7.3.4	Wärmelehre	38
7.4	Das Lehr-Lern-Labor	39
7.4.1	Station Optik I: „Im Inneren der Biene“	39
7.4.2	Station Optik II: „Aus Sicht der Bienen“	44
7.4.3	Station Mechanik: „Fliegen leicht gemacht?“	48
7.4.4	Station Akustik: „Kommunikation der Biene“	52
7.4.5	Station Wärmelehre: „Die Biene, Heizung und Ventilator“	57
7.5	Durchführung.....	61
7.6	Auswertung und Beurteilung.....	81
7.6.1	Auswertung des Egbert-Gymnasium Münsterschwarzach.....	82
7.6.2	Auswertung der Jakob-Stoll Realschule Würzburg.....	97
7.6.3	Beurteilung.....	112
8.	Zusammenfassung.....	115
9.	Anhang.....	116
9.1	Beiliegende DVD	116
9.2	Schülerheft Musterlösung	117
9.3	Schülerfragebogen	171
10.	Quellenverzeichnis	173
11.	Abbildungsverzeichnis.....	176
12.	Danksagung	180
13.	Erklärung.....	182

2. Einleitung

„Das HOBOS-Projekt ist einzigartig und verfolgt ein spannendes Schulkonzept, um den experimentellen naturwissenschaftlichen Unterricht zu stärken.“ (Dr. Gerd Romanowski, Chemiker und Geschäftsführer des Fonds der Chemischen Industrie) [IQU1].

Wie man an diesem Zitat von Dr. Gerd Romanowski erkennen kann, hat das HOBOS-Projekt (HONeyBee Online Studies) nicht nur in der Industrie einen positiven Eindruck hinterlassen, sondern ist bereits auch fester Bestandteil in der Schule. Bei diesem Projekt kann man die Physik mit Hilfe der Biene veranschaulichen und erhält ganz neue Einblicke in das Ökosystem der Biene. Im Gegensatz zum herkömmlichen Schulstoff gibt es bei HOBOS einen Realitätsbezug zu praktischen Fragen, zu lebenden Honigbienen, zu realen Messwerten, zum übergreifenden Naturhaushalt und letztendlich zum Menschen selbst. Die Schüler können über das Internet auf den Bienenstock zugreifen und somit das Medium „Internet“ sinnvoll nutzen. Sie können anhand von Messdaten einen Einblick in das Innenleben der Bienen erhalten, zum Beispiel wann die Bienen ausfliegen, in welchen Zeiträumen sie Honig sammeln oder wie sie mit ihrer Temperatur im Bienenstock haushalten [IQU1].

Physikalische Phänomene begegnen uns somit im Zusammenhang mit der Biene. In dieser Arbeit wird nun versucht, die Physik anhand der Biene zu veranschaulichen und zu verstehen. Gerade im Fach Physik ist es schwierig, Schülerinnen und Schüler für die jeweiligen Inhalte zu begeistern. Deshalb ist ein Lehr-Lern-Labor, das einen Bezug zu einem bekannten Thema wie die Honigbiene hat, sehr interessant und spannend.

In dieser Zulassungsarbeit werden für die Schüler bekannte Phänomene der Physik in Beziehung zur Biene verdeutlicht und durch Experimente veranschaulicht. Dabei stehen die Mitarbeit und das Fachwissen der Schüler im Vordergrund, denn sie sollen durch selbstständiges Arbeiten unter Anleitung die Versuche durchführen und daraus Verbindungen zum Fach Physik erkennen. Sie werden in Berührung mit ausgewählten Themen der Bereiche Mechanik, Akustik, Wärmelehre und Optik kommen und so Wissen über den Lehrplan hinaus erlangen. Dabei werden sie immer wieder Bezug auf das Projekt HOBOS nehmen können und müssen Messdaten auswerten, Filmausschnitte bearbeiten

und Diagramme interpretieren und kommen dementsprechend mit verschiedenen Medien in Berührung.

Diese Arbeit besteht aus einem theoretischen Teil und einem praktischen Teil, der die Konzipierung des Lehr-Lern-Labors darstellt. Im theoretischen Teil werden zunächst grundlegende Sachverhalte der Physikdidaktik näher betrachtet, wie zum Beispiel die Wahl der Medien oder Unterrichtsmethoden. Anschließend wird auf den Lehrplan eingegangen und die Motivation für das Thema „Die Physik der Biene“ dargestellt. Als Bindeglied zum praktischen Teil wird zuerst das Lehr-Lern-Labor theoretisch geschildert. Der praktische Teil besteht hauptsächlich aus der Konzipierung des Lehr-Lern-Labors, der Durchführung in zwei Jahrgangsstufen verschiedener Schulen und der darauffolgende Auswertung und Zusammenfassung. Das Schülerlabor wird in den 9. Jahrgangsstufen durchgeführt, da diese ein ausreichendes Vorwissen und den nötigen Lernstoff bereits im Lehrplan hatten. Es werden fünf Stationen gebildet, welche die Themen Mechanik, Akustik, Wärmelehre und Optik behandeln, wobei es zwei Stationen zur Optik geben wird. In den jeweiligen Stationen werden diese Themen in Bezug auf die Biene behandelt und veranschaulicht.

3. Grundlegendes der Physikdidaktik

Das folgende Kapitel behandelt, wie die Überschrift bereits sagt, grundlegende Themen der Physikdidaktik. Hierbei wird erläutert, was die Physikdidaktik eigentlich ist und was sie bezweckt. Des Weiteren wird auf relevante Themen wie Elementarisierung, Unterrichtsmethoden, Medien im Physikunterricht oder Experimente näher eingegangen. Dabei wird sich mit der Theorie und der Praxis des Lehrens und des Lernens von Physik befasst. [WSHPK]

3.1 Definition der Physikdidaktik

Eine allgemeine Definition der Physikdidaktik lautet: „Physikdidaktik ist Fachdidaktik für das Fach Physik, also die Lehre vom Lehren und Lernen physikalischer Inhalte.“ [IQU2]. Das Wort Physikdidaktik wird somit in die Teile „Physik“ und „Fachdidaktik“ zerlegt, die man separat betrachten muss.

Nun stellt sich die Frage, was Physik eigentlich ist? Es gibt keine eindeutige Definition von Physik oder welche Gebiete zur Physik gehören, da die Abgrenzungen zu anderen Wissenschaften wie die Chemie oder Biologie oftmals fließend sind, was die Teilgebiete Biophysik oder Physikalische Chemie zeigen. Grundsätzlich werden in der Physik zwei Klassifizierungen unterschieden, nämlich die theoretische Physik und die Experimentalphysik [KGHPTP]. Erstere beschäftigt sich mit der „Beschreibung“, „Erklärung“ und „Prognose“ von raum-zeitlichen Änderungen physikalischer Objekte. Sie befasst sich somit mit der Theorie der Physik, wobei ihr wichtigstes Hilfsmittel die Mathematik ist und sie eng verbunden ist mit Computersimulationen. Mit Computersimulationen kann man die Theorie in die Praxis ummünzen, also in die Experimentalphysik. Diese befasst sich mit der Konzipierung von Experimenten und Versuchsanordnungen, welche anschließend durchgeführt, interpretiert und verbessert werden. Dabei sind die theoretische Physik und die Experimentalphysik eng miteinander verbunden und bauen aufeinander auf.

Der Begriff „Didaktik“ entstammt aus der Pädagogik und beschäftigt sich mit dem Lehren und Lernen, beschreibt historische Schulmodelle und konzipiert neue Entwürfe für das schulische Lernen [KGHPTP]. Hierbei spricht man von Didaktik im weiteren Sinne. Sie wird einerseits untergliedert in die Methodik, die sich mit den pädagogischen Wegen des Unterrichts befasst und mit den Methoden (z.B. Gruppenarbeit oder Frontalunterricht) sowie den Medien (z.B. Computer) auseinandersetzt. Ein anderes Teilgebiet der Didaktik ist die empirische Unterrichtsforschung, die die Lehr- und Lernforschung beinhaltet. Die Physikdidaktik ist somit die Forschung und Lehre über den Physikunterricht und vereinigt die Naturwissenschaften, die Erziehungswissenschaften und die Geisteswissenschaften.

3.2 Elementarisierung

Die Elementarisierung ist eine Maßnahme, die in einem übergeordneten Konzept eingegliedert ist und die Lernvoraussetzungen der Schüler und den physikalischen Sachverhalt gleichermaßen berücksichtigt. Die Kernpunkte der Elementarisierung sind die didaktische Reduktion, die Konzentration auf das Wesentliche, die Vereinfachung in Sinneinheiten und die Zerlegung des Stoffes in methodische Elemente [WSHPK] und [KGHPTP].

Unter „didaktische Reduktion“ versteht man eine Vereinfachung von komplizierten Sachverhalten, die sich an die Leistungsfähigkeit und das Aufnahmevermögen der Schüler anpasst. Die Inhalte müssen dabei gekürzt und vereinfacht werden, ohne dass dabei der physikalische Sinn verfälscht wird. Die Vereinfachung bezieht sich auf die Methoden und Arbeitsweisen, aber auch auf Theorien, Zusammenhänge und Modelle.

Ein weiterer Kernpunkt ist die inhaltliche Elementarisierung, also die Bestimmung des Schwerpunkts eines Themenbereichs. Hierbei ist es wichtig, eine Auswahl der elementaren Begriffe und Grundideen der Physik herauszuarbeiten, sodass die Schüler den Sinn des Themas verstehen und erschließen können.

Ein weiterer Punkt der Elementarisierung ist die Einteilung in Sinneinheiten und Verständniselemente. Ein komplexer Inhalt wird somit in kleine Bausteine zerlegt.

Diese Einteilung ist für das Verständnis der Schüler eminent wichtig und erleichtert es ihnen zusammenfassende Sinneinheiten zu verstehen.

Die methodische Elementarisierung ist die Zerlegung des Stoffes in elementare Lernschritte. Komplexe Inhalte müssen Schritt für Schritt behandelt werden und aufeinander aufbauen. Dabei sollten die Schüler ihr Vorwissen und ihre Fertigkeiten auf die Inhalte anwenden können. Besitzen die Schüler keine ausreichenden Fähigkeiten für ein weiterführendes Thema, dann müssen diese Kompetenzen sukzessiv erarbeitet werden.

Ein allgemeingültiges Rezept zur Elementarisierung ist allerdings nicht möglich, weshalb diese fachgerecht, schülergerecht und zielgerecht sein sollte. Dies sind Kriterien der didaktischen Rekonstruktion, welche einen theoretischen Rahmen zur fachdidaktischen Strukturierung bietet. Die didaktische Rekonstruktion versucht die Faktoren „Fachliche Klärung“, „Erfassen von Schülervorstellungen“ und „Didaktische Strukturierung“ miteinander abzustimmen. Diese Kriterien sollten in einem Schülerlabor berücksichtigt werden, damit physikalische Inhalte auf das Verständnis der Schüler elementarisiert werden.

3.3 Methoden im Physikunterricht

Methoden des Physikunterrichts sind bestimmte Verfahren, mit denen Lehrer und Schüler im Unterricht miteinander handeln und agieren. Im Folgenden werden die Methoden „Methodische Großformen“, „Unterrichtskonzepte des Physikunterrichts“ und „Sozialformen im Physikunterricht“ genauer erläutert [WSHPK] und [KGHPTP].

3.3.1 Methodische Großformen

Unter „methodischen Großformen“ versteht man einen über einen längeren Zeitraum stattfindenden Unterricht. Großformen unterscheiden sich in der Wahl ihrer Inhalte, ihrer Methoden, der Zielförderung oder der Planbarkeit. Ein Ziel der Unterrichtskonzeptionen ist es, methodische Monokulturen zu verhindern, indem

verschiedenen Großformen im Physikunterricht verwendet werden. Beispiele dafür sind der offene Unterricht, der lehrgangsorientierte Unterricht, der Projektunterricht, Spiele im Unterricht, der Kurs oder der forschende Unterricht, um nur einige zu nennen [KMTESP] und [KGHPTP].

3.3.2 Unterrichtskonzepte

Unterrichtskonzepte thematisieren, auf welche Weise den Schülern Wissen vermittelt wird. Dabei gibt es verschiedene Konzepte, die das Verstehen der Schüler fördern sollen: Den Exemplarischen Unterricht, den Genetischen Unterricht, den Entdeckenden und den Darbietenden Unterricht. Diese Unterrichtskonzepte werden nun genauer betrachtet [KGHPTP].

Beim Exemplarischen Unterricht werden wichtige Inhalte der Physik konstruktiv ausgewählt und repräsentativ für weitere ähnliche Inhalte im Unterricht thematisiert. Das heißt, an einem ausgewählten Beispiel wird die Physik erarbeitet und verstanden, und anschließend auf weitere Beispiele übertragen. Exemplarisches Lehren bewirkt eine Zeitersparnis, wodurch der exemplarische Inhalt von den Schülern intensiver behandelt werden kann. Die Schüler müssen dabei die Fähigkeit entwickeln, Zusammenhänge und Verbindungen zwischen den Beispielen herzustellen.

Der Genetische Unterricht orientiert sich an den individuellen Lernvoraussetzungen der Schüler und besitzt im wesentlichen drei Ansichten. Der individual-genetische Aspekt legt großen Wert auf Erfahrungen und Vorwissen der Schüler; außerdem sind die Alltagsvorstellungen zu bestimmten Themen von Bedeutung. Der logisch-genetische Aspekt dagegen intensiviert das Nachdenken über naturwissenschaftliche Gegebenheiten. Beim historisch-genetischen Aspekt werden Erkenntnisse über die Geschichte der Naturwissenschaften gewonnen.

Dem Entdeckenden Unterricht wird im Physikunterricht große Bedeutung beigemessen, da er sich stark an den Schülern orientiert. Die Sozialformen Gruppenunterricht und individualisierter Unterricht werden beim entdeckenden Lernen bevorzugt, wodurch soziale Ziele wie Zusammenarbeit oder Hilfsbereitschaft gestärkt werden. Außerdem

werden beim Entdeckenden Unterricht bei Erfolgserlebnissen Motivation und Interesse der Schüler gesteigert. Die Schüler sollen durch eigenständiges Experimentieren und Forschen neue Erkenntnisse erzielen, der Lehrer tritt bei Problemen in beratender Funktion auf. Man unterscheidet dabei, je nach Hilfe der Lehrkraft, die gelenkte Entdeckung und den forschenden Unterricht.

Beim Darbietenden Unterricht steht der Lehrervortrag und ein anschließendes Demonstrationsexperiment im Vordergrund. Der Schüler nimmt eher passiv am Unterricht teil. Es handelt sich also um einen Lehrerorientierten Unterricht, wobei der Frontalunterricht überwiegt. Hierbei ist es wichtig, dass den Schülern Informationen vermittelt werden, die bewusst an ihrem Vorwissen anknüpfen. Somit ist der Lernstoff für sie von Bedeutung und kann im Gedächtnis verankert werden [KGHPTP].

3.3.3 Sozialformen

Im Allgemeinen werden die drei Sozialformen Frontalunterricht, individualisierter Unterricht und Gruppenunterricht unterschieden. Beim Frontalunterricht wird der Unterricht durch den Lehrer gesteuert und die Schulklasse wird als Ganzes unterrichtet. Beim individualisiertem Unterricht handelt es sich um ungestörte Einzelarbeit der Schüler. Es gibt also keine Kommunikation zwischen den Schülern, sowie zwischen der Lehrkraft und den Schülern [KGHPTP] und [KMTESP].

Der Gruppenunterricht nimmt unter den Sozialformen einen besonderen Stellenwert ein, da er stark schülerorientiert ist. Das Lehr-Lern-Labor wird in Gruppenarbeit bearbeitet, weshalb nun der Gruppenunterricht genauer betrachtet wird.

Eine Gruppe charakterisiert sich durch gefühlsbetontes Handeln, anerkannte Normen und Werte sowie einer Rollenverteilung der einzelnen Mitglieder. In einer Gruppe können Aufgaben leichter bearbeitet werden und sie wirkt erzieherisch auf die einzelnen Mitglieder. Im Gruppenunterricht werden die Schüler zu selbstständigem Denken angeregt und die Fähigkeit zu solidarischem Handeln soll gestärkt werden. Die Schüler entwickeln ein Selbstbewusstsein, müssen aber Konflikte in der Gruppe lösen können und auf andere Rücksicht nehmen.

Man unterscheidet im naturwissenschaftlichen Unterricht den arbeitsgleichen und den arbeitsteiligen Gruppenunterricht. Das Lehr-Lern-Labor ist eine Mischung aus beiden, da jede Gruppe zwar eine andere Station bearbeitet, aber am Ende alle Gruppen dieselben Stationen durchlaufen haben. Der Gruppenunterricht ist zwar für die Lehrkraft zeitintensiver und risikoreicher, aber für Schüler und Lehrer interessanter und lebendiger, was man im Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ erkennen wird [KGHPTP].

3.4 Medien im Physikunterricht

Medien kommen im Physikunterricht in vielfältigen Formen zum Einsatz, denn sie wirken für das Lehren und Lernen unterstützend. Sie sollen die Schüler unter anderem motivieren, den Lernstoff veranschaulichen oder das Wiederholen und Üben erleichtern. Der Begriff „Medien“ schließt verschiedene Hilfsmittel für den Unterricht ein, weshalb im Folgenden nur einige Medien, die im Lehr-Lern-Labor verwendet werden, betrachtet werden [KGHPTP].

Den Schülern wurde zu Beginn des Schülerlabors ein Heft ausgeteilt, das einer Aneinanderreihung von Arbeitsblättern entspricht. Dieses Heft sollte die Schüler in verschiedene Themen einführen, Inhalte vertiefen und Ergebnisse kontrollieren.

Desweiteren fanden im Schülerlabor Bilder und Texte Verwendung, die aus unterschiedlichen Gründen eingesetzt wurden. Texte hatten vor allem die Funktion, den Schülern den Lernstoff verständlich zu machen. Bilder dagegen sollten den Schüler physikalische Sachverhalte verdeutlichen und veranschaulichen bzw. Versuchsaufbauten erklären.

Ein weiteres Medium war ein Overheadprojektor, mit dem eine schrittweise Entwicklung des Inhalts ermöglicht wurde.

Ein wichtiges Medium im Lehr-Lern-Labor war der Computer. Auf diesem wurden Videos gezeigt, die den Lerninhalt verdeutlichen und veranschaulichen sollten. Außerdem wurde das Medium „Internet“ eingesetzt, das eine interaktive Auswertung der Diagramme auf der HOBOS-Homepage und die Arbeit mit Archivmaterial ermöglichte. Des Weiteren

konnten die Schüler mit Softwareprogrammen arbeiten, mit Hilfe derer sie Fragen beantworten und physikalische Sachverhalte erklären sollten.

Das wichtigste Medium im Lehr-Lern-Labor waren allerdings die Experimente, die nun in einem eigenen Punkt betrachtet werden [WSHPK].

3.5 Experimente im Physikunterricht

Experimente sind ein wesentliches Merkmal des Physikunterrichts und haben die Funktion, das Lehren und Lernen zu unterstützen. Dabei wird häufig auch der Begriff „Versuch“ Synonym verwendet. Im Lehr-Lern-Labor fanden verschiedene Experimente Verwendung, die zum einen vom Betreuer, zum anderen von den Schülern selbst durchgeführt wurden. Im Folgenden wird nun das Unterrichtsexperiment allgemein genauer beschrieben und anschließend das Schülerexperiment betrachtet [WSHPK].

3.5.1 Grundlegendes zu Unterrichtsexperimenten

Experimente haben, je nach Einsatzgebiet, unterschiedliche Funktionen. In Fernsehsendungen dienen sie zum Beispiel der Unterhaltung, in der Forschung dagegen zur Überprüfung neuer Theorien und im Unterricht unterstützen sie das Lernen und Lehren. Aus Sicht der Physikdidaktik sind Versuche dazu da, physikalische Phänomene zu veranschaulichen und sollen den Schülern helfen, physikalische Vorstellungen aufzubauen. Wichtige Elemente naturwissenschaftlichen Arbeitens sind dabei Beobachten, Planen, Analysieren, Bewerten und Präsentieren. Den Schülern werden durch Experimente Denkanstöße gegeben, die die Motivation und das Interesse steigern sollen und ihre Schülervorstellungen auf den Prüfstand stellen. Weitere Ziele von Versuchen sind die Prüfung theoretischer Aussagen und Gesetze, die Vermittlung nachhaltiger Eindrücke oder die Anwendung von Physik aus dem Alltag. Außerdem sind Experimente wichtige Informationsträger, da physikalische Effekte experimentell eindrucksvoll veranschaulicht werden können.

Man kann in der Praxis verschiedene Formen von Experimenten klassifizieren, je nachdem, welche Effekte erzielt werden möchten. Man unterscheidet hierbei qualitative und quantitative Versuche, wobei im Lehr-Lern-Labor der Biene vor allem qualitative Versuche verwendet werden. Des Weiteren unterscheidet man, ob der Lehrer oder der Schüler den Versuch durchführt. Man spricht hierbei von Demonstrationsversuchen des Lehrers oder von Schülerversuchen. Im Schülerlabor führen die Schüler zumeist eigenständig die Experimente durch, weshalb es sich größtenteils um Schülerversuche handelt. Weitere Klassifikationen, die allerdings das Lehr-Lern-Labor nur geringfügig betreffen, sind die Phasen des Unterrichts, der Geräteaufwand und die Ausführungsform.

Da im Lehr-Lern-Labor den Schülerversuchen eine große Bedeutung zukommt, werden diese nun gesondert betrachtet. [KGHPTP] und [WDPUHV]

3.5.2 Schülerexperimente

Bereits in den „Meraner Grundsätzen (1906)“ wird gefordert, dass „für die physikalische Ausbildung planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich sind.“ [WDPUHV]

Schülerversuche bieten den Schülern die Möglichkeit, physikalisch zu arbeiten und eigene Erfahrungen zu sammeln. Es wird für Schüler einfacher, physikalische Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge zu verstehen und zu erkennen. Dadurch wird die Motivation und das Interesse der Schüler gesteigert. Die Schüler können in Gruppenarbeit soziales Verhalten entwickeln und außerdem experimentelle Fertigkeiten erwerben.

Schülerversuche benötigen einiges an Planung und Vorbereitung. Man muss, je nach Leistungsniveau der Schüler, Arbeitsanleitungen anfertigen, mit deren Hilfe die Schüler die Experimente durchführen können. Des Weiteren sind in den Versuchen Hilfestellungen notwendig, ohne die die Schüler überfordert wären. Allerdings sind zu detaillierte Experimentieranleitungen für den Lernerfolg hinderlich, da hier die Schüler keine physikalischen Aspekte überdenken müssen [WSHPK].

Der Arbeitsaufwand bei Schülerversuchen ist um einiges größer- sowohl die Vorbereitung, als auch die Betreuung der Versuche, was in der Planung zu bedenken ist. Dies gilt auch

für die Unterrichtszeit bei der Durchführung und Nachbereitung. Es kann außerdem zu räumlichen Problemen kommen, da nicht genügend Arbeitsplätze vorhanden sind bzw. die nötige Ausstattung fehlt.

Schülerversuche bieten allerdings einige Vorteile. Es wird zum Beispiel durch den Wechsel der Unterrichtsform der Umgang mit technischen Geräten und Versuchsaufbauten gelernt und die Selbstständigkeit und Eigentätigkeit der Schüler gefördert. Durch die direkte Beteiligung an den Versuchen begreifen sie Aufbau und Ablauf der Experimente sehr schnell. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Schüler wichtige Grunderfahrungen machen, indem sie Schwierigkeiten lösen. Es wird kooperatives Arbeiten in Gruppen ermöglicht und liefert Möglichkeiten zur Individualisierung und Differenzierung. [WDPUHV] und [KGHPTP]

4. Lehrplan der Realschule

Es wird nun der Lehrplan der Realschule für die 7. Jahrgangsstufe, 8. Jahrgangsstufe und 9. Jahrgangsstufe erläutert. In der 8. und 9. Jahrgangsstufe wird das Unterrichtsfach Physik in Wahlpflichtfächergruppen untergliedert, die sich bezüglich des Lernstoffs der Themen unterscheiden. In dieser Arbeit wird der Lehrplan der Wahlpflichtfächergruppe I betrachtet.

4.1 Lehrplan der 7. Jahrgangsstufe

Die Schüler der 7. Jahrgangsstufe haben erstmalig das Fach Physik und werden sorgfältig an physikalische Gesetzmäßigkeiten herangeführt. Sie lernen neue Arbeitsmethoden kennen und erarbeiten sich physikalische Inhalte, die mehr unter sichtbaren als unter theoretischen Aspekten einzuordnen sind. Wichtig für einen effektiven Unterricht und einen entsprechenden Lernerfolg ist die Beteiligung der Schüler an Planung, Durchführung und Auswertung von Versuchen. Außerdem sollte ausreichend Zeit für Übungen und Anwendungen vorhanden sein. [IQU4]

In der 7. Jahrgangsstufe werden drei Hauptthemen besprochen, die sich aus den Bereichen Optik, Mechanik und Akustik zusammensetzen. In der Optik lernen die Schüler die Ausbreitung und Reflexion des Lichts näher kennen, außerdem wird die Brechung, Totalreflexion und Dispersion sowie optische Linsen und Instrumente besprochen. Die Mechanik beinhaltet die Themen Längen und Längenmessung, die Kraft und Masse, sowie das Teilchenmodell. In der Akustik wird alles zum Thema Schall gelehrt, von der Entstehung des Schalls über die Ausbreitung bis hin zum Empfang des Schalls. Die Themen Optik und Akustik werden in der Wahlpflichtfachgruppe I nur in der 7. Jahrgangsstufe behandelt, weshalb das Lehr-Lern-Labor der Biene viele Bereiche der Optik und Akustik umfasst. Allerdings geht das Schülerlabor auch über den Lehrplan der Realschule hinaus und behandelt Themen wie die Polarisierung, die in der Schule nicht gelehrt werden. [IQU4]

4.2 Lehrplan der 8. Jahrgangsstufe

In der 8. Jahrgangsstufe lernen die Schüler die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten näher kennen. Neben qualitativen Experimenten rücken immer mehr quantitative Versuche in den Vordergrund und es werden mehr Schülerversuche und -übungen durchgeführt. Dadurch wird die Eigentätigkeit und Selbstständigkeit gefördert, was zu gesteigertem Interesse und handwerklichem Geschick führt. [IQU5]

In der 8. Jahrgangsstufe wird das Thema Mechanik, aufbauend auf der 7. Jahrgangsstufe, nochmals behandelt und vertieft, außerdem die Mechanik der Flüssigkeiten und Gase und die Astronomie. In der Mechanik bearbeiten die Schüler zuerst die Themen Dichte und Reibung, danach beinhaltet der Lehrplan die Bereiche Arbeit, Energie und Leistung. Zuletzt gehen die Schüler auf Bewegungen und die Geschwindigkeit als abgeleitete Größe ein. Bei der Mechanik von Flüssigkeiten und Gasen ist der Druck als Hauptthema vorgesehen. Die Schüler behandeln den Druck in Flüssigkeiten und Gasen, den Schweredruck in Flüssigkeiten oder den Luftdruck. Der Zusammenhang von Druck und Volumen wird im Gesetz von Boyle-Mariotte behandelt. Außerdem gehen die Schüler näher auf den Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen ein. Beim Thema Astronomie bekommen die Schüler einen Überblick über unser Sonnensystem, über verschiedene Galaxien und Weltbilder und über das Weltall. Im Schülerlabor werden Themen zur Mechanik und Mechanik in Flüssigkeiten und Gasen behandelt, zum Beispiel werden der Auftrieb oder die Bewegungen eines Körpers bzw. einer Biene behandelt. [IQU5]

4.3 Lehrplan der 9. Jahrgangsstufe

In der 9. Jahrgangsstufe vertiefen die Schüler ihr Können im Experimentieren und erlangen dadurch neue Erkenntnisse in der Physik. Das einfache Teilchenmodell aus der 7. Jahrgangsstufe wird in den Schwerpunkten Wärmelehre und Elektrizitätslehre erweitert, sodass weitere physikalische Erscheinungen erklärt werden können. Die Schüler lernen, das Allgemeine auf das Besondere zu übertragen, und lösen sich damit vom bildhaften Denken. Außerdem lernen sie notwendige Kenntnisse über die Elektrizitätslehre, die sie in einer technisierten Welt benötigen. [IQU6]

Die Schüler der 9. Jahrgangsstufe behandeln die Schwerpunkte Wärmelehre und Elektrizitätslehre. In der Wärmelehre lernen sie die Begriffe Innere Energie, Wärme und Temperatur kennen, außerdem behandeln sie die Wärmeübertragung und Konvektion. Der Lehrplan beinhaltet außerdem das Verhalten der Körper bei Temperaturänderungen, Druck und Volumen als Zustandsgrößen eines eingeschlossenen Gases oder das Erwärmungsgesetz. Desweiteren wird in der 9. Jahrgangsstufe die Themen spezifische Wärmekapazität, Verdampfen und der erste Hauptsatz der Wärmelehre behandelt. In der Elektrizitätslehre wird der Schwerpunkt auf Magnetismus und ruhende, bzw. bewegte elektrische Ladungen gelegt. Weitere Themen sind das elektrische Feld, die elektrische Arbeit und die Elektrizitätsleitung im Vakuum. Außerdem lernen die Schüler alles zum Thema Magnetfeld stromdurchflossener Leiter und die Kraftwirkung darauf. Im Schülerlabor werden nur ausgewählte Themen aus der Wärmelehre behandelt. So behandeln die Schüler zum Beispiel die Wärme und Temperatur und messen diese mit einer Wärmebildkamera. [IQU6]

Im Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ werden den Schülern Zusammenhänge aus der Physik der Biene und ausgesuchten Themen der 7. – 9. Jahrgangsstufen nähergebracht. Dabei soll das Problemdenken der Schüler und das Arbeiten in Gruppen durch das Experimentieren in verschiedenen Stationen gefördert werden. Das Schülerlabor soll den Schülern außerdem eine willkommene Abwechslung zum Schulalltag sein, bei dem sie ihr Wissen über die Physik der vergangenen Jahre auffrischen, vertiefen und erweitern können. Die Biene stellt dabei den Bezug zur Physik dar und soll die Inhalte anschaulicher und abwechslungsreicher gestalten als der Unterricht in der Schule. Neben der Physik werden auch Bereiche der Biologie behandelt, die beiden Naturwissenschaften werden sozusagen mit dem Thema Biene verbunden.

5. Motivation für das Thema „Physik der Biene“

5.1 Fachauswahl Physik

Die Physik und ihre Didaktik beinhalten viele Möglichkeiten, mit Schülern zu arbeiten. Außerdem bietet die Physik die Chance, nicht nur theoretisch zu denken, sondern man kann in der Praxis arbeiten und experimentieren. Ein Lehr-Lern-Labor ist dabei eine sehr gute Gelegenheit, Experimente auszuarbeiten und diese anschließend mit Schülern im M!ND-Center durchzuführen. Das M!ND-Center ist eine vortreffliche Einrichtung, in der man den Schülern die Physik auf angenehme und anschauliche Weise verständlich machen kann. Dieses Lehr-Lern-Labor bietet den Schülern eine weitere Möglichkeit, die Schulphysik im alltagsnahen Kontext kennenzulernen.

5.2 Themenwahl Biene

Das Fach Physik ist bei Schülern, unabhängig von der Schulart oder Jahrgangsstufe, eher unbeliebt, was zahlreiche Studien belegen [IQU3]. Mädchen interessieren sich im Vergleich zu Jungen weniger für die Physik, dafür zeigen sie mehr Interesse im Fach Biologie. Dieses Ergebnis zeigt auch die Umfrage unter den Schülern, die nach dem Lehr-Lern-Labor durchgeführt wurde, wobei auch bei den Jungen das Fach Physik als unbeliebt galt.

Das Schülerlabor „Die Physik der Biene“ versucht die Fächer Physik und Biologie zu verbinden, damit sowohl das Interesse der Mädchen, als auch der Jungen, angesprochen wird. Es handelt sich also um ein fächerübergreifendes Lehr-Lern-Labor, dessen Schwerpunkt auf dem Fach Physik liegt, jedoch auch zahlreiche Themen der Biologie behandelt. Die Biene ist der Bezugspunkt und Aufhänger für physikalische Phänomene und soll den behandelnden Stoff veranschaulichen und interessanter gestalten. Hierbei spielt die Honey Bee Online Studies (HOBOS) eine wichtige Rolle, denn HOBOS wurde als interaktives Schulkonzept entwickelt und erlaubt Schulklassen über das Internet auf einen Bienenstock zuzugreifen. Das Internetportal HOBOS und die Biene bieten den Schülern

einen Praxisbezug zur Physik, wo sie realitätsnah beobachten und forschen können. Durch das Schülerlabor soll das Interesse der Schüler am Fach Physik gesteigert werden, denn eine Orientierung an Alltagsphänomenen und Anwendungsbezügen steigert das Interesse und dadurch auch die Leistungsfähigkeit [WSHPK].

Das Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ beinhaltet eine Wiederholung und Vertiefung des bereits gelernten Lernstoffs der 7. bis 9. Jahrgangsstufen. Teilweise geht der Lehrstoff des Schülerlabors sogar über den Lehrplan der Schule hinaus. Das Internetportal HOBOS gibt den Schülern dabei die Möglichkeit, unbekanntes Wissen über die Biene zu erlangen, wobei die Biene und die Physik im Kontext miteinander betrachtet werden.

5.3 Lehr-Lern-Labor

Ein Lehr-Lern-Labor ist eine besondere methodische Unterrichtsform, bei der die Schüler außerschulische Erfahrungen erlangen können. Durch das Lernen im Schülerlabor sollen die Schüler mehr Eigenaktivität und Eigenverantwortung entwickeln; außerdem sollen dauerhaft das Interesse und die Sachkompetenz gesteigert werden. Die Schüler stehen dabei im Mittelpunkt und sind die aktiven Personen. Sie lernen durch eigenes Handeln und können somit physikalische Phänomene besser nachvollziehen und verstehen. Dies ist in einem lehrerzentrierten Unterricht, wie er meist in der Schule stattfindet, nicht möglich. An der Universität Würzburg wird seit 2008 ein Lehr-Lern-Labor-Seminar angeboten, bei dem Studenten Schülerlabore ausarbeiten und durchführen können. Dadurch lernen sie, wie man einen schülerzentrierten Unterricht gestaltet und betreut, was eine wichtige Erfahrung für das weitere Studium und das Lehrerdasein darstellt. Dies unterstreicht die große Bedeutung, die Lehr-Lern-Laboren beigemessen wird. [IQU12]

6. Allgemeine Informationen über Lehr-Lern-Labore

In diesem Kapitel wird der Sinn und Zweck von Schüler- bzw. Lehr-Lern-Laboren näher erläutert. Sie werden mittlerweile in ganz Deutschland angeboten und haben sich zu einem wichtigen außerschulischen Instrument zur Förderung naturwissenschaftlicher Bildungsprozesse entwickelt. Als Quelle dient das Buch Kircher, Girwidz, Häußler (Hrsg.): „Physikdidaktik- Theorie und Praxis“ [KGHPTP], das nicht weiter in diesem Kapitel angegeben wird. Andere Quellen werden allerdings in gewohnter Weise vermerkt.

6.1 Außerschulische Lernorte

Unter Lehr-Lern-Laboren versteht man außerschulische Einrichtungen, in denen ganze Schulklassen mit Naturwissenschaften unter Laborbedingungen in Berührung kommen. Dabei setzen sich die Schüler aktiv in geeigneter Lernumgebung mit naturwissenschaftlichen und technischen Fragen auseinander. Es existieren in Deutschland eine Vielzahl von Schülerlaboren, deren Schwerpunkte auf naturwissenschaftlichen Fächern wie Biologie, Physik, Chemie, Mathematik, Technik sowie auf Informatik liegen. Der Erfolg dieser Lehr-Lern-Labore zeigt den Bedarf an derartigen außerschulischen Angeboten, die den Unterricht in seiner bisherigen Form bereichern und vertiefen sollen. Die Grundidee der Schülerlabore ist, die Wissenschaft durch erfahrungsbasierte Zugänge erlebbar zu machen, und zwar aufbauend auf eigenständigen und experimentellen Tätigkeiten und Projekten. Die Vermittlung von Erfahrungen im Entdecken, Forschen und Entwickeln bei authentischen Arbeitsweisen steht im Mittelpunkt der Lehr-Lern-Labore. Mittlerweile gibt es Schülerlabore für alle Altersstufen, vom Kindergarten und der Grundschule bis hin zum Studium. Außerdem sind Schülerlabore fächerübergreifend, wie auch das Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“, in dem verschiedene Bereiche der Biologie und der Physik verbunden werden. Dieses Schülerlabor regt die Schüler an, sich mit der Biene aktiv auseinanderzusetzen und somit naturwissenschaftliche Fragestellungen und Methoden kennenzulernen.

6.2 Komplexe Lernumgebung

Zentrale Ziele von Schülerlaboren sind zum einen die Förderung von Interesse und Aufgeschlossenheit von Kindern und Jugendlichen für Naturwissenschaften, zum anderen die Vermittlung eines zeitgemäßen Bildes dieser Fächer. Die Bedeutung der Naturwissenschaft für unsere Gesellschaft und deren Entwicklung ist ebenso ein Ziel wie das Ermöglichen von Einblicken in Tätigkeitsfelder technischer Bereiche.

Um diese Ziele zu erreichen, werden verschiedene Prinzipien und Gestaltungsmerkmale bei Schülerlaboren umgesetzt. Es ist wichtig, ein Lernumfeld zu schaffen, das zur aktiven Auseinandersetzung mit weltbezogenen, bekannten Problemen aus Forschung und Entwicklung ermuntert. Eine weitere zentrale Rolle spielen Experimente, praktische Aktivitäten und projektartige Arbeitsformen. Dadurch werden individuelle Stärken im Rahmen von Team- und Projektarbeit gefördert, um fachliche und überfachliche Kompetenzen zu erlangen. Außerdem ermöglichen Lehr-Lern-Labore den persönlichen Kontakt mit Personen, die in Forschung und Entwicklung tätig sind. Schüler können dadurch von Betreuern oder Ansprechpartnern Informationen aus erster Hand erhalten.

Die Lernumgebung eines Schülerlabors ist im Vergleich zur Schule komplex. Die Schüler werden dazu angeregt, selbst aktiv zu werden. Die Projekte sind anspruchsvoll und stellen für die Schüler eine Herausforderung dar, die sie nur im Kollektiv unter Benutzung geeigneter Werkzeuge lösen können. Durch Lehr-Lern-Labore wird das Interesse geweckt und das Image von Naturwissenschaften verbessert. Es werden praktische Arbeiten in interessante thematische und methodische Kontexte eingebettet, wie in diesem Fall im Kontext „Biene“.

Eine besondere Herausforderung für eine erfolgreiche Umsetzung besteht in einem sinnvollen Gleichgewicht von Instruktion und Konstruktion. Die Schüler müssen in geeigneter Weise angeleitet und geführt werden; allerdings ist ein Übermaß an Führung negativ für die Motivation und die Entfaltung der Schüler. Der Rahmen des Schülerlabors ist durch das Schülerheft vorgegeben, aber den Schülern werden Freiheiten in der Bearbeitung und der Auswertung zugestanden.

6.3 Effektivität der Laboraktivitäten

Die Wirksamkeit von Lehr-Lern-Laboren war lange Zeit umstritten. Zwar bieten sie verschiedene Vorzüge wie den Bezug auf Authentizität, die Orientierung an wissenschaftlichen Arbeitsweisen oder das Fachwissen durch Kontakt mit Wissenschaftlern. Diesen steht jedoch der singuläre Charakter gegenüber. Die Schulklasse besucht ein Schülerlabor und geht anschließend ohne Nachbereitung wieder dem Schulalltag nach.

Allerdings wurde neuerdings bewiesen, dass sich bei Schülern kurz- bis mittelfristige Effekte einstellen. Diese beziehen sich vor allem auf das Interesse und das veränderte Bild von Naturwissenschaften. Die Schüler äußerten den Wunsch, mehr über das jeweilige Thema zu lernen und sich mit den im Labor entstandenen Fragen weiter auseinanderzusetzen.

Des Weiteren sprechen Lehr-Lern-Labore Problemgruppen an, die sich in der Schule im Unterricht wenig einbringen. Vor allem in der Physik bestehen am Unterrichtsfach unterschiedliche Interessen bei Mädchen und Jungen. Schülerlabore sprechen also sowohl Mädchen als auch Jungen gleichermaßen an und bewirken bei beiden positive Gefühle. Mädchen profitieren von Lernerfahrungen in Schülerlaboren tendenziell stärker als Jungen, da sie ihre negativen Bewertungen nicht auf das Lernen im Labor übertragen.

6.4 Erfahrungsbasiertes Lernen

Das Lehr-Lern-Labor baut auf dem didaktischen Modell des erfahrungsbasierten Lernens auf, das auf der Annahme basiert, dass die Schüler erst effektiv lernen, nachdem sie sich mit dem Lerngegenstand aktiv auseinandergesetzt haben [IQU9]. Das wichtigste Werkzeug von Schülerlaboren ist das Experimentieren, wodurch die Erfahrungswelt und die Ideenwelt der Schüler in Wechselwirkung treten.

Idealerweise sollten Tätigkeiten in der Erfahrungswelt, wie Experimentieren oder Konstruieren, mit entsprechenden Prozessen der Ideenwelt, wie Modellieren oder Reflektieren, in Lehr-Lern-Zyklen verbunden werden. Für das Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ stehen das Experimentieren und Modellieren im Vordergrund.

Experimente spielen bei der Generierung, Modellierung, Entfaltung und dem Transfer von Wissen in neue Kontexte eine zentrale Rolle. Durch experimentelle Handlungen können Konzepte verankert, Handlungswissen gewonnen, Erfahrungsräume erweitert und Ideen verkörpert werden. Außerdem wird die Modellbildung angeregt, Prozedurales Wissen entfaltet, Fragen erzeugt und Verhaltensmöglichkeiten simuliert.

Um das produktive Denken zu fördern und die Entwicklung von Ideen, Modellen und theoretischen Abstraktionen zu unterstützen, sind einige Kriterien für konkrete Laboraktivitäten der Lernenden zu beachten. Wie bereits geschildert, steht vor allem in Bezug auf fachliche Funktionen die Verknüpfung des Experimentierens, Modellierens und Konstruierens bei der Generierung von Wissen im Zentrum. Des Weiteren beziehen sich pädagogische Ziele auf Arbeitshaltungen, Selbstwirksamkeitserfahrungen und den Erwerb von Schlüsselqualifikationen im Bereich von Kooperation und Kommunikation. Psychologische Funktionen sind das Lernen durch praktische Erfahrungen und die Rolle des prozeduralen Wissens bei Problemlösen und Abstraktionsprozessen. Diese Kriterien sind für das Gelingen eines Lehr-Lern-Labors und eine erfolgreiche Umsetzung des erfahrungsbasierten, forschenden und entwickelnden Lernens unumgänglich.

6.5 Zukunftsaussichten für das Lehr-Lern-Labor

Einer der Hauptgründe für die Etablierung von Schülerlaboren war das nachlassende Interesse der Schüler an den Naturwissenschaften. Durch einen zu eng geführten, theorielastigen und lebensweltfernen Unterricht wurde das Interesse am Fach Physik gemindert. Lehr-Lern-Labore werden als Ansporn und Antrieb für die naturwissenschaftliche Bildung außerhalb des etablierten Schulsystems in Zukunft unbedingt benötigt. Schülerlabore sind als außerschulische Lernorte für den naturwissenschaftlichen und technischen Bereich auch künftig sehr wichtig. Lehr-Lern-Labore, wie „Die Physik der Biene“, werden somit auch in den nächsten Jahren eine bedeutende Rolle außerhalb der Schule einnehmen.

7. Konzipierung des Lehr-Lern-Labors

Im folgenden Kapitel wird das Lehr-Lern-Labor über die Physik der Biene genauer beschrieben. Dabei werden zunächst die Eigenschaften der Biene selbst, in einem weiteren Schritt die Physikalischen Grundlagen, die für das Schülerlabor benötigt werden, betrachtet. Anschließend wird das Lehr-Lern-Labor beschrieben, durchgeführt und ausgewertet. Vorher soll jedoch das HOBOS-Projekt genauer dargestellt werden, das als Grundlage des Schülerlabors gelten kann.

7.1 Das HOBOS-Projekt als Grundlage für das Lehr-Lern-Labor

Das Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ baut auf das Bildungsportal HoneyBee Online Studies (HOBOS) auf. Im Schülerlabor werden Messwerte aus Diagrammen gelesen, Videos vom Ein- und Ausflug betrachtet und das Summen der Bienen analysiert. Man kann sehen, dass HOBOS viele Bereiche der Physik anspricht und man in diesen Gebieten die Biene als Kontext benutzen kann.

Das HOBOS-Projekt wurde von Prof. Dr. Jürgen Tautz im Jahre 2006 als ein neues, interaktives Schulkonzept ins Leben gerufen. Es handelt sich bei HOBOS um einen Honigbienenstock, der technisch aufwändig mit Kameras, Sensoren und Messgeräten ausgestattet ist und so zahlreiche Daten und Bilder liefert, die auf der Homepage ausgelesen und ausgewertet werden können. Der Zugang zu diesen Messwerten ist für alle abrufbar. Ziel ist es, Menschen unterschiedlichen Alters und Bildungshintergrunds in die Welt der Bienen einzuführen und zu begleiten. [IQU1]

HOBOS kann im Schulunterricht gewinnbringend eingesetzt werden und ist für jede Altersstufe geeignet. Das Schulkonzept HOBOS bietet einige Vorteile, die nun genauer erläutert werden. Zum einen hat das HOBOS-Projekt im Vergleich zum alltäglichen Unterrichtsstoff einen Bezug zur Realität. Die Schüler können in Diagrammen Messwerte analysieren und sich eigenständig Schlussfolgerungen ziehen. Zum Beispiel kann man erkennen, dass die Temperatur in einer Wabengasse im Sommer konstant ist. Dazu können sich die Schüler überlegen, wie die Biene eine konstante Temperatur erreicht und

welche physikalischen Phänomene dazu notwendig sind. HOBOS ist somit ein Übungsfeld für Schüler, in dem wissenschaftliches Arbeiten und selbstständiges Forschen möglich ist. Es wird nicht nur das Fach Physik angesprochen, sondern auch die Fächer Biologie und Chemie. HOBOS ist also fächerübergreifend und kann verschiedene Schulfächer miteinander verbinden. Dabei werden nicht nur der Lernstoff des Lehrplans behandelt, sondern auch Inhalte, die über das Schulwissen hinausgehen. Bei der Biene wird beispielsweise die Polarisation betrachtet, die so in der Schule nicht behandelt wird. Die Schüler können Schlüsselkompetenzen erwerben; und zwar nicht theoretisch an der Tafel, sondern anschaulich und realitätsnah durch das Objekt „Biene“. Eine wichtige Rolle dabei spielt die Nutzung von Live-Bildern und Messwerten, die auf der HOBOS-Homepage beobachtet werden können. Die Schüler können dadurch in Echtzeit sehen, wie die Bienen ein- und ausfliegen und so zum Beispiel einen Zusammenhang von Anzahl der Ausflüge und der Sonnenintensität erstellen. Wie man erkennen kann, ist das HOBOS-Projekt sehr vielfältig und findet auch in diesem Lehr-Lern-Labor Anwendung. [IQU1]

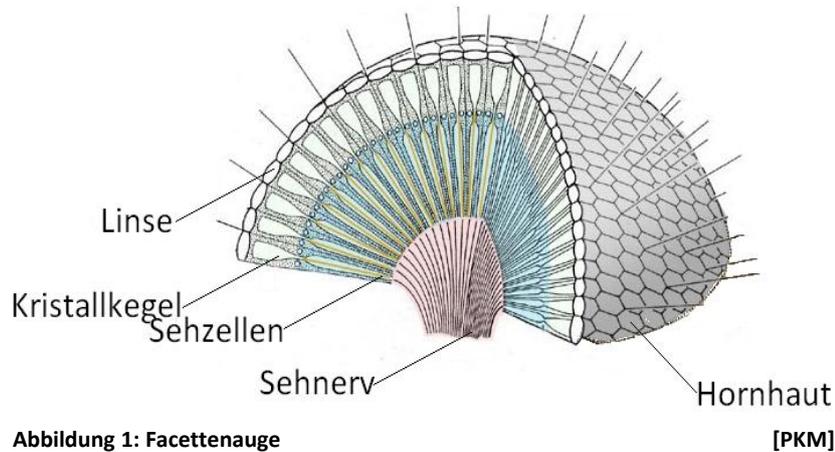
7.2 Physikalische Eigenschaften der Biene

Unter diesem Gliederungspunkt wird nun die Physik der Biene genauer betrachtet. Die ausgewählten Themen werden nach Stationen gegliedert, beginnend mit den Stationen der Optik. Die beiden Hauptquellen für dieses Kapitel sind von Klaus Nowottnick „Die Honigbiene“ und von Jürgen Tautz „Phänomen Honigbiene“ [JTPHB] und [KNHB]. Diese Quellen gelten für das gesamte Kapitel und werden nicht mehr genannt. Andere Quellen dagegen werden wie bisher angegeben.

7.2.1 Optik

Die Augen der Biene werden Facettenaugen oder auch Komplexaugen genannt und befinden sich an beiden Seiten des Kopfes. Im Gegensatz zum menschlichen Auge besteht das Facettenauge nicht nur aus einer Linse, sondern aus ca. 6000 Linsen. So entsteht ein aus getrennten groben Punkten zusammengesetztes Bild ihrer Umgebung. Eine Folge des groben Punktrasters beim Sehen der Biene ist, dass sie optische Details von Objekten erst

unmittelbar vor dem Objekt erkennen kann. Bienen können somit Einzelheiten von Blüten erst ab wenigen Zentimetern Entfernung entziffern. Der Aufbau des Bienenauges unterscheidet sich sehr vom menschlichen Auge.



Wie man auf dem Bild erkennen kann, besteht das Auge aus einer Vielzahl kleiner Einzelaugen, deren Oberfläche mit einer schützenden Schicht aus Chitin überzogen ist; der Hornhaut. An diese kleinen Felder schließt sich der Kristallkegel an, an dem die Lichtstrahlen gesammelt und den Sehzellen übermittelt werden. Anschließend werden sie über den Sehnerv weitergeleitet und verarbeitet. Jeder Kristallkegel nimmt ein kleines Teilchen des gesamten Bildes auf, die Summe aller Einzelbilder bildet das Gesamtbild.

Bienen können schnelle Bewegungen besser sehen als der Mensch. Sie können sozusagen in „Zeitlupe“ sehen und Bewegungen in allen Phasen scharf erkennen. Eine weitere Besonderheit der Biene ist das Farbsehen. Bei einer hohen Fluggeschwindigkeit kann sie das Farbsehen ausschalten, da es für sie hierbei nicht von Bedeutung ist. Erst beim langsamen Schleichflug kann die Biene Farben von Blüten erkennen. Im Schnellflug sind Farben eine unnötige Information, die von der Biene ausgeblendet werden kann.

Das Farbspektrum der Biene unterscheidet sich grundlegend vom Farbspektrum des Menschen. Das Farbsehen der Biene ist auf die Farben ausgerichtet, die für sie biologisch wichtig sind, die sie also in ihrem Nahrungsangebot antrifft. Bienen können die Farbe Rot nicht sehen, die für sie schwarz erscheint. Langwelliges Licht reizt die Sehzellen der Bienen somit wenig. Blau dagegen können sie als Farbe in allen Abstufungen erkennen und bevorzugen diese gegenüber anderen Farben [KVFLB]. Was die Biene an langwelligem Licht verliert, gewinnt sie dagegen am kurzwelligen Ende des Sehspektrums.

Bienen können Ultraviolettes Licht sehen, was von vielen Blüten zurückgeworfen wird. Durch das UV-Licht ergeben sich für die Biene Muster, die für den Mensch verborgen bleiben und den Bienen zur leichteren Unterscheidung unterschiedlicher Pflanzen dienen.

Bienen verfügen über einen ausgeprägten Orientierungssinn. Sie können sich zum einen an erdgebundenen, zum anderen an himmelsplatzierten Hilfen orientieren. Unter erstgenannten versteht man markante Landmarken wie Bäume oder Büsche. Als himmelsplatzierte Hilfe dient den Bienen die Sonne. Der Stand der Sonne dient ihnen als eine Art Kompass, mit Hilfe dessen sie im Verhältnis zu ihrem Bienenstock den Himmel einteilen (siehe Abbildung 2).

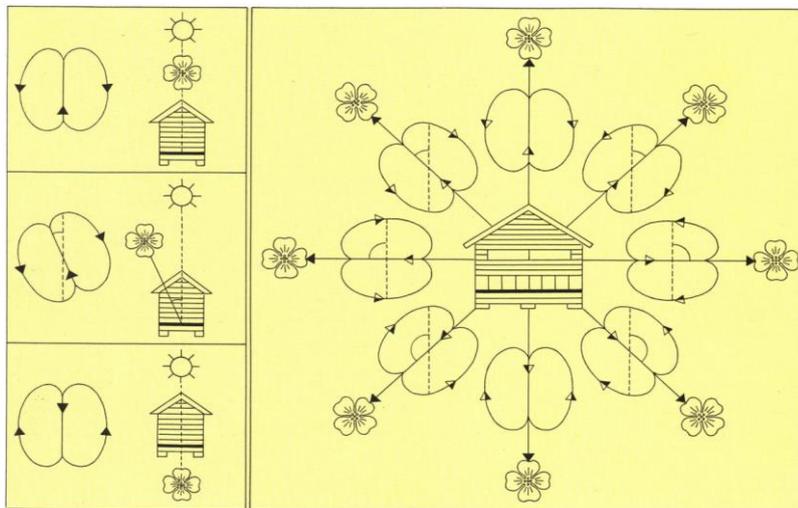


Abbildung 2: Bienenkompass

[PKM]

Ist die Sonne aufgrund von Wolken nicht zu sehen, können sich Bienen am Polarisationsmuster des Himmels orientieren. Die Bienen nutzen die physikalische Erscheinung unserer Erdatmosphäre, welche das Sonnenlicht, das in ungeordneten Schwingungen in die Atmosphäre eintritt, polarisiert. Dadurch erhält der Himmel eine optische Struktur, die die Biene mit Hilfe ihrer Augen erkennen kann. Sie unterscheiden somit polarisiertes Licht von nichtpolarisiertem Licht. Des Weiteren besitzen Bienen einen Zeitsinn, der es ihnen ermöglicht, das Wandern ihres Himmelskompasses – durch das Weiterwandern der Sonne – in ihre Orientierung mit einzubeziehen. Sie können nach mehreren Stunden die Lage der Futterquelle trotz veränderten Kompasses berechnen.

Die Einteilung des Himmels und die damit verbundene Lage der Futterquelle teilen sich die Bienen mit Hilfe des Schwänzeltanzes mit. Dabei wird eine Richtungsangabe und

zusätzlich ein Hinweis auf die Distanz von Bienenstock zu Futterplatz an die weiteren Bienen mitgeteilt.

7.2.2 Mechanik

Der Auftrieb der Biene erfolgt durch eine indirekte Flugmuskulatur, bei der die Muskeln nicht direkt an den Flügeln ansetzen. Dadurch werden die Vorder- und Hinterflügel beider Seiten stets gleichmäßig bewegt. Die Flugmuskeln verlaufen zum einen von oben nach unten, zum anderen von vorn oben schräg nach hinten. Die beiden Flugmuskeln ziehen sich abwechselnd zusammen und sorgen so für den Flügelschlag. Eine Flügelschlagperiode oder Schwingung besteht aus einem Abschlag und einem Aufschlag (siehe Abbildung 3).

[WNIF]

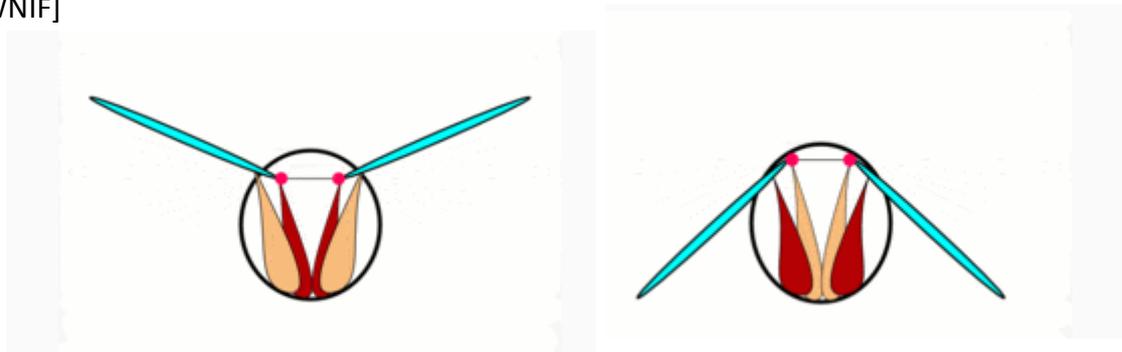


Abbildung 3: Flugmuskulatur

[IQU10]

Bienen benötigen zum Fliegen aufgrund der geringen Größe ihrer Flügel eine sehr hohe Flügelschlagfrequenz. Die Flügelschlagfrequenz einer Biene beträgt in etwa $f \approx 200\text{Hz}$ [LKB12]. Der Auftrieb der Biene erfolgt also durch eine schnelle Abfolge von Auf- und Abschlag ihrer Flügel, wodurch sie eine Fluggeschwindigkeit von etwa $30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ erreichen kann.

7.2.3 Akustik

Bienen können mit Hilfe des Rundtanzes und des Schwänzeltanzes kommunizieren, welche sich in der Art und Dauer unterscheiden. Der Rundtanz wird aufgeführt, wenn die Futterstelle nur weniger als 70 Meter vom Stock entfernt ist. Dabei dreht sich die Biene in schnellen Schritten um die eigene Achse und ändert ihren Drehsinn. Der Schwänzeltanz

dagegen wird bei Futterstellen getanzt, die in größerer Distanz zum Bienenstock liegen. Der Bewegungsablauf ist sehr intensiv und regelmäßig und wird von der Biene mehrmals wiederholt. Die Biene läuft auf einer geraden Linie bei raschen Körperschwingungen, dem Schwänzeln, und dreht mit einer scharfen Wendung in einem Bogen zurück zum Ausgangspunkt. Anschließend vollführt sie die gleiche Bewegung mit einem Bogen in die andere Richtung. Die Form des Schwänzeltanzes bildet somit eine kleine Acht, wie man in Abbildung 4 erkennen kann. Allerdings bleibt die Biene entgegen der Annahme während der Schwänzelpause am gleichen Ort stehen und schiebt nur ihren Körper vorwärts. Es handelt sich somit um ein Schwänzeln an einem festen Ort.

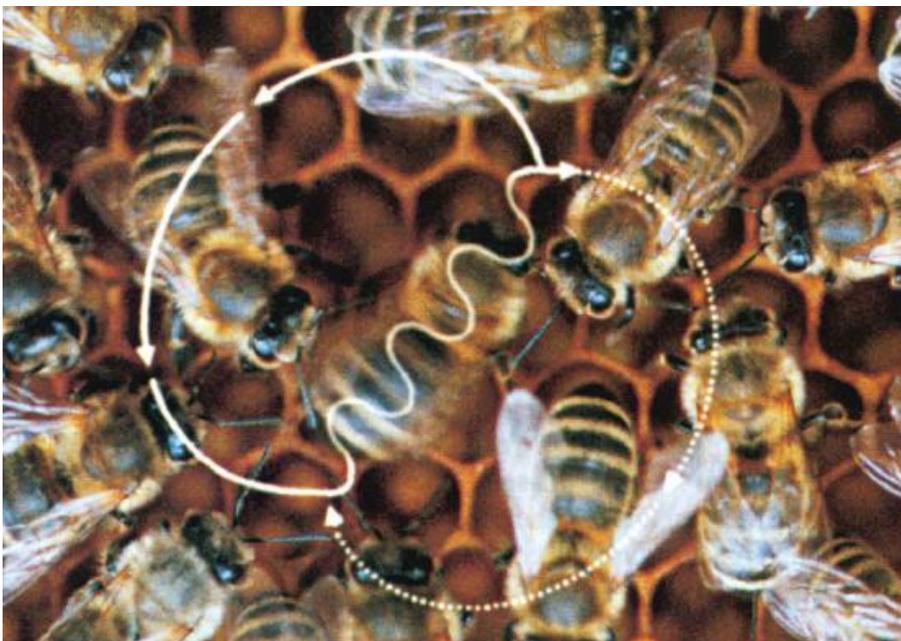


Abbildung 4: Schwänzeltanz

[TFB02]

Die Bienen erzeugen sowohl beim Rundtanz, als auch beim Schwänzeltanz Schwingungen, die über die Waben weitergeleitet werden. Wie die Bienen kommuniziert auch die Königin mit Hilfe der Waben. Die Königin teilt allerdings keine Futterquellen mit, sondern versucht Jungköniginnen aus dem Nest zu vertreiben. Dieses „Quaken“ und „Tüten“ wird ebenfalls über die Waben weitergeleitet. Die Bienenwaben dienen hierbei als eine Art Telefonfestnetz, in dem Informationen zwischen den Bienen übertragen werden. Die Wabenzellen schließen am Rand mit einer wulstigen Auflage ab, auf der Schwingungen optimal weitergeleitet werden. Diese Wülste spielen für die Kommunikation im Dunkel des Bienenstocks eine wichtige Rolle und sind das eigentliche Kommunikationsnetz. Schwingungen werden also nur über den Rand und nicht über die dünnen Zellwände

geleitet. Da Bienen kein Hörorgan wie der Mensch besitzen, nehmen sie die Schallwellen nicht über die Luft, sondern über das „Medium“ Waben wahr. Dabei leiten leere Waben die Schwingungen besser weiter als verdeckelte Wabenzellen, die mit einer versiegelten Oberfläche verglichen werden können. Bienen können Schwingungen erzeugen, indem sie ihre Flügel auskoppeln und mit Hilfe ihrer Brustmuskulatur zu zittern beginnen. Über ihre Beine werden diese Schwingungen an die Wabe weitergeleitet und von anderen Bienen wahrgenommen. Die Schwingungen sind nicht kontinuierlich, sondern treten in Impulsen auf. Eine Biene schwänzelt mit einer Frequenz von ca. 15Hz bis hin zu einem Maximalausschlag von 200 bis 300Hz. [TFB02], [TKN97] und [TWS03]

Bienen können also Schwingungen in bestimmten Frequenzbereichen erzeugen. Für manche Frequenzen ergeben sich nach einer gewissen Laufstrecke größere Schwingungsweiten bzw. Auslenkungen. Zwei Frequenzen können auf der Wabe besonders gut geleitet werden, die sogenannten Rahmenfrequenzen. Es handelt sich hierbei um die Frequenzen 15Hz und 260Hz, die beiden Vibrationsfrequenzen, die beim Schwänzeltanz erzeugt werden. Die beiden Bestfrequenzen der Signalweiterleitung sind also identisch mit den Vibrationsfrequenzen einer Tänzerin. Das bedeutet, dass die Bienen ihr Kommunikationsnetz mit den verschickten Signalen sehr gut abgestimmt haben. [TKN97]

7.2.4 Wärmelehre

Die Klimatisierung des Bienenstocks ist eine herausragende Gemeinschaftsleistung aller Bienen eines Stocks und hat das Ziel, das Brutnest in einem Bereich von konstanten 33-36 Grad Celsius zu halten. Dazu ist es notwendig, bei zu hohen Temperaturen zu kühlen, oder bei zu niedrigen Temperaturen zu heizen.

Die Bienen kühlen ihre Umgebung, indem sie mit ihren Flügeln Schwirren und kühlende Luftströmungen erzeugen. Zusätzlich nutzen sie den Effekt der Verdunstungskälte von Wasser, indem sie im Stock Wasser eintragen und dieses verdunsten lassen. Eine Kombination von beiden wirkt dabei am effektivsten. [RMH04] und [TET10]

Müssen die Bienen ihr Nest heizen, dann erzeugen sie Wärme, indem sie ihre Brustmuskulatur in ein Zittern versetzen. Dazu koppeln sie ähnlich wie beim Schwänzeltanz ihre Flügel aus und bringen ihre Flugmuskulatur zum Schwingen. Allerdings werden für die Wärmeerzeugung schwächere Vibrationen produziert. Die Bienen sitzen dabei auf dem Deckel einer Brutzelle (Kontaktheizer) oder stecken in einer leeren Zelle im Brutbereich (Rundumheizer) und geben so jeweils Wärme an die Umgebung ab. [RMH04] Aufnahmen mit einer Wärmebildkamera zeigen, dass vor allem der Brustbereich der Biene im Vergleich zum restlichen Körper deutlich erwärmt ist (siehe Abbildung 5).

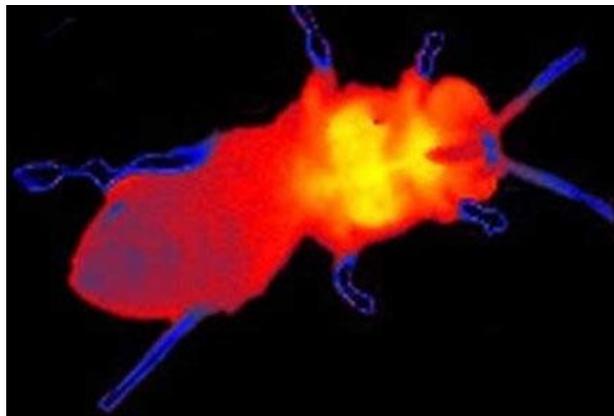


Abbildung 5: Wärmebild Biene

[IQU11]

Die Energie für das Heizen beziehen die Bienen aus dem Honig, der größtenteils in Wärme umgesetzt wird. Im Sommer verbrennen die Bienen Energie für das Heizen ihrer Brut, im Winter verbrauchen sie Honig für das Wärmen der Wintertraube. Der chemische Energiegehalt von einem Gramm Honig beträgt 12kJ. [TET10]

Die Überwinterung eines Bienenvolkes erfolgt in einer Wintertraube, wobei ebenfalls durch Muskelzittern Wärme erzeugt wird. In der Wintertraube herrscht eine ständige Bewegung, da die Bienen Nahrung in Form von Honig aufnehmen müssen, der am Rand der Traube liegt. Dadurch wechseln sich die Bienen an der kalten Oberfläche ab. Sie drängen wieder in das Innere der Traube, wofür die im Inneren sitzenden Bienen nach außen gedrängt werden. Infolge des Stoffwechsels und dem Muskelzittern herrschen im Inneren der Traube, wo sich die Königin aufhält, relativ hohe Temperaturen.

7.3 Physikalische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die physikalischen Grundlagen behandelt, die für die verschiedenen Stationen benötigt werden. Es handelt sich um die Optik, die Mechanik, die Akustik und die Wärmelehre, wobei die Optik aus zwei Stationen besteht und dadurch umfangreicher wird. Es werden aber nur die Themen des Lehrplans behandelt, die in der jeweiligen Station im Schülerlabor betrachtet werden. Außerdem werden physikalische Grundlagen, die später in der Musterlösung des Schülerhefts ausreichend behandelt werden, nicht weiter betrachtet.

Als Hauptquelle dient das Buch von Paul Tipler und Gene Mosca „Physik für Wissenschaftler und Ingenieure“, das für alle weiteren Kapitel unter physikalische Grundlagen gilt [TMPWI].

7.3.1 Optik

Bei der Optik-Station wird das Thema „Auge des Menschen“ näher behandelt. Dabei wird in der Musterlösung des Schülerhefts beschrieben, wie das Licht in das Auge und durch Sinnesreize über den Sehnerv in das Gehirn gelangt. Außerdem werden die beiden Fehlsichtigkeiten Kurz- und Weitsichtigkeit erläutert.

Des Weiteren werden im Lehr-Lern-Labor Linsen und Linsenabbildungen betrachtet. Hier handelt es sich aufgrund der Einfachheit um dünne Linsen. Es gibt zum einen konvexe Linsen, die in der Mitte dicker als am Rand sind und parallel laufende Strahlen in einem Punkt sammeln. Zum anderen gibt es konkave Linsen. Diese sind am Rand dicker als in der Mitte und streuen die Lichtstrahlen. Auch hier wird im Schülertext deutlich, wie sich die Strahlen bei einer Sammellinse verhalten. Außerdem wird der Abbildungsfehler „Sphärische Aberration“ kurz behandelt und erläutert.

Beim Versuch „Sehschärfe des Menschen und der Biene“ wird eine Bildkonstruktion gezeichnet. Diese ist ebenfalls in der Musterlösung abgebildet, weshalb hier darauf verzichtet wird. Die Strahlen werden zur Vereinfachung an der Mittelebene der Linse nur einmal gebrochen. Die Bildkonstruktion wird mit zwei der insgesamt drei Hauptstrahlen durchgeführt. Es gibt den achsenparallelen Strahl, der parallel zur optischen Achse verläuft, den Mittelpunktstrahl, der durch den Mittelpunkt der Linse geht und nicht abgelenkt wird und den Brennpunktstrahl. Dieser verläuft durch den ersten Brennpunkt und wird an der Linse gebrochen, sodass er anschließend achsenparallel verläuft. Diese Strahlen schneiden sich im Bildpunkt. Das entstandene Bild ist reell und umgekehrt.

Beim verwendeten CT-Gerät handelt es sich um das Röntgengerät X-Ray Apparatus von LD Didactic (siehe Abbildung 6) und um ein Computertomographiemodul der gleichen Marke.



Abbildung 6: Computertomograph

[RLDD]

Es handelt sich um ein Komplettgerät mit einer Molybdän-Röhre und einem Goniometer, in dem die Biene in einer Styroporkugel arretiert wurde. Durch das Goniometer können unterschiedliche Winkel aufgenommen werden, die dann zu einem Bild zusammengefügt werden. Dazu wird die Röntgenkamera benötigt. Diese ist in einem weiteren Gehäuse untergebracht. Das Computertomographiemodul dient zur winkelabhängigen Aufnahme

der Projektionen der Biene und steht nach der Aufnahme direkt in zwei oder drei Dimensionen zur Verfügung. Die verschiedenen Aufnahmen werden mit Hilfe einer mitgelieferten Computertomographie-Software zusammengefügt und können anschließend betrachtet werden [RLDD].

In der zweiten Optik-Station wird das Thema Farbspektrum des Menschen genauer erläutert. Dabei wird durch einen Versuch zum Farbspektrum weißes Licht durch ein Glasprisma in seine Farben zerlegt. Dieser Vorgang wird Dispersion genannt. Dispersion ist die Abhängigkeit der Brechzahl von der Wellenlänge des Lichts und somit auch von der Frequenz. Das für den Menschen sichtbare Farbspektrum liegt im Wellenlängen-Bereich von 380nm bis 780nm. Weitere Bestandteile von weißem Licht, die für den Menschen unsichtbar sind, sind Ultraviolettes Licht und Infrarotes Licht.

Polarisation ist der Vorgang, bei dem Lichtwellen durch physikalische Effekte von ungeordneten Schwingungszuständen in geordnete oder lineare Schwingungszustände gebracht werden. Es gibt vier Effekte, die Polarisation hervorrufen: Absorption, Reflexion, Streuung und Doppelbrechung. Das Sonnenlicht tritt in unsere Atmosphäre in ungeordneten Schwingungszuständen ein und wird anschließend in der Erdatmosphäre durch Streuung oder Reflexion polarisiert.

7.3.2 Mechanik

Bei der Mechanik werden die Begriffe Masse, Gewichtskraft, Leistung und Frequenz im Zusammenhang mit dem Auftrieb eines Helikopters behandelt. Die Gewichtskraft des Helikopters berechnet sich dabei aus der von der Waage angezeigten Masse m und dem Ortsvektor g . Der Gewichtskraft wirkt die Auftriebskraft des Helikopters entgegen. Diese Auftriebskraft wird im Schülerlabor durch Kräftegleichsetzen bestimmt. Außerdem wird berechnet, wie viel Auftriebskraft pro Fläche der Helikopter im Vergleich zur Biene erzeugen kann. Dadurch wird die Leistung der Biene und des Helikopters bestimmt. Die Leistung ist in diesem Fall die Rate, mit der eine Kraft eine Arbeit verrichten kann.

Die Auftriebskraft eines Helikopters erfolgt mit Hilfe des Coanda-Effekts. Dieser beschreibt das Streben von Flüssigkeiten oder Gasen, an einer gebogenen Oberfläche entlang zu gleiten, ohne sich von ihr abzulösen [IQU7]. Die Luft folgt also dem gebogenen Rotorblatt, anstatt geradeaus zu strömen (siehe Abbildung 7). Der Luftstrom wird dabei durch das Rotorblatt in einen unteren und einen oberen Strom geteilt. Der obere Luftstrom wird zunächst nach oben gebogen und strömt anschließend aufgrund des Coanda-Effekts entlang der Oberseite des Rotorblattes nach unten und folgt dem unteren Luftstrom. Da der obere Luftstrom aber eine höhere Geschwindigkeit besitzt, verliert der Strom den „Kontakt“ zur Oberfläche des Rotors und strömt nach unten im selben Winkel weiter. Der Luftstrom wird also aus der Horizontalen in einem bestimmten Winkel nach unten abgelenkt und beschleunigt.



Abbildung 7: Coanda-Effekt

[IQU8]

Nach dem ersten Newton'schen Axiom - ein Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich geradlinig mit konstanter Geschwindigkeit weiter, solange keine äußere Kraft auf ihn wirkt - muss also eine Kraft die Ablenkung bewirken. Nach dem dritten Newton'schen Axiom, dem Reaktionsprinzip „ $actio = reactio$ “, muss zu dieser Kraft eine Gegenkraft wirken. Diese Gegenkraft ist die Auftriebskraft. Den Betrag der Auftriebskraft kann man zum einen durch die Rotationsgeschwindigkeit der Rotorblätter steuern, zum andern durch den Anstellwinkel des Rotorblattes. [IQU8]

Außerdem wird mit Hilfe der Casio Exilim High Speed Kamera die Frequenz des Hubschraubers berechnet. Die Frequenz berechnet sich aus der Anzahl der Umdrehungen und der dafür benötigten Zeit.

Mit der Computer-Software Measure Dynamics können Videos analysiert und bearbeitet werden. Das Video einer Biene wird hinsichtlich ihrer Bewegungen analysiert. Es handelt sich hierbei um eine Ortsänderung der Biene bei einer geradlinigen Bewegung. Diese Bewegung wird in Measure Dynamics in einem x-t-Diagramm gezeichnet. Mit Hilfe eines Steigungsdreiecks kann man die Geschwindigkeit v berechnen. Sie wird mit der Formel $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ berechnet.

7.3.3 Akustik

In der Akustik wird das Thema „Schall“ behandelt. Es geht zum einen darum, wie sich der Schall ausbreitet, zum anderen, wie der Schall übertragen wird und dass dafür ein Medium notwendig ist. Eine Schallwelle entsteht, wenn eine Schallquelle Luftmoleküle, die ihr am nächsten sind, in eine harmonische Schwingung um ihre Gleichgewichtslage versetzt. Diese Moleküle bringen benachbarte Moleküle zum Schwingen und dieser Vorgang setzt sich wellenförmig fort. Eine Welle benötigt für die Ausbreitung immer ein Medium. Dieses kann fest, flüssig oder gasförmig sein; im Vakuum dagegen kann sich eine Schallwelle nicht ausbreiten.

Mit der Computer-Software Audacity kann man die Frequenz bestimmen und Audioaufnahmen analysieren. Die Frequenz gibt die Anzahl der Schwingungen pro Sekunde an und wird in der Einheit Hertz angegeben. Der Mensch kann Schall in einem Frequenzbereich von etwa 20 Hz bis 20 000 Hz hören. Des Weiteren kann man bei Audacity die Amplitude einer Schallwelle herauslesen. Die Amplitude ist die maximale Auslenkung aus dem Gleichgewicht bei einer Schwingung. Bei Audacity wird ein Diagramm dargestellt, dessen x-Achse die Zeit t anzeigt, und dessen y-Achse die Amplitude A abbildet. In der Physik werden die Begriffe „Ton“, „Klang“ und „Geräusch“ voneinander unterschieden. Ein Ton ist eine sinusförmige Schallschwingung im Hörbereich, wie sie eine Stimmgabel erzeugt. Ein Klang dagegen ist eine aus Grund- und Obertönen zusammengesetzte Schallwelle im Hörbereich. Geräusche sind Schallsignale, die aus nichtperiodischen Schwingungen bestehen.

7.3.4 Wärmelehre

Die Station Wärmelehre beschäftigt sich vor allem mit den Themen „Temperatur“ und „Wärme“. Wärme ist die Energieform, die aufgrund einer Temperaturdifferenz zwischen einem Gegenstand oder System und einem anderen ausgetauscht wird. In den durchgeführten Versuchen gibt es eine Temperaturänderung durch Wasserkühlung. Es wurde zum Beispiel die Temperatur der Hand durch eine Kombination von Wasserverdunstung und Luftströmungen verringert. Außerdem kam es in einem weiteren Versuch zu einer Wärmeerzeugung durch Muskelbewegung. Hier wurde durch Anstrengungen des Körpers Wärme erzeugt, die anschließend mit einer Wärmebildkamera gemessen werden konnte. Nimmt man nun an, dass die Hand bzw. der Körper Systeme sind, so wurde dem jeweiligen System einmal Wärme zugeführt und ein anderes Mal Wärme abgeführt. Die Wärmezufuhr erfolgt durch Arbeit des Körpers, bzw. durch die Muskelbewegungen; die Wärmeabgabe erfolgt dagegen durch die Wasserverdunstung in Kombination mit der Luftströmung. Es wurden zwei Wärmebildkameras verwendet: Die Fluke Thermal Imager TI9 und die EasIR-4. Mit beiden Kameras kann man mit einem einzigen Knopf Bilder aufnehmen und speichern, weshalb die Kameras für Temperaturmessungen ideal sind.

Des Weiteren wurde ein Wärmehaus auf seine unterschiedliche Wärmedämmung hin untersucht. Es handelt sich beim Wärmehaus um die vier Materialien Styrodur 2800C GK Waffelstruk-Tur, Multiplex Birke, ein Vakuumisolationspaneel und ein Plexiglas. Wärmedämmung soll den Durchgang von Wärmestrom oder Wärmeenergie verhindern, indem mehrere aufeinanderliegende Schichten verschiedener Materialien, die die Wärme unterschiedlich gut weiterleiten, zusammengefügt werden. Das Vakuumisolationspaneel und das Styrodur isolieren aufgrund ihrer Bauweise besonders gut, das Plexiglas und das Birkenholz dagegen zeigen eine geringere Wärmedämmung.

7.4 Das Lehr-Lern-Labor

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Stationen genauer erläutert. Es handelt sich beim Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ um insgesamt fünf Stationen, die jeweils etwa 35-40 Minuten dauern sollen. Es werden physikalische Themen der Optik, Mechanik, Akustik und Wärmelehre behandelt. In den einzelnen Stationen wird den Schülern die Physik im Kontext der Biene nähergebracht. Die Schüler werden darin Informationstexte lesen, Experimente durchführen und Aufgaben bewältigen. Sie werden dabei teilweise im Internet auf der HOBOS-Homepage interaktiv Diagramme auswerten und analysieren. Alle Versuche wurden im Kontext der Biene gestaltet und behandeln fächerübergreifend Themen der Biologie und der Physik.

7.4.1 Station Optik I: „Im Inneren der Biene“

In dieser Station lernen die Schüler das Auge des Menschen und das der Biene genauer kennen. Dabei arbeiten sie mit Hilfe des Betreuers mit einem Computertomographen und fertigen Zeichnungen und Skizzen zu Strahlengängen sowie Bildkonstruktionen an.

1. Ein- und Ausflug aus dem Bienenstock

Im ersten Versuch betrachten die Schüler ein Archivvideo vom Ein- und Ausflug der Bienen aus ihrem Bienenstock. Das Video zeigt den Eingang des Bienenstocks vom 8. August 2012 bei ca. 30:00 auf der HOBOS-Homepage. Um Videos aus dem Archiv zu betrachten, muss man auf der HOBOS-Seite angemeldet sein. Die Schüler haben nun die Aufgabe, Zusammenstöße von zwei oder mehreren Bienen zu zählen. Nach kurzem Betrachten sollten sie allerdings feststellen, dass es keine Zusammenstöße gibt.

Als nächste Aufgabe haben die Schüler zwei Bilder vor sich, die zum einen die Perspektive eines Menschen zeigen, der eine bunte Wiese während einer schnellen Fahrt sieht, zum anderen die Sicht einer Biene, die diese Wiese im Flug sieht. Die Schüler können darauf erkennen, dass die Wiese für den Menschen verschwommen dargestellt ist, für die Biene dagegen schwarz-weiß und in groben Punkten.

Anschließend sollen die Schüler den Aufbau eines Bienenauges und den eines Menschauges vergleichen. Dazu haben sie in ihrem Schülerheft ein Bild des Aufbaus vor sich. Die Schüler können feststellen, dass Bienen im Vergleich zum Menschen viele Linsen besitzen, weshalb sie in groben Punkten sehen können. Außerdem sollen die Schüler ihre Umgebung mit einer Bienenbrille beobachten und beschreiben, was sie sehen (siehe Abbildung 8).



Abbildung 8: Bienenbrille

Mit der Bienenbrille kann man die Umgebung durch die einzelnen Linsen mehrfach sehen. Die Brille soll den Schülern das Sichtfeld einer Biene veranschaulichen und den Aufbau des Bienenauges mit einer Vielzahl an Linsen verdeutlichen. Abschließend sollen die Schüler überlegen, weshalb die Bienen trotz ihrer hohen Fluggeschwindigkeit nicht gegeneinander stoßen. Dabei sollten die Schüler zur Einsicht gelangen, dass Bienen schnelle Bewegungen sehr gut wahrnehmen und somit in „Zeitlupe“ sehen können.

2. CT-Station

In diesem Versuch betrachten die Schüler das 3D-Bild einer Biene mit Hilfe eines Computertomographen. Es werden insgesamt 15 Messungen durchgeführt; das bedeutet, dass die Biene aus 15 verschiedenen Winkeln durchleuchtet wird. Anschließend sollen die Schüler das entstandene Bild kurz betrachten. Da sie aber bei 15 Messungen wenig erkennen können - das Bild ist sehr unscharf - sollen die Schüler ein Bild der Biene mit

720 Messungen betrachten. Diese Messung wurde im Vorfeld des Lehr-Lern-Labors bereits durchgeführt, da eine Messung mit 720 Winkeln zu zeitaufwändig ist.

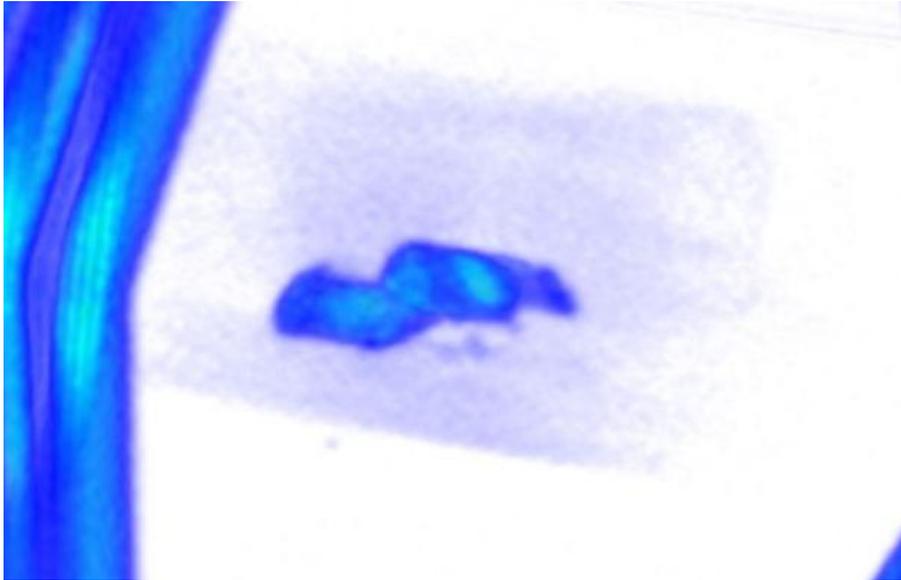


Abbildung 9: 3D-Bild der Biene

Die Schüler können auf dem 3D-Bild der Biene erkennen (Abbildung 9), dass der Kopf der Biene im Vergleich zu ihrem Körper sehr groß ist. Die restlichen Teile der Biene sind der Hinterleib und die Brust. Auf dem Kopf kann man die Facettenaugen der Biene erkennen.

In einem nächsten Schritt sollen die Schüler das Verhältnis von Kopf und Auge bei der Biene und bei einem Mitschüler betrachten und eine Abschätzung machen. Dabei stellen sie fest, dass das Verhältnis von Kopf und Augen bei der Biene etwa 1:2 beträgt, bei einem Mitschüler etwa 1:25.

3. Linsenabbildungen

In diesem Versuch werden die Brennweite und der Brennpunkt bei Sammellinsen wiederholt. Die Schüler sollen dabei eine Linsenkonstruktion an einem Whiteboard aufbauen und anschließend den Strahlengang abzeichnen. Als Lichtquelle dient ein Laser, der auf drei Strahlen eingestellt wird; außerdem wird eine Sammellinse verwendet. Die Schüler müssen darauf achten, dass die Lichtquelle auf der optischen Achse richtig ausgerichtet wird (siehe Abbildung 10).

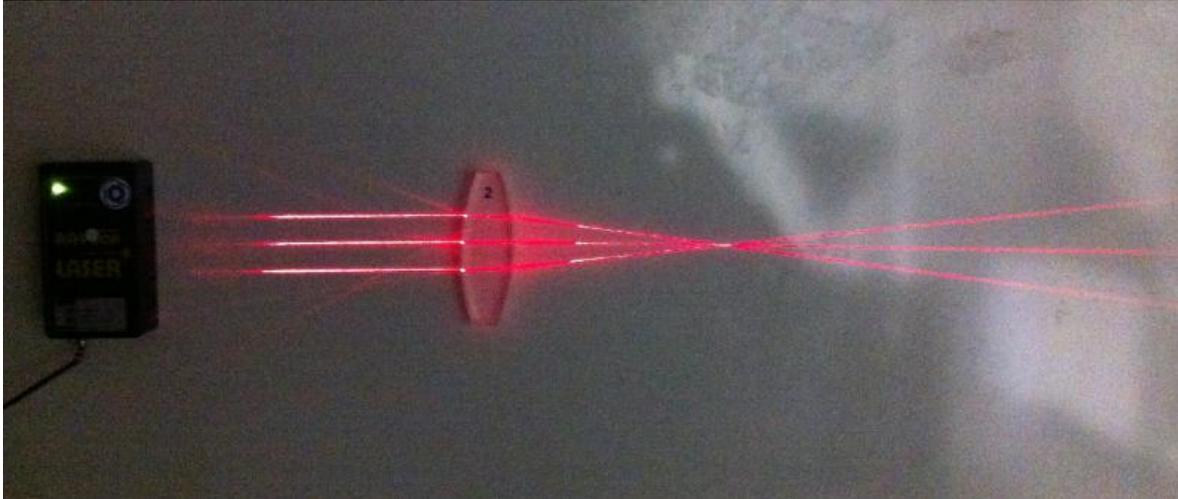


Abbildung 10: Linsenabbildung

Die Schüler sollen als erstes den Strahlengang abzeichnen und anschließend beschreiben, wie sich die Strahlen nach der Linse verhalten. Dabei stellen sie fest, dass sich die Strahlen in einem Punkt treffen - dem sog. Brennpunkt. Diesen Punkt markieren die Schüler an der Tafel. Nun sollen sie den Laser auf der optischen Achse verschieben und erklären, ob sich die Lage des Brennpunktes ändert. Dieser bleibt auf der gleichen Stelle, da die Brennweite der Linse beim Verschieben der Lichtquelle konstant ist. Die Strahlen verlaufen parallel und treffen somit immer gleich auf die Linse, auch wenn der Abstand der Lichtquelle verändert wird.

An dieser Stelle erhalten die Schüler eine kurze Zusammenfassung anhand eines Merkkästchens, in dem die bisherigen Informationen über die Biene und die Physik zusammengetragen wurden.

4. Sehschärfe des Menschen und der Biene

Beim vierten Versuch wiederholen die Schüler Begriffe der optischen Abbildung und zeichnen eine Bildkonstruktion mit Brennpunkt-, Mittelpunkt- und achsenparallelen Strahl. Auf einer optischen Bank ist ein Versuch aufgebaut, bei dem eine 6V-Spektrallampe mit einer Sammellinse und einer Blende auf eine weitere Sammellinse gerichtet ist. Diese ist im Abstand von ca. 35 cm arretiert. Des Weiteren werden eine Blende und ein Schirm aufgebaut. In einer der Blenden wird ein Dia zugefügt (siehe Abbildung 11).

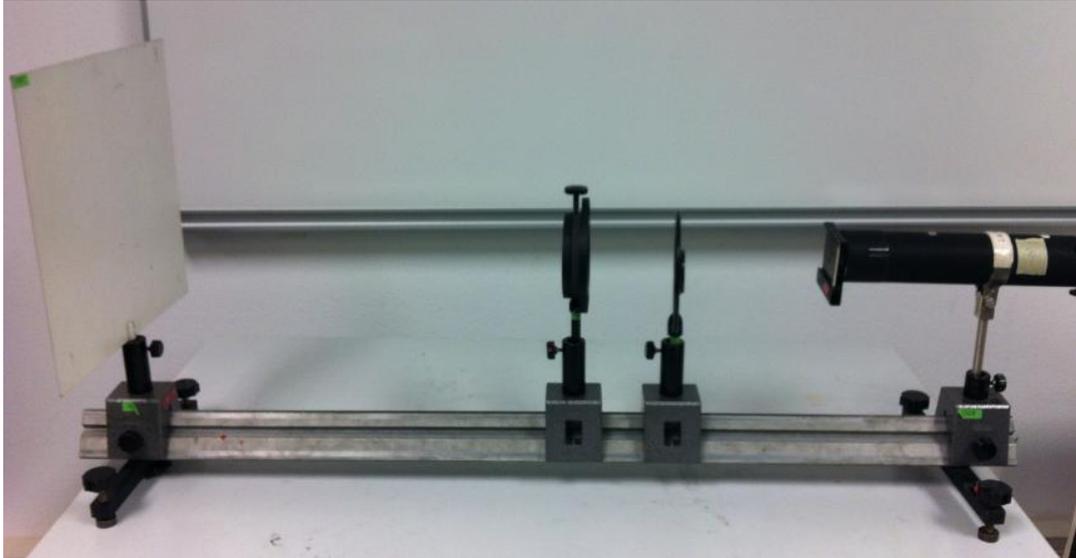


Abbildung 11: Versuchsaufbau Sehschärfe

Die Schüler sollen nun den Schirm so verändern, dass sie ein scharfes Bild erkennen können. Dabei fällt ihnen auf, dass das Bild auf dem Schirm umgekehrt und seitenverkehrt ist.

Als Transferleistung sollen die Schüler eine Bildkonstruktion zeichnen. Dabei bilden sie mit Hilfe des Mittelpunktstrahls, des achsenparallelen Strahls und des Brennstrahls einen Pfeil ab. Als Linse wird nur die Linsenebene in Form eines Pfeils eingezeichnet, die Brennweite der Linse beträgt 2 cm. Anschließend sollen sich die Schüler überlegen, wo in ihrer Zeichnung die Netzhaut eines Menschauges idealerweise liegen könnte, damit der Pfeil scharf gesehen wird. Die Schüler stellen fest, dass die Netzhaut dort liegt, wo der Pfeil abgebildet wurde, und zeichnen sie in die Bildkonstruktion ein.

Als weiteren Schritt werden die Schüler angeregt, sich den Linsenaufbau als ihr eigenes Auge vorzustellen, wobei die Sammellinse ihrer Linse, die Blende ihrer Iris und der Schirm ihrer Netzhaut entspricht. Anschließend verschieben sie den Schirm so, dass ein unscharfes Bild entsteht. Es liegt Weitsichtigkeit vor und die Schüler halten fest, dass der Brennpunkt nun „hinter“ dem Schirm liegt. Durch die Wahl einer Sammellinse sollen die Schüler die Fehlsichtigkeit beheben und die Linse richtig auf der optischen Bank positionieren. Anschließend halten sie den Abstand von Sammellinse und ihrer gewählten Linse fest.

Es folgt ein weiteres Merkkästchen, in dem die Informationen des letzten Versuches festgehalten wurden.

Zusatzversuch:

Der Zusatzversuch wird von den Schülern behandelt, falls diese noch Zeit zur Verfügung haben. Die Schüler gehen zuerst zu Versuch 3 Linsenabbildungen zurück und stellen beim Laser auf fünf Strahlen um. Nun sollen sie den Strahlengang beobachten - insbesondere den Brennpunkt. Die Schüler erkennen, dass ein Linsenfehler vorliegt. Es entsteht ein zweiter Brennpunkt, da die äußeren Strahlen stärker gebrochen werden als die inneren Strahlen.

Anschließend betrachten die Schüler noch den Aufbau des menschlichen Auges. In einem Bild erhalten sie einen Überblick über das Auge. In einem Lückentext sollen sie nun vervollständigen, wie die Lichtstrahlen in das Auge gelangen und über die Netzhaut und den Sehnerv zum Gehirn weitergegeben werden.

7.4.2 Station Optik II: „Aus Sicht der Bienen“

In dieser Station lernen die Schüler die unterschiedliche Sichtweise des Menschen und der Biene kennen. Bienenaugen und Menschaugen unterscheiden sich nicht nur in ihrem Aufbau, sondern auch in ihrer Wahrnehmung.

1. Können Bienen Farben sehen?

Nach einem kurzen Informationstext werden die Schüler gefragt, ob Bienen Farben sehen können. Anschließend haben sie ein Bild mit Honigtellern vor sich, die auf verschiedenen Farbunterlagen stehen. Die Schüler sollen nun 15 Bienen einzeichnen, wo sie sich ihrer Meinung nach niederlassen. Daraufhin zeigt den Schülern der Betreuer mit Hilfe eines Overheadprojektors die richtige Antwort. Die Schüler stellen fest, dass Bienen Farben sehen können. Sie sehen die Farben Blau und Gelb, aber kein Rot. Die Farbe Blau wird von den Bienen bevorzugt, da sie sich auf diesen Farbteller besonders gerne gesetzt haben.

Nun sollen die Schüler verschiedene Bilder betrachten, die einmal zur Sichtweise des Menschen gehören und ein anderes Mal zur Sichtweise der Biene. Die Schüler können erkennen, dass Bienen Blumen anders wahrnehmen als Menschen. Zum Beispiel ist das

Rot der Mohnblume für die Biene schwarz. Außerdem wirkt das Gelb einer weiteren Blume verblasst und der Stempel scheint zu leuchten.

2. Farbspektrum von Mensch und Biene

Auf einer optischen Bank ist, wie in Abbildung 12 ersichtlich, ein Versuch zum Farbspektrum des weißen Lichtes dargestellt. Als Lichtquelle dient eine Reuterlampe; außerdem ist eine Sammellinse und Blende aufgebaut. Das weiße Licht wird mit einem Prisma in seine Spektralfarben zerlegt. Dieser Vorgang wird Dispersion genannt.

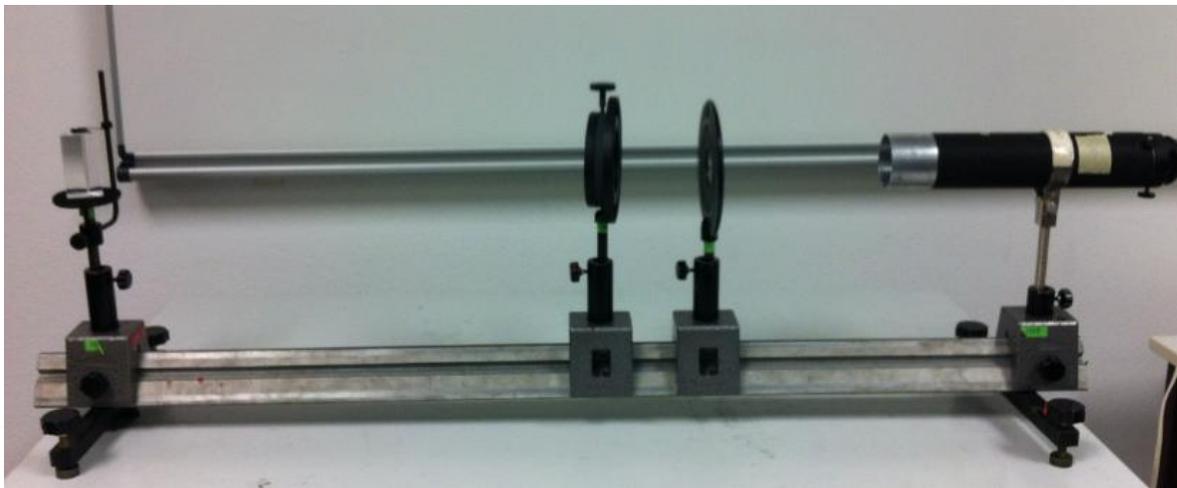


Abbildung 12: Versuchsaufbau Farbspektrum

Bevor der Betreuer die Lichtquelle einschaltet, schreiben die Schüler darüber eine Vermutung auf, was auf dem Schirm zu sehen ist. Nun wird die Lichtquelle angeschaltet und die Schüler erkennen, dass das weiße Licht in seine Farben zerlegt wird und auf dem Schirm das Farbspektrum zu sehen ist.

Das Farbspektrum wird auf dem Schirm markiert und anschließend durch einen Farbfilter betrachtet. Die Schüler können auf dem Schirm erkennen, dass die Farbe Rot verschwindet. An dieser Stelle ist das Farbspektrum des Menschen im Skript abgebildet. Zusätzlich können die Schüler anhand der gelben Blumen nochmals das Leuchten des Stempels betrachten. Die Schüler sollen nun darauf schließen, dass die Biene Ultraviolettes Licht bzw. UV-Licht erkennen kann. Diese Feststellung sollen sie anschließend im Farbspektrum der Biene markieren.

Im Skript folgt wiederum eine kurze Zusammenfassung der Informationen in einem Merkkästchen.

3. Ausflug und Sonnenintensität

In einem kurzen Informationstext wird den Schülern erklärt, dass sich die Bienen an erdgebundenen Hilfsmitteln wie markanten Bäumen oder Sträuchern orientieren. Außerdem orientieren sie sich mit Hilfe des Himmels. Die Schüler sollen durch eigene Überlegungen feststellen, dass sich die Biene am Stand der Sonne orientiert. Um anderen Bienen die Lage der Futterplätze mitzuteilen, führen Bienen den Schwänzeltanz auf.

Die Schüler betrachten auf dem Laptop ein Video des Schwänzeltanzes. Daraufhin sollen sie erklären, wie die Bienen den Himmel aufteilen und an welches Instrument dies erinnert. Die Schüler stellen fest, dass Bienen den Himmel in Winkel oder Richtungen, ähnlich wie einen Kompass, aufteilen.

Als nächstes sollen die Schüler auf der HOBOS-Homepage ein Diagramm zur Sonnenintensität und Anzahl der Bienenausflüge pro Zeit bearbeiten. Dabei müssen sie zuerst die richtigen Tage im Diagramm einstellen. Anschließend vermerken die Schüler Gemeinsamkeiten und die Bedeutung von Sonnenstrahlungsintensität. Sie können erkennen, dass an allen Tagen etwa gleich viele Bienen ausfliegen. Wenn die Sonnenstrahlungsintensität gering ist bedeutet dies, dass keine Sonne scheint bzw. die Sonne von Wolken bedeckt ist. Abschließend sollen die Schüler die Tage 28.07.2012 und 26.07.2012 hinsichtlich der Sonnenintensität und Bienenausflüge vergleichen. Sie stellen dabei fest, dass trotz einer geringeren Sonnenintensität die Bienenausflüge gleich sind. Dies bedeutet, dass sich Bienen auch bei bewölktem Himmel orientieren können, allerdings nicht am Stand der Sonne, sondern am Polarisationsmuster am Himmel. Dies wird den Schülern in einem kurzen Text und einem Merkkästchen mitgeteilt.

4. Polarisiertes Licht

Anhand eines Textes wird den Schülern erklärt, dass das Sonnenlicht, das in unsere Atmosphäre eintritt, aus Wellen in ungeordneten Schwingungszuständen besteht. Die Erdatmosphäre nutzt physikalische Vorgänge, um das Licht in einen geordneten oder linearen Schwingungszustand zu bringen. Diesen Vorgang nennt man Polarisation. Auf einem Bild ist der Vorgang dargestellt, bei dem unpolarisiertes Licht durch einen Polarisationsfilter in polarisiertes Licht umgewandelt wird. Die Schüler sollen nun beschreiben, was vor und was nach dem Filter zu erkennen ist. Auf der linken Seite des Filters ist das Sonnenlicht ungeordnet und unpolarisiert, auf der rechten Seite dagegen polarisiert.

Die Schüler bekommen nun mehrere Polarisationsfilter und sollen mit diesen den Himmel betrachten. Dabei können sie erkennen, dass der Himmel durch Drehen der Filter an verschiedenen Stellen dunkler wird. Nachdem sie die dunkelste Stelle am Himmel gefunden haben, sollen die Schüler mit dem Filter in identischer Stellung in eine andere Richtung blicken. Sie können bemerken, dass der Polarisationsfilter in dieser Stellung nicht am dunkelsten ist, da die Lichtwellen an einer anderen Stelle am Himmel eine andere Schwingungsrichtung haben. Der Filter müsste somit erst wieder gedreht werden, sodass das Licht polarisiert wird.

Falls der Himmel stark bewölkt ist, dann kann man den Effekt der Polarisation nicht eindeutig erkennen. Deswegen sollen die Schüler in diesem Fall die Fenster eines Gebäudes, zum Beispiel die des M!ND-Centers, betrachten.

Abschließend erhalten sie ein Bild des „Bienenkompasses“ und ein Merkkästchen als Zusammenfassung.

Zusatzversuch:

In einem Zusatzversuch behandeln die Schüler nun die Beleuchtungsstärke von Licht an einem Schirm. Auf einer optischen Bank werden eine Reuterlampe und ein Schirm aufgebaut. Dazwischen werden zwei Blenden mit jeweils einem Polarisationsfilter arretiert (siehe Abbildung 13).

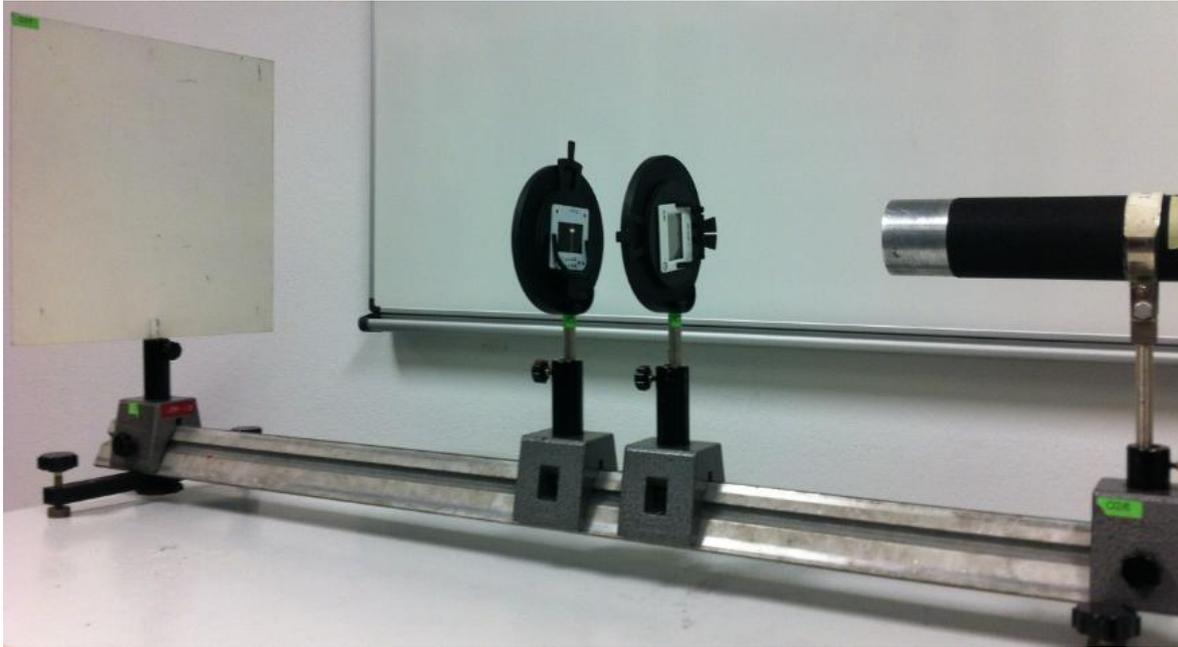


Abbildung 13: Versuchsaufbau Polarisation

Zuerst verwenden die Schüler nur einen Polarisationsfilter und verstellen diesen. Auf dem Schirm können sie beobachten, dass das Leuchten der Lampe unverändert ist. Nun bauen die Schüler den zweiten Filter auf der optischen Bank auf und drehen diesen. Das Leuchten auf dem Schirm verschwindet, wenn beide Filter senkrecht aufeinander stehen. Die Filter stehen in einem Winkel von 90° aufeinander und lassen somit keine Schwingungsrichtung hindurch.

7.4.3 Station Mechanik: „Fliegen leicht gemacht?“

An dieser Station lernen die Schüler die physikalischen Hintergründe darüber kennen, warum Bienen fliegen können. Dabei werden sie den Auftrieb von Bienen mit Hilfe eines Helikopters bestimmen und arbeiten außerdem mit einer Hochfrequenzkamera, mit der die Frequenz des Helikopters gemessen wird.

1. Auftrieb eines Helikopters

In diesem Versuch vergleichen die Schüler den Auftrieb eines Helikopters mit dem Auftrieb einer Biene. Die Schüler bedienen den Helikopter selbst, der mit Klebeband auf

einer Waage angebracht ist. Mit der Funksteuerung kann der Hubschrauber gestartet werden (siehe Abbildung 14).



Abbildung 14: Helikopter

Zuerst bleibt der Helikopter in Ruhe und die Schüler messen die Kraft, die auf die Waage wirkt. Sie sollen die Gewichtskraft F_G mit der Formel $F_G = m_{\text{Heli}} \cdot g$ berechnen. Anschließend dürfen sie den Helikopter starten, wobei sie den Starthebel soweit drehen sollen, bis auf der Waage die Masse Null angezeigt wird und der Hubschrauber „schwebt“. In einem Bild im Schülerheft sollen die Schüler dann die Kräfte, die auf den Hubschrauber wirken, in Form von Pfeilen einzeichnen. Die Beträge der Kräfte sind gleich groß, das heißt, die Pfeile haben die gleiche Länge.

Danach sollen die Schüler herausfinden, welche Masse der Helikopter bei Vollausschlag des Gashebels transportieren kann. Dafür legen sie Massestücke auf die Waage und drehen den Gashebel auf Vollausschlag. Als nächstes nehmen sie nacheinander Massestücke von der Waage, bis diese Null anzeigt. Nun können die Schüler über die Gesamtmasse $m_{\text{ges}} = m_{\text{Heli}} + m_{\text{St}}$ und der Formel $F_G = m_{\text{ges}} \cdot g = F_{\text{oben}}$ die Auftriebskraft des Helikopters berechnen.

Zum Vergleich sollen die Schüler anschließend die Auftriebskraft einer Biene berechnen. Dies können sie mit denselben Formeln wie beim Helikopter, wobei sie für die Masse der Biene 0,1g und die Transportmasse 80g einsetzen. Wenn die Schüler die beiden

berechneten Kräfte vergleichen, dann stellen sie fest, dass die Auftriebskraft des Helikopters etwa das Vierfache der Kraft der Biene beträgt.

In einem kurzen Text wird den Schülern mitgeteilt, dass ein Vergleich der Auftriebskräfte aufgrund der unterschiedlichen Massen schwierig ist. Deshalb berechnen die Schüler nun die Auftriebskraft pro Fläche der Flügel bzw. der Rotorblätter.

Dafür benötigen sie die Fläche der Rotorblätter, die 30 cm^2 betragen, und die Größe der Bienenflügel, die mit der Formel $A = \pi \cdot a \cdot b$ berechnet werden. Die Auftriebskraft pro Fläche bestimmen die Schüler jeweils über die Formel $\frac{F}{A}$. Sie stellen daraufhin fest, dass die Biene etwa 100x mehr Auftrieb pro Fläche erzeugt als der Helikopter.

In einem kleinen Merkkästchen werden die gesammelten Informationen an dieser Stelle festgehalten.

2. Frequenzbestimmung mit der Hochfrequenzkamera

Die Schüler sollen die Frequenz des Hubschraubers im Schwebезustand bestimmen. Mit der Hochfrequenzkamera nehmen sie ein Video auf und zählen anschließend die Anzahl der Umdrehungen der Rotorblätter. Dazu ist an einem Rotorblatt eine Markierung in Form eines Klebebands befestigt, wie man an Abbildung 15 erkennen kann.



Abbildung 15: Versuch Hochfrequenzkamera

Auf der Hochfrequenzkamera werden 210 fps eingestellt, das bedeutet, es werden 210 Bilder pro Sekunde aufgenommen.

Die Schüler sollen nun das aufgenommene Video betrachten und die Anzahl n der Umdrehungen der Rotorblätter in einer Sekunde Echtzeit, was sieben Sekunden auf der Kamera entspricht, zählen. Die Frequenz des Hubschraubers wird über die Formel $f = \frac{n}{t}$ berechnet.

Im nächsten Schritt vergleichen die Schüler ihre berechnete Frequenz des Helikopters mit der Flügelschlagfrequenz der Biene. Die Frequenz der Biene beträgt etwa 200 Hz. Dieser Wert wird den Schülern angegeben. Die Flügelschlagfrequenz der Biene ist somit etwa 6x so groß wie die Frequenz des Helikopters.

3. Zeitliche Betrachtung der Bienenbewegung

Im abschließenden Versuch der Mechanik-Station analysieren die Schüler die geradlinige Bewegung einer Biene. Die Schüler arbeiten an einem Laptop mit dem Programm „Measure Dynamics“, in dem ein Video von einer Biene eingespielt ist. Zuerst sollen sie das Video betrachten und beschreiben, wie die Bewegung verläuft. Es handelt sich um eine geradlinige Bewegung, die nun analysiert wird. Dazu klicken die Schüler auf „Videoanalyse“ und „Automatische Analyse“ und markieren die Biene. Anschließend klicken sie auf „Start“ und die Bewegung der Biene wird analysiert. Es werden in einer Tabelle im unteren Fenster Daten gemessen und gespeichert (siehe Abbildung 16).

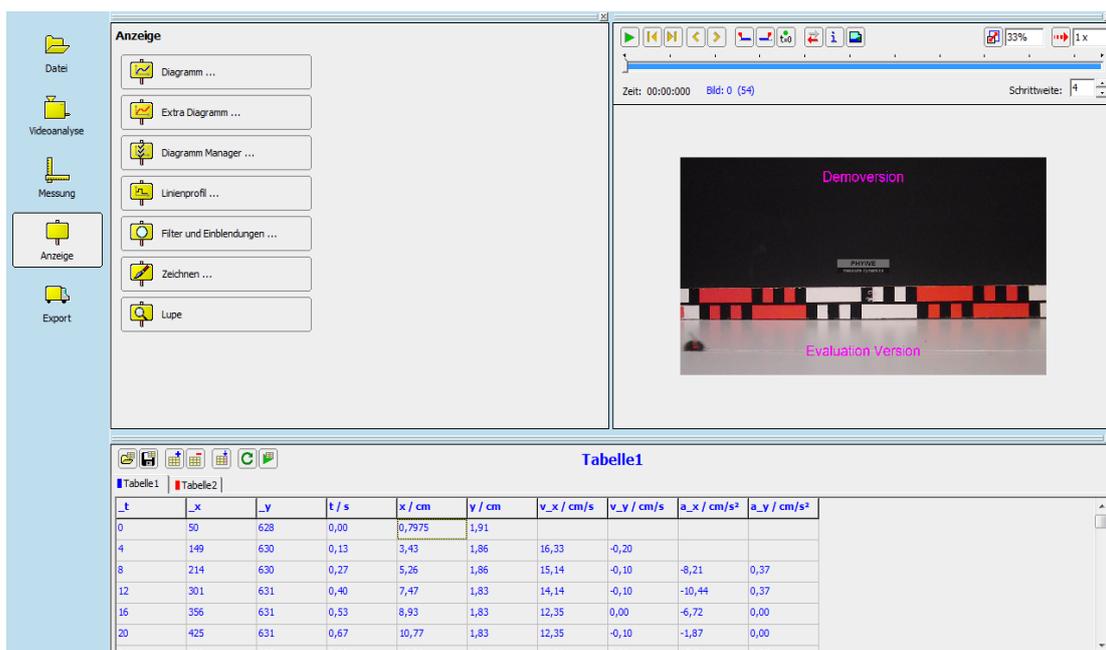


Abbildung 16: Überblick über "Measure Dynamics"

Die Schüler sollen nun ein x-t-Diagramm erstellen, indem sie die gemessenen Daten aus der Tabelle in das Koordinatensystem eintragen. Der Verlauf des Graphen ist eine Gerade durch den Ursprung. Zur Probe vergleichen die Schüler in „Measure Dynamics“ ihren gezeichneten Graphen mit dem des Programms.

Nun folgt im Schülerheft eine Zusammenfassung in Form eines Merkkästchens.

Zusatzversuch:

Im Zusatzversuch sollen die Schüler die Geschwindigkeit v der gleichförmigen Bewegung der Biene ermitteln. Dazu zeichnen sie ein Steigungsdreieck im Graphen ein und berechnen anhand geeigneter Hilfsgeraden im Bereich t von 0,8s bis 1,0s die Geschwindigkeit. Die Geschwindigkeit v wird mit der Formel $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ berechnet.

7.4.4 Station Akustik: „Kommunikation der Biene“

In dieser Station lernen die Schüler die Kommunikation der Bienen kennen und wie sich diese verständigen können. Dabei gehen die Schüler unter anderem auf die Schallübertragung in verschiedenen Medien ein und vergleichen das Bienensummen mit von ihnen selbst erzeugten Tönen.

1. Kommunikation der Königin

Die Schüler spielen auf dem Laptop eine Audio-Datei vom Quaken einer Königin ab. Dies wird als ein Signal an andere Königinnen verstanden, um diese zu vertreiben. Alles was man hört, also auch das Quaken der Königin, nennt man Schall. Indem die Schüler eine Stimmgabel zum Tönen bringen und diese in ein Gefäß mit Wasser halten sollen sie herausfinden, wie sich der Schall ausbreitet. Sie können beobachten, dass das Wasser spritzt und Wellen erzeugt. Der Schall breitet sich somit in Wellen aus (siehe Abbildung 17).

Da Bienen im Vergleich zum Menschen keine Ohren haben, sondern ein Organ an den Fühlern, stellt sich die Frage, wie sie das Quaken der Königin oder das Summen anderer Bienen wahrnehmen können. Dazu sollen die Schüler eine Vermutung aufschreiben.



Abbildung 17: Versuchsaufbau Wellenausbreitung

2. Schallübertragung

In einem kurzen Informationstext wird den Schülern mitgeteilt, dass der Schall ein festes, flüssiges oder gasförmiges Medium benötigt, um sich auszubreiten. Um zu erfahren, wie sich der Schall im Bienenstock ausbreitet, sollen die Schüler ein Video des Schwänzeltanzes betrachten. Anschließend können sie die Frage beantworten, was sich die Biene zu Nutze macht, um den Schall zu übertragen.

Der Überträger des Schalles im Bienenstock sind die Waben, wodurch Schwingungen an andere Bienen weitergeleitet werden. Um den Aufbau einer Wabe zu verdeutlichen, betrachten die Schüler eine Bienenwabe (siehe Abbildung 18). Dabei können sie feststellen, dass die Waben aus einer dünnen Wand bestehen, auf deren Ende ein Rand aus einer Art „Wulst“ sitzt. Dieser Rand ist das „Telefonnetz“ der Bienen und darauf werden die Schwingungen über die ganze Fläche übertragen.



Abbildung 18: Bienenwabe

3. Frequenzbestimmung

Nun sollen die Schüler einen Versuch zur Frequenzbestimmung durchführen. Dazu haben sie auf einem Laptop das Audioprogramm „Audacity“, mit dem sie die Datei „Bienensummen im Obstbaum“ öffnen und anhören. Im Programm erscheint ein Diagramm oder Frequenzspektrum, das auf der x-Achse die Zeit t zeigt und auf der y-Achse die Amplitude, wie in Abbildung 19 dargestellt.

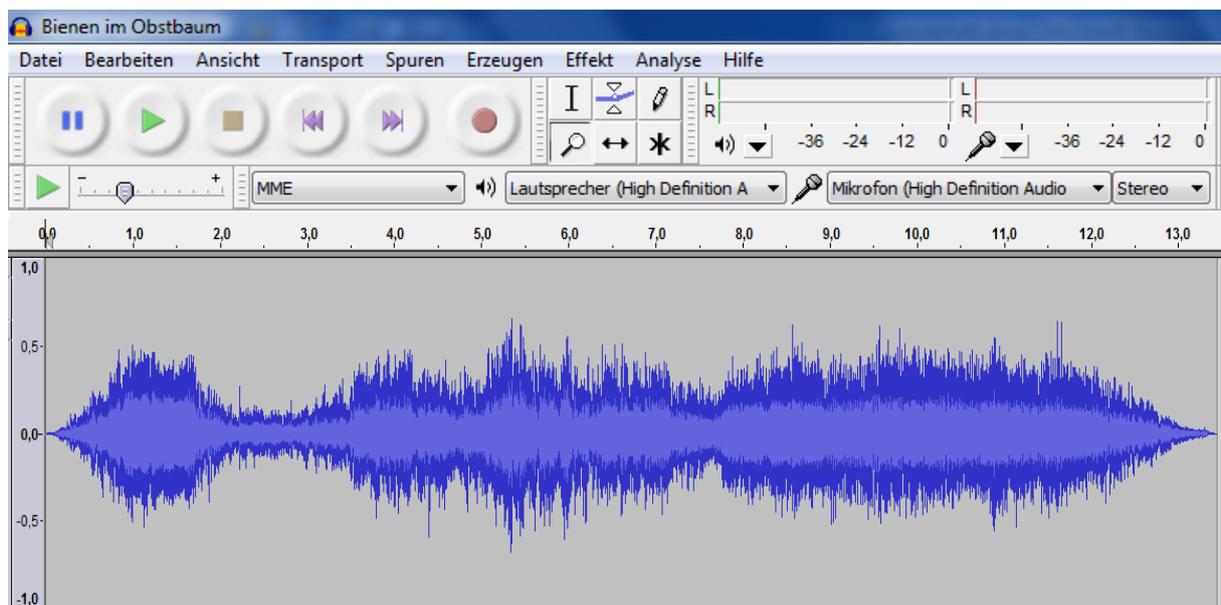


Abbildung 19: Überblick über Audacity

Nun sollen die Schüler das Bienensummen mit ihnen bekannte Geräusche vergleichen. Dazu müssen sie zuerst das Summen auf stumm stellen, woraufhin das Spektrum grau

erscheint. Indem sie auf den Aufnahmeknopf drücken, können die Schüler ihr eigenes Klatschen oder Tisch-Schlagen aufnehmen. Anschließend sollen sie ihre Aufnahme anhören und mit der des Bienensummens vergleichen. Dabei stellen sie fest, dass die Amplituden beim Klatschen größer sind und dass das Klatschen lauter ist als das Summen. Die Schüler sollten darauf schließen, dass eine größere Amplitude einem lauterem Ton entspricht.

Als letztes sollen die Schüler einen Ton einer Stimmgabel aufnehmen und betrachten. Dazu schlagen sie die Stimmgabel an und drücken den Aufnahmeknopf. Das Bienensummen und das Klatschen sollte vorher auf stumm geschaltet werden. Die Schüler vergrößern nun die beiden Diagramme der Stimmgabel und des Bienensummens, wofür sie das Zoomwerkzeug benötigen.

Die Schüler betrachten daraufhin das vergrößerte Spektrum der Stimmgabel und treffen eine Aussage über die Schwingungen. Sie stellen fest, dass die Schwingungen gleichmäßig verlaufen und die gleiche Amplitude besitzen. Anschließend vergleichen die Schüler die Schwingungen der Stimmgabel mit denen des Bienensummens. Diese Schwingungen sind unregelmäßig und durcheinander.

Man unterscheidet in der Akustik Töne und Geräusche. Während Töne als gleichmäßige Schwingungen beschrieben werden, entstehen Geräusche durch unregelmäßige Schwingungen. Den Schülern wird außerdem mitgeteilt, dass ein kurzer Schall als Knall und mehrere gleichzeitig zu hörende Töne als Klang bezeichnet werden.

Die Schüler sollen abschließend das Bienensummen einem Geräusch, das Klatschen einem Knall und die Stimmgabel einen Ton zuordnen. Daraufhin folgt eine kurze Zusammenfassung in Form eines Merkkästchens.

Zusatzversuch:

Als Zusatz erhalten die Schüler einen Versuch zur Schallausbreitung. Der Schall muss einen bestimmten Weg von der Schallquelle zu unserem Ohr zurücklegen. In der Fachsprache sagt man, der Schall breitet sich aus.

Die Schüler sollen nun einen Wecker auf einen Holztisch stellen und versuchen, das Ticken am anderen Ende des Tisches zu hören. Anschließend legen die Schüler ihr Ohr auf den Tisch und hören erneut. Dabei stellen sie fest, dass der Wecker über den Tisch deutlicher zu hören ist als über die Luft. Der Schall wird folglich über Holz besser übertragen als über die Luft.

Wenn die Schüler ein Stück Styropor unter den Wecker legen, dann können sie den Wecker nicht mehr hören. Das Styropor verhindert die Schallübertragung auf den Tisch, da dieses Material ein schlechter Leiter des Schalls ist.

Abschließend machen die Schüler ein Gedankenexperiment zum Thema „Schall im Vakuum“ (siehe Abbildung 20). Sie stellen sich vor, dass sie mit einem Mitschüler in einigen Metern Entfernung auf dem Mond stehen. Dabei rufen sie sich gegenseitig zu.



Abbildung 20: Gedankenexperiment

Die Schüler sollen eine Vermutung aufstellen, ob sie sich auf dem Mond verstehen können. Dies ist nicht der Fall, da der Schall ein Medium benötigt, um sich auszubreiten. Auf dem Mond herrscht ein Vakuum, weshalb keine Schallausbreitung möglich ist.

In einem kurzen Merkkästchen werden die Informationen zusammengefasst.

7.4.5 Station Wärmelehre: „Die Biene, Heizung und Ventilator“

Bei dieser Station lernen die Schüler die Biene als Heizung oder Ventilator kennen. Sie werden an sich selbst ausprobieren, wie man Wärme erzeugen kann oder wie man am besten kühlen kann.

1. Temperatur bei verschiedenen Jahreszeiten

In einem Informationstext wird den Schülern mitgeteilt, dass das folgende Diagramm die Temperatur einer Wabengasse im Bienenstock zeigt. Die Bienen versuchen ein konstantes Raumklima aufrechtzuerhalten, damit ein optimales Wachstum der Bienenbrut gewährleistet ist.

Die Schüler sollen nun das Diagramm betrachten und die Frage beantworten, was sie erkennen können. Die Temperatur in der Wabengasse liegt konstant bei 35°C. An den Tagen 19.08.2012 und 20.08.2012 übersteigt die Lufttemperatur die Wabentemperatur, weshalb die Schüler daraus schließen können, dass die Biene den Stock kühlen muss. Außerdem sollten die Schüler vermuten, dass die Biene im Winter den Stock heizen muss, um eine im Vergleich zur Außentemperatur um 15°C erhöhte Wabentemperatur zu erlangen.

2. Wärmeerzeugung durch Muskelbewegung

Die Schüler führen einen Versuch zur Wärmeerzeugung durch. Dazu messen sie die Körpertemperatur ihrer Mitschüler mit einer Wärmebildkamera. Als erstes messen sie die Temperatur der Haut oder des Gesichts eines Mitschülers und halten den Wert fest. Anschließend macht der Mitschüler zehn Liegestütze oder Kniebeuge, woraufhin wieder die Körpertemperatur gemessen wird. Die Schüler stellen fest, dass die Temperatur um einige Grad Celsius erhöht ist; des Weiteren wurde das Gesicht des Mitschülers aufgrund der Anstrengungen rot. Diese Veränderungen wurden durch die Muskelanstrengungen hervorgerufen.

An dieser Stelle im Schülerheft sehen die Schüler eine Biene, die mit einer Wärmebildkamera beim Heizvorgang aufgenommen wurde (siehe Abbildung 21).

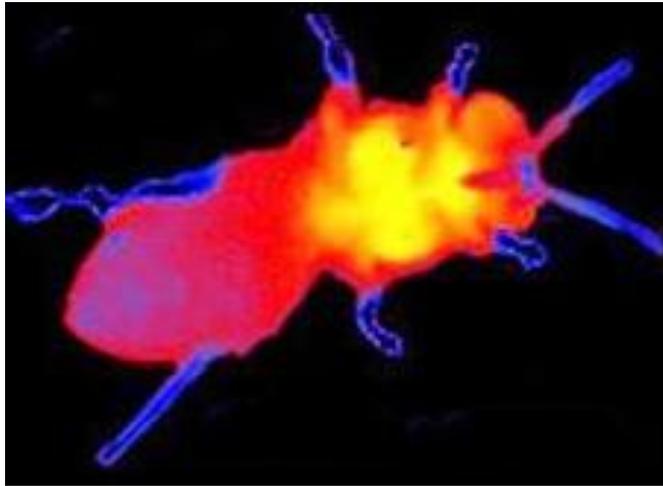


Abbildung 21: Wärmebild Biene

Die Schüler können auf dem Bild erkennen, dass der Brustbereich der Biene eine erhöhte Temperatur aufweist. Die Bienen heizen also mit ihrer Brustmuskulatur.

3. Wasserkühlung

Die Schüler finden in diesem Versuch heraus, mit welcher Methode Bienen ihren Stock kühlen. Dazu halten sie die Wärmebildkamera auf die Hand eines Mitschülers, messen die Temperatur und notieren sie. Anschließend pustet der Mitschüler auf seine Hand und die Temperatur wird ebenfalls gemessen und notiert. Als nächstes hält der Mitschüler seine Hand kurz unter einen Wasserhahn, sodass sie nass ist. Die angezeigte Temperatur wird wiederum vermerkt. Zuletzt pustet der Mitschüler auf seine nasse Hand. Falls diese bereits getrocknet ist, dann sollte der Schüler die Hand nochmals unter den Wasserhahn halten. Die Temperatur wird ebenfalls im Schülerheft niedergeschrieben und anschließend verglichen. Die Schüler können feststellen, dass die effektivste Methode eine Kombination aus nassen Händen und pusten ist. Anschließend sollen sie dies auf die Biene übertragen. Die Schüler stellen eine Hypothese auf, wie die Bienen ihren Stock kühlen. Sie lassen im Stock einen Wasserfilm verdunsten und verteilen diesen Wasserdunst durch schwirren ihrer Flügel.

In einem Merkkästchen wird den Schülern an dieser Stelle eine kurze Zusammenfassung gegeben.

4. Wärmehaus

Im abschließenden Versuch wird den Schülern zuerst in einem Informationstext erklärt, dass die Bienen im Winter in einer Wintertraube überleben. Sie ziehen sich zu einer Traube zusammen und wärmen sich und die Königin gegenseitig durch Muskelzittern. Die notwendige Energie holen sie sich aus dem Honig.

In einem Bild wird den Schülern gezeigt, wie sich eine Wintertraube zusammensetzt. Die Bienen sitzen eng zusammen und haben somit wenig Oberfläche. Sie sind allseitig umschlossen von leeren Zellen und haben an den Rändern der Wabe Anschluss an die Honigvorräte. Die Schüler sollen darüber spekulieren, welchen Vorteil die Bienen durch die Wintertraube besitzen. Sie vermuten, dass eine kleinere Oberfläche weniger Wärme abgibt.

Die Bienen verteilen sich in der Wintertraube sehr unterschiedlich. Während sie im Randbereich dicht zusammen liegen, sitzen sie im Innenbereich in der Nähe der Königin eher locker aufeinander. Die Schüler sollen nun überlegen, wo wir Menschen diese Technik im Alltag anwenden. Sie finden diese Technik bei Jacken, Schlafsäcken oder bei Styropor und Isolierungen wieder.

Die Schüler haben dann ein Wärmehaus vor sich (siehe Abbildung 22), dessen Seitenwände unterschiedlich isoliert sind, also aus verschiedenen Materialien bestehen. Sie sollen nun das Haus mit der Wärmebildkamera betrachten und die angezeigten Temperaturen der Wände festhalten. Außerdem notieren sie die Innentemperatur des Wärmehauses und die Zimmertemperatur.



Abbildung 22: Wärmehaus

Wenn die Schüler nun die Temperaturen der verschiedenen Materialien vergleichen, dann stellen sie fest, dass das Plexiglas und das Birkenholz ähnlich hohe Temperaturen aufweisen. Das Styropor und die Vakuumdämmplatte dagegen zeigen niedrige Temperaturen an. Wenn die Schüler die Temperatur der Holzwand und der Glaswand mit der Innentemperatur des Hauses vergleichen, dann können sie erkennen, dass die Temperaturen nur geringfügig voneinander abweichen und die Materialien somit schlecht isolieren.

Die angezeigten Temperaturen der Vakuumdämmplatte und des Styropor unterscheiden sich dagegen kaum von der Außentemperatur, weshalb beide Materialien gute Isolatoren sind.

Durch den Versuch stellen die Schüler fest, dass das Styropor und die Vakuumdämmplatte geeignete Materialien für eine Wärmedämmung sind und somit die beste Isolierleistung besitzen.

In einem abschließenden Merkkästchen werden die Informationen zur Wärmedämmung zusammengefasst.

7.5 Durchführung des Lehr-Lern-Labors

Das Lehr-Lern-Labor wurde in zwei verschiedenen Klassen durchgeführt. Bei der ersten Durchführung nahm die 9. Klasse des Egbert-Gymnasiums aus Münsterschwarzach am 13.12.2012 teil, bei der zweiten Durchführung am 20.12.2012 die 9.Klasse der Jakob-Stoll Realschule aus Würzburg.

Die 9. Klasse Gymnasium bestand aus 30 Schülern, wovon 22 Mädchen und 8 Jungen waren. Das Egbert-Gymnasium ist ein staatlich anerkanntes Gymnasium in der Trägerschaft der Abtei der Missionsbenediktiner von Münsterschwarzach. Die Schule ist eine gebundene Ganztagschule. Die Klasse der Jakob-Stoll Realschule bestand aus insgesamt 22 Schülern, davon waren 7 Mädchen und 15 Jungen. Bei der Realschulklasse handelt es sich um den sprachlichen Zeig, also die Wahlpflichtfächergruppe mit Schwerpunkt auf Französisch. Die Jakob-Stoll-Schule ist eine staatliche Realschule und im Gegensatz zum Egbert-Gymnasium eine offene Ganztagschule.

Geplanter Ablauf

Der Ablauf des Lehr-Lern-Labors „Die Physik der Biene“ war für beide Durchführungen gleich geplant. Die Schüler sollten um 8.30 Uhr an das Mind-Center kommen und nach einer kurzen Begrüßung und Einteilung in die Gruppen das Schülerlabor beginnen. Bei der ersten Durchführung waren kleine Pausen zwischen den Stationen geplant, bei der zweiten Durchführung eine große Pause nach drei Stationen. Jede Station sollte etwa 35 bis 40 Minuten dauern, zwischen den Stationen waren ca. fünf Minuten zur Erholung veranschlagt. Am Ende des Lehr-Lern-Labors sollten die Schüler einen Fragebogen beantworten und anschließend verabschiedet werden.

Im Folgenden werden die Durchführungen der einzelnen Stationen des Egbert-Gymnasiums und der Jakob-Stoll-Realschule betrachtet und verglichen. Auf den Bildern kann es sich um Schüler der Realschule oder des Gymnasiums handeln, da hier keine Unterscheidung vorgenommen wurde.

Durchführung allgemein:

Die Klasse des Egbert-Gymnasiums kam pünktlich um 8.30 Uhr am M!nd-Center an, wurde kurz begrüßt und in Gruppen eingeteilt. Während die Schülerhefte ausgeteilt wurden, wurde Organisatorisches erledigt und alle Schüler klebten sich ihre Namensschilder an. Nachdem sich die Betreuer noch kurz vorgestellt hatten, nahmen sie ihre Gruppe zur jeweiligen Station mit und der erste Durchgang konnte beginnen. Nach je 40 Minuten wechselten die Schüler die Stationen. Nach drei Durchgängen wurde eine kleine Pause von 10 Minuten veranschlagt. Daraufhin wurden die letzten beiden Durchgänge gekürzt und dauerten ca. 35 Minuten. Nach dem letzten Durchgang teilten die Betreuer den Schülern die Fragebögen aus, die diese umgehend ausfüllten. Nach einer kurzen Verabschiedung verließen die Schüler des Egbert-Gymnasiums das M!nd-Center um 12.00 Uhr wieder.

Die Klasse der Jakob-Stoll Realschule kam mit einer 40 minütigen Verspätung um 9.10 Uhr am M!nd-Center an. Die Klasse wirkte unruhig und aufgeregt, außerdem mussten die Schüler trotz Verspätung pünktlich um 12.00 Uhr das Schülerlabor wieder verlassen. Bemerkenswert war der Umstand, dass die Lehrerin ihr Kind mit ins M!nd-Center brachte und sich größtenteils um dessen Anliegen kümmerte. Nach einer kurzen Begrüßung wurden die Schüler in Gruppen eingeteilt und die Schülerhefte ausgeteilt. Außerdem klebten die Schüler Namensschilder an und gingen dann zu ihren jeweiligen Stationen. Die Arbeitszeit pro Station wurde auf ca. 32 Minuten gekürzt, für die große Pause nach drei Stationen wurden 7 Minuten veranschlagt. Nach weiteren zwei Stationen teilten die Betreuer die Fragebögen aus, welche die Schüler ausfüllten. Daraufhin verließen die Schüler der Jakob-Stoll-Realschule das M!nd-Center um 12.00 Uhr wieder.

Durchführung der Optik I Station:

Bei der ersten Durchführung des Schülerlabors mit der Gymnasialklasse hatten vier Gruppen keine Probleme mit der benötigten Zeit und schafften ohne Ausnahme den Pflichtteil, zwei Gruppen bearbeiteten sogar einen Teil der Zusatzaufgaben. Die erste Gruppe hatte gewisse Anlaufschwierigkeiten und konnte nur einen Teil des Versuchs

„Sehschärfe des Menschen und der Biene“ bearbeiten. Die Schüler arbeiteten gut zusammen und wechselten sich beim Lesen des Schülerhefts ab. Die Aufgaben diskutierten sie in der Gruppe und hielten ihre Ergebnisse anschließend schriftlich fest. Der Betreuer musste wenig einwirken, da die Schüler die meisten Versuche selbstständig bearbeiteten.

Bei der Durchführung mit der Jakob-Stoll Realschule dagegen kam es aufgrund der Unpünktlichkeit zu großen Zeitproblemen. Außerdem waren die Schüler teilweise unmotiviert und arbeiteten nicht mit, was dazu führte, dass keine Gruppe den Pflichtteil der Station abschließen konnte. Drei Gruppen schafften beim Versuch „Sehschärfe des Menschen und der Biene“ die Bildkonstruktion, die erste und letzte Gruppe konnte nur ihre Beobachtungen notieren. Hier fehlte einerseits die Zeit, die aufgrund der Unpünktlichkeit wegfiel, andererseits hat die Zusammenarbeit unter der geringen Motivation mancher Schüler gelitten, was zu Verzögerungen führte. Der Betreuer musste sie mehrmals auffordern, das Schülerheft zu bearbeiten.

Wie erwartet beobachteten die Schüler bei Versuch „Ein und Ausflug aus dem Bienenstock“ gespannt das Video auf der HOBOS-Homepage und versuchten die Zusammenstöße zu zählen. Der Versuch motivierte die Schüler sichtlich und sie diskutierten angeregt über die Anzahl der Zusammenstöße.

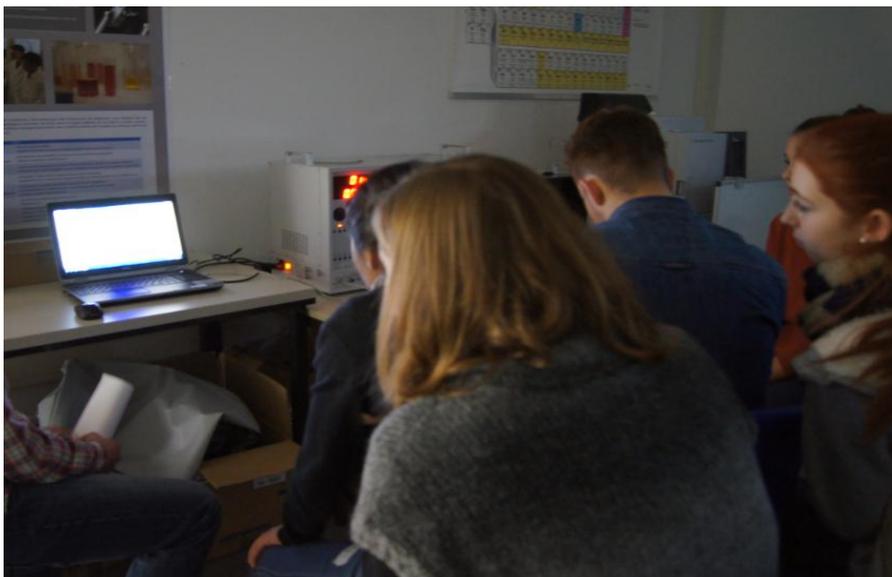


Abbildung 23: Schüler bei Versuch „Ein- und Ausflug aus dem Bienenstock“

Konzipierung des Lehr-Lern-Labors

Bei der Bearbeitung der Bilder, die zeigten, wie die Bienen und der Mensch schnelle Bewegungen wahrnehmen und welche Unterschiede erkennbar sind, hatten die Schüler keine Probleme. Das Betrachten der Umgebung mit der Bienenbrille bereitete den Schülern viel Spaß und jeder war vom Ergebnis erstaunt. Sie konnten dadurch durchwegs auf das richtige Ergebnis schließen.



Abbildung 24: Schüler bei Versuch „Bienenbrille“

Bei der Durchführung des Computertomographen zeigten die Schüler ebenfalls großes Interesse.



Abbildung 25: Schüler bei Versuch „CT-Station“

Einige Schüler erzählten sogar von ihren Erlebnissen mit einem Computertomographen im Krankenhaus. Das entstandene Bild der 3D-Biene führte zu interessanten Diskussionen, welche anschließend zusammengetragen und notiert wurden. Bei der Abschätzung von Kopf zu Auge hatten die Schüler Schwierigkeiten, da sie die Verhältnisse nicht richtig fassen konnten. Hier stellten sie Vermutungen auf, die der Betreuer anschließend bewerten sollte. Am Ende kamen sie schließlich auf eine richtige Abschätzung.

Beim Versuch mit den Linsenabbildungen waren erste deutliche Unterschiede bezüglich den Ausführungen der Gymnasialklasse und der Realschulklasse zu erkennen. Während die Gymnasiasten mit dem Laser als Lichtquelle vertraut waren und diesen richtig positionierten, hatten die Realschüler Probleme mit der Position von Laser und Linse und benötigten Hilfe.

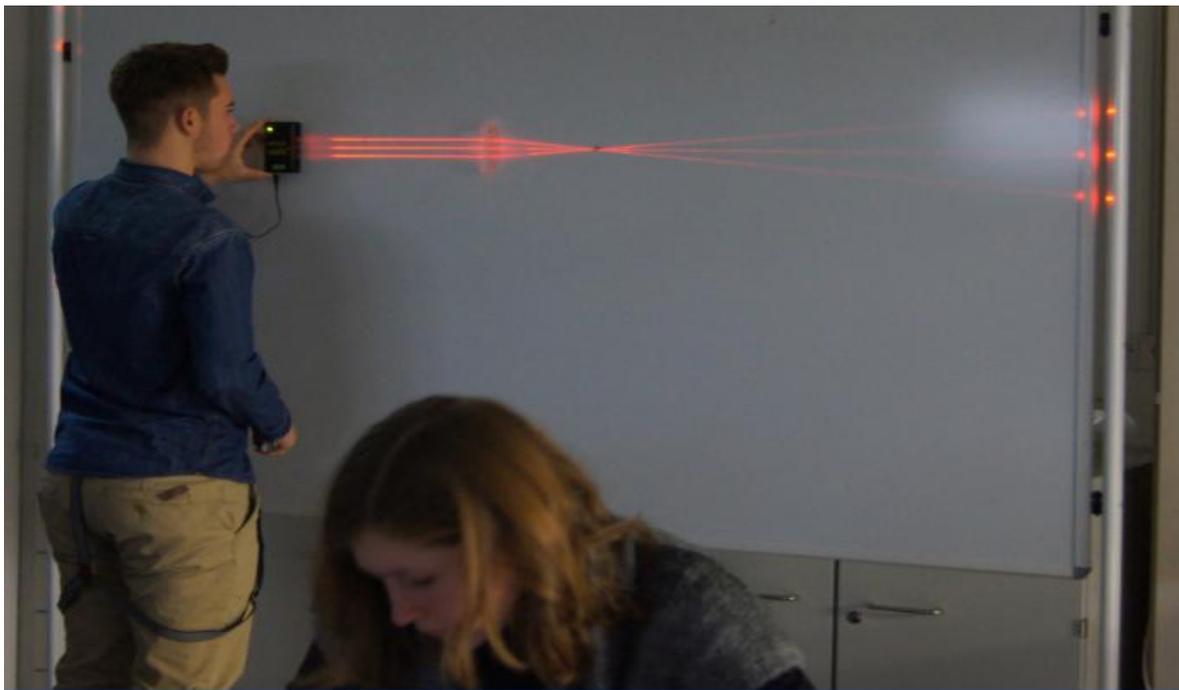


Abbildung 26: Schüler bei Versuch „Linsenabbildungen“

Außerdem bereitete das Abzeichnen der Strahlen in beiden Klassen Probleme. Zum Beispiel zeichneten die Schüler die eintreffenden Strahlen nicht parallel oder die Strahlen trafen nach der Linse nicht im selben Punkt zusammen. Beim Verschieben der Lichtquelle zeigten sie sich dagegen überrascht und hatten keine Schwierigkeiten, ihre Beobachtungen zu begründen.

Außerdem waren beiden Klassen die Fachbegriffe „Brennweite“ und „Brennpunkt“ bekannt.

Den Versuch „Sehschärfe des Menschen und der Biene“ konnten nicht alle Gruppen der Gymnasialklasse und keine Gruppe der Realschulklasse vollständig bearbeiten. Der Aufbau des Versuchs auf der optischen Bank stellte für beide Klassen keine größeren Schwierigkeiten dar.



Abbildung 27: Schüler bei Versuch „Sehschärfe des Menschen und der Biene“

Allerdings war die Skizze der Bildkonstruktion für die Schüler schwieriger als erwartet. Sowohl die Gymnasiasten, als auch die Realschüler konnten mit Hilfe des Versuchs und den Angaben im Schülerheft keine Bildkonstruktion zeichnen, sodass mit Hilfe des Betreuers und dem Laser aus Versuch „Linsenabbildungen“ die einzelnen Strahlen nachgezeichnet und auf die Skizze übertragen wurden. Viele Schüler beider Klassen skizzierten die Strahlen aber trotzdem falsch und konnten den Pfeil nicht wie gewünscht abbilden. Dagegen hatten die Schüler bei der Frage danach, wo idealerweise die Netzhaut liegen sollte, keine Probleme. Nachdem durch Verschieben des Schirms ein unscharfes Bild entstanden war, wählten die Schüler durch Probieren die richtige Linse aus und konnten so die Fehlsichtigkeit ausgleichen.



Abbildung 28: Schüler bei Versuch „Sehschärfe (Fehlsichtigkeit)“

Den Zusatzteil konnten zwei Gruppen der Gymnasialklasse zum Teil bearbeiten. Dabei stellten sie den Laser auf fünf Strahlen ein und hielten ihre Beobachtungen fest. Beide Gruppen konnten einen zweiten, verschobenen Brennpunkt erkennen, eine Gruppe konnte den Linsenfehler sogar erklären. Den weiteren Zusatzteil „Aufbau des menschlichen Auges“ konnte keine Gruppe mehr bearbeiten.

Durchführung der Optik II Station:

Bei der ersten Durchführung des Schülerlabors mit der Gymnasialklasse konnten vier Gruppen den Pflicht- und Zusatzteil der Station bearbeiten. Nur die erste Gruppe musste zu Beginn des Zusatzteils aufhören. Auch hier waren die Anlaufschwierigkeiten und das unbekannte Umfeld der Grund der Verzögerungen.

Bei der zweiten Durchführung kam es auch bei dieser Station aufgrund der Unpünktlichkeit und des Desinteresses mancher Schüler zu Zeitproblemen, weshalb vier Gruppen den Zusatzteil nicht mehr bearbeiten konnten. Für zwei Gruppen war sogar nach dem dritten Versuch „Ausflug und Sonnenintensität“ die Station beendet. Eine Gruppe konnte dagegen den Zusatzteil „Beleuchtungsstärke am Schirm“ bearbeiten.

Im ersten Versuch „Farbsehen der Biene“ haben durchgehend alle Schüler vermutet, dass die Bienen vor allem das Gelb der Sonnenblume und die Farbe Rot bevorzugen. Die Überraschung war deshalb sehr groß, als der Betreuer die Lösung mit dem Overhead-Projektor zeigte.



Abbildung 29: Schüler bei Versuch „Können Bienen Farben sehen?“

Daraufhin konnten die Schüler die richtigen Schlüsse ziehen und die Fragen beantworten. Da die Gymnasialklasse die Biene bereits in Biologie besprochen hatte, konnten sie das Leuchten der Stempel erklären. Allerdings konnten sie sich nicht mehr an den Fachbegriff „ultraviolettes Licht“ erinnern oder sie verwechselten diesen mit „infrarotem Licht“.

Bei Versuch „Farbspektrum von Mensch und Biene“ vermuteten sowohl die Realschüler, als auch die Gymnasiasten, dass richtigerweise die Regenbogenfarben auf der Wand zu sehen seien. In der ersten Durchführung- mit der Gymnasialklasse- wurde gefragt, wie der Vorgang der Zerlegung von weißem Licht in seine Spektralfarben heißt. Aber da der Fachbegriff „Dispersion“ keinem Schüler mehr bekannt war, wurde diese Frage in der zweiten Durchführung des Schülerlabors weggelassen. Mit Hilfe des Diagramms des menschlichen Farbspektrums konnten alle Schüler erschließen, dass die Biene ultraviolettes Licht erkennen kann. Auch das Markieren des Farbspektrums stellte die Schüler beider Klassen vor keine Schwierigkeiten.



Abbildung 30: Schüler bei Versuch „Farbspektrum“

Als nächstes sahen sich die Schüler auf einem Laptop ein Video des Schwänzeltanzes der Biene an und konnten daraufhin die Fragen beantworten. Die Bearbeitung des Diagramms „Sonnenstrahlungsintensität“ führte bei den Gymnasiasten zu Problemen. Zum einen hatten sie Schwierigkeiten bei der Einteilung der Achsen, zum anderen hatten sie Probleme bei der Bedeutung einer geringen Sonnenstrahlungsintensität.

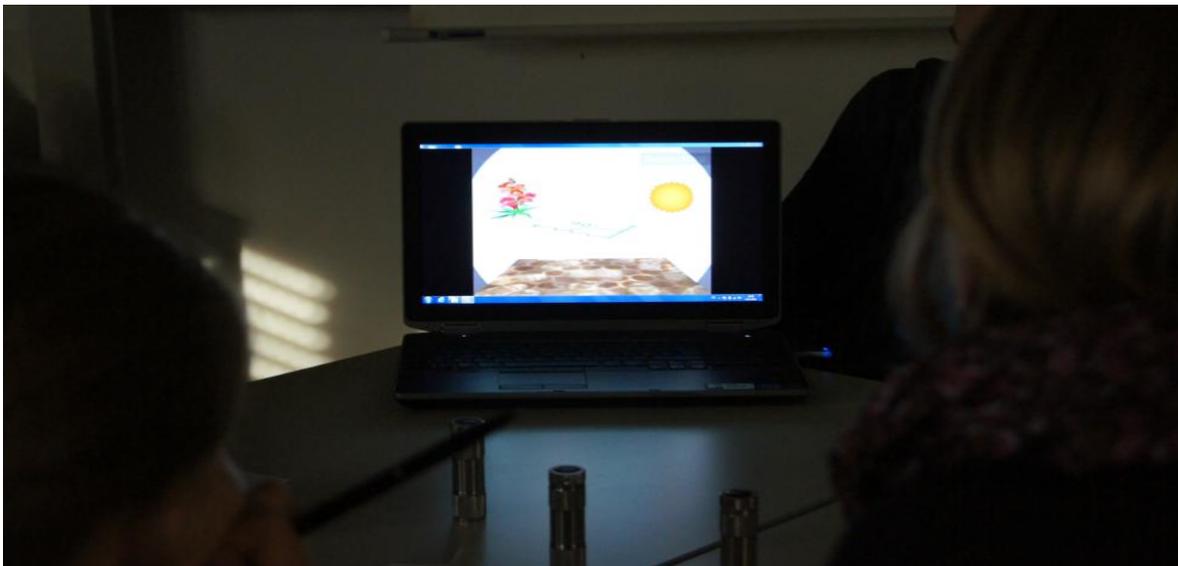


Abbildung 31: Schüler bei Versuch „Sonnenstrahlungsintensität“

Bei der Durchführung der Realschulklasse wurde dieser Versuch etwas abgeändert. Die Schüler arbeiteten mit einem Diagramm auf der HOBOS-Homepage und nicht mehr mit dem Diagramm in ihrem Schülerheft. Außerdem wurden zur besseren Verständigung die

verschiedenen Achsen mit Farben verdeutlicht, woraufhin es keine Schwierigkeiten mehr bei der Achsenbeschriftung gab. Das Arbeiten mit HOBOS bereitete den Schülern keine Probleme und motivierte sie in ihrer Arbeit.

Der Versuch „Polarisiertes Licht“ führte bei den Schülern des Gymnasiums zu großem Erstaunen. Da das Wetter für das Experiment an diesem Tag nicht besser hätte sein können, konnten die Schüler die Polarisation am Himmel sehr gut erkennen. Allerdings hatten sie bei der Begründung ihrer Beobachtungen gewisse Schwierigkeiten und besprachen deshalb ihre Vermutungen mit dem Betreuer.



Abbildung 32: Schüler bei Versuch „Polarisiertes Licht“



Abbildung 33: Schülerin bei Versuch „Polarisiertes Licht“

Bei der Durchführung mit der Realschulklasse war der Himmel stark bewölkt, weshalb die Polarisation nicht zu erkennen war. Die Schüler betrachteten daraufhin die Fenster des Mind-Centers, wo dennoch die Polarisation zu erfassen war. Bei der Beantwortung der Fragen gab es daraufhin Probleme und der Betreuer musste den Schülern stark helfen. Insgesamt konnten drei Gruppen diesen Versuch bearbeiten.

Der Zusatzversuch „Beleuchtungsstärke am Schirm“ beeindruckte die Schüler nochmals, da sie in der Schule das Thema Polarisation nicht behandeln. Der Unterschied bei nur einem Filter war allerdings minimal, weshalb die Schüler beider Klassen als Antwort angaben, dass sie keine Veränderungen sehen können. Nachdem der zweite Filter

aufgebaut worden war, verschwand das Leuchten der Lampe und die Schüler stellten fest, dass dies bei einem Winkel von exakt 90° der Fall war. Diesen Versuch konnten vier Gruppen der Gymnasialklasse und eine Gruppe der Realschulklasse bearbeiten.

Durchführung der Mechanik Station:

Bei der Mechanik-Station traten jeweils Probleme mit der Zeit auf. Die Gruppen der Gymnasialklasse konnten den Versuch „Zeitliche Betrachtung der Bienenbewegungen“ bis auf eine Ausnahme nicht bearbeiten. Auch diese Gruppe konnte das Video nur starten und keine Zeichnung mehr anfertigen. Hier zeigte sich, dass das Berechnen des Auftriebs mehr Zeit in Anspruch nahm als geplant.

Zwei Gruppen der Realschulklasse konnten die ersten beiden Versuche bearbeiten. Die erste Gruppe, die noch etwas Anlaufschwierigkeiten hatte, schaffte nur einen Teil des Experiments „Frequenzbestimmung“; die letzte Gruppe bewältigte ebenfalls nur einen Teil des zweiten Versuchs. Mit einer Gruppe war leider keine sinnvolle Arbeit möglich und es wurde nach der ersten Aufgabe mit nur einem interessierten Schüler weitergearbeitet. Der Rest der Gruppe war unmotiviert und zeigte kein Interesse an dieser Station.

Der Versuch „Auftrieb eines Helikopters“ machte den Schülern zum einen sehr viel Spaß, da sie einen Helikopter bedienen durften, zum anderen hatten sie bei den Berechnungen der Formeln große Probleme. Den Gymnasiasten waren zwar die Formeln bekannt, aber bereits die erste Formel „ $F = m \cdot g$ “ hemmte die Motivation der Schüler. Der Betreuer musste die Schüler ermutigen und half ihnen bei Problemen. Die Rechnungen selbst bereiteten keine Probleme, sie wirkten aber abschreckend auf die Schüler. Nachdem die Schüler den Auftrieb von Helikopter und Biene berechnet hatten, zeigten sie sich von der erbrachten Leistung der Biene erstaunt. Man konnte erkennen, dass die Schüler des Egbert-Gymnasiums das nötige Formelwissen hatten und die Fähigkeit besaßen, diese Formeln auch anzuwenden; allerdings wirkte die Anwendung und Berechnung hemmend. Bei den Realschülern fiel auf, dass sie bei reiner Formelarbeit große Schwierigkeiten hatten und viele Formeln nicht bekannt waren. So musste der Betreuer den Schülern bei den Berechnungen helfen und sie zu selbstständigen Arbeiten animieren.



Abbildung 34: Schüler bei Versuch „Auftrieb eines Helikopters“

In der ersten Durchführung gab es mit dem Helikopter Probleme, da dieser stark zu vibrieren begann. Der Betreuer musste deshalb seine Hand über den Hubschrauber halten, falls sich dieser von der Waage lösen sollte. Bei der letzten Gruppe brach leider das Standbein und der Helikopter war defekt. Für das Schülerlabor mit der Realschulklasse wurde deshalb ein Ersatzhelikopter angeschafft und der Versuch konnte wie geplant durchgeführt werden.

Die Schüler beider Klassen hatten keine Probleme beim Umgang mit der Hochfrequenzkamera und wirkten mit dem Gerät vertraut.



Abbildung 35: Versuch „Frequenzbestimmung“

Das Zählen der Umdrehungen bereitete den Schülern keine Schwierigkeiten und ihre Ergebnisse wichen nur um ein bis zwei Umdrehungen ab. Bei der Umrechnung von sieben Sekunden auf der Kamera in eine Sekunde Echtzeit hatten manche Gruppen Probleme, weshalb der Betreuer eingreifen musste. Die Einheit Hertz der Frequenz war sowohl den Gymnasiasten, als auch den Realschülern nicht bekannt. Überrascht zeigten sie sich beim Vergleich der Frequenzen der Biene und des Helikopter.

Nur eine Gruppe der ersten Durchführung des Schülerlabors und keine Gruppe der zweiten Durchführung konnte den Versuch „Zeitliche Betrachtung der Bienenbewegungen“ bearbeiten. Jene Gruppe sah sich das Video mit dem Programm „Measure Dynamics“ an und schrieb die Beobachtung auf, dass die Bewegung geradlinig verläuft. Leider war hier die Arbeitszeit zu Ende und die Schüler konnten keine weiteren Aufgaben bearbeiten.

Durchführung der Akustik Station:

Bei der Akustik Station konnten alle Gruppen der Gymnasialklasse sowohl die Pflichtaufgaben, als auch die Zusatzaufgaben bearbeiten. Drei Gruppen blieb nach Abschluss der Zusatzfragen noch Zeit und so spielten sie mit dem Programm „Audacity“ und analysierten ihre Stimmen.

Die Realschüler hatten dagegen teilweise große Zeitprobleme, sodass nur zwei Gruppen den Zusatzteil beginnen konnten. Zwei Gruppen wurden gerade so mit dem Pflichtteil der Versuche fertig und eine Gruppe musste die Arbeit Mitte des dritten Versuchs beenden. Die Gründe für die Zeitprobleme waren wiederum die gekürzte Arbeitszeit aufgrund der Unpünktlichkeit der Klasse und die teilweise desinteressierten Schüler.

Der erste Versuch „Kommunikation der Königin“ erstaunte beide Klassen sehr und war für die Schüler ein überraschender Einstieg in das Thema. Das Quaken der Königin war für viele unbekannt und ungewohnt. Beim Versuch mit der Stimmgabel hatten die Schüler keine Probleme und sie gaben darauf Acht, dass das Wasser nicht auf den Laptop spritzte.



Abbildung 36: Schüler bei Versuch „Kommunikation der Königin“

Die Beantwortung der Frage, wie sich der Schall ausbreitet, stellte die Schüler ebenfalls vor keine Schwierigkeiten. Als nächstes sollten die Schüler eine Vermutung aufstellen, wie die Bienen den Schall wahrnehmen können. Sowohl die Gymnasiasten, als auch die Realschüler vermuteten, dass die Bienen Schallwellen oder Vibrationen fühlen können. Manche meinten dabei die Schallwellen, die durch die Wabe übertragen werden, andere Schüler mutmaßten, dass die Biene die Schallwellen in der Luft spüren können.

Eine Überprüfung der Hypothesen der Schüler erfolgte im nächsten Versuch „Schallübertragung“.



Abbildung 37: Schüler bei Versuch „Schallübertragung“

Die Schüler sahen sich gespannt das Video des Schwänzeltanzes der Biene an und konnten anschließend die Frage dazu beantworten. Sie konnten ohne Probleme feststellen, dass der Schall über die Waben übertragen wird.

Bei der Betrachtung der Bienenwabe hatten die Schüler größere Schwierigkeiten als erwartet. Trotz intensiven Studiums der Wabe konnten nur wenige den Rand erkennen, der aus einer Art „Wulst“ auf den Waben sitzt.



Abbildung 38: Schüler beim Studieren der Bienenwabe

Beide Klassen konnten nur teilweise auf die richtige Antwort schließen und benötigten dabei Hilfe des Betreuers. Sie schrieben vor allem, dass die Wabe hart ist, uneben oder „angeknabbert“.

Beim Versuch „Frequenzbestimmung“ hatten die Schüler viel Spaß und arbeiteten motiviert und mit großem Interesse. Nach kurzem Einlesen konnten sie mit dem Programm „Audacity“ umgehen und arbeiteten damit ohne große Eingewöhnungszeit. Sie hörten sich das Bienensummen an und nahmen anschließend eigene Geräusche auf. Beide Klassen konnten erkennen, dass das eigene Klatschen lauter ist als das Bienensummen. Außerdem war das Diagramm der Bienen gleichmäßiger als das Klatschen.

Anschließend nahmen die Schüler problemlos den Ton einer Stimmgabel auf und vergrößerten das Diagramm.



Abbildung 39: Schüler bei Versuch „Frequenzbestimmung“

Auch bei der Beantwortung der Frage, was sie über die Schwingungen der Stimmgabel aussagen können, hatten die Schüler keine Schwierigkeiten. Sie erkannten gleichmäßige Schwingungen oder Kurven; das Bienensummen dagegen zeichnete sich durch Ungleichmäßigkeit aus. Bei der Zuordnung von Bienensummen, Klatschen und dem Ton der Stimmgabel kam es in beiden Klassen zu wenigen Verwechslungen. Wenige Schüler vertauschten beim Bienensummen Geräusch und Klang, die Meisten konnten die Frage allerdings richtig beantworten. Eine schnelle Gruppe bei der ersten Durchführung mit der Gymnasialklasse hatte noch genügend Zeit und die Schüler konnten ihre Stimmen untersuchen. Dabei hatten sie viel Spaß und eine Schülerin erzeugte zum Erstaunen aller eine perfekte Sinus-Schwingung.

Den Zusatzteil konnten alle Gruppen der Gymnasialklasse und zwei Gruppen der Realschulklasse durchführen. Bei der Bearbeitung hatten sie keine Schwierigkeiten. Das Klicken des Weckers war für die Schüler deutlicher zu hören, als sie ihr Ohr auf den Tisch legten. Nachdem sie unter den Wecker ein Styropor gelegt hatten, konnten sie das Klicken nicht mehr hören. Bei der Erklärung benötigten sie allerdings die Hilfe des Betreuers. Beim Gedankenexperiment zum Thema „Schall im Vakuum“ hatten die Schüler keine Probleme und stellten durchwegs richtige Vermutungen auf.



Abbildung 40: Schüler bei Zusatzversuch „Wecker“

Durchführung der Wärmelehre Station:

Die Klasse des Egbert-Gymnasiums hatte keine Probleme mit der Bearbeitungszeit und meisterte ausnahmslos alle Aufgaben dieser Station. Dies war insofern bemerkenswert, da eine Gruppe aus durchschnittlich sechs Schülern bestand und sie nur eine Wärmebildkamera zur Verfügung hatte. Aber sie wechselten sich mit der Wärmebildkamera ab und hatten somit keine Zeitprobleme.

Bei der Durchführung mit der Realschulklasse traten ebenfalls keine Schwierigkeiten bezüglich der Bearbeitungszeit auf. Die Schüler hatten zwei Wärmebildkameras zur Verfügung und konnten somit zeitgleich arbeiten. Allerdings musste der Betreuer die Schüler zum Weiterarbeiten auffordern, da sie gerne mit der Kamera spielten und sonst die Bearbeitungszeit nicht ausgereicht hätte.

Die Schüler beider Klassen hatten bei der Bearbeitung des Diagramms keine Probleme und zeigten großes Engagement. Auch die Schlussfolgerung stellte sie vor keine Schwierigkeiten und man hatte den Eindruck, dass sie mit dem Umgang von Diagrammen vertraut waren.

Bei der nächsten Aufgabe konnten die Schüler erstmals mit der Wärmebildkamera arbeiten, was zu großem Anklang führte.



Abbildung 41: Schüler bei Versuch „Wärmeerzeugung durch Muskelbewegung“



Abbildung 42: Schüler bei „Liegestützen“

Mit der Bedienung der Wärmebildkamera hatten die Schüler keine Probleme. Erstaunlicherweise zeigten auch die bis dahin eher desinteressierten Schüler der Realschulklasse mehr Motivation bei der Bearbeitung und machten Liegestütze oder Kniebeugen. Bei allen Durchführungen konnte eine erhöhte Temperatur nachgewiesen werden, nachdem ein Schüler die Liegestütze gemacht hatte. Beim ersten Schülerlabor mit der Gymnasialklasse kam es bei der Betrachtung der Biene, die mit einer Wärmebildkamera aufgenommen wurde, zu Verwirrungen, da die Farben auf dem Bild und die angezeigten Farben in der Wärmebildkamera vertauscht waren. Allerdings konnte der Betreuer die Schüler darauf hinweisen und sie bearbeiteten die Aufgabe mit Erfolg. Für die zweite Durchführung mit der Realschulklasse wurde deshalb eine Legende zum Bienenbild eingefügt.

Ähnlich wie bei der vorherigen Aufgabe zeigten sich die Schüler bei der „Wasserkühlung“ sehr motiviert sowie interessiert und hatten großen Spaß an der Bearbeitung. Wie geplant war die effektivste Methode der Kühlung die Kombination aus Wasser und Pusten. Die Schüler erreichten dabei einen Temperaturunterschied zur ersten Messung von bis zu 10°C.

Allerdings musste man darauf achten, dass ein Schüler mit warmen Händen ausgewählt wurde, da sonst der Effekt nicht deutlich genug zu sehen war.



Abbildung 43: Schüler bei Versuch „Wasserkühlung“

Die Schüler konnten anschließend ihre Erfahrungen auf die Biene übertragen und antworteten durchwegs richtig auf die Frage, wie Bienen ihren Stock kühlen. Die Bienen tragen Wasser in den Stock und verteilen den Wasserdunst durch Flügelschlagen.

Im letzten Versuch konnten die Schüler nochmals mit der Wärmebildkamera arbeiten und das Wärmehaus untersuchen. Auch dieser Versuch begeisterte die Schüler und sie hatten dabei viel Spaß.



Abbildung 44: Schüler bei Versuch „Wärmehaus“

Bei der Beantwortung der Fragen zur Wintertraube hatten die Schüler beider Klassen keine Schwierigkeiten. Sie waren von der Technik der Bienen überrascht und hatten interessante Ideen, wo wir Menschen im Alltag diese Technik verwenden. Wie erwartet konnten die Schüler die Temperaturunterschiede der unterschiedlichen Materialien des Wärmehauses gut erkennen. Allerdings hatte man sich die Unterschiede etwas deutlicher vorgestellt, denn sie lagen bei etwa 65°C Innentemperatur nur zwischen 30°C und 22°C. Aber es konnten sowohl die Gymnasiasten, als auch die Realschüler auf die richtigen Ergebnisse schließen. Abschließend konnten alle Schüler feststellen, dass die Vakuumdämmplatte und das Styropor geeignete Materialien zur Wärmedämmung des Hauses sind.



Abbildung 45: Schüler bei Versuch „Wärmehaus“

7.6 Auswertung und Beurteilung

Für die Auswertung des Lehr-Lern-Labors „Die Physik der Biene“ wurde unmittelbar nach der Durchführung ein Fragebogen ausgeteilt, den die Schüler beantworten sollten. Um die Betreuer nicht in eine gewisse Richtung zu lenken, wurde ihnen kein Fragebogen ausgeteilt, sondern sie sollten sich stichpunktartig Bemerkungen über die Motivation der Schüler, Interesse an den Experimenten, Mitarbeit in der Gruppe und verschiedene andere Beurteilungen notieren.

Der Fragebogen der Schüler handelt zum einen von allgemeinen Fragen über die Interessen an Physik, Biologie oder an der Honigbiene, zum anderen über gezielte Fragen zum Lehr-Lern-Labor selbst. Diese Fragen sollten das Empfinden der Schüler näher erläutern, ob ihnen das Labor und Experimentieren gefallen hat, von welcher Station die Schüler am meisten angesprochen wurden und ob sie sich bei der Bearbeitung leicht getan haben. Außerdem sollten die Schüler Fragen zur Mitarbeit in der Gruppe beantworten und darüber, ob sie genügend Zeit zum bearbeiten hatten.

Die Auswertung wurde in beide Klassen unterteilt und anschließend kurz betrachtet und verglichen. Die Klassen selbst wurden nach dem Geschlecht der Schüler unterteilt, wodurch ein Vergleich möglich war. Zur besseren Einordnung der jeweiligen Gruppe sollten die Schüler im Fragebogen ihre Station vermerken, mit der sie gestartet haben.

7.6.1 Auswertung des Egbert-Gymnasium Münsterschwarzach

Als erstes wird das Egbert-Gymnasium Münsterschwarzach betrachtet. Die Schulklasse bestand aus insgesamt 30 Schülern, davon waren 22 Mädchen und 8 Jungen. Zuerst werden allgemeine Fragen betrachtet, anschließend Fragen zum Schülerlabor. Die Antworten der Schüler werden in Diagrammen zusammengefasst. Bezüglich der Frage, welche Station dir am besten gefallen hat, muss ergänzt werden, dass manche Schüler zwei Antworten angekreuzt haben, da ihnen mehrere Stationen gefallen haben. Ein Mädchen hat einen unvollständigen Fragebogen abgegeben, bei dem die Rückseite nicht beantwortet wurde. Dieser Fragebogen ist außerdem wenig aussagekräftig, da auch die Vorderseite nicht ernst genommen wurde.

Interessierst du dich für das Fach Physik?

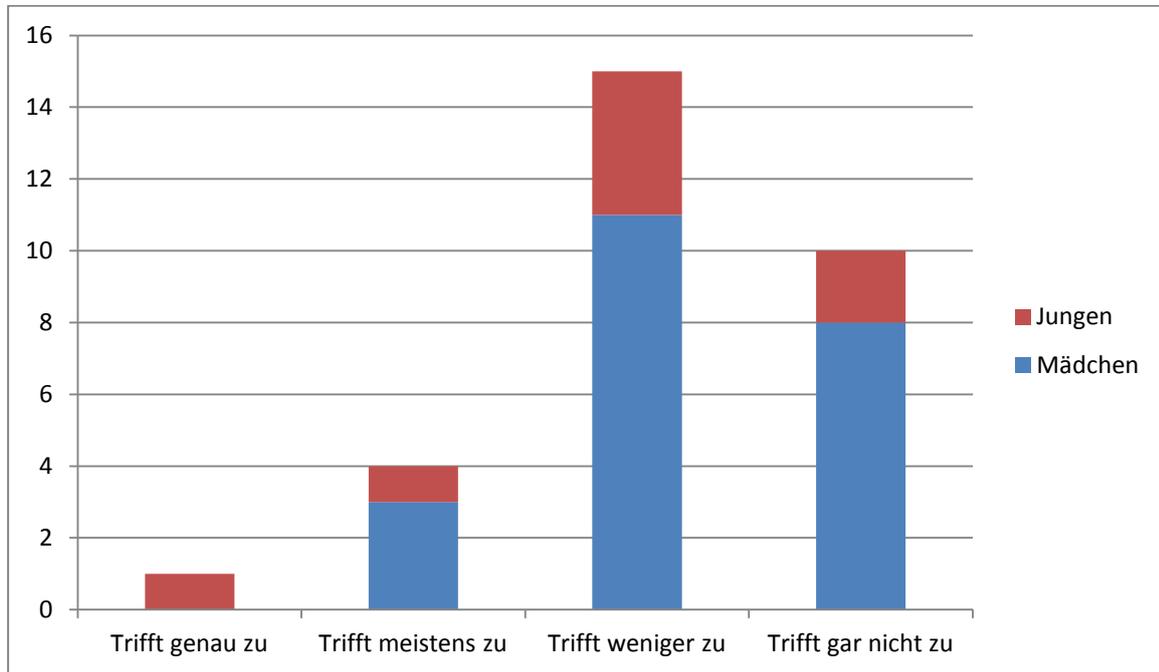


Diagramm 1: „Interessierst du dich für das Fach Physik?“

In diesem Diagramm ist das Interesse der Schüler an der Physik verdeutlicht. Man kann sagen, dass sich sowohl Mädchen, als auch Jungen weniger für das Fach Physik interessieren. Nur ein Junge hat großes Interesse am Fach, bei drei Mädchen und einen weiteren Jungen besteht größtenteils Interesse. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Schulklasse weniger bis kein Interesse am Fach Physik besitzt.

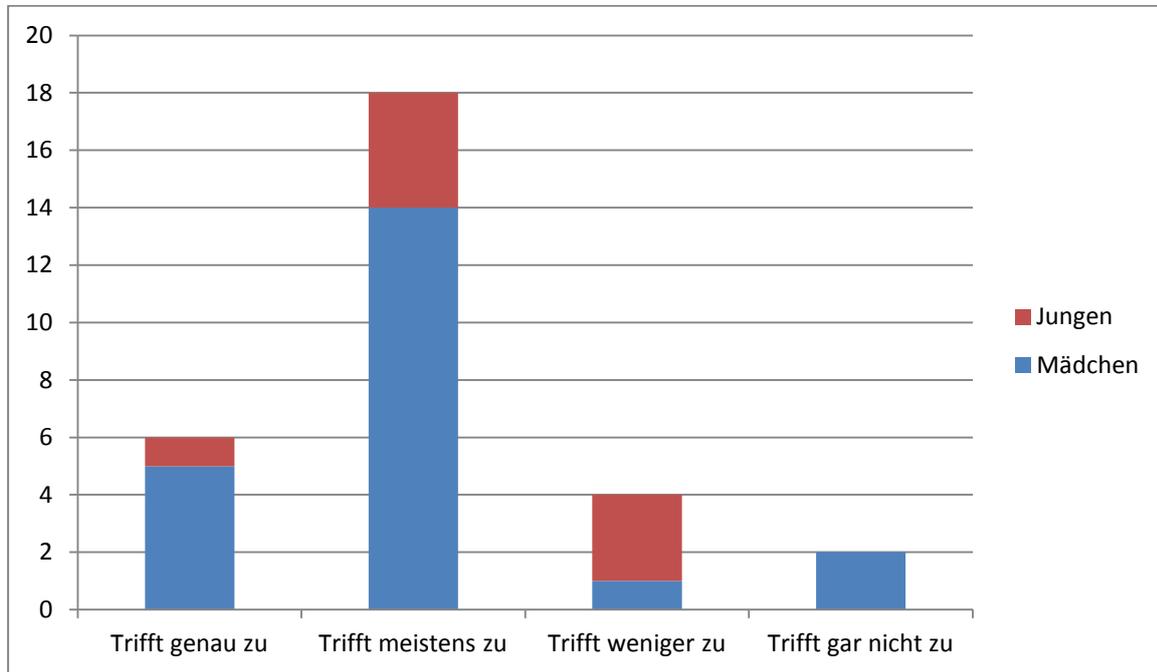
Interessierst du dich für das Fach Biologie?

Diagramm 2: „Interessierst du dich für das Fach Biologie?“

Dieses Diagramm zeigt auf, dass sich sowohl Mädchen als auch Jungen für das Fach Biologie interessieren, wobei die Mädchen ein verstärktes Interesse im Vergleich zu den Jungen zeigen. Im Vergleich zum Fach Physik kann man einen deutlichen Anstieg im Interesse zur Biologie erkennen. Während sich nur fünf Schüler für das Fach Physik interessieren, sind es beim Fach Biologie insgesamt 24. Dementsprechend interessieren sich 25 Schüler weniger oder nicht für die Physik, dagegen zeigen nur sechs Schüler kein Interesse an der Biologie. Dieses Ergebnis teilen auch verschiedene Umfragen, bei denen die Fächer Physik und Chemie zu den unbeliebtesten gehören, das Fach Biologie neben Fächern wie Kunst oder Sport zu den beliebtesten [IQU3]. Das schlechte Image spiegelt sich also auch im Fragebogen der Schüler wieder.

Interessierst du dich für die Honigbiene?

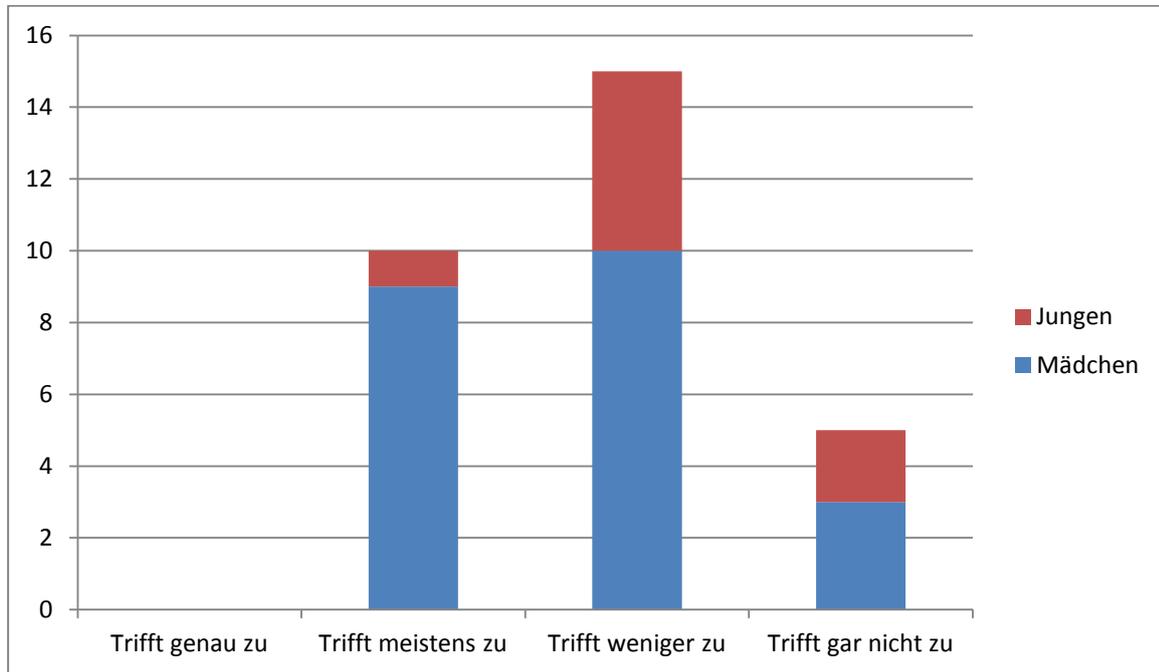


Diagramm 3: „Interessierst du dich für die Honigbiene?“

Im Diagramm fällt auf, dass nur durchschnittliches Interesse an der Honigbiene besteht. Dies ist etwas überraschend, da die Schulklass zu Beginn des Lehr-Lern-Labors euphorisch erzählte, dass sie die Biene in Biologie bereits besprochen und sie daran viel Spaß hatten. Insgesamt zeigen Mädchen etwas mehr Interesse an der Biene als Jungen.

Zusammenhang von Biene und Physik?

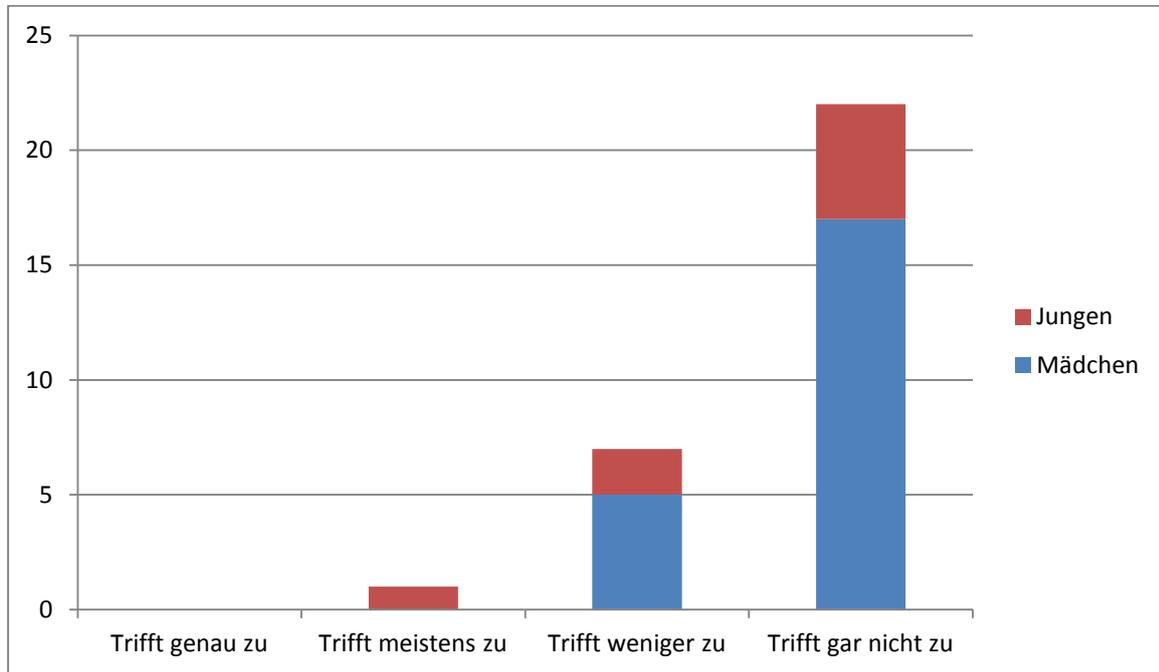


Diagramm 4: „Zusammenhang von Biene und Physik?“

Die Statistik zeigt, dass sich die Schüler vor dem Lehr-Lern-Labor noch keine Gedanken über den Zusammenhang von Biene und Physik gemacht haben. Nur ein Junge hat sich zumindest etwas Gedanken über Zusammenhänge gemacht. Dies könnte daran liegen, dass der Vater eines Jungen Imker ist und der Schüler sich deshalb Gedanken darüber gemacht hat bzw. ein gewisses Vorwissen besitzt. Die Mädchen haben sich dagegen noch nicht mit der Physik der Biene befasst.

Hat dir das Schülerlabor gefallen?

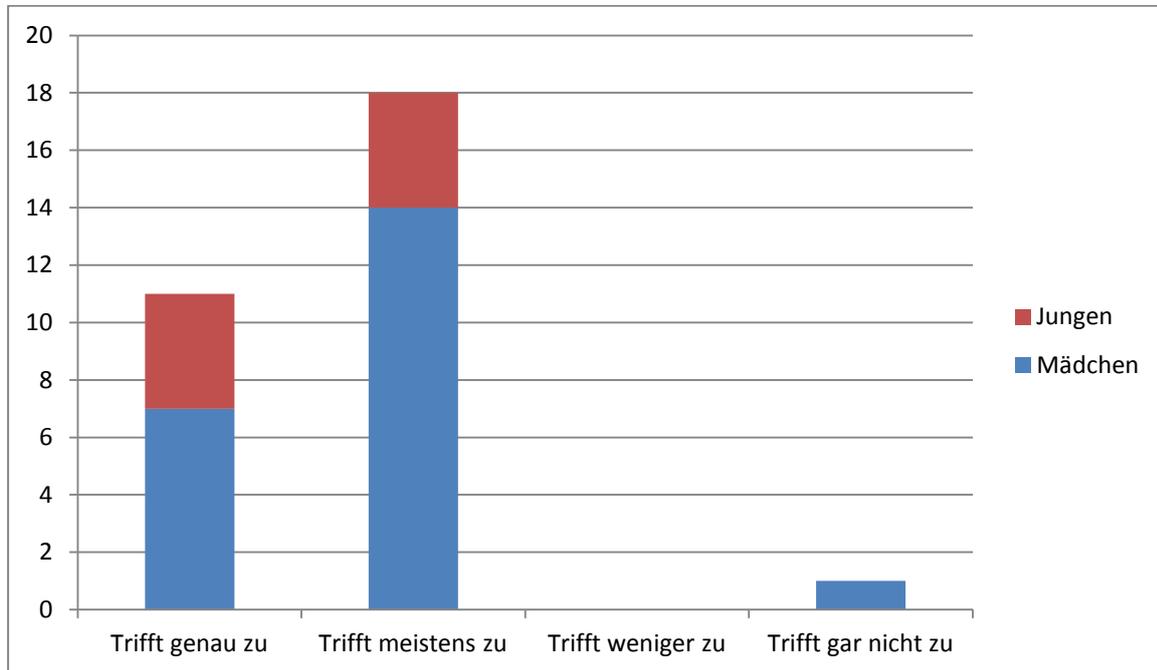


Diagramm 5: „Hat dir das Schülerlabor gefallen?“

Sowohl den Mädchen, als auch den Jungen hat das Schülerlabor sehr gut gefallen. Es gibt eine Ausnahme, aber dieses Mädchen ist, aus bereits geschilderten Gründen, nicht zu bewerten, fließt aber trotzdem in das Diagramm mit ein. Allen anderen Schülern hat das Lehr-Lern-Labor sehr gut gefallen, wobei den Jungen das Labor im Vergleich zu den Mädchen etwas besser gefallen hat. Man kann insgesamt ein positives Fazit ziehen, was sich auch im Fragebogen im Bereich „Lob und Kritik“ widerspiegelt. Hier wurde mit Lob nicht gespart und alle Anregungen waren positiv. Einige wenige Schüler hätten sich eine längere Pause gewünscht, weshalb das Schülerfazit nicht durchwegs „sehr gut“ war.

Welche Station hat dir am besten gefallen?

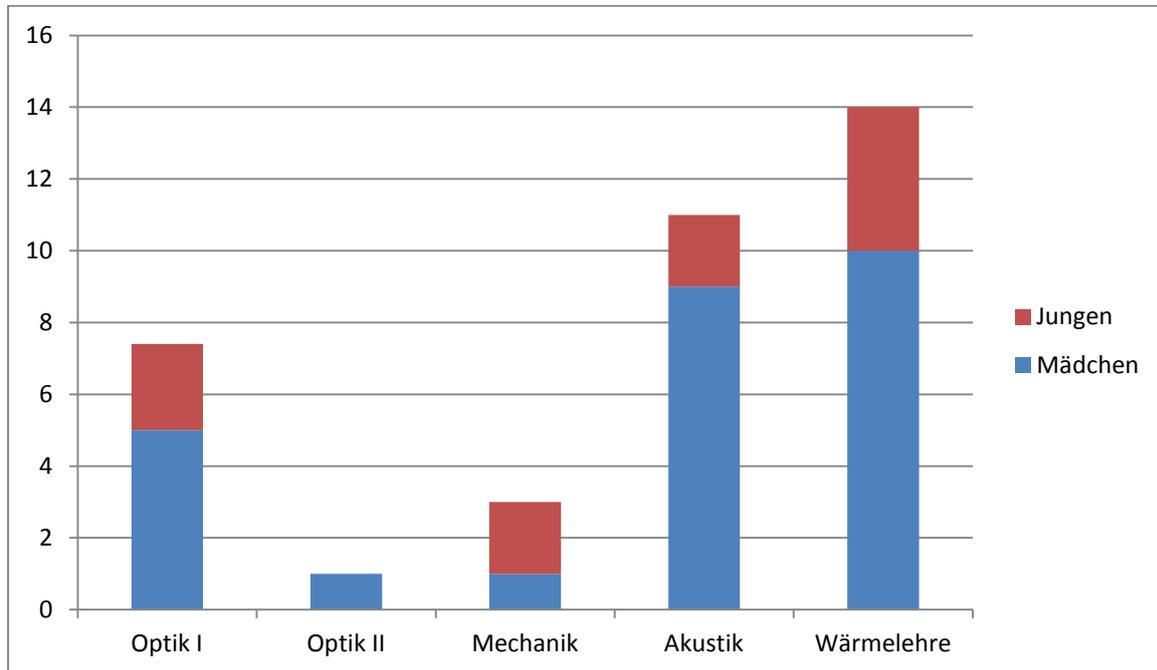


Diagramm 6: „Welche Station hat dir am besten gefallen?“

Diagramm 6 zeigt, dass den Schülern vor allem die Stationen Wärmelehre und Akustik gefallen haben. Station Optik I hatte die drittmeisten Stimmen, etwas abgeschlagen sind die Stationen Mechanik und Optik II.

Betrachtet man Mädchen und Jungen getrennt, fällt auf, dass bei den Jungen die Stimmen ausgeglichen verteilt wurden und bis auf Optik II jede Station mindestens zwei Stimmen bekommen hat. Bei den Mädchen dagegen fallen 73% der Stimmen auf die Wärmelehre oder die Akustik, wohingegen jeweils nur 4% auf die Stationen Mechanik und Optik II fallen. Es wurden teilweise mehrere Stimmen abgegeben, weshalb in der Statistik auch 37 Stimmen vermerkt sind, wobei 30 Schüler am Schülerlabor teilgenommen haben.

Hat dir das Schülerheft gefallen?

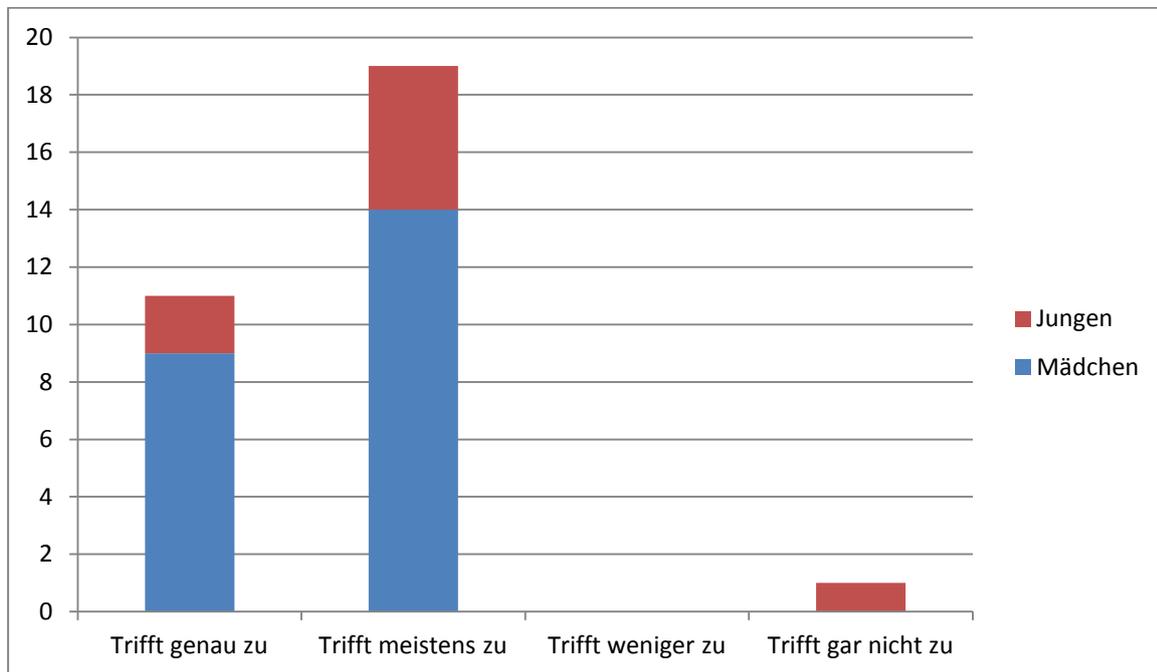


Diagramm 7: „Hat dir das Schülerheft gefallen?“

Man kann erkennen, dass das Schülerheft sowohl den Mädchen, als auch den Jungen gut bis sehr gut gefallen hat. Die einzige Kritik eines Jungen bezog sich auf die Menge an Schreibarbeit, weshalb ihm das Heft nicht gefallen hat.

Insgesamt wurde das Schülerheft positiv bewertet; vor allem die Übersicht des Heftes wurde gelobt. Weitere positive Anmerkungen waren, dass man zuhause etwas zum Nachlesen hat, dass die Fragen gut zu beantworten waren und die Aufgabenstellung verständlich war. Außerdem ist das Heft interessant, anschaulich und informativ. Vor allem die Merke-Kästchen wurden positiv hervorgehoben, da man durch diese sehr viel lernen konnte.

Haben dir die Versuche Spaß gemacht?

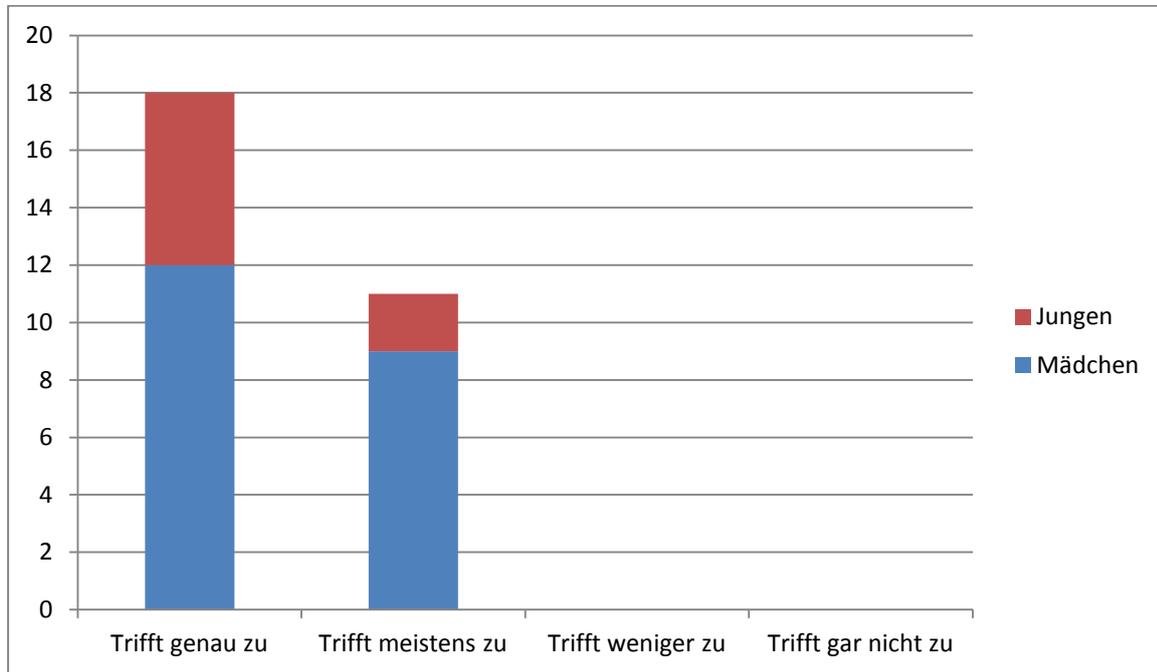


Diagramm 8: „Haben dir die Versuche Spaß gemacht?“

Nachdem den Schülern bereits das Schülerheft und das Schülerlabor gefallen hatten, so haben ihnen die Versuche ebenfalls Spaß gemacht. Zu den Versuchen gibt es keine Kritik, sondern durchwegs positive Anmerkungen. Besonders hervorgehoben wurden die Stationen Akustik und Wärmelehre, da die Versuche bei diesen Stationen vor allem den Mädchen noch besser gefallen haben als die anderen Versuche. Das Arbeiten mit der Wärmebildkamera hat den Schülern sehr viel Spaß bereitet, bei der Station Akustik haben manche Mädchen gesungen und ihren Gesang analysiert, was ebenfalls für positive Anmerkungen sorgte.

Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?

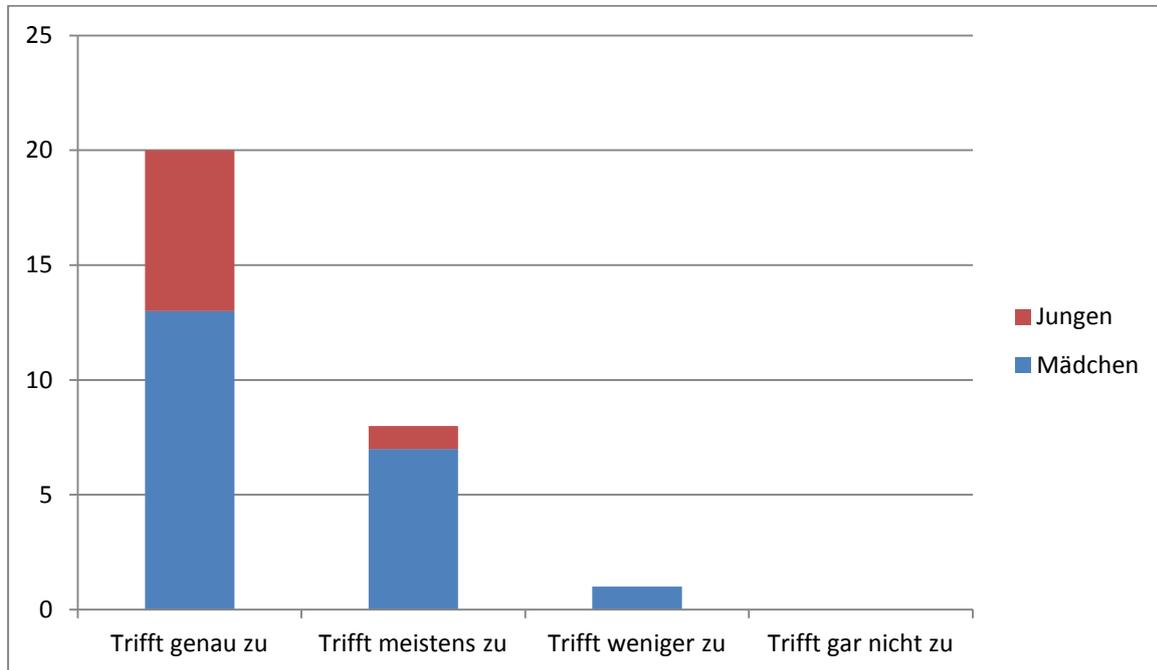


Diagramm 9: „Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?“

Die Zusammenarbeit hat in den einzelnen Gruppen größtenteils sehr gut geklappt. Ein Mädchen hatte den Eindruck, dass die meisten Mitschüler abgelenkt waren, was sie sehr gestört hat. Außerdem wurde vorgeschlagen, nächstes Mal nicht zu lösen, sondern den Schülern die Gruppeneinteilung selbst zu überlassen.

Alle anderen Schüler fanden nur lobende Worte für ihre Zusammenarbeit. Manche vermerkten, dass es in kleinen Gruppen schöner ist zu arbeiten, oder es allgemein Spaß macht, mit Freunden zu experimentieren. Außerdem wurde das gute Verständnis untereinander und die gute Teamarbeit bei den Versuchen hervorgehoben. Man kann sagen, dass die Klasse insgesamt sehr gut mitgearbeitet und sich jeder Schüler an den Versuchen beteiligt hat.

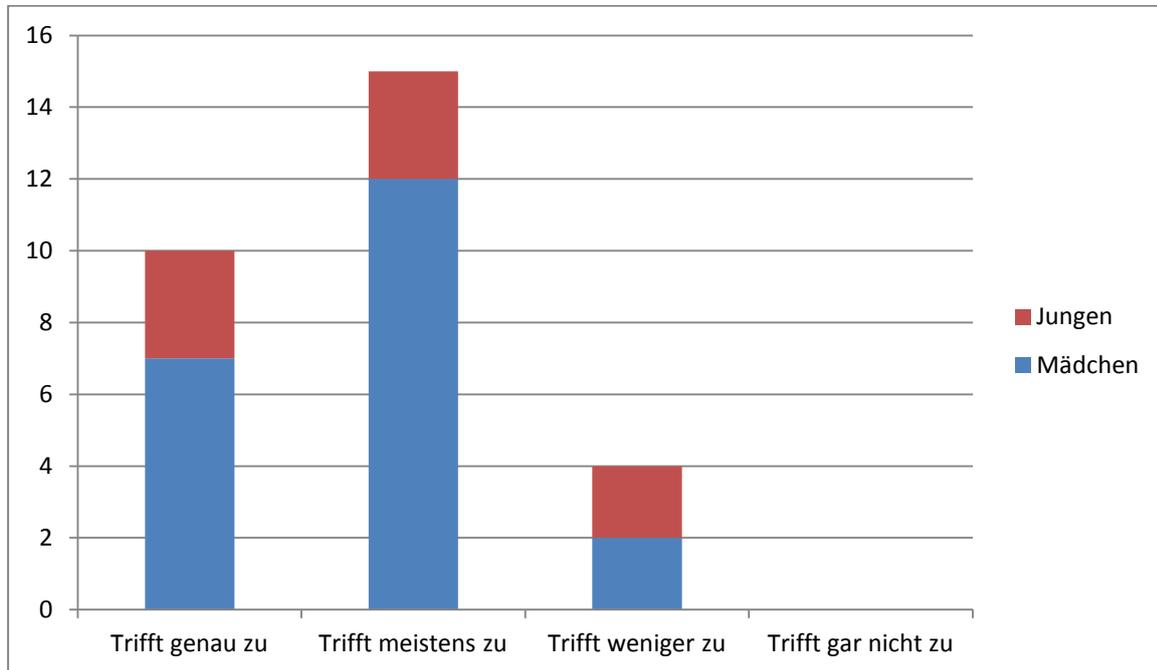
Hattest du genügend Zeit für die Stationen?

Diagramm 10: „Hattest du genügend Zeit für die Stationen?“

In Diagramm 10 kann man erkennen, dass die Mädchen den Eindruck hatten, dass sie im Großen und Ganzen genügend Zeit zur Verfügung hatten. Die Jungen dagegen sind sich in der Zeitfrage nicht einig. Dies könnte daran liegen, dass die Jungen besonders auf die Station Mechanik hinweisen, da bei der Mechanik aufgrund der Probleme mit dem Helikopter die Zeit nicht gereicht hat. Die Mädchen, die besonders an den Stationen Akustik und Wärmelehre Spaß fanden, kamen ihrer Meinung nach mit der Zeit gut zurecht. Alles in allem hatten die Schüler aber genügend Zeit zur Verfügung, um die Versuche durchzuführen. Größtenteils wurde der Zusatzteil bearbeitet, nur beim Versuch mit dem Hubschrauber kam es zu Komplikationen, was zu Problemen mit der Zeit führte.

Hast du dir bei der Bearbeitung leicht getan?

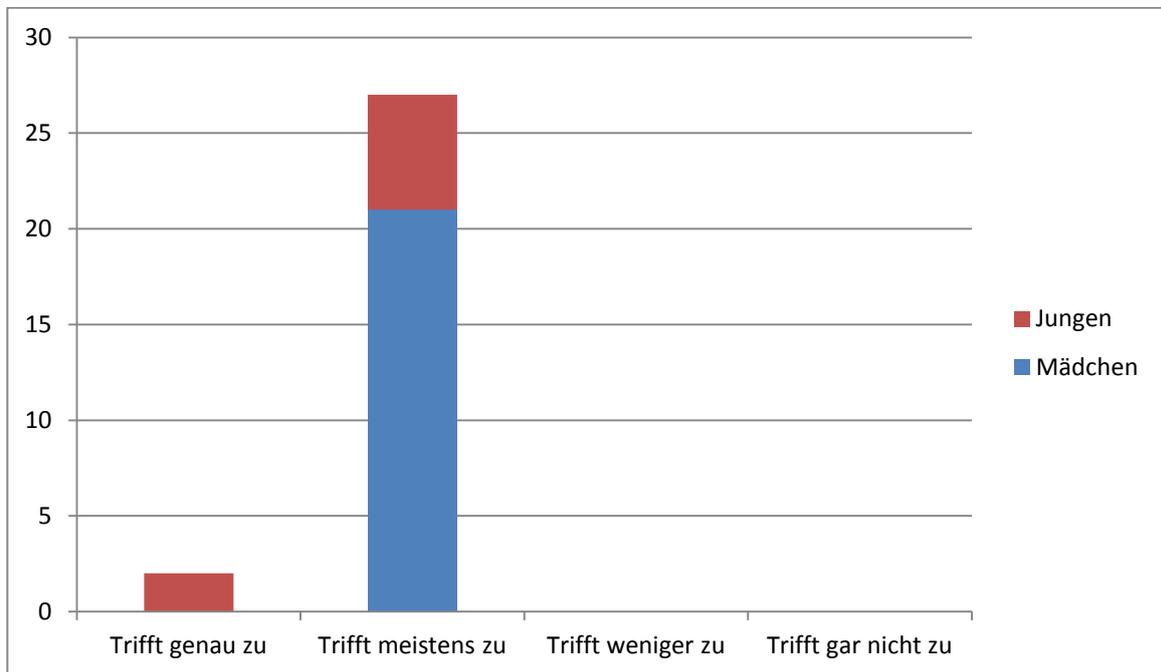


Diagramm 11: „Hast du dir mit der Bearbeitung leicht getan?“

Die Schüler waren sich hinsichtlich der Frage, ob ihnen die Bearbeitung leicht gefallen ist, einig und beantworteten diese mit „meistens“. Zwei Jungen haben sich bei der Bearbeitung sehr leicht getan. Einer der beiden Jungen nimmt neben der Schule bereits an verschiedenen Physikkursen an der Universität teil, weshalb ihm das Niveau des Schülerlabors eher unterforderte.

Manche Schüler nannten als Grund ihr schlechtes Abschneiden im Fach Physik, weshalb sie bei manchen Versuchen Schwierigkeiten hatten. Andere waren bei der Station Mechanik mit dem Rechnen überfordert, wieder andere fanden die Fragen teilweise schwierig, da sie über die Schule hinaus gingen und deshalb kompliziert waren. Einige stellten zudem fest, dass man die Stationen durch Logik bearbeiten konnte und ihnen bei schwierigen Fragen die Betreuer geholfen haben.

Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht?

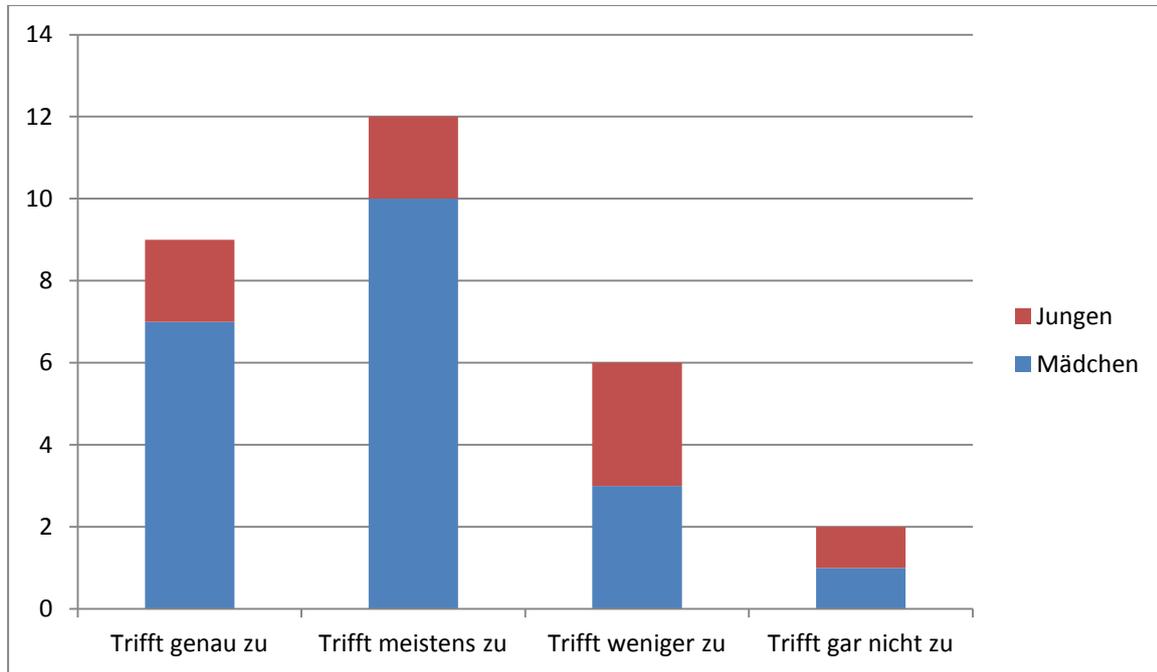


Diagramm 12: „Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht?“

In Diagramm 12 fällt auf, dass sowohl die Mädchen, als auch die Jungen vom Zusammenhang der Biene und der Physik überrascht waren. Insgesamt haben 81% der Mädchen angegeben, dass sie vorher nicht wussten, dass die Biene und die Physik solche Gemeinsamkeiten haben. Bei den Jungen waren es dagegen nur 50%.

Viele Mädchen waren von der Physik der Biene überrascht. Dies spiegelt sich auch in Diagramm 4 wieder, als gefragt wurde, ob sich die Schüler schon einmal mit dem Thema „Physik der Biene“ beschäftigt haben.

Diejenigen, die von den Zusammenhängen nicht überrascht waren, gaben als Antworten an, dass die Physik mit allem etwas zu tun hat und dass die Physik in allen und jedem steckt. Genauere Begründungen blieben leider aus.

Da die Schulklasse die Honigbiene bereits im Fach Biologie besprochen hatte, konnten die Schüler vor allem bei den Stationen Optik I und Optik II mit Fachwissen glänzen, weshalb sich hier ihr Erstaunen in Grenzen hielt.

Hast du heute etwas über Physik gelernt?

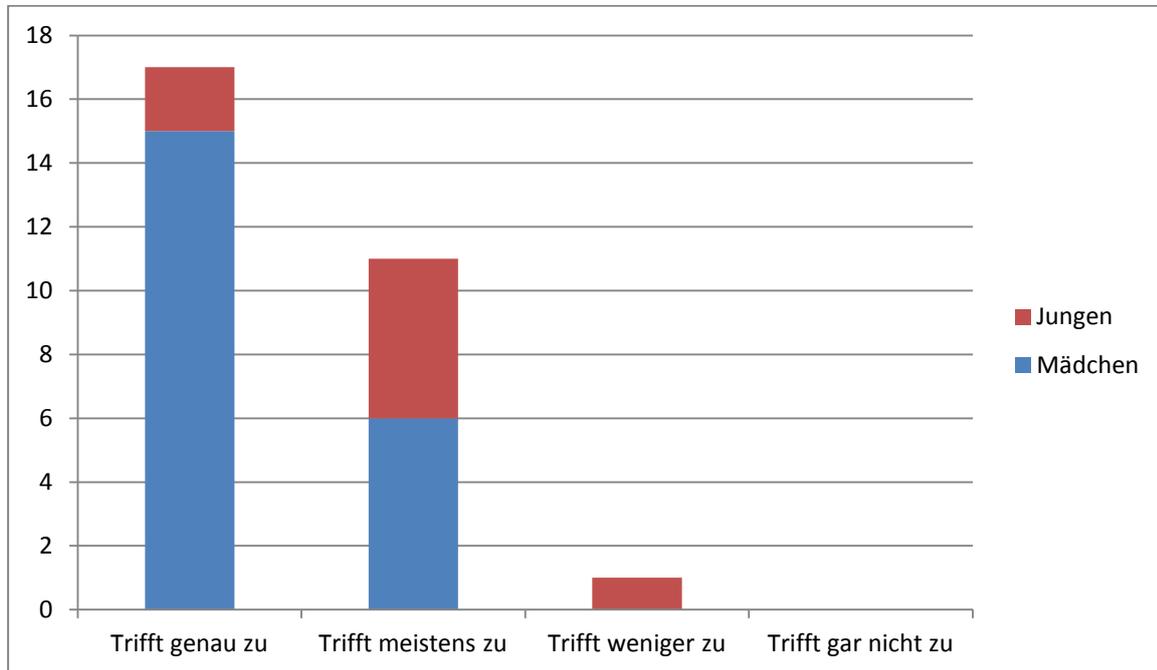


Diagramm 13: „Hast du heute etwas über Physik gelernt?“

Die meisten Mädchen und Jungen haben etwas durch das Schülerlabor gelernt, nur ein Junge konnte sein Wissen über das Fach Physik nicht erweitern.

Viele Schüler waren von der Physik der Biene erstaunt und erfreuten sich daran, mit Geräten wie der Wärmebildkamera und einer Hochfrequenzkamera zu arbeiten oder einer Audio-Software wie Audacity zu spielen. Bei den Optik-Stationen ging das Wissen über den Lernstoff der Schule hinaus, da zum Beispiel die Polarisierung in der Schule nicht behandelt wird, weshalb man insgesamt sagen kann, dass die Schüler etwas über das Fach Physik gelernt haben.

Würdest du gerne mehr über das Thema Biene erfahren?

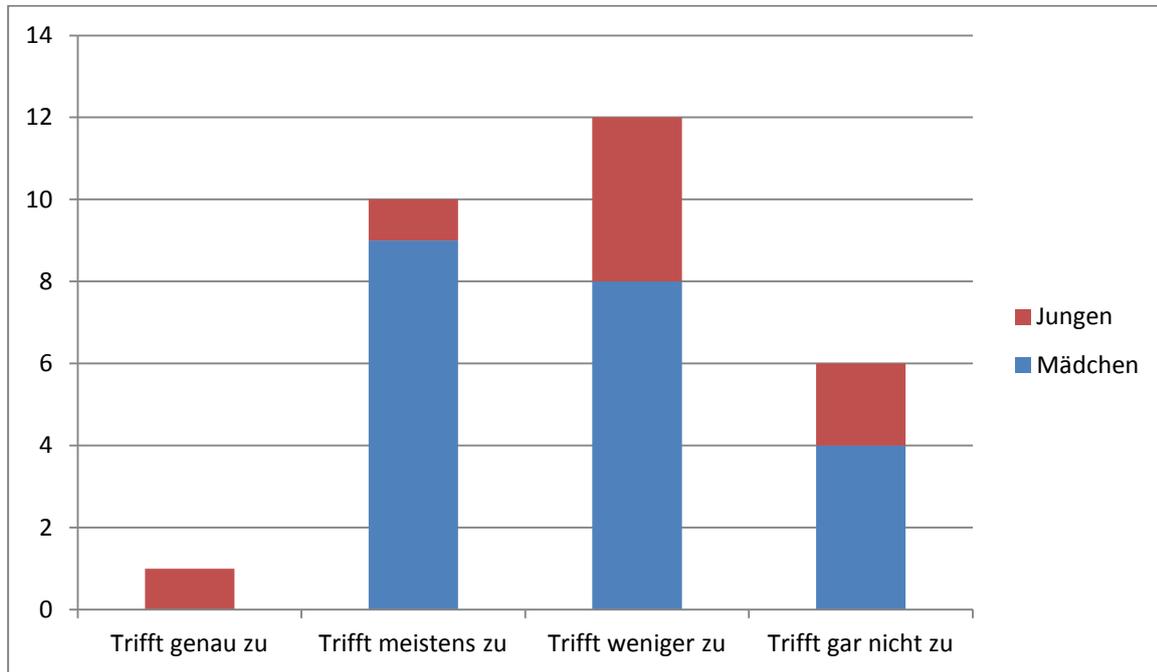


Diagramm 14: „Würdest du gerne mehr über das Thema Biene erfahren?“

Auf die Frage, ob die Schüler mehr über das Thema Biene in der Schule erfahren möchten, fielen die Antworten unterschiedlich aus. Einige Mädchen haben dies kategorisch verneint, da sie die Biene bereits in der Schule sehr lange behandelt haben und somit das Thema Biene „verbraucht“ ist. Andere Mädchen dagegen, die über die Zusammenhänge von Physik und Biene überrascht waren, würden wiederum gerne mehr zu diesem Thema in der Schule erfahren.

Bei den Jungen geht die Tendenz mehr dazu, das Thema „Biene“ nicht weiter zu vertiefen. Ein Junge allerdings interessiert sich vermehrt für das Thema, bei einem anderen trifft dies teilweise zu.

Tipps, Lob, Kritik und Anmerkungen:

Am Ende des Fragebogens konnten die Schüler nochmals ihre eigene Meinung äußern, Verbesserungsvorschläge machen oder einfach nur Lob oder Kritik ausdrücken.

Einige Schüler äußerten den Vorschlag, eine längere Pause oder mehrere kleine Pausen zu machen.

Lobende Worte fanden die Schüler dagegen für die Betreuer. Mehrmals wurde geschrieben, dass die Schüler sehr gut betreut wurden und alle Betreuer nett waren. Es kam dadurch ein angenehmes Arbeiten zustande, was sich in der Zusammenarbeit und der allgemeinen Bewertung widerspiegelt.

Des Weiteren wurden die Versuche und das Schülerheft gelobt. Die Schüler fanden die einzelnen Experimente gut aufgebaut und im Schülerheft ansprechend erklärt. Einige Schüler bemerkten, dass das Schülerlabor „Die Physik der Biene“ eine „gute Idee“ sei und „alles gut gemacht“ wurde.

Insgesamt wurde von den Schülern ein positives Fazit gezogen und viele lobende Worte und Anmerkungen geäußert.

7.6.2 Auswertung der Jakob-Stoll Realschule Würzburg

Nun wird der Fragebogen der Jakob-Stoll Realschule ausgewertet. Die Klasse bestand aus insgesamt 22 Schülern, davon waren 7 Mädchen und 15 Jungen. Es handelt sich bei der Klasse um den sprachlichen Zweig, also den zweier Zweig Physik. Die beiden Klassen werden nach den Diagrammen verglichen. Anschließend an die Auswertung werden die Gymnasium – und Realschulklasse nochmals abschließend bewertet und verglichen. An diese Bewertung folgen die Eindrücke und Beurteilungen der Betreuer.

Interessierst du dich für das Fach Physik?

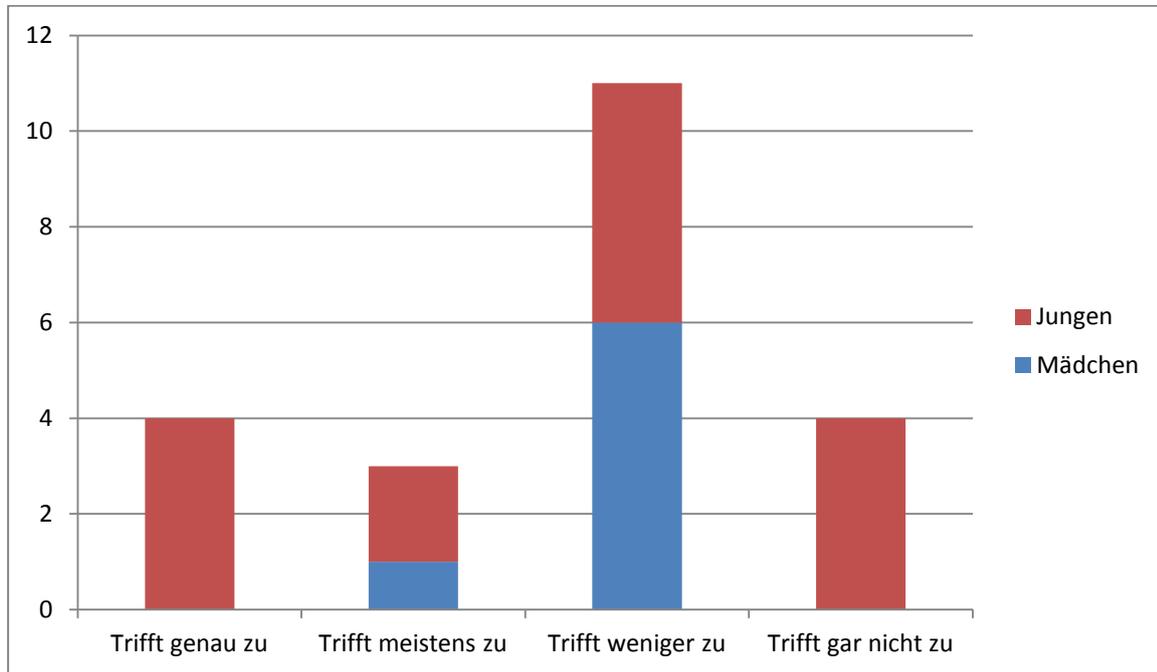


Diagramm 15: „Interessierst du dich für das Fach Physik?“

Obwohl es sich bei der Klasse um einen sprachlichen Zweig handelt, zeigen vor allem die Jungen gesteigertes Interesse am Fach Physik. Während sich die Mädchen weniger für die Physik begeistern, zeigen die Jungen ein verstärktes Interesse. Insgesamt muss man allerdings sagen, dass vor allem aufgrund der Mädchen nur durchschnittliches Interesse besteht.

Im Vergleich zur Gymnasialklasse zeigen die Schüler ein größeres Interesse am Fach Physik. Dies ist bemerkenswert, da es sich bei der Realschulklasse um einen sprachlichen Zweig handelt, also das Interesse an Naturwissenschaften normalerweise geringer ist.

Interessierst du dich für das Fach Biologie?

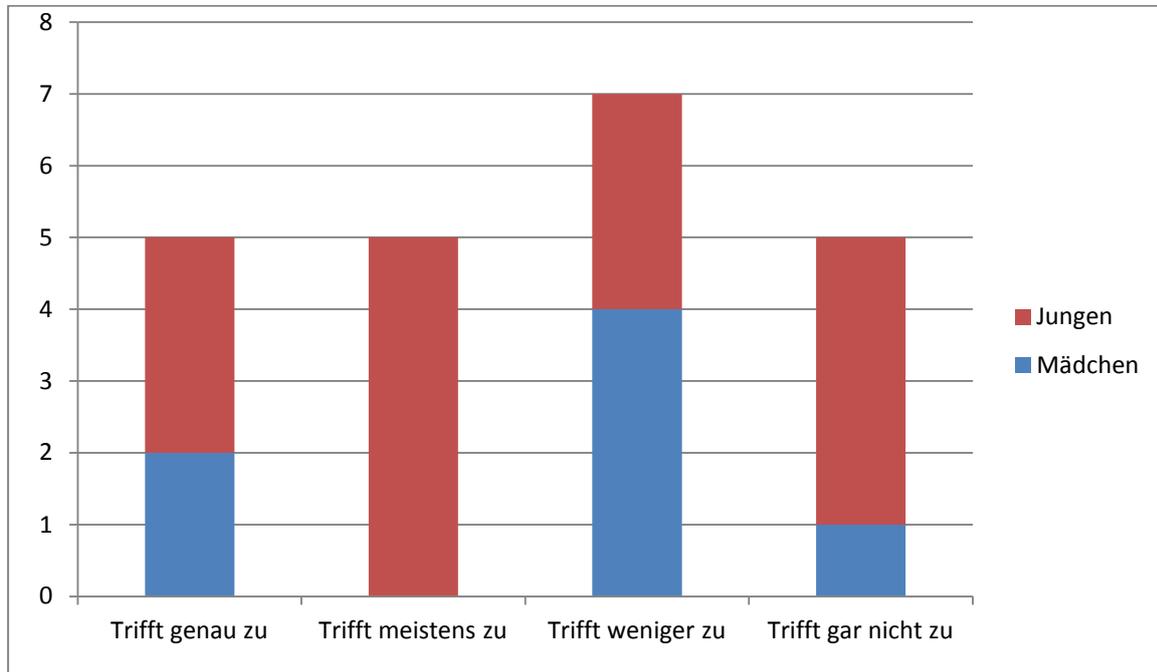


Diagramm 16: „Interessierst du dich für das Fach Biologie?“

Im Vergleich zum Fach Physik zeigen die Schüler gesteigertes, wenn auch durchschnittliches Interesse am Fach Biologie. Einige Mädchen sind somit sowohl für Physik, als auch für Biologie wenig wissbegierig. Bei den Jungen dagegen liegt ein ausgeglichenes Verhältnis vor.

Wenn man nun Diagramm 2 betrachtet, so stellt man fest, dass die Gymnasiasten ein größeres Interesse am Fach Biologie zeigen als die Realschüler. Vor allem die Mädchen des Egbert-Gymnasiums interessieren sich stark für die Biologie, während die Mädchen der Jakob-Stoll-Schule eher weniger Interesse zeigen.

Interessierst du dich für die Honigbiene?

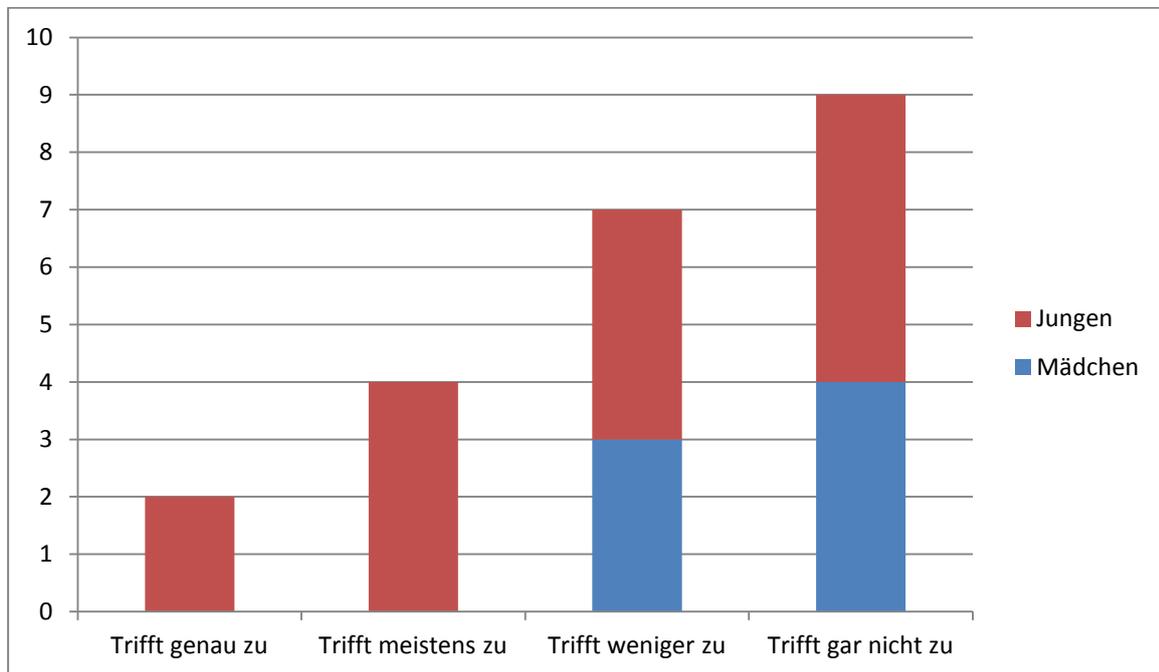


Diagramm 17: „Interessierst du dich für die Honigbiene?“

Diagramm 17 verdeutlicht, dass die Schüler wenig Interesse an der Honigbiene zeigen. Einige Jungen haben gesteigertes Interesse, die Mädchen dagegen weniger bis keines.

Die Schüler des Gymnasiums zeigen im Vergleich zu den Realschülern mehr Interesse. Dies könnte daran liegen, dass die Gymnasiasten die Honigbiene bereits im Fach Biologie besprochen haben und deshalb einen gesteigerten Wissensdurst erlangt haben.

Zusammenhang von Biene und Physik?

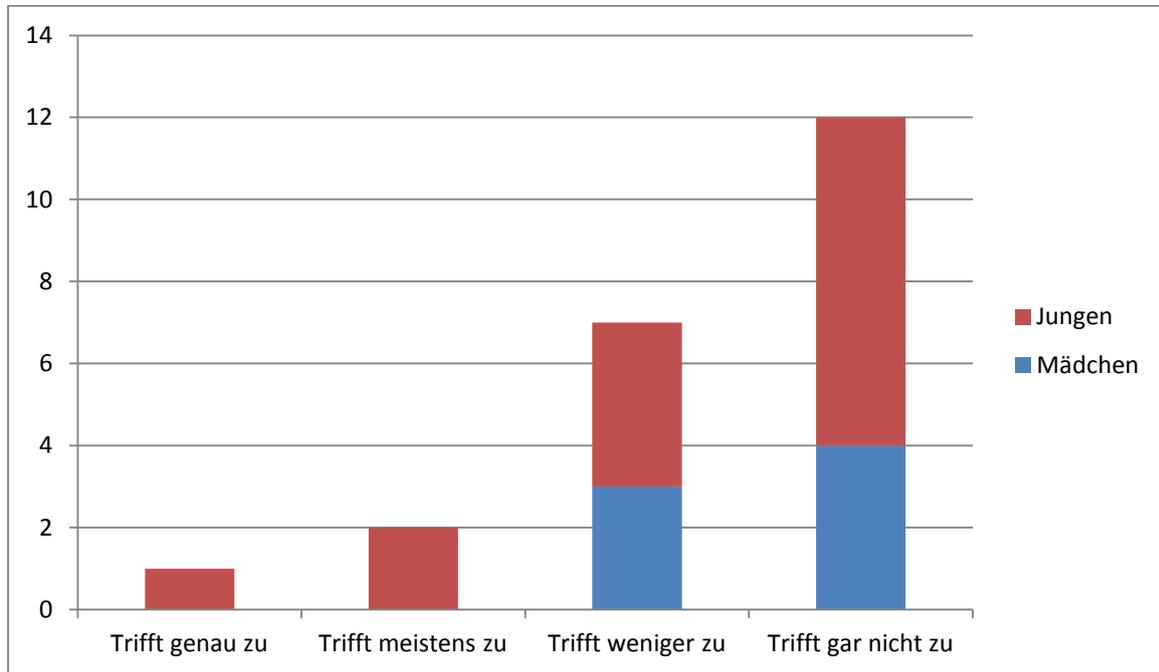


Diagramm 18: „Zusammenhang von Biene und Physik?“

Man kann erkennen, dass sich die Schüler der Realschule, ebenfalls wie die Gymnasiasten, noch keine Gedanken über „die Physik der Biene“ gemacht haben. Drei Jungen haben sich mit dem Thema bereits beschäftigt; allerdings wurden hierbei keine Angaben gemacht, in welchen Rahmen sie sich mit den Zusammenhängen von Physik und Bienen bereits beschäftigt haben.

Hat dir das Schülerlabor gefallen?

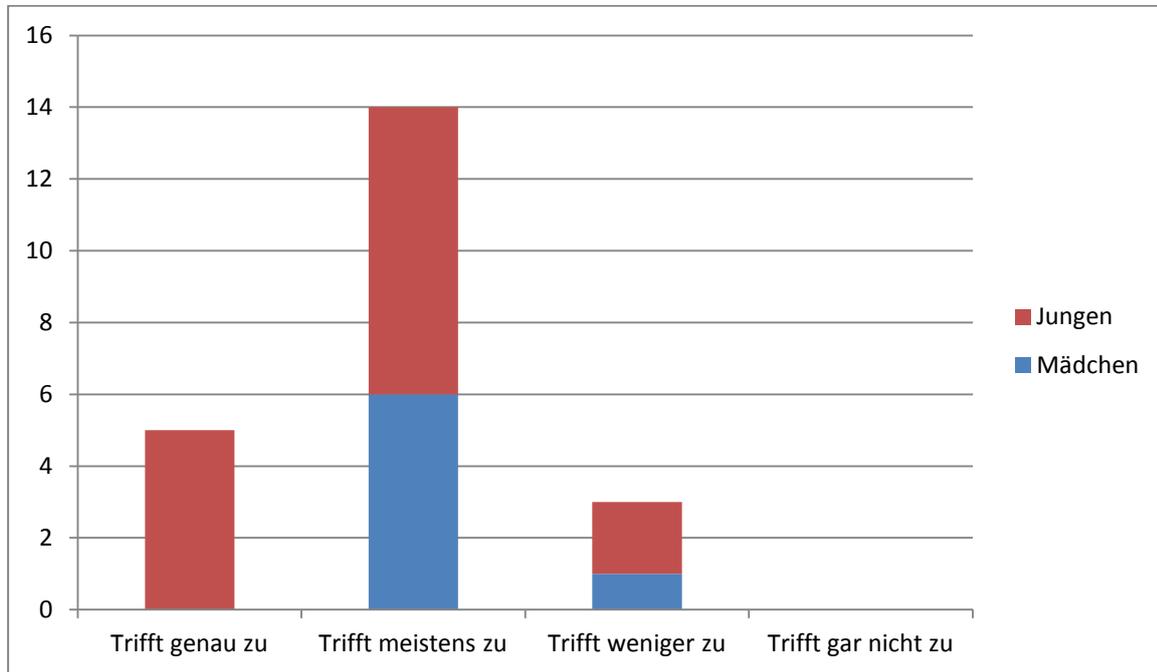


Diagramm 19: „Hat dir das Schülerlabor gefallen?“

Insgesamt hat das Lehr-Lern-Labor sowohl den Jungen, als auch den Mädchen gefallen. Allerdings waren drei Schülern eher weniger begeistert. Diese zeigten bereits bei den vorherigen Fragen wenig bis kein Interesse an den Fächern Physik und Biologie sowie an der Honigbiene. Deshalb überrascht es nicht, dass ihnen auch das Labor wenig Freude bereitet hat und sie am Experimentieren keinen Spaß fanden.

Allen anderen hat das Schülerlabor dagegen gut oder sehr gut gefallen. Den Jungen hat es insgesamt mehr Spaß bereitet als den Mädchen. Aber trotz allem ziehen die Schüler ein positives Fazit.

Im Vergleich zur vorherigen Klasse waren die Schüler der Jakob-Stoll Realschule weniger angetan vom Schülerlabor. Dies könnte an der fehlenden Motivation einiger Schüler gelegen haben, die damit ihren Mitschülern schadeten und somit einer arbeitsfördernden Atmosphäre entgegenwirkten.

Welche Station hat dir am besten gefallen?

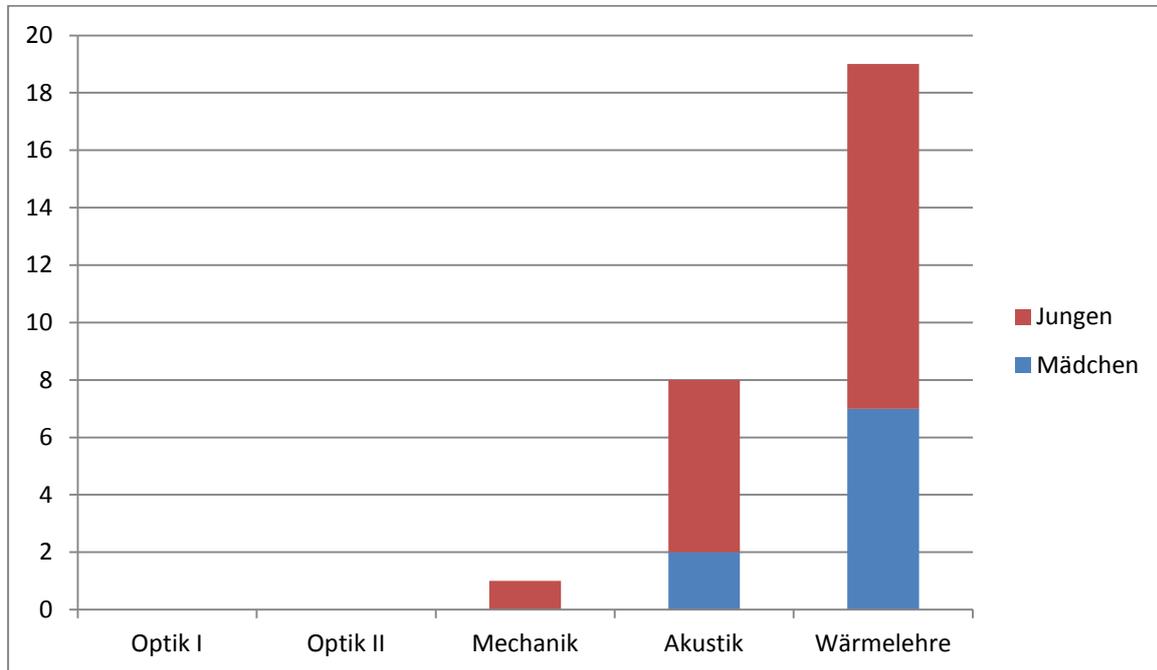


Diagramm 20: „Welche Station hat dir am besten gefallen?“

In Diagramm 20 lässt sich ein deutlicher Trend zu Gunsten der Station Wärmelehre erkennen, die mit Abstand die meisten positiven Stimmen erhalten hat. Während die Station Akustik die zweitmeisten Stimmen bekam, sind die Optik I, Optik II und Mechanik mit keiner, beziehungsweise einer Stimme, eher abgeschlagen. Ein geschlechtsspezifischer Unterschied lässt sich nicht konstantieren.

Im Vergleich zum Egbert-Gymnasium fällt hier der deutliche Trend zur Wärmelehre auf. Zwar fanden auch die Gymnasiasten ihren Favoriten in der Wärmelehre, doch die Stimmen waren auf die restlichen Stationen wesentlich besser verteilt als hier. Besonders bei der Station Optik I ist dies auffallend. Während in der vorherigen Klasse noch 20% die Optik I genannt haben, bekam sie bei den Realschülern keine Stimme. Viele Schüler haben wiederum mehrere Stationen angekreuzt, weshalb insgesamt 27 Stimmen bei nur 22 Schülern abgegeben wurden.

Hat dir das Schülerheft gefallen?

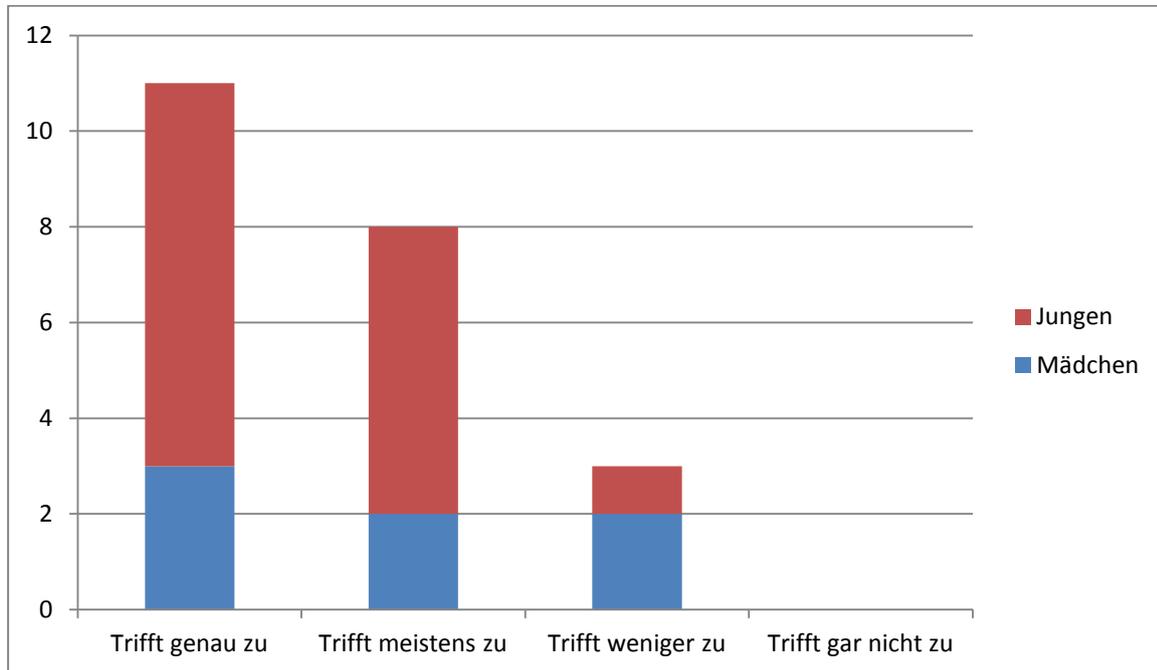


Diagramm 21: „Hat dir das Schülerheft gefallen?“

Das Schülerheft hat sowohl Mädchen, als auch Jungen sehr gut gefallen. Zwei Mädchen und ein Junge bewerteten es weniger positiv, da sie nicht gerne schreiben und zu viel Schreibarbeit gefordert war. Andere Schüler dagegen fanden das Heft aufgrund der vielen Bilder sehr schön gestaltet. Ein Junge schrieb, dass das Skript kurz gehalten wurde und nur das Wichtigste enthält. Einige Mädchen fanden das Schülerheft schön bunt, spannend und anschaulich gestaltet.

Die Bewertung des Schülerhefts fiel somit wie bei der Gymnasialklasse sehr positiv aus. Während aber hier vor allem äußerliche Erscheinungen wie „viele Bilder“ oder „bunte Gestaltung“ positiv herausgehoben wurde, wurde in der vorherigen Klasse vermehrt auf inhaltliche Details Wert gelegt. Zum Beispiel wurden von den Gymnasiasten die Merksätze gelobt, die verständliche Aufgabenstellung oder der Informationsgehalt hervorgehoben.

Haben dir die Versuche Spaß gemacht?

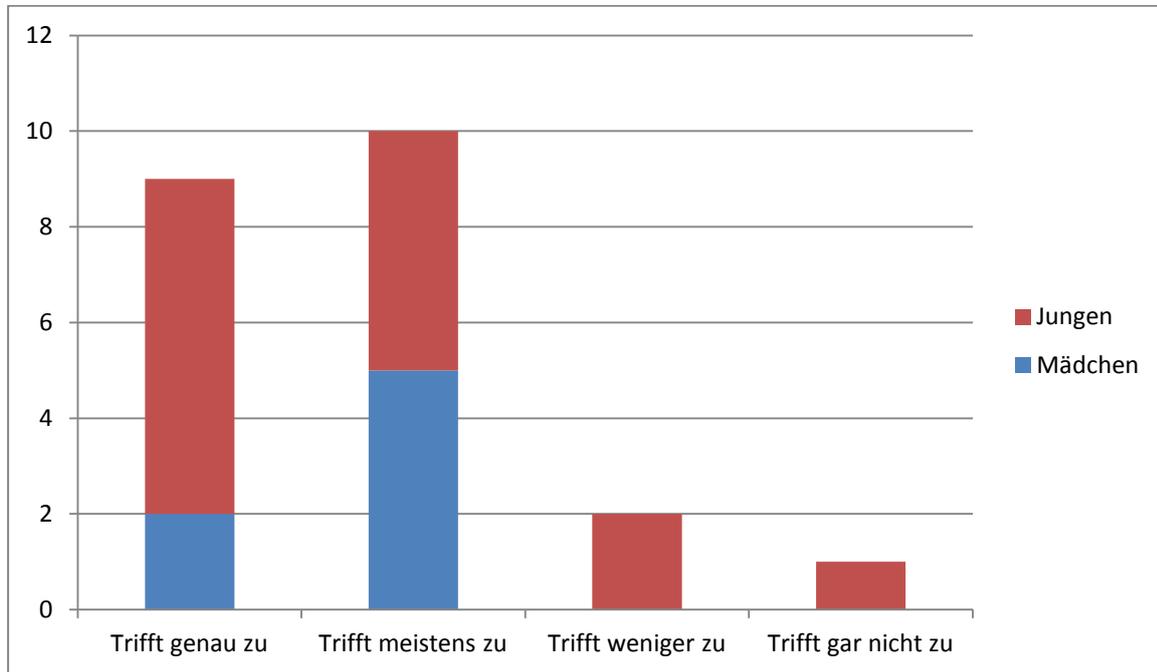


Diagramm 22: „Haben dir die Versuche Spaß gemacht?“

Man kann aus Diagramm 22 erkennen, dass den Schülern die Versuche größtenteils Spaß bereiteten. Drei Jungen hatten allerdings weniger Freude am Experimentieren, was sich bei der Frage, ob ihnen das Schülerlabor gefallen habe, bereits angedeutet hat. Der restlichen Klasse dagegen gefielen die Experimente, was man auch während der Durchführung erkennen konnte.

Verglichen mit der vorherigen Schulklasse ist auffällig, dass die Schüler insgesamt weniger Spaß am Experimentieren hatten. Dies machte sich schon bei der Durchführung in der Motivation bemerkbar. Es haben einige wenige durch Teilnahmslosigkeit ihre Mitschüler beeinflusst, weshalb das Fazit negativer ausfiel als bei den Gymnasiasten.

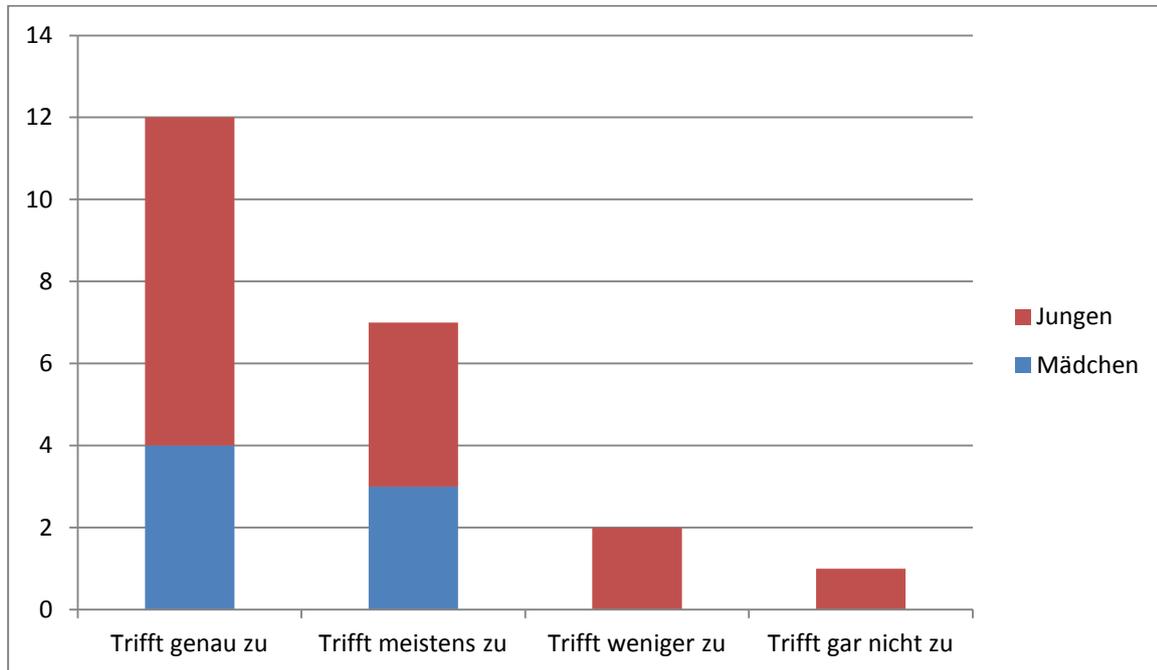
Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?

Diagramm 23: „Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?“

Die Schüler fanden die Zusammenarbeit in ihrer Gruppe bis auf wenige Ausnahmen positiv. Auffällig ist, dass die Mädchen die Gruppenarbeit besser bewerteten als die Jungen, aber sich bei den Begründungen teilweise über die Lautstärke bei der Arbeit beschwerten. Vielen Schülern hat die Zusammenarbeit in der Gruppe viel Spaß gemacht und sie fanden das Labor sehr interessant. Ein Junge war mit der Konstellation in seiner Gruppe unzufrieden, weshalb er ein negatives Fazit zog.

Im Vergleich zur Bewertung der Gymnasialklasse sind die Unterschiede marginal. Die Schüler fanden in beiden Klassen die Zusammenarbeit in der Gruppe positiv. Man muss aber sagen, dass die Lautstärke während der Gruppenarbeit in der Realschulklasse wesentlich höher war und sich einige Schüler nicht aktiv eingebracht haben. Diese waren unmotiviert und versuchten ihre Mitschüler mit Taschenlampen und Drehstühlen abzulenken.

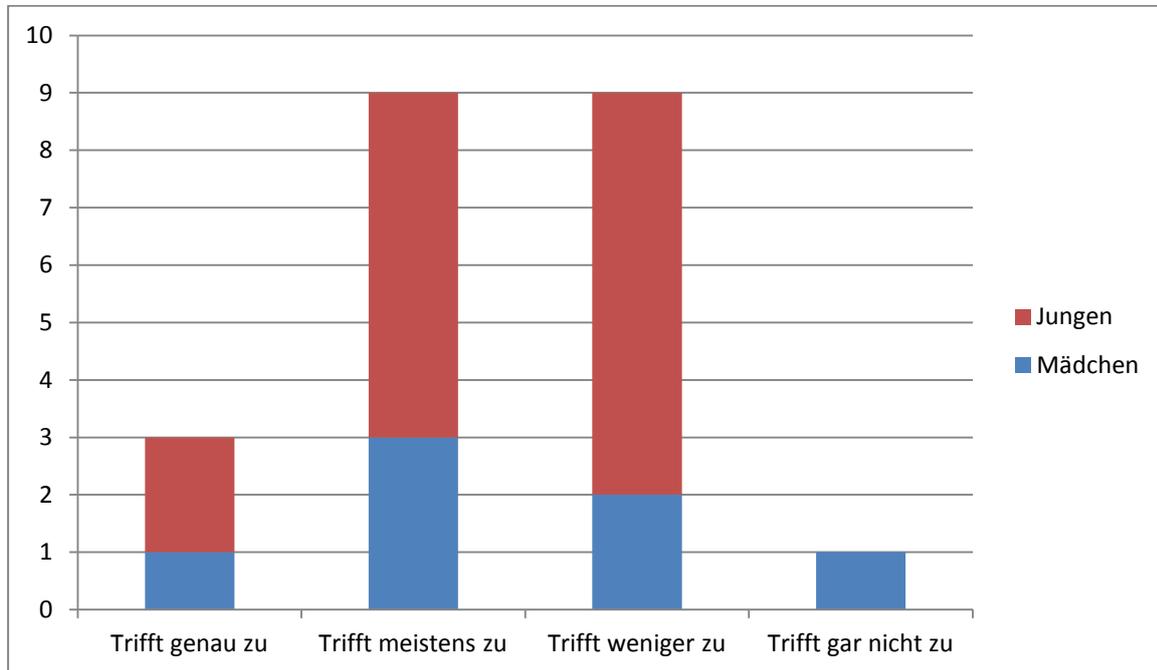
Hattest du für die Stationen genügend Zeit?

Diagramm 24: „Hattest du für die Stationen genügend Zeit?“

In Diagramm 24 kann man erkennen, dass den Schülern bei der Bearbeitung zu wenig Zeit zur Verfügung stand. Während sich die Mädchen in ihrer Bewertung uneinig waren, kann man bei den Jungen eine klare Tendenz erkennen. Die Zeit war zu kurz bemessen, was die Schüler in ihrer Bewertung auch vermerkten. So sind manche Gruppen mit der Bearbeitung der Stationen nicht fertig geworden. Dies lag aber auch an der bereits erwähnten Zusammenarbeit in der Gruppe, was zu langsamerem Arbeiten führte. Bei den Stationen Wärmelehre und Akustik konnten die Zusatzaufgaben zum Teil besprochen werden, bei den anderen Stationen wurden dagegen nicht alle Versuche durchgeführt.

Die Schüler des Egbert-Gymnasiums hatten im Vergleich zu den Schülern der Jakob-Stoll Realschule weniger Probleme mit der Zeit. Hier verdeutlichen sich ebenfalls die Auswirkungen der Gruppenarbeit und die Motivation der einzelnen Schüler.

Hast du dir bei der Bearbeitung leicht getan?

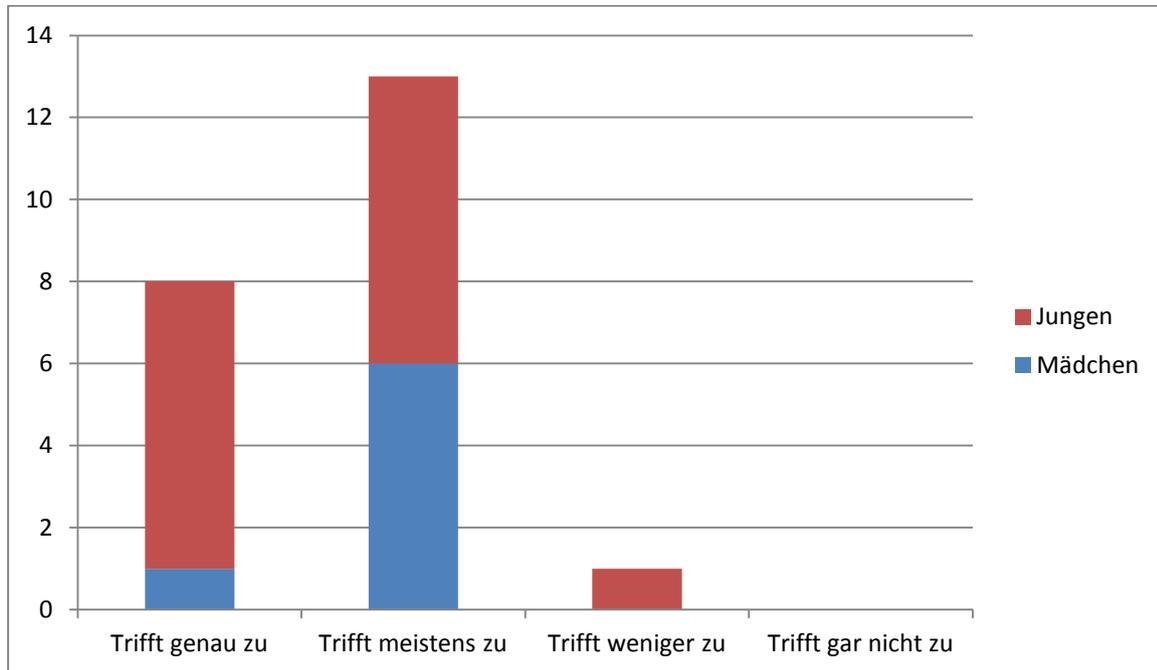


Diagramm 25: „Hast du dir bei der Bearbeitung leicht getan?“

Sowohl die Mädchen, als auch die Jungen hatten bei der Bearbeitung der Aufgaben keine Probleme. Gründe dafür waren, dass zum einen die Aufgabenstellung „nicht so schwer“ war, und dass zum anderen die Betreuer die Aufgaben „toll erklärt“ haben. Betrachtet man nun die Schülerhefte, dann muss man feststellen, dass die Schüler bei manchen Versuchen überfordert waren und sie bei der Bearbeitung Probleme hatten. Dies spricht somit gegen die Einschätzung der Schüler, dass sie sich mit der Bearbeitung leicht getan haben.

Die Schüler des Gymnasiums waren sich bei der Bearbeitung einig und fanden diese zumeist leicht. Sie haben sich auch bei der Durchführung, bis auf wenige Ausnahmen, bei den einzelnen Stationen leicht getan. Auffällig ist, dass die Gymnasiasten im Vergleich zu den Realschülern detaillierte Angaben darüber gemacht haben, weshalb ihnen die Bearbeitung leicht oder schwierig fiel. Außerdem entsteht der Eindruck, dass sie sich besser einschätzen als die Schüler der Realschule.

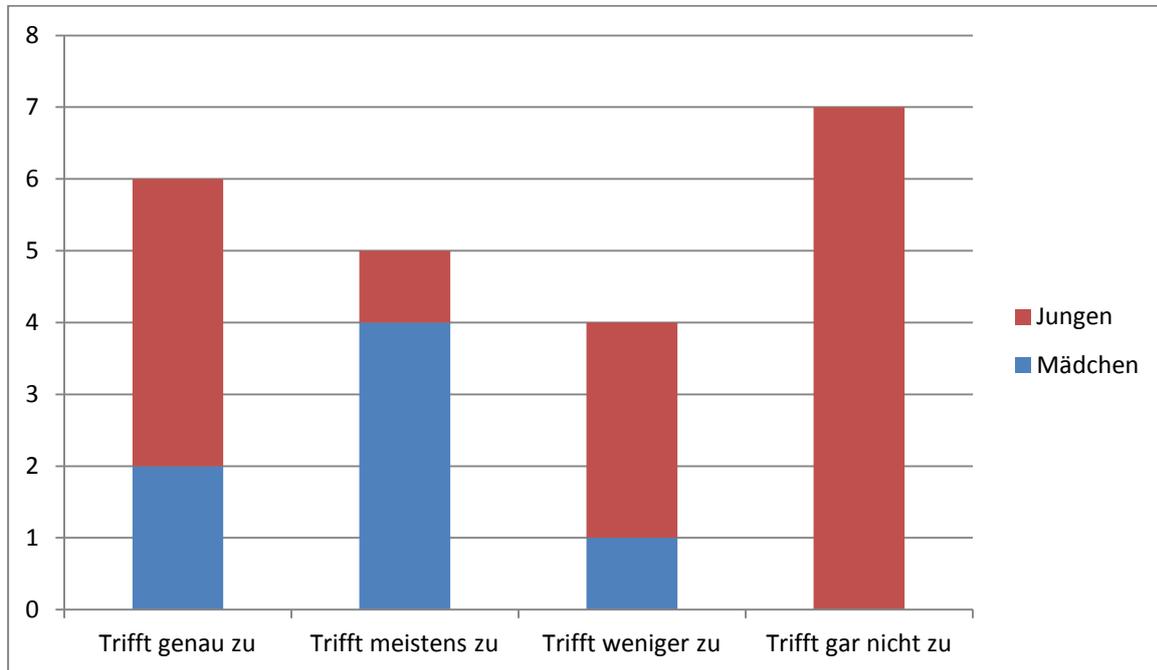
Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht?

Diagramm 26: „Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht?“

Bei der Betrachtung von Diagramm 26 fällt auf, dass sich die Schüler hinsichtlich der Beantwortung uneinig waren. Während die Mädchen von den Zusammenhängen von Physik und Biene überrascht waren, hielt sich das Erstaunen bei einigen Jungen in Grenzen. Diese gaben an, die meisten Fragen bereits zu wissen oder sich noch nicht mit dem Thema befasst zu haben, weshalb sie auch nicht überrascht waren. Ein Junge gab an, dass ihm das Schülerlabor zu einfach war und er sich somit auch die Zusammenhänge von Physik und Biene erklären konnte. Die Mädchen, die über die Zusammenhänge erstaunt waren, verbinden mit der Biene mehr das Fach Biologie und nicht die Physik. Andere hatten solche Zusammenhänge nicht erwartet.

Obwohl die Klasse des Egbert-Gymnasiums die Biene bereits im Fach Biologie behandelt hatte, waren die Schüler im Vergleich zur Realschulklasse weitaus überraschter. Die Realschüler, insbesondere die Jungen, waren von den Zusammenhängen nicht erstaunt, taten sich aber bei der Bearbeitung des Schülerhefts schwer.

Hast du heute etwas über Physik gelernt?

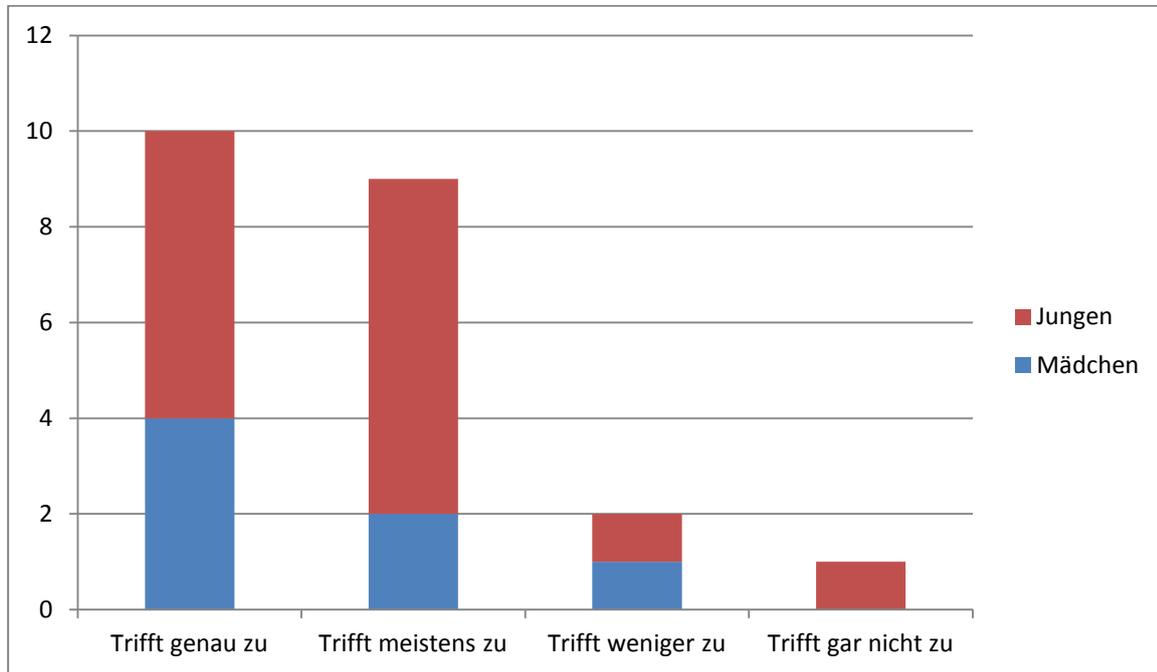


Diagramm 27: „Hast du heute etwas über Physik gelernt?“

Man kann auf jeden Fall sagen, dass die Schüler durch das Lehr-Lern-Labor etwas über die Physik gelernt haben. Drei Schüler gaben an, leider ohne Begründung, dass sie bei den Versuchen nichts lernen konnten. Insgesamt kann man trotzdem einen Lernfortschritt erkennen, obwohl sich die Überraschung über die Physik der Biene in Grenzen hielt.

Im Vergleich zu den Gymnasiasten fallen bei dieser Frage keine Unterschiede auf. Beide Klassen nehmen somit Wissen, das über den Lernstoff des Lehrplans hinausgeht, mit nach Hause.

Würdest du gerne mehr über das Thema Biene erfahren?

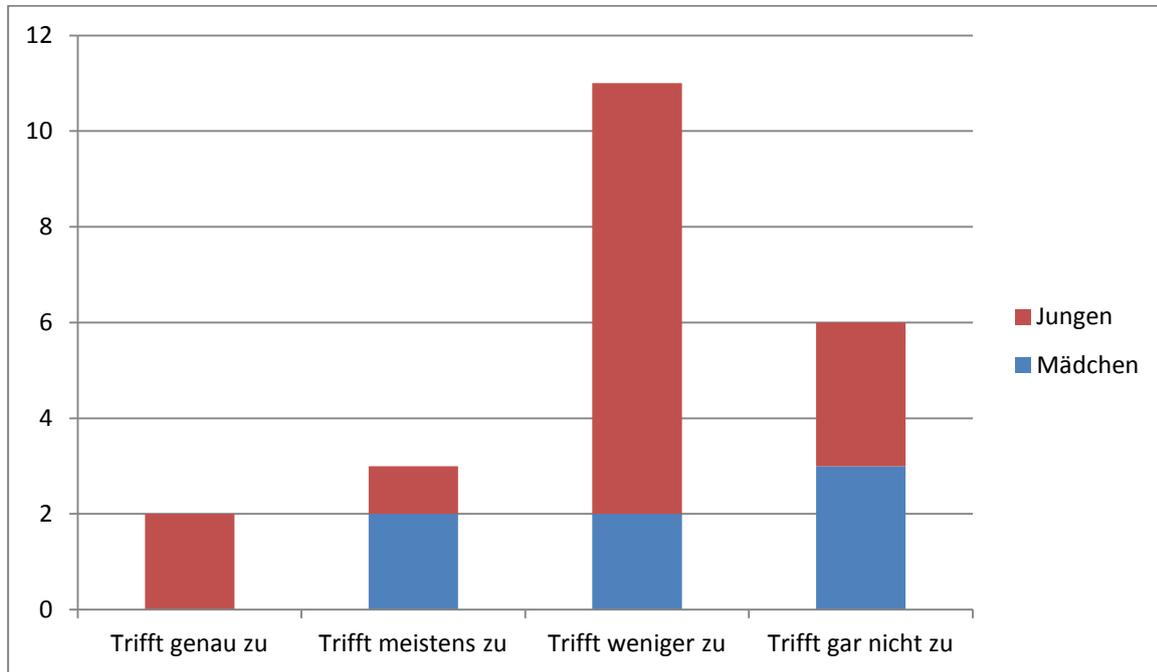


Diagramm 28: „Würdest du gerne mehr über das Thema Biene erfahren?“

Die Tendenz der Klasse geht klar dazu, das Thema Biene in der Schule nicht weiter besprechen zu wollen. Dies überrascht allerdings nicht, da die Schüler bereits wenig Interesse für die Honigbiene bei der vorherigen Frage zeigten.

Im Vergleich zur Klasse des Gymnasiums haben die Schüler der Jakob-Stoll Realschule eher die Neigung, das Thema Biene in der Schule nicht mehr zu besprechen. Die Gymnasiasten haben die Biene bereits im Fach Biologie lange Zeit besprochen und somit das Thema verbraucht. Die Realschüler dagegen, die sich für den sprachlichen Zweig entschieden haben, scheinen grundsätzlich weniger Interesse am Fach Physik und an der Physik der Biene zu haben.

Tipps, Lob, Kritik und Anmerkungen:

Aufgrund der fortgeschrittenen Zeit haben die Schüler leider wenige Anmerkungen am Ende des Fragebogens verfasst.

Einige Schüler haben sich darüber gefreut, mit Freunden in Gruppen zu arbeiten und hoben das Teamwork hervor.

Andere Schüler fanden für das Schülerlabor im Ganzen lobende Worte. Ihnen haben die Versuche Spaß gemacht und sie hatten große Freude am Experimentieren.

Des Weiteren wurden die Betreuer gelobt. Die Betreuer haben alles sehr gut erklärt und waren bei den Aufgaben und Versuchen hilfreich.

Einige Mädchen fanden es schade, dass manche Schüler aufgrund ihres Verhaltens negativ auffielen.

Alles in allem haben die Schüler auch hier ein positives Fazit gezogen und lobende Worte gefunden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es zum Teil große Unterschiede bei der Auswertung der Fragebögen der Jakob-Stoll Realschule und des Egbert-Gymnasiums gab. Die Schüler des Gymnasiums zeigen mehr Interesse an der Biene als die Realschüler. Dies überrascht allerdings nicht, da sie die Biene bereits im Fach Biologie besprochen haben. Ein weiterer Unterschied fällt bei der Bewertung der Stationen auf. Während die Realschüler die Station Wärmelehre mit fast 70% als beliebteste angegeben haben, so wählten die Gymnasiasten keinen Favoriten, sondern zeigten sich von mehreren Stationen beeindruckt. Darüber hinaus hatten die Schüler des Gymnasiums im Vergleich zu den Realschülern weniger Probleme mit der Zeit. Ein Blick in ein Schülerheft macht dies deutlich. Während die Gymnasiasten in beinahe allen Stationen die Zusatzaufgaben bearbeitet haben, konnten die Realschüler den Hauptteil zum Teil nicht mehr bearbeiten. Ein weiterer Unterschied ist bei den Begründungen der einzelnen Fragen zu erkennen. Die Realschüler legen viel Wert auf die äußere Erscheinung, die Gymnasiasten dagegen mehr auf den Inhalt und begründen ihre Meinung detaillierter.

7.6.3 Beurteilung

Die Betreuer haben zu ihrer Station selbstständig Anmerkungen und Beobachtungen zur Mitarbeit, Konzentration und Interesse der Schüler sowie zur Motivation und zu Vorkenntnissen aufgeschrieben. Für einen besseren Vergleich haben sie dies sowohl beim Egbert-Gymnasium, als auch bei der Jakob-Stoll Realschule getan. Bei der Station Wärmelehre waren zwei verschiedene Betreuer tätig, bei den anderen Stationen waren bei beiden Durchführungen die gleichen Betreuer aktiv.

Bei der ersten Durchführung des Schülerlabors mit der Klasse des Egbert-Gymnasiums war die Mitarbeit in allen Stationen sehr ähnlich. Die Schüler arbeiteten bis auf wenige Ausnahmen, vor allem gegen Ende der Durchführung als die Konzentration sank, sehr gut mit. Die Mitarbeit der Realschüler war dagegen verbesserungswürdig und eher schlecht. Die Schüler konnten nicht selbstständig arbeiten und die Betreuer mussten die Aufgaben zum größten Teil anleiten. Mit einer Gruppe war aufgrund ihres Desinteresse und ihrer mangelnden Motivation, die Versuche zu bearbeiten, keine produktive Arbeit möglich.

Das Interesse der Schüler war von Station zu Station sehr unterschiedlich. Da die Schüler des Egbert-Gymnasiums bereits die Biene in Biologie behandelt haben, zeigten sie sich stark an den physikalischen Eigenschaften interessiert. Bei den Stationen Wärmelehre und Akustik waren die Schüler sehr an der Wärmebildkamera und an der Software „Audacity“ interessiert. Bei der Mechanik dagegen wirkten die Berechnungen des Auftriebs hemmend auf das Interesse. Bei den Optik-Stationen war neben dem CT-Gerät vor allem die Polarisation interessant. Die Realschüler hatten bei der Station Mechanik große Probleme mit der Formelarbeit, was sie teilweise überforderte und sich negativ auf das Interesse auswirkte. Insgesamt muss man sagen, dass einige Schüler sehr großes Interesse an den Versuchen hatten, andere allerdings völlig desinteressiert waren.

Große Unterschiede konnte man auch bei der Motivation der Schüler erkennen. Die Gymnasiasten waren größtenteils motiviert und man hatte den Eindruck, dass einem Großteil der Schüler die Arbeit am außerschulischen Lernort Spaß machte. Einige Schüler waren eher unmotiviert, aber verhielten sich ruhig und störten das Arbeitsklima nicht. Bei

den Realschülern machten sich die bevorstehenden Ferien bemerkbar, was sich negativ auf die Motivation auswirkte. Manche Schüler zeigten in der Pause mehr Ansporn bei den Drehstühlen als im gesamten Schülerlabor. Andere dagegen waren sehr motiviert und hatten den Anreiz, die Zusatzaufgaben zu bearbeiten.

Bezüglich der Konzentration war bei beiden Klassen ein deutlicher Abfall zum Ende hin zu spüren. Auffällig war, dass die ersten Gruppen Schwierigkeiten hatten, sich an das Umfeld im Lehr-Lern-Labor zu gewöhnen, was sich negativ auf die Konzentration auswirkte. Bei der Durchführung mit der Realschulklasse wurde nach drei Stationen eine Pause eingelegt, was förderlich für die Aufmerksamkeit der Schüler war. Allerdings ließ die Konzentration der Schüler nach der Pause gegen Ende der Durchführung wiederum nach.

Sowohl für die Schüler des Egbert-Gymnasiums, als auch für die Schüler der Jakob-Stoll Realschule waren die Drehstühle eine große Ablenkung, welche für Rennen im Gang oder für Zusammenstöße diente. Vor allem die Realschüler hatten daran großen Spaß und man musste sie mehrmals ermahnen, damit wieder vernünftig gearbeitet wurde. Des Weiteren zogen die anderen Stationen die Aufmerksamkeit der Schüler auf sich. Die Geräusche der Akustik-Station, der Helikopter der Mechanik-Station oder das Arbeiten mit der Wärmebildkamera lenkten die Schüler an ihrer eigenen Station ab. Bei der Optik I-Station waren die Facettenaugen eine große Ablenkung. Außerdem konnte man die Geräusche der Versuche aus dem anderen Raum hören, wodurch die Schüler ebenfalls abgelenkt wurden.

Bei der Bearbeitungszeit der einzelnen Stationen waren große Unterschiede zu erkennen. Die Schüler des Gymnasiums konnten bei den Stationen Wärmelehre und Akustik sowohl die Hauptaufgaben, als auch die Zusatzaufgaben erledigen. Bei der Optik I-Station war dies bei der Hälfte der Gruppen der Fall, bei Optik II sogar bei vier Gruppen. An der Mechanik-Station wurde der Versuch „Zeitliche Betrachtung einer Bienenbewegung“ lediglich einmal bearbeitet. Die anderen Gruppen haben nur die ersten beiden Experimente durchführen können, da sie vor allem bei den Formelberechnungen große Probleme hatten und diese viel Zeit gekostet haben. Die Realschulklasse hatte erhebliche Probleme bezüglich der Bearbeitung und der dafür benötigten Zeit. Bei der Wärmelehre wurden die Schüler gerade so mit den Aufgaben fertig, obwohl sie im Vergleich zur ersten Durchführung zwei Wärmebildkameras zur Verfügung hatten. Bei der Akustik-Station

konnte nur ein Teil der Schüler die Aufgaben vollständig beantworten. An beiden Optik-Stationen wurden die Zusatzfragen, bis auf eine Ausnahme, nicht behandelt. Außerdem mussten bei mehreren Gruppen Teile des Hauptteils weggelassen werden. Bei der Mechanik-Station konnte keine Gruppe die Teilaufgabe „Zeitliche Betrachtung einer Bienenbewegung“ bearbeiten; eine Gruppe kam sogar nicht über den Helikopter-Versuch hinaus.

Da die Schüler des Egbert-Gymnasiums bereits die Biene in Biologie behandelt hatten, war ein umfangreiches Vorwissen vorhanden, das sie vor allem bei den Optik-Stationen anwenden konnten. Sie kannten verschiedene Fachbegriffe und die Sehfähigkeiten der Biene. Für die Experimente der Mechanik-Station sind ebenfalls die nötigen Formeln bekannt, jedoch bereitete die Umsetzung Probleme. Bei der Akustik und Wärmelehre waren die Vorkenntnisse ebenfalls ausreichend. Die Schüler benötigten keine Eingewöhnungszeit, um mit dem Programm oder der Wärmebildkamera zu arbeiten. Lediglich die Sinus-Funktion war den Schülern unbekannt. Die Schüler der Jakob-Stoll Realschule hatten die Biene in der Schule noch nicht besprochen, weshalb man keine Fachbegriffe oder dergleichen erwarten konnte. Bei den Linsenabbildungen und der Zeichnung des Strahlengangs konnten sie auf ihr Vorwissen zurückgreifen, genauso beim Versuch mit dem Farbspektrum. Bei der Akustik und der Mechanik war das Vorwissen der Schüler eher gering. Viele Formeln waren ihnen unbekannt und schwer verständlich. Außerdem hatten sie Schwierigkeiten bei den Begriffen „Schallwelle“ und „Schwingungen“. Die Schüler hatten dagegen bei der Wärmelehre keine Probleme und wussten über Isolatoren und Wärmeleiter ausreichend Bescheid.

8. Zusammenfassung

In dieser Arbeit wurde mit Hilfe der HOneyBee Online Studies ein Lehr-Lern-Labor zum Thema „die Physik der Biene“ konzipiert und beschrieben. Das Schülerlabor ist für die 9. Jahrgangsstufe der Realschule ausgelegt. Es werden darin Bereiche der Physik und der Biologie im Kontext der Biene betrachtet, was sowohl Mädchen, als auch Jungen ansprechen sollte. Das Lehr-Lern-Labor ist eine Wiederholung des Lehrstoffes von der siebten bis zur neunten Jahrgangsstufe, geht aber zusätzlich darüber hinaus.

Die Schüler können mit der interaktiven Internetplattform HOBOS Daten sammeln und analysieren, um so wissenschaftliches Arbeiten zu üben. Durch den Kontext Biene wird ihr Interesse an der Physik geweckt, was die Umfragen am Anschluss der Durchführungen zeigten.

Die Grundidee, dass die Biene aus verschiedenen Blickwinkeln betrachtet wird, kann man als gelungen ansehen. Vor allem bei den Stationen der Wärmelehre und der Akustik zeigte sich die Begeisterung der Schüler. Auch von Seiten der Lehrkräfte wurde ein positives Fazit gezogen. Außerdem besteht an einer weiteren Teilnahme am Lehr-Lern-Labor „Die Physik der Biene“ großes Interesse.

Im Rahmen der Lehrerbildung ist es sinnvoll, ein Lehr-Lern-Labor mit zu konzipieren, da man hier in der Praxis mit Schülern arbeiten kann. Ein eigenes Schülerlabor bietet die Möglichkeit, pädagogische und didaktische Fähigkeiten sowie fachliches Wissen zu schulen.

Das Fazit zur Konzipierung und Durchführung des Schülerlabors „Die Physik der Biene“ fällt sehr positiv aus. Es war eine lehrreiche und angenehme Erfahrung, die der bisherige Studienverlauf in dieser Form vermissen ließ. Für weitere Unterrichtsvorbereitungen war die Ausarbeitung der Versuche sehr hilfreich, da Denk- und Arbeitsweisen der Schüler ersichtlich wurden. Schüler und Lehrer können somit aus dem Besuch des Lehr-Lern-Labors ihre Vorteile ziehen, Studenten aus der Konzipierung und Durchführung.

9. Anhang

Im Anhang befinden sich alle Dokumente, Texte oder Skripte, die für die Konzipierung der Arbeit notwendig waren. Das Schülerheft wird so, wie es den Schüler ausgeteilt wurde, in den Anhang eingefügt, das heißt, das Seitenlayout wird beibehalten. Des Weiteren wurden die Videos, die in der Durchführung verwendet wurden, auf DVD gebrannt und als Anhang mitgeliefert.

9.1 Beiliegende DVD

Auf der DVD sind die Videos der Optik-Stationen, Akustik-Station und der Mechanik-Station gespeichert. Des Weiteren sind alle Materialien gespeichert, die für das Lehr-Lern-Labor benötigt wurden. Die Zulassungsarbeit ist in PDF-Form und als Word-Dokument mit angegeben. Die DVD beinhaltet außerdem das Schülerheft als PDF und Word-Dokument.

Die Physik der Biene

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Lehrstuhl der Physikdidaktik



Name:

Ein Lehr-Lern-Labor

Ausgearbeitet von Thomas Keim

Betreut von

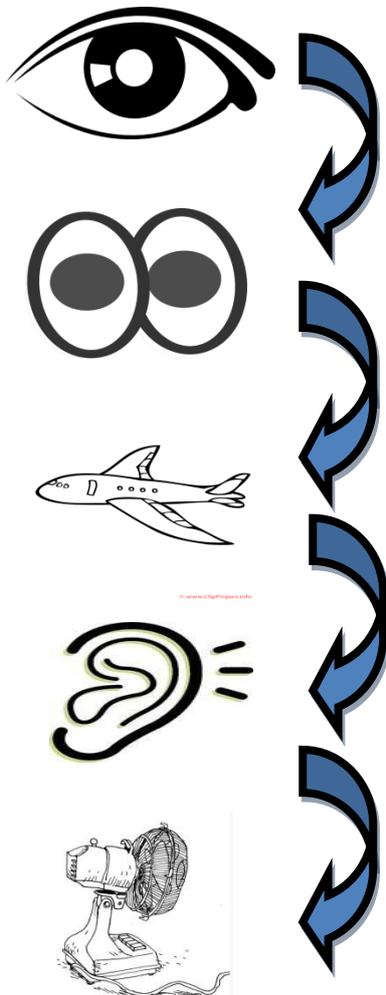
Prof. Dr. Thomas Trefzger

Wie verläuft das Lehr-Lern-Labor?

Als erstes wirst du in Gruppen aufgeteilt, in denen ihr zusammen die folgenden Aufgaben erledigt. Dabei werdet ihr jede Station nacheinander bearbeiten und diese in der Reihenfolge des Deckblattes einhalten. Für jede Station habt ihr etwa eine halbe Stunde Zeit, weshalb ihr zügig arbeiten solltet.

In deinem Arbeitsheft findest du immer wieder hilfreiche Bilder, die dir einen kleinen Überblick verschaffen und dich auf Gefahren hinweisen sollen.

Eine Erklärung findest du hier:



Station Optik I: „Im Inneren der Biene“

Station Optik II: „Aus Sicht der Bienen“

Station Mechanik: „Fliegen leicht gemacht?“

Station Akustik: „Kommunikation der Biene“

Station Wärmelehre: „Die Biene, Heizung und Ventilator“

Bedeutung der Symbole



Vorsicht mit deinem Auge!



Hier hast du eine Aufgabe zu lösen!



Hier hast du was zu rechnen!



Hier hast du ein Experiment!

✚ Dies gehört zum Teil des Experiments



Vorsicht, die Zeit wird knapp!



Hier brauchst du den Laptop!



Hier steht ein Merksatz!

Station Optik I: „Im Inneren der Biene“



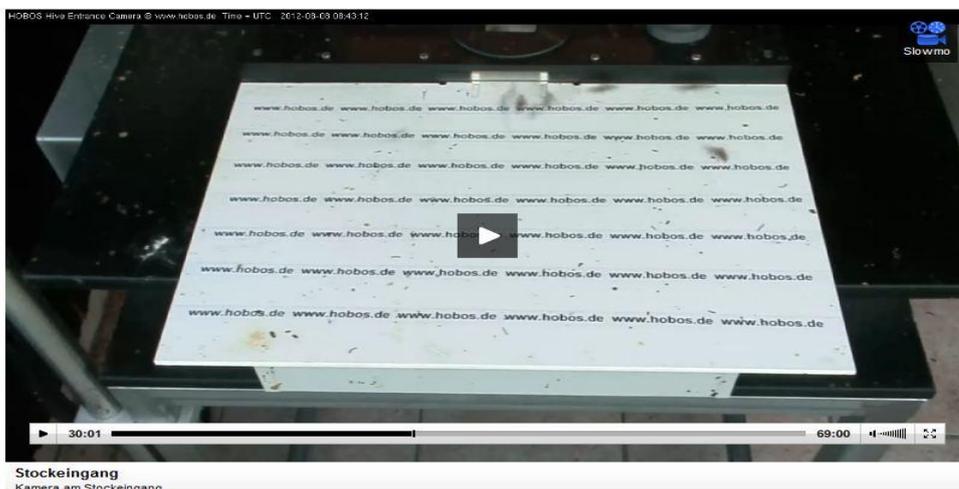
In dieser Station lernst du das Auge des Menschen und das der Biene genauer kennen. Dabei wirst du mit Hilfe deines Betreuers mit einem Computertomographen arbeiten, einem Gerät, das die Biene durchleuchtet und ein 3D-Bild von ihr erstellt. Außerdem wirst du verschiedene Zeichnungen und Skizzen anfertigen, die du zügig und genau erstellen sollst.

1. Ein- und Ausflug aus dem Bienenstock



Du findest auf dem Laptop ein Video vom Ein- und Ausflug der Bienen aus ihrem Bienenstock. Schau dir das Video vom 8. August 2012 aus dem Videoarchiv der Hobos-Seite bei ca. 30:00 genau an.

Aufzeichnung 08. 08. 2012

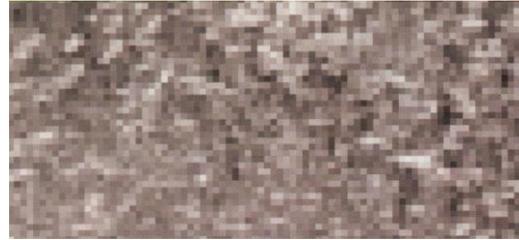


Zähle die Zusammenstöße von zwei oder mehreren Bienen!



Es gibt keine Zusammenstöße.

Auf den Bildern könnt ihr sehen, wie wir eine bunte Wiese während einer schnellen Bewegung wahrnehmen, und wie die Bienen die Wiese im Flug sehen.

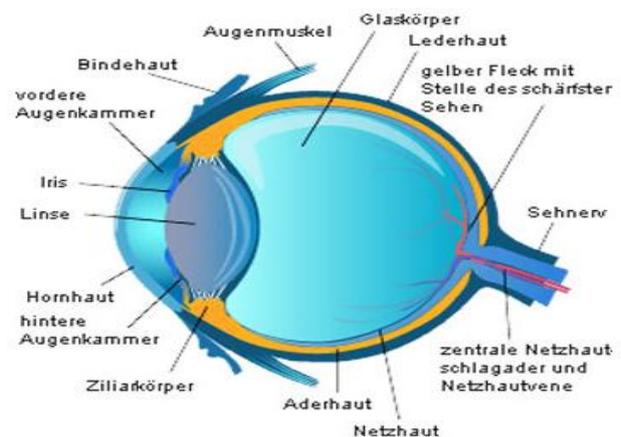
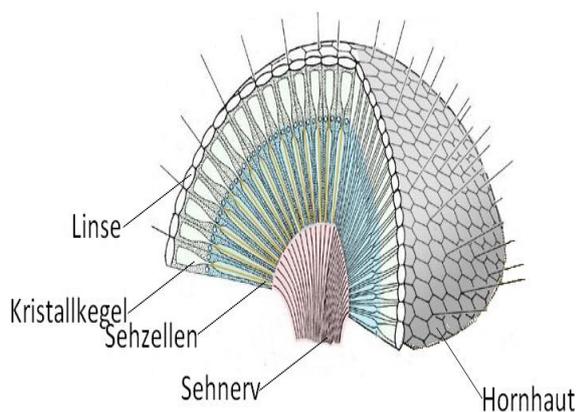


Wie nimmt der Mensch die Wiese wahr, wie die Biene? Welche Unterschiede kannst du erkennen?



Mensch sieht die Wiese verschwommen. Biene sieht die Wiese schwarz/weiß und in groben Punkten.

Hier siehst du den Aufbau eines Bieneauges und den eines Menschauges:



Betrachte deine Umgebung mit der „Bienenbrille“

Was ist beim Auge der Biene anders als beim Menschauges? Beschreibe was du siehst!

Biene hat viele kleine Linsen, menschliches Auge hat nur eine Linse. Durch die große Anzahl an Linsen sehen Bienen in groben Punkten. Mit der Bienenbrille kann man die Umgebung durch die einzelnen Linsen mehrfach sehen.

Warum stoßen Bienen trotz ihrer hohen Fluggeschwindigkeit nicht gegeneinander? Überlege, woran dies liegen könnte!

Bienen können aufgrund ihrer Augen schnelle Bewegungen besser wahrnehmen.

2. CT-Station



Der Computertomograph ist ein Gerät, das du vielleicht aus dem Krankenhaus kennst. Dabei werden mit Hilfe einer Röntgenkamera Schnittbilder aus verschiedenen Winkeln aufgenommen, die dann zu einem Gesamtbild zusammengefügt werden.

In diesem Versuch werden 15 Messungen durchgeführt und anschließend das entstandene Bild kurz betrachtet. Dieses Bild ist leider sehr unscharf, da wir nur 15 Messungen durchgeführt haben. Da es sehr zeitaufwändig ist, viele Messungen durchzuführen, wurde bereits ein Bild mit 720 Messungen erstellt.

Schau dir nun das Bild bei 720 Messungen an. Was fällt dir an der „3D-Biene“ auf?



Der Kopf der Biene ist im Vergleich zu ihrem Körper sehr groß. Der restliche Teil des Körpers besteht aus Hinterteil. Verhältnis etwa 1:2. Auf dem Bienenkopf ist größtenteils das Auge zu erkennen.

Betrachte nun das Verhältnis von Kopf zu Auge, einmal bei der Biene und einmal bei einem Klassenkameraden. Mache eine Abschätzung mit Hilfe deines Geodreiecks!

Wie ist das Verhältnis von Auge und Kopf...



... bei der Biene: 1:1

... bei deinem Klassenkameraden: 1:25

3. Linsenabbildungen

An der Tafel sollst du nun eine Linsenabbildung erstellen.



Dazu benötigst du:

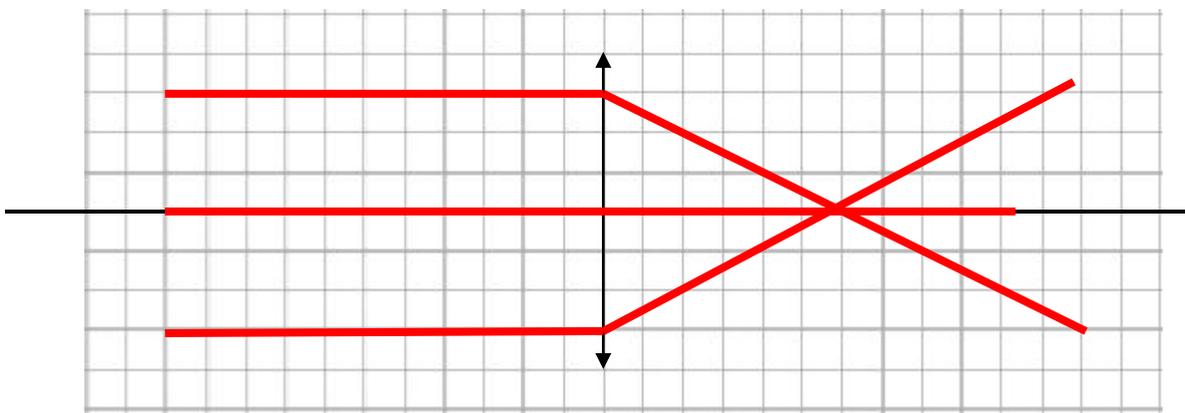
- Eine Lichtquelle (Laser)
- Eine Sammellinse

Durchführung:

Baue die Linsenkonstruktion so auf, dass die Lichtquelle und die Linse auf der optischen Achse liegen. Stelle beim Laser auf drei Strahlen ein. Skizziere den Strahlengang der Lichtquelle für die Sammellinse auf folgender optischen Achse! Wähle dabei die Lage der Lichtquelle und der Linse geeignet aus! Als Linse kannst du nur die Linsenebene einzeichnen!



Sammellinse:



Wie verhalten sich die Strahlen nach der Linse?

Sie treffen in einem Punkt zusammen.

- ✚ **Markiere den Punkt an der Tafel, in dem sich die Strahlen treffen! Dieser Punkt heißt Brennpunkt. Die Entfernung von Brennpunkt und Linse heißt Brennweite.**

Verschiebe nun die Lichtquelle auf der optischen Achse!

Ändert sich die Lage des Brennpunkts? Begründe deine Beobachtungen!

Der Brennpunkt bleibt auf der gleichen Stelle. Begründung: Die Brennweite der Linse bleibt auch bei Verschieben der Lichtquelle konstant.

Merke:

- Achsenparallele Strahlen schneiden sich hinter der Sammellinse im Brennpunkt. Jede Sammellinse hat zwei Brennpunkte.
- Bienen können schnelle Bewegungen besser sehen. Sie können bei schnellem Flug ihr Farbsehen ausschalten!
- Das Bienenauge hat im Vergleich zum Menschaugen nicht nur eine Linse, sondern ca. 6000 Linsen. Es wird Facettenauge genannt!



4. Sehschärfe des Menschen und der Biene

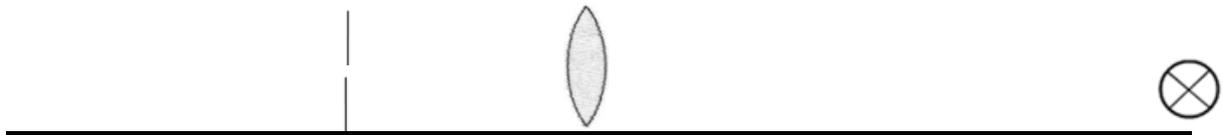
Dazu benötigst du:



- Eine 6 V Lampe
- Eine Sammellinse
- Eine Blende
- Einen Schirm

Durchführung:

Auf der optischen Bank ist eine 6V- Spektrallampe mit einer +10 Sammellinse und einer Blende aufgebaut. Diese ist auf eine +20 Sammellinse gerichtet, die in einem Abstand von ca. 35 cm auf der optischen Bank liegt. Weitere 10 cm von der Linse entfernt liegt die Blende, weitere 20 cm von der Blende entfernt ist der Schirm aufgebaut.



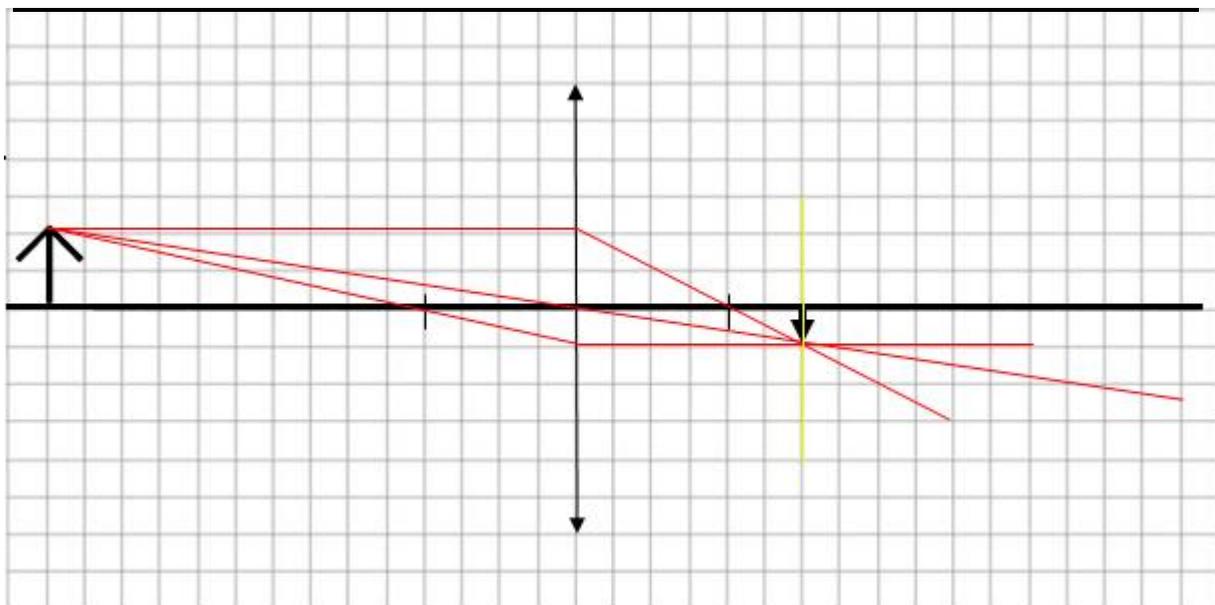
✚ Verändere den Schirm so, dass du ein scharfes Bild sehen kannst.

Was fällt dir an dem Bild auf?



Das Bild ist umgekehrt und seitenverkehrt.

Zeichne eine Bildkonstruktion in der folgenden Skizze ein! Zeichne die Mittelebene der Linse in die Mitte der Achse ein, an der der Brennpunkt-, Mittelpunkt- und achsenparalleler Strahl abgelenkt werden! Die Brennweite f der Linse beträgt 20 mm.



✚ Zeichne mit einer anderen Farbe bei deiner Bildkonstruktion die Netzhaut ein!

Wo sollte sie idealerweise liegen, damit das Auge Bilder scharf sehen kann?

Die Netzhaut sollte dort liegen, wo das Bild abgebildet wird.

Stelle dir nun den Linsenaufbau als dein Auge vor, bei dem die Sammellinse deiner Linse entspricht, die Blende deiner Iris und der Schirm deiner Netzhaut.

✚ Verschiebe den Schirm nach vorne in Richtung Blende, sodass ein unscharfes Bild entsteht.

Es liegt Weitsichtigkeit vor. Wenn der Brennpunkt vorher auf dem Schirm lag, wo liegt er nun?

Der Brennpunkt liegt „hinter“ dem Schirm.



Du hast auf dem Tisch zwei verschiedene Linsen zur Auswahl, eine Sammellinse und eine Zerstreuungslinse. Wähle die richtige Linse und positioniere sie so, dass auf dem Schirm, also deiner Netzhaut, wieder ein scharfes Bild entsteht.



Welche Linse hast du gewählt und wo hast du sie positioniert? Halte den Abstand zwischen Sammellinse und deiner gewählten Linse fest!

Sammellinse. Abstand beträgt etwa 5cm.

Merke:

- Weitsichtigkeit wird durch eine Sammellinse, Kurzsichtigkeit wird durch eine Zerstreuungslinse ausgeglichen.
- Sammellinsen liefern reelle Bilder, die umgekehrt und seitenverkehrt sind.
- Die Biene sieht ihre Umwelt als zusammengesetztes Bild aus getrennten groben Punkten, da sie im Vergleich zum Menschen nicht nur eine, sondern sehr viele Linsen hat.





Falls du noch Zeit hast, dann kannst du folgende Fragen beantworten

Gehe zurück zu dem Versuch mit den Linsenabbildungen!

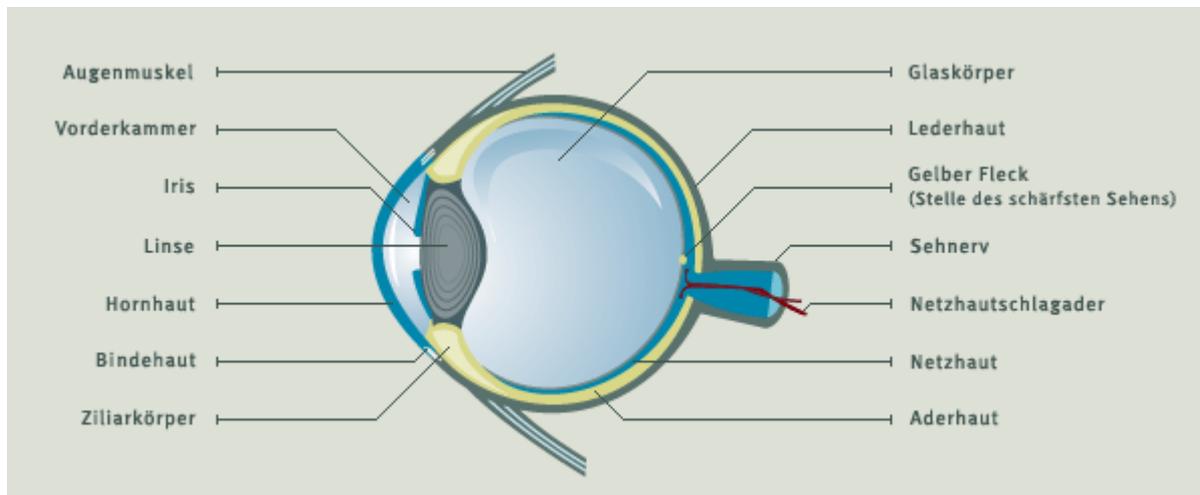
✚ Stelle nun bei der Lichtquelle auf fünf Lichtstrahlen um und betrachte den Strahlengang.

Betrachte den Brennpunkt! Wie lässt sich dieser Linsenfehler erklären?

Es entsteht ein zweiter Brennpunkt. Die äußeren Strahlen werden stärker gebrochen als die inneren Strahlen.

Aufbau des menschlichen Auges

Du hast nun das Auge der Biene und das des Menschen näher kennengelernt. In der Schule hast du bereits die Funktionsweise des menschlichen Auges besprochen. Hier hast du nochmal einen Überblick über das Auge:



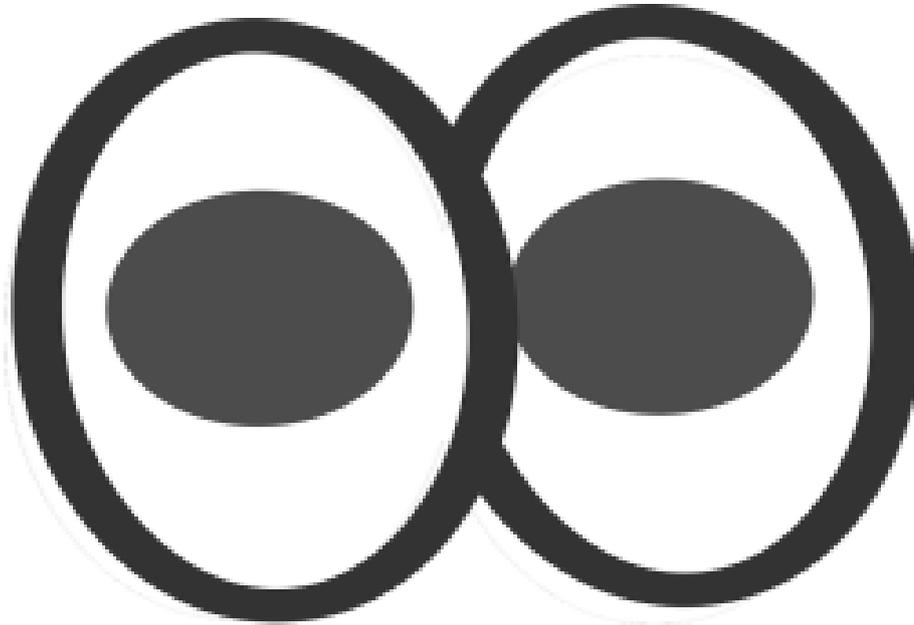
Vervollständige die Lücken richtig!



Die Lichtstrahlen gelangen durch die Hornhaut, die Vorderkammer, die Linse und den Glaskörper in das Augennere, wodurch sie gebrochen werden und auf der Netzhaut abgebildet werden. Bilder werden sowohl aus der Ferne, als auch aus der Nähe scharf auf der Netzhaut abgebildet. Dafür ist der Augenmuskel verantwortlich, mit dessen Hilfe die Linse gekrümmt wird. Diesen Vorgang nennt man Akkommodation.

Die Iris hat eine ähnliche Funktion wie eine Blende, sie lässt nur einen Teil der Lichtstrahlen in das Augeninnere. Von der Netzhaut werden die Lichtstrahlen von den Nervenzellen erfasst und über den Sehnerv an das Gehirn weitergegeben. Die Stelle auf der Netzhaut, auf der das Bild am schärfsten abgebildet wird, nennt man gelber Fleck.

Station Optik II: „Aus Sicht der Bienen“



In dieser Station lernst du die unterschiedliche Sichtweise des Menschen und der Biene kennen. Bieneaugen und Menschaugen sind nicht nur in ihrem Aufbau verschieden, sondern auch in ihrer Wahrnehmung. Außerdem wirst du das Farbsehen der Bienen genauer betrachten.

1. Können Bienen Farben sehen?

Im Frühling ist die Luft vom Summen der Bienen erfüllt. An vielen Blumen sitzen Bienen und sammeln ihren heißgeliebten Nektar. Nektar ist auf allen Blumen zu finden, unterschiedlichster Formen und Farben. Nun stellt sich die Frage, haben Bienen „Lieblingsblumen“, die ihnen aufgrund ihrer Farbe mehr zusagt als andere Blumen?

Durchführung:

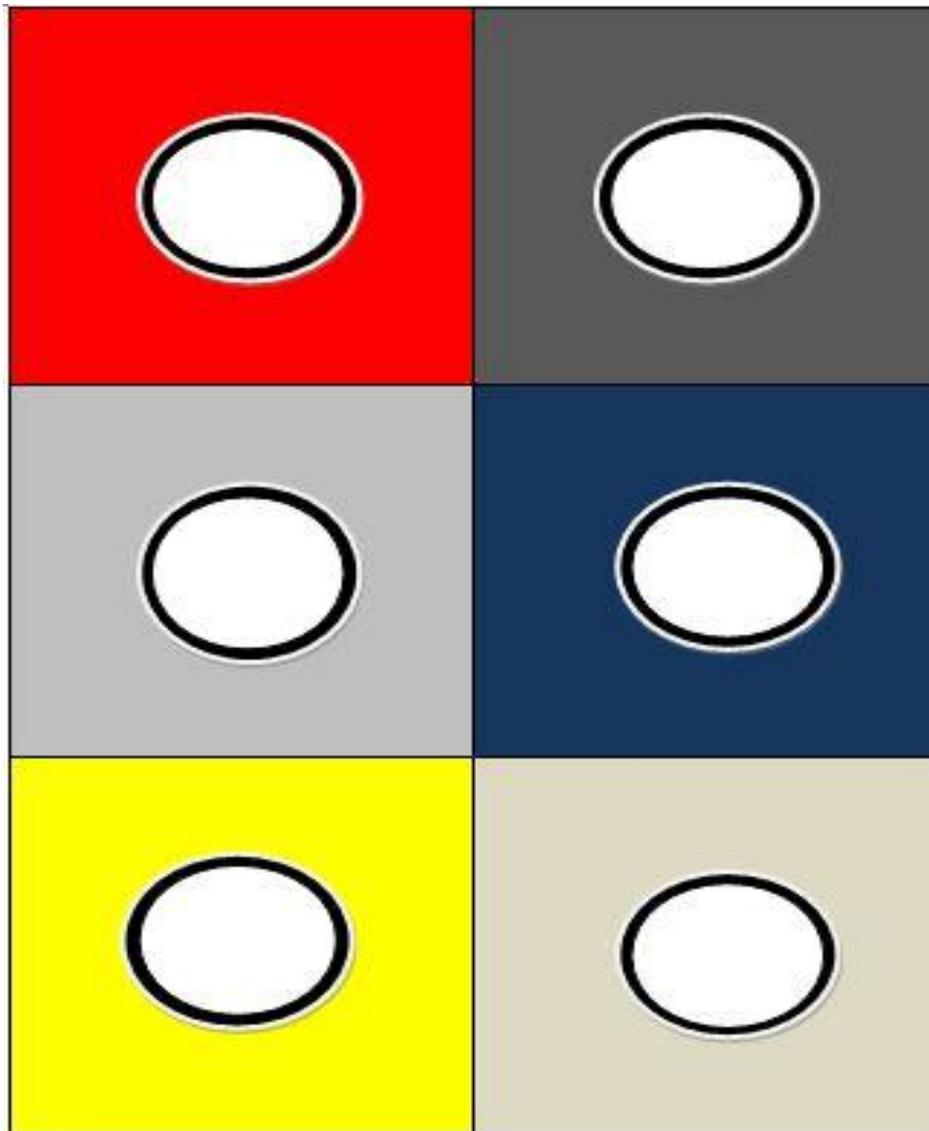


Wir wollen nun herausfinden, ob Bienen Farben sehen können. Dazu hast du ein Bild vor dir mit sechs Honigtellern, die auf verschiedenen Farbunterlagen stehen. Die Honigteller sind von der Bauweise identisch und haben die gleiche Menge an Honig im Teller. Der einzige Unterschied ist die Unterlage, auf denen die Teller stehen.

Zeichne auf dem Bild 15 Bienen ein! (Als Bienen zeichne Kreuze!)



Wo vermutest du, werden sich die Bienen niederlassen?



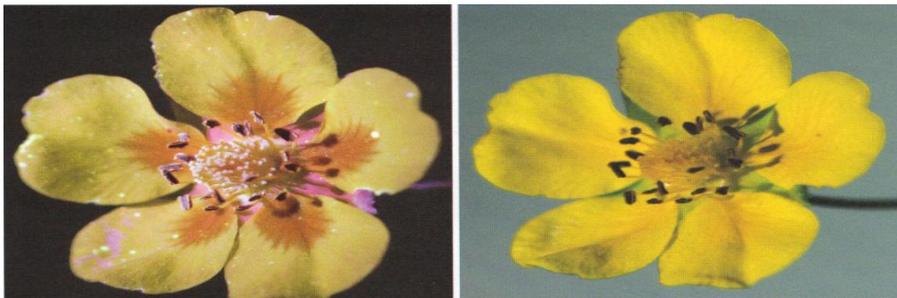
Schalte nun den Overhead-Projektor ein!



Stimmt deine Vermutung mit dem Versuch überein? Können Bienen Farben sehen? Wenn ja, welche Farben können sie sehen, welche nicht?

Bienen können Farben sehen! Sie sehen die Farben gelb und blau, aber kein rot. Auf die blaue Farbe gehen Bienen bevorzugt.

Wir Menschen können, ebenfalls wie die Biene, Farben sehen. Allerdings nehmen wir im Vergleich zu Bienen Blumen und deren Farben unterschiedlich wahr. Betrachte die folgenden Bilder!



Welches Bild gehört zur Biene, welches Bild gehört zum Menschen? Welche Unterschiede sind auffällig?



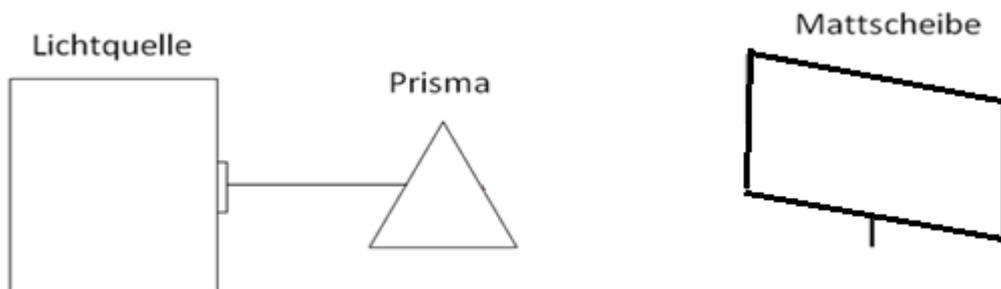
Die linken Bilder gehören zur Biene, die rechten zum Menschen. Das Rot der Mohnblume ist für die Biene schwarz. Das Gelb ist etwas verblasst. Die Stempel der gelben Blume scheinen zu leuchten.

2. Farbspektrum von Mensch und Biene

Durchführung:



Auf einer optischen Bank ist nun ein Versuch zum Farbspektrum des weißen Lichtes aufgebaut.
Als Lichtquelle wird eine Reuterlampe verwendet.



Bevor dein Betreuer die Lichtquelle einschaltet, was vermutest du, wird auf dem Schirm zu sehen sein?



Nun wird die Reuterlampe angeschaltet. Was geschieht mit dem „weißen“ Licht der Reuterlampe?

Das weiße Licht der Lampe wurde in Farben zerlegt. Farbspektrum.

Das weiße Licht der Reuterlampe wurde also beim Durchgang durch das Prisma in seine Spektralfarben zerlegt. Dieser Vorgang wird Dispersion genannt!

Wie du bereits aus den Blumenbildern erkennen konntest, sieht die Biene nicht alle Farben so wie der Mensch. Bienen sehen Mohnblüten, die für das menschliche Auge rot erscheinen, schwarz.



➤ Markiere auf dem Schirm das Farbspektrum!

Schaue nun durch den Filter auf das Farbspektrum auf dem Schirm! Was kannst du erkennen?

Die rote Farbe verschwindet.

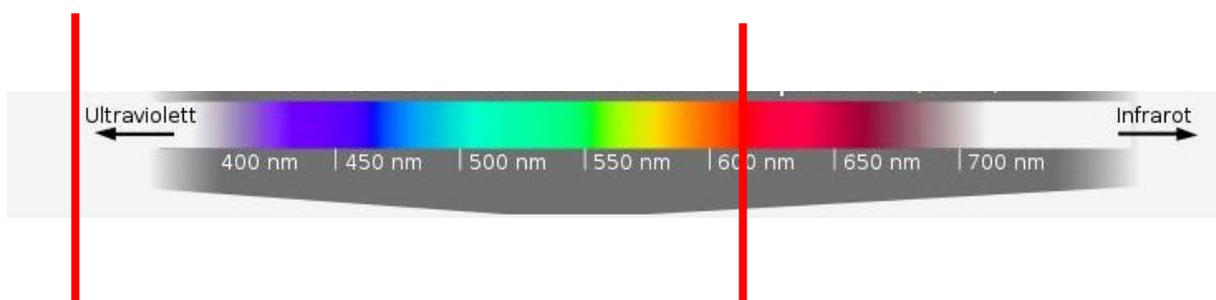
Im folgenden Diagramm ist das sichtbare Farbspektrum des Menschen eingezeichnet:



Welches Licht kann die Biene im Vergleich zum Menschen sehen? Betrachte das Blumenbild, vor allem die Stempel!

Die Biene kann Ultraviolettes Licht /UV-Licht erkennen.

Zeichne in das folgende Farbspektrum das für die Biene sichtbare Spektrum ein!



Merke:

- Bienen können, bis auf die Farbe Rot, die Spektralfarben sehen, die der Mensch auch sehen kann. Blaues Licht bevorzugen sie!
- Bienen sehen außerdem Ultraviolettes Licht, das für das menschliche Auge verborgen ist. Ultraviolettes Licht ist neben Infrarotem Licht ein Bestandteil von weißem Licht oder Sonnenlicht.
- Die Zerlegung des weißen Lichts beim Durchgang durch ein Prisma in die einzelnen Spektrallichter nennen wir Dispersion.



3. Ausflug und Sonnenintensität

Die Biene führt ein sesshaftes Leben und verfügt mit ihrem Bienenstock über eine „feste Adresse“. Sie verlassen ihren Bienenstock hauptsächlich nur zur Nahrungsbeschaffung. Von ihren Ausflügen müssen sie wieder zu ihrer Kolonie zurückfinden können.

Zur Orientierung nutzen Bienen deshalb erdgebundene Hilfen wie markante Bäume, Büsche oder andere Landmarken. Desweiteren orientieren sich Bienen mit Hilfe des Himmels.

Nach welchem „himmlischen Wegweiser“ orientieren sich die Bienen?



Bienen orientieren sich am Stand der Sonne!

Die Biene kann sich also am Stand der Sonne orientieren. Um anderen Bienen die Lage der Futterplätze mitzuteilen, führt sie auf den Waben einen Tanz vor, den Schwänzeltanz.

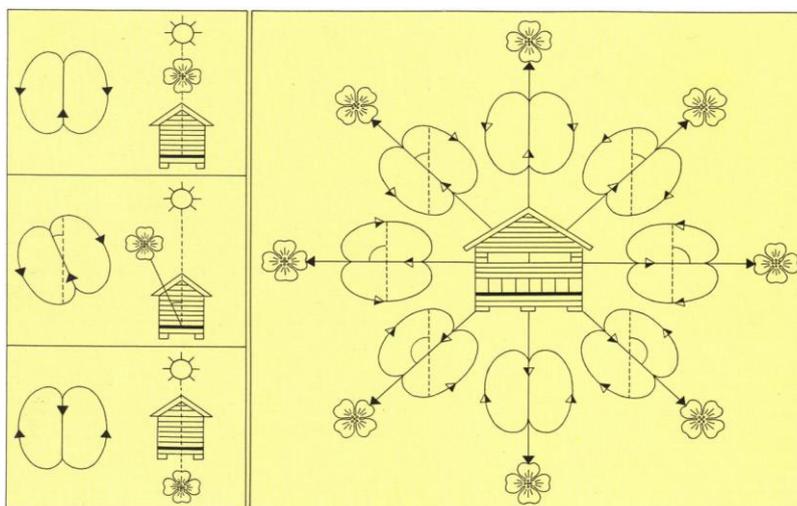
Auf deinem Laptop ist ein Video des Schwänzeltanzes zu sehen.



Wie teilen die Bienen den Himmel ein? An was erinnert die Bieneneinteilung? Betrachte dabei auch das Bild!



Bienen teilen den Himmel in Winkel oder Richtungen ein. Es erinnert an einen Kompass.



Auf deinem Laptop ist die Homepage der Bienenstation **HOBOS** der Würzburger Universität geöffnet. Wähle im Diagramm der **HOBOS** Seite die Tage vom 25.07 bis 29.07.2012 aus, indem du diese Tage markierst. Das ausgewählte Diagramm sollte in etwa wie das Folgende aussehen.

Messwerte



Was ist auf den Achsen des Diagramms dargestellt?

Linke Achse: Sonnenintensität

Rechte Achse: Bienenausflüge pro Minute



Untere Achse: Zeit

Was haben alle vier Tage gemeinsam? Betrachte vor allem den grünen Graphen!

Es fliegen etwa gleich viele Bienen aus.

Was bedeutet es, wenn die Sonnenstrahlungsintensität gering ist?

Es scheint keine Sonne, bzw. die Sonne ist von Wolken bedeckt.

Vergleiche nun die Tage 28.07.2012 und 26.07.2012! Was kannst du hier über Bienenausflüge und Sonnenintensität aussagen?

Bienenausflüge sind in etwa gleich. Die Sonnenintensität ist am 28.07. geringer.

Die Biene kann sich also auch an bewölkten Tagen orientieren. Dazu ist der Stand der Sonne nicht hilfreich. Sie orientiert sich stattdessen am Polarisationsmuster des Himmels. In der Schule wird das polarisierte Licht nicht behandelt, allerdings wirst du die Polarisation im folgenden Versuch näher kennen lernen.

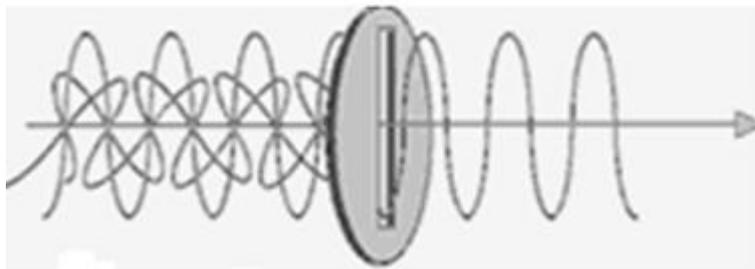
Merke:

- Die Biene kann sich am Stand der Sonne orientieren. Sie teilt dabei den Himmel auf, ähnlich wie einen Kompass, den sogenannten Himmelskompass!
- Die Biene teilt anderen Bienen den Ort des Futterplatzes mit, indem sie den Schwänzeltanz aufführt.



4. Polarisiertes Licht

Das Sonnenlicht, das in unsere Atmosphäre eintritt, besteht aus Wellen in ungeordneten Schwingungszuständen (siehe Bild). Die Erdatmosphäre nutzt physikalische Vorgänge, um das Licht in einen geordneten oder linearen Schwingungszustand zu bringen. Diesen Vorgang nennt man Polarisation. Im unteren Bild ist der Vorgang dargestellt, bei dem unpolarisiertes Licht durch einen Polarisationsfilter in polarisiertes Licht umgewandelt wird



Was kannst du auf der linken Seite des Filters erkennen, was auf der rechten Seite?

Auf der linken Seite ist das unpolarisierte Licht, auf der rechten das durch den Filter polarisierte Licht.



- ✚ Du hast nun vor dir mehrere Polarisationsfilter. Gehe in den anderen Raum und betrachte den Himmel durch den Filter!

Was kannst du feststellen?

Beim Drehen der Filter wird der Himmel an verschiedenen Stellen dunkler.

- ✚ Drehe den Filter, bis du in einer Himmelsrichtung die dunkelste Stelle gefunden hast.

Schau nun in eine andere Himmelsrichtung, wobei du den Filter in der gleichen Stellung hältst.

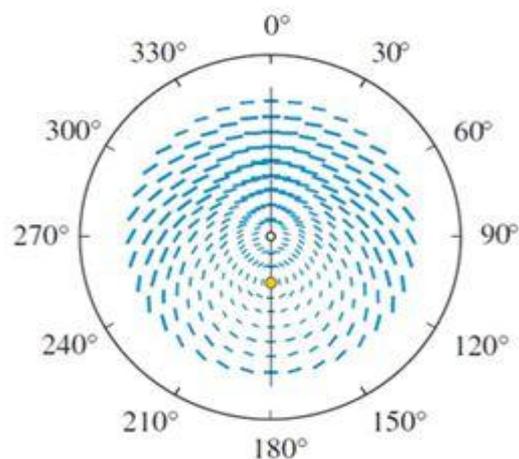
Ist der Polarisationsfilter in dieser Stellung auch am dunkelsten? Stelle eine Vermutung auf!

Nein. Die Lichtwellen haben an einer anderen Stelle am Himmel eine andere Schwingungsrichtung. Filter muss erst gedreht werden, sodass die Schwingungen dieser Himmelsrichtung polarisiert werden.

Falls der Himmel stark bewölkt ist, dann betrachte die Fenster des MIND-Centers, in denen sich das Tageslicht spiegelt. Wähle geeignete Winkel aus, unter denen du die Fenster durch den Filter betrachtest!

Die Biene kann sich also anhand der Polarisation orientieren. Dadurch kann sie den Himmel aufteilen, ohne die Sonne direkt zu sehen. Sie kann anhand der Schwingungen des Lichts auf den Sonnenstand schließen. Man spricht hierbei von einem Himmelskompass.

Man kann sich den „Bienenkompass“ in etwa folgendermaßen vorstellen:



Merke:

- Die Biene kann sich bei bewölktem Himmel am Polarisationsmuster des Himmels orientieren.
- Licht, das nur eine Schwingungsebene besitzt, nennt man polarisiertes Licht
- Polarisiertes Licht entsteht durch Brechung, Reflexion, Streuung oder kann man mit Hilfe von Polarisationsfiltern erzeugen. Diese Filter finden in Fotokameras Verwendung.



Falls du noch Zeit hast, dann kannst du folgende Fragen beantworten



Beleuchtungsstärke am Schirm

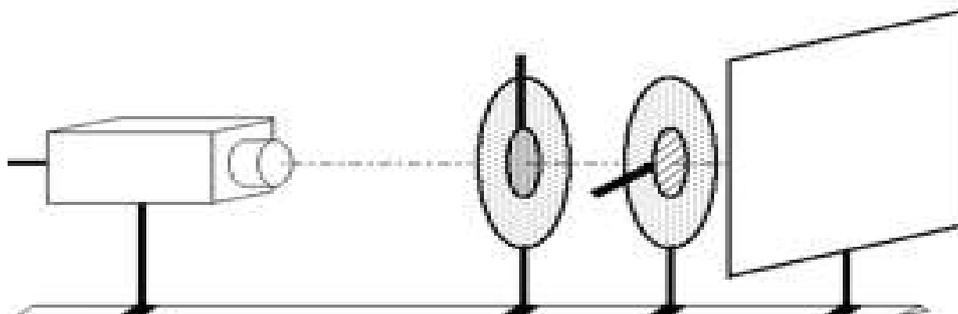
Dazu benötigst du:



- Eine Reuterlampe
- Zwei Polarisationsfilter
- Einen Schirm

Durchführung:

Auf einer optischen Bank wird eine Reuterlampe aufgebaut. Am anderen Ende der Bank ist ein Schirm aufgestellt. Zwischen Lampe und Schirm werden zwei Polarisationsfilter aufgebaut.



✚ **Verwende zuerst nur einen Polarisationsfilter!**

Verstelle diesen Filter und beobachte den Schirm! Was kannst du sehen?



Man kann keinen Unterschied feststellen.

✚ **Nehme nun den zweiten Filter und baue ihn auf die optische Bank.**

Was kannst du am Schirm erkennen, wenn du den Polarisationsfilter verstellst?

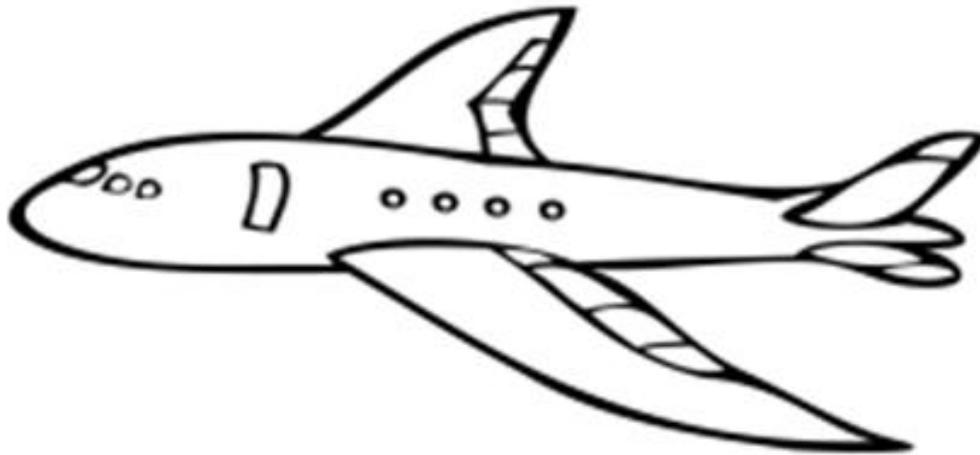
Das Leuchten der Lampe verschwindet.

✚ **Stelle den Filter nun so ein, dass kein Licht auf dem Schirm zu erkennen ist!**

In welchem Winkel stehen sich die beiden Filter gegenüber? Warum wird die Lichtintensität durch Drehen der Filter auf null reguliert?

Die Filter stehen sich senkrecht in einem 90° Winkel gegenüber. Beide Filter lassen nur eine Schwingungsrichtung hindurch. Diese löschen sich somit aus.

Station Mechanik: „Fliegen leicht gemacht?“



In dieser Station lernst du die physikalischen Hintergründe kennen, warum Bienen fliegen können. Im Gegensatz zu Vögeln fliegen Bienen nicht aufgrund der Größe ihrer Flügel, sondern aufgrund der hohen Flügelschlagfrequenz. In den Versuchen wirst du mit einer Hochfrequenzkamera arbeiten und mit Hilfe eines Helikopters den Auftrieb von Bienen bestimmen. Außerdem lernst du die Software „Measure Dynamics“ kennen und wirst mit ihr arbeiten.

1. Auftrieb eines Helikopters

In diesem Versuch vergleichen wir den Auftrieb der Biene mit dem Auftrieb eines Helikopters. Man kann sagen, dass beide Auftriebe physikalisch ähnlich sind. Du hast nun einen flugfähigen Helikopter vor dir, der mit Klebeband auf einer Waage angebracht ist. Mit der Funksteuerung kannst du die Rotorblätter steuern.

Durchführung:



✚ Zuerst bleibt der Helikopter in Ruhe, das heißt die Rotorblätter drehen sich nicht.

Welche Kraft wirkt auf die Waage? Wie groß ist die Kraft? (Die Masse ist keine Kraft)

Rechne mit dem Ortsfaktor $g = 9,81 \frac{N}{kg}$



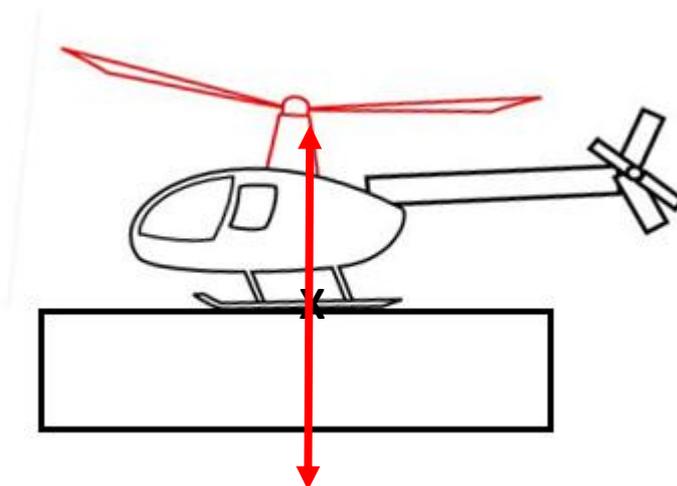
Die Gewichtskraft. $F_G = m_{\text{Helikopter}} \cdot g$. $F_G = 0,230 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{N}{kg} = 2,26 \text{ N}$

✚ Nun darfst du den Helikopter starten.

Drehe langsam den linken Hebel der Funksteuerung nach oben. Die Rotorblätter beginnen sich zu drehen.

Drehe den Hebel so lange nach oben, bis auf der Waage die Masse Null angezeigt wird. Der Hubschrauber schwebt auf der Waage.

Welche Kräfte wirken nun auf die Waage? Zeichne die Kräfte als Pfeile im Angriffspunkt (Kreuz) in das Bild ein und beschrifte sie! Achte dabei auf die richtigen Beträge!



Was muss für die Kräfte gelten?

Es gilt: $\vec{F}_G = \vec{F}_{\text{oben}}$. Die Beträge der Kräfte sind gleich groß.

Der Helikopter kann bei Vollausschlag des Gashebels eine bestimmte Masse transportieren. Das bedeutet, er kann gerade noch vom Boden abheben.



Finde heraus, wie viel Masse der Helikopter transportieren kann!

Lege dafür Massestücke von insgesamt 120g auf die Waage und nehme diese in 10er Schritten herunter, bis auf der Waage die Masse Null angezeigt wird.

Wie groß ist nun die „Kraft nach oben“, nennen wir sie Auftriebskraft F_{oben} , des Helikopters bei Vollausschlag des Gashebels? Was musst du für die Masse einsetzen? (Rechenweg)

$$m_{\text{ges}} (\text{Heli}) = \underline{m_{\text{Heli}} + m_{\text{St}} = 0,230\text{kg} + 0,100\text{kg} = 0,330\text{kg}}$$

$$F_G (\text{Heli}) = \underline{m_{\text{ges}} \cdot g = 0,330\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 3,2\text{N}}$$

$$F_{\text{oben}} (\text{Heli}) = \underline{F_G (\text{Heli}) = 3,2\text{N}}$$



Du hast jetzt die Kraft des Helikopters berechnet. Zum Vergleich berechnen wir nun die Auftriebskraft F_{oben} der Biene. Eine Biene kann eine Masse von 80g transportieren. Das heißt, bei einer Masse von 80g schwebt sie.

Die Biene wiegt etwa 0,1g. Berechne ihre Auftriebskraft!

$$m_{\text{ges}} (\text{Biene}) = \underline{m_{\text{Biene}} + m_G = 80\text{g} + 0,1\text{g} = 80,1\text{g} = 0,0801\text{kg}}$$

$$F_G (\text{Biene}) = \underline{m_{\text{ges}} \cdot g = 0,0801\text{kg} \cdot 9,81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 0,79\text{N}}$$

$$F_{\text{oben}} (\text{Biene}) = \underline{F_G (\text{Biene}) = 0,79\text{N}}$$

Vergleiche die berechneten Kräfte!



Die Auftriebskraft des Helikopters ist etwa 4x so groß wie die der Biene.

Da der Helikopter etwa 2300-mal schwerer und größer ist als die Biene, ist ein Vergleich schwierig. Um einen besseren Vergleich zu bekommen, berechnen wir die Auftriebskraft pro Fläche der Flügel. Dafür benötigst du die Fläche der Rotorblätter und die Größe der Bienenflügel.

Vor dir hast du die Ersatzrotorblätter des Helikopters. Die Fläche A eines Rotorblattes beträgt 30cm^2 .



Berechne nun die Auftriebskraft des Helikopters pro Fläche. Beachte die Anzahl der Flügel!

$$\frac{F}{A} (\text{Heli}) = \frac{3,2\text{N}}{120\text{cm}^2} = 0,027 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Mit folgendem Bild kannst du die Fläche eines Bienenflügels berechnen:



Die Form des Bienenflügels gleicht einer Ellipse. Die Fläche einer Ellipse wird mit der Formel $A = \pi a b$ berechnet.



Welche Fläche ergibt sich für einen Flügel, wenn gilt: $a = 3,5\text{mm}$ und $b = 1,4\text{mm}$? (in cm^2)

$$A (\text{Biene}) = \pi \cdot 3,5\text{mm} \cdot 1,4\text{mm} = 15\text{mm}^2 = 0,15\text{cm}^2$$

Berechne nun die Auftriebskraft der Biene pro Fläche der Flügel!

$$\frac{F}{A} (\text{Biene}) = \frac{0,8\text{N}}{0,30\text{cm}^2} = 2,7 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$$

Du hast die Auftriebskraft pro Fläche des Helikopters und der Biene berechnet. Wer von beiden erzeugt mehr Auftrieb pro Fläche? Wessen Leistung ist größer?



Die Biene erzeugt 100x mehr Auftrieb pro Fläche als der Helikopter. Ihre Leistung ist somit größer.

Merke:

- Sind die Beträge der Gewichtskraft und der „Auftriebskraft“ gleich, dann schwebt der Körper/ Hubschrauber
- Eine Biene kann etwa das 800-fache ihres eigenen Gewichts transportieren. Der Spielzeughelikopter müsste zum Vergleich eine Masse von etwa 180 kg tragen



2. Frequenzbestimmung mit der Hochfrequenzkamera

In diesem Versuch bestimmst du die Frequenz des Hubschraubers im Schwebезustand. Vor dir liegt eine Hochfrequenzkamera, die du vorsichtig handhaben solltest. Du kannst sie starten, indem du auf den roten Punkt drückst. Das Video wird aufgenommen. Um es zu beenden, musst du wieder den roten Knopf drücken. Um das Video anschließend anzuschauen, drückst du den grünen Pfeil.



Durchführung:



Starte nun den Hubschrauber und bringe ihn in den Schwebезustand, das heißt, auf der Waage sollte die Masse Null angezeigt werden.

Nehme ein Video von etwa 5 Sekunden von deinem schwebenden Hubschrauber auf.
Anschließend stellst du den Hubschrauber aus.



Schaue dir das Video an. Du kannst jedes Bild des Videos einzeln betrachten. Auf einem Rotorblatt ist ein Klebeband angebracht, dass dir als Orientierung helfen soll.

Für die Hochfrequenzkamera gilt: 1 Sekunde Echtzeit = 7 Sekunden auf der Kamera

Zähle die Anzahl n der Umdrehungen der Rotorblätter in einem Zeitrahmen von 1 Sekunden Echtzeit!



$n = 64$ Umdrehungen



Anschließend berechnest du die Frequenz des Hubschraubers. Die Frequenz f ist der Quotient aus der Anzahl n der Umdrehungen und der dafür benötigten Zeit t ! (Rechenweg!) Die Einheit der Frequenz ist Hertz (Hz).

$$f = \frac{n}{t} \quad f = \frac{64}{2s} = 32s^{-1} = 32\text{Hz (Hertz)}$$

Wir wollen nun die Frequenz des Hubschraubers mit der Flügelschlagfrequenz der Biene vergleichen. Da die Biene zu klein ist für eine Aufnahme mit der Hochfrequenzkamera, wird die Flügelschlagfrequenz der Biene vorgegeben. Sie beträgt: $f_{\text{Biene}} \approx 200\text{Hz}$



Vergleiche die Frequenzen!

Die Frequenz der Biene ist 6x so groß wie die des Helikopters.

3. Zeitliche Betrachtung der Bienenbewegungen



Auf deinem Laptop befindet sich das Programm „Measure Dynamics“. In diesem Programm ist ein Video von einer Biene eingespielt. Das Projekt „Biene1“ ist bereits geöffnet.

Hier ein Bild des Programms:

_t	_x	_y	t / s	x / cm	y / cm	v_x / cm/s	v_y / cm/s	a_x / cm/s ²	a_y / cm/s ²
0	50	628	0,00	0,7975	1,91				
4	149	630	0,13	3,43	1,86	16,33	-0,20		
8	214	630	0,27	5,26	1,86	15,14	-0,10	-8,21	0,37
12	301	631	0,40	7,47	1,83	14,14	-0,10	-10,44	0,37
16	356	631	0,53	8,93	1,83	12,35	0,00	-6,72	0,00
20	425	631	0,67	10,77	1,83	12,35	-0,10	-1,87	0,00
24	488	633	0,80	12,55	1,84	11,87	0,00	-1,31	0,37

Schau dir das Video an, indem du in der rechten oberen Leiste auf „play“ klickst.



Wie verläuft die Bewegung der Biene?

Die Bewegung verläuft geradlinig.

Du wirst nun die Bewegung der Biene analysieren.

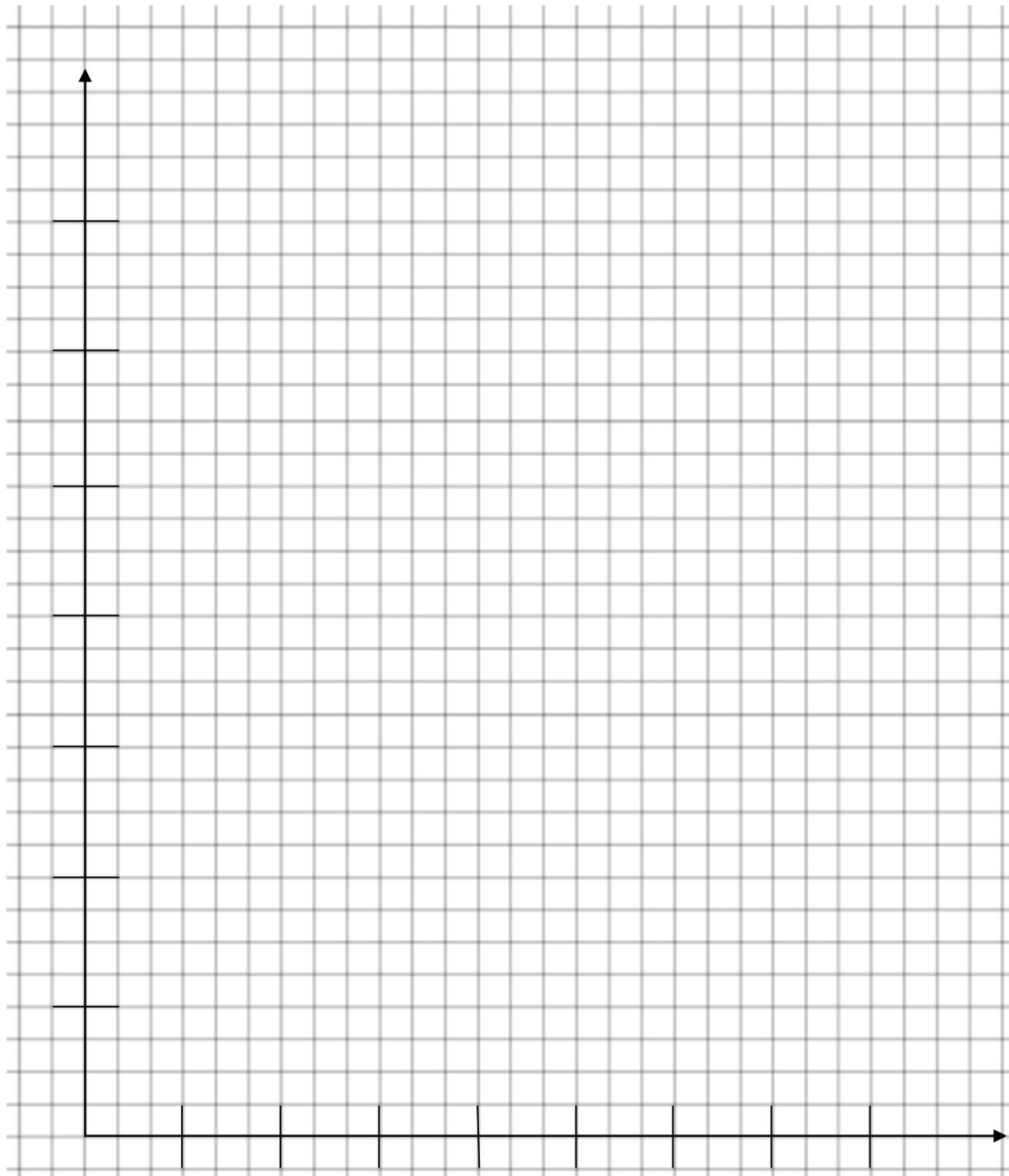
Dazu klickst du auf „Videoanalyse“. Es öffnet sich ein Fenster. Nun gehst du auf „Automatische Analyse“ und „markierst“ die Biene. Auf der Biene sollte nun ein grünes Rechteck sitzen.

 Drücke auf den „Start-Button“ im Fenster!

Wie du erkennen kannst, werden die gemessenen Daten in der Tabelle im unteren Fenster gesammelt.



Zeichne ein x-t-Diagramm der Bewegung in den Graphen ein! Wähle dabei die richtigen Werte aus deiner Tabelle aus (Pfeile)!



- Gehe nun in dem Programm „Measure Dynamics“ im linken Fenster auf „Anzeige“ und auf „Extra Diagramm“!

Dein gezeichneter Graph sollte in einem neuen Fenster erscheinen.

Merke:

- Eine Bewegung, die geradlinig verläuft und bei der in gleichen Zeitabschnitten gleiche Wegstrecken zurückgelegt werden, heißt gleichförmig.
- Bei gleichförmiger Bewegung beschreibt der konstante Quotient aus Wegstrecke Δs und Zeitabschnitt Δt die Geschwindigkeit v :

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



Falls du noch Zeit hast, dann kannst du folgende Fragen beantworten



Ermittle die Geschwindigkeit v der gleichförmigen Bewegung der Biene! Dazu legst du mit einer anderen Farbe ein Steigungsdreieck in deinen gezeichneten Graphen ein! Zeichne dir auch geeignete Hilfsgeraden ein.

Wähle für die Zeit t den Bereich von 0,8s bis 1,0s.

Achte auf die richtige Einheit! Dein Ergebnis mit Hilfe eines Steigungsdreiecks:



$$v = \frac{(18-14,5)\text{cm}}{(1,0-0,8)\text{s}} = 17,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}} = 0,18 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Bei einer gleichförmigen Bewegung wird die Geschwindigkeit v mit folgender Formel berechnet:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$$

Station Akustik: „Kommunikation der Biene“



In dieser Station lernst du die Kommunikation der Bienen kennen und wie sie sich verständigen können. Bienen haben im Vergleich zum Menschen keine Ohren, sondern ein Organ an der Fühlerbasis. Damit nehmen sie Schwingungen wahr, die durch Summen oder den Schwänzeltanz entstehen. In den Versuchen wirst du unter anderem auf Schallübertragung in verschiedenen Medien näher eingehen und das Bienensummen mit von dir erzeugten Tönen vergleichen.

1. Kommunikation der Königin

Auf dem Laptop ist ein mp3-Video einer Jungkönigin zu hören. Darauf ist ein Quaken zu vernehmen, dass die ausgeschlüpfte Königin als Signal an andere Jungköniginnen sendet, um diese zu vertreiben und so einen Kampf zu vermeiden.

Höre dir die mp3 an!



Alles, was wir hören, nennen wir Schall. Somit auch das Quaken der Königin.

+ Bringe nun die Stimmgabel zum Tönen und halte sie in das Gefäß mit Wasser!

Was kannst du beobachten? Wie breitet sich der Schall aus?



Das Wasser spritzt und erzeugt Wellen. Der Schall breitet sich also in Wellen aus.

Bienen haben keine Ohren wie wir Menschen, sondern ein Organ an den Fühlern. Nun stellt sich die Frage, wie sie das Quaken der Königin „hören“ können. Stelle eine Vermutung auf!

2. Schallübertragung

Der Schall benötigt ein festes, flüssiges oder gasförmiges Medium, um sich auszubreiten. Im Bienenstock gibt es das Medium Luft, in der sich der Schall ausbreitet. Die Biene kann aber den Schall nicht mit Hilfe der Luft hören. Die Kommunikation der Biene verläuft etwas anders, schaue dir hierzu das folgende Video an!



Der Bienenstock ist im Normalfall sehr dunkel, weshalb sich die Bienen nicht sehen können. Für dich wurde der Bienenstock beim Schwänzeltanz beleuchtet!



Was macht sich die Biene zu Nutze, um den Schall zu übertragen? Wie wird er im Stock übertragen?

Die Biene macht sich die Waben als Überträger des Schalls zunutze. Sie leitet Schwingungen über die Waben weiter.

Betrachte die Bienenwabe! Was fällt dir auf? Betrachte vor allem den Rand!

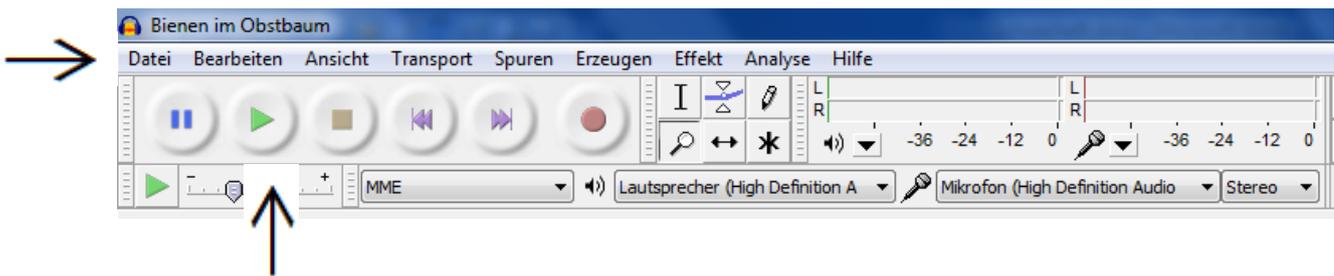
Der Rand der Waben besteht aus einer Art „Wulst“. Auf diesem Rand werden die Schwingungen über die ganze Fläche übertragen.

Der Rand der Bienenwabe liegt quasi als Netz auf der gesamten Wabe. Man kann sagen, die Biene hat ein Telefon-Netz zur Kommunikation gebaut. Mit Hilfe dieses Netzes kann sie Schwingungen über ihre Beine auf die Wabe leiten und somit kommunizieren.

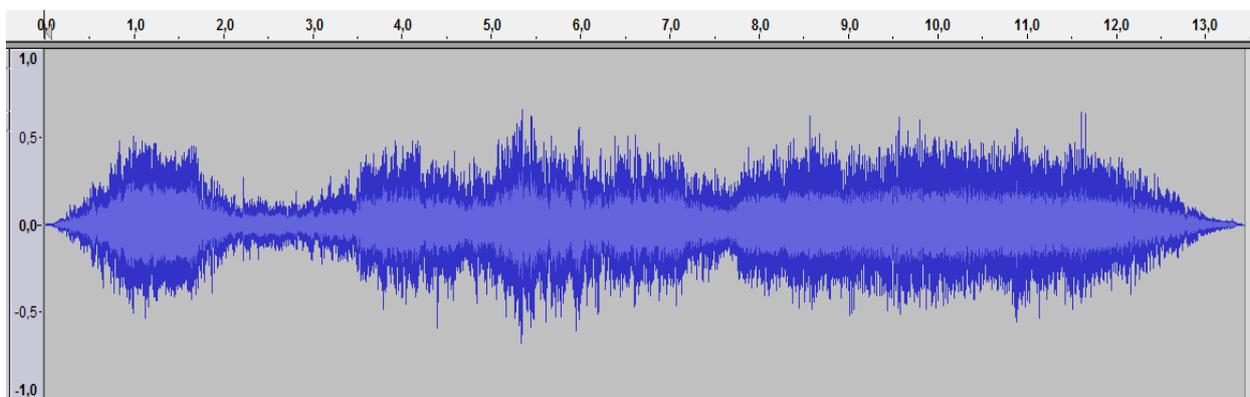
3. Frequenzbestimmung



Auf deinem Laptop ist das Audio-Programm Audacity installiert. Öffne das Programm und die Datei „Bienensummen im Obstbaum“, indem du auf „Datei“ gehst und bei „zuletzt geöffnete Videos“ das Richtige wählst. Drücke auf „play“ und höre dir das Bienensummen an!



Du siehst dieses Diagramm:



Auf der x-Achse des Diagramms ist die Zeit t aufgetragen, auf der y-Achse ist die Amplitude aufgetragen.

Nun vergleiche das Bienensummen mit dir bekannten Geräuschen/Tönen!

Drücke nun das Bienensummen auf stumm, indem du im kleinen, linken Fenster auf „stumm“ drückst. Das Spektrum erscheint grau!

Drücke den roten Knopf neben der „play-Taste“ und nehme ein Klatschen oder Tisch-Schlagen auf!

Höre dir deine Aufnahme an! Was kannst du über die Amplituden deiner Aufnahme im Vergleich zum Bienensummen aussagen? Welche Aufnahme ist lauter?



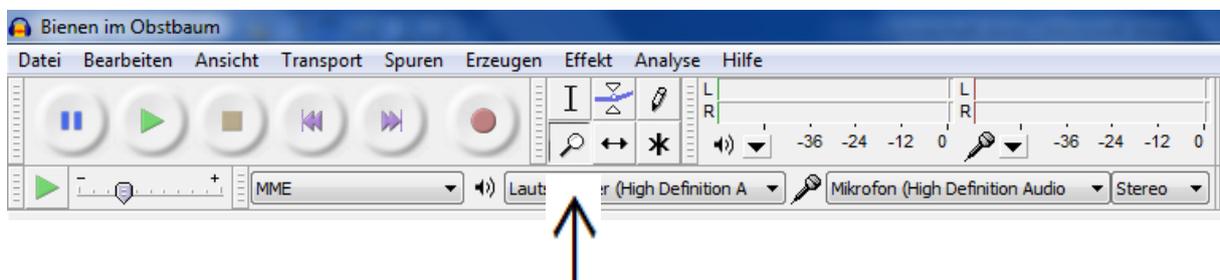
Amplituden sind bei Klatschen größer als beim Bienensummen. Außerdem ist das Klatschen lauter. Das bedeutet: größere Amplitude entspricht lauterem Ton

Als letztes betrachte noch den Ton einer Stimmgabel!

Dazu nimmst du die Stimmgabel und schlägst sie an. Den entstandenen Ton nimmst du wie vorher das Klatschen auf. Drücke dabei das „Bienensummen“ und das Klatschen auf stumm!

Spiele die Audiodatei der Stimmgabel ab!

Nun sollst du die beiden Diagramme der Stimmgabel und des „Bienensummens“ vergrößern!



Du benötigst dazu das Zoomwerkzeug . Mit der linken Maustaste kannst du das Diagramm vergrößern, mit der rechten Maustaste verkleinern. Außerdem kannst du ebenfalls mit den beiden Maustasten die Amplituden (y-Achse) vergrößern bzw. verkleinern.

Betrachte das vergrößerte Diagramm der Stimmgabel! Was kannst du über die Schwingungen aussagen?

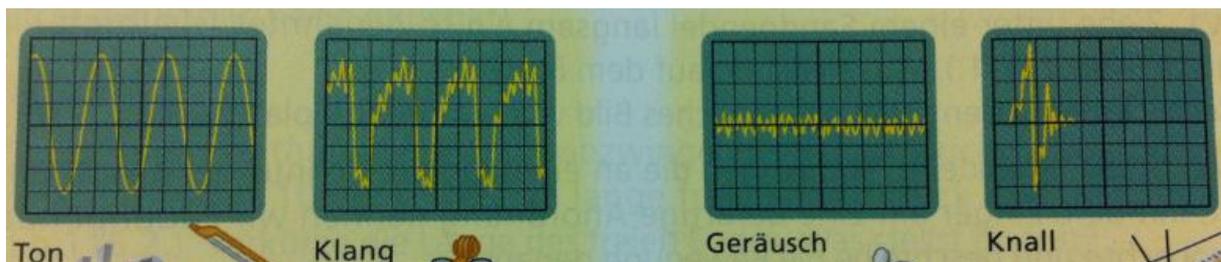


Schwingungen der Stimmgabel sind gleichmäßig mit gleicher Amplitude.

Vergleiche die Schwingungen der Stimmgabel mit dem Bienensummen! Was fällt dir auf?

Schwingungen des Bienensummens dagegen waren durcheinander und unregelmäßig.

Man unterscheidet in der Akustik Töne und Geräusche. Während Töne als gleichmäßige Schwingungen beschrieben werden, entstehen Geräusche durch unregelmäßige Schwingungen. Ein kurzer Schall wird als Knall bezeichnet, mehrere gleichzeitig zu hörende Töne ergeben einen Klang.



Ordne dem Bienensummen, deinem Klatschen und der Stimmgabel das richtige Ereignis zu!



Bienensummen: Geräusch

Klatschen: Knall

Stimmgabel: Ton

Merke:

- Die Biene kann Schwingungen, die über den Rand der Waben geleitet werden, mit ihren Fühlern wahrnehmen!
- Der Schallempfänger beim Menschen ist das Ohr. Der Hörbereich des Menschen liegt zwischen 20 Hz und 20 000 Hz!
- Je größer die Amplitude einer Schwingung ist, desto lauter ist der Ton!



Falls du noch Zeit hast, dann kannst du folgende Frage beantworten



Hier ein Versuch zur Schallausbreitung.

Der Schall muss einen bestimmten Weg von der Schallquelle zu unserem Ohr zurücklegen. Man sagt, der Schall breitet sich aus.

🔗 Stelle nun den Wecker auf den Holztisch!

Versuche das Ticken des Weckers am anderen Ende des Tisches zu hören! Lege deinen Kopf auf den Tisch! Was stellst du fest, wenn du dein Ohr auf den Tisch legst?

Der Wecker ist über den Tisch deutlicher zu hören als über die Luft. Schall wird über Holz besser übertragen. Der Wecker ist in Luft kaum zu hören.

🔗 Lege ein Stück Styropor unter den Wecker!

Was kannst du jetzt hören, wenn du dein Ohr auf den Tisch legst? Erkläre!



Man kann den Wecker nicht mehr hören. Das Styropor verhindert die Schallübertragung auf den Tisch. Styropor ist ein schlechter Leiter des Schalls.

Nun ein kleines Gedankenexperiment zum Thema Schall im Vakuum. Du bist mit einem Mitschüler auf dem Mond. Du bist wenige Meter von deinem Mitschüler entfernt und versuchst ihn zu rufen.



Kann dich dein Mitschüler verstehen? Stelle eine Vermutung auf und begründe sie!

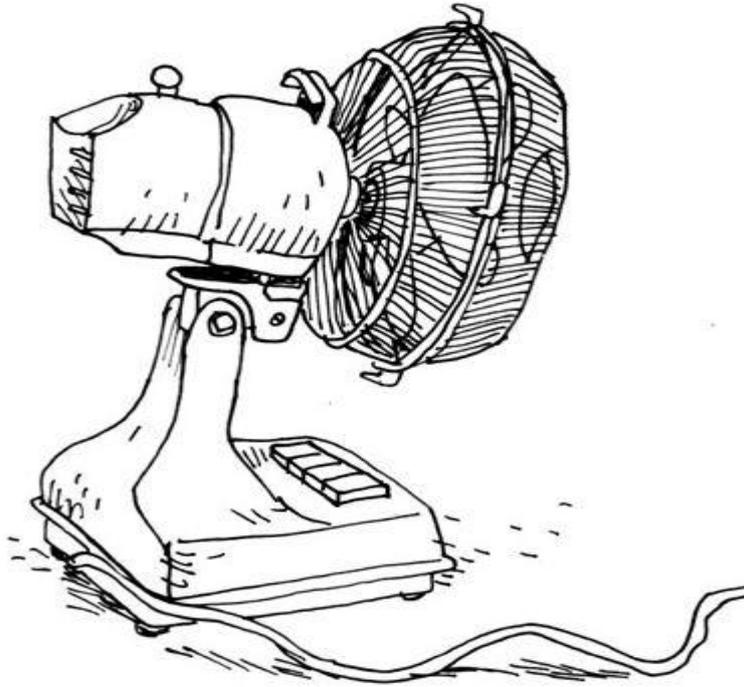
Nein! Der Schall braucht ein Medium um sich auszubreiten. Auf dem Mond herrscht ein Vakuum, weshalb keine Schallübertragung möglich ist.

Merke:

- Schall breitet sich in festen, flüssigen und gasförmigen Stoffen aus, nicht dagegen im Vakuum.
- In der Luft breitet sich der Schall durch aufeinanderfolgende Luftverdichtungen und Luftverdünnungen aus. Dies bezeichnet man als Schallwelle!
- Bienen können den Schall in Form von Schwingungen mit ihren Fühlern wahrnehmen!



Station Wärmelehre: „Die Biene, Heizung und Ventilator!“

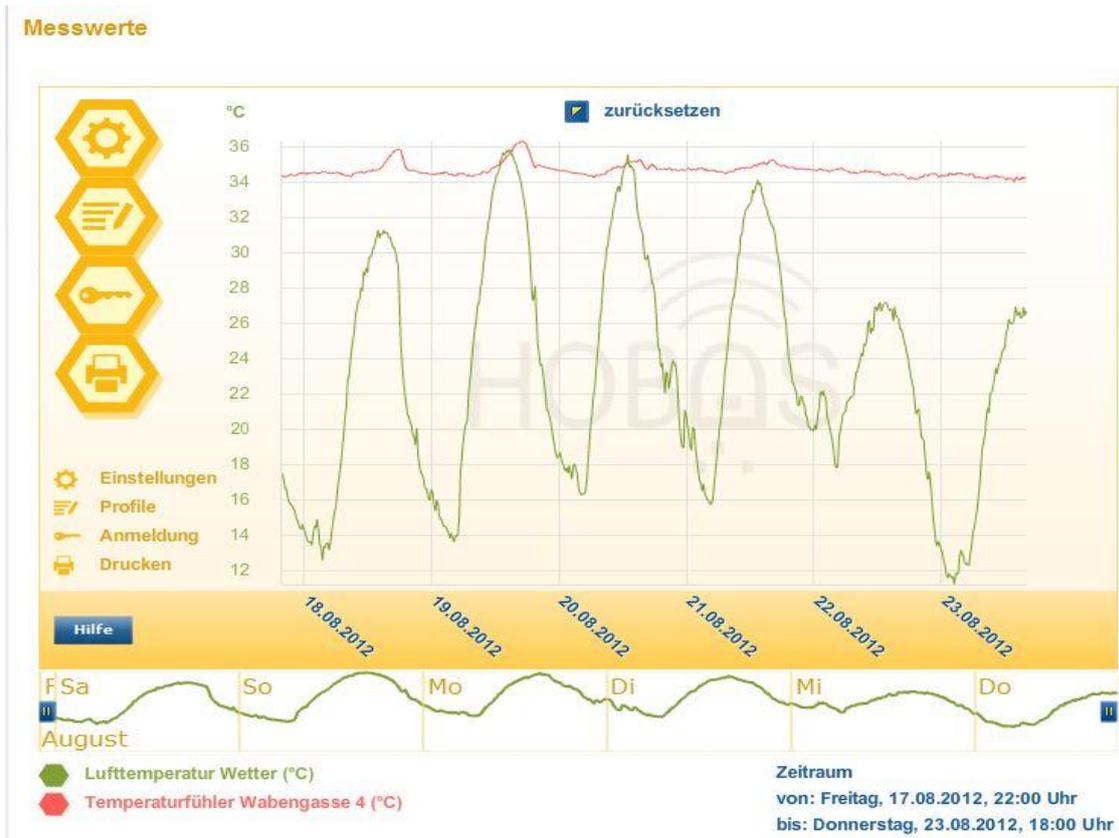


In dieser Station lernst du die Biene, je nach Jahreszeit, als „Heizung“ oder als Ventilator kennen. Dabei wirst du selbst ausprobieren, wie man Wärme erzeugen kann oder wie man am besten Kühlen kann. Bei den Versuchen arbeitest du mit sensiblen und teuren Wärmebildkameras, weshalb Vorsicht geboten ist. Außerdem wollen wir den Bienenstock mit einem selbstgebauten Wärmehaus auf die Isolierung hin vergleichen.

1. Temperatur bei verschiedenen Jahreszeiten

Du findest nun ein Diagramm, das die Temperatur einer Wabengasse im Bienenstock in Abhängigkeit zur Außentemperatur zeigt. Das Diagramm zeigt den Wärmehaushalt der Biene im Sommer. Um optimales Wachstum der Bienenbrut in den Sommermonaten zu gewährleisten, versuchen Bienen ein konstantes „Raumklima“ aufrechtzuerhalten.

Wärmehaushalt der Bienen im Sommer:



Was kannst du bei der Temperatur in Wabengasse 4 feststellen?

Die Temperatur ist konstant bei etwa 35°C.

Betrachte nun die Lufttemperatur! Was erkennst du an den Tagen 19.08.2012 und 20.08.2012 im Vergleich zu Wabentemperatur?

Die Lufttemperatur übersteigt die Wabentemperatur.

Welche Schlussfolgerung ziehst du daraus, was die Bienen an diesen Tagen im Inneren des Bienenstocks machen?

Bienen müssen den Stock kühlen.

Im Winter ist die Wabentemperatur im Vergleich zur Außentemperatur um etwa 15°C erhöht.

Was vermutest du, machen die Bienen im Inneren des Stocks? Was machst du, wenn es zuhause kalt ist?

Bienen heizen ihren Stock.

Schlussfolgerung:

Im Sommer, ab einer Außentemperatur von etwa 30°C, müssen Bienen kühlen, im Winter dagegen müssen sie heizen!

2. Wärmeerzeugung durch Muskelbewegung

Du hast gerade festgestellt, dass Bienen ihren Bienenstock heizen müssen, um sich und ihre Brut am Leben zu halten. Bienen haben im Vergleich zu uns Menschen aber keine Heizkörper oder Lagerfeuer zur Verfügung, sondern erzeugen selbstständig Wärme.

Durchführung:



Vor dir ist eine Wärmebildkamera, mit der du Temperaturen messen kannst. Vorsicht bei der Kamera, sie muss am Strom angeschlossen bleiben, sonst geht sie aus. Außerdem ist die Wärmebildkamera sehr teuer, weshalb du auf sie Acht geben solltest!

Nehme die Kamera und halte sie auf einen oder mehrere Mitschüler!



Betrachte vor allem das Gesicht, da hier am meisten „Haut“ zu sehen ist. Schreibe die angezeigte Temperatur auf!

T₁ = _____

✚ Nun machen deine Mitschüler zehn Liegestütze oder Kniebeuge!

Betrachte sie anschließend mit der Wärmebildkamera. Notiere die angezeigte Temperatur!

$T_2 =$ _____

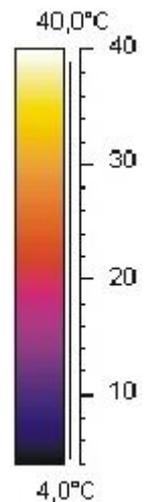
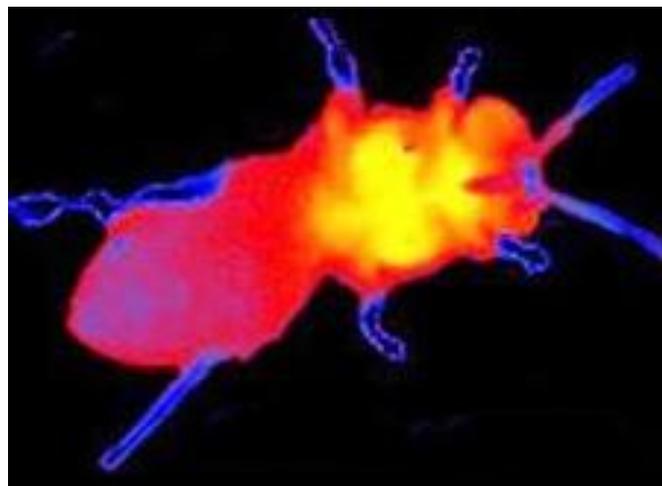
Welche Veränderungen im Gesicht deiner Mitschüler kannst du erkennen? Was kannst du über die angezeigten Temperaturen aussagen?

Die Temperatur ist um einige °C erhöht. Das Gesicht ist etwas rot aufgrund der Anstrengungen.

Wodurch wurden diese Veränderungen hervorgerufen?

Durch Muskelanstrengungen.

Hier siehst du eine Biene, die beim Heizvorgang mit einer Wärmebildkamera aufgenommen wurde.



Welcher Körperbereich hat die höchste Temperatur? Welches Körperteil wird dies sein?

Der Brustbereich der Biene hat eine erhöhte Temperatur. Brustmuskulatur.

3. Wasserkühlung

Um den Bienenstock zu kühlen, wenden Bienen eine Methode an, die du ebenfalls kennst. Du wirst nun durch einen Versuch herausfinden, welche Methode Bienen zum kühlen benutzen.

Durchführung: 

Dazu benötigst du die Wärmebildkamera. Halte die Wärmebildkamera auf die Hand deines Mitschülers. Notiere dir die angezeigte Temperatur der Hand! Zum Vergleich kannst du dies auch bei einem weiteren Mitschüler probieren und die Temperatur notieren.

$T_1 =$ _____

➤ Anschließend sollen deine Mitschüler auf ihre Hand pusten.

Schreibe ebenfalls die angezeigten Temperaturen auf!

$T_2 =$ _____

➤ Nun halten die Mitschüler ihre Hände kurz unter den Wasserhahn, sodass die Hände nass sind.

Achtung! Die Wärmebildkamera darf nicht mit Wasser in Berührung kommen! Notiere die angezeigten Temperaturen der nassen Hände!

$T_3 =$ _____

➤ Jetzt puste auf die nassen Hände!

Falls die Hände wieder zu trocken sind, halte sie nochmals kurz unter den Wasserhahn. Notiere die Temperaturen!

$T_4 =$ _____

Vergleiche die notierten Temperaturen! Welche Methode hat deine Hand am effektivsten gekühlt?



Die effektivste Methode war eine Kombination aus Wasser und Pusten.

Wie vermutest du, kühlen Bienen ihren Stock? Denke dabei an die effektivste Methode deines Versuchs!

Bienen kühlen, indem sie Wasser im Stock verdunsten lassen und diesen Wasserdunst mit ihren Flügeln verteilen.

Merke:

- Je nach Jahreszeit müssen Bienen ihren Bienenstock kühlen oder heizen!
- Bienen heizen, indem sie ihre Flügelmuskulatur zum zittern bringen
Muskelbewegungen erzeugen Wärme!
- Bienen kühlen, indem sie eine Kombination aus Wasserverdunstung im Stock
und Luftströmungen durch Schwirren der Flügel anwenden



4. Wärmehaus

Entgegen mancher Annahmen überleben Bienen den Winter, und zwar als komplettes Volk. Sie ziehen sich zu einer dichten Wintertraube zusammen und wärmen sich gegenseitig durch Muskelzittern. Die dafür notwendige Energie ziehen sie aus dem Honigvorrat.

Hier kannst du eine solche Wintertraube sehen.



Die Bienen sitzen dabei übereinander und eng zusammen und haben somit wenig Oberfläche. Die Traube ist allseitig umschlossen von leeren Zellen und hat lediglich an den Rändern Anschluss an den Futtermitteln.

Welchen Vorteil haben Bienen durch die Wintertraube? Denke dabei vor allem an Volumen und Oberfläche der Traube! Schreibe deine Vermutung auf!



Eine kleinere Oberfläche gibt weniger Wärme ab.

Schlussfolgerung:

Je kleiner die Oberfläche der Wintertraube, desto weniger Wärme wird an die Umgebung abgegeben.

Die Bienen verteilen sich in der Wintertraube sehr unterschiedlich. Während sie im Randbereich sehr dicht zusammen sind, sitzen sie im Innenbereich in der Nähe der Königin eher locker. Somit wird warme Luft eingeschlossen und kann nicht entweichen.

Diese Technik wenden auch wir Menschen an. Wo aus dem Alltag ist dir dies bekannt?



Bei Jacken, Schlafsäcken, bei Styropor ...

Vor dir ist nun ein Wärmehaus aufgebaut. Die Seitenwände bestehen aus unterschiedlichen Materialien, sind somit unterschiedlich isoliert.



Durchführung:



Zuerst notiere dir die angezeigte Temperatur, die im Inneren des Wärmehauses herrscht.

$T_i =$ _____

 Betrachte das Haus mit der Wärmebildkamera!

Notiere dir die Temperaturen in der Mitte der Wände in folgender Tabelle!



<u>Material</u>	<u>Temperatur T in °C</u>
Plexiglas	
Styropor	
Birkenholz	
Vakuumdämmplatte	

Notiere dir außerdem die Zimmertemperatur: $T_a =$ _____



Vergleiche die Temperaturen der verschiedenen Materialien untereinander!

Plexiglas und Birkenholz haben ähnlich hohe Temperaturen.

Styropor und die Vakuumdämmplatte haben im Vergleich zu den anderen Materialien niedrige Temperaturen.

Vergleiche die Temperaturen von Plexiglas und Birkenholz mit der Innentemperatur T_i des Hauses! Was kannst du über das Isolationsvermögen aussagen?

Innentemperatur des Wärmehauses und die Temperaturen der Materialien sind ähnlich hoch. Schlechte Isolierung.

Vergleiche nun die Temperaturen von Styropor und der Vakuumdämmplatte mit der Zimmertemperatur!

Beide Materialien isolieren sehr gut. Die Zimmertemperatur und angezeigte Temperaturen der Materialien unterscheiden sich kaum.

Welche der vier Materialien sind für die Wärmedämmung deines Hauses sinnvoll? Warum?

Styropor und Vakuumdämmplatte. Beste Isolierung

Merke:

- Bienen schließen sich im Winter zu einer Traube zusammen. Dabei wird die Oberfläche verringert und somit auch die Wärmeabgabe!
- Außerdem schließen Bienen warme Luft ein, ähnlich wie ein Daunenschlafsack
- Styropor und Vakuumdämmplatten sind zur Wärmedämmung am geeignetsten!



Quellenangaben zu Station Optik I „Im Inneren der Biene“

<http://www.hobos.de/de/>

<http://www.ansichtssache-spalt.de/auge-aufbau.html>

<http://www.augenarzt-stuttgart.com/content/auge.php?navid=33>

[PKM]: Präsentation_Katharina Mondel.pptx

Quellenangaben zu Station Optik II „Aus Sicht der Bienen“

<http://de.wikipedia.org/wiki/Ultraviolettstrahlung>

<http://www.hobos.de/de/>

http://www.leifiphysik.de/web_ph12/versuche/06polarisation/pol_grundversuch.htm

<http://www.youtube.com/watch?v=uULhPpC-Osk>; [Bientanz.avi]

[PKM]: Präsentation_Katharina Mondel.pptx

Quellenangaben zu Station Mechanik „Fliegen leicht gemacht?“

<http://www.cnet.de/41005503/casio-exilim-ex-fc100-1000-fps-kamera-mit-5-fach-zoom/>

Screenshot „Measure Dynamics“

[LKB12]: Prof_Kasper_120712_antrittsvorlesung_small.pdf

Quellenangaben zu Station Akustik „Kommunikation der Biebe“

<http://www.badische-zeitung.de/fotos-neil-armstrong-der-erste-mann-auf-dem-mond-ist-tot?id=63365714>

<http://www.youtube.com/watch?v=XUgnMPebyZY>; [Bientanz2.avi]

Königin quakend.mp3

Bienen im Obstbaum.mp3

Screenshot „Audacity“

Geipel, Jäger, Reusch: „Physik I“; Buchner-Verlag 2002

Quellenangaben zu Station Wärmelehre „Die Biene, Heizung und Ventilator!“

<http://www.hobos.de/de/>

<http://www.etagreen.com/archive/103685/Honig-als-effizienter-Brennstoff.html>

<http://www.bienenforum.com/forum/showthread.php/657-Info-Block-Jänner-von-WL-Gerhard-Mohr>

9.2 Schülerfragebogen

Fragebogen Schüler

Allgemeine Fragen:

1. Bist du ein

Mädchen

Junge

- | | Trifft
genau zu | Trifft
meistens
zu | Trifft
weniger
zu | Trifft gar
nicht zu |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 2. Interessierst du dich für das Fach Physik? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Interessierst du dich für das Fach Biologie? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Interessierst du dich für die Honigbiene? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Hast du dir vor dem Schülerlabor schon einmal Gedanken gemacht über den Zusammenhang von Biene und Physik | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Fragen zum Schülerlabor:

6. Hat dir das Schülerlabor gefallen?

7. Mit welcher Station hast du begonnen?

Optik I Optik II Mechanik Akustik Wärmelehre

8. Welche Station hat dir am besten gefallen?

Optik I Optik II Mechanik Akustik Wärmelehre

Anhang

- | | Trifft
genau zu | Trifft
meistens
zu | Trifft
weniger
zu | Trifft gar
nicht zu |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 9. Hat dir das Schülerheft gefallen? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Begründe kurz:

- | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 10. Haben dir die Versuche Spaß gemacht? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11. Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Begründe kurz:

- | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 12. Hattest du für die Stationen genügend Zeit? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13. Hast du dir bei der Bearbeitung leicht getan? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Begründe kurz:

- | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 14. Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

Begründe kurz:

- | | | | | |
|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 15. Hast du heute etwas über Physik gelernt? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 16. Würdest du in der Schule gerne mehr über das Thema Biene erfahren? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Hier kannst du Tipps, Lob, Kritik und Anmerkungen äußern!

10. Quellenverzeichnis

Internetquellen:

[IQU1]: <http://www.hobos.de/de/lehrer-schueler/ueber-hobos/portrait.html>

[IQU2]: <http://de.wikipedia.org/wiki/Physikdidaktik>;

[IQU3]:

http://www.bwstiftung.de/uploads/tx_ffbwspub/dialog_wissenschaft_und_oeffentlichkeit.pdf

[IQU4]: <http://www.isb.bayern.de/download/9107/ph7.pdf>

[IQU5]: <http://www.isb.bayern.de/download/9108/ph8.pdf>

[IQU6]: <http://www.isb.bayern.de/download/9109/ph9.pdf>

[IQU7]: <http://www.heliport.de/lexika/hubschrauber-physiklexikon/#c65>

[IQU8]: <http://www.youtube.com/watch?v=0rHQE4sod3Y>

[IQU9]: http://de.wikipedia.org/wiki/Erfahrungsbasiertes_Lernen

[IQU10]:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/a/a9/Indirect_flight_in_insects.gif/250px-Indirect_flight_in_insects.gif

[IQU11]:

<http://www.etagreen.com/archive/103685/Honig-als-effizienter-Brennstoff.html>

[IQU12]: http://www.mind.uni-wuerzburg.de/mind_center/

Quellenverzeichnis

PDF-Quellen:

- [RLDD]: 554_801_Roentgeneraet_de.pdf
- [PKM]: Präsentation_Katharina Mondel.pptx
- [LKB12]: Prof_Kasper_120712_antrittsvorlesung_small.pdf
- [TFB02]: 91_Das_Festnetz_der_Bienen.pdf
- [TKN97]: 59_Bienenwabe_als_Kommunikationsnetz.pdf
- [TWS03]: 105_Bienentanz_versetzt_Waben_in_Schwingungen_02.pdf
- [RMH04]: 111_raumklimatisierung_Meisterleistung_d._honigbiene_02.pdf
- [TET10]: etagreen_2010.pdf

Buchquellen:

- [WSHPK]: Wiesener, Schecker, Hopf (Hrsg.): „Physikdidaktik kompakt“. Aulis Verlag
2011
- [KGHPTP]: Kircher, Girwidz, Häußler (Hrsg.): „Physikdidaktik- Theorie und Praxis“.
Springer Verlag 2009, zweite Auflage
- [WDPUHV]: Jörg Willer: „Didaktik des Physikunterrichts“ Verlag Harri Deutsch
- [KMTESP]: Kipler, Meyer, Topsch: „Einführung in die Schulpädagogik“ Studium
Kompakt. Cornelsen Scriptor Verlag
- [TMPWI]: Paul Tipler, Gene Mosca: „Physik für Wissenschaftler und Ingenieure“.
Spektrum Verlag
- [KNHB]: Klaus Nowottnick: „Die Honigbiene“. Westarp Wissenschaften-
Verlagsgesellschaft

Quellenverzeichnis

- [JTPHB]: Jürgen Tautz: „Phänomen Honigbiene“. Springer Verlag
- [KVFLB]: Karl von Frisch: „Aus dem Leben der Biene“. Springer Verlag 1993
- [WNIF]: Werner Nachtigall: „Insektenflug“. Springer Verlag 2003

11. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Facettenauge.....	27
Abbildung 2:	Bienenkompass.....	28
Abbildung 3:	Flugmuskulatur.....	29
Abbildung 4:	Schwänzeltanz.....	30
Abbildung 5:	Wärmebild Biene.....	32
Abbildung 6:	Röntgengerät.....	34
Abbildung 7:	Coanda-Effekt.....	36
Abbildung 8:	Bienenbrille.....	40
Abbildung 9:	3D-Bild der Biene.....	41
Abbildung 10:	Linsenabbildung.....	42
Abbildung 11:	Versuchsaufbau Sehschärfe.....	43
Abbildung 12:	Versuchsaufbau Farbspektrum.....	45
Abbildung 13:	Versuchsaufbau Polarisation.....	48
Abbildung 14:	Helikopter.....	49
Abbildung 15:	Versuch Hochfrequenzkamera.....	50
Abbildung 16:	Überblick über „Measure Dynamics“.....	51
Abbildung 17:	Versuchsaufbau Wellenausbreitung.....	53
Abbildung 18:	Bienenwabe.....	54
Abbildung 19:	Überblick über Audacity.....	54
Abbildung 20:	Gedankenexperiment.....	56

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 21:	Wärmebild Biene.....	58
Abbildung 22:	Wärmehaus.....	60
Abbildung 23:	Schüler bei Versuch „Ein- und Ausflug aus dem Bienenstock“.....	63
Abbildung 24:	Schüler bei Versuch „Bienenbrille“.....	64
Abbildung 25:	Schüler bei Versuch „CT-Station“.....	64
Abbildung 26:	Schüler bei Versuch „Linsenabbildungen“.....	65
Abbildung 27:	Schüler bei Versuch „Sehschärfe des Menschen und der Biene“....	66
Abbildung 28:	Schüler bei Versuch „Sehschärfe (Fehlsichtigkeit).....	67
Abbildung 29:	Schüler bei Versuch „Können Bienen Farben sehen?“.....	68
Abbildung 30:	Schüler bei Versuch „Farbspektrum“.....	69
Abbildung 31:	Schüler bei Versuch „Sonnenstrahlungsintensität“.....	69
Abbildung 32:	Schüler bei Versuch „Polarisiertes Licht“.....	70
Abbildung 33:	Schülerin bei Versuch „Polarisiertes Licht“.....	70
Abbildung 34:	Schüler bei Versuch „Auftrieb des Helikopters“.....	72
Abbildung 35:	Versuch „Frequenzbestimmung“.....	72
Abbildung 36:	Schüler bei Versuch „Kommunikation der Königin“.....	74
Abbildung 37:	Schüler bei Versuch „Schallübertragung“.....	74
Abbildung 38:	Schüler beim Studieren der Bienenwabe.....	75
Abbildung 39:	Schüler bei Versuch „Frequenzbestimmung“.....	76
Abbildung 40:	Schüler bei Zusatzversuch „Wecker“.....	77
Abbildung 41:	Schüler bei Versuch „Wärmeerzeugung durch Muskelbewegung“	78
Abbildung 42:	Schüler bei Versuch „Liegestützen“.....	78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 43:	Schüler bei Versuch „Wasserkühlung“	79
Abbildung 44:	Schüler bei Versuch „Wärmehaus“	79
Abbildung 45:	Schüler bei Versuch „Wärmehaus“	80

Diagramme Egbert-Gymnasium Münsterschwarzach:

Diagramm 1:	„Interessierst du dich für das Fach Physik?“	82
Diagramm 2:	„Interessierst du dich für das Fach Biologie?“	83
Diagramm 3:	„Interessierst du dich für die Honigbiene?“	84
Diagramm 4:	„Zusammenhang von Biene und Physik?“	85
Diagramm 5:	„Hat dir das Schülerlabor gefallen?“	86
Diagramm 6:	„Welche Station hat dir am besten gefallen?“	87
Diagramm 7:	„Hat dir das Schülerheft gefallen?“	88
Diagramm 8:	„Haben dir die Versuche Spaß gemacht?“	89
Diagramm 9:	„Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?“	90
Diagramm 10:	„Hattest du für die Stationen genügend Zeit?“	91
Diagramm 11:	„Hast du dir bei der Bearbeitung leicht getan?“	92
Diagramm 12:	Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht?...	93
Diagramm 13:	„Hast du heute etwas über die Physik gelernt?“	94
Diagramm 14:	„Würdest du gerne mehr über das Thema Biene erfahren?“	95

Diagramme Jakob-Stoll-Realschule Würzburg:

Diagramm 15:	„Interessierst du dich für das Fach Physik?“.....	97
Diagramm 16:	„Interessierst du dich für das Fach Biologie?“	98
Diagramm 17:	„Interessierst du dich für die Honigbiene?“	99
Diagramm 18:	„Zusammenhang von Biene und Physik?“	100
Diagramm 19:	„Hat dir das Schülerlabor gefallen?“	101
Diagramm 20:	„Welche Station hat dir am besten gefallen?“	102
Diagramm 21:	„Hat dir das Schülerheft gefallen?“	103
Diagramm 22:	„Haben dir die Versuche Spaß gemacht?“	104
Diagramm 23:	„Wie war die Zusammenarbeit in deiner Gruppe?“	105
Diagramm 24:	„Hattest du für die Stationen genügend Zeit?“	106
Diagramm 25:	„Hast du dir bei der Bearbeitung leicht getan?“	107
Diagramm 26:	Hat dich der Zusammenhang von Biene und Physik überrascht?..	108
Diagramm 27:	„Hast du heute etwas über die Physik gelernt?“	109
Diagramm 28:	„Würdest du gerne mehr über das Thema Biene erfahren?“	110

12. Danksagung

Abschließend möchte ich mich an dieser Stelle bei allen Unterstützern bedanken, die mir beim Erstellen des Lehr-Lern-Labors und bei der Durchführung mit den beiden Klassen geholfen haben.

Herrn Prof. Dr. Thomas Trefzger möchte ich für das Stellen des interessanten Themas und der Unterstützung und Beratung bei der Konzipierung des Schülerlabors danken.

Außerdem möchte ich mich sehr herzlich bei Herrn Dr. Christian Fauser bedanken, der mir beim Erstellen des Schülerhefts und der Auswahl der Versuche geholfen und mir sehr gute Ratschläge gegeben hat.

Einen großen Dank gilt auch Kathrin Löffler und Denise Fischer für die angenehme und konstruktive Zusammenarbeit im M!ND-Center und die tatkräftige Unterstützung beim Bau der Versuche.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Markus Elsholz für die unkomplizierte Beschaffung der Räumlichkeiten und die Benutzung des Computertomographen.

Besonders bedanken möchte ich mich noch bei Herrn Prof. Dr. Jürgen Tautz, der mir sehr viele Informationen über die Biene zukommen hat lassen und ohne den das Lehr-Lern-Labor der Biene in dieser Form nicht hätte stattfinden können.

Für die Hilfe bei der Durchführung des Schülerlabors möchte ich mich bei meinen Betreuern Johannes Fleckenstein, Florian Trißl, Simon Stipani, Heiko Fritsche und Andreas Gredel bedanken. Vielen Dank für die kompetente Betreuung der Stationen und das Engagement während der beiden Durchführungen!

Danksagung

Außerdem möchte ich mich bei den beteiligten Schülern und Lehrkräften des Egbert-Gymnasiums Münsterschwarzach und der Jakob-Stoll Realschule für die Teilnahme an meinem Lehr-Lern-Labor bedanken.

Abschließend möchte ich mich bei allen bedanken, die mich bei meiner Zulassungsarbeit im Hintergrund unterstützt haben und hier nicht aufgezählt wurden. Vielen Dank für die Hilfe und Unterstützung zum Entstehen dieser Arbeit!

Vielen Dank!

13. 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 Diagramme selbst erstellt.

Würzburg, den _____

Unterschrift: _____