

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Themeneinführung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Vorwort.....	1
1.2 Anmerkung .....	2
<b>2 Didaktische Grundlagen.....</b>	<b>3</b>
2.1 Der Lehrplan in Bayern.....	3
2.2 Definition und Zweck von Schülerlaboren.....	4
2.3 Schülerversuche.....	5
2.3.1 Bedeutung, Vorteile und Probleme von Schülerexperimenten.....	5
2.3.2 Kritik an der Wirksamkeit von Schülerexperimenten.....	7
2.3.3 Experimente im Schülerlabor .....	9
2.4 Das Interesse .....	9
2.5 Empirische Studien und Artikel zu Schülerlaboren.....	10
2.5.1 Schülerlabors als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften zu wecken..	10
2.5.2 Förderung von Motivation und Interesse.....	11
2.5.3 Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte.....	12
2.5.4 Außerschulische Lernorte aus der Perspektive der Lehrkraft.....	14
2.5.5 Wissenschaftliche Artikel über Schülerlabors und deren Wirksamkeit.....	15
2.5.6 Astronomie im Schulunterricht.....	16
2.5.7 Probleme bei der Behandlung astronomischer Themen im Unterricht .....	17
<b>3 Physikalische Grundlagen.....</b>	<b>19</b>
3.1 Das Spektrum.....	19
3.1.1 Elektromagnetisches Spektrum.....	19
3.1.2 Thermische Strahler.....	20
3.1.3 Emissions- und Absorptionslinien.....	21
3.1.4 Spektralklassifikation .....	23
3.1.5 Beobachtungsinstrumente.....	23
3.1.6 Das Spektroskop.....	23
3.1.7 Die CCD-Kamera.....	24
3.1.8 Solar and Heliospheric Observatory.....	25
3.1.9 Monet.....	25
3.1.10 Radioastronomie.....	27
3.2 Die Sonne.....	28
3.2.1 Das Sonneninnere.....	29
3.2.2 Die Sonnenatmosphäre.....	31
Photosphäre.....	31
Chromosphäre.....	32
Korona.....	33
3.2.3 Das Sonnenspektrum.....	33
3.2.4 Sonnenaktivität.....	35
Sonnenflecken und der Zusammenhang zum Magnetfeld der Sonne.....	35
Fackeln.....	39
Protuberanzen.....	39
Flares.....	40
Solare Radioemission.....	40
3.2.5 Die Solarkonstante und die Leuchtkraft der Sonne .....	40
3.2.6 Sonnenbeobachtung.....	41
3.3 Etwas Kosmologie.....	41
3.3.1 Der Urknall.....	41
Die Planck-Ära.....	41
GUT-Ära.....	42

Elektroschwache Ära.....	42
Hadronen-Ära.....	42
Nukleosynthese-Ära.....	42
Ära der Atomkerne .....	43
Ära der Atome und die Ära der Galaxien.....	43
3.4 Der Hubble-Effekt.....	43
3.4.1 Hintergrundstrahlung.....	45
<b>4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“ .....</b>	<b>47</b>
4.1 Konzeption .....	47
4.2 Aufbau.....	48
4.3 Station eins: Radioastronomie.....	49
4.3.1 Benötigte Materialien.....	49
4.3.2 Aufbau und Durchführung.....	50
4.3.3 Anmerkung.....	54
4.3.4 Voraussetzungen.....	54
4.3.5 Lernziele.....	54
4.4 Station zwei: Sonne und Schwerelosigkeit.....	55
4.4.1 Benötigte Materialien.....	55
4.4.2 Sicherheitshinweis.....	57
4.4.3 Aufbau und Durchführung.....	57
4.4.4 Anmerkungen.....	59
4.4.5 Voraussetzungen.....	60
4.4.6 Lernziele.....	60
4.5 Station drei: das Spektrum.....	61
4.5.1 Benötigte Materialien.....	61
4.5.2 Voraussetzungen.....	66
4.5.3 Lernziele.....	66
4.6 Station vier: Monetbeobachtung.....	67
4.6.1 Benötigte Materialien.....	67
4.6.2 Durchführung.....	67
4.6.3 Anmerkungen.....	75
4.6.4 Voraussetzungen.....	76
4.6.5 Lernziele.....	76
4.7 Station fünf: Hubbleeffekt.....	77
4.7.1 Benötigte Materialien.....	77
4.7.2 Aufbau und Durchführung.....	77
4.7.3 Auswertungsbeispiel.....	80
4.7.4 Lernziele.....	80
4.7.5 Voraussetzungen.....	80
4.8 Station sechs: Solarkonstante.....	81
4.8.1 Benötigte Materialien.....	81
4.8.2 Aufbau und Durchführung .....	82
4.8.3 Auswertungsbeispiel.....	85
4.8.4 Voraussetzungen.....	86
4.8.5 Lernziele.....	86
4.9 Lehrplanbezug.....	87
4.9.1 Physikalische Grundkenntnisse in G9.....	87
4.9.2 Ergänzung des Lehrplans in G9.....	87
4.9.3 Grundkenntnisse in G8.....	88
4.9.4 Ergänzung des Lehrplans in G8.....	89
<b>5 Die Durchführung des Schülerlabors.....</b>	<b>91</b>
5.1 Erste Durchführung am 13.November 2009.....	91
5.2 Zweite Durchführung am 24. November 2009.....	92

5.3	Dritte Durchführung am 23.Dezember 2009.....	94
<b>6</b>	<b>Auswertung der Fragebögen.....</b>	<b>97</b>
6.1	Auswertung der ersten Durchführung.....	97
6.1.1	Bewertung des Laborbesuchs.....	97
6.1.2	Das Interesse der Schüler .....	103
6.1.3	Bewertung der Ergebnisse.....	104
6.2	Auswertung der zweiten Durchführung.....	105
6.2.1	Bewertung des Laborbesuchs.....	105
6.2.2	Das Interesse der Schüler.....	110
6.2.3	Bewertung der Ergebnisse.....	111
6.3	Auswertung dritten Durchführung am.....	112
6.3.1	Bewertung des Labors.....	112
6.3.2	Das Interesse der Schüler .....	116
6.3.3	Bewertung der Ergebnisse.....	117
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>119</b>
<b>8</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>121</b>
<b>9</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>123</b>
9.1	Arbeitsblätter.....	123
9.2	Der Vortrag.....	140
9.3	Der Fragebogen.....	167
9.4	Ergebnisse der Fragen zum Interesse .....	172
9.4.1	Ergebnisse der ersten Durchführung.....	172
9.4.2	Ergebnisse der zweiten Durchführung.....	181
9.4.3	Ergebnisse der dritten Durchführung.....	191
9.5	Bilder der Durchführung.....	201
9.6	Plakat zu Werbezwecken.....	204
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>205</b>
<b>11</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>211</b>
<b>12</b>	<b>Selbstständigkeitserklärung.....</b>	<b>213</b>



# 1 Themeneinführung

## 1.1 Vorwort

Die Astronomie fasziniert die Menschen schon seit jeher. Zeugnisse dafür finden wir zum Beispiel in Bauwerken wie Stonehenge in England, im astronomischen Kalender der Maya oder auch der Religion der Ägypter, deren höchster Gott, der Sonnengott Re war. Auch in der heutigen Zeit ist eine Faszination der Menschen für die Astronomie zu erkennen. Unzählige Menschen verfolgten 1969 die erste Mondlandung im Fernsehen oder beobachteten die Sonnenfinsternis im Jahre 1999.

Doch trotz des breiten Interesses in der Bevölkerung, fällt bei einem Blick in den Lehrplan für G8 oder G9 auf, dass die Astronomie bzw. Astrophysik sehr spärlich vertreten ist, wenn nicht gerade ein Astrophysik GK gewählt wird. Dies ist sehr bedauerlich, vor allem, wenn bedacht wird, dass die Astrophysik eine Thema ist, für das die Schüler begeistert werden können und durch das ihnen womöglich sogar ein Zugang zur Physik eröffnet wird.

Darüber hinaus werden für die Astrophysik viele physikalische Grundlagen gebraucht und somit bisher erworbene Kenntnisse wiederholt, vertieft und angewendet. Auch wird das vorhandene Wissen durch Anwendungsbeispiele und Beispiele aus dem Alltag ergänzt, was den Schülern die Bedeutung von Physik verdeutlicht.

Das Schülerlabor eröffnet den Schülern eine Vielzahl von Möglichkeiten zu experimentieren und zu lernen, die ihnen an der Schule nicht geboten werden, da viele Versuche und Themen oftmals sehr (zeit-)aufwändig sind oder Materialien gebraucht werden, die nicht in jeder Schule vorhanden sind. Häufig ist in der Schule keine so intensive Betreuung wie im Schülerlabor möglich, da im Vergleich zum Unterricht den Schülern an jeder Station ein Betreuer weiterhelfen kann, sodass sie jederzeit die Möglichkeit dazu haben, Fragen zu stellen und zu diskutieren.

Im Schülerlabor Astrophysik – mehr als nur „Sternegucken“ sollen die Schüler einen Einblick in die Astrophysik bekommen und deren verschiedene Teildisziplinen kennen lernen. Ihnen soll klar werden, dass Astrophysik sich nicht nur auf optische Teleskope beschränkt, mit denen Sterne, Galaxien und andere Objekte beobachtet werden, sondern sich auch mit Themen aus Radioastronomie, Kosmologie und Spektroskopie beschäftigt. Auch der infrarote Bereich der elektromagnetischen Strahlung und die Schwerelosigkeit werden untersucht, sodass die Schüler zukünftig nicht ausschließlich an „Sternegucken“ denken, wenn sie den Begriff „Astrophysik“ hören.

Für die Auswahl des Themas dieser schriftlichen Hausarbeit war vor allem auch das eigene Interesse an der Astrophysik von Bedeutung und der Wunsch, Schüler für dieses Thema zu begeistern. Ein Schülerlabor stellt dafür eine gute Möglichkeit dar und ist auch eine gute Gelegenheit zu praktischem Arbeiten mit Schülern, was sich eher selten im Lehramtsstudium ergibt.

Im theoretischen Teil werden zunächst didaktische Grundlagen zu Schülerlaboren und Schülerversuchen erläutert, ein kurzer Einblick in die aktuellen Forschungsergebnisse gegeben und kurz die Astronomie im Unterricht angeschnitten. Darüber hinaus werden die physikalischen Grundlagen behandelt, die zum Verständnis der Stationen des Schülerlabors und deren Hintergründe nötig sind.

## 1 Themeneinführung

---

Anschließend wird im praktischen Teil auf das Schülerlabor an sich genauer eingegangen. Es werden die einzelnen Stationen besprochen und deren Themen in den Lehrplan eingeordnet. Abschließend wird kurz über die Durchführung des Labors berichtet.

Im Anhang sind Arbeitsblätter, der Einführungsvortrag, einige Bilder von der Durchführung sowie der Fragebogen und seine Auswertung zu finden.

### 1.2 Anmerkung

Heutzutage werden die Begriffe „Astronomie“ und „Astrophysik“ meist sinngleich verwendet. „Gegenwärtig ist ... die astronomische Forschung ohne Physik undenkbar.“ Diese Wandlung fand Mitte des 19. Jahrhunderts statt, als neue Mess- und Untersuchungsmethoden nicht nur ermöglichten, die Richtung der eintreffenden Strahlung zu registrieren, sondern auch qualitative und quantitative Messungen durchzuführen. Allerdings wurde bis Mitte unseres Jahrhunderts nur Strahlung in Form von Licht gemessen, erst dann erschloss sich uns das gesamte elektromagnetische Spektrum vom Radio- bis zum Gammabereich sowie der Neutrino, Höhen und Gravitationsstrahlung. All diese Messungen liefern nach wie vor die wesentlichen Informationen. Aus diesem Grund werden die Begriffe Astronomie und Astrophysik in dieser Arbeit analog verwendet [GÖT,1998].

## 2 Didaktische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die didaktischen Grundlagen des Schülerlabors behandelt. Zunächst wird auf Forderungen im Lehrplan, Schülerlabore generell und Schülerversuche genauer eingegangen. Es werden ebenfalls Studien über Schülerlabore und Expertenmeinungen über deren Wirksamkeit, sowie die Rolle der Astronomie im Unterricht kurz zusammengefasst. Zum Schluss wird auf die Möglichkeiten von Astrophysik im Unterricht eingegangen.

### 2.1 Der Lehrplan in Bayern

Im Lehrplan für G8 an bayrischen Gymnasien werden Kompetenzen und auch die Erreichung von Zielen gefordert, die durch den Besuch eines Schülerlabors gefördert werden können.

Das Gymnasium soll die nötigen Kompetenzen zur Aufnahme und Bewältigung eines Studiums sowie des Berufes schaffen [SPA,2004]. Dazu gehören überfachliche Kompetenzen wie: „Selbstkompetenz (z.B. Leistungsbereitschaft, Ausdauer, Konzentrationsfähigkeit, Verantwortungsbereitschaft, Zeiteinteilung, Selbstvertrauen), Sozialkompetenz (z.B. Kommunikationsfähigkeit, Teamfähigkeit, .., Toleranzbereitschaft, Gemeinschaftssinn, Hilfsbereitschaft), Sachkompetenz (z.B. Wissen, Urteilsfähigkeit) und Methodenkompetenz (z.B. Präsentationstechniken, fachspezifische Arbeitsmethoden)“ [ISB,2004b] und darüber hinaus Durchhaltevermögen, Flexibilität, Offenheit für Neues sowie kritische Urteilsfähigkeit. Vor allem interdisziplinäres und fächerübergreifendes Lernen sowie Teamarbeit in z.B. Gruppen oder bei Projektarbeiten spielt eine zentrale Rolle. Hierfür kann internationale Zusammenarbeit in Physik ein gutes Vorbild darstellen.

Den Schülern soll bewusst werden, dass am Gymnasium kein isoliertes Fachwissen vermittelt wird, sondern „ganzheitliche, von den verschiedenen Fächern unter gleichen Zielen getragene ganzheitliche Bildungsarbeit“ geleistet wird. „Alle Schüler sollen motiviert werden, die vielfältigen Lernangebote des Gymnasiums zu nutzen sowie ihren schulischen Pflichten nachzukommen. Ziel ist es, sie zu interessierten, aufgeschlossenen und leistungsbereiten jungen Menschen zu erziehen [ISB,2004a].“

Es sollen Grundlagen vertieft, „Gelerntes in neue Zusammenhänge .. übertragen ... Neugier auf Unbekanntes und die Einsicht in die Notwendigkeit lebenslangen Lernens“ geschaffen werden. Ebenfalls sollen „Interessierte und begabte Schüler .. durch gezielte Förderung dazu ermutigt werden, eine naturwissenschaftliche oder technisch orientierte Berufsausbildung anzustreben.“ Vom Unterricht wird die Behandlung aktueller Fragen und der Forschung gefordert [ISB,2004a]. Er soll praktischer und lebensnäher gestaltet werden. Um dies zu erreichen wird eine enge Kooperation mit außerschulischen Partnern, wie zum Beispiel Schülerlaboren, vorgeschlagen [SPA,2004]. Sie ermöglichen es, „[Schülern] weitere Lern- und Lebenserfahrungen zu eröffnen, die ihre Flexibilität und Entdeckerfreude sowie ihren Unternehmergeist entwickeln helfen: Praktika in der Wirtschaft oder in sozialen und kirchlichen Einrichtungen, Betriebserkundungen, gemeinsame Veranstaltungen mit Hochschulen oder Auslandsaufenthalte fördern in besonderer Weise den Bezug zwischen Gelerntem und der Lebenswirklichkeit [ISB,2004a].“

### 2.2 Definition und Zweck von Schülerlaboren

Schülerlabore sind außerschulische Lernorte, an denen Schüler sich mit wissenschaftlichen Problemstellungen auseinandersetzen und sich in Form von Experimenten mit Naturwissenschaften sowie Mathematik, Informatik und Technikwissenschaften beschäftigen. [LEL,2010] Sie sind in ihrer Konzeption sehr unterschiedlich [PRI,2009]. Trägerinstitutionen sind Universitäten, Forschungseinrichtungen, Museen, Science Center oder die Industrie [EUL,2009]. Die Labore unterscheiden sich durch finanzielle und personelle Mittel, was auch die Häufigkeit der Durchführungen und die Ausstattung mit Geräten beeinflusst [BRE,2003]. Der Besuch in einem Labor dauert einen Vormittag oder länger, währenddessen die Schülerinnen und Schüler von diplomierten Naturwissenschaftlern, Gymnasiallehrern, studentischen Hilfskräften oder technischem Personal betreut werden. Hierbei wird großen Wert auf selbstständiges Arbeiten gelegt. Manche Schülerlabore sind „stark strukturiert“, dies bedeutet, dass Schülerinnen und Schüler ein „festes Programm“ durchlaufen, andere lassen Raum sich „ungezwungen mit selbst gewählten Themen, Experimenten und Exponaten“ zu beschäftigen [PRI,2009]. Die „Herausforderungen [des Schülerlabors] sind in Zusammenarbeit zu lösen.“ Meistens sind die Schülerlabore für bestimmte Klassenstufen ausgelegt und verlangen einen kleinen Beitrag zur Kostendeckung [EUL,2009].

Schülerlabore ermöglichen den Schülerinnen und Schülern „erfahrungsbasierte Zugänge zu Prozessen der Forschung und Entwicklung“ und eine „Begegnung mit modernen Natur- und Ingenieurwissenschaften.“ Die Aufgaben aus Wissenschaft und Technik sind möglichst authentisch, herausfordernd, lebensweltbezogen, sowie problemorientiert. Die zu bearbeitenden Aufgaben sind so gestaltet, dass diese mit angemessener Unterstützung lösbar sind. Sie „[b]ieten ... Lerngelegenheiten und Möglichkeiten zur Entfaltung individueller Stärken im Rahmen von Team- und Projektarbeit“, wobei „fachliche und überfachliche Kompetenzen (hard skills ebenso wie soft skills) ... dabei gleichermaßen angesprochen“ werden. Es werden „Erfahrungen über potenzielle Tätigkeitsfelder und Berufsbilder im Naturwissenschaftlich-technischen“ gesammelt sowie „mögliche Rollenmodelle für Mädchen und junge Frauen“ präsentiert [NOR,2009].

Der „Unterricht [ist] oft in seinem schulischen Rahmen „gefangen“ und damit nicht selten sogar etwas lebensfern. Außerschulisches Lernen bietet demgegenüber neue Möglichkeiten: Der Unterricht kann bereichert werden durch besonders authentische Erlebnisse während dem Besuch eines Forschungs- oder Schülerlabors. [NOR,2009].“ Schülerlabore ermöglichen ihren Besuchern „... Phänomene, Experimente und Situationen [zu] erleb[en] ...“, die die Schule „üblicherweise nicht bieten kann: ... historische Exponate, komplexe Erlebniswelten „zum Anfassen“ , hochmoderne Experimente in Forschungslaboren oder einfach gemeinsame[s] Explorieren an einem fremden, .. exotischen Lernort [NOR,2009].“ Schülerinnen und Schüler können „selbst aktiv“ werden und eigenständig praktisch „an interessanten thematischen und methodischen Kontexten“ arbeiten und vor allem experimentieren. Dabei entsteht „nicht abfragbares Wissen“ und es werden wichtige fachliche Kompetenzen, „soziale(r) Erfahrungen und Orientierungen“ gefördert [EUL,2009].

So unterschiedlich die einzelnen Schülerlabore auch sein mögen, ihre Ziele sind meistens eindeutig. „Anders als Biologie rufen Physik und Chemie wie auch Französisch ein hohes Maß an Ablehnung und nur wenig Zustimmung hervor.“ „Mathematik, Physik und auch Erdkunde sind



die Domänen der Jungen, während bei den Mädchen positive Nennungen bei den Sprachen, Kunst und Musik überwiegen [ENG, 2004].“ Guderian stellt fest: „Interesse an Physik [nimmt] im Laufe der Sekundarstufe I kontinuierlich .. ab [GUD, 2006].“ Eine Folge davon sind rückläufige Studentenzahlen in Naturwissenschaften und ein hoher Bedarf an Naturwissenschaftlern, der in den kommenden Jahren schwer zu decken sein wird [HÜL,2003].

Schülerlabore sollen Interesse und „Aufgeschlossenheit für Naturwissenschaften und Technik fördern“ [EUL,2005], die Gewinnung von neuem Nachwuchs unterstützen [GUD,2008] sowie allgemein das Image der Naturwissenschaften verbessern und Schülern deren Methoden näher bringen. Die „frühe Förderung und den Spaß am Experimentieren“ soll dabei nicht außer Acht gelassen werden [EUL,2009]. Es sollen Ängste und Vorbehalte genommen [ENG,2004] und den Schülerinnen und Schülern klar werden, dass Naturwissenschaften etwas alltägliches sind [GUD,2006] und eine große Bedeutung für unsere Gesellschaft haben [EUL,2005]. Die Bildung soll verbessert werden, indem „naturwissenschaftliche Inhalte, Arbeitsweisen und adäquate Ansichten ...“ vermittelt werden [EUL,2005]. Während des Besuches soll es für Schülerinnen und Schüler möglich sein, sich selbstständig und aktiv mit „authentischen Forschungszusammenhängen und Arbeitsweisen“ auseinander zu setzen [EUL,2005].

Neben den oben aufgeführten schülerbezogenen Zielen werden „Schülerlabors als didaktische Werkstatt mit Möglichkeiten zur Entwicklung, Erprobung und Evaluierung naturwissenschaftlich-didaktischer Konzepte [GUD,2008]“ und bei der Ausbildung zukünftiger Lehrkräfte genutzt [BRE,2003].

## 2.3 Schülerversuche

Über den Zusammenhang von Schülerlaboren und Schülerexperimenten bemerkte Engeln sehr treffend: „Die sogenannten Schülerexperimente stehen zu den Schülerlabors ... in Beziehung, da es ein charakteristisches Merkmal aller Schülerlabore ist, dass Schülerinnen und Schüler dort die Möglichkeit haben, Experimente selbst durchzuführen [2004].“ Aus diesem Grund werden im Folgenden Schülerversuche etwas genauer betrachtet.

### 2.3.1 Bedeutung, Vorteile und Probleme von Schülerexperimenten

„Das Experiment als Werkzeug physikalischer Forschung ist ein wiederholbares, objektives, d.h. vom Durchführenden unabhängiges Verfahren zur Erkenntnisgewinnung. Unter festgelegten und kontrollierbaren Rahmenbedingungen werden Beobachtungen an physikalischen Prozessen und Objekten durchgeführt; Variablen systematisch verändert und Daten gesammelt [KIR,2001].“

Das Experiment im Physikunterricht ist nach Duit weniger durch seine „Bedeutung im Erkenntnisprozess“ gerechtfertigt, als durch seine didaktische Bedeutung. Aus dem (wissenschaftlichen) Experiment wurden sonst, z.B. zu Zeiten Newtons, Theorien induktiv abgeleitet, d.h. es wird ein Experiment durchgeführt, eine Beobachtung gemacht und deren Interpretation führt dann zu dem jeweiligen Gesetz. Diese Art der Erkenntnisgewinnung ist heute überholt. Viel mehr „sind [es] didaktische Argumente, die dem Experiment eine Sonderstellung unter den Medien zukommen lassen ...“. Duit bezeichnet sie sogar als „wichtigste[s] Medium im Physikunterricht.“ Er nennt als Ziele von Experimenten die Gewinnung

## 2 Didaktische Grundlagen

---

von „formaler Bildung“, Schulung der Beobachtungsgabe und der Sinne, „Entwicklung des kausalen und formalen Denkens“ und die Einsicht in Naturwissenschaften.

Es gibt zwei Arten von Experimenten, die in der Schule durchgeführt werden: Lehrer- und Schülerexperimente. Sie unterscheiden sich, wie der Name schon sagt, darin, wer das Experiment durchführt [DUI,1981]. Auf Lehrerexperimente soll an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, da sie für Schülerlabore keine Bedeutung haben.

Kircher teilt die Ziele von Schülerversuchen in den „Erwerb fachspezifischer Handlungsschemata und experimenteller Fähigkeiten“ sowie das Verstehen physikalischer „Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhänge“ auf. Des Weiteren sind sie wichtig „für [die] Entwicklung sozialen Verhaltens in Partner- und Gruppenarbeit“, zum Beispiel „Hilfsbereitschaft, Toleranz, Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit“, sowie für „angemessene Einstellung und Werthaltung“, wie „Freude an der Physik, präzises, zielstrebiges Arbeiten .. [und] Ausdauer [KIR,2001].“

Schülerversuche haben gegenüber Demonstrationsversuchen den Vorteil, dass sie den Drang nach Eigentätigkeit entgegenkommen und einen Wechsel der Unterrichtsform ermöglichen [KIR,2001]. Dazu kommt, dass die Schülerinnen und Schüler beim „Lehrerexperiment ... kaum den unmittelbaren Kontakt mit dem Objekt“ haben und sich meistens weniger intensiv mit dem Thema beschäftigen [DUI,1981]. Knoll bemerkt dazu: „Der Erwerb von geistigen und manuellen Fähigkeiten und Fertigkeiten als ein wesentliches Ziel des Physikunterrichts ist nicht voll gewährleistet, wenn der Schüler nur dem Lehrerversuch zusehen darf [1978].“ Der „Aufbau und Ablauf“ der Schülerversuche wird „aufgrund der direkten Beteiligung im Allgemeinen gut erfasst [KIR,2001].“ Es ist „eine altbekannte Tatsache, daß das, was man selbst tut, auch besser im Gedächtnis haftet, als das, was man hört oder sieht.“ Bei Schülerexperimenten wird das auditive, visuelle und motorische Gedächtnis angesprochen [KNO,1987]. Die Schüler machen „wichtige Grunderfahrungen“, indem sie „Schwierigkeiten [überwinden] und erfolgreiche Datenerfassung“, den „Umgang mit technischen Geräten und Versuchsaufbauten“ lernen. Zudem bieten sich Individualisierungs- und Differenzierungsmöglichkeiten an und „kooperatives Arbeiten in Gruppen wird realisierbar [KIR,2001].“ „[S]chwächere Schüler der Gruppe können sich an den stärkeren orientieren“ und durch „[N]achahmen und [M]ithelfen [so] Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben.“ Probieren und experimentieren die Schülerinnen und Schüler selbst, so bleibt das Interesse am Unterricht erhalten und es gelingt die „Erreichung der Lernziele optimal zu fördern [KNO,1978].“

Bei der Vorbereitung der Versuche muss Knoll zufolge beachtet werden, dass die Schülerversuche methodisch richtig eingesetzt werden sowie an „Schülererfahrungen angeknüpft und gut vorbereitet“ sind. Hierbei ist noch zu beachten, ob Schüler daran gewöhnt sind, Beobachtungen zu machen oder ob diese „lückenhaft“, „ungenau“ und mit vielem Unwesentlichen überfüllt sind. Es ist wichtig, dass der Versuch ein klares, überzeugendes Bild von der Gesetzmäßigkeit gibt, von Schülern durchgeführt werden kann und die gewählten Geräte bzw. der gewählte Aufbau das beste Ergebnis liefern. Es sollen bestimmte Arbeitstechniken gefördert, Beobachtungen gemacht und Lernziele erreicht werden. Diese sollen in einem angemessenen Verhältnis zum Aufwand stehen. Darüber hinaus sollten Schüler alles, was sie selbst können auch selbst erledigen, auch bei der Planung sowie dem Aufbau. Sie sollten beim Experimentieren ermuntert werden, richtig zu schätzen, genau zu messen und Ergebnisse richtig wiederzugeben, um eine Vorstellung über Größenverhältnisse zu bekommen [KNO,1978].

Beim Experimentieren in größeren Gruppen, besteht die Gefahr, dass nur ein Teil der Schüler arbeitet. Innerhalb einer Gruppe sollten die Schüler miteinander auskommen und auch in der Lage sein, die Leistung anderer anzuerkennen [KNO,1978].

Es sollte auch nicht außer Acht gelassen werden, dass das Kontrollieren von qualitativen Versuchen recht schwierig ist, währenddessen bei quantitativen Versuchen großer Wert auf „Genauigkeit“, „ernsthafte Arbeiten“ und „sinnvolle Ergebnisse“ gelegt wird [KNO,1978]. Besonders betont Knoll induktive Versuche, die von Duit wiederum kritisiert werden (Vgl.oben). Hier wird zuerst eine Messung durchgeführt. Diese wird dann ausgewertet, wobei sich unter Berücksichtigung von Messgenauigkeit und evtl. von Fehlern, dann zeigt, ob der Versuch gelungen ist oder nicht [KNO,1978]. Kircher warnt darüber hinaus noch vor Disziplinsschwierigkeiten [2001].

### 2.3.2 Kritik an der Wirksamkeit von Schülerexperimenten

Neben den Schwierigkeiten, die bei der Vorbereitung oder der Durchführung von Schülerexperimenten auftreten können, gibt es noch allgemeine Kritik an ihrer Wirksamkeit. Ein gutes Beispiel dafür ist die Dissertation von Martin Hopf: „Problemorientierte Schülerexperimente“ in der deren Wirksamkeit untersucht. „Trotz langjähriger empirischer Forschung konnte die Wirksamkeit von Schülerexperimenten nicht eindeutig belegt werden. Das betrifft .. nicht nur die Vermittlung kognitiven Wissens, auch die Verbesserung experimenteller Fähig- und Fertigkeiten der Schülerinnen und Schüler oder deren Einstellungen ...[, die] nicht automatisch verbessert [werden], falls Schülerexperimente eingesetzt werden.“

Hopf führt in seiner Dissertation Probleme auf, die beim Experimentieren auftreten. Dazu zählt „gedankenloses Durchführen der Experimente“, mangelnde Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler sowie der zu große Einfluss der Alltagsvorstellungen. Oft weichen die vom Lehrer gesetzten Zielen von den, von Schülern wahrgenommenen Zielen, ab. Die „Vermittlung experimenteller Fähigkeiten“ ist mangelhaft und in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler findet keine Verbindung von Theorie und Praxis statt. Auch werden kaum Erfolge „beim Wissenserwerb oder bei den Einstellungen“ verbucht. Es werden unter anderen die „kochbuchartige[n] Handlungsanweisungen“ kritisiert, die allein durch „[wörtliche] Befolgung“ der Anweisungen zum Erfolg führen. Diese sind nicht abwechslungsreich genug und lassen den Schülern kaum Freiheiten.

Außerdem prangert Hopf an, dass „es besonders schwer [wiegt], dass sich in der fachdidaktischen Literatur ein Bild des naturwissenschaftlichen Experimentierens eingeschlichen hat, das nur sehr bedingt mit der realen Arbeit in Labors zu tun hat.“ Dies erinnert an Duit, der anmerkt, dass Experimente im Unterricht in der heutigen Zeit nicht mehr die Aufgabe haben, den wissenschaftlichen Erkenntnisprozess zu verdeutlichen.

Hopf zufolge würden „einige Autoren“ daran zweifeln, dass Interessens- und Motivationssteigerung sowie die Steigerung experimenteller Fähigkeiten immer gelingt. Gleichzeitig macht Hopf auch Verbesserungsvorschläge, um die Wirksamkeit von Schülerexperimenten zu erhöhen. Er fordert die Erhöhung „der Passung zwischen Ansprüchen und Realität“ und eine „Erhöhung der Offenheit“ sowie der „Authentizität der Experimente ... [und] der Problemstellungen.“ Die Experimente sollen „lebensnäher“ sein und besser betreut werden. Zudem sollten „die eingesetzte[n] Materialien [sehr genau] an die ausgewählten Ziele“

## 2 Didaktische Grundlagen

---

angepasst sein. Kurz gesagt: „Insgesamt geht es ... immer um die Frage, wie es gelingen kann, höherwertige Verarbeitungsstrategien der Kinder und Jugendlichen anzuregen und diese zum Nachdenken über die Experimente zu bewegen.“

Hopf führt eine empirische Studie durch, bei der er untersucht, „in wie weit es durch entsprechend gestaltete Lernumgebungen zum Experimentieren gelingen kann, das Physiklernen der Schülerinnen und Schüler zu unterstützen und darüber hinaus auch deren Einstellung zu Physik und zum Physikunterricht (wie z.B. Interesse oder Motivation) zu verbessern.“

Er geht davon aus, dass durch „authentische, offen formulierte Problemsituationen nicht nur der Wissenserwerb, sondern auch Interesse und Motivation unterstütz[t]“ werden. Sein Ziel ist es, dass die Schüler „in authentischen Kontexte[n] und realistische[n] Situationen arbeiten[,] ... problemlösend arbeiten[,] ... ihr physikalisches Vorwissen aktivieren und dabei vertiefen[,] ... Physik als interessant erleben und Vertrauen in ihre Fähigkeiten gewinnen.“ Dazu wurden Materialien mit Alltagsbezug und passenden Problemstellungen mit Experimenten entwickelt, die nicht durch „Trail-an-Error“ gelöst werden können. Zusätzlich wurden noch zur Differenzierung Hilfekarten und Zusatzaufgaben erstellt. „An der Untersuchung nahmen ... neunte und zehnte Klassen bayrischer Gymnasien teil“, die zum Teil problemorientierte Experimente durchführten. Deren Ergebnisse wurden teilweise mit einer Kontrollgruppe verglichen, die „traditionell konzipierte, kochbuchartige“ Schülerexperimente durchführten bzw. am regulären Physikunterricht teilnahmen.

Hopf bezeichnet problemorientierte Schülerexperimente als „eine Bereicherung für den Schulalltag“, da die Experimente von Lehrern und Schülern „positiv bewertet“ werden, Schüler sie als „interessant und bereichernd“ empfinden und darüber hinaus zu „einer intensiven Beschäftigung ... mit physikalischen Inhalten während des Experimentierens“ führen.

Es wird beobachtet, dass die Schülerinnen und Schüler die „behandelten Inhalte“ sehr nachhaltig lernen, da sie „noch nach mehreren Monaten“ Fragen dazu gut beantworten können, wobei bei der „Kontrollgruppe ... ein deutlicher Vergessenseffekt“ eintritt. Allerdings werden die konkreten Inhalte besser von Schülern als von Schülerinnen gelernt. Problemorientierte Schülerexperimente führen „zu einem verbesserten begrifflichen Verständnis physikalischer Inhalte“ sowie „zum Einsatz wünschenswerter Lernstrategien wie Elaboration oder kritisches Überprüfen.“ Hopf stellt fest, dass „problemorientierte Schülerexperimente ... dem üblichen Absinken von Interesse, Selbstwirksamkeitserwartung“, „Relevanz der Lernumgebung“, „Forschungsdrang“, „Motivation“, „Kommunikation“ bzw. „Kooperation“ und „Interessantheit von Experimenten“ „leicht entgegen[wirken].“ Darüber hinaus „[profitieren besonders] Schülerinnen und Schüler, die Experimentieren im Vorfeld als wenig relevant erleben“, vor allem in Bereichen des Verständnisses sowie des Inhalts. „[H]ohes Vorwissen erleichtert die Bearbeitung“, während der sich „die Jugendlichen intensiv mit physikalischen Fragestellungen beschäftigen und währenddessen auch über Physik sprechen. Dies betrifft nicht nur vorwissensstarke, sondern besonders auch Schülerinnen und Schüler mit geringen Vorkenntnissen.“

Trotz vieler positiver messbarer Effekte wurde kein signifikanter Unterschied zu herkömmlichen Schülerexperimenten bzw. zum normalen Unterricht festgestellt, deswegen folgert Hopf aus seiner Studie: „Selbst das Einbeziehen verschiedener Forderungen an erfolgreiche Schülerexperimente wie Offenheit, Authentizität usw. führt immer noch nicht zu verbessertem Lernen oder positiven Einstellungen der Schülerinnen und Schüler. Die alte didaktische Forderung nach dem vermehrten Einsatz von Schülerexperimenten ist nach den Ergebnissen

der vorliegenden Untersuchungen als Mythos zu bewerten“ und „das tradierte Bild, dass allein der Einsatz von Schülerexperimenten zu einer Verbesserung des Physikunterrichts führe, kann vor diesem Hintergrund nicht aufrecht erhalten werden.“ „Wie die Ergebnisse ... eindrücklich untermauern, ist es selbst mit gut funktionierenden Schülerexperimenten nicht möglich, die Wissensentwicklung oder die Einstellung der Lernenden stark zu beeinflussen.“ Hopf relativiert seine Aussagen dadurch, dass eventuell „wenig geeignete Messinstrumente verwendet worden sind“ und sehr viele Faktoren die „Einstellung der“ Lernenden beeinflussen und die „Intervention“ im Vergleich zum normalen Unterricht nur sehr kurz waren. „Aus dieser Perspektive wäre damit die entwickelte Lernumgebung zum Experimentieren durchaus als erfolgreich zu bewerten.“ Hopf bemerkt noch, dass die Schülerinnen und Schüler keinen „Nachteil ... vom Einsatz problemorientierter Schülerexperimente [haben] [HOP,2007]“.

### 2.3.3 Experimente im Schülerlabor

Experimente im Schülerlabor sind zum einen ein Teil des Erkenntnisprozesses und sollen zum anderen das Interesse der Schüler steigern sowie Lernprozesse und Einsicht fördern. Damit dies gelingt, sind einige Punkte bei der Konzeption des Labors zu beachten.

Zunächst ist es wichtig, dass die ausgewählten Experimente den Lernenden aktivieren, wobei die Experimente an sich an das Vorwissen und die Erfahrungen der Lernenden anknüpfen sollen. Die Schüler müssen gefordert werden, aber dürfen nicht überfordert werden. Dies kann durch Experimente geschehen, die den Schülern Kompetenzerlebnisse vermitteln und Raum zur eigenständigen Planung sowie Reflexion der Aktivitäten lassen. Sie sollen „geeignete Werkzeuge ... [nutzen können], die sich auf das engere naturwissenschaftliche Arbeiten beziehen (Beobachten, Messen, Datenaufnahme und -analyse, Visualisieren, Modellieren), sowie Werkzeuge zur Förderung von Schlüsselqualifikationen (Kooperation, Kommunikation, Präsentation der Ideen, Ergebnisse und Produkte).“ Auch bei der Planung der Experimente an sich sollen „die Vorstellungen und Vermutungen der Lernenden aufgegriffen und produktiv weiterentwickelt werden.“ Den Schülern muss das Ziel und der Zweck der Experimente klar sein und der Weg dorthin darf nicht nur durch Befolgen von „Rezepten“ möglich sein. Vielmehr sollten sie die Möglichkeit bekommen „eigene Ideen zu realisieren und zu reflektieren, Hypothesen zu testen [und] Anwendungen zu erproben.“ Dabei dürfen keine Fehlvorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden entstehen oder der Bezug zum Alltag und der Lebenswelt verloren gehen. Es sollen ebenfalls Selbstständigkeit, Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit gefördert werden. [EUL,2005]

## 2.4 Das Interesse

Da es eines der Hauptziele von Schülerlaboren ist, dass Interesse der Schüler zu steigern und da auch die Schüler dazu befragt wurden, wird im Folgenden kurz auf dieses Konstrukt eingegangen.

„Interesse bezeichnet die besondere „Beziehung“ einer Person zu einem Gegenstand. Dieser wird mit positiven Gefühlen assoziiert und ihm wird eine herausragende persönliche Bedeutung zugeordnet.“ Es beeinflusst Studien- sowie Berufswahl und hat einen positiven Einfluss auf den

Lernerfolg der Schüler. Aus diesen Gründen ist es „aus pädagogischer Sicht ... wünschenswert, dass die Schülerinnen und Schüler individuelle Interessensprofile entwickeln“ und „Lernumgebungen so gestaltet werden, dass sie die Entwicklung und Aufrechterhaltung von Interesse unterstützen.“

Das Interesse kann in aktuelles Interesse und bereits vorhandenes Interesse aufgeteilt werden. Bei der durchgeführten Befragung bedeutet dies, dass das aktuelle Interesse, „das Interesse, das während des Experimentierens im Schülerlabor vorhanden ist“, also „den Zustand einer Person in einer konkreten Handlungssituation“ bezeichnet. Dies wird wiederum vom vorhandenen, oder auch dispositionalem Interesse und der Interessantheit der Lernumgebung beeinflusst.

Das dispositionale Interesse ist ein Merkmal einer Person und wiederum ein Teil des individuellen Interesses, eine „in der Persönlichkeitsstruktur relativ dauerhaft verankerte[n] spezifischen[n] Relation zwischen einer Person und einem Gegenstand, die sich langsam entwickelt, aber sich dann durch eine hohe Stabilität auszeichnet.“

Laut Engeln müssen Schülerlabore so konzipiert sein, dass sie die emotionale, die wertbezogene und die epistemische Komponente des aktuellen Interesses ansprechen. Das bedeutet, das Labor soll den Schülern Spaß machen, eine persönliche Bedeutung für sie haben und sie dazu anregen, sich mit weiter mit dem behandelten Thema zu beschäftigen. Darüber hinaus beeinflussen auch Kontext und Sachgebiet das Interesse der Schüler.

Engeln nennt sechs Merkmale eines Schülerlabors, die bei der Gestaltung einer interessensfördernden Lernumgebung beachtet werden müssen:

Zunächst müssen die Experimente funktionieren, um Erfolgserlebnisse zu vermitteln, und sollen in einem relevanten Kontext eingebettet werden. Es ist ebenfalls wichtig, dass die Lernatmosphäre entspannt ist und kooperative Arbeitsweisen fördert. Die Schüler müssen gute Handlungsanweisungen bekommen und ihre Autonomie soll unterstützt werden. Zuletzt können auch die Betreuer Einfluss nehmen; diese sollten fasziniert von Naturwissenschaften und Technik sein [ENG, 2004].

## **2.5 Empirische Studien und Artikel zu Schülerlaboren**

Im Folgenden werden nun einige wissenschaftliche Studien über Schülerlabore und auch wissenschaftliche Artikel, die sich auf diese beziehen, in chronologischer Reihenfolge ihrer Erscheinung zusammengefasst.

### **2.5.1 Schülerlabors als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften zu wecken**

In Engeln's Studie „Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken“ besuchen Schüler der neunten bzw. zehnten Jahrgangsstufen eins von fünf verschiedenen Schülerlaboren. Dabei wurde untersucht, welche Variablen Einfluss auf das Interesse bzw. die verschiedenen Interessenskomponenten haben.

Alle untersuchten Schülerlabore wurden „gut angenommen“ und akzeptiert. Es war den Schülern wichtig, aktiv zu werden, sich selbst als kompetent zu empfinden und ihre Kompetenz und ihr Wissen zu erweitern. Die Labore haben beide Geschlechter gleichermaßen

angesprochen und auch bei dem untersuchten Einfluss der Variablen (siehe unten) war kein Unterschied festzustellen.

Die Variablen „Offenheit“ und „Zusammenarbeit“ haben nicht den erwarteten positiven Einfluss auf das Interesse der Schüler, wobei es möglich wäre, dass die soziale Einbindung durch Zusammenarbeit im Schülerlabor verglichen mit Demonstrationsversuchen, doch einen positiven Effekt hat. „Authentizität“ und „Herausforderung“ hingegen beeinflussen das aktuelle Interesse der Schüler und „Verständlichkeit“ beeinflusst zusätzlich noch die emotionale Komponente. Engeln meint dazu: „Schülerlabors sollten die Chance ihrer engen Anbindung an Universitäten, Forschungseinrichtungen und Industrie nutzen und den Schülerinnen und Schülern eine authentische Lernumgebung bieten.“ Sie fordert sogar einen Bezug zur aktuellen Forschung. „Dabei hat es auf das aktuelle Interesse der Schülerinnen und Schüler keinen negativen Einfluss, wenn aufgrund der angestrebten Authentizität möglicherweise Abstriche bei der Offenheit gemacht werden. Vielmehr sollte darauf geachtet werden, dass die Schülerinnen und Schüler das Gefühl haben, den Aufgaben gewachsen zu sein.“ Eine Vergrößerung der „Offenheit“ der Experimente kann sogar negative Auswirkungen auf „Authentizität“ und die „Verständlichkeit“ haben, „letzteres ist vor allem zur Steigerung des Sachinteresses von Bedeutung.“ Die „Verständlichkeit“ hingegen spielt eine große Rolle, weswegen es wichtig ist, Schülerinnen und Schüler nicht zu überfordern und die „Authentizität“ hat Einfluss auf die Wertschätzung der Laborbesucher.

Im Schülerlabor wird etwas, „was über Experimente hinausgeht“ gelernt. Die Schülerinnen und Schüler erhalten einen „Einblick in die naturwissenschaftliche Forschung“ und deren Bedeutung, was „die Akzeptanz und die Offenheit für Naturwissenschaften und Technik förder[t].“ Engeln stellt fest, dass die untersuchten Labors Potential dazu haben, „das Interesse für die Naturwissenschaften und Technik zu erzeugen“, allerdings gibt sie auch zu bedenken, dass „... Schülerlabors als neue außerschulische Lernorte per se das Potential haben, Interesse zu wecken, und damit der Einfluss von Merkmalen der Lernumgebung geringer wird.“ Engeln schließt aus ihrer Studie, dass „Schüler die Labors positiv erleben und die Möglichkeit schätzen, sich außerhalb des herkömmlichen Unterrichts mit Naturwissenschaften auseinander zu setzen. Somit sind die Grundvoraussetzungen vorhanden, dass die Schülerlabors etwas in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler bewegen.“ Darüber hinaus wurde eine Veränderung des Interesses im Zeitraum von zwölf Wochen beobachtet. In dieser Zeit nimmt die wertbezogene Komponente signifikant zu“, was darauf hinweist, dass es gelingt „Aufgeschlossenheit und Akzeptanz für Naturwissenschaften und Technik [zu fördern] und dies vielleicht sogar nachhaltiger, als man es von einem einmaligen Besuch erwarten würde.“ Engeln meint dazu: „Da der Besuch von Schülerlabors ... auch mittelfristig betrachtet von persönlicher Bedeutung ist und diese sogar signifikant zunimmt, können Schülerlabors die Wertschätzung von Naturwissenschaften und Technik und die Offenheit gegenüber deren Denk- und Arbeitsweisen fördern.“

Neben diesen sehr positiven Ergebnissen, stellt Engeln fest, dass „2/3 der Schülerinnen und Schüler ... nur geringe Erfahrung im selbstständigen Experimentieren [haben].“ Darüber hinaus bemängelt sie, dass durch die kaum ausführliche Vor- und Nachbereitung Potential verschenkt wird [ENG,2004].

### 2.5.2 Förderung von Motivation und Interesse

Brandt untersucht die „Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische

Experimentierlabors“ am Beispiel des teutolabs, dessen Hauptziel die Gewinnung von wissenschaftlichem Nachwuchs ist.

Im Wesentlichen seien die Erwartungen bezüglich Motivations- und Interessenförderung erfüllt. Brandt stellt „eine Zunahme im fachlichen Selbstkonzept“ fest, welches die Leistungsmotivation beeinflusst und „stärkster Prädiktor für Kurswahlen ... ist.“ Es wurde darüber hinaus „eine Steigerung ... der intrinsischen Motivation der Teilnahme am Chemieunterricht und des beruflichen Interesses, eine Verzögerung der Abnahme des Sachinteresses ... und eine Verzögerung der Abnahme der Relevanz der Inhalte des Chemieunterrichts“ festgestellt. Die Schülerinnen und Schüler schreiben der Chemie eine größere Bedeutung für Gesellschaft und dem Alltag zu und sie werden „in einer Entwicklungsphase [motiviert], in der dies erfahrungsgemäß besonders schwer ist.“

Brandt ist der Meinung, dass „um langfristige Effekte zu erzielen, könnte dieses Resultat als ein erster Schritt betrachtet werden, auf den mit weiteren Bemühungen aufgebaut werden kann.“ Die erzielten Resultate waren für beide Geschlechter gleich. Dies bewertet Brandt als besonders positiv, da vor allem Schülerinnen im Unterrichtsalltag verunsichert werden. Einen mögliche Ursache darin sieht er in weiblichen Betreuern, gleicher Behandlung von Schülerinnen und Schülern und dem „beurteilungs- und notenfreie[m] Raum.“ Allerdings ist die Steigerung des Berufsinteresses „der einzige Befund, der als solcher auch noch nach vier Monaten nachweisbar ist. Alle anderen Einflüsse sind lediglich kurzfristig.“ Brandt begründet dieses Ergebnis damit, dass der Einfluss des „Schulunterricht[s] zu stark ist und den .. des teutolabs schnell kompensiert.“ Die Anzahl der negativen Erfahrungen im Unterricht überwiegen deutlich, das negative Bild der Naturwissenschaften ist „festgefahren“ und auch zeitlich kann sich das Schülerlabor nicht gegen den Unterricht durchsetzen. Ebenfalls lassen der nicht an den Interessen der Schüler orientierte und wenig bedeutsam wirkende Unterrichtsstoff, „Leistungsbeurteilungen“, wenig „selbstintentionales Lernen und praktisches Arbeiten die positiven Einflüsse des Schülerlabors relativ schnell wieder verblassen.“ Da der Schülerlaborbesuche auch „weder vor- noch nachgearbeitet“ wird, erkennen die Schüler keine Relevanz für den Unterricht und nehmen den Besuch eher „als Ausflug“ wahr. Brandt stellt fest, dass eine „Kurswahlbeeinflussung oder Änderung des Freizeitverhaltens sehr ambitioniert“ sei, da es sich hier um „langfristig[e] und komplex[e] Vorgänge handelt.“ Er erwartet „höchstens [einen] kleine[n] Anstoß zur Veränderung oder Unterstützung bereits laufender derartiger ... Prozesse ....“ Darüber hinaus wird eine stärkere Bezugnahme auf den „aktuellen Lernstoff“, eine „Verzahnung von Schulunterricht und Labor“ und eine „adäquate Vor- und Nachbereitung“ gefordert, sodass der Laborbesuch von den Schülern als „methodische und anwendungspraktische [Ergänzung] des Unterrichts“ gesehen wird.

Am Ende seiner Dissertation nimmt Brandt an, dass ein erneuter Laborbesuch „eher für nachhaltige Effekte sorgen würde“ und stellt die Frage, ob neben der Motivation andere Lerneffekte möglich seien [BRA,2005].

### 2.5.3 Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte

Guderian untersucht in seiner Dissertation „Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik“ den Einfluss einer besseren Einbindung von Schülerlaborbesuchen in den Unterricht, was von Engeln und Brandt gleichermaßen gefordert wurde, sowie den Einfluss von mehrmaligen Schülerlaborbesuchen, wie von Brandt gefordert. Auch hier ist ein deutlicher



Fokus auf das Interesse der Schüler an Naturwissenschaften gesetzt, allerdings distanziert Guderian sich etwas von Engeln. Er „ist der Meinung, dass die Entwicklung einer stabilen Person-Gegenstands-Relation nur über längere Zeiträume möglich ist. Dem zu Folge ist ein einzelnes Ereignis, wie der Besuch eines Schülerlabors grundsätzlich nicht in der Lage, das dispositionale Interesse zu beeinflussen und so auch keine Interessensentwicklung zu mess[en]...“ Er „argumentiert, dass die Interessentheorie, vor allem dort angewendet werden kann, wo selbstbestimmtes Handeln nicht von außen eingeengt wird. So ist die Interessentheorie nicht in der Lage, Vorgänge in der Schule und damit insbesondere auch der Besuch eines Schülerlabors im Klassenverband zu beschreiben, weil genau dort diese Einengung stattfindet.“ Es ist „dennoch darauf zu schließen, [dass die Annahme, dass] punktuelle Ereignisse, wie Besuche in außerschulischen Labors, keinen Einfluss auf die Entwicklung von Interesse im Allgemeinen haben kann, eine zu pessimistische Sichtweise ist.“

In Guderians Studie besuchen Schüler der fünften und der siebten Klasse drei Schülerlabors im Abstand von acht Wochen. Anders als Engeln und Brand stellt Guderian zwar fest, dass Schülerinnen und Schüler sich „ähnlich wohl“ fühlen, dennoch tritt eine Abhängigkeit der Interessensentwicklung bzgl. des Geschlechts auf und auch eine Abhängigkeit vom Interesse der Schüler: „Bei interessierten Schülern steigt das Interesse mittelfristig, bei den uninteressierten ist von einem Abfall auszugehen.“ Ebenfalls wird ein Unterschied zwischen fünften und siebten Klasse beobachtet; während sich die jüngeren Schülerinnen und Schüler dafür begeistern, spannende Experimente selbstständig durchführen können, ist es den älteren eher wichtig, nicht in der Schule zu sein. Außerdem sind bei mehrmaligen Besuchen eines außerschulischen Lernortes die wertbezogene und die epistemische Komponente des aktuellen Interesses an den Inhalten der Lerneinheit bei Schülern der fünften Jahrgangsstufe auf signifikant höherem Niveau als bei Schülern der achten Jahrgangsstufe.

Bei beiden Jahrgangsstufen tritt ein „anfängliche[r],... kurzfristige[r], positive[r] „Catch“Effekt“ ein, der dazu motiviert, sich weiter mit dem Thema zu beschäftigen, Neugier zu wecken und das aktuelle Interesse ansteigen lässt. Darüber hinaus ist ein ziemlich starkes „Ansteigen der emotionalen Komponente“ festzustellen, worauf dann allerdings ein schneller Rückgang des Interesses folgt, dessen Niveau durch einen erneuten Besuch nur „annähernd wieder erreicht werden“ kann. Es findet keine „lang- oder mittelfristige“ Stabilisierung des Interesses statt. Als Grund führt Guderian Erkenntnisse aus der Interessensforschung an: „Ausbildung von Handlungsbereitschaften einer Person als ein sich nur sehr langsam ändernde[r] Vorgang.“ Ein Besuch reicht nicht aus um die, sich „über Jahre hinweg aufgebaute Disposition von Schülern schlagartig zu beeinflussen.“ Erfreulich ist, dass „Schüler mit Vorbereitung den Besuch emotional ebenso anregend erleben, wie Schüler ohne Vorbereitung“ und auch keine schlechtere Einschätzung des Laborbesuchs bei vorangehender Vorbereitung stattfindet. Jedoch hat eine wahrnehmbare „Verzahnung“ mit dem Unterricht die Vorteile, dass Schülerinnen und Schüler einen „Sinn“ und einen „Mehrwert“ im Besuch eines Schülerlabors erkennen, was die epistemische Komponente des Interesses festigt. Zudem kommt der Wunsch nach weiteren Informationen auf. Ebenfalls „steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der folgende Unterricht einen motivationalen Nutzen aus dieser besonderen Lernsituation ziehen kann.“

Guderian stellt basierend auf seinen Untersuchungen die Hypothese auf, dass ein- oder mehrmalige Besuche eines außerschulischen Lernortes ohne Einbindung in den Unterricht „nur

kurzfristige Steigerungen der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern aller Jahrgangsstufen an den Inhalten der Lerneinheit hervor[rufen].“ Wobei er speziell für „mehrmalige Besuche ... ohne Einbindung in den Unterricht“ nochmals betont, dass auf einen Anstieg der „emotionale[n], wertbezogene[n] und epistemische[n] Komponente des aktuellen Interesses ... an den Inhalten der Lerneinheiten ... ein Abfallen in einem mehrwöchigem Abstand“ zum Laborbesuch folgt. „Die curriculare Verknüpfung mehrmaliger Besuche eines außerschulischen Lernortes mit dem Schulunterricht [hingegen] führt zu einer Stabilisierung der wertbezogenen Komponente des aktuellen Interesses ... an den Inhalten der Lerneinheit.“

Guderian betont, dass ein als „Ausflug“ empfundener Schülerlaborbesuch „ohne jeglichen Bezug zu den momentan gelernten Inhalten ... ineffektiv und im Hinblick auf eine nachhaltige Interessensentwicklung wirkungslos [ist]“, aber es trotzdem „durch bestimmte Rahmenbedingungen ... möglich erscheint, das Interesse zumindest mittelfristig zu stabilisieren.“ „... [D]ie curriculare Einbindung von Besuchen in außerschulischen Lernorten [könnte] eine hoffnungsvolle Maßnahme sein, dem ... erwähnten Interessenverlust der Schüler an Naturwissenschaften in Ansätzen entgegen zu wirken. Denn durch diese Maßnahme kann es zum einen nicht nur gelingen[,] über die besonderen Lernumgebungen ... Neugier bzw. Interesse zu wecken, sondern über die Einbindung der Besuche in den laufenden Unterricht ein Stabilisierung dieses geweckten Interesses zu erreichen.“ Dies sollten „Lehrer und Betreiber von außerschulischen Lernorten zum Anlass nehmen, ihre Bildungsabsichten stärker miteinander abzustimmen und Anstrengungen zu unternehmen, eine möglichst enge Verknüpfung herzustellen [GUD,2006].“

### 2.5.4 Außerschulische Lernorte aus der Perspektive der Lehrkraft

Klaes beschäftigt sich in ihrer Studie „außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht – Die Perspektive der Lehrkraft“ mit Schülerlaboren aus einem anderen Blickwinkel. Sie plädiert für eine „Öffnung der Schule“, da durch die[se] Nutzung der außerschulischen Wirklichkeit die Ziele des Unterrichts besser als im „herkömmlichen“ Unterricht erreicht werden können“ und zeigt in ihrer Studie, „dass durch eine Integration von Exkursionen zu außerschulischen Lernorten sich Ansatzpunkte für eine Veränderung des Unterrichts in Richtung Anwendungs- und Problemorientierung anbieten.“ Allerdings sollte „die Neuartigkeit der Lernumgebung [nicht] zu groß oder zu niedrig“ sein, da „dies [sonst] negativen Einfluss auf den Lernerfolg haben“ kann.

In ihrer Studie zeigt sich, dass für Lehrer bei der Wahl eines außerschulischen Lernortes entscheidend ist, ob seine Thematik zum Unterricht passt, was und wie dort gelernt wird, sowie „Erreichbarkeit“, „Kosten“ und „Qualität [des Lernens].“ Darüber hinaus wird die Betreuung bei der Auswahl des Lernortes mitberücksichtigt. Bemerkenswert ist, vor allem unter Anbetracht der Forderung nach mehr Vor- und Nacharbeiten im Unterricht durch Engeln, Brandt und Guderian, dass sich viele Lehrer Vorbereitungsmaterial wünschen [KLA,2008]. Dies deutet darauf hin, dass sie den Besuch eines außerschulischen Lernortes vorbereiten würden, wenn sie passende Materialien dafür erhielten.

### 2.5.5 Wissenschaftliche Artikel über Schülerlabors und deren Wirksamkeit

Im Folgenden sollen nun noch einige Aussagen über Schülerlabore in wissenschaftlichen Artikeln wiedergegeben werden, die sich auch auf die oben erwähnten Studien beziehen.

Pascal Guderian fasst in seinem Artikel „Interessenförderung durch Schülerlabore“ Ziele von Schülerlaboren zusammen und präsentiert den Stand der Forschung von April 2008, wobei er sich auf die Interessenförderung beschränkt. Er stellt fest, dass Schülerlabore „trotz großer Heterogenität der Studien in Bezug auf Fach, Probanden, Operationalisierung der evaluierten Konstrukte, Schülerlabor etc. ... zunächst ... in der Lage [sind], Interesse zu wecken.“ Allerdings sind die erzielten Effekte bei vom Unterricht losgelösten Besuchen nicht besonders nachhaltig und nur von kurzer Dauer, was in Anbetracht „des großen finanziellen und personellen Aufwandes durchaus ernüchternd erscheint ...“. Es wird vermutet, „dass Inhalte und methodische Zugänge von besonderer Wichtigkeit sein können“, allerdings ist „die Ursache für die Wirksamkeit ... nur unzureichend bestimmt.“ Aus diesem Grund ist Guderian der Meinung, dass „systematisch die vermutlich bedeutsamen Variablen im Sinne einer Klassifikation“ noch weiter untersucht werden müssen. Als Beispiel werden hierfür „Forschungsnähe“ bzw. „Authentizität“, „methodischer und didaktischer Ansatz“, „Art des Experimentierens“, „Ort des Labors“, „räumliche Gegebenheiten“, „Themen und Fachzuordnung“, „Altersstufe“, „zeitlicher Ablauf“, „originäre Fähigkeiten der Betreuer und deren Berufsausbildung“ genannt [GUD,2008].

Euler sieht Schülerlabors durchweg positiv. „Die hoch interaktive[n] Schülerlabore fördern das Fachinteresse an Naturwissenschaften und Technik und verbessern das fachliche Selbstkonzept, erstaunlicherweise bereits bei einem einmaligen Besuch.“ Es sind „positive Veränderungen bei verschiedenen Dimensionen des Interesses, dem Bild von Naturwissenschaften sowie dem Selbstbild“ im unmittelbaren Anschluss an den Laborbesuch nachweisbar oder verstärken sich bei machen Laborangeboten im Nachhinein sogar.“ „Untersuchungen [nach mehreren] Monate[n] belegen Einstellungsänderungen und zeigen, dass die Aktivitäten im Labor langfristige Prozesse in Gang setzen, welche die Sichtweise der Jugendlichen nachhaltig verändern.“ Es sind auch „mittelfristig anhaltende Effekte“ nach zwölf Wochen nach einer „einmaligen Intervention“ zu beobachten, die allerdings laborabhängig sind und auch wieder abnehmen. „Die praktische Arbeit in Laboren spricht auch Mädchen und Problemgruppen ... an, die sich im Unterricht nur eventuell wenig einbringen“ und auch eine Steigerung des Selbstkonzepts erfahren. Die Schülerlabore sind eine gute „Ergänzung“ zur „Stofffülle“ des „zu eng geführten, theorielastigen, wenig aktuellen und lebensweltfremden Unterricht[s]“ mit seinem „tradierte[n], eingeschliffene[n] pädagogische[n] Muster[n].“ „Bislang durchgeführte Studien [zeichnen] ein durchweg optimistisch stimmendes Bild von den Wirkungen der Schülerlabor-Angebote“, deren zukünftige Potentiale Euler „an der Schnittstelle zwischen Schule und Beruf“ sieht. Euler ist der Meinung, dass „die Bildungspolitik ... vor der Aufgabe [steht], die positiven Erfahrungen aus Schülerlaborbewegung aufzugreifen und dem erfahrungsbasierten Lernen ein größeres Gebiet einzuräumen [EUL,2009].“

Darüber hinaus bemerkt er noch, dass kritische Stimmen Schülerlabore „wegen ihres singulären Charakters ... anfänglich abschätzig mit einem Besuch im Zoo verglichen“ haben. [EUL,2009] Vor diesem bloßen „Auflockerung[scharakter] warnt neben Guderian und Brandt auch Nordmeier. Er gibt zu bedenken, dass außerschulische Lernorte „ihre didaktische Wirkung [erst] entfalten ..., wenn die Erlebnisse sowie das Lernen verbunden sind mit Anknüpfungen an den

schulischen Physikunterricht und mit den Fragen und Interessen der Schüler/innen.“ [NOR,2009] Priemer gibt zu bedenken, dass „die direkte Überschneidung zwischen den Schülerprojekten und der Forschungstätigkeit der Einrichtung in der Regel eher gering ausfällt“, da Themen aus der Forschung häufig zu komplex für die Schülerinnen und Schüler sind. Häufig fällt auch die Thematisierung der Erkenntnisgewinnung zu gering aus. Auch „bemängelt [er] schlechte vorab Infos“, obwohl ein Grundwissen der Schülerinnen und Schüler verlangt wird, „da ja eher experimentiert und kein Faktenwissen vermittelt“ werden [PRI,2009].

### 2.5.6 Astronomie im Schulunterricht

Als nächstes soll kurz die Frage geklärt werden, warum sich Astronomie bzw. Astrophysik als Thema für den Schulunterricht bzw. eines Schülerlabors gut eignet.

Der Astronomieunterricht wurde erst dieses Jahrhundert in den Lehrplänen zurückgedrängt. Dies wird als eine „Fehlentwicklung“, die „umzukehren“ ist [GÖT,1998]. Auch der Rat Deutscher Sternwarten und die Astronomische Gesellschaft plädieren für den „Erhalt bzw. die Einrichtung von expliziten Unterrichtseinheiten/Kursen in Astronomie als auch die verstärkte Einbettung astronomischer Themen in den Unterricht der naturwissenschaftlichen Fächer, speziell Physik“ [RDS, 2009]. Astronomie ist „Kultur- und Bildungsgut und ein wichtiger Teil der Naturwissenschaften. Allein aus der Physik wird Wissen aus fast allen Teilgebieten genutzt zum Beispiel der „Mechanik, Optik, Elektronik, Atomphysik, Kernphysik, Quantenmechanik“ und aus der Chemie beispielsweise die Spektralanalyse [RDS,2009]. Astronomie ist eine „fächerübergreifende Klammer der Naturwissenschaften“ und schafft sogar Brücken zu Gesellschaftswissenschaften wie Geschichte und Philosophie. Sie ist zur Zusammenarbeit mit anderen Fächern optimal geeignet und schafft „vielfältige Anreize zu interdisziplinär vernetztem Lernen.“ Sie wird als „Naturwissenschaft des „Ganzen“ bezeichnet, die eine „umfassende Sichtweise und den Aufbau eines systematischen Weltbildes [fördert]“ [GÖT, 1998], in der der Mensch sich selbstständig und kompetent bewegen und handeln kann [RDS, 2009]. Die Schüler können das Handeln der Menschen in einem globalen Zusammenhang [RDS, 2009], die Einheit von Mensch und Natur [GÖT, 1998] sowie die eigene Position in Raum und Zeit erfahren [RDS, 2009]. Naturgesetze können vernetzt werden, wobei ihre universelle Gültigkeit deutlich wird. [RDS, 2009]. Den Schülern werden die Auswirkungen astronomischer Vorgänge auf das Leben und damit der Alltagsbezug klar [GÖT,1998]. Darüber hinaus können sie „langfristige Entwicklungsprozesse in der unbelebten Natur erkenn[en]“ und Phänomene direkt beobachten. Damit ist Astronomie das einzige Fach, „in dem solche Prozesse für Schüler in verständlicher Weise erörtert werden können.“ Astronomie eignet sich dazu „vielschichtig die allgemeine Bildung zu fördern“ und ist auch ein wichtiger Teil der Allgemeinbildung; der Blick für die vielen Facetten der Realität und Perspektiven „zur naturphilosophischen Welterschließung“ werden geöffnet. Die naiv-magische Weltanschauung wandelt sich zum Rationalen hin, wobei die Ästhetik und die emotionale Bedeutung nicht verloren gehen. Die Astronomie kann hilfreich beim Aufbau eines zeitgemäßen Weltbildes, beim Erreichen von Bildungszielen, Kompetenzen und anschlussfähigem Wissen sein [GÖT,1998]. Schüler sollten alltägliche Erscheinungen „bewusst wahrnehmen“ und auch hinterfragen, wobei die Wissenschaft als spannender, aber auch unfertiger, Prozess erfahren werden soll. Den Schülern soll klar werden, dass „Phänomene und Gesetze ... insgesamt eine Einheit im Kosmos“ bilden, wobei den Schülern ermöglicht wird das ganze System zu verstehen, auch wenn nur Einzelteile behandelt werden.

Dies „fördert in hohem Maß den Gebrauch von Modellen und modellhaftem Denken, was sowohl für die wissenschaftliche Erschließung von Natur und Umwelt als auch für die Orientierung eines jeden Menschen im Alltag von zentraler Bedeutung ist“. Eine solche „Vorgehensweise [ist] speziell bei weniger an Technik interessierten Mädchen erfolgversprechend [RDS,2009].“

Vor allem in Anbetracht der mangelnden Motivation in Naturwissenschaften kann Astronomie als „Zugpferd“ fungieren, um Interesse zu wecken, da sie vor allem in der jüngeren Bevölkerung auf ein breites natürliches Interesse [stößt] [GÖT,1998] [und] dabei stark die Motivation, sich mit Naturwissenschaften zu beschäftigen [fördert].“ „Die Themen sind für viele Junge Menschen spannend und ... ein Großteil der Studierenden der Physik hat seinen Zugang dazu über die Astronomie erhalten“ [2009]. Darüber hinaus könnten die „Querverbindungen die Attraktivität von Naturwissenschaften, Informatik, Mathematik und Technik steigern [BIL,2008]. Es gibt sogar Berichte, die bestätigen, dass der Astronomieunterricht in Klasse zehn die Leistungskurswahl in den Naturwissenschaften durchaus positiv beeinflusst hat. [BIL,2008] „Wie kaum ein anderes Lehrgebiet öffnet Astronomie die Chance, die Beschäftigung mit ihr zum bleibenden Erlebnis werden zu lassen.“ Sie kann sogar zum Hobby werden [GÖT,1998].

### 2.5.7 Probleme bei der Behandlung astronomischer Themen im Unterricht

So vielversprechend die Behandlung astronomischer Themen im Unterricht oder an außerschulischen Lernorten auch ist, gibt es doch einige Probleme die anzusprechen sind.

Die Untersuchungsobjekte der Astronomie sind im allgemeinen so weit entfernt, dass eine „gezielte Manipulation der untersuchten Objekte nicht möglich [ist].“ Aus diesem Grund werden die Schüler in eine passive, nur beobachtende Rolle gezwängt. Die Beobachtungen an sich sind meist nur nachts außerhalb der Schulzeit möglich und es werden „komplexe[n] Geräte[n]“, wie zum Beispiel Teleskope oder Spektrometer, dafür benötigt. Auch laufen astronomische Vorgänge nur sehr langsam ab, weshalb eine Beobachtung oder Aufzeichnung über einen längeren Zeitraum nötig ist.

Ebenfalls ist es schwer, das was erfahren wird, mit dem bereits vorhandenen Wissen der Schüler zu erklären. Diese bringen oftmals nur ein geringes Vorwissen aus Büchern oder dem Fernsehen mit. Oftmals ist es auch schwierig für sie durch die zunehmende „Lichtverschmutzung“ unmittelbare astronomische Erfahrungen zu sammeln. Somit liefern Modelle und Theorien nur Erklärungen über Phänomene, die den Schülern nicht „gegenwärtig“ sind. Auch überfordern die verwendeten Größeneinheiten das menschliche Vorstellungsvermögen [KIR,2007].



### 3 Physikalische Grundlagen

Im folgenden werden nun die physikalischen Grundlagen, die zum Verständnis der einzelnen Stationen und deren physikalischen Hintergrund nötig sind, behandelt.

#### 3.1 Das Spektrum

Zunächst wird auf die Grundlagen zum Spektrum genauer eingegangen, da diese auch für weitere Themen wie zum Beispiel der Radioastronomie benötigt werden.

##### 3.1.1 Elektromagnetisches Spektrum

Die Grundlage für astronomische Beobachtungen ist das elektromagnetische Spektrum.

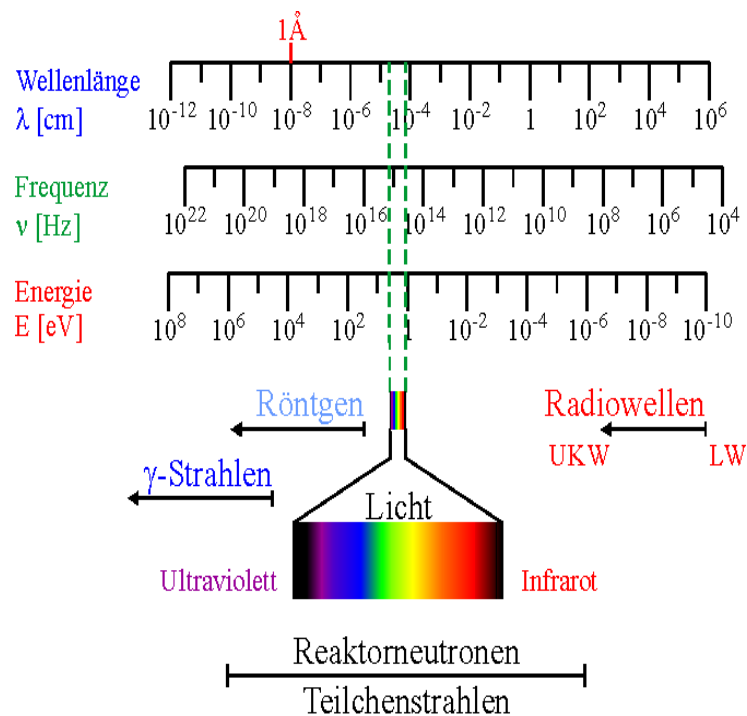


Abbildung 1: Elektromagnetisches Spektrum

Das obige Schaubild zeigt die verschiedenen Bereiche des Spektrums sowie die zugehörige Energie, Frequenz und Wellenlänge. Für den Zusammenhang zwischen den einzelnen Größen gilt:  $c = \lambda \nu$  für Lichtgeschwindigkeit, Wellenlänge und Frequenz, sowie für die Energie und Frequenz  $E = h \nu$  mit  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  [HAN,2007].

Der Teil des elektromagnetischen Spektrums, der für das Auge sichtbar ist, liegt im Bereich zwischen 400 und 700 Nanometern, Radiowellen liegen zwischen  $10^{-1} m$  und  $10^3 m$ . [FIS,2006].

### 3.1.2 Thermische Strahler

Vor allem für den optischen Bereich ist der thermische Strahler sehr wichtig, da durch ihn annähernd die Intensität bei einer bestimmten Temperatur zu einer bestimmten Wellenlänge beschrieben werden kann.

Beim schwarzen Körper wird alle auftreffende elektromagnetische Strahlung absorbiert. Sterne strahlen näherungsweise wie ein schwarzer Körper, zum Beispiel strahlt die Sonne bei ca.  $T=5800\text{K}$  im Sichtbaren und die kosmische Hintergrundstrahlung entspricht ungefähr einem schwarzen Körper mit  $2,7\text{K}$ .

Für schwarze Körper gilt das Planck'sche Strahlungsgesetz. In Abhängigkeit von der Frequenz gilt für die Intensität:

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1} \quad (3.1)$$

mit der Einheit  $[Wm^{-2}sr^{-1}Hz^{-1}]$  sowie von der Wellenlänge gilt:

$$I(\lambda, T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{k\lambda T}} - 1} \quad (3.2)$$

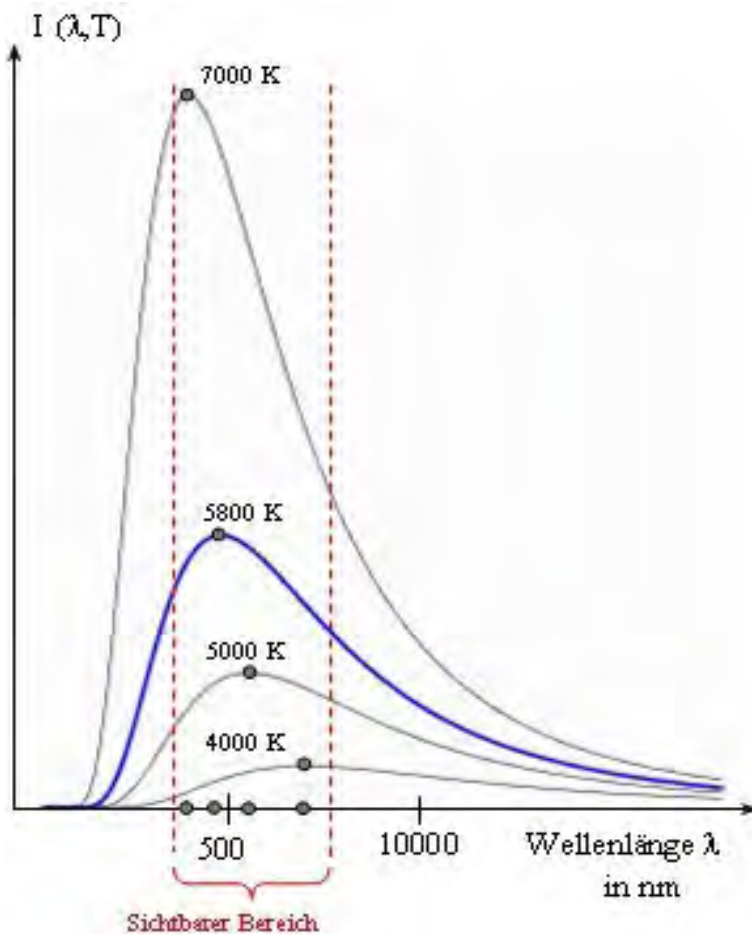


Abbildung 2: Planck'sches Strahlungsgesetz



Durch Integration über alle Wellenlängen erhält man das Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$E = \sigma T^4, \quad (3.3)$$

mit der Konstanten  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4}$  und der Einheit  $[\frac{W}{m^2}]$ .

Um das Maximum der Strahlung eines schwarzen Körpers zu berechnen, kann das Wien'sche Verschiebungsgesetz verwendet werden:

$$T \lambda_{max} = 0,002897 mK. \quad (3.4)$$

Die Sonne hat ihr Abstrahlmaximum z.B bei  $\lambda = 510 nm$ , also im grünlichem Bereich [HAN,2007].

### 3.1.3 Emissions- und Absorptionslinien

Spektrallinien wurden 1814 als dunkle Linien im Sonnenspektrum von Fraunhofer entdeckt. Er verglich diese später mit den Linien einiger Sterne, wobei ihm Unterschiede auffielen.

Zum vollständigen Verständnis sind neben der Schwarzkörperstrahlung auch Kenntnisse über Emission und Absorption nötig.

Da eine vollständige quantenmechanische Erklärung von Absorption und Emission in der Schule nicht behandelt wird und auch sehr langwierig ist, wird auf die vereinfachte Erklärung durch das Bohrsche Atommodell für das Wasserstoffatom zurückgegriffen.

Beim Bohrschen Atommodell wird davon ausgegangen, dass sich die Elektronen auf einer Kreisbahn mit einer bestimmten Geschwindigkeit in einem bestimmten Abstand vom Kern bewegen. Es gilt  $v = \omega r$ . Dabei herrscht ein Kräftegleichgewicht zwischen der Coulombkraft, die als Zentripetalkraft wirkt, und der Zentrifugalkraft.

$$\frac{1}{2} m v^2 = \frac{e^2}{8 \pi \epsilon_0 r} \quad (3.5)$$

Es gilt für die kinetische und potentielle Energie

$$E_{kin} = E_{pot} \quad (3.6)$$

also:

$$\frac{m_e v^2}{r} = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \frac{e^2}{r^2} \quad \text{bzw.} \quad \frac{1}{2} m \omega^2 r^2 = \frac{e^2}{4 \pi \epsilon_0 r}. \quad (3.7)$$

$$\text{Daraus ergibt sich} \quad E_{ges} = E_{kin} + E_{pot} = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{e^2}{4 \pi \epsilon_0 r} \quad (3.8)$$

$$\text{, wobei} \quad E_{kin} = -\frac{1}{2} E_{pot}. \quad (3.9)$$

Das zweite Bohrsche Postulat besagt, dass der Bahndrehimpuls

$$l = m v r \quad (3.10)$$

$$\text{der Elektronen gequantelt ist, also} \quad l = n \frac{h}{2 \pi}. \quad (3.11)$$

$$\text{Daraus ergibt sich für die Geschwindigkeit} \quad v = \frac{l}{m r} = \frac{n h}{2 \pi m r}. \quad (3.12)$$

Durch Einsetzen der Geschwindigkeit in die Gleichung (3.7) ergeben sich nun gequantelte Bahnradien für die Elektronen:

### 3 Physikalische Grundlagen

$$r_n = n^2 \frac{\epsilon_0 h^2}{m e^2 4 \pi} = n^2 a_0 \quad , \quad (3.13)$$

, mit  $a_0$  Bohrscher Radius  
und eine gequantelte Geschwindigkeit

$$v_n = \frac{1}{n} \frac{e^2}{2 \epsilon_0 h} \quad . \quad (3.14)$$

Eingesetzt in die Energie ergibt sich:

$$E_n = \frac{-1}{n^2} \frac{m e^2}{2 \epsilon_0 h^2} = \frac{-13,6 \text{ eV}}{n^2} \quad . \quad (3.15)$$

Das dritte Postulat besagt, dass bei elektronischen Übergängen von einer Schale  $n$  zu  $n'$  die freiwerdende Energie in Form von Licht ausgestrahlt wird.

Es gilt:

$$h \nu = E_{n'} - E_n \quad (3.16)$$

und somit wird Licht mit der Frequenz:

$$\nu = c R_\infty \left( \frac{1}{n'^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (3.17)$$

emittiert. Wird ein Elektron in ein energetisch höheres Niveau angehoben, so wird Energie absorbiert.

Die Übergänge von höheren Schalen ( $n'=2,3,4,\dots$ ) auf die erste Schale ( $n=1$ ) werden als Lymanserie bezeichnet. Sie liegt im UV-Bereich. Analog werden Übergänge auf die 2. Schale von  $n=3,4,5$  als Balmerserie und auf  $n=3$  Paschenserie bezeichnet [GEU,2008].

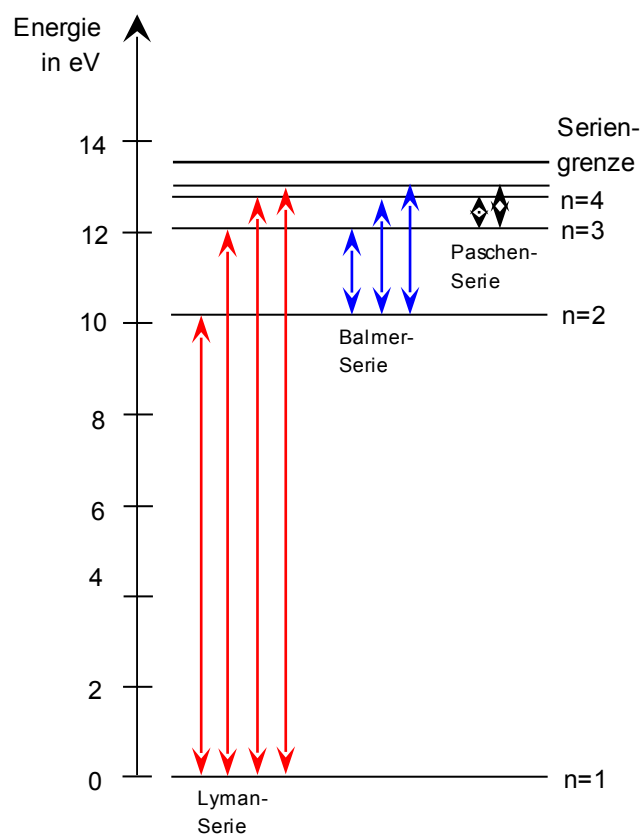


Abbildung 3: Elektronenübergänge Wasserstoff

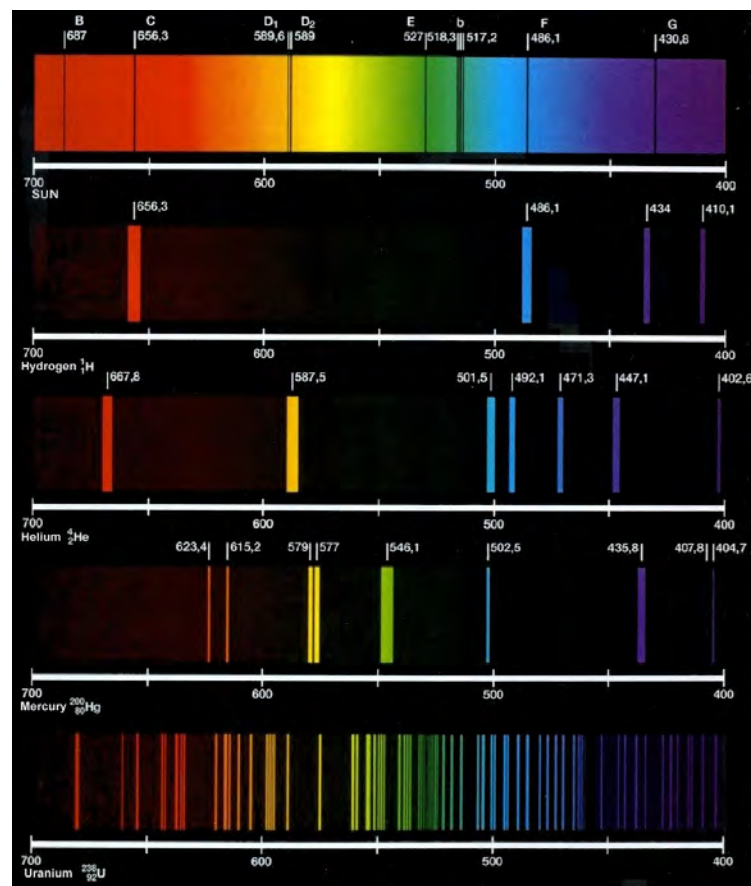


Abbildung 4: Spektren verschiedener Elemente und der Sonne

### 3.1.4 Spekttralklassifikation

Die heute noch verwendete Klassifikation von Sternspektren erfolgt nach Annie Cannon und ist die sogenannte Harvard-Klassifikation. Ursprünglich wurden die Sterne nach ihrer Wasserstofflinien eingeteilt, mittlerweile werden die Sterne absteigend nach ihrer Temperatur klassifiziert.

Die Reihenfolge der Spektralklassen ist O-B-A-F-G-K-M [HAN,2007].

### 3.1.5 Beobachtungsinstrumente

Die Astrophysik verfügt über eine Vielzahl von Beobachtungsinstrumenten. In diesem Kapitel sollen nun einige ausgewählte Instrumente vorgestellt werden, die auch für das Schülerlabor relevant sind.

### 3.1.6 Das Spektroskop

Durch Spektroskope ist das Auffinden von Spektrallinien und eine genauere Analyse des Lichtes kosmischer Quellen möglich.

Bei einem Spektroskop fällt das Licht durch einen Spalt und trifft auf ein dispergierendes

### 3 Physikalische Grundlagen

---

Element, ein Prisma oder ein Gitter, das das Licht aufspaltet. Das erhaltene Spektrum kann dann angesehen oder auch durch eine CCD-Kamera aufgenommen werden. [UNS,2002]

Bei einem Prisma als dispergierendes Medium bzw. zur Aufspaltung von Licht gilt [HAN,2007] das Brechungsgesetz:

$$n_a \sin(\Theta_1) = n_g \sin(\Theta_2) \quad , \quad (3.18)$$

$\Theta_1$  Einfallswinkel,  $\Theta_2$  Ausfallswinkel,  $n_a$  Brechungsindex Luft  $\sim 1$  und  $n_g$

Brechungsindex Glas  $\sim \frac{1}{\lambda^2}$  .

Dabei wird kurzwelliges Licht stärker gebrochen als langwelliges. Ein Problem stellt die nichtlineare Dispersion des Prismas dar, das fehlerfrei sein muss. Aus diesem Grund werden häufiger Reflexions- oder Durchlassgitter verwendet.

Relevante Größen sind die Gitterkonstante  $d$ , der Eintrittswinkel  $\Phi_e$  und der Austrittswinkel  $\Phi_a$ . Es tritt ein Intensitätsmaximum, also eine Spektrallinie auf, wenn der Gangunterschied benachbarter Strahlen

$$d \sin(\Phi_a) + d \sin(\Phi_e) = m \lambda \quad (3.19)$$

ist. Dabei muss  $m$  eine ganze Zahl sein, die für die Ordnung des Spektrums steht.

Die maximale Anzahl der Ordnungen, die aufgelöst werden können, ist

$$m_{max} = \frac{2d}{\lambda} \quad . \quad (3.20)$$

Die Winkeldispersion

$$\frac{d \Phi_a}{d \lambda} = \frac{m}{d \cos(\Phi_a)} \quad (3.21)$$

bei konstanten Einfallswinkel ist unabhängig von der Wellenlänge. Das Auflösungsvermögen beträgt

$$A = \frac{\lambda}{\Delta \lambda} = mN \quad (3.22)$$

mit der Anzahl der Furchen

$$N = \frac{D}{d} \quad , \quad (3.23)$$

$D$  der Breite des Gitters und einem Maximum bei  $m\lambda$ . Das Auflösungsvermögen ist durch den Wellenlängenunterschied  $\Delta\lambda$  definiert, bei welchem zwei scharfe Spektrallinien noch getrennt erkennbar sind [HAN,2007].

#### 3.1.7 Die CCD-Kamera

Eine CCD-Kamera wird zum Beispiel zur Aufnahme von Spektrallinien oder Bildern von Teleskopen verwendet.

CCDs, Charged coupled devices, sind etwa  $1\text{cm}^2$  große Chips, die aus etwa  $1000 \times 1000$  Pixel bestehen. Jedes Pixel ähnelt einer Photozelle, die die Ladung akkumuliert. Diese Ladung wird dann mit Hilfe einer Elektronik ausgelesen und ergeben das Bild [HAN,2007].

### 3.1.8 Solar and Heliospheric Observatory

Das bekannteste Teleskop zur Sonnenbeobachtung ist SOHO, das „Solar and Heliospheric Observatory“, zu deutsch das Sonnen- und Heliosphärenobservatorium. Es entstand unter Zusammenarbeit von ESA und NASA.

Die Raumsonde SOHO hat eine Größe von 4,3x2,7x3,7m und wog beim Start am 2. Dezember 1995 von Cape Canaveral 1850kg. Es enthält zwölf aufeinander abgestimmte Instrumente, deren Daten von mehr als 1500 Forschern weltweit verwendet werden. Die Kosten von einer Milliarde Euro wurde von der NASA, der ESA und den Mitgliedsstaaten getragen. SOHO sollte zunächst 1997 beendet werden, wurde aber aufgrund des großen Erfolges bis 2002 und schließlich bis nach 2007 verlängert, um einen kompletten Sonnenzyklus beobachten zu können.

SOHO bewegt sich auf einer Verbindungslinie zwischen Erde und Sonne, auf der es durch die Gravitation beider Himmelskörper gehalten wird und rotiert um einen festen Punkt auf der Sonne.

Von SOHO werden alle Teile der Sonne beobachtet, vom Inneren, durch Helioseismologie, bis zur äußeren Korona. Es soll über ihre Entstehung, die Beheizung der Korona und die Struktur des Sonneninneren Klarheit gewonnen werden. Darüber hinaus wird die Entstehung und Beschleunigung des Sonnenwindes untersucht. SOHO lieferte die ersten Bilder der Konvektionszone sowie der Struktur unter den Sonnenflecken und ermöglichte die Identifizierung der Ursprungsregion des Sonnenwindes. Darüber hinaus werden Messungen der Beschleunigung des Sonnenwindes sowie der Temperaturverteilung, Rotation und des Gasflusses im Inneren der Sonne durchgeführt. SOHO ermöglichte die Entdeckung neuer Phänomene wie koronale Wellen und Sonnentornados sowie eine fortschrittliche Methode, das Weltraumwetter vorherzusagen. Die Solarkonstante und der ultraviolette Fluss werden überwacht, was beides Auswirkungen auf das Klima der Erde hat.

Die Daten, die von SOHO gesammelt wurden und auch noch werden, sind einfach über das Internet zugänglich [SOH,2003].

### 3.1.9 Monet

Im Schülerlabor wird ebenfalls eine Monet-Beobachtung mit Monet-North durchgeführt. Ein Teleskop, das hauptsächlich für Beobachtungen im optischen Bereich verwendet wird.

Bei Monet handelt es sich nicht nur um ein Teleskop, sondern um zwei Teleskope, eines um den Sternenhimmel der Süd- und eines um den Sternenhimmel der Nordhalbkugel zu beobachten. Das Teleskop zur Beobachtung auf der Südhalbkugel steht in Süd-Afrika und das zur Beobachtung zur Nordhalbkugel im McDonald Observatory in Texas.

Die Teleskope stehen zu 40% für den Öffentlichen Gebrauch, wie zum Beispiel für Schulen, zur Verfügung und werden zu 60% auch für wissenschaftliche Arbeit genutzt. Es werden zum Beispiel veränderliche Sterne und Supernovae beobachtet sowie nach Planeten außerhalb des Sonnensystems gesucht.

Die beiden Teleskope sind identische robotische Teleskope, die mit Wetterstationen und Webcams ausgestattet sind, das bedeutet einige Anwendungen funktionieren automatisch. Zum

### 3 Physikalische Grundlagen

---

Beispiel wird die Kuppel des Teleskops bei schlechtem Wetter automatisch geschlossen. Auf die Teleskope kann über das Internet zugegriffen und online beobachtet werden. Die Bildgebung erfolgt durch eine CCD Kamera. Des weiteren stehen verschiedene Filter zur Verfügung, mit denen jeweils in bestimmten Frequenzbereichen beobachtet werden kann [KLA,2010].



*Abbildung 5: Monetteleskop*

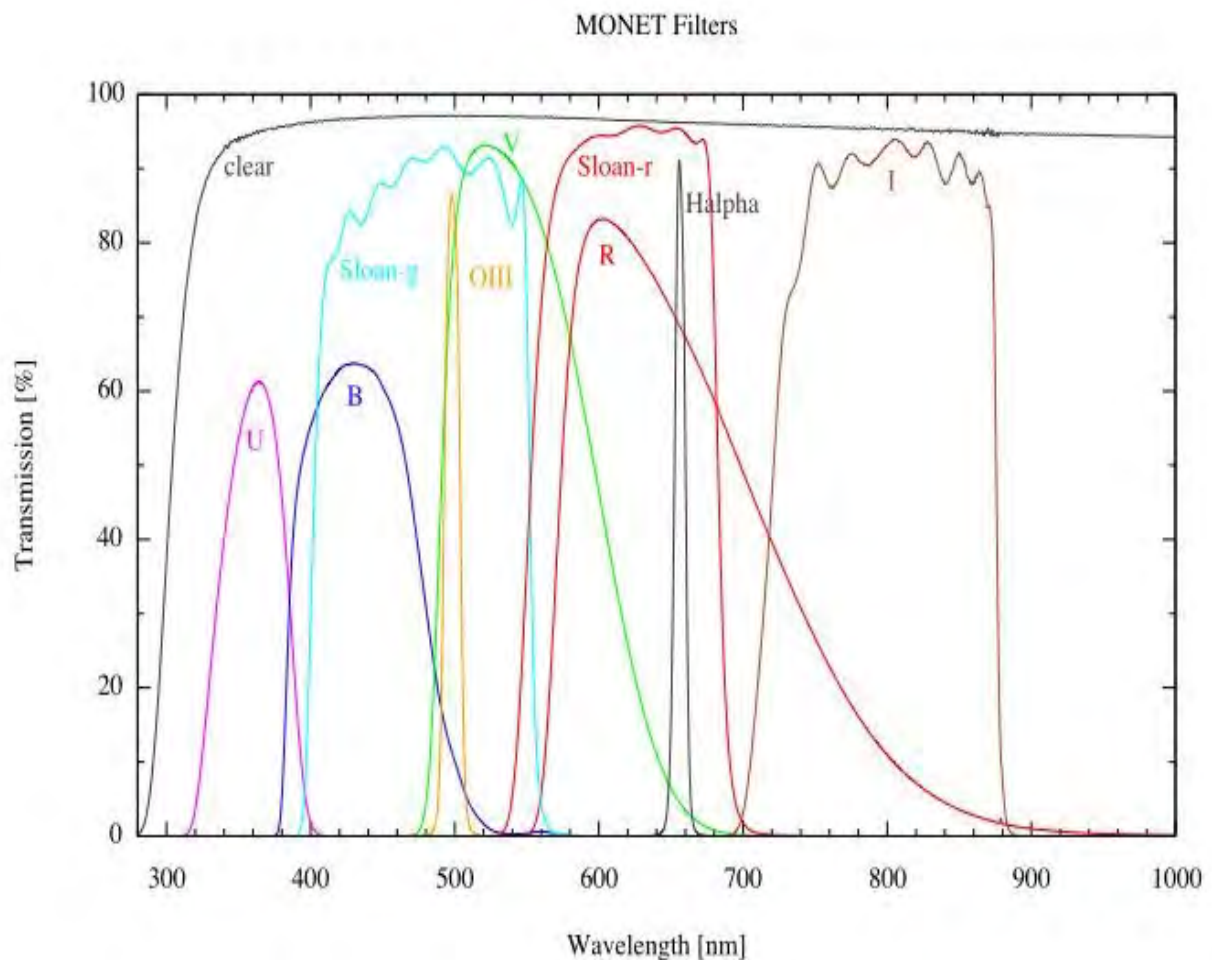


Abbildung 6: Filter des Monetteleskops

### 3.1.10 Radioastronomie

Neben optischen Teleskopen gibt es auch Teleskope, die größere Wellenlängen beobachten können, dazu gehören Radioteleskope.

Radiowellen liegen, wie oben erwähnt, im Bereich zwischen  $10^{-1}m$  und  $10^3m$ , was circa einer Frequenz zwischen einigen hundert kHz bis hin zum GHz-Bereich entspricht, genauer gesagt 3GHz-300kHz. UKW-Sender strahlen mit 100MHz, ein Handy mit 1,8GHz und W-LAN mit 2,4GHz [STE,2008]. Darüber hinaus gibt es Strahlungsquellen, deren Maxima zwar im infraroten Bereich liegen, die aber nach dem Planck'schen Strahlungsgesetz auch Radiowellen aussenden. Dazu gehören zum Beispiel Menschen, Gebäude, Bäume oder auch eine Heizung [FIS,2006].

Um Radiostrahlung zu messen ist ein Empfänger nötig, der diese Strahlung detektieren kann. Dieser wird in den Brennpunkt einer Parabolantenne gesetzt, die die Strahlung bündelt. [MPI,2009] Mit einem handelsüblichen LNB und einer Satellitenschüssel kann ein solcher Aufbau realisiert werden. Dieser ist für 10,7-12,5GHz empfindlich [FRI, 2006].

Eines der bekanntesten Radioteleskope steht in Effelsberg. Es zählt mit einem



### 3 Physikalische Grundlagen

Spiegeldurchmesser von 100m zu einem der modernsten und größten vollbeweglichen Radioteleskopen der Erde. Mit ihm sind Messungen bis hin zu einer Wellenlänge von 3mm möglich. Im Zentimeter- und Millimeterbereich sind „viele Atom- und Moleküllinien zu finden, die für die Untersuchung von Sternentstehungsgebieten von Bedeutung sind.“ Das Radioteleskop in Effelsberg ist Mitglied in einem weltweiten Verbund von Radioteleskopen (Very Long Baseline Interferometry oder VLBI), deren Ziel „eine möglichst hohe Winkelauflösung oder Trennschärfe [ist] [JUN,2004].“

Ein großes Hindernis für die Radioastronomie ist die Schwäche der Strahlung. Darüber hinaus absorbieren Luftmoleküle der Erdatmosphäre Strahlung unter 2mm und die Ionosphäre Strahlung über Zehn Meter [MPI,2009].

Radioquellen am Himmel sind z.B. der Mond, die Sonne, Supernovaüberreste wie der Krebsnebel und Cassiopeia A, der Andromedanebel, Radio-Galaxien, Pulsare und natürlich Satelliten [FIS,2006]. Ebenfalls fällt die kosmische Hintergrundstrahlung oder auch 3K-Strahlung in den Mikrowellenbereich.[HAN, 2007]



Abbildung 7: Radioteleskop in Effelsberg

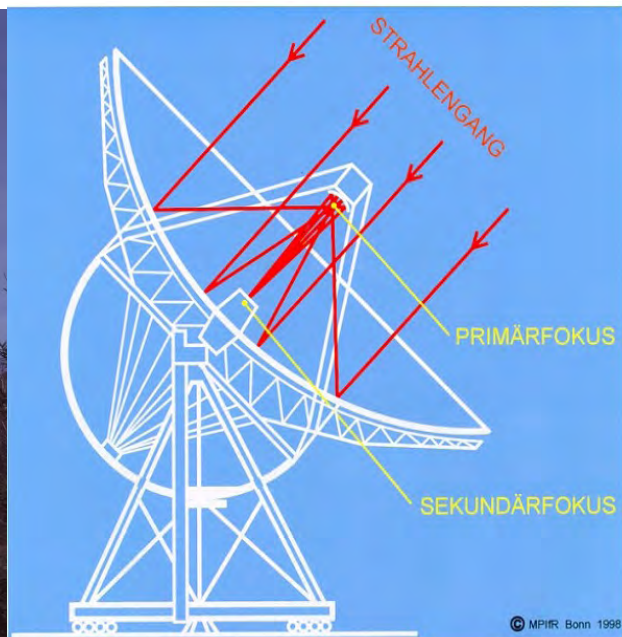


Abbildung 8: Skizze des Radioteleskops in Effelsberg

### 3.2 Die Sonne

Die Sonne ist nicht nur unser nächstgelegener Stern, sondern versorgt uns auch mit lebensnotwendigem Licht und Wärme. Sie ist nur ein gewöhnlicher mittel-alter Stern im Universum, [HAR,2004] aber der Einzige auf Grund dessen Nähe sich die Oberfläche genauer erforschen und sich Effekte wie Sonnenflecken, Granulation etc. beobachten lassen [WEI,2005]. Im Folgenden sollen nun einige wichtige Informationen über „unseren“ Stern



gegeben, wichtiges Hintergrundwissen erleutert und auch einige Phänomene besprochen werden, die auf Bildern der Sonnenoberfläche zu finden sind.

Die Sonne ist ca. 150 Millionen Kilometer von der Erde entfernt, besitzt eine Masse von 333.000 Erdmassen ( $1,98 \cdot 10^{30} \text{kg}$ ) und ist 109 mal größer als die Erde ( $6,959 \cdot 10^8 \text{m}$ ) [HAN,2007]. Das Alter der Sonne beträgt, bis auf 2% genau, 4,5 Milliarden Jahre und sie hat noch weitere neun Milliarden bis sie sich zu einem roten Riesen „aufbläht“ und die Erde „verschlingt“ [HAR,2004].

Der Aufbau der Sonne lässt sich grob in Sonneninneres mit Kern, Strahlungszone und Konvektionszone sowie Sonnenatmosphäre mit Photosphäre, Chromosphäre und Korona unterteilen [HAN,2007].

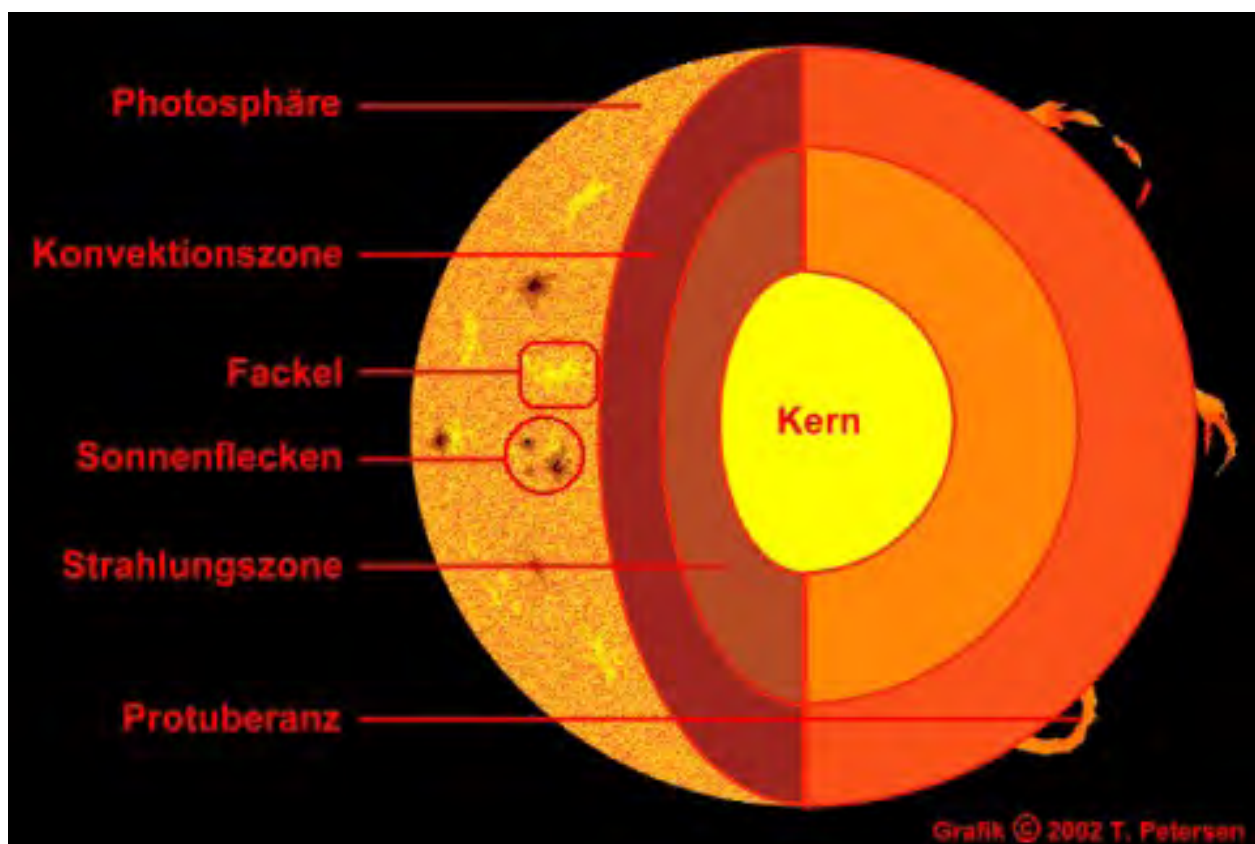


Abbildung 9: Aufbau der Sonne

### 3.2.1 Das Sonneninnere

Die Energiequelle der Sonne befindet sich in ihrem Kern, der nur einen kleinen Teil des Sonneninneren ausmacht. Hier herrschen Temperaturen von  $15 \cdot 10^6 \text{K}$  und eine Dichte von

$1,48 \cdot 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ . Durch die sogenannte Proton-Proton Kette wird hier Energie erzeugt.

Zunächst reagieren zwei Protonen zu einem Deuteriumkern, der aus einem Proton und einem

### 3 Physikalische Grundlagen

---

Neutron besteht, indem die Protonen ihre abstoßende Wechselwirkung überwinden und ein Proton zu einem Neutron und einem Positron zerfällt. Dabei wird ein Positron und einem Neutrino emittiert, um die Ladung und die Anzahl der leichten Teilchen zu erhalten.



Als nächstes fusioniert das Deuterium mit einem Proton unter Abstrahlung von Gammastrahlung zu einem  ${}^3_2He$ .

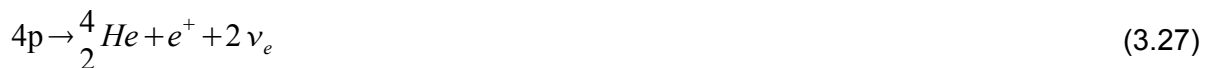


Am Ende fusionieren noch zwei  ${}^3_2He$  zu einem  ${}^4_2He$  und zwei Protonen.



[HAR,2004].

Diese Reaktion wird auch verkürzt dargestellt als:



[Vgl.HAN,2007].

Bei der Reaktion entsteht ein Massendefekt von 0,02866 amu, da zwei Heliumkerne eine geringere Masse besitzen als vier Protonen. Die Massendifferenz wird in Form von  $E = 4,3 \cdot 10^{-12} J$  frei, wobei noch ein kleiner Teil dieser Energie in Form von Neutrinos verloren geht, die bei der Proton-Proton Wechselwirkung entstehen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass so eine Proton-Proton-Kette stattfindet ist sehr unwahrscheinlich. Da sich allerdings sehr viele Teilchen im Kern befinden, werden täglich um die 4 Millionen Tonnen Wasserstoff zu Helium fusioniert. Bisher hat die Sonne  $3 \cdot 10^{30} kg$  Wasserstoff „verbrannt“, was circa 0,03% ihrer Masse entspricht.

An den Kern schließt die Strahlungszone an, in der die Energie in Form von Strahlung vom Kern aus nach außen transportiert wird. Im letzten Drittel, der Konvektionszone, wird die Energie hauptsächlich durch Konvektion weiter transportiert.

Es gibt nur zwei Wege genauer zu untersuchen, was sich im Inneren der Sonne abspielt; durch Messung des Neutrino Fluxes oder der solaren Oszillation [HAR,2004]

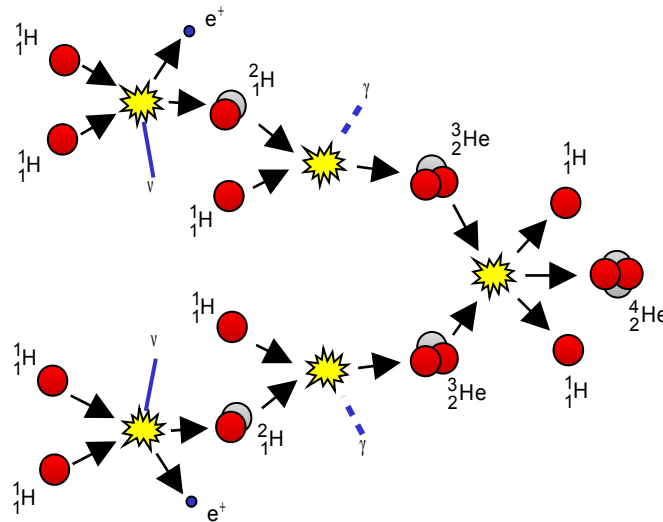


Abbildung 10: Schema zur Energieerzeugung der Sonne

### 3.2.2 Die Sonnenatmosphäre

#### Photosphäre

Die innerste Schicht der Atmosphäre ist die Photosphäre, die sichtbare Oberfläche der Sonne. Sie ist etwa 400km dick. Obwohl dies nur 0,57% des gesamten Radiuses der Sonne beträgt, wird hier fast die komplette Strahlung in einem kontinuierlichem Spektrum emittiert und die Absorptionslinien gebildet. Das Abstrahlmaximum liegt bei 500nm. Innerhalb dieser Schicht sinkt die Temperatur nach außen von 6000K auf 4000K und die Dichte von  $10^{-7}$  auf

$10^{-8} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  ab [HAN,2007]. Auffällig ist die Randverdunkelung der Photosphäre, d.h. je kleiner

die Wellenlänge der Strahlung ist, desto dunkler erschien die Oberfläche. Das liegt daran, dass der Sichtwinkel am Rand sehr klein ist und der Sehstrahl somit nicht so tief eindringt. Es sind also etwas kühlere höhere Schichten zu sehen [KAR,1990]. Bei einer Wellenlänge von über 1cm [HAN,2007] (Radiowellen) hingegen tritt eine Randaufhellung auf, was an wieder etwas heißer werdenden höher gelegenen Schichten liegt, die den größten Anteil der Strahlung dieser Wellenlänge liefern [KAR,1990].

An der Oberfläche der Photosphäre kann man eine zellenartige Struktur entdecken, die Granulation. Mit einem Durchmesser von etwa 1000km sind die Granulen von der Erde aus gesehen etwa 1" groß und haben eine Lebensdauer von etwa zehn Minuten. Sie sind 200K bis 300K heißer als ihre Umgebung. Dieses körnige Muster entsteht durch die Konvektion

[HAN,2007]. Dabei strömt heißes Plasma [HAN,2007] mit  $2 \frac{\text{km}}{\text{s}}$  [HAR,2004] im hellen

### 3 Physikalische Grundlagen

---

Zentrum an die Oberfläche, erkaltet dabei und sinkt an den dunklen Rändern wieder herab. Aus diesem Grund sind die Spektrallinien aufsteigender Materie leicht blau- und die absteigender Materie leicht rotverschoben, was ein verwackeltes Bild zur Folge hat [HAN,2007]. Granulen können abklingen, mit anderen Granulen verschmelzen oder sich zerteilen [HAR,2004]. Das sich ergebende Linienprofil ist asymmetrisch, was auch bei weiteren Sternen ein Hinweis auf Konvektion ist.[HAN,2007]

Darüber hinaus gibt es noch die sogenannte Supergranulation, die ebenfalls durch Konvektion, aber in größerem Maße, entsteht. Diese Granulen haben eine Größe von circa 1' von der Erde aus betrachtet [HAN,2007], was einer wahren Größe von circa 30000km entspricht [KAR,1990].

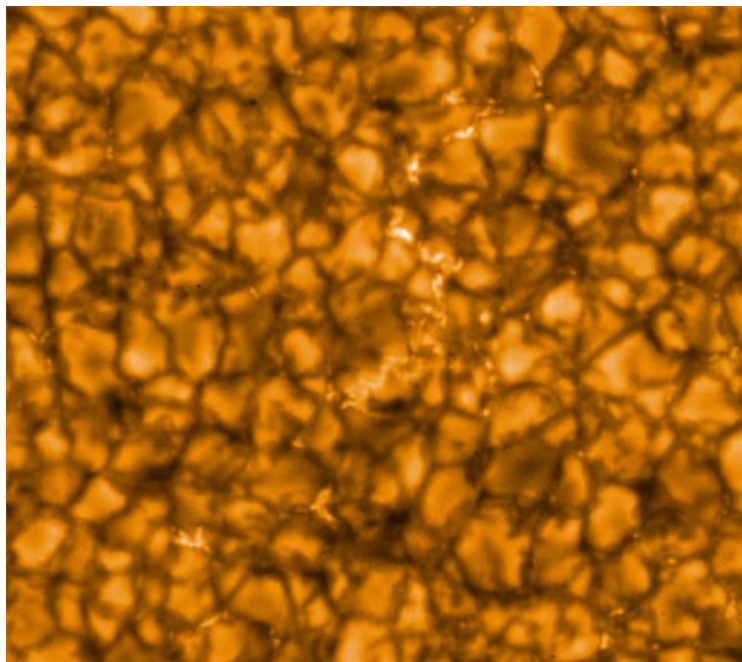


Abbildung 11: Granulation

#### **Chromosphäre**

Auf die Photosphäre folgt die etwa 500km dicke Chromosphäre. Hier steigt die Temperatur auf 4500K bis zu 6000K an [KAR,1990]. Auf Grund der geringen Dichte, die auf  $10^{-11} \frac{g}{cm^3}$  abnimmt, strahlt diese Schicht kaum [HAN,2007].

Bei einer Sonnenfinsternis kann man die Chromosphäre als dünne rötliche Sichel [KAR,1990] oder als Ring für ein paar Sekunden sehen. Dies geschieht genau dann, wenn der Mond gerade die Photosphäre, die die Chromosphäre sonst immer überstrahlt, verdeckt. Darüber hinaus werden in der Chromosphäre mehr als 3000 identifizierte Emissionslinien [KAR,1990], die in der Photosphäre als Absorptionslinien erscheinen, sowie Linien hoch angeregter oder ionisierter Ionen gebildet [HAN,2007].

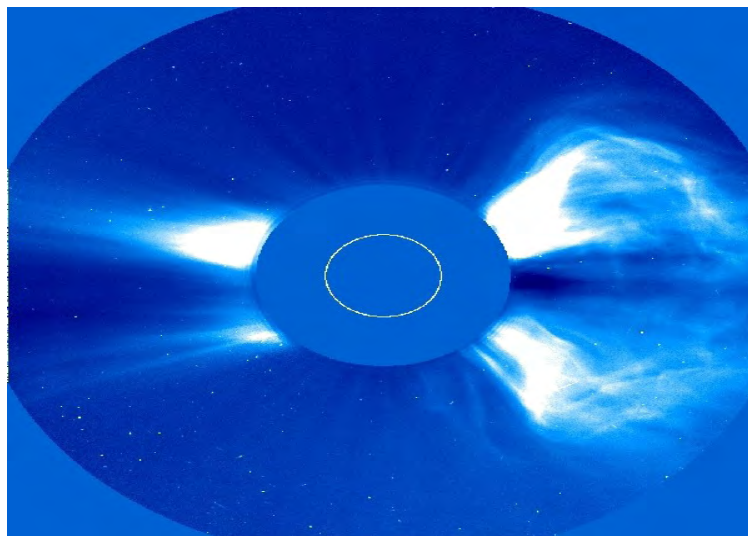
In einer mehrere tausend Kilometer dicken Übergangsregion, die bis zu  $10^6$  Kelvin heiß ist, geht die Chromosphäre allmählich in die Korona über. [KAR,1990]

### **Korona**

Die Dichte nimmt in der Korona bis auf  $10^{-18} \frac{g}{cm^3}$  ab, die schließlich in das interplanetare Medium übergeht. Sie ist wie die Chromosphäre am besten bei einer Sonnenfinsternis zu sehen, da sie sonst von der Photosphäre überstrahlt wird. Auffällig an der Korona ist, dass ihre Form abhängig von der Sonnenaktivität ist; ist diese maximal so ist die Korona symmetrisch, im Minimum ist die Korona eher am Äquator zentriert.

Um das Spektrum genauer zu beschreiben, ist es nötig, die Korona in K-, L- und F-Korona zu unterteilen; [HAN,2007] der innerste Teil hat ein kontinuierliches Spektrum, das durch Streuung von Photosphärenlicht an freien Elektronen entsteht. Die damit verbundenen Absorptionslinien sind allerdings nicht zu beobachten, da diese wegen der hohen Temperaturen verwaschen sind und nicht in Erscheinung treten. In der L-Korona findet man Emissionslinien hoch ionisierter Elemente und die F-Korona liefert schließlich das „bekannte“ Sonnenspektrum mit den Fraunhoferlinien, das durch Streuung am interplanetarem Staub entsteht [KAR,1990].

Die Eigenabstrahlung erfolgt hauptsächlich im Röntgenbereich, da die Temperatur der Korona circa  $10^6 K$  beträgt. Bei einer Röntgenaufnahme der Sonne sind Löcher im Röntgenspektrum zu erkennen [KAR,1990].



*Abbildung 12: die Korona aufgenommen mit SOHO*

### **3.2.3 Das Sonnenspektrum**

Das Sonnenspektrum mit den Fraunhoferlinien kann mit Hilfe eines Spektroskops und einer CCD-Kamera aufgenommen werden. Die verschiedenen Linien stammen jeweils von der Absorption durch verschiedene Elemente.

### 3 Physikalische Grundlagen

Bezeichnung	Absorptionslinie verursacht durch	Wellenlänge $\lambda$ in nm	Photonenenergie in eV
A	O <sub>2</sub>	760	1,63
B	O <sub>2</sub>	687	1,80
C	H	656	1,89
a	O <sub>2</sub>	628	1,97
D <sub>1</sub>	Na	590	2,10
D <sub>2</sub>	Na	589	2,1
E	Fe	527	2,35
b <sub>1</sub>	Mg	518	2,39
b <sub>2</sub>	Mg	517	2,40
c	Fe	496	2,50
F	H	486	2,55
d	Fe	467	2,65
e	Fe	438	2,83
f	H	434	2,86
G	Fe und Ca	430	2,88
g	Ca	423	2,93
h	H	410	3,02
H	Ca	397	3,12
K	Ca	393	3,15

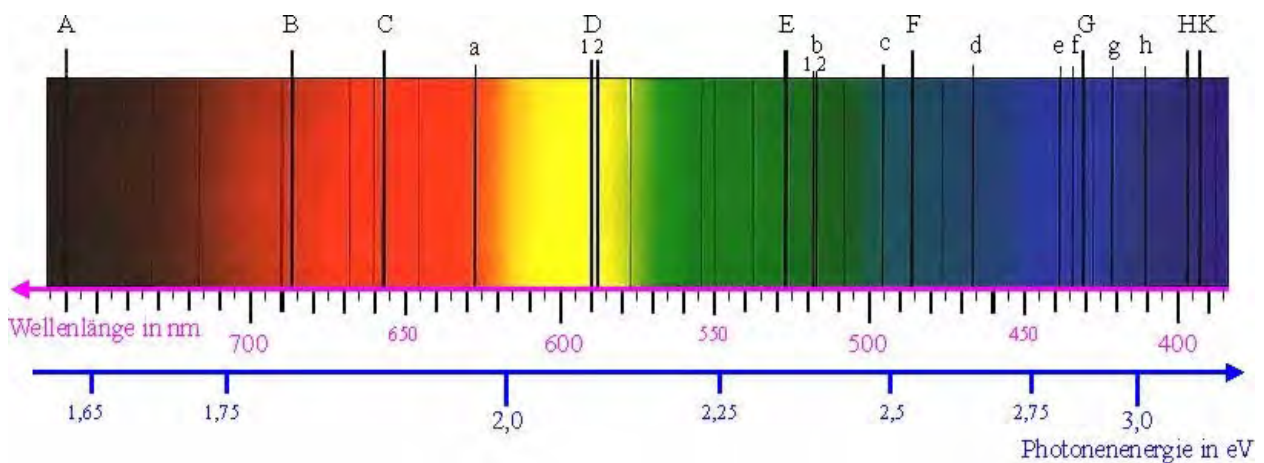


Abbildung 13: Sonnenspektrum



### 3.2.4 Sonnenaktivität

Auf der Sonne kommt es immer wieder zu Veränderungen, die Auffälligsten von ihnen sind die Sonnenflecken. Seit Wissenschaftler erkannt haben, dass solche Veränderungen auch einen Einfluss auf unser Leben auf der Erde haben kann, wie zum Beispiel auf den Funkverkehr, Elektrizitätsversorgung und Satellitenpositionen, werden diese genauer studiert [Vgl. HAN,2007].

#### Sonnenflecken und der Zusammenhang zum Magnetfeld der Sonne

Die Existenz von Sonnenflecken ist schon lange bekannt, da man die größten von ihnen schon durch eine geschwärzte Platte mit dem bloßen Auge erkennen kann. Mit der Erfindung des Fernrohres wurden dann exaktere Beobachtungen z.B. durch Galilei möglich. Zunächst glaubten die Astronomen, dass dies Planeten wären, die um die Sonne wandern [KAR,1990].

Die Anzahl der Sonnenflecken variiert periodisch. Die Zeitspanne von einem Minimum zum nächsten Minimum beträgt elf Jahre [HAN,2007]. Die wirkliche Periode kann zwischen sieben und 17 Jahren schwanken, wobei sie in den letzten Jahrzehnten etwa 10,5 Jahre dauerte [HAN,2007]. Werden die Polaritäten berücksichtigt, so dauert ein solcher Zyklus 22 Jahre [KAR,1990].

Das bekannteste Minimum wurde zwischen 1645 und 1725 von Maunder beobachtet. In dieser Zeit verschwanden die Sonnenflecken nahezu [HAN,2007]. Im Moment befinden wir uns noch in einem Minimum.

Zu Beginn eines Zykluses befinden sich die Flecken bei  $\pm 35^\circ$  heliographischer Breite und wandern bis zur Mitte eines Zykluses bis auf  $+8^\circ$ , was im Laufe eines Zykluses ein Schmetterlingsdiagramm ergibt [HAN,2007].

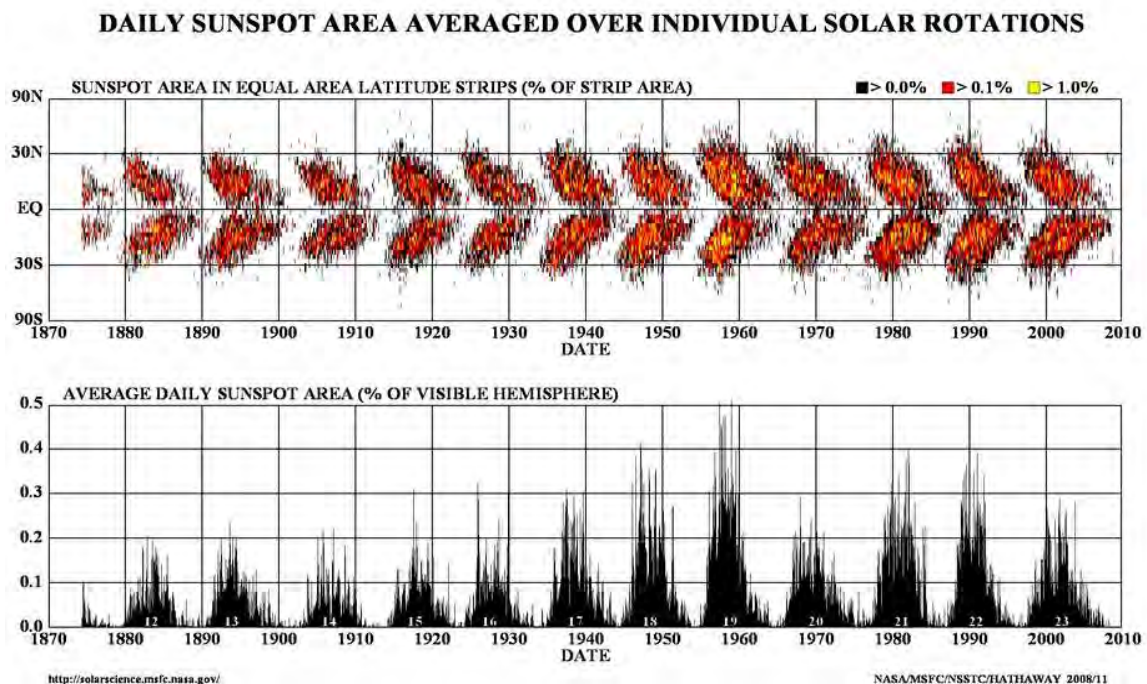


Abbildung 14: oben: Schmetterlingsdiagramm; unten: Gesamtfläche der Sonnenflecken in den Jahren 1970 bis 2010

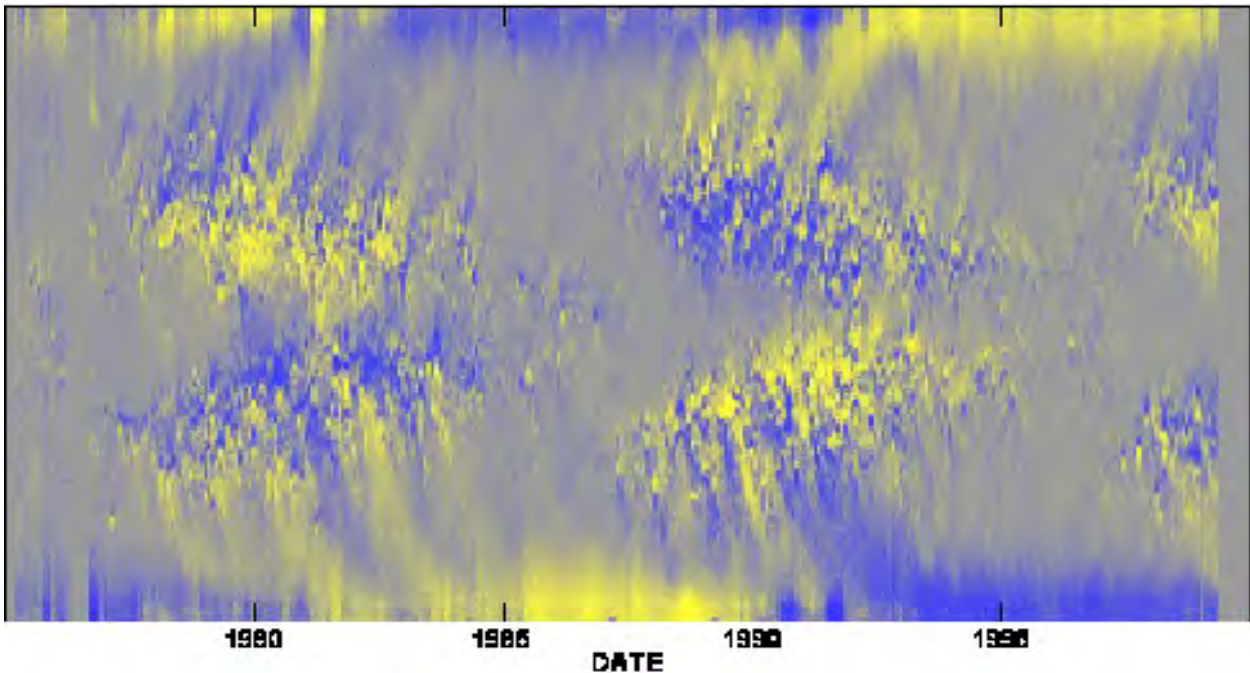


Abbildung 15: Magnetfeld der Sonne zwischen 1975 und 2000

Die Lebensdauer der Sonnenflecken beträgt nur wenige Tage, zu 90% sogar weniger als elf Tage und hängt von der Größe des Flecks ab; je größer der Fleck ist, desto größer ist die Lebensdauer.

Einzelne Flecken  $f$  bilden meistens eine Gruppe  $g$ , woraus man die Relativzahl  $R=k(10g+f)$ , mit  $k$  Korrekturfaktor je nach Art der Beobachtung, bestimmen kann [HAN,2007].

In den 60er Jahren publizierte Babcock ein auf Beobachtungen basierendes Modell zur Erklärung des Magnetfeldes der Sonne und der Sonnenflecken [HAR,2004].

Effekte, die für die Entstehung von Sonnenflecken verantwortlich gemacht werden sind das Magnetfelder der Sonne, die Konvektion und die differenzielle Rotation [CAR,2007]. Aus der Bewegung der Flecken kann eine Rotationsperiode von 25Tagen am Äquator und über 30Tagen an den Polen bestimmt werden [KAR,1990].

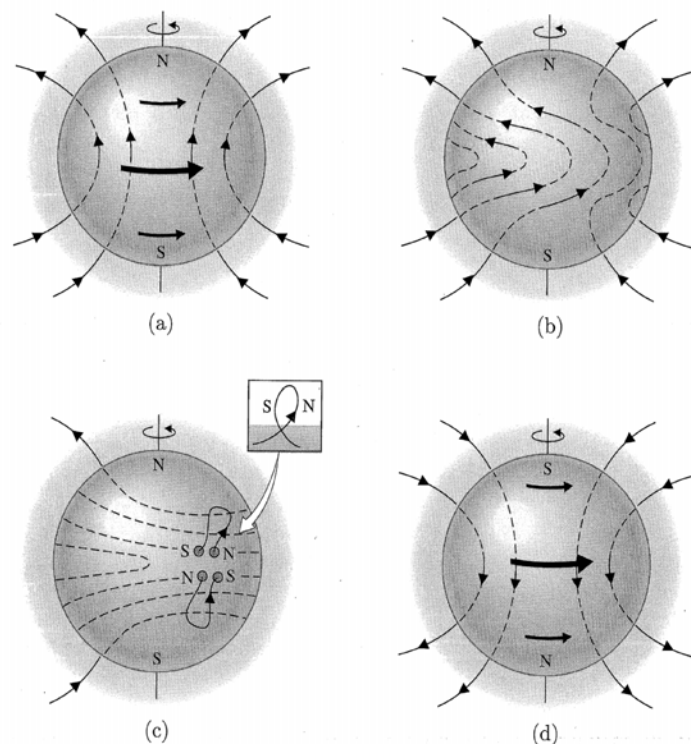
Ursprünglich besitzt die Sonne ein polodiales Feld, bei dem die Feldlinien von Pol zu Pol laufen. Dieses Magnetfeld ist allerdings genauso wie die Sonnenflecken selbst im Gas eingefroren und wird von der Rotation mitgeführt. Dadurch werden die Feldlinien um die Sonne gewickelt und es entsteht ein torodiales Feld, bei dem die Feldlinien um die Sonne laufen. Durch turbulente Konvektionsströmungen werden diese verbogen, wodurch Regionen mit sehr hohen Magnetfeldern entstehen, sogenannte magnetische Flussröhren. Durch den Druck des Magnetfeldes treten diese senkrecht aus der Sonnenoberfläche aus und die Konvektion wird gehemmt. Hier entstehen Sonnenfleckengruppen einer bestimmten Polarität, die vom Magnetfeld entlang der Flussröhren abhängt. [CAR;2007] Sie sind etwas kälter als die übrige Sonnenoberfläche; die filamentartige Penumbra hat eine Temperatur von ca. 5500K und umgibt den ca. 4300K heißen Kern, die Umbra [HAN,2007]. Die vorauslaufenden und die nachfolgenden Flecken besitzen immer entgegengesetzte Polaritäten, genauso wie Flecken auf verschiedenen Hemisphären.

Die Rotation nimmt die Feldlinien immer weiter mit und die Konvektion „verknötet“ diese,



wodurch immer mehr Flecken entstehen und sich diese in Richtung Äquator bewegen. Noch vor dem Äquator erreicht die Sonnenfleckenanzahl ihr Maximum, da dort Flecken unterschiedlicher Polarität aufeinander treffen und sich auslöschen. Das polodiale Feld wird wieder hergestellt, wobei Nord und Südpol im Vergleich zu vorher vertauscht sind. Der Ablauf beginnt wieder von vorne.

Durch dieses Modell von Babcock können das Magnetfeld und die Entstehung von Sonnenflecken erklärt werden, allerdings ist eine vollständige Beschreibung immer noch nicht möglich [CAR,2007].



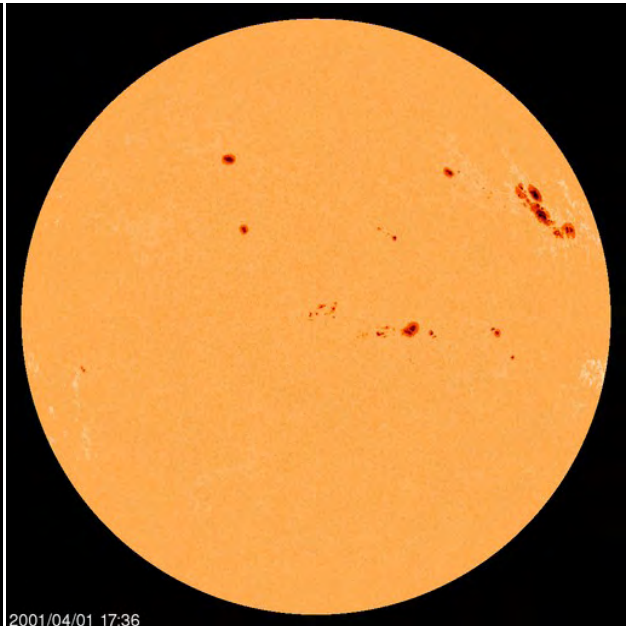
**Abbildung 16: Magnetfeld der Sonne im Laufe eines Sonnenfleckenzykluses**

Zum Beispiel ist im Moment immer noch unklar, ob die Länge des Sonnenfleckenzykluses mit einer periodischen Veränderung im inneren der Sonne zusammenhängt. Die gesammelten Daten decken nur wenige hundert Jahre ab, was ein zu geringer Zeitraum ist, um diese Frage zu klären [HAR,2004].



2010/06/12 22:24

Abbildung 17: Sonnenoberfläche am 12.06.2010



2001/04/01 17:36

Abbildung 18: Sonnenoberfläche am 01.04.2001

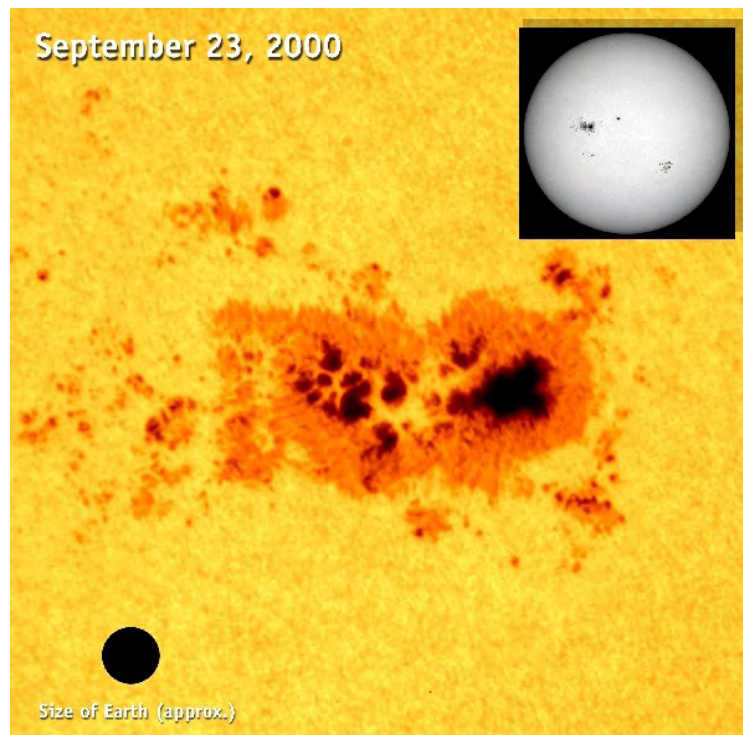


Abbildung 19: großes Sonnenfleckengebiet am 23. September 2000

### **Fackeln**

Fackeln sind quasi das Gegenstück zu Sonnenflecken. Hier sind Photosphäre oder Chromosphäre [KAR,1990] um mehr als 10% heller, was auf eine Überhitzung der höheren Sonnenschichten [HAN,2007] durch starke Magnetfelder zurückzuführen ist [KAR,1990]. Sie sind besonders gut am Sonnenrand zu beobachten [HAN,2007]. Chromosphärische Fackeln treten meist dort auf, wo sich neue Sonnenflecken bilden und verschwinden gleichzeitig mit ihnen wieder [KAR,1990]. Fackeln können allerdings auch isoliert auftreten [WEI,2005]. Polare Fackeln findet man vor oder während eines Minimums in hohen Breitengraden [HAN,2007].

### **Protuberanzen**

Protuberanzen sind leuchtende Gaswolken in der Korona. Sie erscheinen entweder am Sonnenrand hell gegen den dunklen Himmel oder auf der Sonnenscheibe dunkel gegen die helle Photosphäre. Sie haben eine Temperatur von 10000-20000K [KAR,1990] und können sich von der Sonne lösen [WEI,2005]. Sie unterliegen wie die Sonnenflecken einem elfjährigen Zyklus und treten kurz vor dem Sonnenfleckenminimum in der Nähe der Fleckenzone auf. Ihr Maximum erreichen sie ca. zwei Jahre früher als die Sonnenflecken.

Es gibt zwei Arten von Protuberanzen: ruhende und aktive/eruptive. Die ruhenden Protuberanzen sind langlebiger und dauern bis zu einem Jahr, sind 7000km dick, bis zu 40000km hoch und bis zu 20000km lang. Sie erscheinen fast wie Lamellen, die „wie auf Füßen“ in der Chromosphäre „stehen“.

Aktive Protuberanzen hingegen tauchen meist in Verbindung mit aktiven Fleckengruppen auf. Sie lassen sich wiederum in vier verschiedene Arten unterteilen: Sprays steigen explosiv mit 1000km/s bis zu 1,5 Millionen Kilometer hoch auf, Surges tauchen immer wieder in aktiven Fleckengruppen auf und bewegen sich mit 50-200km/s fort, koronaler Regen „fließt“ nach Eruptionen „regenartig“ zurück und Loops laufen entlang magnetischer Feldlinien. Protuberanzen erscheinen an der Grenze zwischen zwei Polaritäten, da die Feldlinien hier horizontal verlaufen. Durch diesen Vorgang wird ionisierte Materie festgehalten, die eine Dichte 100-mal höher als die Umgebung besitzt [HAN,2007].

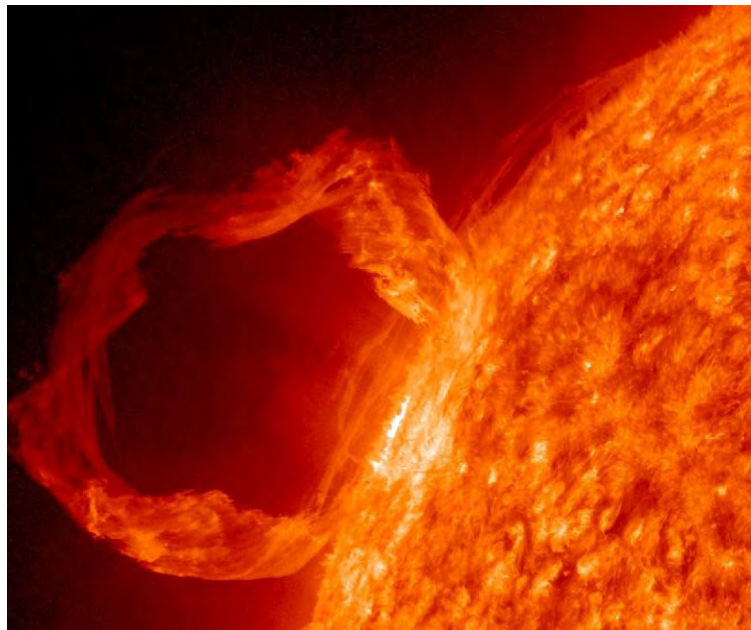


Abbildung 20: Protuberanz

#### **Flares**

Flares können im ganzen elektromagnetischen Spektrum auftreten. Sie sind häufig im Röntgen- und UV-Bereich, selten jedoch im Sichtbaren zu beobachten. Die einfachsten von ihnen erscheinen als Lichtblitz der  $H_{\alpha}$ -Linie [UNS,2002], dabei wird Energie, die im Magnetfeld gespeichert ist, schlagartig freigesetzt [KAR,1990]. Sie dauern circa 10-90 Minuten und sind in begrenzten Gebieten der Chromosphäre zu finden, meistens in Fleckengruppen [WEI,2005]. Bei Flareausbrüchen misst man kurzweilige Strahlung unter 200nm, die ca. der Gesamtstrahlung der Sonne entsprechen. Die Röntgenabstrahlung wird erhöht, sodass Störungen in Erdionosphäre und des Funkverkehrs auftreten können. Darüber hinaus können magnetische Stürme und Polarlichter entstehen [HAN,2007].

#### **Solare Radioemission**

Die Sonne ist die stärkste Radioquelle am Himmel. Es gibt zwei Arten von Radioemissionen: die langsam variable Komponente, die sogenannte "ruhige Sonne" und Strahlungsausbrüche, die Bursts. Erstere haben ihren Ursprung in bestimmten Gebieten der Atmosphäre, meistens in der Nähe von Flecken, und liefern Strahlung im Bereich  $\lambda=1-100\text{cm}$ . Das Maximum liegt bei 15cm. Die Bursts haben ihren Ursprung meist im unteren Teil der Korona und steigen bis zu einer Höhe auf, die dem doppelten Radius der Sonne entspricht. Die ausgesandte Strahlung besitzt eine Wellenlänge zwischen einem und 15 Meter [WEI, 2005].

#### **3.2.5 Die Solarkonstante und die Leuchtkraft der Sonne**

Die Solarkonstante beschreibt die Energieabstrahlung der Sonne pro Zeit, genauer gesagt ist sie definiert als die totale Energieleistung in Form von elektromagnetischer Strahlung oder Photonen [STI,2002].

Auf der Erde entspricht sie pro Quadratmeter etwa einer Strahlleistung von

$$s = 1,36 \text{ kW} = 1367 \frac{\text{J}}{\text{sm}^2}, \text{ wenn davon ausgegangen wird, dass die Sonne isotrop strahlt.}$$

Dieser Wert der sogenannten Solarkonstanten ist nur außerhalb der Erdatmosphäre, die einen Teil der Leistung absorbiert, messbar. Weitere Messfehler entstehen durch den Wirkungsgrad der Messanordnung und den Einfall der Sonne, der nicht immer senkrecht ist. Außerdem schwankt sie in einem Bereich von 0,1%. Im alltäglichen Leben spielt die Solarkonstante eine wichtige Rolle beim Betrieb von Solaranlagen.

Um aus der Solarkonstanten nun die Leuchtkraft, die von der ganzen Sternoberfläche in allen Frequenzen abgestrahlte Gesamtstrahlleistung, zu bestimmen, wird gedanklich eine Kugel um die Sonne mit dem Radius  $r = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$  (1AE) gelegt. Auf dieser Kugel wird überall die gleiche Strahlleistung gemessen, da die Sonne in alle Richtungen gleich strahlt. Die Oberfläche  $O$  dieser Kugel multipliziert mit der Solarkonstanten ergibt die Leuchtkraft der Sonne:

$$L = O \cdot s = 4 \pi r^2 \cdot s = 3,845 \cdot 10^{26} \text{ W}, \quad (3.28)$$

was einer Umwandlung von etwa vier Millionen Tonnen Masse in Energie pro Sekunde entspricht. Insgesamt „verbrennt“ die Sonne in ihrer Zeit als Hauptreihenstern nur 0,1% ihrer Masse [HAN,2007].

### 3.2.6 Sonnenbeobachtung

Die Sonne darf niemals mit dem ungeschützten Auge beobachtet werden, da schon allein das Auge beim Blick durch ein kleines Suchfernrohr dauerhaften Schaden, sogar bis zur Erblindung, nehmen kann [HAN,2007].

## 3.3 Etwas Kosmologie

In den nächsten Abschnitten werden nun einige Themen aus der Kosmologie angeschnitten, die zum Verständnis des Schülerlabors nötig sind.

### 3.3.1 Der Urknall

Die Urknalltheorie ist ein wissenschaftliches Modell um die Entwicklung des Universums von seinem Anfang bis heute zu beschreiben. Die Entwicklung wurde in verschiedene Ären gegliedert, die sich durch ihre wesentlichen physikalischen Bedingungen unterscheiden. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass Raum, Zeit und Materie mit dem Urknall aus einer Singularität entstanden sind. Dieser fand vor circa 13,7Mrd. Jahren statt.

#### Die Planck-Ära

Als Planck-Ära wird die Zeit bis  $10^{-43} \text{ s}$  nach dem Urknall und einer Abkühlung bis  $10^{32} \text{ K}$  bezeichnet. Sie kann durch Theorien nur unvollkommen beschrieben werden. Es wird davon ausgegangen, dass zu diesem frühen Zeitpunkt sehr große Energiefuktuationen herrschten, die das Gravitationsfeld immer wieder veränderten, wodurch wiederum Zeit und Raum fluktuierten. Diese Verhältnisse sind durch heutige Theorien noch nicht beschreibbar, da es noch nicht

### 3 Physikalische Grundlagen

---

gelingen ist die Quantenmechanik mit der Relativitätstheorie zu verknüpfen und alle Kräfte in einer Theorie zu vereinigen.

Die Planck-Ära endete, als das Universum kalt genug war, dass sich zwei Kräfte ausbilden konnten.

#### **GUT-Ära**

Als das Universum weit genug abgekühlt war, dass sich aus einer ursprünglichen Urkraft die Gravitation und die GUT-Kraft, in der laut Theorie starke und schwache Kraft vereinigt sind, ausbildeten, beginnt die GUT-Ära. Sie reicht bis zu einer Zeit von  $10^{-38} s$  beziehungsweise einer Temperatur  $10^{29} K$ .

Nach der GUT-Ära spaltet sich die GUT-Kraft in starke und elektroschwache Kraft auf, eine Kraft in der die elektromagnetische und die schwache Kraft vereinigt waren.

Es wird davon ausgegangen, dass in einer frühen Phase des Universum ungeheure Mengen von Energie freigesetzt wurden, durch die eine sehr starke Expansion, die Inflation begann. In weniger als  $10^{-36} s$  breitete sich das sichtbare Universum von der Größe eines Atomkerns zu der Größe unseres Sonnensystems aus.

#### **Elektroschwache Ära**

In der Elektroschwachen Ära existierten bereits Gravitation, starke und elektroschwache Kraft getrennt voneinander. Der gesamte Raum war durch intensive Strahlung ausgefüllt. Es bildeten sich immer wieder spontan Materie- und Antimaterieteilchen aus Energie, die sich allerdings sofort wieder gegenseitig auslöschten, wobei Photonen entstanden. Die Expansion und gleichzeitige Abkühlung setzte sich bis  $10^{-10} s$  und  $10^{15} K$  weiter fort, hier spaltete sich die elektroschwache Kraft in die schwache Kraft und die elektromagnetische Kraft auf und die Hadronen-Ära begann.

#### **Hadronen-Ära**

Vor der Hadronen-Ära waren Photonen die vorherrschende Energieform, nun herrschte zwischen Photonen und Teilchen ein Gleichgewicht, das solange anhielt, wie eine spontane Vernichtung und Erzeugung von Teilchen stattfand. Nach 0,001s war das Universum auf  $10^{12} K$  abgekühlt, sodass die Temperatur nicht mehr ausreichte um spontan Teilchen und Antiteilchen, in diesem Fall Quark-Antiquark-Paare, zu erzeugen. Zu diesem Zeitpunkt herrschte ein Überschuss an Teilchen. Wäre die Anzahl der Antiteilchen und der Teilchen gleich gewesen, so wären die Teilchen zerstrahlt und es gäbe keine Materie im Universum.

#### **Nukleosynthese-Ära**

Die übrig gebliebenen Protonen und Neutronen bildeten immer wieder Kerne, die sich aufgrund der hohen Hitze wieder spalteten. Die Nukleosynthese-Ära ging bis zu 5 Minuten nach dem Urknall und Temperaturen bis  $10^9 K$ , als das Universum soweit abgekühlt war, dass keine Kernfusion mehr möglich war. Zu diesem Zeitpunkt bestand 75% der baryonischen Materie aus einzelnen Protonen, also Wasserstoffkernen und zu 25% aus Helium-, Deuterium- und

Lithiumkernen. Dieses Verhältnis hat sich bis heute kaum geändert, lediglich Kerne von schweren Elementen sind hinzugekommen.

### Ära der Atomkerne

In der Ära der Atomkerne befand sich im Universum eine Art heißes Plasma aus Atomkernen und freien Elektronen, die noch getrennt waren, da die Temperaturen noch zu hoch waren, dass die Kerne die eingefangenen Elektronen halten konnten. Photonen „wanderten“ auf sehr kurzen Weglängen von Elektron zu Elektron und ionisierten eingefangene Elektronen sofort wieder. Erst als das frühe Universum nach 380000 Jahren auf 3000K abgekühlt war, konnten die Kerne die Elektronen an sich binden und es entstanden stabile Atome. Erst dann begann Energie in Form von Materie zu überwiegen. Gleichzeitig wurde das Universum durchsichtig für Photonen, die heute noch in Form von Hintergrundstrahlung beobachtbar ist.

### Ära der Atome und die Ära der Galaxien

Zu Beginn dieser Ära befand sich im Universum eine Plasma aus Ionen, Elektronen, Atomen und Photonen, das sich zu progalaktischen Wolken zu verdichten begann. Es bildeten sich schließlich Sterne, Gaswolken und Galaxien. Das Zeitalter der Galaxien begann und dauert bis heute an [BEN,2010].

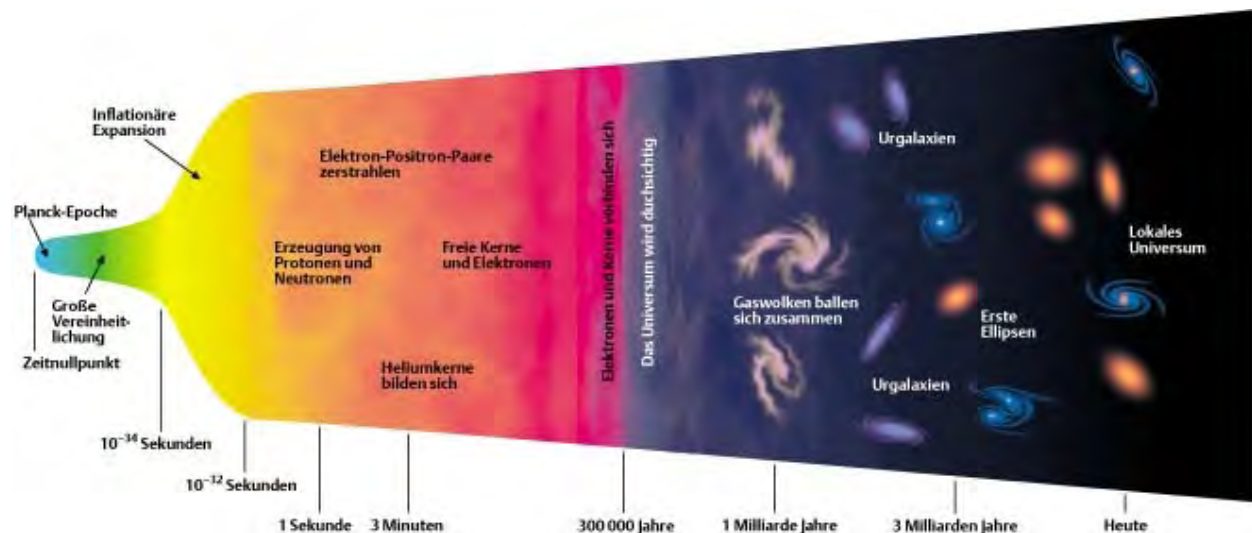


Abbildung 21: Verschiedene Phasen des Urknalls

## 3.4 Der Hubble-Effekt

Die Expansion des Universums kann durch den Hubble-Effekt beschrieben werden. Er ist eine Folgerung aus dem kosmologischen Prinzip. Dies besagt: „[A]bgesehen von lokalen Irregularitäten ist das Universum für jeden Beobachter in hinreichend großen Gebieten in allen seinen messbaren Eigenschaften und zu allen Zeiten isotrop und homogen.“ Isotropie bedeutet, dass das Universum in alle Richtungen gleich aussieht und Homogenität, dass es „keine



### 3 Physikalische Grundlagen

---

geometrisch ausgezeichneten Punkte“ gibt.

Das Homogenitätspostulat verlangt eine einheitliche kosmische Zeit, sodass die Uhren an allen Orten im Universum „bezüglich der von ihnen angezeigten Zeitintervalle übereinstimmen“ und eine konstante Krümmung des Raumes, wobei die Krümmung Null auch eine konstante Krümmung ist. Verändert sich nun ein dauerhaft isotropes homogenes Universum mit der Zeit, so kann dieses nur kontrahieren oder expandieren.

Kurz gesagt: „Die Raumzeit teilt sich in einen einheitlich gekrümmten, expandierenden oder kontrahierenden Raum, dessen Eigenschaften durch das kosmologische Prinzip bestimmt sind, und eine kosmische Zeit.“

Bei einer Expansion vergrößern sich die Abstände zwischen den Galaxien, die bis auf ihre vernachlässigbare Eigenbewegung im Raum festsitzen, systematisch. Der Abstand  $D(t)$  der Galaxien vergrößert sich gemäß

$$D(t) = R(t) * \kappa \quad (3.29)$$

, wobei  $R(t)$  ein zeitabhängiger Skalenfaktor ist und  $\kappa$  eine kennzeichnende „mitbewegte Koordinate.“ Der Abstand vergrößert sich mit der Geschwindigkeit

$$v = \frac{dD}{dt} = \frac{dR}{dt} * \kappa = \frac{1}{R} \frac{dR}{dt} * D(t) \quad (3.30)$$

die proportional zum Galaxienabstand ist. Dies ist das Hubble-Gesetz mit der Hubble-Konstanten

$$H = \frac{\dot{R}}{R} \quad (3.31)$$

1929 entdeckten Hubble und Humanson in Spektren von Galaxien, die nach Messung mehr als 1,5 Million Lichtjahren entfernt sind, eine systematische Rotverschiebung

$$z = \frac{\lambda_o - \lambda_e}{\lambda_e} \quad \text{bzw.} \quad z + 1 = \frac{\lambda_o}{\lambda_e} \quad (3.32)$$

gegenüber der Labor-Wellenlänge, also eine Verschiebung zum langwelligen Ende des Spektrums.  $\lambda_e$  . Ist die „Labor-Wellenlänge“ mit dem Index „e“ für Emission und  $\lambda_o$  die beobachtete Wellenlänge mit „o“ für Observation. Die Rotverschiebung  $z$  ist proportional zur Entfernung  $z D_L$  .

Die Rotverschiebung kann zwar, um die Entfernung von Galaxien zu berechnen, bei hinreichend kleinen Wellenlängenunterschieden als Doppler-Effekt angenommen werden, doch ist dies formal falsch. In diesem Fall wird davon ausgegangen, dass sich das die Milchstraße im Zentrum einer Explosion befindet, die „die Galaxien ... durch den Raum schleudert, so dass die Rotverschiebung in deren Spektren davon abhängt, welche Geschwindigkeit die Galaxien im Moment der Emission des Lichtes haben.“ Dies ist eine Verletzung des Homogenitätsprinzips. Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich die aussendende Galaxie mit  $v$  entfernt und Licht der Wellenlänge  $\lambda_e$  aussendet. Somit ergibt sich für die rotverschobene Wellenlänge

$$\lambda_o = \lambda_e \left(1 + \frac{v}{c}\right) \quad (3.33)$$

mit  $c$  Vakuumlichtgeschwindigkeit und Rotverschiebung

$$z = \frac{v}{c} \quad (3.34)$$

was

$$v = H_0 D_L \quad (3.35)$$



liefert. Die Proportionalitätskonstante hat hier die gleiche Bedeutung, wie die Hubble-Zahl (siehe vorne) zum Beobachtungszeitpunkt. Diese Konstante wird Hubble-Konstante  $H_0$  genannt, mit dem Index „0“ für den heutigen Wert. Dieser ändert sich nur über „kosmologisch bedeutsame Zeiten hinweg.“

Die Rotverschiebung summiert sich auf dem Weg von Sender- zu Empfängergalaxie auf und hängt von der Expansion in dieser Zeit ab. Es gilt für den Zusammenhang zwischen Rotverschiebung und Expansion:

$$\frac{\lambda_o}{\lambda_e} = 1 + z = \frac{R_o}{R_e} \quad . \quad (3.36)$$

In dieser Formel steckt nur das Verhältnis der Skalenfaktoren zum Zeitpunkt der Emission, nicht aber der absolute Wert. Das bedeutet, dass aus der Rotverschiebung nur bestimmt werden kann, „um welchen Faktor sich das Universum in der Zeit zwischen Emission und Empfang des Lichts ausgedehnt hat.“ [KIR, 2002]

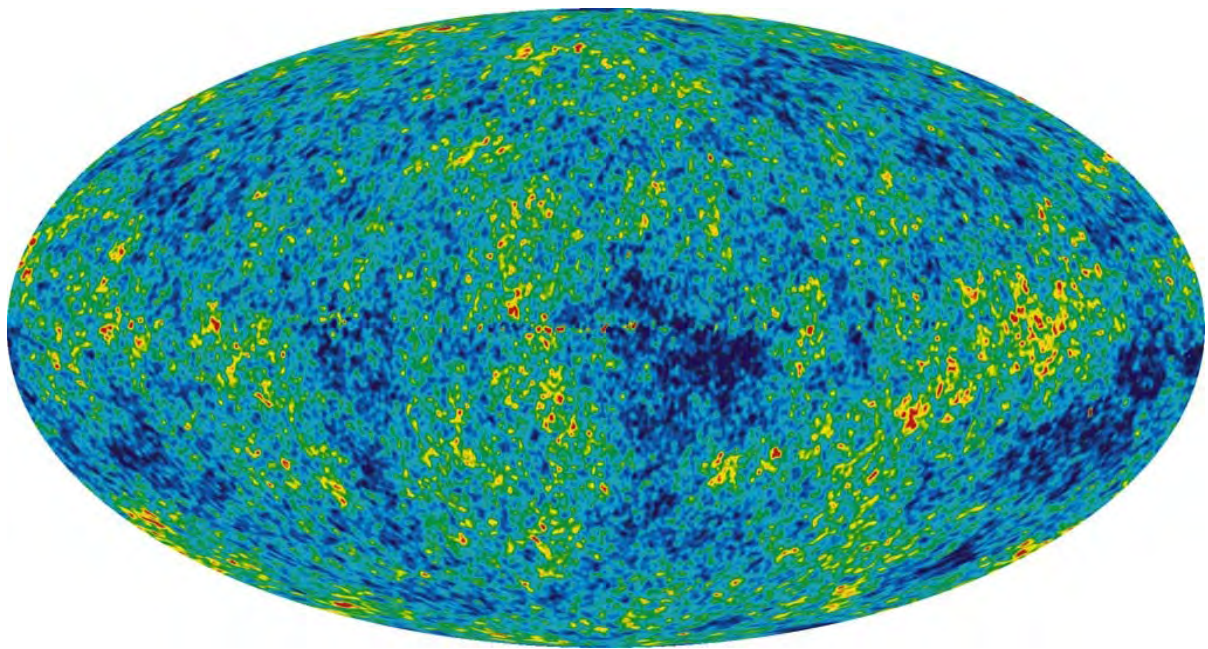
### 3.4.1 Hintergrundstrahlung

Die kosmische Hintergrundstrahlung ist ein direkter Nachweis für den Urknall. Sie wurde von George Gamow, Ralph A. Alpher und Robert C. Herman vorhergesagt und 1965 von Arno Penzias und Robert Woodrow Wilson zufällig entdeckt, als sie versuchten eine Mikrowellenantenne zu kalibrieren und nicht in der Lage waren, Störungen zu eliminieren, die auf die kosmische Hintergrundstrahlung zurückzuführen waren [BEN,2010].

Um die Hintergrundstrahlung zu verstehen, muss der Anfang unseres Universums betrachtet werden. Wie zuvor geschildert musste sich das Universum auf ca. 3000K abkühlen, damit die Protonen die Elektronen einfangen konnten und das Universum für die Photonen „durchsichtig“ wurde. Diese ausgesendete Strahlung ist heute noch in Form der Hintergrundstrahlung messbar. Diese wurde aufgrund der Ausdehnung des Universums stark rotverschoben, sodass sie heute im Mikrowellenbereich liegt. Der Rotverschiebungsfaktor beträgt  $z=1100$  woraus sich eine Temperatur von  $\frac{3000K}{1100} = 2,73 K$  ergibt.

Diese Strahlung kann mit Hilfe einer einfachen Fernsehantenne beobachtet werden. Wird ein Kanal eingestellt, auf dem kein Programm gesendet wird, so ist weißes Rauschen auf dem Fernseher zu erkennen. 1% dieses Rauschens ist auf die Hintergrundstrahlung zurückzuführen [KIR,2002].

Die Hintergrundstrahlung wurde durch Satelliten wie COBE oder WMAP mehrmals gemessen und es stellte sich heraus, dass sie bis auf Schwankungen im Bereich von einigen hundertstel Promille gleichförmig ist. Es herrschten also im frühen Universum sehr ähnliche Bedingungen. Die Schwankungen können heute noch nicht richtig erklärt werden. Sie stellen immernoch ein Rätsel für die Wissenschaft dar. Es wird vermutet, dass diese Anisotropie der Hintergrundstrahlung aus Dichteschwankungen im frühen Universum stammt [BEN,2010].



*Abbildung 22: die Hintergrundstrahlung*

## **4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“**

Im Folgenden soll nur das Schülerlabor Astrophysik genauer betrachtet werden. Zunächst werden die Stationen beschrieben, diese in den Lehrplan eingeordnet und zum Schluss wird von der Durchführung berichtet.

### **4.1 Konzeption**

Bei der Konzeption wurden die didaktischen Grundlagen beachtet, um den Schülern ideales Lernen zu ermöglichen und das Interesse zu wecken.

Die Stationen und die Arbeitsblätter wurden möglichst verständlich gehalten und es war an jeder Station ein Betreuer vorhanden, der bei Fragen oder Problemen jederzeit weiterhelfen konnte. Gleichzeitig wurden „kochbuchartige“ Anweisungen vermieden und stattdessen möglichst offene Fragestellungen gewählt, die zum Denken anregen und darauf abzielen, dass die Schüler auf ihr Wissen zurückgreifen und dieses anwenden müssen. Bei der Konzeption der Versuche waren vor allem das Vorwissen der Schüler und mögliche Verknüpfung mit dem Curriculum entscheidend. Um dies zu erreichen wurden physikalische Voraussetzungen angegeben, die auch auf einem Aushang bei einer Lehrerfortbildung zu lesen waren. Darüber hinaus wurde versucht, möglichst alle Schüler auf einen einheitlichen Wissenstand zu bringen. In einem kurzen Einführungsvortrag wurden physikalische Grundlagen wiederholt oder gegebenenfalls geschaffen. Dies war nötig, da die Klassen bezüglich ihres Vorwissens teilweise sehr heterogen waren.

Im Schülerlabor konnten keine realen Laborbedingungen simuliert werden, jedoch wurde in den Aufgaben an sich auf Lebensnähe und Alltagsbezug geachtet, um die Schüler zu motivieren. Darüber hinaus sollten alle Schüler mit einbezogen und jedem die Gelegenheit zu geben werden, selbst zu experimentieren. Aus diesem Grund waren viele Materialien mehrmals vorhanden.

Die Schüler sollten im Labor selbstständig arbeiten und waren aufeinander angewiesen, da viele Versuche nicht von einer oder zwei Personen allein durchführbar waren und auch die Vorgehensweise erst gemeinsam erarbeitet werden musste, was die Team- und Kooperationsfähigkeit fördert.

Neben der Erarbeitung und der Durchführung der Experimente mussten die Schüler ihre Ergebnisse auch auswerten und deren Genauigkeit sowie mögliche Störfaktoren beurteilen. Sie sollten möglichst selbstständig im Team arbeiten und zunächst selbst über die Fragestellung nachdenken und nach Lösungen suchen, bevor ein Betreuer eingriff. Auch wurden von den Schülern kurze Rechnungen gefordert, da dies ebenfalls einen wichtigen Teil der Astrophysik beziehungsweise der Physik darstellt.

In den Stationen an sich wurden unterschiedliche Teilgebiete der Astrophysik behandelt, wobei sich die Aufgaben der Schüler unterscheiden sollten um das Labor möglichst interessant und abwechslungsreich zu gestalten. Der Anspruch des Labors wurde an die Schüler angepasst, um diese nicht zu langweilen aber auch nicht zu überfordern. Bei Problemen war an jeder Station ein Betreuer, der ihnen immer weiterhelfen konnte.

### 4.2 Aufbau

Zu Beginn des Schülerlabor erhielten die Schüler einen etwa 40-minütigen Vortrag, in dem ihnen allgemeine Informationen zu den behandelten Themen und einige physikalische Grundlagen mitgegeben wurden. Anschließend wurden noch organisatorische Dinge zur Durchführung besprochen, die dann begann.

Das Schülerlabor besteht aus sechs Stationen zu den Themen Radioastronomie, Sonne und Schwerelosigkeit, Spektrum, Monetbeobachtung, Hubbleeffekt und Solarkonstante. Von diesen Stationen führte jede Gruppe fünf Stationen durch, wobei jeden die Möglichkeit gegeben wurde, die Monetbeobachtung durchzuführen. Pro Station hatten die Schüler jeweils 40 Minuten Zeit, für die erste Station wurden 45 Minuten eingeplant, da diese erfahrungsgemäß immer etwas länger dauert.

Nach der Durchführung trafen sich alle Schüler und Betreuer noch einmal zu einer kurzen Nachbesprechung, während der die Schüler auch den Fragebogen zum Schülerlabor ausfüllten.

## 4.3 Station eins: Radioastronomie

Die Schüler lernen an dieser Station verschiedene Radiostrahler kennen und weisen diese mit Hilfe einer Satellitenschüssel und eines LNBS nach. Dieser Aufbau stellt einen vereinfachten Aufbau eines Radioteleskops dar. Mit ihm können Frequenzen zwischen 10,7 GHz und 12,5 GHz detektiert werden.

### 4.3.1 Benötigte Materialien

- LNB (Low Noise Block Converter)
- 2m Koaxialkabel
- Kabeltrommel
- Sat-Finder
- Sat-Verstärker
- Satellitenschüssel
- stabilisierte Spannungsquelle bis 15V



Abbildung 23: Materialien der Station  
Radioastronomie

### 4.3.2 Aufbau und Durchführung

Die Materialien für diesen Versuch gibt es in jedem Elektronikfachhandel für circa 90 Euro. Eine stabilisierte Spannungsquelle ist üblicherweise in der Physiksammlung vorhanden oder ist im Baumarkt zu kaufen.

Der Zusammenbau der Satellitenschüssel und das Konfektionieren des Koaxialkabels ist selbst für Laien kein Problem, allerdings sollten die Anschlüsse für die Spannungsquelle, die nur aus kleinen Drähten bestehen, die dann in die Spannungsquelle gesteckt werden, „besser verpackt“ werden, wenn Schüler damit arbeiten.



Abbildung 24: Anschlüsse für die Spannungsquelle

Ein weiteres Problem könnte das Verbinden der Einzelteile darstellen. Der Reihe nach sollten ,wie auf den Teilen angegeben, erst LNB, Sat-Verstärker, Sat-Empfänger und Spannungsquelle verbunden werden.



Abbildung 25: von links nach rechts: LNB, Sat-Verstärker, Sat-Empfänger

Bei den hier verwendeten Materialien muss allerdings der Sat-Empfänger umgekehrt verwendet werden, sodass die Aufschrift „REC“ in Richtung LNB und die Aufschrift „SAT“ in Richtung Spannungsquelle zeigt. Andernfalls piepst der SAT-Empfänger und schlägt aus. Der Grund hierfür konnte leider nicht geklärt werden. Wenn Schüler mit der Versuchsanordnung arbeiten, empfiehlt es sich, die Anweisungen auf dem Sat-Empfänger zu überkleben und so zu beschriften, wie der Empfänger verwendet werden soll.

Bei der Durchführung der Versuche im Gebäude sollte ein Raum gewählt werden, in dem es nicht zu viel störende Strahlung im Frequenzbereich des LNBS gibt. Unter freiem Himmel ist es wichtig, dass sich möglichst wenige Störquellen in der Nähe des zu beobachtenden Objektes, zum Beispiel der Sonne, befinden. Menschen oder Gegenstände wie Gebäude, Bäume oder ähnliches sind in der Regel wärmer als die Umgebung und treten somit als Wärmestrahler auch im Radiobereich in Erscheinung. Da diese im Vergleich zum nachzuweisenden Objekt einen deutlich größeren Raum einnehmen, stellt es sich als sehr schwierig dar, ein Objekt am Himmel zu finden und ein Signal zu empfangen, wenn sich eine Störquelle in dessen Nähe befindet. Bei der Durchführung des Schülerlabors findet dieser Versuchsteil auf dem Dach des Mathematikgebäudes statt. Dieses ist eines der höchsten Gebäude auf dem Campus und überragt somit störende Gebäude. Bei der Beobachtung von einem Dach muss darauf geachtet werden, dass ein Geländer vorhanden ist und sich die Schüler angemessen während des Versuchs verhalten.

Für die Versuchsteile die im Gebäude stattfinden, sollte ein Raum verwendet werden, in dem sich möglichst wenig Radiostrahler befinden, da viel zusätzliche Radiostrahlung die Messungen erschwert. Die Räumlichkeiten in der Physikdidaktik eignen sich dazu sehr gut. Bei einer Schülerlabordurchführung im EP1 ist es allerdings sinnvoll, alle Versuchsteile die auf dem Dach durchgeführt werden können, draußen durchzuführen.

Bei Beginn der Station rufen sich die Schüler zunächst noch einmal ins Gedächtnis, welche Wellenlänge Radiowellen besitzen. Hier wird davon ausgegangen, dass sie womöglich nicht mehr an die Angaben aus dem Einführungsvortrag erinnern. In diesem Fall können sie den Betreuer fragen. Zusätzlich berechnen die Schüler aus dem angegebenen Frequenzbereich den Wellenlängenbereich, für den das LNB empfindlich ist. Auf diese Weise wiederholen sie kurz den Zusammenhang zwischen Wellenlänge und Frequenz einer Welle. Die Formel ist angegeben. Ihnen sollte an dieser Stelle auffallen, dass das LNB nur für einen kleinen Frequenzbereich empfindlich ist und nicht alle Radiowellen nachweisen kann.

Dann stellen die Schüler Vermutungen auf, welche Radiostrahler sich im Raum befinden, die mit dem LNB nachgewiesen werden können. Es ist zu erwarten, dass sie sämtliche elektronischen Geräte im Raum nennen und damit auch Radiostrahler wie Leuchtstoffröhren, Handys und Heizkörper.

Anschließend verbinden sie die einzelnen Teile des Versuchsaufbaus. Da angegeben ist, um welche Teile es sich handelt, sollte ihnen dies möglich sein. Als Hilfestellung bietet es sich an, die sie zu fragen, wozu die Einzelteile ihrer Meinung nach benötigt werden. Die Schüler sollten in der Lage sein erklären zu können, dass die Radiostrahlung vom LNB empfangen, vom Sat-Verstärker verstärkt und dann vom Sat-Empfänger gemessen wird, der an eine Spannungsquelle angeschlossen ist. Wenn die Versuchsanordnung vom Betreuer überprüft ist, wird 15V Gleichspannung angelegt. Die Satellitenschüssel wird für den ersten Versuchsteil noch



#### 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

---

nicht verwendet. Zunächst wird das LNB auf den Fußboden gerichtet und der Sat-Empfänger so eingestellt, dass er kurz davor ist zu „piepsen“. Dann wird er auf die vermutete Radioquelle gerichtet. Ist das Objekt eine Radioquelle, die im Frequenzbereich des LNBS strahlt, schlägt der Sat-Empfänger aus und piepst. Dabei sollte das Koaxialkabel möglichst wenig bewegt werden, da dies auch zum Piepsen führen kann. Es lassen sich Leuchtstoffröhren und Handys als Radiostrahler nachweisen.

Die Versuchsanordnung wird danach als SMS-Detektor verwendet. Sendet oder empfängt ein Schüler eine SMS, schlägt der Sat-Empfänger aus und piepst bevor das Mobiltelefon des Schülers

lingelt. Dieses Experiment dient als kleine Auflockerung und die Schüler gehen so noch einmal genauer auf das Handy als Radiostrahler ein.



Abbildung 26: Aufbau des SMS-Detektors

Anschließend überlegen sich die Schüler, welche Radiostrahler draußen zu finden sind. Die Schüler sollten mit Hilfe der Informationen aus dem Einführungsvortrag Satelliten, die Sonne und

den Mond nennen können. Sie montieren anschließend das LNB an die Satellitenschüssel und überprüfen ihre Vermutungen mit ihrem Betreuer experimentell auf dem Dach des Mathematikgebäudes. Hier sollen sie sich vor allem auf die Sonne konzentrieren.

Beim Experiment sollte ihnen auffallen, dass sie selbst und auch Gebäude, Bäume sowie andere Gegenstände Radiowellen aussenden. Um die Radiostrahlung der Sonne nachzuweisen, wird die Satellitenschüssel auf den nördlichen Himmel gerichtet, da sich dort keine Satelliten befinden. Der Sat-Finder wird gerade so eingestellt, dass kein Piepsen mehr zu hören ist. Nun richten die Schüler die Satellitenschüssel auf die Sonne und suchen deren Signal. Dabei sollte sie der Betreuer, wie schon zuvor erwähnt, darauf hinweisen, dass sich keine Gebäude, andere Schüler, der Schüler mit der Satellitenschüssel selbst und sonstige Hindernisse im Messbereich befinden, da die Sonne nur in einem sehr kleinen Bereich



nachweisbar ist. Darüber hinaus sollte das Kabel möglichst wenig, vor allem nach oben und unten, bewegt werden, da es hierdurch auch piepsen kann. Den Schülern wird nun die Gelegenheit gegeben, selbst das Signal der Sonne zu finden. Sie werden vermutlich zunächst das LNB direkt auf die Sonne richten und kein Signal erhalten. Der Betreuer sollte nun den Hinweis geben, dass sie mit der Hand untersuchen können, aus welchem Bereich es tatsächlich möglich ist, ein Signal aufzufangen. Mit diesem Trick sollte ihnen auffallen, dass die Satellitenschüssel leicht „schieft“, sodass sie auf Brusthöhe fast parallel zum Boden gehalten und in Richtung Sonne gerichtet werden muss.



*Abbildung 27: Ausrichtung der Satellitenschüssel*

Bei klarem Himmel kann die Reflexion der Sonne bzw. der Schatten des LNBs auf der Satellitenschüssel zur Orientierung verwendet werden. Beim verwendeten Aufbau befindet sich die Reflexion knapp unter dem „P“ des Aufdrucks. Wenn genügend Zeit vorhanden ist, sollte jedem die Möglichkeit gegeben werden, die Sonne selbst zu suchen. Empfängt kein Schüler ein Signal, führt der Betreuer das Experiment kurz vor.

Danach diskutieren die Schüler gemeinsam mit ihrem Betreuer, warum auch bei bedecktem Himmel ein Signal von der Sonne empfangen werden kann. Dies liegt daran, dass Wolken für Strahlung im Radiowellenbereich durchlässig sind. Ein gutes Beispiele hierfür ist, dass es auch möglich ist, bei bedecktem Himmel fern zusehen. Zu beachten ist allerdings, dass es sehr schwierig ist, das Radiosignal der Sonne ohne Orientierung durch Reflexion oder Schatten auf der Schüssel zu finden. Hierfür ist etwas Übung notwendig.

Am Ende der Station beschäftigen sich die Schüler mit einem Zitat:

„Tune your television to any channel it doesn't receive, and about one percent of the dancing static you see is accounted for by the ancient remnant of the Big Bang. The next time you complain that there is nothing on, remember that you can always watch birth of universe.“ (Bill Bryson).

Zu Deutsch: Schalten Sie Ihren Fernseher auf irgendein Programm, das er nicht empfängt und circa ein Prozent des Flimmerns das Sie sehen hat seine Ursache im historischen Überbleibsel des Urknalls. Das nächste Mal, wenn Sie sich darüber beschweren, dass nichts läuft, denken

Sie daran, dass Sie immer die Geburt des Universums sehen können.

Die Schüler sollten, auch mit Hilfe des Einführungsvortrages, in der Lage sein, als Ursache die 3K-Hintergrundstrahlung zu nennen, die offensichtlich auch von der Satellitenschüssel empfangen werden kann und als Flimmern in Erscheinung tritt. Sollten die Schülern mit der, auch fächerübergreifenden Aufgabe, Probleme haben, so liegt an der Station eine Übersetzung des Zitats aus. Dieses soll die Brücke zum alltäglichen Leben schlagen und als Gedächtnisstütze dienen, sodass sich die Schüler besser an die Station erinnern können [FIS,2006].

### **4.3.3 Anmerkung**

In der verwendeten Versuchsanleitung werden als nachweisbare Radiostrahler auch Heizkörper und WLAN genannt. Es stellte sich jedoch heraus das WLAN in einem Frequenzbereich zwischen 2,40GHz und 2,48GHz bzw. 5,15GHz und 5,83GHz arbeitet [GES,2010] und deshalb nicht mit einem LNB nachgewiesen werden kann. Ebenfalls ist es bisher noch nicht geglückt, die Strahlung eines laufenden Heizkörpers zu detektieren. Dies könnte daran liegen, dass dieser im nachweisbaren Frequenzbereich nicht stark genug strahlt, um sich von der störenden Radiostrahlung im Raum abzuheben.

### **4.3.4 Voraussetzungen**

Um diese Station bearbeiten und auch verstehen zu können, sind Kenntnisse des elektromagnetischen Spektrums, vor allem des Radiobereichs, und das Planck'sche Strahlungsgesetz nötig. Diese Voraussetzungen werden im Einführungsvortrag wiederholt beziehungsweise erklärt.

### **4.3.5 Lernziele**

Die Schüler erfahren an dieser Station etwas über Radioteleskope, deren Funktionsweise und deren einfachste Form, eine Satellitenschüssel. Dies ist ein sehr vereinfachter Aufbau eines Radioteleskops, den die Schüler aus dem täglichen Leben kennen. Dieser ist gut verständlich, einfach aufgebaut und leicht zu handhaben. Die Schüler erhalten die Möglichkeit damit selbstständig zu experimentieren.

Des weiteren lernen die Schüler einige Radiostrahler im Raum oder auch unter freiem Himmel kennen und wie diese nachgewiesen werden können. Als interessante Anwendung aus der Kosmologie setzen sich die Schüler mit der kosmischen Hintergrundstrahlung auseinander, die auch im täglichen Leben in Form von Fernsehflimmern in Erscheinung tritt.

Schwächeren Schüler im Fach Physik wird zusätzlich die Möglichkeit auf ein Erfolgserlebnis gegeben, indem sie ihre handwerklichen bzw. technischen Kenntnisse im Aufbau der Satellitenschüssel oder ihre Englischkenntnisse zeigen können.

## 4.4 Station zwei: Sonne und Schwerelosigkeit

Als einzige Station werden Aufgaben aus zwei Themenbereichen bearbeitet. Zunächst beschäftigen sich die Schüler mit der Oberfläche der Sonne und der Granulation, anschließend weisen sie Schwerelosigkeit in einer fallenden Dose nach.

### 4.4.1 Benötigte Materialien

#### Fallversuch:

- Highspeedkamera mit Stativ
- leere Trinkdose
- Wasser
- Wanne

[NAS,2010]

#### Versuch Granulation:

- Silikonöl
- Blechdose oder alter Kochtopf
- Kochplatte
- Aluspäne, möglichst fein

[GRU,2009]

#### bei „schlechtem“ Wetter Sonnenfleckenbilder im Internet

- Computer mit Internetanschluss

#### bei „gutem“ Wetter Beobachtung von Sonnenflecken:

- Teleskop, zum Beispiel MEADE Schmidt-Cassegrain mit 30cm Spiegeldurchmesser, 3m Brennweite und 30mm Okular
- Sonnenfilter



Abbildung 28: Materialien für den Versuch zur Granulation



Abbildung 29: MEADE Schmidt-Cassegrain Teleskop



*Abbildung 30: Sonnenfilter*

### **4.4.2 Sicherheitshinweis**

Die Sonne sollte niemals (!) mit dem bloßen Auge beobachtet werden, da dies zur dauerhafter Erblindung führen kann!

### **4.4.3 Aufbau und Durchführung**

Zunächst beobachten die Schüler mit ihrem Betreuer die Oberfläche der Sonnen. Sie gehen gemeinsam mit ihm auf das Dach des Mathematikgebäudes, wo ein Teleskop aufgebaut ist. Dafür gibt es zwei verschiedene Methoden: die Projektionsmethode und die Benutzung eines Sonnenfilters.

Bei der Durchführung des Labors wurde ein Sonnenfilter verwendet. Der Filter wird vorne auf das Teleskop montiert, sodass direkt und ungefährdet in die Sonne geblickt werden kann. Hier sollte der Filter vor der Benutzung auf kleine Risse oder sonstige Beschädigungen untersucht werden.

Ein Grund, der für die Verwendung eines Filters spricht, ist der direkte Umgang mit dem Teleskop. Viele Schüler haben möglicherweise nicht die Gelegenheit, durch ein Teleskop zu blicken, ganz zu schweigen durch ein Teleskop mit einem Sonnenfilter. Aus diesen Gründen wird den Schülern in der Durchführung die Möglichkeit gegeben direkt zu beobachten, selbst wenn dies etwas mehr Zeit in Anspruch nimmt, da nicht alle gleichzeitig die Sonnenoberfläche beobachten können. Außerdem ist die Sonnenoberfläche bei einer direkten Beobachtung besser zu erkennen. Je nach Wetterbedingungen sind Sonnenflecken, Fackeln und die Granulation mit dem Teleskop zu erkennen.

Bei der Beobachtung sollte auf die Wetterproblematik eingegangen werden. In Deutschland ist die Sonne sehr oft von Wolken verdeckt, sodass es nicht möglich ist, die Sonne zu projizieren oder direkt durch ein Teleskop zu beobachten. Darüber hinaus beschäftigen sich die Schüler mit der Frage, wie gut die Chancen stehen, dass Sonnenflecken zu sehen sind. Im Einführungsvortrag haben sie schon erfahren, dass die Sonne einem elfjährigem Sonnenzyklus unterliegt was zur Folge hat, dass in einem Minimum kaum oder keine Flecken sichtbar sind. Im Moment kaum Flecken zu beobachten, allerdings nimmt ihre Anzahl sehr langsam wieder zu. Es ist jedoch noch nicht geklärt, aus welchen Gründen das jetzige Minimum länger andauert und wann ein erneuter Anstieg der Sonnenfleckenanzahl zu erwarten ist.

#### 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

---

Ist die Sicht auf die Sonne von Wolken verdeckt oder ihre Oberfläche schlecht erkennbar, so suchen die Schüler Aufnahmen der Sonnenoberfläche im Internet, um sich zunächst ein Bild von deren Struktur zu machen. Diese sieht aus, als hätte sie viele kleine „Dellen“. Die Ursache hierfür ist die Granulation. Die Schüler sollen nur deren Entstehung auf den Grund gehen und sich anhand der am Arbeitsplatz ausliegenden Materialien einen passenden Musterversuch dazu überlegen. Hierfür sind Informationen aus dem Einführungsvortrag hilfreich, in dem sie erfahren, dass die Schicht unter der Photosphäre, der sichtbaren Schicht, Konvektionszone heißt. In vielen Fällen ist jedoch davon auszugehen, dass die Schüler nicht wissen, was Konvektion ist. Der Betreuer kann dann eingreifen und durch gezieltes Fragen weiterhelfen, zum Beispiel kann er ihnen die Frage stellen, wie sich das Wasser in einem Kochtopf bewegt, der auf eine heiße Herdplatte gestellt wird. Die Schüler sollten feststellen, dass heißes Wasser aufsteigt, sich beim Weg an die Oberfläche abkühlt und dann wieder auf den Boden zurücksinkt.

Mit diesen Informationen ist es einfach auf den durchzuführenden Versuch zu schließen. Zunächst verrühren sie einige Aluspäne mit dem Silikonöl das in die Blechdose gegossen wird, sodass gerade der Boden komplett bedeckt ist. Die Dose wird nun auf eine Kochplatte gestellt und erhitzt, wobei deren Boden komplett aufliegen und die Kochplatte nur auf eine geringe Heizstufe eingestellt werden sollte. Vorsicht, das Silikonöl darf nicht zu lange erhitzt werden, da es anfängt zu kochen und zu spritzen. Auch müssen die Schüler darauf hingewiesen werden, dass die Metalldose heiß wird [GRU,2009].

Auf der Oberfläche des Silikonöls zeigen sich nach circa 1-2 Minuten langsam kleine „Dellen“. Diese können durch Einstreuen von weiteren Aluspänen besser sichtbar gemacht werden. Deren Ursache, die Bewegung des Öls, wird durch die Aluspäne gut sichtbar. Den Schülern fällt sicherlich auf, dass diese Struktur sehr an die Oberflächenstruktur der Sonne erinnert, also die Ursache der Granulation die Konvektion ist [GRU,2009].



*Abbildung 31: Versuch zur Granulation*

Nach dem Modellversuch lesen die Schüler den Artikel „Soho durchleuchtet einen Sonnenfleck“ (siehe Anhang). Hierbei sollen sie genaueres über Sonnenflecken, deren Entstehung und auch über die Sonnenmission SOHO erfahren. Dabei treten vermutlich einige Fragen auf, zum Beispiel zur Entstehung von Sonnenflecken, die vom Betreuer beantwortet werden.

Wenn zuvor noch keine Sonnenflecken beobachtet werden konnten, besuchen die Schüler die Homepage von SOHO und sehen sich ein Bild der Sonnenoberfläche des Durchführungstages an und eines, das während eines Maximums gemacht wurde. Mit Hilfe der Informationen aus dem Einführungsvortrag ist ihnen es möglich, die unterschiedliche Fleckenanzahl zu erklären.

Der nächste Versuchsteil zur Schwerelosigkeit passt inhaltlich nicht so gut, allerdings wurde noch ein interessanter und praktischer Versuch für diese Station gebraucht, der auch bei bedecktem Himmel durchführbar ist, wenn noch Zeit bleibt.

Die Schüler überlegen sich eine Methode um nachzuweisen, dass das Wasser in einer fallenden Dose schwerelos ist, wobei ihnen klar sein sollte, dass im Zustand der Schwerelosigkeit die Auswirkungen der Schwerkraft nicht mehr zu spüren sind und nicht, dass keine Kräfte wirken. Hier wird ihnen etwas Zeit gelassen um in der Gruppe zu diskutieren. Sollten sie auf keine Möglichkeit kommen, so kann der Betreuer durch gezieltes Nachfragen, zum Beispiel danach, was passiert, wenn eine Dose umgedreht wird, weiterhelfen.

Beim Versuch füllen sie die Getränkedose mit Leitungswasser, drücken einen Karton auf die Öffnung und stellen sie auf den Kopf, sodass kein Wasser ausläuft. Der Karton wird nun zur selben Zeit weggenommen, wie die Dose fallen gelassen wird. Dieser Vorgang wird mit einer Highspeedkamera aufgenommen und kann danach in Zeitlupe angesehen werden. Je nach übrig gebliebener Zeit kann dieser Versuch auch von mehreren Schülern durchgeführt werden. Es ist gut zu erkennen, dass während des Fallens der Dose kein Wasser ausläuft und sich die vorher ausgelaufenen Wassertropfen nicht weiter von der Dose entfernen. Neben dieser Methode, ist es auch möglich, den Karton wegzulassen und die Dose schnell umzudrehen und fallenzulassen oder ein ca. 1-Cent-großes Loch in die Dose zu stechen und dieses vor dem Fall mit dem Finger zuzuhalten. Vor dem Versuch sollten die Schüler darauf hingewiesen werden, dass sie die Kamera nicht zu lange vor dem Fall starten, da die Aufnahme sehr langsam wiedergegeben wird [NAS,2010].

### 4.4.4 Anmerkungen

Bei der Projektionsmethode wird das Bild der Sonne durch ein Teleskop auf einen Schirm projiziert. Dadurch kann es von mehreren Schülern gleichzeitig betrachtet werden. Allerdings ist es besser, den Schirm in einem abgedunkelten Raum aufzustellen, um Kontraste besser sehen zu können. Dunkle Flecken bzw. Strukturen auf hellem Untergrund sind vom Auge nicht so einfach zu erkennen, wie helle Flecken bzw. Strukturen auf dunklem Untergrund. Entgegen manchen Meinungen im Internet oder auch in der Literatur, sind Feldstecher oder aus Linsen nachgebaute Galileische Fernrohre hierfür nicht geeignet, da die entstehende Projektion entweder zu klein oder nicht lichtintensiv genug ist. Auch sollte ein Linsenteleskop und kein Spiegelteleskop verwendet werden, da durch die Sonnenstrahlung sehr hohe Temperaturen entstehen und dadurch die Spiegel beschädigt werden können. Die Linsen sollten nicht verklebt sein, da sich der Kleber durch die hohen Temperaturen lösen kann. [GÖT,1998]

Als Ersatz für das Öl und die Aluspäne beim Versuch zur Granulation kann ein Mohn-Milch-

## 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

---

Gemisch im Verhältnis 1:1 verwendet werden, das in einem Topf auf einer Herdplatte langsam erwärmt wird. Allerdings ist der Effekt deutlich geringer. Mit diesen Materialien kann das Phänomen allerdings von den Schülern auch zu Hause beobachtet werden. Eine Durchführung mit Milch und Kakao, wie sie in der Handreichung für Astrophysik erwähnt wird, ist ungeeignet, da die Struktur nicht (gut) zu erkennen ist [GRU,2009].

### 4.4.5 Voraussetzungen

Um Station zwei bearbeiten und auch verstehen zu können, sollten die Schüler bereits die Newton'schen Gesetze und den freien Fall behandelt haben und wenigstens einige Grundkenntnisse zum Magnetfeld mitbringen, um die Entstehung von Sonnenflecken verstehen zu können. Es wäre auch wünschenswert aber nicht notwendig, dass die Schüler wissen, was Konvektion ist.

### 4.4.6 Lernziele

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln bei dieser Station eine Vorstellung von der Oberfläche der Sonne, sowie die Entstehung ihrer Struktur. Dabei sollte ihnen klar sein, dass die Sonne nicht aus einer Flüssigkeit, wie das Silikonöl, besteht. Die Sonnenflecken an sich sollten als Phänomen bekannt sein und auch ihre Entstehung durch Magnetfelder, sowie ihr elfjähriger Zyklus. Darüber hinaus sollen sie etwas über die Möglichkeiten zur Sonnenbeobachtung mitnehmen, von der Erde mit einem Teleskop und auch aus dem Weltraum zum Beispiel mit SOHO. Sie sollten in der Lage sein, sich online über Weltraummissionen zu informieren und auch Bilder sowie Ergebnisse einsehen zu können. Des Weiteren sollten die Schüler bei einer direkten Sonnenbeobachtung über deren Gefahren sensibilisiert werden und auch erste Erfahrungen beim Umgang mit einem Teleskop sammeln.

Darüber hinaus beschäftigen sie sich mit der Schwerelosigkeit, die auch immer wieder zu Verständnisschwierigkeiten führt und entwickeln eine Methode diese nachzuweisen. Weiterhin bekommen sie die Gelegenheit, eine Highspeedkamera zu verwenden, was an den meisten Schulen vermutlich nicht möglich ist.



## 4.5 Station drei: das Spektrum

In dieser Station erfahren die Schüler mehr über das Spektrum einzelner Elemente sowie der Sonne.

### 4.5.1 Benötigte Materialien

#### Versuch zu Linienspektren

- Spektallampen
- Handspektroskop
- Gradsichtprisma

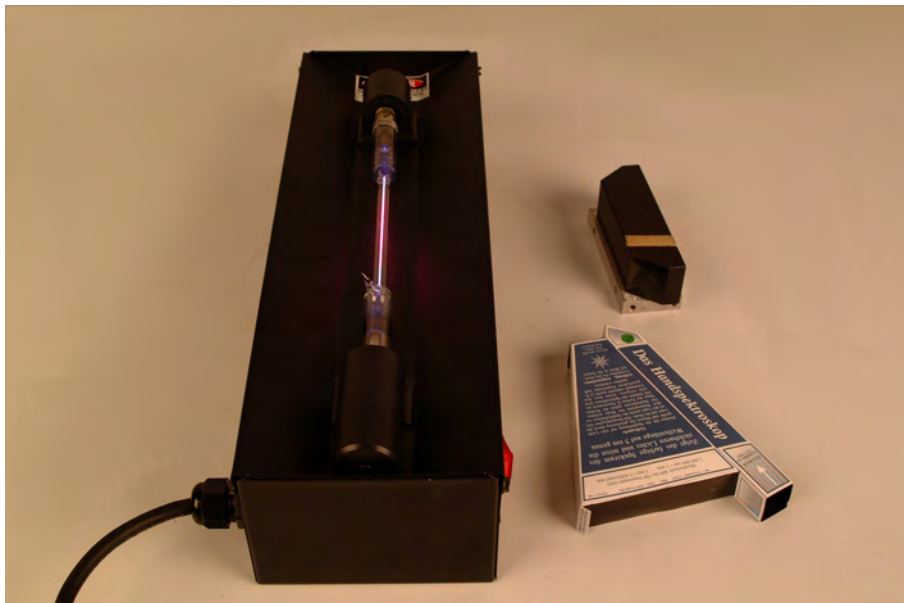


Abbildung 32: Materialien für den Versuch zum Linienspektrum

#### Herschelversuch bei wolkenfreiem Himmel

- Schuhkarton
- Prisma
- 4 Thermometer
- Tesafilm
- Schere
- Blatt Papier

#### Herschelversuch bei bedecktem Himmel

- Thermosäule
- Messverstärker
- Kohlebogenlampe
- Gradsichtprisma
- Linse ( $f=150\text{mm}$ )
- Spalt
- Schirm

##### **Versuch Fraunhoferlinien**

- Computer mit Messsoftware, zum Beispiel CCDops
- Gitterspektroskop zum Beispiel von sbig
- CCD-Kamera zum Beispiel sbig ST8



*Abbildung 33: CCD-Kamera mit Gitterspektroskop*

Beim ersten Teil dieser Station untersuchen die Schüler die Spektren von Helium, Wasserstoff und Quecksilber. In die ausgeschaltete Spektrallampe wird die jeweilige „Röhre“ mit dem passenden Element eingespannt und anschließend eingeschaltet. Um die Spektrallinien der einzelnen Materialien sehen zu können, blicken die Schüler durch ein Gradsichtprisma und ein Handspektroskop, mit dem zusätzlich die Wellenlänge der verschiedenen Linien bestimmt werden kann. Sie überlegen sich, in welcher der Röhren sich Wasserstoff befindet, was mit den Informationen aus dem Einführungsvortrag möglich sein sollte, und notieren die Farbe der einzelnen Spektrallinien sowie deren Wellenlänge. Falls die Schüler die Wellenlänge der einzelnen Linien nicht gut erkennen können, sollte der Betreuer darauf hinweisen, das Licht im Raum angeschaltet zu lassen und mit dem Schlitz direkt in die Lampe zu sehen. Anhand der angegebenen Formel und der Informationen aus dem Einführungsvortrag überprüfen die Schüler ihre Ergebnisse nun rechnerisch. Sollten sie sich nicht daran erinnern, dass die Balmerreihe berechnet werden muss, da diese im sichtbaren Bereich liegt, hilft ihnen der Betreuer weiter.

Nachdem die Schüler nun die Emission genauer betrachtet haben, wird nun eine CCD-Kamera und ein Gitterspektrometer zu Hilfe genommen, um den umgekehrten Prozess, die Absorption, anhand der Fraunhoferlinien am Computer zu betrachten. Hierzu wird der Raum etwas abgedunkelt, da sonst das Bild der Kamera überbelichtet ist. Bei der Messsoftware ccdops wird unter „setup“ eine Belichtungszeit von zwei Minuten eingegeben und die Messung gestartet.

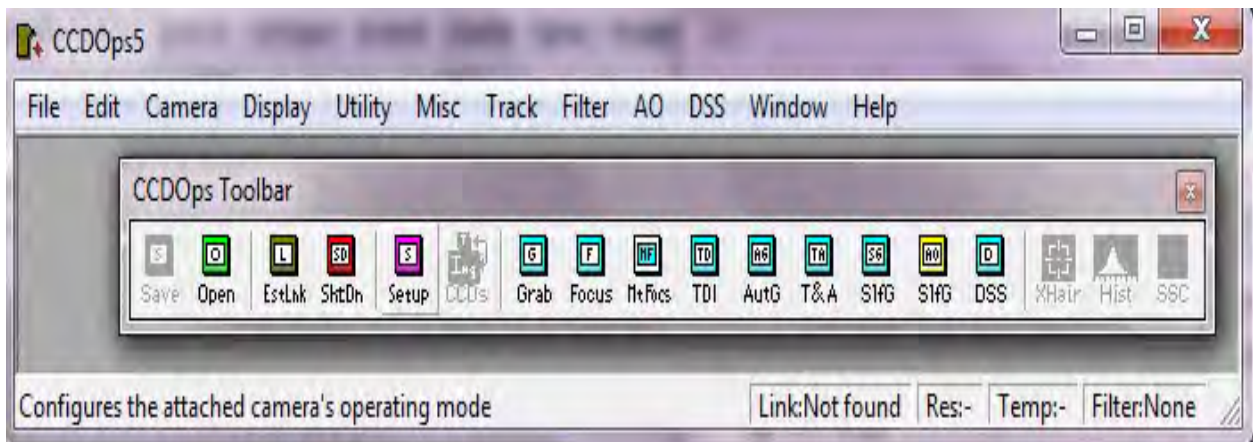


Abbildung 34: Benutzeroberfläche ccdops

Das erhaltene Bild ist in schwarz-weiß, allerdings sind gut schwarze Linien zu erkennen, die das Spektrum durchziehen, die Absorptionslinien.

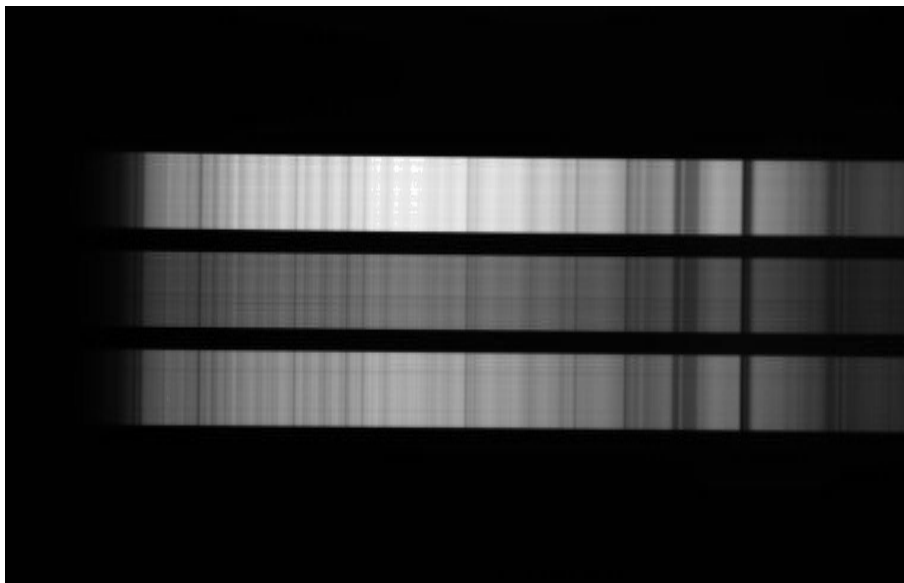


Abbildung 35: Sonnenspektrum

Dieser Versuch ist auch bei bewölktem Himmel durchführbar, da nicht viel Licht benötigt wird. Ein Nachteil besteht allerdings darin, dass er hauptsächlich vom Betreuer durchgeführt werden muss, da sich die CCD-Kamera bzw. das Gitterspektrometer sehr leicht verstellt und dann erneut zu kalibrieren ist, was von Mitarbeitern aus der Astrophysik durchgeführt wird, da dies sehr kompliziert ist. Aus diesem Grund gibt es an dieser Station noch einen Zusatzbeziehungsweise einen Ersatzversuch, den Herschelversuch.

Beim Herschelversuch wird bei wolkenfreier Sicht auf die Sonne ein Karton an der oberen Ecke ca. 2cm tief zweimal eingeschnitten, sodass zwischen die beiden Schnitte das Prisma passt und umgeknickt. Auf die Ecke wird das Prisma gelegt und festgeklebt. Danach wird der Aufbau nach draußen in die Sonne gebracht, auf den Boden gestellt und so ausgerichtet, dass das

#### 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

---

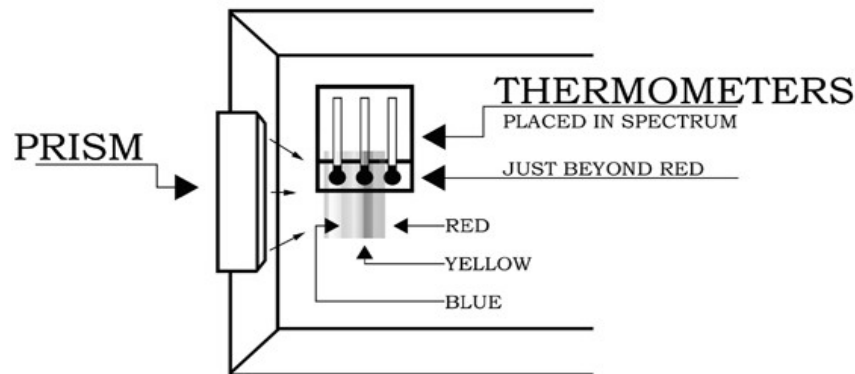
Sonnenlicht durch das Prisma fällt, aufgespaltet wird und die verschiedenen Spektralfarben auf dem Boden des Schuhkartons sichtbar werden. Es soll ein schönes, etwa 3cm breites Spektrum entstehen, in dem alle Farben scharf und möglichst breit sind, aber sich auch keine weißen Streifen zwischen den einzelnen Farben befinden.

Auf den Boden des Kartons wird ein weißes Blatt gelegt und in den blauen, den gelb-grünen und kurz hinter dem roten Anteil wird jeweils ein Thermometer darauf geklebt, sodass sich die Spitzen der Thermometer in den einzelnen Farben befinden. Dabei muss zuvor die Spitze des Thermometers geschwärzt werden, das sich hinter dem roten Bereich befindet. Wird dieser Aufbau nun circa 10 Minuten in der Sonne stehengelassen, so sollte sich ein deutlicher Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Thermometern einstellen. Im blauen Bereich sollte die zu messende Temperatur am niedrigsten, im gelb-grünen Bereich mittelmäßig und im roten bzw. im infraroten Bereich am höchsten sein. Die Verteilung ist durch die Aufspaltung des Lichts durch das Prisma erklärbar: im Blauen ist diese am größten und nimmt bis hin zum Infraroten stetig ab.

Ein Problem bei diesem Versuch ist die Wetterabhängigkeit, da die Sonne hier nicht durch Wolken verdeckt sein darf. Es sollte es nicht wärmer als 25°C sein, da das ungefähr den Temperaturen entspricht, die durch die Sonnenaufspaltung erreicht werden [THA,2010], [SCA,2010], [DLR,2010].

Leider wurde bisher beim Ausprobieren des Versuches die gewünschten Ergebnisse nicht erzielt. Bei einer Messung bei ca. 20°C Außentemperatur wurde im Blauen 25°C und im Gelb-grünen, sowie im Infraroten eine Temperatur von 26°C erreicht und auch bei geringeren Außentemperaturen wurde kein besseres Ergebnis erzielt. Ein Grund hierfür könnte die zu geringe Breite der einzelnen Spektralfarben im Vergleich zu den Thermometerköpfen sein, so sind zum Einen die Thermometer breiter als der infrarote Bereich und zum Anderen breitere Thermometer nicht empfindlich genug, um den Temperaturanstieg in einem relativ schmalen Bereich gut aufzulösen.

Da es allerdings nicht entscheidend ist, wie genau die Temperaturverteilung in den unterschiedlichen Bereichen ist, sondern nur gezeigt werden sollte, dass es neben dem Sichtbaren Bereich auch noch einen unsichtbaren Teil des Sonnenspektrums gibt, wurde dieser Versuch nicht gestrichen. Auch ist er durch die Thermometer anschaulicher als der Ersatzversuch für schlechtes Wetter. Um dennoch ein gutes Ergebnis zu erzielen wird ein viertes Thermometer verwendet, das in den Schatten, zum Beispiel in eine Ecke des Kartons, geklebt wird. Dies zeigt einen deutlichen Temperaturunterschied zu den anderen Thermometern, insbesondere des Thermometers im infraroten Bereich .



*Abbildung 36: Skizze zum Aufbau des Herschelexperiments bei wolkenfreiem Himmel*

Bei bedecktem Himmel kann das Prinzip des Versuchs mit einer Kohlebogenlampe demonstriert werden, da auch diese im Infraroten strahlt. Hierzu wird eine schon aufgebaute Versuchsanordnung verwendet. Dabei sollte beachtet werden, dass die Lampe sehr heiß wird und das abgestrahlte Licht sehr hell ist. Dieses fällt auf einen Spalt, durch den es eingeengt wird, danach wird er durch eine Linse vergrößert und durch ein Gradsichtprisma in die verschiedenen Spektralbereiche aufgespalten. Mit einem Schirm kann zunächst das Spektrum angesehen und dann von den Schülern mit einer Thermosäule abgetastet werden, die über einen Messverstärker mit einem Spannungsmessgerät verbunden ist. Dabei sollte den Schülern auffallen, dass der blaue Bereich den geringsten Ausschlag zeigt, der gelb-grüne ist schon etwas deutlicher, der rote Bereich liefert einen noch größeren Ausschlag. Der größte Ausschlag ist im infraroten Bereich zu sehen, der nicht mehr im Sichtbaren liegt. Die Schüler sollten mit ihrem Wissen über das elektromagnetische Spektrum diese Tatsache erklären können [LEI,2010], [PHY,2010].

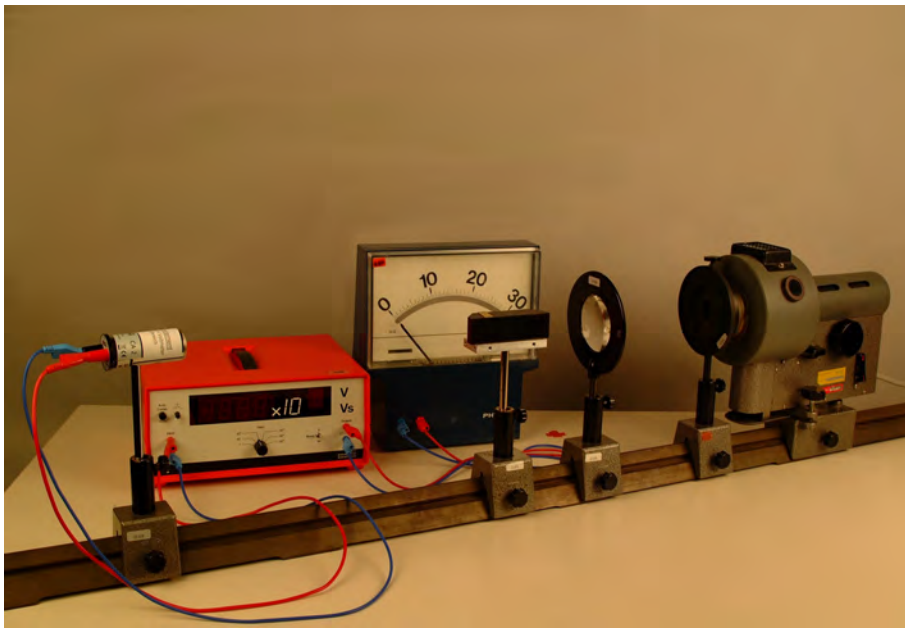


Abbildung 37: Aufbau des Herschelversuchs bei bedecktem Himmel

#### 4.5.2 Voraussetzungen

Um die Station bearbeiten und auch verstehen zu können, sollten die Schüler Grundwissen über das elektromagnetische Spektrum, Prismen, Elektronenübergänge (Absorption und Emission) und eventuell über das Beugungsgitter mitbringen.

#### 4.5.3 Lernziele

Bei dieser Station lernen die Schüler Spektrallinien verschiedener Elemente kennen und auch Möglichkeiten, diese sichtbar zu machen. Dabei soll ihnen der Unterschied zwischen einem kontinuierlichen und einem diskreten Spektrum deutlich werden. Darüber hinaus beschäftigen sie sich mit dem Spektrum der Sonne, das nach dem sichtbaren Bereich „weiter geht“, und von dunklen Streifen, den Fraunhoferlinien durchzogen ist. Sie sollen den Zusammenhang zwischen diesen Linien und den Spektrallinien einzelner Elemente verstehen. Weiterhin wiederholen die Schüler die Begriffe der Absorption und der Emission, das elektromagnetische Spektrum, sowie das Prisma, und das Beugungsgitter.

## **4.6 Station vier: Monetbeobachtung**

An dieser Station erfahren die Schüler etwas über die Entstehung astronomischer Bilder, wie sie sie zum Beispiel vom Hubbleteleskop kennen und erhalten die Gelegenheit, eine Beobachtung mit dem Monetteleskop durchzuführen.

### **4.6.1 Benötigte Materialien**

- Internetfähiger Computer
- Nutzungsberechtigung für das Monetteleskop
- Beobachtungszeit
- Computerprogramm: imagej mit Astronomy Plugins ImageJ

### **4.6.2 Durchführung**

Zunächst wählen sich die Schüler aus einigen angegebenen Objekten ein Beobachtungsobjekt aus. Eine Auswahl von Beobachtungsobjekten wird angegeben, da die Schüler vermutlich ein Objekt auswählen würden, das sich zum Beobachtungszeitraum nicht am beobachtbaren Himmel befindet. Dann befassen sich die Schüler kurz mit der Beobachtungsoberfläche, auf der das Teleskop und das Innere der Kuppel zu sehen sind und klären einige Angaben, die dort gemacht werden.



#### 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

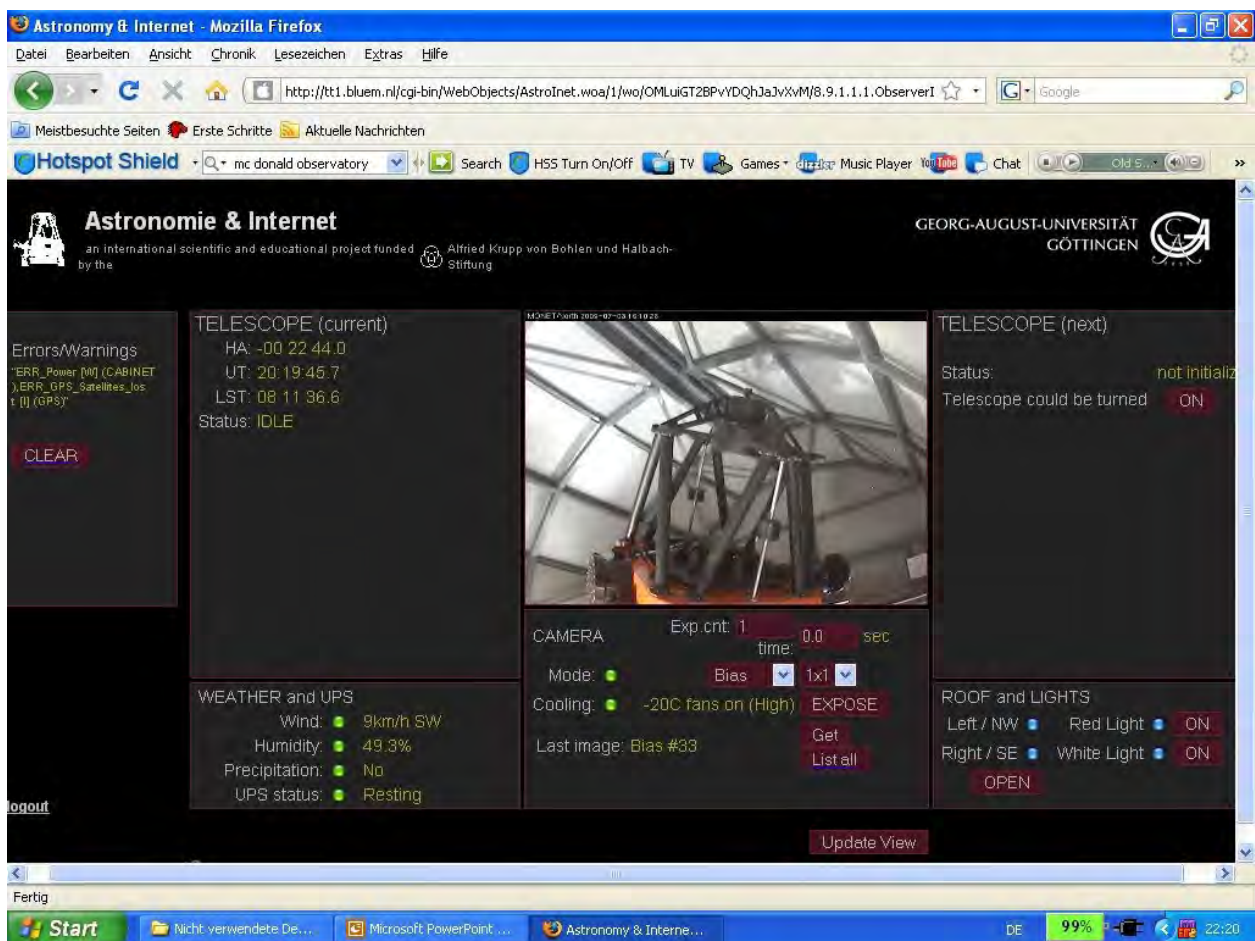


Abbildung 38: Screenshot der Beobachtungsoberfläche des Monetteleskops

Das Dach wird bereits vor Beginn der Station geöffnet, da dies einige Zeit erfordert. Darauf hin klären die Schüler mit dem Betreuer, wie Bilder vom Teleskop gemacht werden. Ausschlaggebend hierfür ist die Frage, warum die Bilder mit verschiedenen Filtern gemacht werden und welche die Schüler für sinnvoll erachten. In der Diskussion mit dem Betreuer sollten sie darauf kommen, dass die Bilder mit einer CCD-Kamera aufgenommen werden, die nur schwarz-weiß-Bilder liefert und somit für verschiedene Farben Filter benötigt werden. Mit etwas Grundwissen über die Farbaddition, sollten sie auch die Farben der jeweiligen Filter nennen können: grün, blau, rot. Die verschiedenen Filter, die benutzt werden können, sind noch zusätzlich auf einer Graphik veranschaulicht. Darüber hinaus sollten die Schüler die Frage beantworten, ob noch ein weiteres Bild benötigt wird. Dabei handelt es sich um ein Bild, das bei geschlossenem Kamrera-shutter gemacht wird, den sogenannten „Darkframe“. Dieser wird verwendet, um das Rauschen durch thermisch herausgeschlagene Elektronen aus den Bildern zu entfernen. Bei dieser Frage werden sich die Schüler wohl eher schwer tun. Sie wissen zwar aus dem Einführungsvortrag, dass der Aufbau einer CCD-Kamera einer Photodiode ähnelt, allerdings dürfte das Wissen der Schüler über Halbleiter nicht so gut sein, dass sie diese Frage beantworten können.

Als nächstes werden die Bilder mit den jeweiligen Farbfiltern und ein „Darkframe“ gemacht. Die Belichtungszeit sollte hier bei circa 180s liegen, wobei jeweils fünf Aufnahmen gemacht werden. Beim Betrachten der Bilder fällt den Schüler sicher auf, dass diese (fast) komplett schwarz sind.



Sie überlegen sich nun, warum dies so ist. Vermutlich können nur Schüler diese Frage beantworten, die sich besser mit Computern auskennen. Der Grund hierfür ist, dass der Bildschirm nicht genügend Farben auflösen kann. Um auf den Bildern etwas erkennen zu können, wird ein Bildverarbeitungsprogramm benötigt. Hierfür wird das Programm imagej mit dem Astronomy Plugin verwendet, das verglichen mit anderen Programmen, relativ einfach zu handhaben ist. Es ist damit sehr einsichtig ist, was mit den Bildern bei der Bearbeitung geschieht.

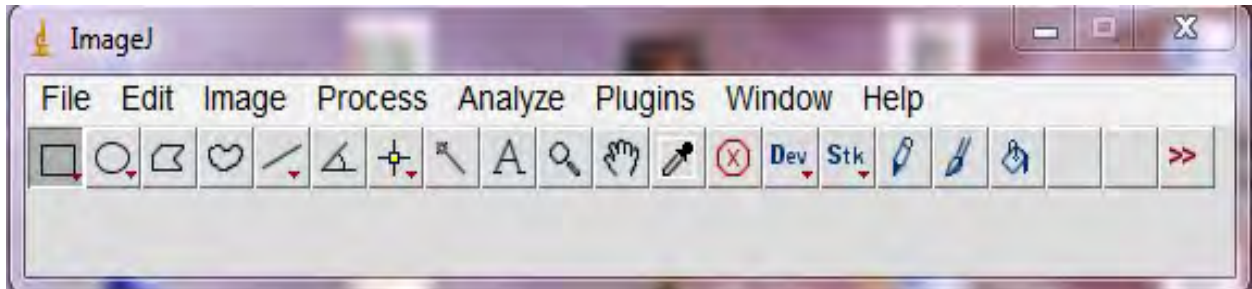


Abbildung 39: Benutzeroberfläche imagej

Zunächst werden die Bilder, die mit einem Farbfilter gemacht wurden, in imagej geöffnet. Dies geschieht unter „File“ mit dem Befehl „Import“ und „image sequence“. Hier kann nur die Anzahl der zu öffnenden Bilder ausgewählt werden. Diese sind größtenteils bzw. komplett schwarz.

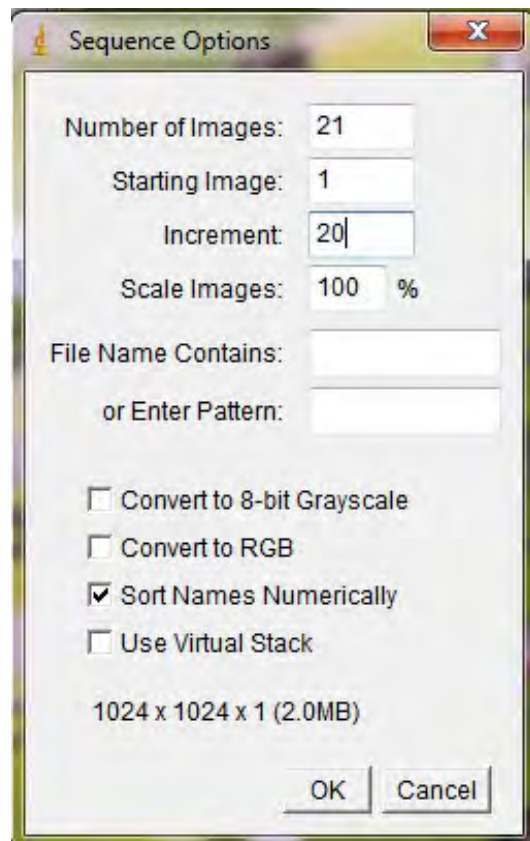


Abbildung 40: Öffnen der Bilder

Als nächstes werden diese mittels dem Befehl „Images to stack“, der unter „Image“ und „stack“ zu finden ist, zusammengefügt. Dem entstehenden Bild kann noch ein Name gegeben werden. Um die verwendeten Bilder zu mitteln, wird unter „plugin“ „stack“ ausgewählt und der Befehl „align stack“ ausgewählt. Es öffnet sich ein Fenster, in dem angegeben werden kann, wie viele Objekte zum Abgleichen der Bilder berücksichtigt werden sollen.

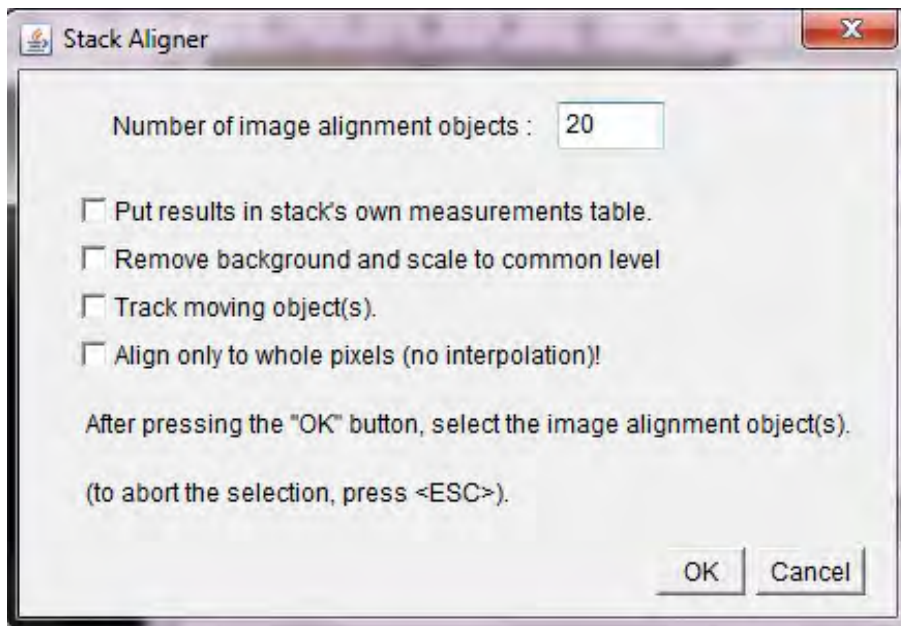


Abbildung 41: Abgleichen der Bilder

Danach wird unter „Image“ und „Stacks“ „Z-project“ ausgewählt und der Median zum Mitteln der Bilder verwendet.

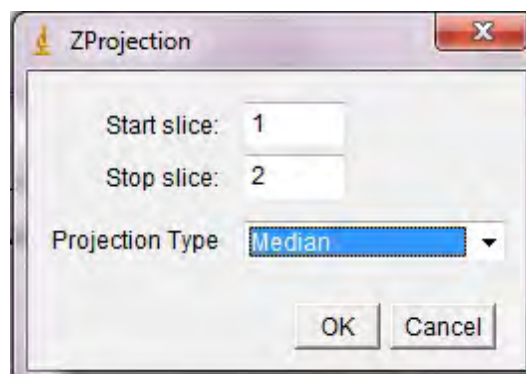


Abbildung 42: Mitteln der Bilder mit dem Median

Danach wird die Auflösung so verändert, dass auf ihnen etwas zu sehen ist. Dies geschieht mit dem Befehl „brightness contrast“ unter „image“ und „adjust“. Im sich öffnenden Fenster wird nun „auto“ gewählt.

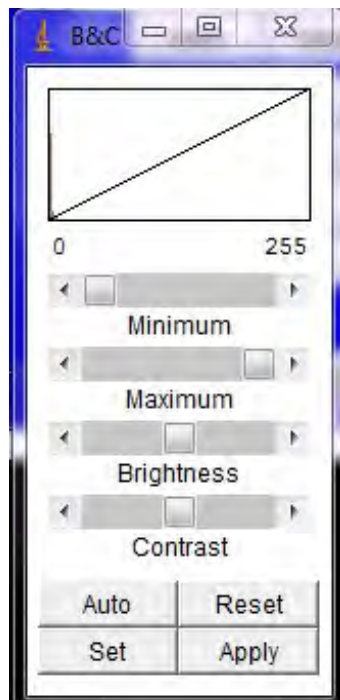


Abbildung 43:  
Veränderung der  
Auflösung

Dieser Prozess wird mit den Bildern aller Filter und dem Darkframe wiederholt. Danach ist auf den Bildern etwas zu erkennen. Allerdings sind diese zunächst noch in schwarz-weiß, da mit der CCD-Kamera keine Farbaufnahmen möglich.



Abbildung 44: Aufnahme mit grünem Filter    Abbildung 45: Aufnahme mit rotem Filter

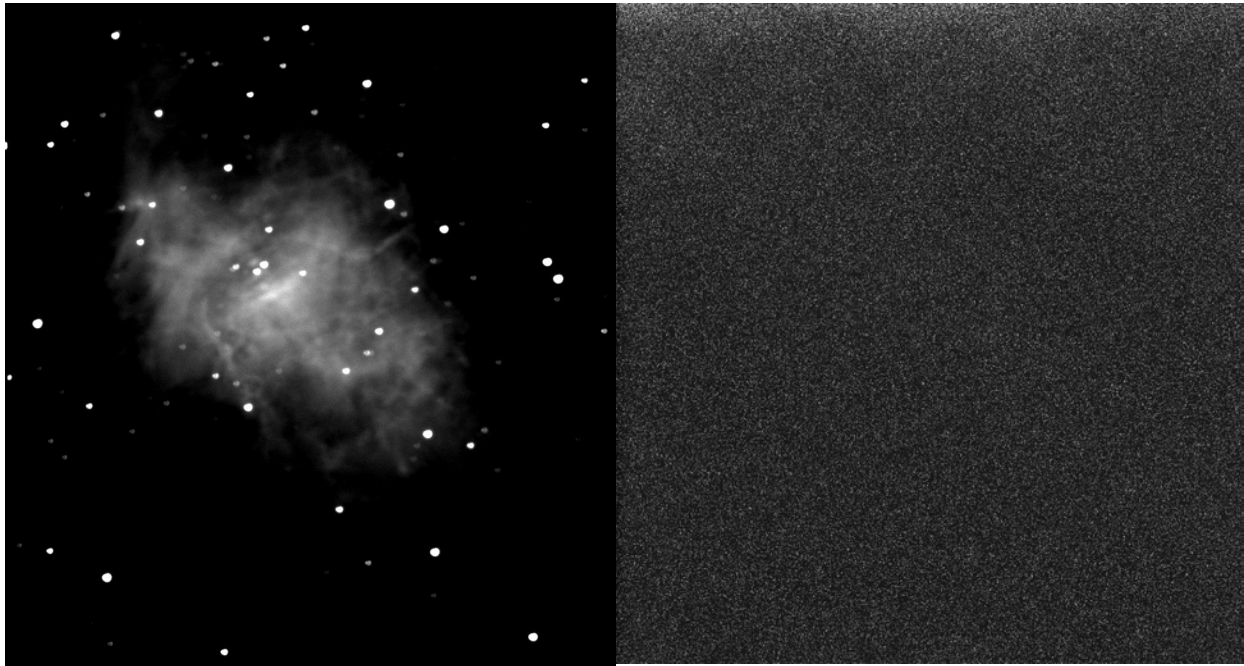


Abbildung 46: Aufnahme mit blauem Filter    Abbildung 45: Aufnahme bei geschlossener Kuppel

Nach diesen eher abstrakten Prozessen können die Schüler wieder besser mit einbezogen werden. Sie sollten sich überlegen, was der nächste Schritt in der Bildbearbeitung ist. Sie sollten die Idee der Farbaddition und Subtraktion von zuvor aufgreifen können und zunächst vorschlagen, von den Aufnahmen mit den unterschiedlichen Filtern die Aufnahme mit geschlossener Kuppel abzuziehen, um das Rauschen zu entfernen. Der Darkframe kann mit dem „image calculator“ unter „process“ abgezogen werden.

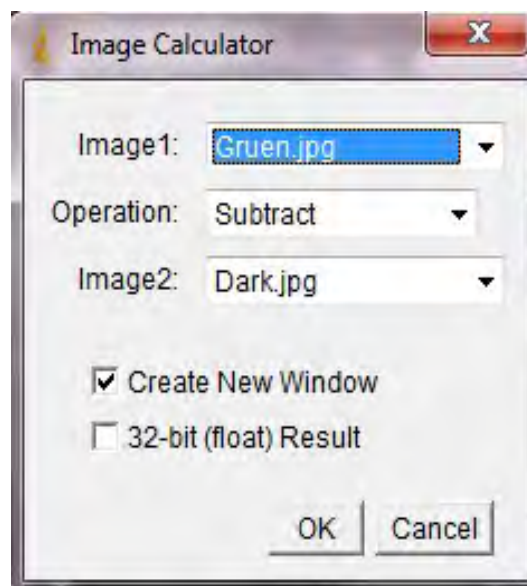


Abbildung 46: Subtrahieren des Darkframes



#### 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

Daraufhin überlegen sie sich, wie es möglich ist, mit den gemachten Aufnahmen ein Bild zu bekommen, das den Bildern vom Hubbleteleskop oder vom Monetteleskop ähnelt. Es wird jedem Bild eine Farbe zugeordnet und die Bilder übereinander gelegt. Dies geschieht sehr anschaulich mit dem „RGB-Composer“, der unter „Plugins“ und „Color“ zu finden ist.

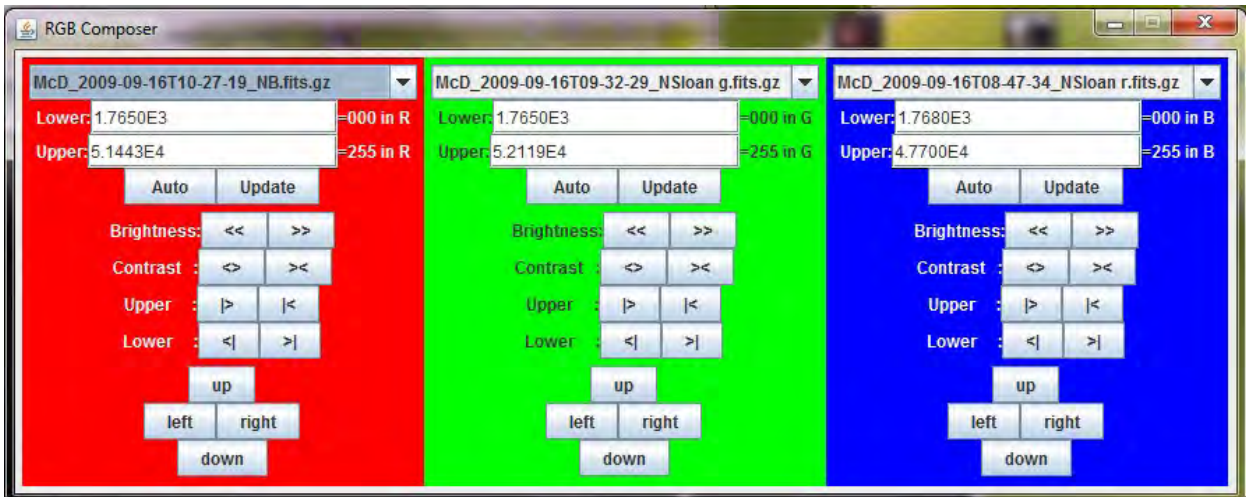


Abbildung 47: Übereinanderlegen der Bilder mit dem RGB-Composer

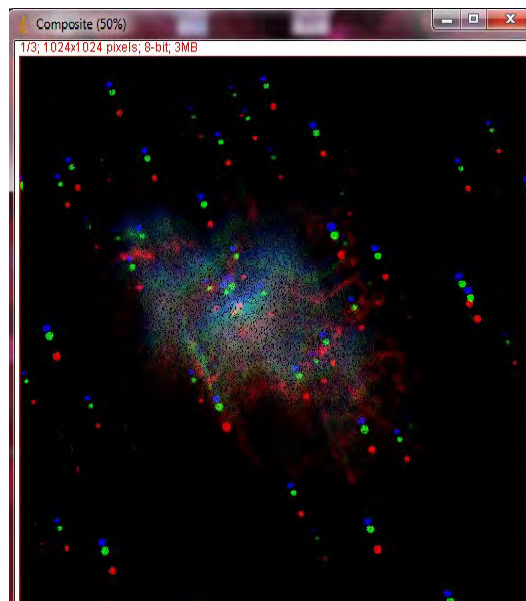


Abbildung 48: nach dem Übereinanderlegen der Aufnahmen

Die übereinandergelegten Bilder müssen manuell noch etwas besser aufeinander geschoben werden. Dies geschieht am besten, indem in einen Stern hineingezoomt wird und die Frabkomponenten des Bildes verschoben werden. Nach Bedarf kann noch die Helligkeit und der Kontrast der verschiedenen Komponenten zusätzlich verändert werden. Es entsteht nun ein

mehrfarbiges Bild wie aus dem Einführungsvortrag.



*Abbildung 49: fertige Aufnahme*

Zum Schluss überlegen sich die Schüler noch, wie sie dieses verbessern können. Sie sollten eine längere Belichtungszeit und das Verwenden von mehr Bildern pro Farbe nennen können.

Die größte Schwierigkeit bei einer Monetbeobachtung stellt wieder die Wetterabhängigkeit dar. Es ist zwar möglich, bei „dünnen“ Schleierwolken noch helle Objekte zu beobachten, allerdings kann bei „normaler“ Bewölkung kein Bild mit dem Teleskop gemacht werden. Auch darf das Teleskopdach bei zu hoher Feuchtigkeit, Regen, Hagel oder anderen für das Teleskop schädlichem Wetter nicht geöffnet werden.

Bei schlechtem Wetter ist leider keine Monetbeobachtung möglich, allerdings kann die Beobachtungsoberfläche gezeigt werden und der Prozess der Bildentstehung mit den Schülern anhand bereits gemachter Bilder erarbeitet werden. Bei noch verbleibender Zeit kann der Betreuer noch weitere Aufnahmen zeigen und genauer auf die gezeigten Objekte eingehen.

### **4.6.3 Anmerkungen**

Imagej, das zur Bildbearbeitung verwendete Programm, und das benötigte Astronomy Plugin können kostenlos unter <http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html> bzw. <http://www.astro.physik.uni-goettingen.de/~hessman/ImageJ/Astronomy/> heruntergeladen werden.

### **4.6.4 Voraussetzungen**

Grundsätzlich sind für eine Monetbeobachtung kaum Vorkenntnisse nötig, da diese Station sehr anschaulich ist. Allerdings ist für die Beantwortung der Fragen und des besseren Verständnisses des Prozesses der Bildentstehung Grundkenntnisse zur Farbaddition und zu Halbleitern, insbesondere Photodioden, sehr hilfreich.

### **4.6.5 Lernziele**

Ziel dieser Station ist es, den Schülern zu zeigen, wie astronomische Bilder entstehen, die sie zum Beispiel vom Hubbleteleskop kennen und ihnen die Möglichkeit zu einer Teleskopbeobachtung zu geben. Die Schüler greifen bei der Bearbeitung der Station auf Vorkenntnisse über Halbleiter, insbesondere der Photodiode, und Farbaddition zurück. Ihnen wird bei dieser Station der Stellenwert moderner Technik in der Astrophysik verdeutlicht. Darüber hinaus erhalten Schüler, die sich etwas besser mit Computer und Bildbearbeitungsprogrammen auskennen die Möglichkeit, ihr Wissen zu zeigen.



## 4.7 Station fünf: Hubbleeffekt

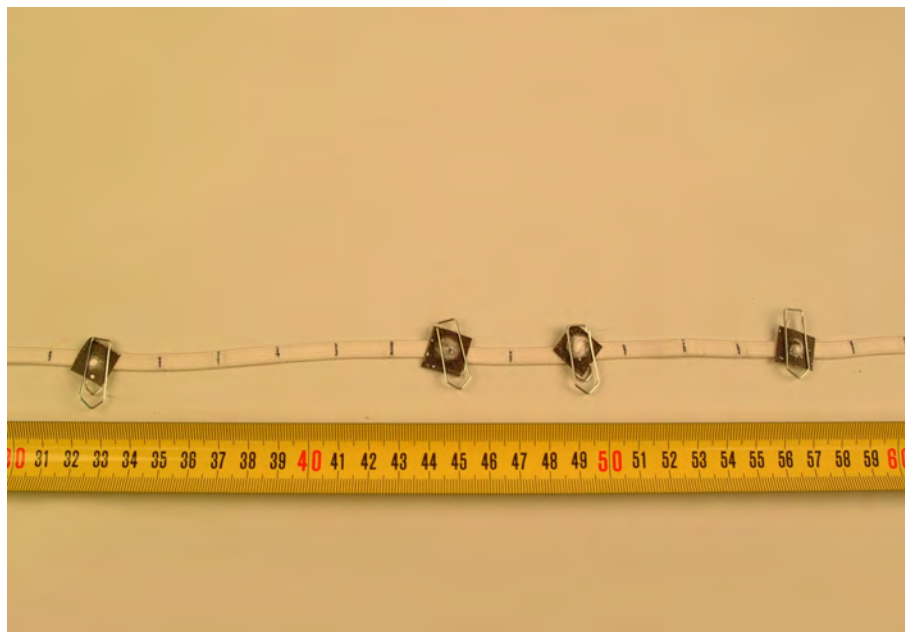
Die Schüler beschäftigen sich mit Hilfe eines Modellversuchs mit dem Hubbleeffekt und der Fluchtgeschwindigkeit.

### 4.7.1 Benötigte Materialien

- ca. 2m Hosengummi
- Filzstift
- Büroklammern
- mindestens 7 kleine Bilder von Galaxien etwa in der Größe eines 2-Cent-Stücks
- Tafel und Kreide
- Lineal für die Tafel oder Maßband

### 4.7.2 Aufbau und Durchführung

Mit Hilfe des Gummibandmodells soll den Schüler in dieser Station die Expansion des Universums näher gebracht werden. Sie bieten „durch die Konkretheit der Galaxien ein Gegengewicht zur Abstraktheit des „Gummiband-Universums.“ Die Versuche werden am besten an einer Tafel durchgeführt, an der das Gummiband befestigt werden kann.



*Abbildung 50: Versuch zur Fluchtgeschwindigkeit*

Zu Beginn der Station machen sich die Schüler zunächst einmal die Analogie zwischen den Modellgalaxien, dem Gummiband, den Markierungen zum Raum und der Materie im Raum klar. In dem Modellversuch stellt das Gummiband den expandierenden Raum dar. Darauf werden die kleinen Galaxien regelmäßig, aber nicht mit gleichem Abstand, verteilt und mit den Büroklammern befestigt. Zwischen den Galaxien sind bereits kleine Striche in einem regelmäßigen Abstand (1-2cm) gezogen, sie stellen die ebenfalls kosmische Materie dar, die

#### 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

---

großräumig gesehen homogen verteilt ist. Wird das Gummiband nun gedehnt, so erfolgt die Ausdehnung, die die Expansion repräsentiert, gleichmäßig, wobei die Modellgalaxien sich voneinander wegbewegen, aber selbst nicht expandieren. Auf die Expansion des Universums und die ebenfalls im Versuch thematisierte Homogenität wird im Einführungsvortrag eingegangen, da die Schüler auf dem Themengebiet der Kosmologie selten Kenntnisse mitbringen.

Zunächst sollen die Schüler im Gummibandmodell die Homogenität des (Gummiband-)Universums nachweisen, also die Tatsache, dass die Erde kein ausgezeichnete Ort im Universum ist. Dafür halten sie das Gummiband in beiden Händen und fixieren ihren Blick auf eine bestimmte Galaxie. Der Gummi wird immer weiter gedehnt und dabei erst einmal die Modellgalaxien betrachtet. Diese bewegen sich voneinander weg aber verändern selbst nicht ihre Größe, nur das Gummiband wird gedehnt. Der Raum, in dem sich die Galaxien befinden, expandiert. Darüber hinaus scheint es so, als würden sich die anderen Galaxien und Punkte auf dem Gummiband von der betrachteten Galaxie wegbewegen, desto schneller je weiter sie entfernt sind.

Danach messen die Schüler genauer nach. Dafür befestigen sie das Gummiband an der Tafel. Es werden nun zwei Galaxien ausgewählt, die nicht nebeneinander liegen. Das Gummiband wird immer weiter gedehnt, wobei zwischendurch immer wieder die Abstände der beiden Galaxien zu den roten Markierungen an der Tafel gekennzeichnet werden. Danach werden die Markierungen der beiden Galaxien bei unterschiedlicher Dehnung verglichen. Es scheint, als würde jede der Galaxien das Zentrum der Expansion/Ausdehnung sein, da sich die anderen Galaxien von ihr wegbewegen, wobei die Ausdehnung des Gummibandes um beide Galaxien gleich ist. Die Ausdehnung ist um so größer, je weiter die Markierung von der jeweiligen Galaxie entfernt ist. Bei diesem Teilversuch ist je nach Leistungsstärke der Schüler Hilfe vom Betreuer notwendig, da es sich bei der Expansion des Raumes, auch anhand des Gummibandmodells, um ein sehr abstraktes und aus der Schule kaum bekanntes Thema handelt.

Außerdem überlegen sich die Schüler eine Methode, um die Fluchtgeschwindigkeit des Gummibandmodells zu bestimmen. Auch hier kann Hilfestellung durch den Betreuer notwendig sein. Für den Modellversuch bleibt das Gummiband an der Tafel montiert und die Schüler markieren dort die Position der unterschiedlichen Galaxien. Danach wird das Band eine Sekunde lang mit konstanter Geschwindigkeit so gedehnt, dass sich die Galaxien nach der Ausdehnung noch vor der Tafel befinden, und die Position der Galaxien wird erneut markiert. Um nun die Ausdehnungsgeschwindigkeit zu bestimmen, messen die Schüler die Differenz

$\Delta s$  der beiden Punkte, die zu der selben Galaxie gehören. Daraus können sie nun mittels der Formel für die Geschwindigkeit,  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ , die Ausdehnungsgeschwindigkeit berechnen. Die

Geschwindigkeit wird nun gegen den „Anfangsort“, der am besten bezüglich des Befestigungspunktes des Gummibandes gemessen wird, aufgetragen. Es ergibt sich eine Gerade aus der die Ausdehnungsgeschwindigkeit, die Hubblekonstante, abgelesen werden kann (Vgl. Kapitel 3.4 Formel (3.31)).

Den Schülern sollte mit ihrem Vorwissen aus der Schule auffallen, dass es sich hier um eine beschleunigte Bewegung handelt. Je weiter ein Punkt entfernt ist, desto schneller bewegt er sich vom befestigten Punkt an der Tafel weg. Aus diesem Grund ergibt sich durch die

Bestimmung mittels  $\frac{\Delta s}{\Delta t}$  ein kleiner Fehler. Die Galaxie flüchtet während der Ausdehnung an

einen bzw. viele Orte, an dem die Fluchtgeschwindigkeit höher ist, als angenommen wird.

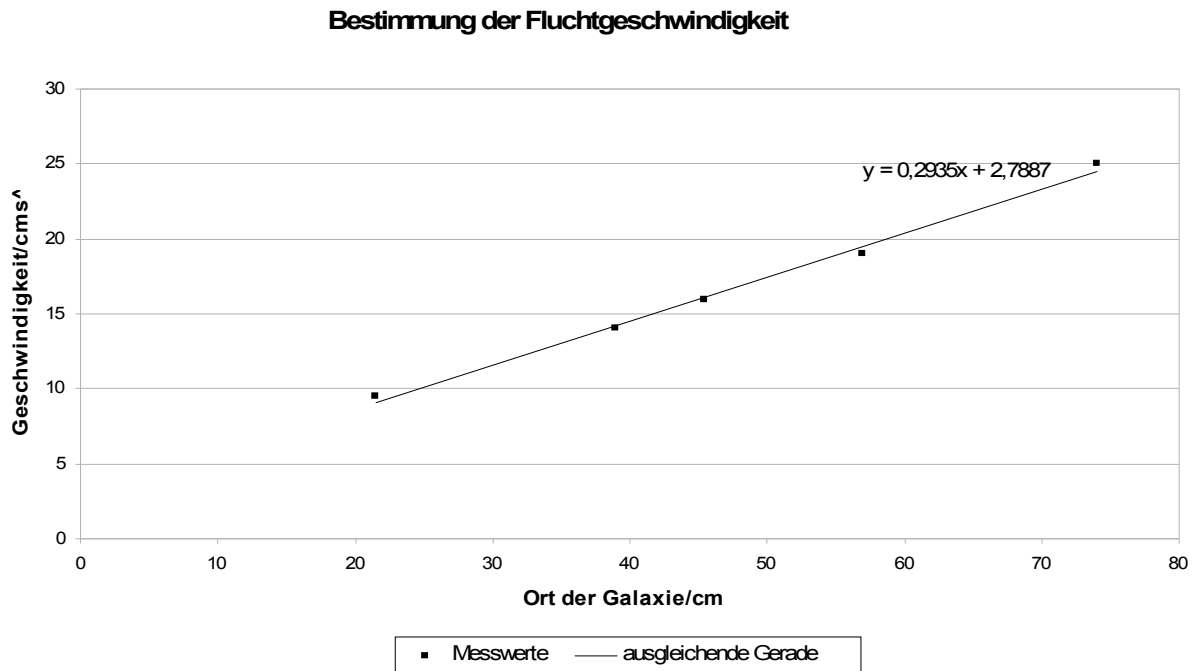
Als nächstes überlegen sich die Schüler, worin im Modell der Unterschied zum Dopplereffekt besteht. Der Dopplereffekt würde, von einer Galaxie aus betrachtet, einer Verschiebung der anderen Galaxien entlang des Gummibandes entsprechen, während sich beim Hubbleeffekt der Raum bzw. das Gummiband zwischen den Galaxien ausdehnt. Der Betreuer kann an dieser Stelle noch darauf hinweisen, dass der Hubbleeffekt dem Dopplereffekt angenähert werden kann.

Außerdem erfahren die Schüler noch, dass die Expansionsgeschwindigkeit in Wirklichkeit über die Rotverschiebung bestimmt wird, die durch die Expansion bedingt ist und überlegen sich, wie diese auch anhand eines Gummibandmodells, dieses Mal allerdings durch einen breiteren Gummi, darstellbar ist. Falls sie nicht gleich eine Idee haben, kann der Betreuer durch Fragen nach der Wellenlängenänderung bei einer Rotverschiebung weiterhelfen. Die Schüler sollten dann die Idee haben, eine Welle auf ein Gummiband zu zeichnen und dieses zu dehnen.

Dabei wird die Wellenlänge größer, da sich der Gummi, auf dem die Welle verläuft, ausdehnt, was in der Realität einer Raumausdehnung entspricht, die ebenfalls eine Wellenlängenvergrößerung zur Folge hat. Um die Wellenlängenänderung besser zu analysieren, können die Schüler zwei Wellen mit unterschiedlicher Wellenlänge vergleichen. Dabei fällt auf, dass die Wellenlängenzunahme bei steigenden Wellenlängen auch zunimmt. Um den Unterschied zum Hubbleeffekt erneut zu verdeutlichen, kann der Betreuer darauf hinweisen, dass Wellen sich quasi mit dem Gummiband/ dem Raum ausdehnen und wird nicht nur entlang des Bandes verschoben werden.

Für zusätzliche Informationen zur Kosmologie wird auf dem Arbeitsblatt noch ein Link empfohlen.

### 4.7.3 Auswertungsbeispiel



Für eine 40cm entfernte Galaxie ergibt sich zum Beispiel eine Hubblekonstante von circa  $14 \frac{cm}{s}$  pro Meter.

Bei der Betrachtung des Fehlers fällt auf, dass die Galaxie, die sich zu Beginn bei der 14cm Marke befand, bis zum Ende der Ausdehnung zum Punkt bei 64cm flüchtet. Allerdings ist die Ausdehnungsgeschwindigkeit bei 64cm um  $7 \text{ bis } 8 \frac{cm}{s}$  pro Meter höher [FIS,2005].

### 4.7.4 Lernziele

Die Schüler lernen in dieser Station den Hubbleeffekt anhand eines Modellversuchs kennen und verstehen. Dabei sollten sie den Unterschied zwischen dem Dopplereffekt und diesem Effekt kennen. Darüber hinaus wird auf die Rotverschiebung, die durch diesen Effekt bedingt ist, eingegangen. Bei der Bearbeitung der Station werden der Dopplereffekt und beschleunigte Bewegungen automatisch wiederholt.

### 4.7.5 Voraussetzungen

Um diese Station bearbeiten und auch verstehen zu können, sollten die Schüler Grundkenntnisse zu elektromagnetischen Wellen und eventuell zum Dopplereffekt mitbringen.





Abbildung 52: Materialien zur Bestimmung der Solarkonstanten mit Hilfe einer Messingplatte

#### 4.8.2 Aufbau und Durchführung

Beim Versuch mit dem Erlenmeyerkolben wird dieser zunächst gewogen und auf der Vorderseite mit einer Kerze geschwärzt. Danach wird er mit Wasser gefüllt. Die Menge wird vorher ebenfalls gewogen. Nachdem das Wasser in den Kolben eingefüllt ist, wird er mit Hilfe eines Stopfens verschlossen. Durch das Thermometer wird die Temperatur des Wassers gemessen. Diese sollte der Außentemperatur beziehungsweise bei einer Durchführung bei bedecktem Himmel der Zimmertemperatur entsprechen, so dass der Temperaturanstieg hauptsächlich durch die Sonneneinstrahlung erfolgt. Bei sehr tiefen oder sehr hohen Außentemperaturen ist es nötig, eine Schale mit Wasser ins Freie zu stellen, damit sich die Temperaturen angleichen können.

Der Erlenmeyerkolben wird in ein Stativ eingespannt, so dass die Sonne senkrecht auftrifft. Nun wird der Temperaturanstieg in Abhängigkeit von der Zeit gemessen und notiert. Dies sollte nicht über zu lange geschehen, da nur zu Beginn der Temperaturanstieg linear ist. Eine siebenminütige Messung ist hierfür ideal. Weiter soll der Nachweis des linearen Temperaturanstiegs erbracht werden, wenn genügend Zeit besteht. Dies geschieht am Computer mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms.



*Abbildung 53: Versuchsaufbau Solarkonstantenbestimmung mit Hilfe eines Erlenmeyerkolbens*

Der Versuch an sich ist sehr wetterabhängig und kann nur bei wolkenfreiem Himmel, also bei direkter Sonneneinstrahlung, durchgeführt werden. Bei schlechtem Wetter kann eine Baulampe oder eine andere stark strahlende Lampe verwendet werden, um die Sonne zu ersetzen. Diese sollte ca. im Abstand von 25cm zum Erlenmeyerkolben platziert werden, um ein gutes Ergebnis zu erhalten. Die Schüler benötigen zur Entwicklung dieser Methode je nach Vorwissen und physikalischem Verständnis vermutlich Hilfestellung durch den Betreuer.

Zur Auswertung werden ihnen zwei Formeln angegeben: die durch die Sonne eingestrahlte Energie in Abhängigkeit von der Solarkonstanten, bestrahlter Zeit und Fläche sowie die absorbierte Energie in Abhängigkeit von Temperaturanstieg, Masse und spezifischer Wärmekapazität des Stoffes. Die Schüler sollten mit ihrem physikalischen Wissen auf die Idee kommen, die Formeln gleichzusetzen und nach der Solarkonstanten umzustellen.

Anschließend überlegen sie sich noch, welche Faktoren die Messung verfälschen. Mit den Informationen aus dem Einführungsvortrag sollten die Schüler in der Lage sein anzugeben, dass durch Absorption von Strahlung in der Atmosphäre, Wärmefaufnahme durch die verwendeten Materialien und eventuell schlechter Wärmetransport durch das Wasser das Messergebnis verfälscht wird [LEI,2010a].



Abbildung 54: Versuchsaufbau zur Solarkonstantenbestimmung mit Hilfe einer Messingplatte

Die Durchführung der Station bei der Bestimmung der Solarkonstanten mit Hilfe einer Messingplatte ist zur Durchführung mit einem Erlenmeyerkolben analog.

In einen Styroporbehälter wird eine Messingplatte geklemmt und so aufgestellt, dass die Sonne senkrecht auf die Platte auftrifft. Wenn die Messingplatte in den Styroporbehälter geklebt wird, sollte kein Flüssigkleber verwendet werden, da dieser das Styropor „auffrisst“. Der Temperaturverlauf wird mit einem Temperaturfühler gemessen, der durch ein Loch im Styroporbehälter gesteckt wird. Die Schülerinnen und Schüler notieren den Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Zeit über ca. zehn Minuten. Eine längere Messung ist nicht sinnvoll, da der Verlauf nur zu Beginn linear ist.

Der Versuch an sich ist sehr einfach durchzuführen, allerdings ist es schwierig einen Styroporbecher bzw. einen Styroporbehälter zu bekommen. Hier wurden Versandboxen für wärmeempfindliches Material verwendet. Ebenfalls stellt die Temperaturmessung ein Problem dar, hierfür wird am besten nur ein kleines Loch in den Styroporbecher gebohrt und der Temperaturfühler an die Messingplatte geschoben.

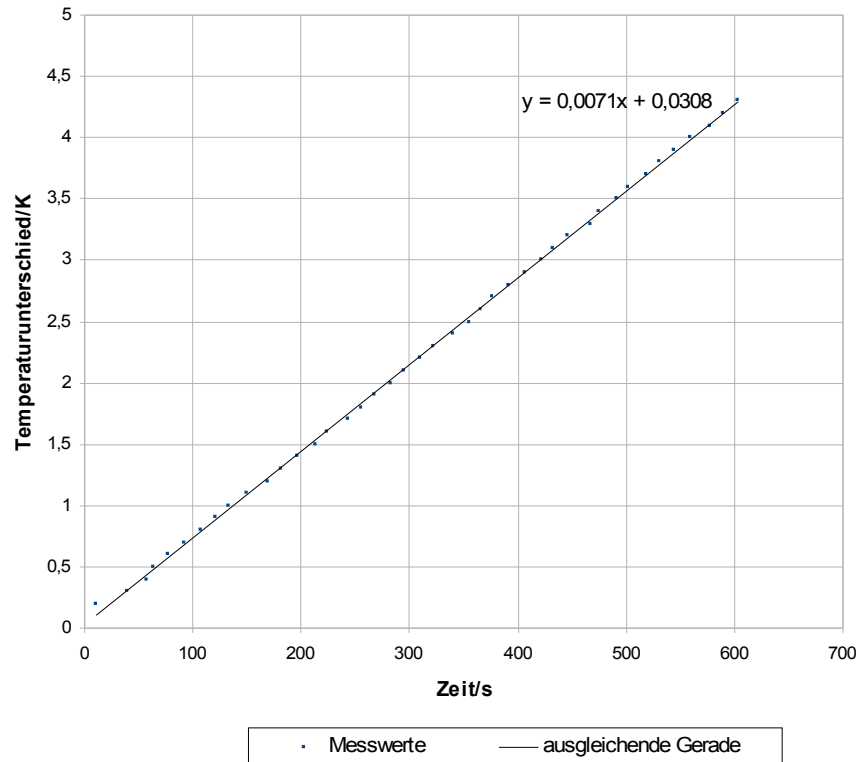
Die Auswertung erfolgt analog zur Messung mit dem Erlenmeyerkolben, allerdings nimmt hier nur die Messingplatte die eingestrahlte Energie auf. Ihre spezifische Wärmekapazität beträgt

$$0,39 \frac{J}{g^{\circ}C} \text{ [LEI,2010b].}$$



## 4.8.3 Auswertungsbeispiel

Temperatur-Zeit-Diagramm



Solarkonstante $B = 875 \text{ W/m}^2$	
Masse Erlenmeyerkolben:	63 g
Wasser	74,5 g
Wärmekapazität Wasser	4,2 J*g/T
Wärmekapazität Glas	0,8 J*g/T
Fläche Erlenmeyerkolben	29,58 cm <sup>2</sup>

Rechnung: Die eingestrahelte Energie  $E = B * A * \Delta t$  wird in innere Energie des Glases und des Wassers  $E = c * m * \Delta \theta$  umgewandelt. Gleichsetzen liefert  $B = \frac{(c_w * m_w + c_g * m_g) * \Delta \theta}{A * \Delta t}$ .

[LEI,2010a]

Die Auswertung der Messung mit einer Messingplatte erfolgt analog. Hier wird die Formel

$B = \frac{c_M * m * \Delta t}{A * \Delta t}$  verwendet, da da davon ausgegangen wird, dass sich nur die Messingplatte erhitzt [LEI,2010b]

### **4.8.4 Voraussetzungen**

Um die Station bearbeiten und auch verstehen zu können, sollten die Schüler die Energieerhaltung sowie spezifische Wärmekapazitäten behandelt haben.

### **4.8.5 Lernziele**

Die Schülerinnen und Schüler sollen hier lernen, exakt zu messen, Messergebnisse auszuwerten und über Messfehler nachzudenken. Sie sollen eine Vorstellung über die Solarkonstante bekommen und Methoden kennen, diese zu bestimmen. Darüber hinaus soll deutlich werden, welche Mechanismen die Solarkonstante schwächen bzw. eine korrekte Bestimmung verhindern. Ebenfalls wiederholen sie die Energieerhaltung und die spezifische Wärmekapazitäten.

## 4.9 Lehrplanbezug

Im folgenden Kapitel soll der Lehrplanbezug des Schülerlabors genauer betrachtet werden. Dabei wird genauer auf die physikalischen Grundlagen des Labors sowie Themen im Lehrplan, die durch das Schülerlabor ergänzt werden können, eingegangen.

### 4.9.1 Physikalische Grundkenntnisse in G9

Die ersten Grundkenntnisse für das Schülerlabor erwerben die Schüler dem G9-Lehrplan zufolge in den Klassen 9 bis 12.

Dazu gehören Grundkenntnisse über Sammellinsen sowie Dispersion und Farben in Klasse 9. Dies schließt reelle und virtuelle Bilder einer Linse, sowie Spektralfarben, additive und subtraktive Farbmischung ein. Diese Grundlagen werden zum Verständnis des Herschelversuchs sowie der Monetbeobachtung benötigt.

In der zehnten Klasse behandeln Schüler die Energieerhaltung, die zur Bestimmung der Solarkonstanten gebraucht wird. An naturwissenschaftlichen Gymnasien werden zusätzlich noch Halbleiter, insbesondere Photodioden, durchgenommen, diese können als Erklärungshilfe dienen, um den Schülern die Funktionsweise einer CCD-Kamera näher zu bringen, die von Monet und in der Station zum Spektrum benutzt wird. Ebenfalls kann in dieser Klassenstufe als Zusatz die Sonne behandelt werden. Als mögliche Themen sind hier „Beobachtung von Vorgänge auf der Sonnenoberfläche“ und die „experimentelle Abschätzung der Solarkonstante“ genannt, wobei auf die „Gefährdung bei ungeschützter Sonnenbeobachtung“ hingewiesen werden muss. Im Schülerlabor werden explizit dazu Versuche durchgeführt.

In der 11. Klassenstufe werden darüber hinaus Schwerelosigkeit und der freie Fall behandelt, wozu ebenfalls ein Versuch durchgeführt wird. Des weiteren stehen Wellenphänomene im Lehrplan, die in der Station zum Hubbleeffekt hilfreich sind, und die Erhaltungssätze werden wiederholt.

Im Physik Grundkurs in der 12. Jahrgangsstufe lernen die Schüler dann das Licht als elektromagnetische Welle und deren Ausbreitung kennen. Ausgehend davon wird das elektromagnetische Spektrum behandelt. In diesem Themenbereich wird auch die optische Spektroskopie genannt. Auf diese Kenntnisse wird in der Station zur Radioastronomie und dem Hubbleeffekt zurückgegriffen. Ebenfalls wird das Photon als Teilchen und dessen Energie eingeführt.

Auch im Leistungskurs werden in der 12. Klasse das elektromagnetische Spektrum sowie Beugung behandelt, was dann in der 13. Klasse durch den Teilchencharakter des Photons ergänzt wird. Des weiteren werden Elektronenübergänge und der Dopplereffekt behandelt. Somit werden auch im Leistungskurs die nötigen Kenntnisse in der 12. Klasse geschaffen.

Da viele diese Grundkenntnisse, vor allem elektromagnetische Wellen, sehr wichtig für den Besuch des Schülerlabors sind, ist dieser erst in der 12. Klasse oder nach der 12. Klasse zu empfehlen [ISB,2010].

### 4.9.2 Ergänzung des Lehrplans in G9

Der Astronomiegrundkurs beziehungsweise der Physikleistungskurs kann gut durch einen

## 4 Das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“

---

Schülerlaborbesuch ergänzt werden, da laut Lehrplan Themen behandelt werden sollen, die auch im Labor thematisiert werden.

Im Astronomie Grundkurs wird die Betrachtung von „Spektren von Wasserstoff ...[und] Helium.“, „Gesetzmäßigkeit im Energieniveauschema des Wasserstoffs“, „Hinweis auf Energieniveauschemata“, und das Bohrsche Atommodell im Lehrplan aufgeführt. Im Leistungskurs Physik werden „Emissions- und Absorptionsspektren“, „Messung der Wellenlängen von Emissionslinien der Balmerreihe“, „Vergleich zwischen Emissions- und Absorptionsspektrum“ sowie „Beobachtung der Fraunhoferschen Linien“ erwähnt. Dies sind Themen, die in der Station zum Spektrum behandelt werden und durch den Herschelversuchs sowie die Betrachtung des Sonnenspektrums mit Hilfe eines Gitterspektroskops und einer CCD-Kamera gut ergänzt werden können. Dies ist auch eine gute Anwendung des Beugungsgitters. Darüber hinaus stellt das elektromagnetische Spektrum einen entscheidenden Teil einiger Stationen dar, sodass der Unterricht durch Anwendungsbeispiele und Aufgaben mit Alltagsbezug bereichert werden kann. Hierzu zählt zum Beispiel die Station zur Radioastronomie.

Im Astronomie Grundkurs soll des weiteren die experimentelle Bestimmung der Solarkonstanten, möglichst durch die Schüler selbst, durchgeführt werden. Diese findet im Schülerlabor statt. Auch werden an der Station zur Sonnenoberfläche Vorgänge an der Sonnenoberfläche, wie Sonnenflecken oder ggf. Protuberanzen, beobachtet sowie der Sonnenfleckenrhythmus, Energietransport und die Granulation behandelt, wobei auch der Begriff Plasma fällt. Diese Themen sind alle im Lehrplan des Grundkurses zu finden. Themen zum Modell eines kosmischen Anfangs werden in der Station zum Hubbleeffekt mit der Expansion des Universums und in der Station zur Radioastronomie die Hintergrundstrahlung betrachtet. Ebenfalls können die Sonnenflecken als Phänomen betrachtet werden, dessen Ursache im Magnetfeld der Sonne und der Konvektion liegt [ISB,2010].

### 4.9.3 Grundkenntnisse in G8

Im neuen G8 Lehrplan werden die Grundlagen für das Schülerlabor in der 8. bis zur 11. Klasse gelegt.

Schon in der 8. Klasse wird mit Energieerhaltung begonnen [ISB,2004f] und in der 9. Jahrgangsstufe werden Magnetfelder sowie Absorption und Emission behandelt. Die Schüler „lernen, dass Atome Licht ... nur in ganz bestimmten Portionen emittieren und absorbieren können. Dabei vollziehen sie auf einem elementaren Niveau nach, dass das Emissions- und Absorptionsverhalten von Stoffen zu deren Identifikation genutzt werden kann.“ Im Lehrplan werden das „Photonenmodell des Lichts“, „Demonstration optischer Emissionsspektren und Interpretation als Abgabe diskreter Energiemengen durch die Atomhülle“ und „diskrete Energiestufen der Atomhülle“ genannt. Dies wird in der Station zum Spektrum benötigt, sowie der freie Fall in der Station zur Schwerelosigkeit, der auch im Lehrplan genannt ist [ISB,2004e].

Im Themenbereich Astronomie wird in der 10. Klasse ein „Überblick über Urknall, Expansion und Struktur des Universums“ gegeben. Darüber hinaus wird in der Wellenlehre der „Wellen- und Teilchencharakter von Licht“, der Doppelspalt und als Zusatz der „Zusammenhang zwischen Lichtwellenlänge und Photonenenergie“ durchgenommen [ISB,2004d].

Die notwendigen Kenntnisse für das Schülerlabor sind also am Ende der 10. Jahrgangsstufe im

Großen und Ganzen vorhanden, da vereinzelt Lücken in den Vorkenntnissen auch gut durch den Einführungsvortrag geschlossen werden können.

Zusätzlich wird in der 11. Jahrgangsstufe erneut das magnetische Feld behandelt, das in der Station zur Sonnenoberfläche benötigt wird, und die Wellenlehre wird durch elektromagnetische Wellen sowie das Spektrum ergänzt. Die Energie eines Photons wird in der 12. Jahrgangsstufe thematisiert [ISB,2004c].

#### 4.9.4 Ergänzung des Lehrplans in G8

Das Schülerlabor eignet sich sehr gut zur Ergänzung des Schulunterrichts nach der 10. Klasse, vor allem weil Astronomie Thema in dieser Jahrgangsstufe ist und der Urknall sowie die Expansion sowie verschiedene Weltbilder behandelt werden, was in der Station zum Hubbleeffekt thematisiert wird [ISB,2004d].

Das Schülerlabor ist aber auch sehr gut in der Oberstufe durchführbar, besonders bei der Wahl der Lehrplanalternative Astrophysik.

Im Lehrplan zur Lehrplanalternative Astrophysik ist zu lesen: „Da die Betrachtung des Sternhimmels jeden Schüler fasziniert, ist sie durch keine Unterrichtsmethode zu ersetzen. Deshalb soll den Schülern mehrfach die Gelegenheit zu Beobachtungsabenden gegeben werden.“ Dies wird den Schülern im Schülerlabor bei der Monetbeobachtung sowie der Beobachtung der Sonnenoberfläche geboten. Die „Vorgänge und Strukturen auf der Oberfläche“ sollen auch im Grundkurs behandelt werden. Des Weiteren sollen sich die Schüler mit der Spektralanalyse, dem Sonnenspektrum, „Linienspektren und ihre Deutung durch die Atomphysik“ und den Fraunhoferlinien beschäftigen, was in der Station zum Spektrum geschieht, wo sie auch die Fraunhoferlinien mit Hilfe einer CCD-Kamera und eines Gitterspektroskops betrachten. Die drei genannten Stationen eignen sich sehr gut dazu, den Schulunterricht zu ergänzen, da in ihnen Versuche oder Teilversuche durchgeführt werden, die zu einem Thema des Lehrplans gehören, aber mit schulischen Mitteln schwer durchführbar und zusätzlich sehr zeitaufwändig sind [ISB,2004c].

Darüber hinaus bestimmen die Schüler die Solarkonstante, wenn dies gewünscht wird, auf zwei verschiedenen Wegen, was auch Thema im Astronomie Grundkurs ist [ISB,2004c].

Ein weiteres Themengebiet stellt die Kosmologie dar, die die „Hubble-Beziehung und die kosmische Hintergrundstrahlung als Beleg für die Expansion des Universums beinhaltet. Diese beiden Themen werden ebenfalls im Schülerlabor in der Station zum Hubble-Effekt beziehungsweise der Radioastronomie behandelt [ISB,2004c].

Abschließend ist noch zu bemerken, dass das Schülerlabor Astrophysik eine gute Ergänzung zum Schulunterricht ist, sobald die nötigen Grundkenntnisse vorhanden sind, selbst Astronomie nicht gewählt wurde oder Thema im Unterricht ist. Die Schüler erhalten eine gute Gelegenheit ihr physikalisches Wissen auszubauen, anzuwenden und durch interessante Anwendungen sowie Alltagsbezüge zu ergänzen. Darüber hinaus bekommen sie einen Überblick über ausgewählte Gebiete der Astrophysik und beschäftigen sich mit Themen aus diesen Gebieten, was im Lehrplan nur kurz in der 10.Klasse geschieht.



## 5 Die Durchführung des Schülerlabors

In diesem Kapitel wird auf die praktische Durchführung des Labors eingegangen.

### 5.1 Erste Durchführung am 13. November 2009

Am 13. November 2009 besuchte die erste Klasse das Schülerlabor Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“. Am Schülerlabor nahmen 19 Schüler der 13. Jahrgangsstufe des Astronomie Grundkurses des Friedrich-König-Gymnasiums teil, wobei fünf Schüler krank waren. Der unterrichtende Lehrer war Herr März, der durch einen Aushang bei einer Lehrerfortbildung auf das Schülerlabor aufmerksam geworden ist.

Die Klasse an sich war bezüglich ihres Vorwissens sehr heterogen. Was sich auch später in teilweise stark differierenden Aussagen im Fragebogen zeigt. Nach Aussagen des Lehrers befinden sich in der Klasse größtenteils Schüler, die nicht besonders stark in Physik sind beziehungsweise sich nicht viel für Physik interessieren. Viele der Schüler wären der Ansicht gewesen, dass für Astronomie kein oder nicht viel Physik gebraucht wird und hätten deswegen Astronomie gewählt.

Das Schülerlabor begann mit einem 50-minütigen Einführungsvortrag um 9.15 Uhr, in dem die Schüler Informationen über das Labor an sich erhielten, einige Grundlagen wiederholten und erklärt bekamen sowie den Ablauf des Laborbesuchs erfuhren. Danach wurden die Betreuer vorgestellt. Die Schüler erhielten einen Reader sowie Namensschilder und verteilten sich auf vier Gruppen. Um ca. 10.20 Uhr begannen im EP1 die Stationen eins, zwei, drei, fünf, sechs. Die Schüler führten fünf von sechs Stationen durch.

Station eins zum Thema Radioastronomie wurde von Christoph Stolzenberger betreut. Diese war für 30 Minuten Bearbeitungszeit etwas zu lang, weswegen die Zeit auf 35 Minuten erhöht wurde. Alle Versuche, die unter freiem Himmel durchgeführt werden konnten, wurden aufgrund der hohen Radiostrahlung im Gebäude draußen durchgeführt. Die Versuche unter freiem Himmel funktionierten trotz bedecktem Himmels gut. Im Durchschnitt gelang es zwei Schülern pro Gruppe ein Signal von der Sonne zu empfangen.

Station zwei zum Thema Sonnenoberfläche und Schwerelosigkeit wurde von Theresia Merkert betreut. Die Zeiteinteilung für diese Station war gut, wobei die Station auch ohne Probleme auf 35 Minuten ausgeweitet werden konnte. Aufgrund des bewölkten Himmels konnte leider keine Beobachtung der Sonnenoberfläche durchgeführt werden, so wurden stattdessen Fallversuche mit einer Highspeedkamera gemacht.

Station drei wurde von Charlotte Bierschenk betreut. Auch hier war eine verlängerte Bearbeitungszeit angemessen. Ein kleines Problem bereitete die CCD-Kamera, die beim zweiten Durchlauf wegen eines Anwenderfehlers ausfiel. Auch Urs Ganse aus dem Lehrstuhl Astrophysik, der sich um die Kamera kümmerte, konnte sie nicht wieder erfolgreich kalibrieren. Der Ausfall der Kamera fiel nicht so stark ins Gewicht, da für diese Station noch der Herschelversuch als Zusatzversuch eingeplant war. Nach Angaben der Betreuerin konnten viele Schüler die Station gut bearbeiten, jedoch bereitete sie vereinzelt Probleme, da manche noch keine Elektronenübergänge in der Schule behandelt hatten.

Station vier, die Monetbeobachtung, wurde von Jan-Carsten Stübiger betreut. Sie begann um

## 5 Die Durchführung des Schülerlabors

---

11.30Uhr. Auch hier war eine Bearbeitungszeit von 35 Minuten sinnvoll. Leider konnte ein Onlinebeobachtung nur von der ersten Gruppe durchgeführt werden, da in Texas Wolken aufzogen, die eine Beobachtung unmöglich machten.

Station fünf, der Hubbleeffekt, wurde zunächst von Sebastian Krohne und ab dem vierten Durchlauf von Stephen Kimbrough betreut. 30 Minuten genügten zur Bearbeitung der Station, wobei die zusätzlichen 5 Minuten für Diskussionen mit Schülern zum behandelten Thema sinnvoll genutzt wurden.

Station sechs zum Thema Solarkonstante wurde von Corinna Hartmann betreut. Diese war für 30 Minuten Bearbeitungszeit etwas zu lang, weswegen diese auf 35 Minuten erhöht und die Messzeit von zehn auf sieben Minuten verkürzt wurde. Trotz der erhöhten Zeit war es allerdings nicht möglich, die Linearität des Temperaturanstiegs am Computer nachzuweisen. Dieser wurde den Schülern immer von der Betreuerin mitgeteilt. Zur Bestimmung Solarkonstanten musste wegen des schlechten Wetters eine Baulampe verwendet werden.

Nach der Bearbeitung von drei Stationen hatten die Schüler 20 Minuten Pause um etwas zu essen und sich zu erholen. Danach bearbeiteten sie noch zwei Stationen.

Da im ersten Durchlauf schon deutlich wurde, dass eine Bearbeitungszeit von 30 Minuten etwas zu kurz bemessen war, diese gleich zu Beginn auf 35 Minuten erhöht. Ebenfalls wurde die letzte Durchführung gestrichen, weil die Bearbeitung der Stationen doch sehr anstrengend für die Schüler war und mehr Zeit gebraucht wurde, als ursprünglich eingeplant war. Es wurden nur fünf statt ursprünglich sechs Stationen bearbeitet, wobei die Monetstation zweimal doppelt besetzt wurde, damit jede Gruppe die Möglichkeit hatte, diese Station durchzuführen.

Auch zu bemerken war, dass ein paar der Betreuer kleine Anfangsprobleme hatten und sich etwas schwer bei der Betreuung der Schüler taten, was vor allem bei Station 6 aus den Fragebögen herauszulesen ist. Außerdem wechselte eine Gruppe zwischendurch zur falschen Station, was dann allerdings keine weiteren Probleme bereitete, da die letzte Durchführung gestrichen wurde.

Bis auf zwei Schüler wirkten alle sehr interessiert und machten gut mit. Die Stationen wurden gut bearbeitet. Die Betreuer hatten das Gefühl, dass die Schüler etwas gelernt haben und das Labor ihnen gefallen hat, auch wenn manche mit vereinzelt Stationen Probleme hatten.

Dem Lehrer der Klasse fiel an seinen Schülern auf, dass sie gebannt zuschauten und auch keinen „Quatsch“ machten. Ihm gefiel es, dass einige Themen, die noch im Lauf des Jahres im Grundkurs behandelt werden schon mit Versuchen angeschnitten wurden. Als Tipp gab er, dass im Vortrag zu Radioteleskopen ein James Bond Film erwähnt werden kann, der zum Schluss in einer Radioantenne spielt. Herrn März gefiel das Schülerlabor sehr gut und er empfahl es einem seiner Kollegen weiter. Darüber hinaus, meldete er sich mit einer weiteren Klasse an.

### **5.2 Zweite Durchführung am 24. November 2009**

Am 24. November 2009 fand die zweite Durchführung des Schülerlabors Astrophysik-mehr als nur Sternegucken statt. Das Labor wurde von 17 Schülern der 11. Jahrgangsstufe des



Regiomontanus-Gymnasiums aus Haßfurt besucht, die Astronomie als Wahlfach haben. Drei Schüler der Klasse waren krank. Der Lehrer der Klasse, Herr Oberleitner, wurde durch einen Aushang bei einer Lehrerfortbildung auf das Schülerlabor aufmerksam.

Da es sich bei dieser Klasse um einen Wahlkurs handelte, waren die Schüler von vornherein motivierter als der Grundkurs, der zuvor das Labor besuchte. Allerdings war ebenfalls eine gewisse Heterogenität bezüglich des Vorwissens der Schüler zu beobachten.

Das Schülerlabor begann, wie zuvor auch, um 9.00 Uhr mit einem 50minütigen Einführungsvortrag. Der Ablauf des Labors war prinzipiell der gleiche wie zuvor.

Die Schüler teilten sich in vier Gruppen auf und begannen um 10 Uhr mit der Stationen. Pro Station wurde ihnen 40 Minuten Bearbeitungszeit gegeben, wobei fünf von sechs Stationen bearbeitet wurden. Um einen Wechsel zur falschen Station zu vermeiden, wurden die Schüler und Betreuer zuvor darauf hingewiesen, auf die Einhaltung der richtigen Reihenfolge zu achten.

Station eins zum Thema Radioastronomie wurde von Christoph Stolzenberger betreut. Da die Bearbeitungszeit auf 40 Minuten erhöht wurde blieb den Schülern mehr Zeit zur Diskussion der Ergebnisse. Leider regnete es am Durchführungstag stark, sodass die Sonne wegen der vielen Wolken schlecht zu finden war. Der Betreuer selbst war in der Lage die Sonne zu detektieren, allerdings empfangen im Durchschnitt nur ein oder kein Schüler ein Signal von der Sonne. Darüber hinaus musste die Spannungsquelle während der Durchführung abgedeckt werden.

Station zwei zum Thema Sonnenoberfläche und Schwerelosigkeit wurde von Theresia Merkert betreut. Da das Wetter an diesem Tag nicht für eine Sonnenbeobachtung geeignet war, wurden stattdessen Bilder von der Sonnenoberfläche im Internet gesucht und der Fallversuch durchgeführt. Mit einer verlängerten Bearbeitungszeit konnte gut auf die Bilder eingegangen und auch über diese diskutiert werden.

Station drei wurde von Charlotte Bierschenk betreut. Auch hier war eine Verlängerung der Bearbeitungszeit angemessen, obwohl die CCD-Kamera immer nicht einsatzbereit war. Die Station fiel den Schülern der 11.Jahrgangsstufe leichter als der vorherigen Klasse, da Elektronenübergänge bereits behandelt wurden.

Station vier, die Monetbeobachtung, wurde von Dominik Elsässer betreut. Diese Station wurde zu Beginn durchgeführt und zweimal doppelt besetzt, da die Beobachtungszeit sonst nicht für alle Schüler ausgereicht hätte. Im Nachhinein wäre dies nicht nötig gewesen, da wegen schlechten Wetters nur eine Beobachtung möglich war.

Station fünf zum Thema Hubbleeffekt wurde von Stephen Kimbrough betreut. Obwohl diese Station etwas kürzer ausfällt als die anderen, wurde die übrige Zeit mit Diskussionen zum Thema Hubbleeffekt und Rotverschiebung genutzt.

Station sechs zum Thema Solarkonstante wurde von Corinna Hartmann betreut. Da bei der letzten Durchführung für den Nachweis der Linearität des Temperaturanstiegs immer zu wenig Zeit blieb, wurde dieser trotz der Erhöhung der Bearbeitungszeit und der Verkürzung der Messzeit nur noch als Zusatz behandelt. Zur Messung musste ein Baustrahler verwendet werden, da die Sonne von Wolken verdeckt war.

Nach Bearbeitung von die Stationen gab es eine 20 minütige Pause, in der die Schüler etwas essen und sich etwas erholen konnten.

Bei der zweiten Durchführung fiel auf, dass die Schüler von vornherein motivierter waren und

Betreuer schon etwas Übung hatten. Die verlängerte Bearbeitungszeit war sehr sinnvoll, da die Schüler an den einzelnen Stationen mehr Zeit hatten zu diskutieren. Leider war das Wetter in Texas sowie in Deutschland sehr schlecht.

Die Schüler an sich waren sehr interessiert, motiviert und brachten ein besseres Grundwissen mit. Nach dem Labor hatten die Betreuer das Gefühl, dass die Schüler etwas gelernt hatten und es ihnen Spaß gemacht hat.

Herrn Oberleitner hat das Schülerlabor ebenfalls gefallen. Er merkte an, dass die Schüler womöglich gerne etwas weniger gerechnet hätte. Zum Astronomie Wahlfach ergänzte er noch, dass er in diesem Kurs die Themen selbst wählen könne und es keine Vorgaben im Lehrplan gäbe.

Abschließend ist zu bemerken, dass die zweite Durchführung besser als die erste war, was wohl auch mit der verlängerten Zeit, den motivierteren Schülern und den geübteren Betreuern zusammenhängt.

### **5.3 Dritte Durchführung am 23.Dezember 2009**

Am 23. Dezember fand die letzte Durchführung des Schülerlabors Astrophysik-mehr als nur „Sternegucken“ statt. Das Labor wurde von 13 Schülern des Physik Leistungskurses aus der 13.Jahrgangsstufe des Friedrich-König-Gymnasiums besucht. Der begleitende Lehrer war erneut Herr März. Die Durchführung begann um 8.30 Uhr mit einem Einführungsvortrag, der dieses Mal nur ca. 35Minuten dauerte, da die Klasse großes Vorwissen mitbrachte. Um 8.30Uhr begannen die Schüler damit, die Stationen zu bearbeiten.

Station eins wurde von Christoph Stolzenberger betreut. Sie konnte von den Schülern gut in der vorgegebener Zeit bearbeitet werden. Die Sonne konnte nur vom Betreuer und einmal gar nicht detektiert werden, da der Himmel sehr stark bedeckt war und es schwierig war einzuschätzen, in welcher Richtung die Sonne lag.

Station zwei wurde von Theresia Merkert betreut. Da der Himmel bedeckt war, mussten Sonnenflecken sowie Oberfläche der Sonne auf Bildern online betrachtet werden. Die Zeit für diese Station war gut kalkuliert, da die Schüler oft Fragen hatten, die in der vorgegebenen Zeit ausführlich beantwortet werden konnten.

Station drei wurde von Charlotte Bierschenk betreut. Da die Schüler für diese Station viel Vorwissen mitbrachten, war es in der vorgegebenen Zeit möglich, den Versuchsteil mit der CCD-Kamera sowie den Herschelversuch durchzuführen.

Station vier wurde von Dominik Elsässer betreut. Leider war keine Onlinebeobachtung mit dem Monet-Teleskop möglich, da die Kuppel defekt war.

Station fünf wurde von Stephen Kimbrough betreut. Hier blieb dem Betreuer noch Zeit um mit den Schüler über den Versuch bzw. über das Thema zu diskutieren.

Station sechs wurde von Corinna Hartmann betreut. Da den Schülern das Experimentieren leichter fiel als den vorherigen Klassen, war es ihnen möglich auch den linearen Verlauf des Temperaturanstiegs nachzuweisen.

Die Schüler des Physik Leistungskurses brachten mehr Vorwissen mit als die bisherigen Klassen. Auch das Experimentieren fiel ihnen sehr viel leichter, was daran liegen könnte, dass die die Schüler mehr Übung sowie physikalisches Verständnis hatten und somit schneller wussten, wie die jeweiligen Versuche durchzuführen waren.

Die Schüler an sich wirkten sehr interessiert und die Betreuer hatten den Eindruck, als hätten die Schüler Spaß am Experimentieren gehabt.

Dem Lehrer gefiel das Schülerlabor erneut sehr gut.



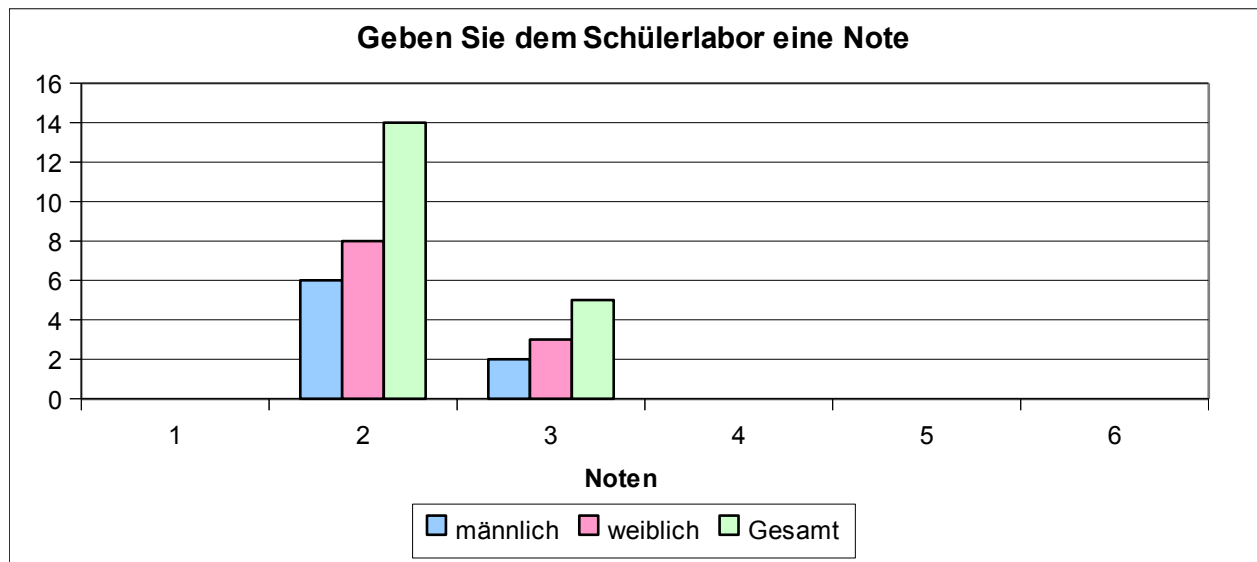
## 6 Auswertung der Fragebögen

Nach der Labordurchführung füllten die Schüler Fragebögen aus, in denen sie ein Feedback zum Schülerlabor abgeben konnten und zu ihrem Interesse an Experimenten sowie der Physik befragt wurden.

### 6.1 Auswertung der ersten Durchführung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung der ersten Labordurchführung dargestellt und bewertet.

#### 6.1.1 Bewertung des Laborbesuchs



Zunächst sollten die Schüler das Labor benoten. Die Auswertung liefert folgende Verteilung der Noten, was insgesamt eine Durchschnittsnote von 2,3 ergibt.

Als Begründung für ihre Bewertung gaben die Schüler verschiedenes an:

Als negativ wurde von den Schülern die fehlende Motivation mancher Betreuer angesehen, sowie vereinzelte Experimente, die als uninteressant empfunden wurden. Außerdem erwähnten einige, dass sie es schade fanden, dass nicht alle Experimente durchgeführt werden konnten, da die Versuchsanordnung defekt war. Dies war allerdings nur beim einem Versuch, die Betrachtung der Fraunhoferlinien, der Fall, die anderen Versuche konnten Aufgrund der Bewölkung nicht bearbeitet werden. Dies war offenbar einigen Schülern nicht klar.

Aus zwei Fragebögen war herauszulesen, dass keinerlei persönliches Interesse am Thema oder an der Durchführung eines Labors vorhanden war. Zum Beispiel schrieb ein Schüler:

*„Subjektive Meinung, da das Schülerlabor für mich persönlich eher uninteressant ist, für andere aber durchaus interessant sein kann“*

## 6 Auswertung der Fragebögen

---

Ebenfalls wurde bemängelt, dass die Durchführung nicht einwandfrei lief, was wohl größtenteils am Zeitplan lag, der etwas knapp bemessen war und daran, dass der Versuch zu den Frauenhoferlinien und die Monetbeobachtung nur bei der ersten Durchführung möglich waren:

*„Es war alles durchdacht und hat Spaß gemacht, jedoch lief nicht alles einwandfrei.“*

*„es war nicht perfekt (Zeit) aber alles in einem hat es viel Spaß gemacht und war interessant und abwechslungsreich.“*

Ein Schüler hatte Probleme bei der Durchführung der Experimente. Ein anderer bemängelte, dass die Experimente nicht sofort funktionierten. Diese beiden Beispiele zeigen, dass die Schüler an sich nicht gewohnt waren, selbst Experimente durchzuführen beziehungsweise auch selbst die Lösung für Funktionsprobleme zu finden:

*„Manche Experimente habe ich als interessant, andere jedoch als langweilig empfunden. Einige konnten aufgrund von kaputten Geräten nicht durchgeführt werden. Die Experimente waren sehr neu für uns als unerfahrene Schüler und ohne Betreuung nur schwer auszuführen.“*

*„Weil es Spaß gemacht hat und sehr interessant war. Die 1 habe ich nur nicht gegeben, weil die Experimente z.T. Nicht so vorbereitet waren, dass sie gleich gelingen konnten.“*

Trotz einiger Kritikpunkte fand die Mehrheit der Schüler das Labor interessant und hatten Spaß bei der Durchführung:

*„Mit viel Mühe ausgearbeitete u. Interessante Experimente“*

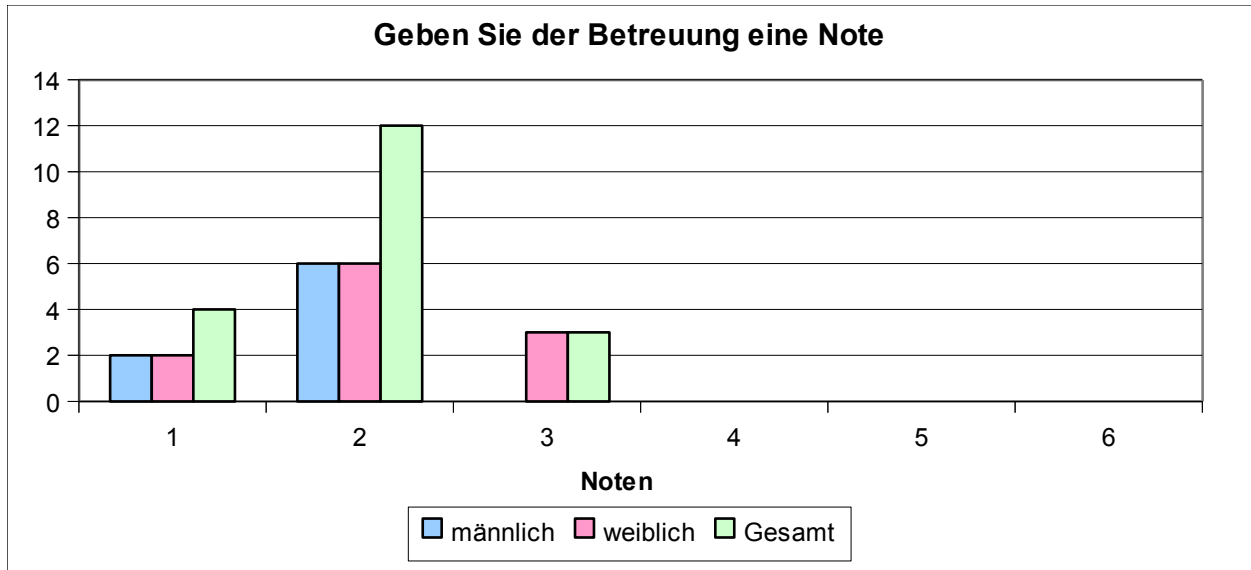
*„-interessant*

*-einfallsreich*

*- gut verständlich“*

*„Ich fand es insgesamt durchaus interessant. Physik ist keines der Gebiete mit denen ich mich in meiner Freizeit viel beschäftige, aber das beeinflusst das kaum.“*

*„Es war etwas anderes und die Astrologie, vor allem die Kosmologie finde ich sehr interessant.“* Anmerkung: gemeint war hier wohl Astronomie



Als nächstes sollten die Schüler die Betreuung insgesamt bewerten. Es ergab sich eine Durchschnittsnote von 2,0. Die Betreuer wurden als sympathisch, nett, freundlich sowie kompetent empfunden. Die Schüler bekamen alle ihre Fragen beantwortet und fühlten sich gut betreut:

*„Weil ich mich gut betreut gefühlt habe und meine Fragen beantwortet wurden.“*

*„Weil Betreuung sich viel Mühe gegeben hat und es sinnvoll erklären konnte.“*

*„Einfach Gut.“*

Allerdings gab es einige Schüler, die mit der Betreuung an manchen Stationen nicht zufrieden waren:

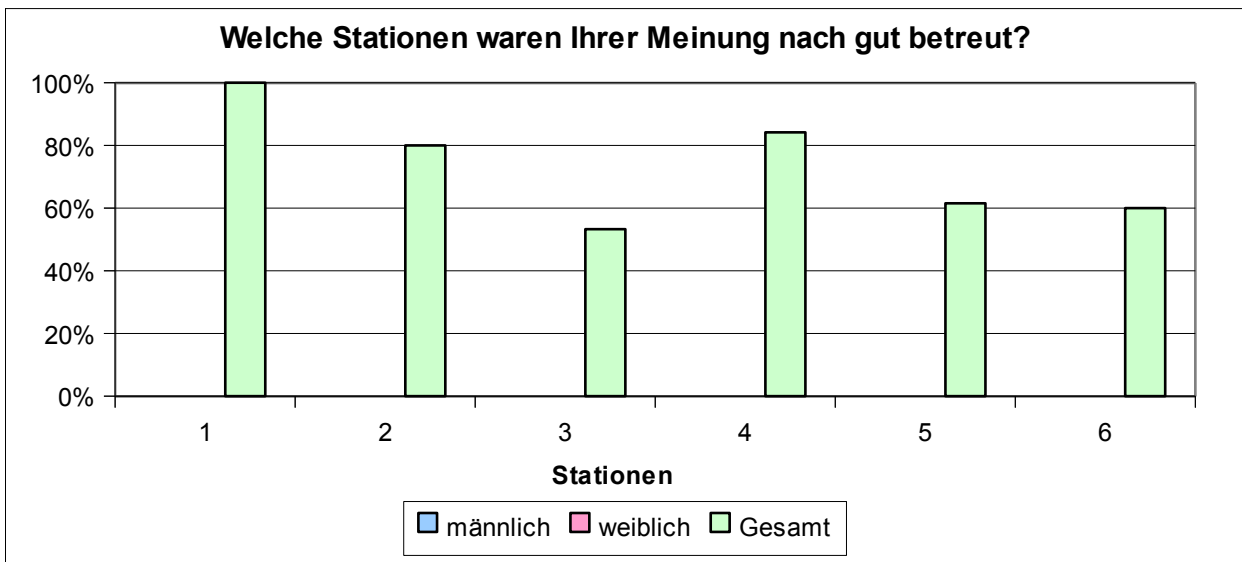
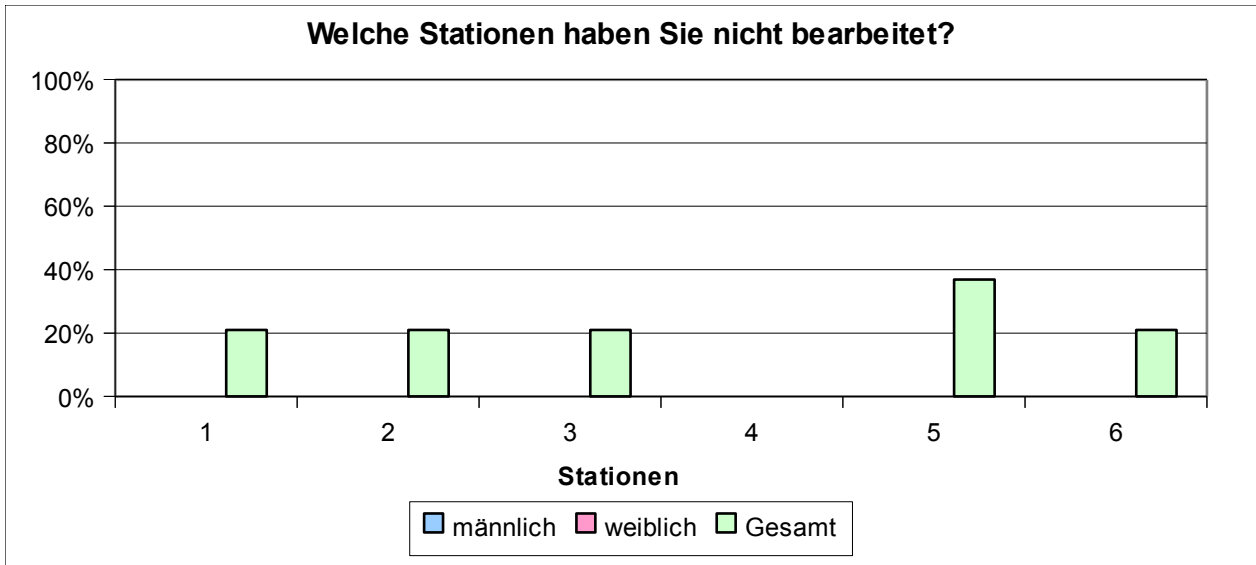
*„freundlich, nett, nicht zu lehrhaft, an einer Station jedoch viel zu wenig hilfestellung“*

*„Die Betreuer haben sich unterschiedlich verhalten, manche waren freundlich, andere haben eher lustlos und genervt gewirkt, wenn man nicht von alleine auf etwas kam.“*

*„-bei manchen Betreuern habe ich mich unwohl gefühlt*

*-zu viel Chaos und Durcheinander“*

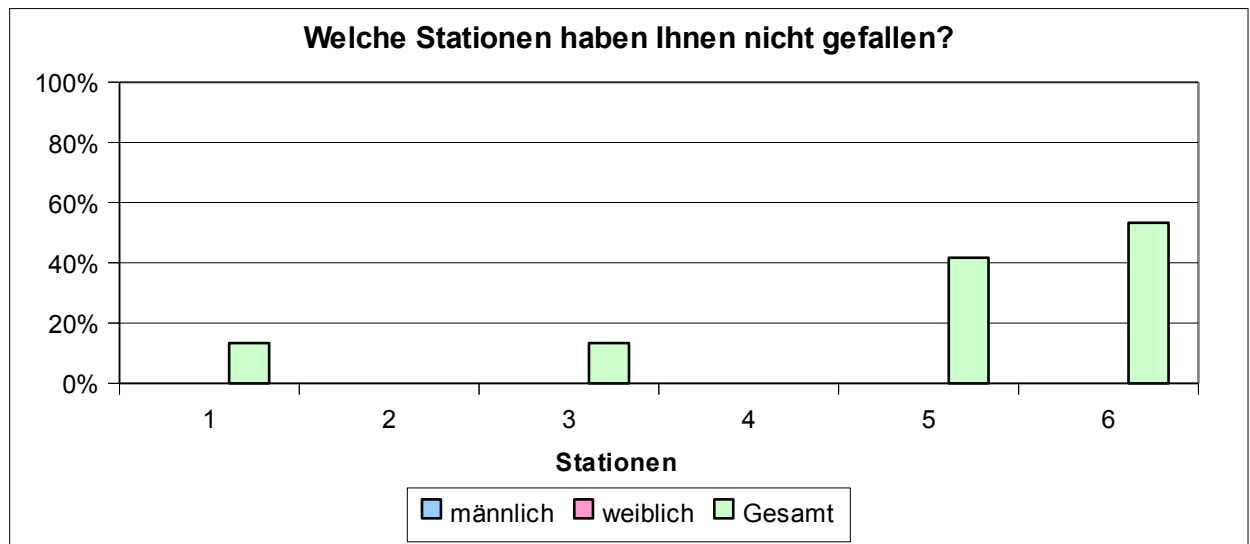
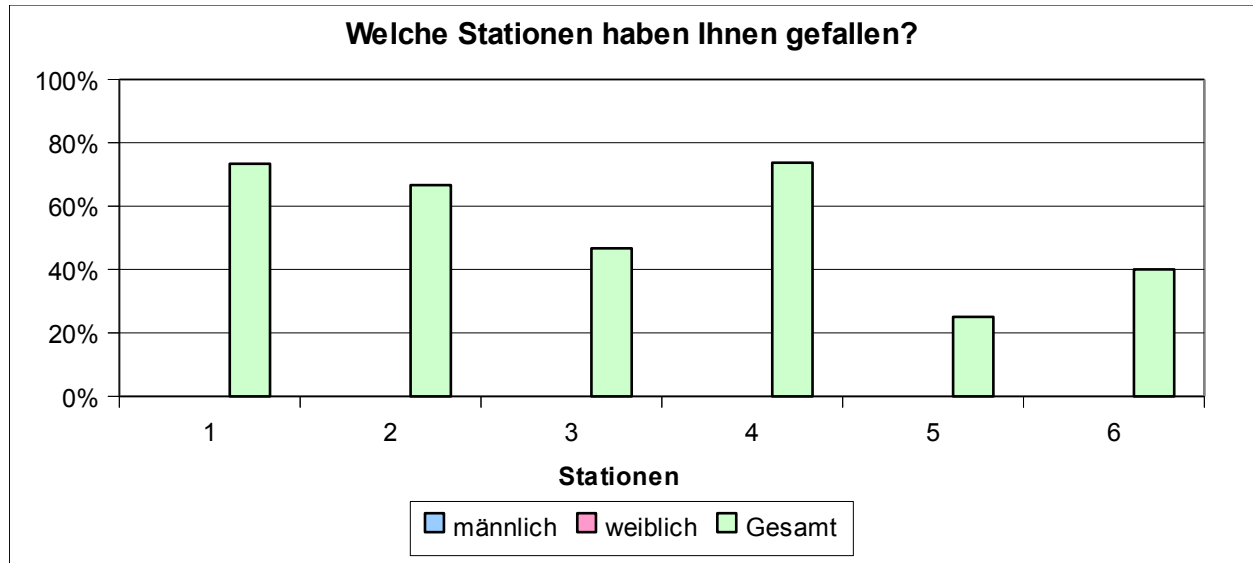
Nun sollen vereinzelte Stationen genauer betrachtet werden. Da zunächst geplant war, dass alle Stationen bearbeitet werden, fehlte im Fragebogen die Frage danach, welche Station nicht durchgeführt wurde. Dies musste nach der Durchführung rekonstruiert werden. Leider konnte nicht mehr zugeordnet werden, welche Station von den Schülerinnen und welche von den Schülern nicht bearbeitet wurde. Aus diesem Grund wurde im Folgenden nur das Gesamtergebnis ausgewertet. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse in Prozent aufgetragen, da nicht jede Station von gleich vielen Schülern bearbeitet wurde und so ein Vergleich besser möglich ist.



Aus obigem Diagramm wird erneut deutlich, dass die Schüler mit der Betreuung an manchen Stationen nicht immer zufrieden waren, was wiederum Auswirkungen darauf hat, welche Stationen ihnen gefallen haben und welche nicht. Dies ist im Folgenden Diagramm zu erkennen und wurde auch von vielen Schülern explizit als Begründung angegeben. Zusammenfassend ist zu sagen, dass Stationen, bei denen die Schüler mit der Betreuung zufriedener waren, auch besser abschnitten. Oftmals wurde auch die Stimmung an den jeweiligen Stationen als Begründung angeführt.

Darüber hinaus waren Thema, Inhalte und auch durchgeführte Experimente entscheidend.





Für positive Nennungen der Stationen gaben die Schüler zum Beispiel an:

*„Die Themen waren interessant und die Durchführung war lustig.“*

*„-gute Erklärungen*

*- lockere Atmosphäre*

*-interessant“*

Oftmals gefielen den Schülern mehrere Stationen gut und sie nahmen in ihren Begründungen erneut speziell Bezug auf einen oder mehrere Versuche:

*„Das Öl mit dem AI, das Experiment mit der Dose war lustig [Station zwei] , Prisma war toll [Station drei], Aufnahmen von Sternen schön [Station vier].“*

*„Die Experimente und das wir die Möglichkeit bekommen durften bei Station 4 Das*

*Weltall zu sehen von Texas aus.“*

*„Diese Stationen [eins, vier, sechs] waren für mich faszinierend, da das Fotografieren von Sternen sonst nicht möglich ist, bzw bestimmte Phänomene nicht für mich bekannt waren.“*

*„Ich fand es gut etwas über die Bilder zu lernen und auch auf dem Dach nach Radiostrahlung zu suchen war lustig.“*

Dabei fällt auf, dass vor allem Station vier und zwei die Schüler faszinieren konnten.

Bei den negativen Nennungen bezogen sich viele Begründungen auf Station fünf und sechs. Diese empfanden einige Schüler als langweilig und manche auch als unverständlich. Einen Grund hierfür könnte sein, dass sich die Schüler an beiden Station eine experimentelle Vorgehensweise überlegen sollten, was für sie ungewohnt war.

Über Station fünf heißt es zum Beispiel:

*„manchmal nicht ganz verständlich“*

*„-fades Thematisch*

*-gute veranschaulichung*

*- aber schwierige Erklärung“*

Station fünf war thematisch gesehen die anspruchsvollste Station mit einem eher unspektakulärem Experiment.

Als Nennung für Station sechs wurde auch mehrmals die Betreuung angegeben:

*„die Betreuung“*

*„Keiner hats gekonnt, war zu kompliziert, zu spät Hilfestellung und dann gehetzt, nicht mal zum Laptop gekommen“*

Ein Grund hierfür könnte sein, dass die in Station sechs eingesetzte Betreuerin bisher noch kein Schülerlabor betreut hatte. Darüber hinaus hatten die die Schüler Probleme damit, sich den Versuchsaufbau selbst zu überlegen und die zwei zu verwendenden Formeln gleichzusetzen und umzustellen:

*„Zu langweilig (z.B. Versuchsaufbau selber erstellen + Formel herleiten“*

Andererseits ist aber auch zu erwähnen, dass Station fünf und sechs einem Schüler besonders gut gefielen:

*„Wissenswertes über das Thema hinaus; anschauliche u. nette Erklärung“*

Auch Station drei erhielt ein paar negative Nennungen. Die Begründungen hierfür waren, auch bezüglich der Betreuung, etwas widersprüchlich:

*„Etwas chaotischer Ablauf; Sachen wurden vorausgesetzt; die im Unterricht noch nicht behandelt wurden.“*

*„Eher langweilig, kannte den Versuch auch schon aus der Schule.“*

Dies zeigt gut die Heterogenität der Klasse bezüglich ihres Vorwissens.

Andererseits gefiel diese Station auch einigen Schülern:

*„...An Station drei hat mir die Anschaulichkeit gut gefallen und die Betreuung.“*

Aus den negativen Bewertungen für Station eins ist herauszulesen, dass es bei einer Gruppe Probleme mit der Versuchsdurchführung gab:

*„Durchführung hat nicht geklappt und es hat sich sehr lange hingezogen.“*

Auffällig ist auch, dass einige Stationen weder als besonders positiv noch als besonders negativ empfunden wurden.

### 6.1.2 Das Interesse der Schüler

Um das Interesse der Schüler genauer zu untersuchen, wurde der Fragebogen aus Engels Dissertation verwendet [2004]. In ihm werden Sachinteresse, Fachinteresse erfragt und das aktuelle Interesse mittels Fragen zur emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses ermittelt.

Das Sachinteresse der Schüler ist mittelmäßig, wobei es bezüglich der Experimente eher zum positiven und bezüglich der Physik an sich eher zum negativen tendiert. In der Freizeit beziehungsweise für die Schüler persönlich haben Physik und Experimente eher weniger Bedeutung.

Das Fachinteresse der Schüler ist auch eher mittelmäßig, wobei sich relativ viele im Physikunterricht wohl fühlen. Dies kann allerdings auch am Lehrer liegen, denn der Spaß am Physikunterricht viel bei vielen geringer aus.

Bei den Fragen zur emotionalen Komponente wird deutlich, dass das Experimentieren von einer Mehrheit der Schüler nicht als langweilig empfunden wurde und sie Spaß dabei hatten, jedoch gaben verhältnismäßig viele Schüler an, sich beim Experimentieren weniger wohl gefühlt zu haben. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Schüler es nicht gewohnt sind Experimente selbstständig durchzuführen und deswegen Probleme damit hatten. Dies war auch bei Begründungen der Bewertung der Stationen herauszulesen.

Die wertbezogene Komponente zeigt, dass die Mehrheit der Schüler es für sinnvoll hielt, Experimente im Schülerlabor durchzuführen, allerdings messen nur etwas mehr als die Hälfte der Schüler den Experimenten eine persönliche Bedeutung bei. Der Schülerlaborbesuch an sich war einer Mehrheit persönlich wichtig.

Bei der Untersuchung der epistemischen Komponente des Interesses wird deutlich, dass zwar die Mehrheit der Schüler mehr über die Experimente aus dem Schülerlabor lernen möchten und auch darüber reden bzw. nachdenken werden, allerdings ist nur weniger als die Hälfte bereit, dafür ihre Freizeit zu opfern oder mehr darüber zu lesen.

### 6.1.3 Bewertung der Ergebnisse

Aus dem Teil des Fragebogens über das Interesse der Schüler ist herauszulesen, dass dies allgemein eher mittelmäßig ist. Dies wurde nach der Durchführung auch vom begleitenden Lehrer der Klasse erwähnt. Dennoch messen relativ viele Schüler dem Laborbesuch eine persönliche Bedeutung bei, hatten Spaß bei der Durchführung und möchten gerne mehr erfahren, jedoch sind die meisten nicht bereit, dafür ihre Freizeit zu opfern.

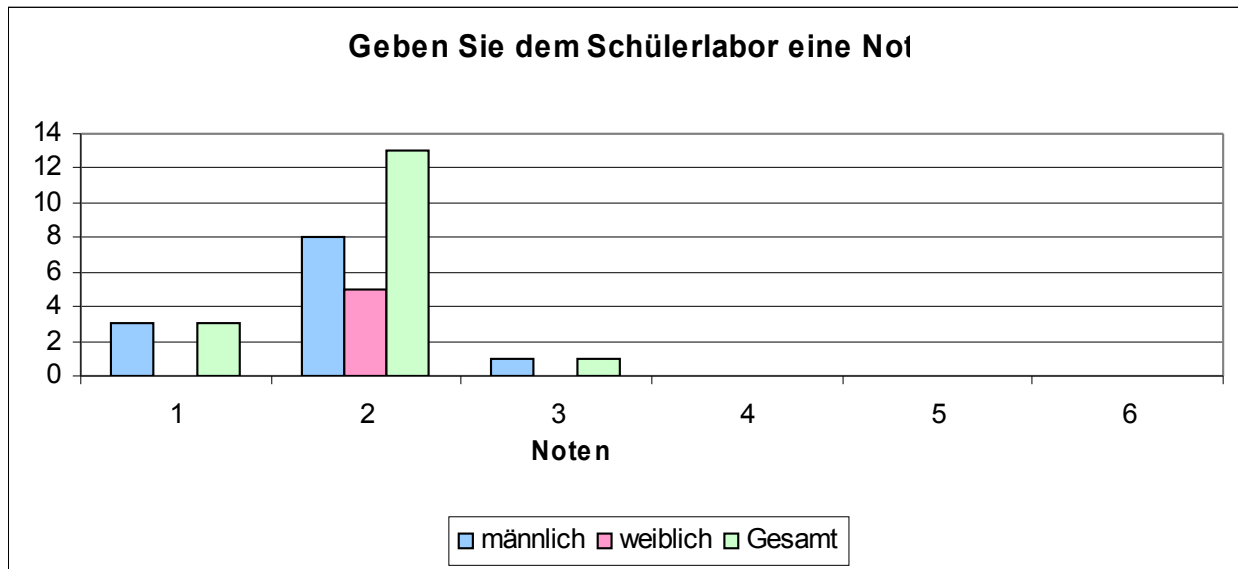
Im Großen und Ganzen wurde das Labor, die Stationen und die Bewertung des Labors sehr positiv bewertet. Darüber hinaus kann davon ausgegangen werden, dass das Interesse der meisten Schüler geweckt wurde und sie etwas über die behandelten Themen gelernt haben. Die Labordurchführung kann also als erfolgreich bewertet werden.

Für die nächste Durchführung wurden noch zwei zusätzliche Fragen in den Fragebogen aufgenommen, um zu erfahren, was den Schüler bei der Durchführung gefehlt hat und welche Stationen nicht bearbeitet wurden. Auch wurden zwei Fragen zum Sachinteresse hinzugefügt, da dies bezüglich der Experimente und der Physik sehr unterschiedlich ist.

## 6.2 Auswertung der zweiten Durchführung

Im Folgenden werden nun die Fragebögen der 11. Klassenstufe mit Astronomie Wahlfach ausgewertet.

### 6.2.1 Bewertung des Laborbesuchs



Zunächst wurden die Schüler wieder darum gebeten, dass Labor insgesamt zu bewerten, was eine Durchschnittsnote von 2,0 ergab.

Aus den Begründungen der Schüler wird ersichtlich, dass ihnen das Labor Spaß gemacht hat, sie es interessant fanden und etwas gelernt haben:

*„weil es interessant war, obwohl ich Physik nicht mag :-) „*

*„Das Labor war sehr interessant und hat Spaß gemacht. Es war auch gut organisiert. Es war nur schade, dass einige Experimente nicht funktionierten, da die Sonne nicht schien.“*

*„Das Schülerlabor ist sehr interessant, da viele interessante Themen besprochen werden und man einiges lernen kann. Das einzige was nicht so gut war ist, dass wir nur einen halben Tag experimentieren konnten.“*

*„Es hat sehr viel Spaß gemacht. Die Atmosphäre war freundschaftlich und man konnte über alles reden. Das diskutieren und erarbeiten von wissenschaftlichen Themen war Spaßig.“*

Ein Schüler erwähnte zusätzlich noch die Anschaulichkeit, die durch die Experimente erreicht wurde:

## 6 Auswertung der Fragebögen

---

*Durch die Experimente wurde es anschaulicher und hat sehr viel Spaß gemacht.“*

Als Kritik am Schülerlabor gaben zwei Schüler an, dass sie gerne etwas weniger gerechnet hätten, zum Beispiel schrieb ein Schüler:

*„-sehr nette „Lehrer“*

*-Unterrichtsstoff leicht verständlich*

*-zu viel mathematische Formeln“*

Darüber hinaus langweilte sich ein Schüler bei manchen Stationen etwas:

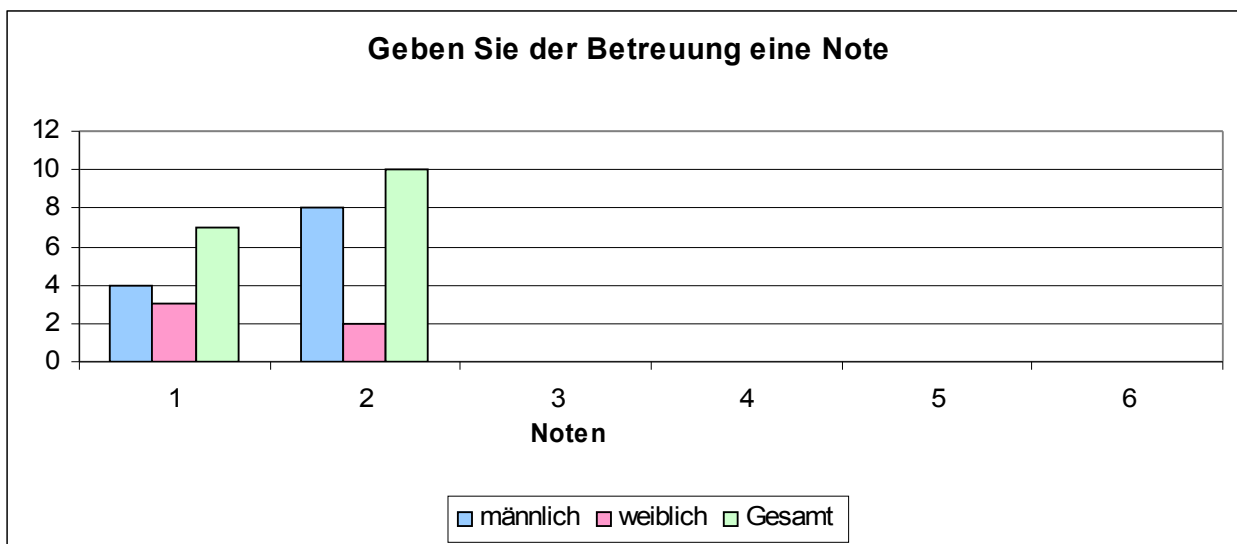
*„Note zwei, da Thema interessant ist und gut vermittelt wurde, doch teilweise etwas langatmig und langweilig war.“*

Ebenfalls hatte ein Schüler Probleme mit vielen Fragestellungen:

*„gut: sehr interessant und kurzweilig! Gute Experimente*

*schlecht: häufig zu schwere Fragestellungen“*

Neben diesen vereinzelt Nennungen, waren keine weiteren Kritikpunkte aus den Begründungen der Schüler herauszulesen.



Als nächstes wurden die Schüler gebeten, der Betreuung eine Note zu geben. Die Verteilung der Noten ist im obigem Diagramm dargestellt. Es ergibt sich eine Durchschnittsnote von 1,6. Auch hier ist kein Unterschied zwischen der Bewertung durch Schülerinnen und Schüler ersichtlich.

Die Schüler gaben als Begründung für ihre Bewertung an, dass die Betreuung nett und freundlich war, gut erklären konnte und immer Fragen gestellt werden konnten, die auch beantwortet wurden. Sie half immer weiter und wurde als kompetent empfunden:

„-nette Leute

-gut erklärt“

„-freundlich

- viel Fachwissen“

„- gute Kompetenz ...

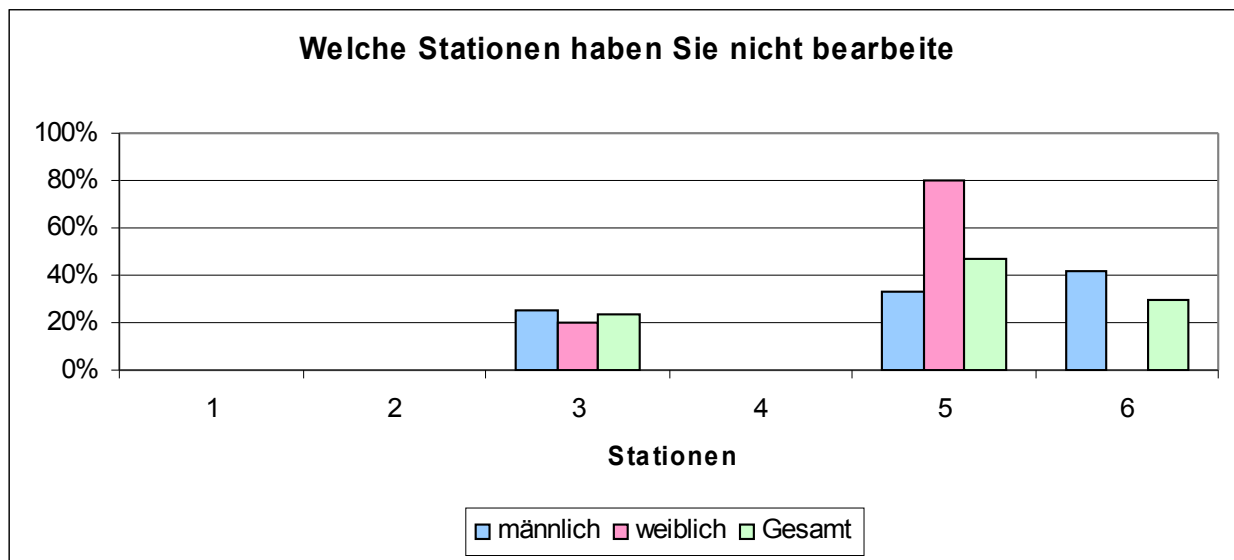
- für Fragen offen“

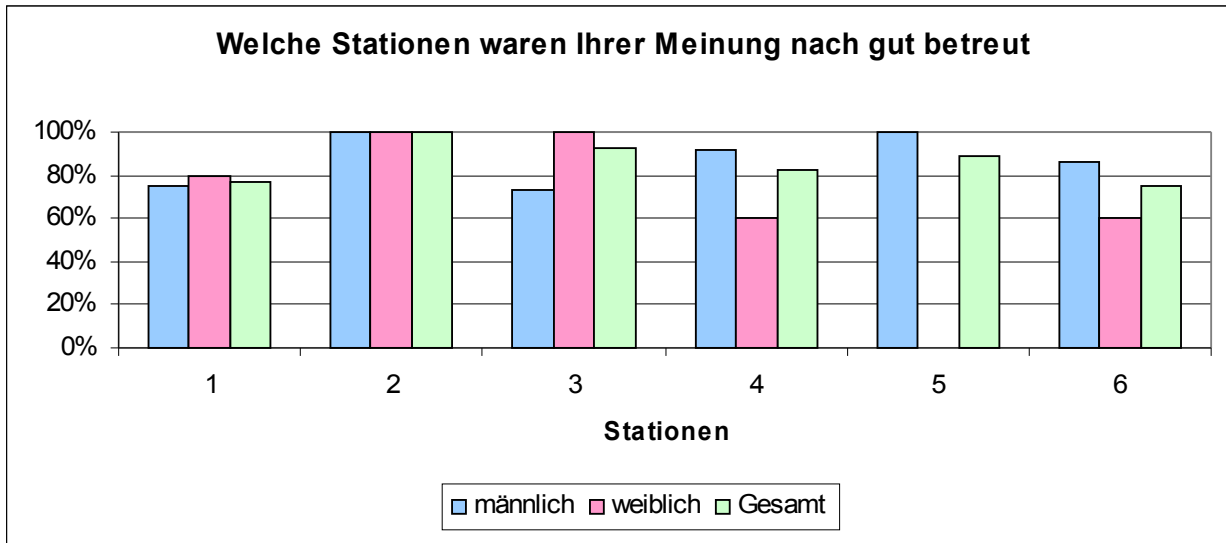
„Weil sie alles perfekt erklärt haben (auch mehrmals). Und immer dabei waren um zu helfen.“

„Die Aufgabenstellungen wurden erklärt und trotzdem musste man immer noch selber denken.“

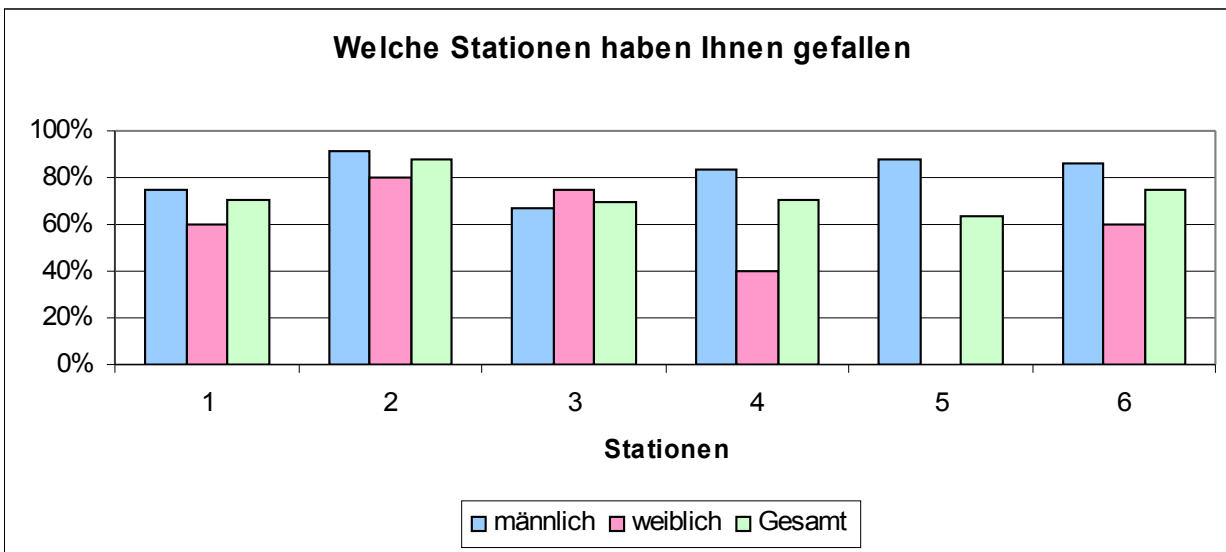
An der Betreuung wurde von den Schülern nichts bemängelt.

Im folgenden sollen nun die einzelnen Stationen genauer betrachtet werden. Die Auftragung im Diagramm erfolgt in Prozentangaben, damit die Stationen besser vergleichbar sind.



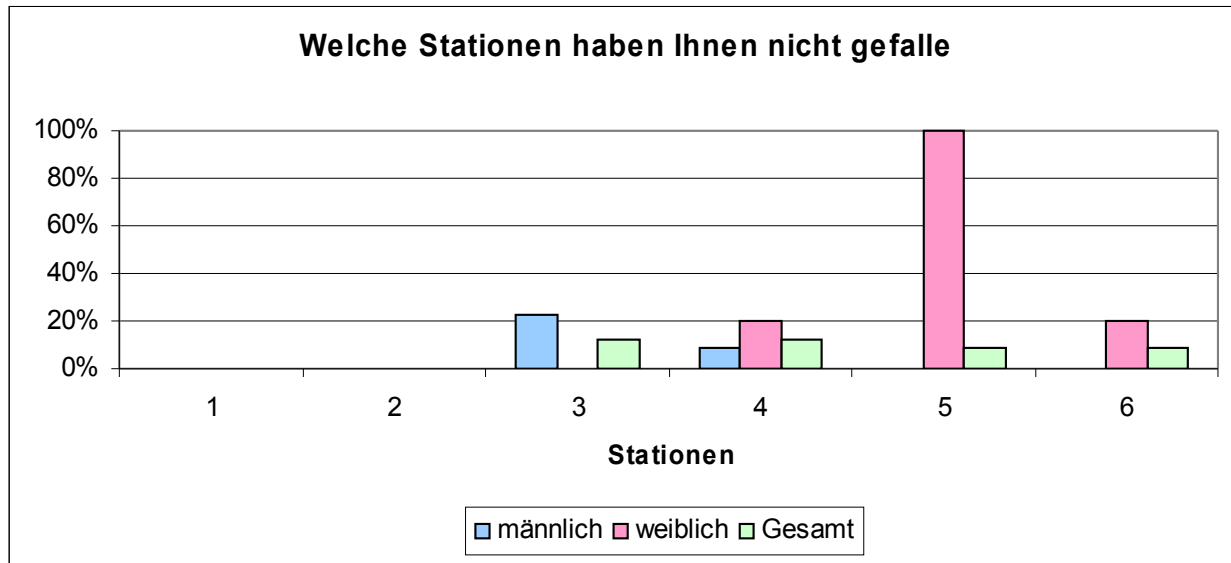


Aus dem Diagramm wird nochmals deutlich, dass die Schüler mit der Betreuung zufrieden waren. Im Großen und Ganzen gibt es keine auffallenden Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen, allerdings wurde die Betreuung an Station vier und sechs von den Schülerinnen als schlechter empfunden als von den Schülern. Der Grund hierfür ist unklar.



Aus dem Diagramm wird deutlich, dass insgesamt Station zwei am beliebtesten war, wobei bei den Schülerinnen Station drei noch sehr gut und Station vier eher schlecht ankam. Den Schülern gefielen alle Stationen, wobei Station eins und drei geringfügig schlechter bewertet wurden.





Aus dem Diagramm wird ersichtlich, dass kaum Stationen schlecht ankamen. Der sehr große Ausreißer bei Station fünf rührt daher, dass diese nur von einer Schülerin bearbeitet wurde und dieser offensichtlich nicht gefiel. Station drei kam bei manchen Schülern nicht so gut an.

Als Begründung für die positive Nennung der jeweiligen Stationen waren meist das Thema, die Versuche, die Erklärungen und auch die Betreuung ausschlaggebend. Viele begründeten ihre Entscheidung damit, dass sie die genannten Stationen interessant fanden.

„-Versuche

-Infos

-Bilder

-Betreuer“

„die Themen, die Experimente“

„Wissenschaftlich diskutieren und teilhaben am Thema“

Außerdem nannten einige die Möglichkeit zu selbstständigem Arbeiten und Experimentieren.

„Interessante Dinge, einfach erklärt.“

„Das man mal selbst experimentieren konnte.“

Schüler, denen Station vier nicht gefallen hat, gaben folgende Begründungen:

„Zu wenig selbst machen und teilhaben“

„bisschen lasch“

Die negative Nennung von Station drei wurde von einem Schüler begründet:

*„schon bekannt und deshalb nicht interessant“*

Als Letztes sollten die Schüler angeben, was ihnen beim Schülerlabor gefehlt habe. Nur vier Schüler konnten hier etwas nennen:

*„Mal n experiment mit einem richtigem „Wow-Effekt“*

*„Bei einigen Stationen hatte man mehr Zeit zur Verfügung stellen sollen“*

*„Besichtigung professioneller Labors“*

*„kostenloses Essen“*

### 6.2.2 Das Interesse der Schüler

Wie auch bei der ersten Durchführung, wurde das Interesse der Schüler abgefragt.

Bei der Betrachtung der Graphen fällt auf, dass das Sachinteresse der Schüler sich bezüglich Experimenten und Physik stark unterscheidet. Die Mehrheit stimmte zu, dass das Durchführen von Experimenten Spaß mache, wobei sie eher nicht bereit dafür wären, ihre Freizeit zu opfern. Schülerinnen und Schüler unterschieden sich hier kaum. Bezüglich der Physik fällt das Interesse geringer aus. Eine Mehrheit der Schüler gab an, dass Physik ihnen ziemlich Spaß mache. Hier stimmten die Schülerinnen alle nur wenig zu. Bei der persönlichen Bedeutung der Physik sowie der Notwendigkeit der Beschäftigung mit physikalischen Fragestellungen fällt die Zustimmung noch geringer aus. Dies zeigt, dass das Interesse an Physik allgemein gering ist, wobei sich Schülerinnen noch weniger dafür interessieren als Schüler.

Das Fachinteresse der Schüler wurde mit Hilfe von zwei Fragen bewertet. Bei der Frage, ob sie sich im Physikunterricht wohl fühlen, gab eine Mehrheit an, dass dies zutrefte, wobei die Zustimmung hier bei Schülern wiederum höher war als bei Schülerinnen. Dieses Ergebnis ist wahrscheinlich auch auf den Lehrer zurückzuführen. Nur die Hälfte der Schüler gab an, dass der Physikunterricht ihnen Spaß mache und alle Schülerinnen stimmten hier nur wenig bis gar nicht zu. Zusammenfassend ist zu sagen, dass das Fachinteresse der Schüler eher mittelmäßig und das der Schülerinnen gering ist.

Umso erfreulicher ist es, dass alle Schüler gar nicht oder nur wenig zustimmten, als sie gefragt wurden, ob die durchgeführten Experimente langweilig waren, keinen Spaß gemacht haben oder die Zeit nur sehr langsam verging. Darüber hinaus fühlte sich die Mehrheit beim Experimentieren wohl. Das vergleichsweise etwas schlechtere Ergebnis bei dieser Frage ist wohl, wie bei der Klasse zuvor, auch darauf zurückzuführen, dass es ungewohnt für die Schüler ist, sich selbstständig Versuche oder Vorgehensweisen zu überlegen und Experimente durchzuführen. Bei der emotionalen Komponente fiel, wie auch schon beim Sachinteresse bezüglich des Experimentierens, kein großer Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern auf.

Darüber hinaus ist der Mehrheit der Laborbesucher, vor allem die dort durchgeführten Experimente, persönlich wichtig und allen erscheint die Durchführung von Experimenten im

Labor sinnvoll. Bei der wertbezogenen Komponente ist erneut kein großer geschlechtsspezifischer Unterschied zu erkennen, allerdings messen die Schüler dem Labor einen etwas größeren Wert bei.

Als letztes wurde die epistemische Komponente des Interesses untersucht. Die Hälfte der Schülerinnen und die Mehrheit der Schüler geben an, mehr über die durchgeführten Experimente lernen zu wollen. Nur die Hälfte der Schüler und ein geringer Teil der Schülerinnen gibt an, mehr darüber nachlesen zu werden. Circa die Hälfte der Schülerinnen und Schüler würden solche Experimente sogar in ihrer Freizeit durchführen. Darüber wird eine Mehrheit, außerhalb des Unterrichts über das Schülerlabor nachdenken. Auch hier schneiden die Schüler etwas besser ab. Allerdings gaben alle Schülerinnen an, dass sie zu Hause über das Schülerlabor sprechen werden, was nur die Mehrheit der Schüler tun wird. Dies könnte aber auch daran liegen, dass mehr Schülerinnen mit anderen über ihren Tag reden, egal ob sie ein Schülerlabor besucht haben oder nicht.

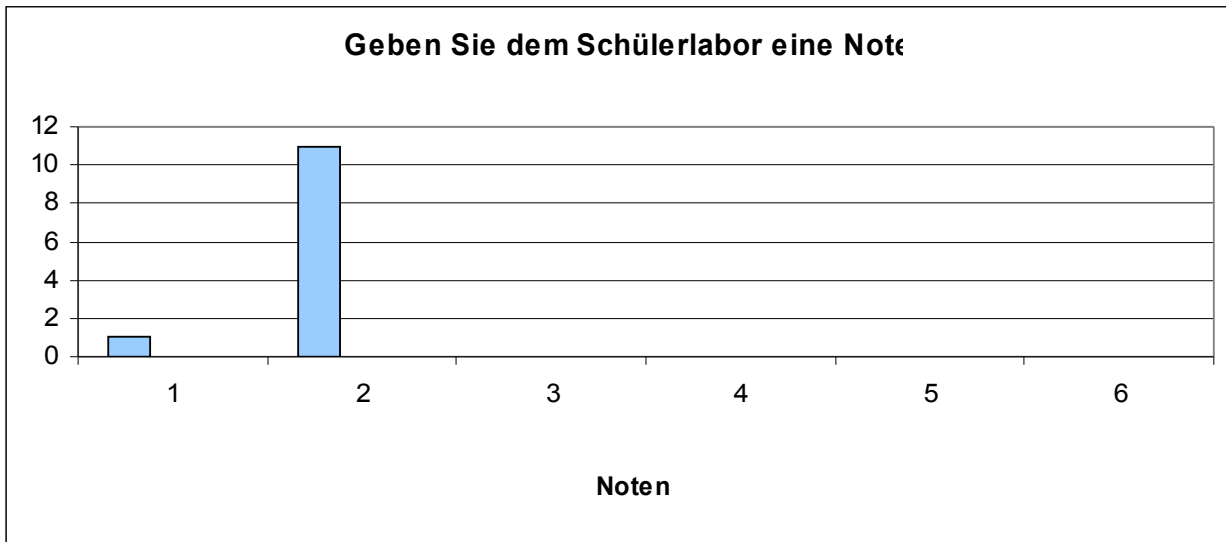
### **6.2.3 Bewertung der Ergebnisse**

Zusammenfassend ist zu bemerken, dass das Interesse der Schüler allgemein etwas höher war als der Schülerinnen; deutliche Unterschiede gab es nur beim Sachinteresse an Physik und dem Fachinteresse. Diese beiden Komponenten waren allgemein eher mittelmäßig. Trotzdem wurde das Labor von allen gut aufgenommen und machte ihnen Spaß. Weiterhin hat der Besuch für sie einen gewissen Wert und sie wollen mehr erfahren. Es kann also davon ausgegangen werden, dass das Labor ihr Interesse wecken konnte, auch wenn viele physikalische Grundlagen verwendet wurden. Darüber hinaus gaben sie an etwas gelernt zu haben. Aus diesen Gründen ist der Laborbesuch als Erfolg zu werten.

### 6.3 Auswertung dritten Durchführung am

Im Folgenden sollen nun die Ergebnisse der Befragung der letzten Labordurchführung kurz dargestellt werden.

#### 6.3.1 Bewertung des Labors



Zunächst sollten die Schüler dem Labor insgesamt eine Note geben, dabei ergab sich ein Durchschnitt von 2,0.

Die Begründungen der Schüler zeigen, dass ihnen das Labor Spaß gemacht hat und sie es interessant sowie lehrreich fanden:

„- viel Hingabe

- gute Erklärungen“

„Gute Aktion. Hilft einen Zugang zur Uni zu finden. Physik lebt von Experimenten und Beschäftigung mit den Problemen.“

„- interessant, abwechslungsreich, spannend“

Drei Schüler übten in ihren Antworten auch Kritik an der Betreuung, zum Beispiel:

„Ich fand es interessant, dass auch Experimente gemacht wurden, um auch die Inhalte zu veranschaulichen. Teilweise haben die Betreuer sich nicht intensiv genug mit den Schülern auseinandergesetzt, d.h. Es ging teilweise nur darum das Pensum zu erreichen. Im Großen und Ganzen hat es aber sehr viel Spaß gemacht.“

„Gute Durchführung und Planung, interessante Experimente sehr lehrreich; manche Betreuer nicht allzu engagiert“

Ein Schüler gab an, dass er das Labor teilweise etwas langwierig fand:

*„Es hat mir sehr gut gefallen, doch ist es insgesamt etwas langwierig gewesen. Allerdings hat es einen sehr positiven Eindruck hinterlassen.“*

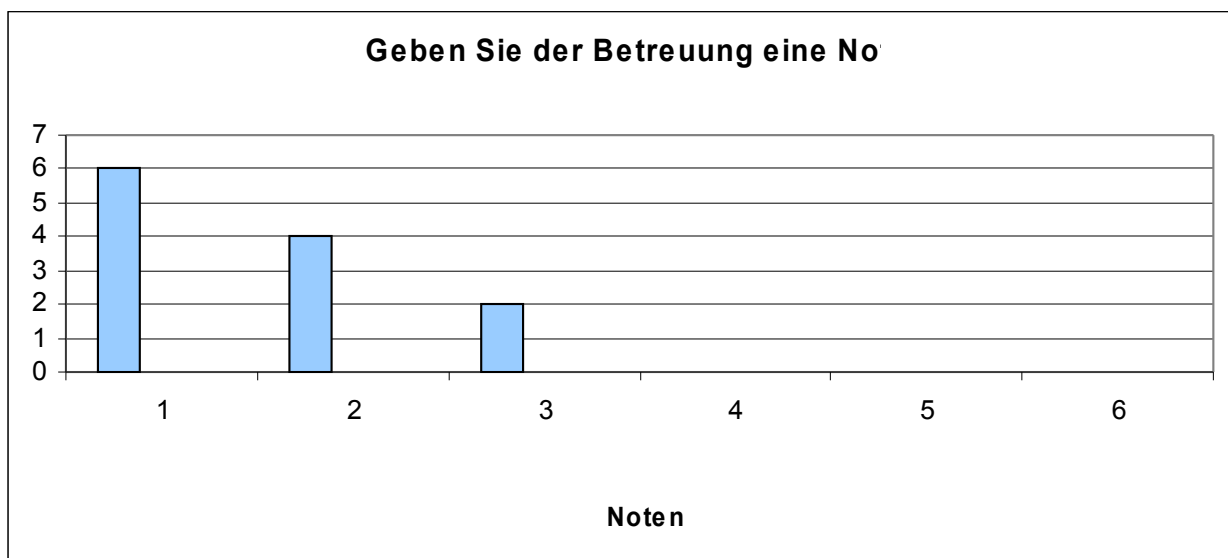
Dies könnte neben den Stationen auch daran gelegen haben, dass das Labor am 23. Dezember stattfand: Darauf wies auch ein anderer Schüler hin:

*„Interessant & spaßig, aber am falschen Tag“*

Die verschiedenen Interessen der Schüler werden ebenfalls in ihren Begründungen deutlich. Einem Schüler wäre ein ausführlicherer, genauerer Einführungsvortrag lieber gewesen und einem anderen ein anderes Thema:

*„Interessante Versuche und Themen, gute Umsetzung, Vortrag etwas oberflächlich“*

*„weil die Zeit im SL Spaß gemacht hat aber Astrophysik ist nicht mein Thema“*



Die Betreuung erhielt von den Schülern eine Durchschnittsnote von 1,7. In ihren Begründungen wird deutlich, dass die Schüler die Betreuer sehr nett und freundlich fanden. Viele gaben auch die guten Erklärungen an:

*„Die Betreuung war sehr freundlich, und hat so erklärt, dass es auch für einen Schüler einsichtig war.“*

*„- Nett auch bei Nachfragen*

*- alles eindringlich und gut erklärt“*

Aus manchen Antworten ist allerdings auch etwas Kritik herauszulesen, die sich meistens auf die Erklärweise und einmal auf die Motivation bezog:

## 6 Auswertung der Fragebögen

---

„- offen für Fragen

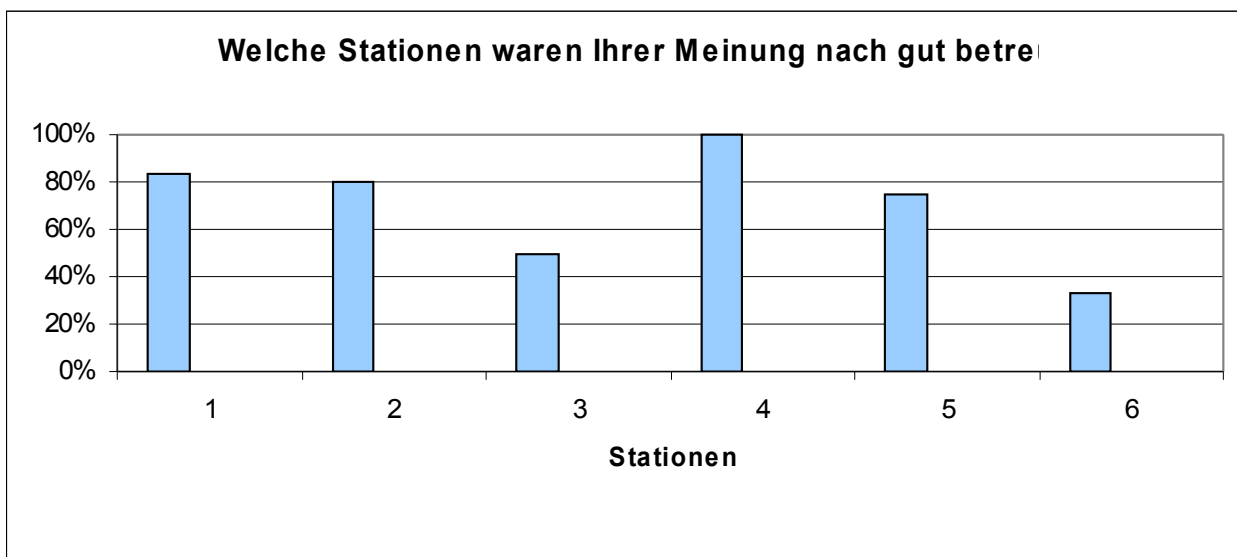
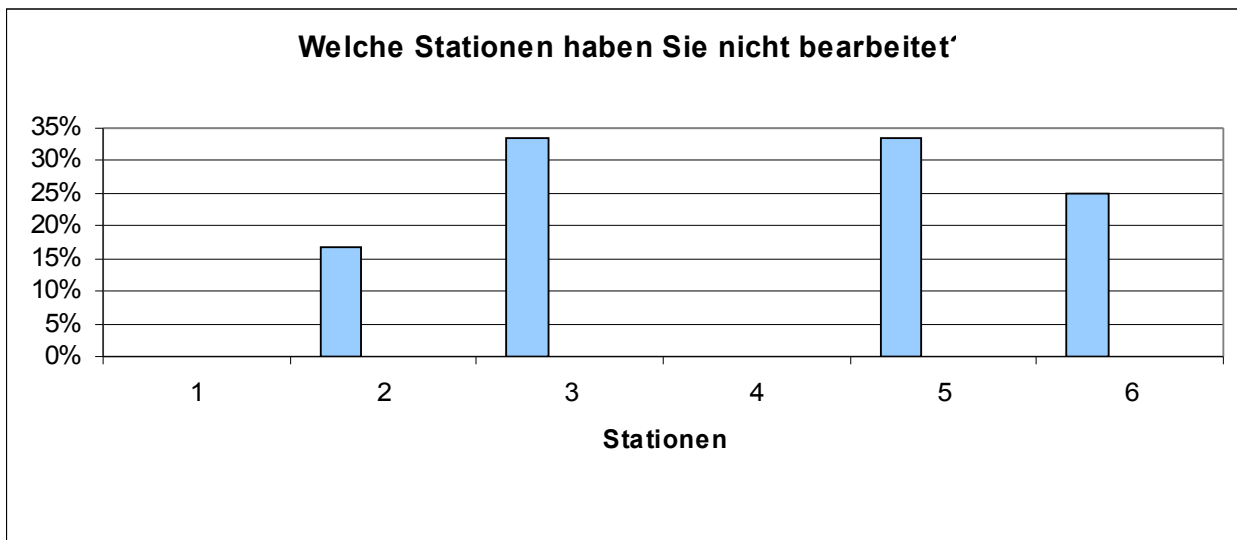
- Raumzuweisung

- meist motiviert“

„gut betreut, teilweise etwas unzureichend erklärt“

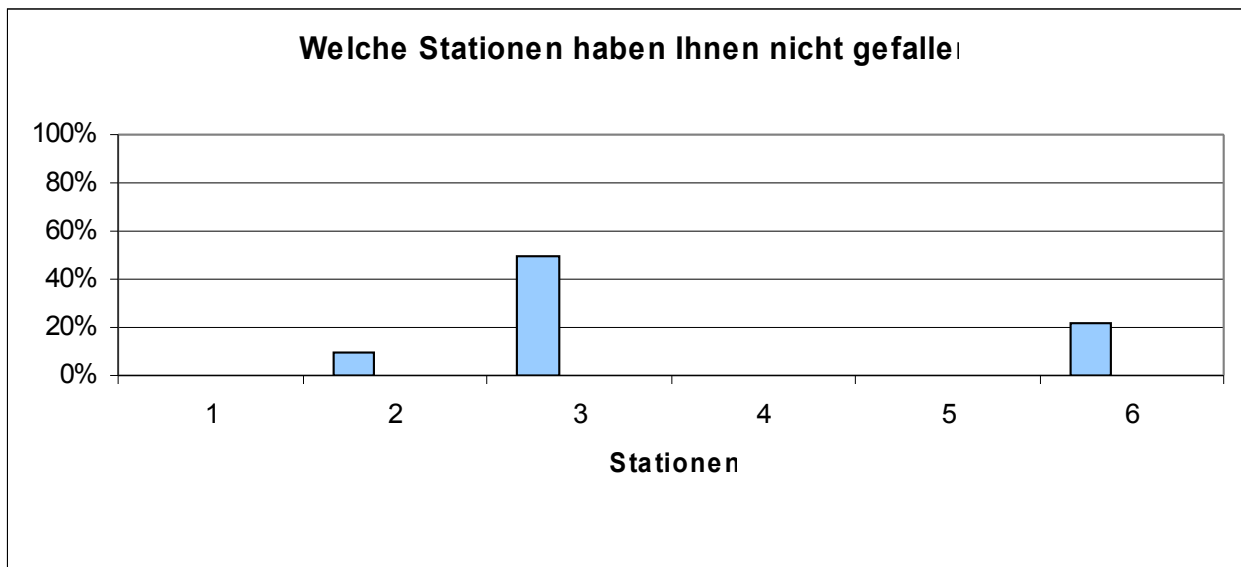
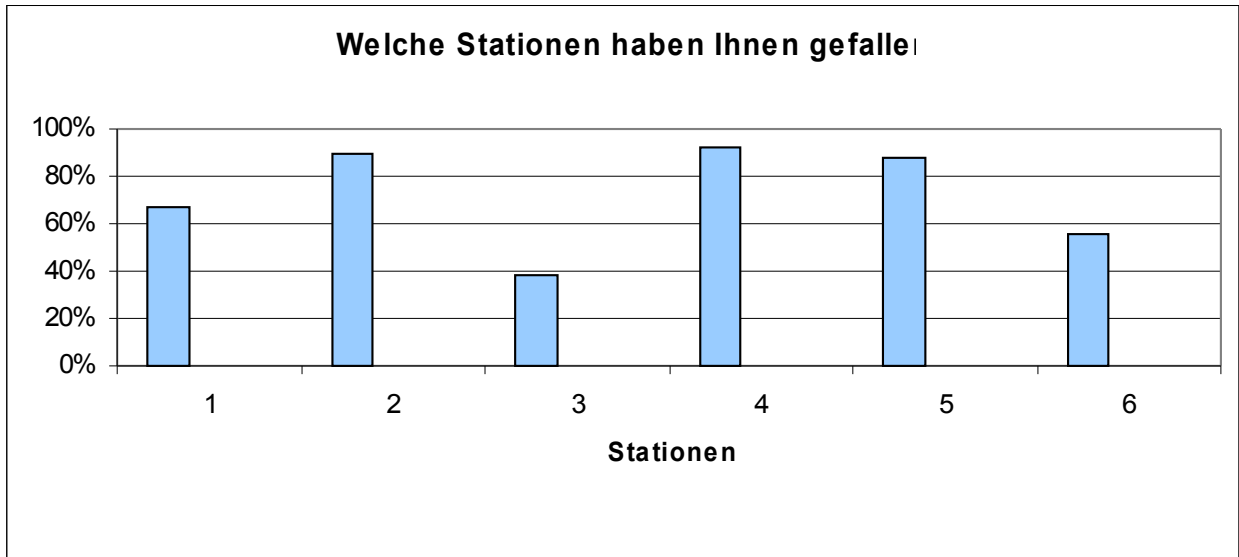
„teilweise wirklich sehr gut, manche jedoch eher negativ (je nach Betreuer“

Als nächstes werden die einzelnen Stationen genauer betrachtet.



Das Diagramm zeigt, dass die Schüler im Großen und Ganzen mit der Betreuung zufrieden waren. Besonders positiv wurde Station vier, etwas schlechter wurden Station drei und sechs

bewertet. Im Vergleich mit dem nächsten Diagramm wird deutlich, dass die Betreuung auch einen Einfluss darauf hat, ob den Schülern eine Station gefällt.



Allerdings gaben auch einige Schüler an, dass sie das Thema von Station drei etwas langweilig fanden, da sie es schon im Unterricht behandelt hatten, zum Beispiel:

*„langweiliges Thema (wie Unterricht)“*

*„Inhalte zu schulbezogen“*

Auch bei Station sechs gab ein Schüler an, dass er die Station etwas langweilig fand. Ein anderer hatte Probleme mit der Betreuung:

*„Zu langwieriges Experiment“*

*„- zu wenig eingegangen auf Schüler*

*- nicht darauf hingewiesen, das Fragen gestellt werden sollen“*

Einem weiteren Schüler gefiel Station zwei nicht:

*„recht öde“*

Insgesamt kamen die Stationen gut bei den Schülern an. Sie wurden als interessant und anschaulich empfunden. Oft wurden als Begründung für eine gute Bewertung die Betreuung, die Veranschaulichung, die Versuche und die Erklärungen genannt:

*„Versuche, Betreuer, Auseinandersetzung mit höheren Fragen“*

*„- fachliches diskutieren*

*- Ausblicke bekommen“*

*„Die Erklärungen“*

*„Interessante Experimente, neue Inhalte“*

*„Veranschaulichung der Problemstellungen der Physik. Alles eben sehr anschaulich.“*

Teilweise nahmen die Schüler in ihren Antworten direkt Bezug auf eine Station, vor allem auf Station vier. Oft wurde auch das Wetter bedauert:

*„Interessante Bilder, Betreuer hatten richtig viel Ahnung und auftretende Fragen ausführlich und gut erklärt. Leider konnten keine Aufnahmen gemacht werden.“*

*„Monetteleskop, wie die Daten verarbeitet werden. Deutung der Bilder. Bestimmung des Spektrums. Einfachheit der Messmethode bei Station sechs.“*

Aus der Bewertung der Stationen und den Aussagen der Schüler wird deutlich, dass Station zwei, fünf und vor allem vier die beliebtesten Stationen waren und Station drei oft als uninteressant empfunden wurde, das die Schüler dort nichts neues lernten.

Auf die Frage, was ihnen im Schülerlabor gefehlt hätte, antworteten nur zwei Schüler:

*„Verpflegung“.*

### **6.3.2 Das Interesse der Schüler**

Nun wird das Interesse der Schüler genauer betrachtet.

Am Sachinteresse der Schüler ist deutlich zu erkennen, dass es sich hier um einen Physik



Leistungskurs handelt. Alle, beziehungsweise alle bis auf einen Schüler, stimmten völlig oder ziemlich zu, dass Physik sowie Experimente ihnen Spaß machen und dass sie es wichtig finden, sich mit physikalischen Fragestellungen auseinander zu setzen. Allerdings wären die Wenigsten dafür bereit, ihre Freizeit für Versuche zu opfern. Ebenfalls misst nur die Hälfte der Schüler der Physik eine große persönliche Bedeutung zu oder vergisst die Zeit beim Experimentieren. Das Sachinteresse ist aber im Großen und Ganzen höher als bei den bisherigen Klassen.

Auch gab eine Mehrheit der Schüler an, dass sie sich im Physikunterricht wohl fühlen und dieser ihnen Spaß macht, was auf ein hohes Fachinteresse schließen lässt.

Trotzdem fühlte sich ein Drittel der Schüler beim Experimentieren eher unwohl, was wohl auch an der mangelnden Erfahrung liegen könnte. Kein Schüler gab an, dass die Experimente keinen Spaß gemacht haben, langweilig waren oder die Zeit dabei sehr langsam vergangen ist. Der Physik LK schneidet also auch bei der emotionalen Komponente sehr gut ab.

Alle bis auf ein Schüler waren der Meinung, dass es sinnvoll war, im Labor Experimente durchzuführen, wobei dies sogar dreiviertel der Klasse wichtig war. Das Labor an sich maßen nur etwas mehr als die Hälfte der Schüler eine persönliche Bedeutung bei. Insgesamt ergibt sich eine relativ hohe wertbezogene Komponente.

Die epistemische Komponente des Interesses wurde bei dieser Klasse nicht so gut angesprochen, wie bei den vorherigen. Nur eine Minderheit würde gerne mehr über Experimente lernen, wie die, die im Schülerlabor durchgeführt wurden. Auch werden nur etwas mehr als die Hälfte der Schüler mehr über die Experimente nachlesen, zu Hause über das Labor sprechen oder wären bereit, ähnliche Experimente in ihrer Freizeit durchzuführen. Eine Mehrheit gab an, über das Labor außerhalb des Unterrichts nachzudenken. Eine Erklärung für dieses Ergebnis könnte sein, dass sich die Schüler von vorn herein viel mit Physik beschäftigen und ein eher positives Bild der Physik haben, sodass sie nicht mehr so stark durch einen Laborbesuch beeindruckt werden können.

### 6.3.3 Bewertung der Ergebnisse

Aus den Fragebögen wird deutlich, dass das Interesse dieser Schüler höher ist, als der Klassen, die bisher das Labor besucht haben. Dies liegt vermutlich daran, dass es sich um Schüler handelt, die Physik als Leistungskurs gewählt haben. Auch wenn für die Schüler in einer Station nichts Neues behandelt wurde und sie diese als uninteressant empfanden, gefielen ihnen doch die anderen Stationen und die Durchführung des Labors. Leider konnte bei dieser Durchführung der Wunsch der Schüler, mehr wissen zu wollen, nicht so gut geweckt werden, wie bei den bisherigen Klassen. Dies liegt wohl auch an einem höheren Ausgangsniveau des Interesses. Trotzdem haben die Schüler etwas über Astrophysik gelernt, hatten Spaß bei der Durchführung und messen ihr einen persönlichen Wert bei.



## 7 Zusammenfassung und Ausblick

Das Schülerlabor Astrophysik- mehr als nur „Sternegucken“ hat verschiedene Ziele verfolgt. Die Schüler sollten zunächst einen Einblick in die Astrophysik erhalten und ihr Interesse, auch für die Physik, sollte geweckt werden. Des Weiteren war das Labor als Ergänzung zum Unterricht gedacht, in dem die Schüler auch einiges über die Astrophysik lernen.

In vielen Stationen wurde physikalische Grundlagen aus dem Unterricht benötigt, die auch zu Beginn des Labors in einem Vortrag behandelt wurden, um die Schüler auf einen möglichst einheitlichen Wissensstand zu bringen. Dies ist leider nur teilweise gelungen, da die Klassen sehr inhomogen waren und die Schüler vereinzelt große Wissenslücken hatten. Auch wurden im Vortrag innerhalb kurzer Zeit sehr viele Themen behandelt, sodass es ihnen schwerfiel, sich an alles zu erinnern, wenn sie nicht genug Vorwissen mitbrachten. Da allerdings bekannt war, welches Vorwissen nötig ist und auch benötigten Themengebiete schon im Unterricht behandelt wurden, ist es schwierig eine Lösung für dieses Problem zu finden. Eine Möglichkeit würde Vorbereitungsmaterial darstellen, sodass die Schüler die nötigen Grundkenntnisse schon vor dem Laborbesuch wiederholen beziehungsweise erwerben können.

Unklar ist auch, ob es möglich ist über die Astrophysik das Interesse der Schüler für die Physik zu wecken. Die Mehrheit interessierte sich zwar für die Astrophysik und auch für das Experimentieren, zeigten aber gegenüber der Physik eine ablehnende Haltung, die wohl kaum durch einen Laborbesuch behoben werden kann. Dies zeigt sich auch an der Kritik an den relativ kurzen Rechnungen und den Formeln. Es ist vermutlich möglich, ihnen durch den Schülerlaborbesuch die Bedeutung der Physik für die Astrophysik zu zeigen und das Interesse für diese zu steigern, allerdings werden die Auswirkungen auf des Interesse der Schüler an der Physik gering ausfallen.

Die Schüler erhielten ebenfalls einen Einblick in die Astrophysik, einem Thema das im Physikunterricht nur kurz behandelt wird. Im Labor bekamen sie die Gelegenheit mehr aus diesem Gebiet zu lernen, welche auch wahrgenommen wurde. Der Physikunterricht kann somit gut durch die Anwendungsbeispiele, die Experimente und die behandelten Themen ergänzt werden. Allerdings ist davon auszugehen, dass die Schüler von manchen Stationen mehr behalten werden als von anderen, was auch von deren Beliebtheit abhängig ist.

Beim Betrachten der Fragebögen fällt auf, dass es beliebte und weniger beliebte Stationen gab. Station fünf gehörte eher zu den unbeliebteren Stationen, was wohl auch daran liegt, dass hier ein sehr anspruchsvolles und abstraktes Thema behandelt wird. Für manche Schüler wäre hier wohl mehr Hilfestellung nötig gewesen.

Auch bei Station sechs hatten manche Schüler Probleme, vor allem bei der Planung des Experiments und bei der Rechnung. Zurückzuführen ist dies wohl darauf, dass viele Schüler es nicht gewohnt sind, selbstständig ein Experiment zu überlegen und auszuwerten. Einerseits wäre wegen dieser Probleme bei einer erneuten Durchführung zu überlegen, ob die Schüler bei diesen beiden Stationen genauere Anweisungen bekommen sollten, andererseits besteht einer der Reize eines Schülerlabors auch darin, dass Schüler selbstständig experimentieren und sich auch Versuche überlegen, was sie in der Schule eher selten tun. Vielleicht würde ein Kompromiss darin bestehen, die Betreuer dieser Stationen auf mögliche Probleme hinzuweisen, sodass sie dafür sensibilisiert werden, dass die Schüler an diesen Stationen eventuell mehr Hilfe benötigen.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

---

Station drei empfanden einige Schüler als uninteressant, da diese für viele ein schon bekanntes Thema behandelt. Der Versuch diese Station durch die Aufnahme mit einer CCD-Kamera für solche Schüler attraktiver zu gestalten misslang. Deswegen sollte diese Station bei einer Durchführung mit einer Klasse, die sich schon ausführlich mit dem Spektrum im Unterricht beschäftigt hat, besser weggelassen werden.

Vor allem Station vier faszinierte viele Schüler, selbst wenn keine direkte Beobachtung möglich war, was meist am Wetter lag. Dieses ist leider nicht zu beeinflussen. Trotzdem wäre es sinnvoll, das Labor, vor allem wegen der sehr wetterabhängigen Versuchen bei Station zwei, im Sommer durchzuführen, da hier wenigstens in Deutschland die Wahrscheinlichkeit für eine wolkenfreie Sicht auf die Sonnen höher ist.

Darüber hinaus wäre es bei Station eins, sechs und vier sinnvoll, den Schülern mehr Bearbeitungszeit zu Verfügung zu stellen. Um dies zu ermöglichen, müssten Stationen zwei und fünf etwas verlängert werden. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass Station zwei mehr Zeit in Anspruch nimmt, wenn eine direkte Beobachtung der Sonnenoberfläche mit dem Teleskop möglich ist.

Ein weiterer Ansatzpunkt um das Labor zu verbessern, könnte bei der Betreuung ansetzen. Diese wurde von den Schülern sehr unterschiedlich bewertet, wobei eine deutliche Verbesserung nach der ersten Durchführung zu erkennen war. Dies könnte daran gelegen haben, dass die Betreuer teilweise noch keine Erfahrung mit Schülerlaboren hatten oder erst in ihr Thema finden mussten.

Nach Gesprächen mit den begleitenden Lehrern und der Auswertung der Fragebögen kann das Schülerlabor Astrophysik- mehr als nur „Sternegucken“ als Erfolg gewertet werden. Die Schüler interessierten sich für die behandelten Themen, hatten Spaß bei der Durchführung und lernten etwas. Für die Zukunft wäre es daher wünschenswert, dass das Labor erneut durchgeführt wird.

## 8 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich die Gelegenheit nutzen, allen zu danken, die mir bei der Erstellung meiner schriftlichen Hausarbeit geholfen habe.

Zuerst möchte ich gerne Herrn Prof. Dr. Thomas Trefzger danken, der mir diese Arbeit erst ermöglicht hat. Vielen Dank für die vielen Anregungen bei der Auswahl meiner Experimente und deren Umsetzung, diese waren mir eine sehr große Hilfe, genauso wie die Tipps bei der Auswahl der richtigen Jahrgangsstufe. Ebenso möchte ich mich für die Anschaffung diverser Materialien bedanken und vor allem dafür, dass Ihre Tür bei Fragen und Problemen immer offen stand und Sie mir stets weiterhelfen konnten.

Ebenfalls möchte ich mich bei Dominik Elsässer bedanken, der eine Beobachtung mit dem Monetteleskop erst möglich gemacht hat und für mich einen Kampf um Beobachtungszeit führte. Vielen Dank für die vielen Leihgaben aus der Astrophysik und die verständlichen Erklärungen zu den Geräten sowie deren Funktionsweise. Durch diese Materialien und auch durch Deine Betreuung einer Station konnten das Schülerlabor interessanter und anschaulicher gestaltet werden. Außerdem möchte ich mich dafür bedanken, dass Du viele Versuche mit mir ausprobiert hast und Lösungsvorschläge parat hattest, wenn etwas nicht funktioniert hat. Vielen Dank für Deine große Hilfe!

Auch möchte ich AR Matthias Völker für seine Hilfe bei vielen organisatorischen Dingen, von der Werbung bis hin zum Druck der Arbeit, danken. Vielen Dank dafür, dass Sie mir bei der Gestaltung meiner Arbeitsblätter weitergeholfen haben und ich durch Ihre Rückmeldung und Tipps im Seminar vieles für meine Arbeit lernen konnte.

Darüber hinaus möchte ich Kathrin Löffler danken, die mir beim Bauen und verzweifelten Suchen diverser Materialien geholfen hat.

Des weiteren geht mein Dank an AR Dr. Thomas Wilhelm, der gemeinsam mit AR Matthias Völker im Fortgeschrittenenpraktikum mein Interesse an einer schriftlichen Hausarbeit in der Physikdidaktik weckt hat.

Weiterhin möchte ich Urs Ganse für die Hilfe beim Gebrauch der CCD-Kamera und deren richtige Einstellung danken.

Mein Dank geht auch an Peter Freibott und Roland Wenisch für die Leihgaben aus der Physiksammlung.

## 8 Danksagung

---

Zuletzt möchte ich mich bei allen bedanken, die meine Arbeit Korrektur gelesen haben und natürlich bei meinem tollen Betreuerteam, das sich so wunderbar um die Schüler gekümmert hat, selbst am 23.Dezember!

### **9.3 Der Fragebogen**

Wie schon in der Auswertung erwähnt, wurden die Fragen zum Interesse aus Engelns Dissertation übernommen [2004].

Zwei Fragen zum Sachinteresse wurden nach der ersten Durchführung eingefügt, als klar wurde, dass diese auch gebraucht wurden, da sich das Sachinteresse bezüglich der Physik und des Experimentierens teilweise stark unterscheidet:

„Beim Experimentieren ist die Zeit sehr langsam vergangen.“

„Ich finde es wichtig, mich mit physikalischen Fragestellungen auseinander zu setzen.“

Darüber hinaus wurde eine Frage danach, welche Station nicht durchgeführt wurde eingefügt, da erst während der ersten Durchführung deutlich wurde, dass die Durchführung von sechst Stationen zu lange dauert. Ebenfalls wurde der Fragebogen um die Frage ergänzt, was den Schülern bei der Durchführung gefehlt habe.



## **Fragebogen zum Schülerlabor Astrophysik**

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

mit diesem Fragebogen möchte ich Ihre Meinung zum Schülerlabor kennen lernen. Hierbei handelt es sich nicht um einen Test oder eine Klassenarbeit. In diesem Fragebogen gibt es keine falschen Antworten. Geben Sie die Antwort, die für Sie am besten passt.

Die Befragung erfolgt anonym.

Bitte lesen Sie jede Frage sorgfältig durch und beantworten Sie sie so genau wie möglich.

Machen Sie als Antwort ein Kreuz in die Kästchen oder schreiben Sie Ihre Antwort auf den dafür vorgesehenen Platz.




 Ich bin  männlich  weiblich

 Ich bin in der  Klasse

Geben Sie bitte an, in wie weit folgende Aussagen für Sie zutreffen.

	stimmt gar nicht	stimmt wenig	stimmt ziemlich	stimmt völlig
1. Physik bringt mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Experimente durchzuführen, macht mir einfach Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Physik gehört für mich persönlich zu den wichtigsten Dingen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Wenn ich Experimente durchführen kann, bin ich bereit, auch Freizeit dafür zu opfern.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Im Physikunterricht fühle ich mich wohl.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Der Physikunterricht macht mir Spaß.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Beim Experimentieren habe ich mich nicht wohl gefühlt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, erscheint mir sinnvoll.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Die Durchführung der Experimente war langweilig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Die Experimente haben mir keinen Spaß gemacht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Dass wir heute Experimente durchgeführt haben, ist mir persönlich wichtig.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Beim Experimentieren ist die Zeit sehr langsam vergangen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

	Stimmt gar nicht	stimmt wenig	stimmt ziemlich	stimmt völlig		
<b>13.</b> Ich finde es wichtig, mich mit physikalischen Fragestellungen auseinander zu setzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>14.</b> Der Besuch des Schülerlabors ist für mich persönlich von Bedeutung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>15.</b> Ich werde mit Freunden, Eltern oder Geschwistern über Dinge sprechen, die ich im Schülerlabor erlebt habe.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>16.</b> Ich werde außerhalb des Unterrichts über Dinge nachdenken, die wir im Schülerlabor gesehen oder angesprochen haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>17.</b> Ich werde in Büchern oder im Internet nachlesen, um mehr Informationen über das im Schülerlabor behandelte Thema zu bekommen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>18.</b> Ich würde gerne mehr über die Experimente lernen, die wir im Schülerlabor durchgeführt haben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>19.</b> Solche Experimente, wie wir sie im Schülerlabor durchgeführt haben, würde ich auch in meiner Freizeit bearbeiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>20.</b> Wenn ich an einem Experiment sitze, kann es passieren, dass ich gar nicht merke, wie die Zeit verfliegt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
<b>21.</b> Geben Sie dem Schülerlabor eine Note:	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>	6 <input type="checkbox"/>
<b>22.</b> Warum haben Sie diese Note vergeben?						

**23.** Geben Sie der Betreuung eine Note.:

1       2       3       4       5       6

**24.** Warum haben Sie diese Note vergeben?

**25.** Welche Station haben Sie nicht bearbeitet?

**26.** Welche Stationen waren Ihrer Meinung nach gut betreut?

1       2       3       4       5       6

**27.** Welche Stationen haben Ihnen gefallen?

1       2       3       4       5       6

**28.** Was hat Ihnen an diesen Stationen gefallen?

**29.** Welche Stationen haben Ihnen nicht gefallen?

1       2       3       4       5       6

**30.** Wieso haben Ihnen diese Stationen nicht gefallen?

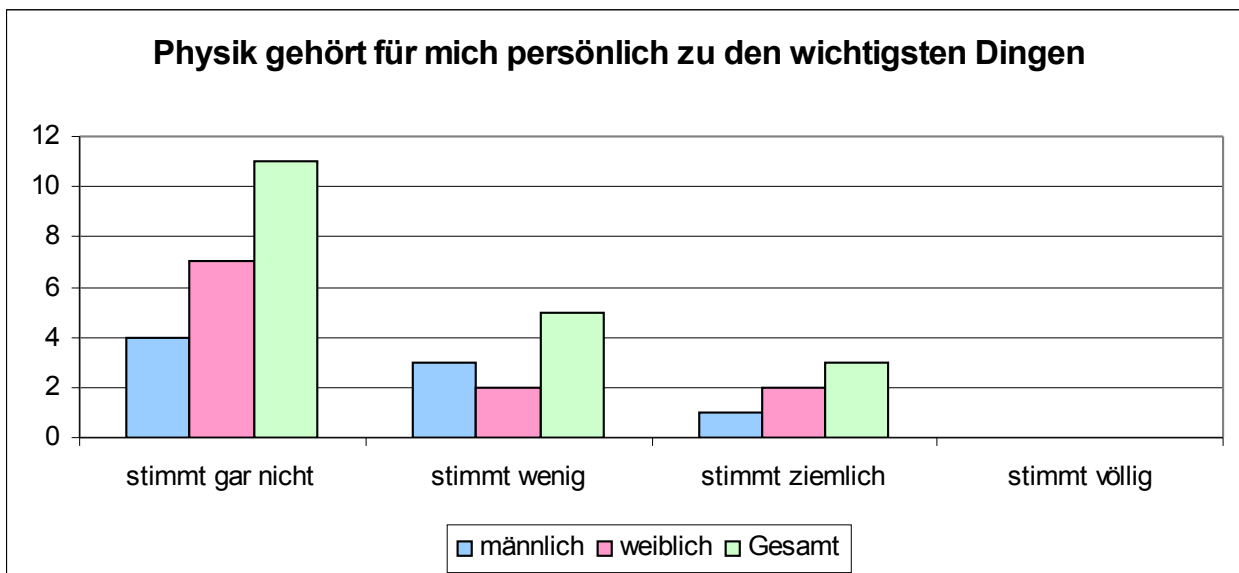
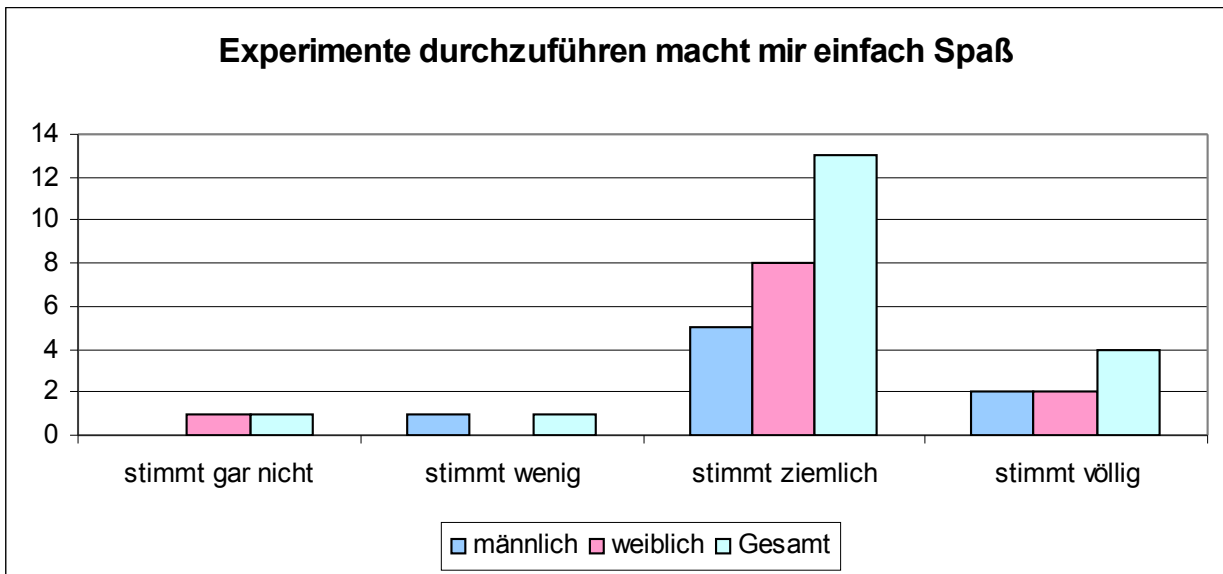
**31.** Was hat Ihnen beim Schülerlabor gefehlt?

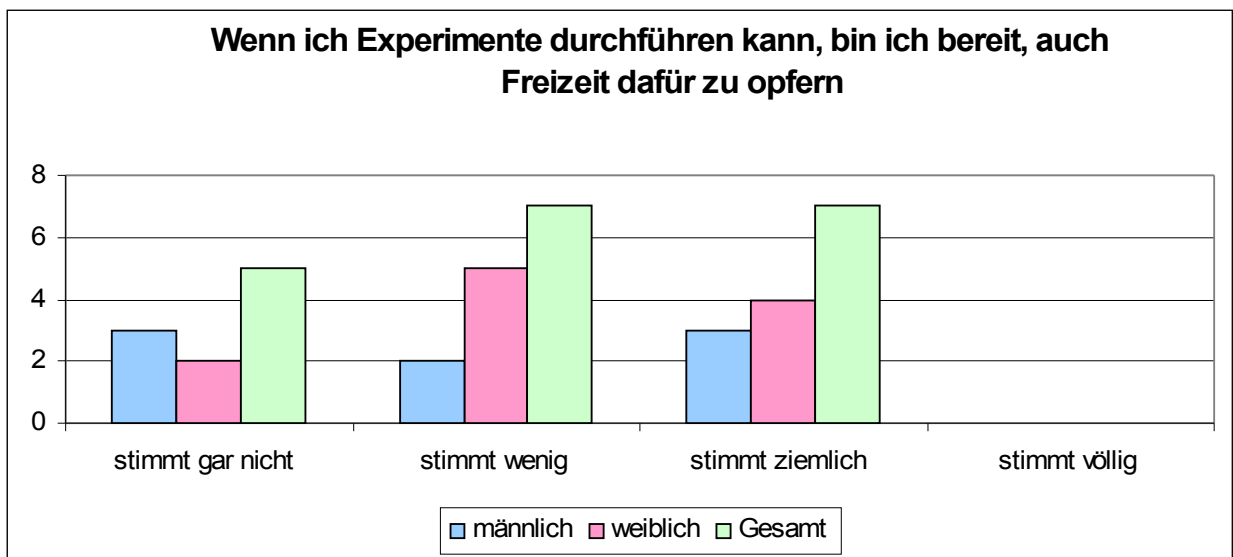
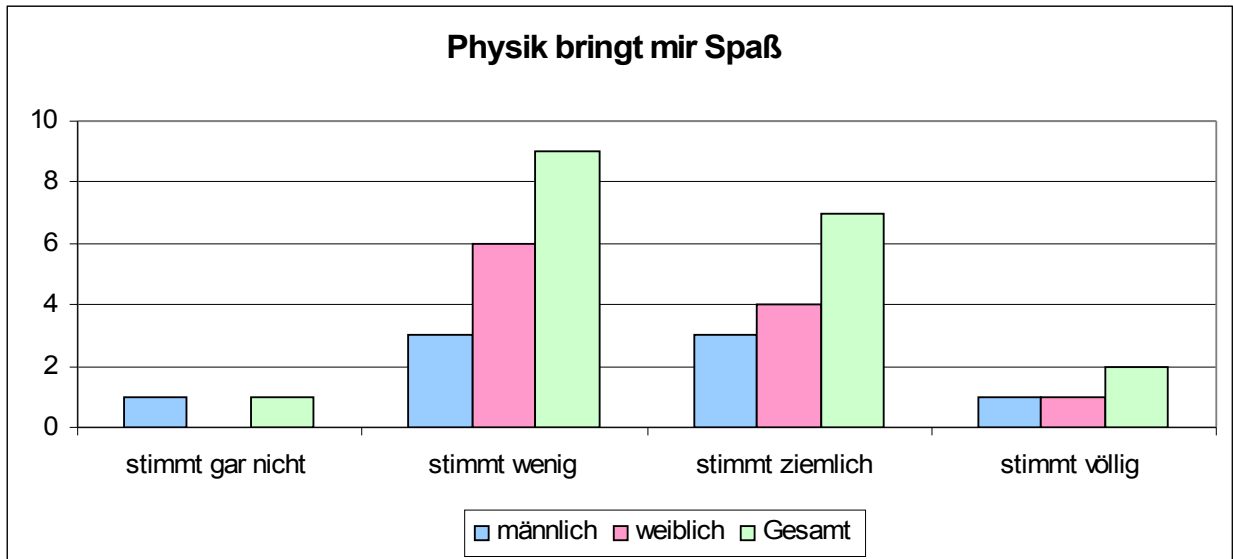
Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!!!

## 9.4 Ergebnisse der Fragen zum Interesse

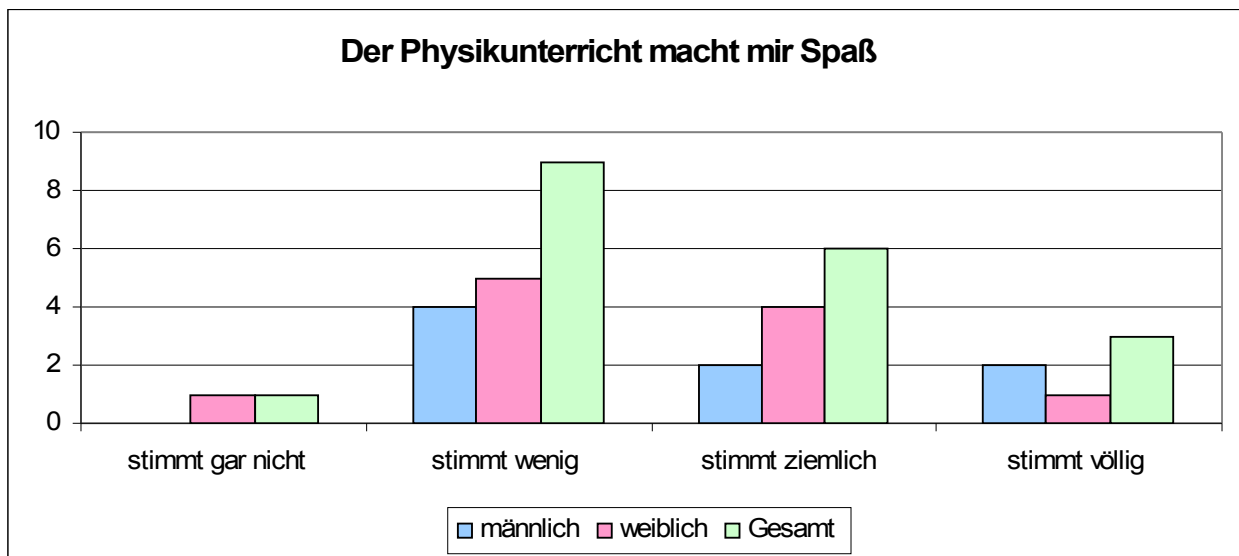
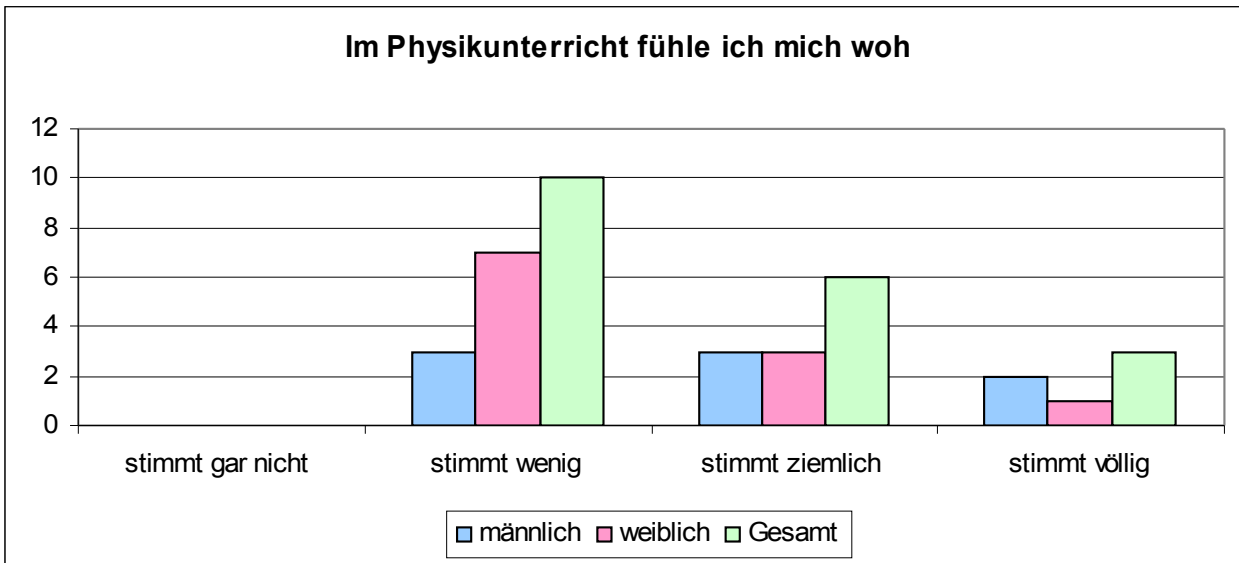
### 9.4.1 Ergebnisse der ersten Durchführung

#### Fragen zum Sachinteresse

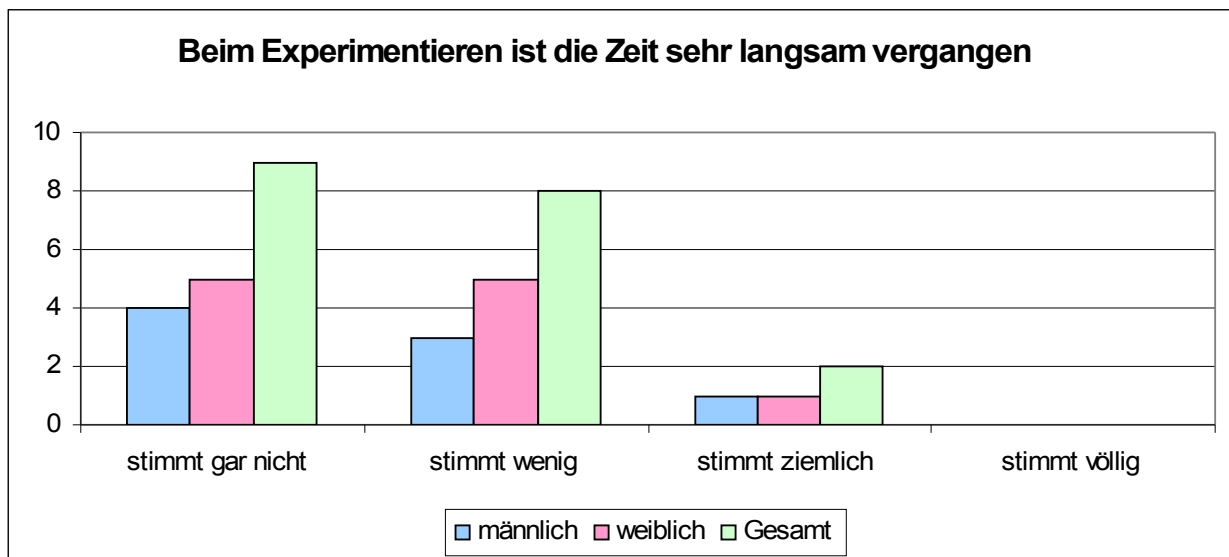
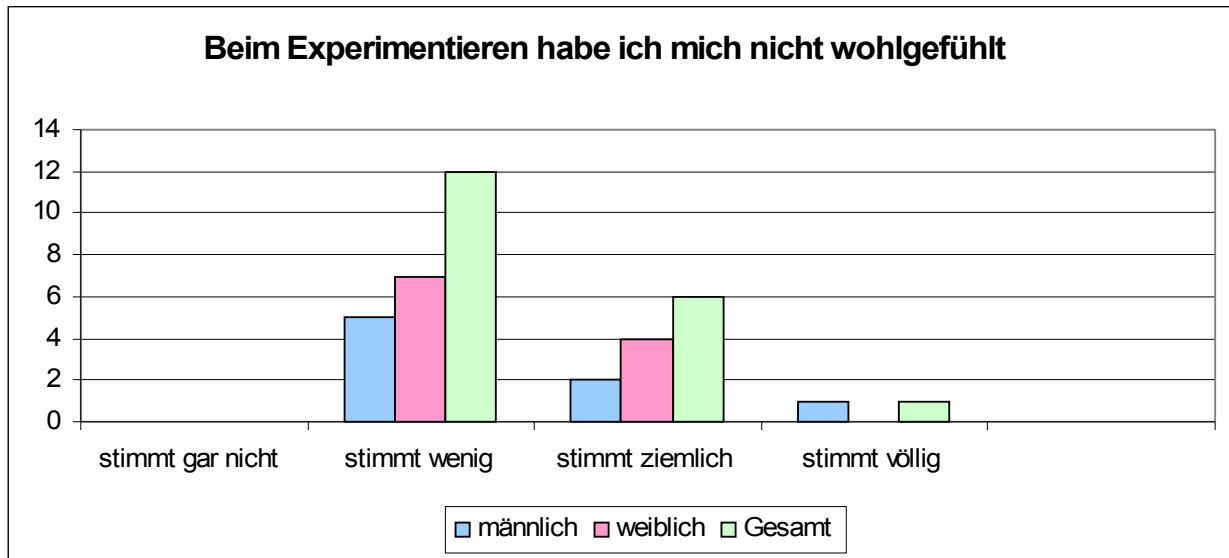


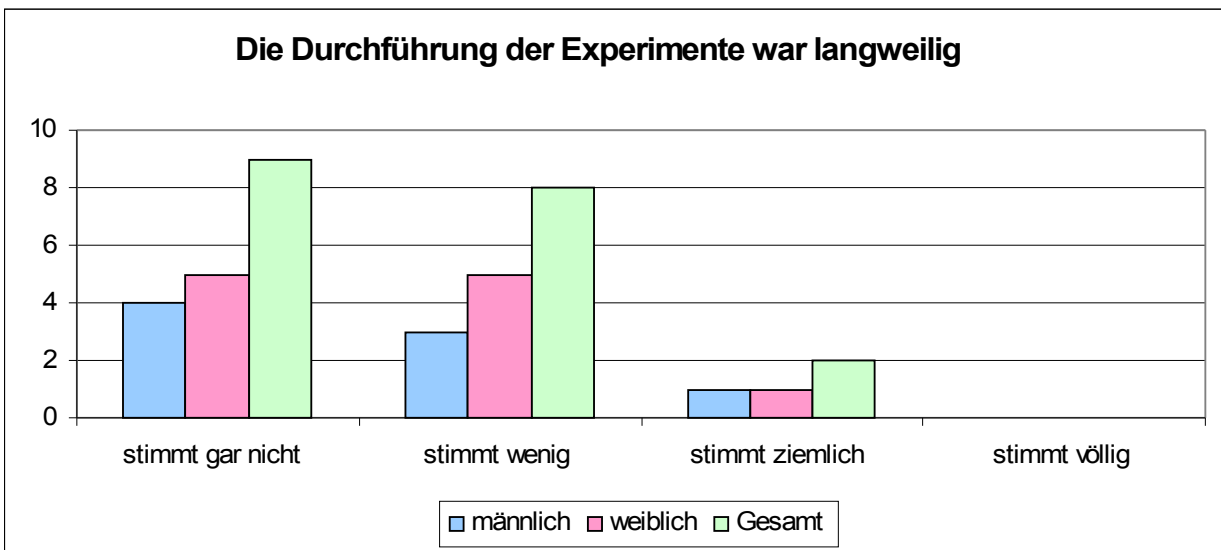
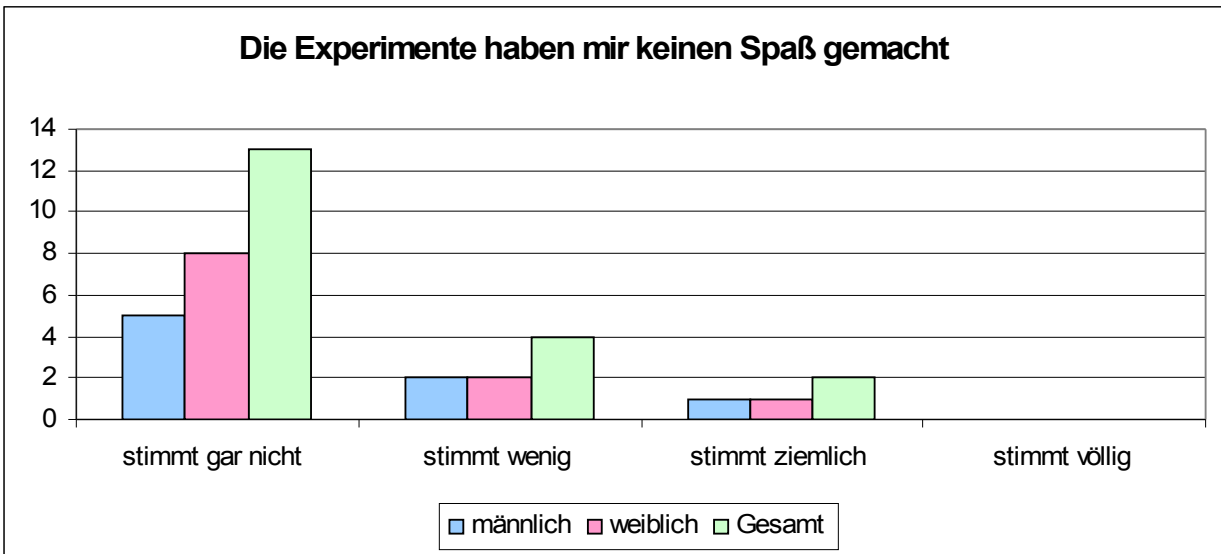


**Fragen zum Fachinteresse**



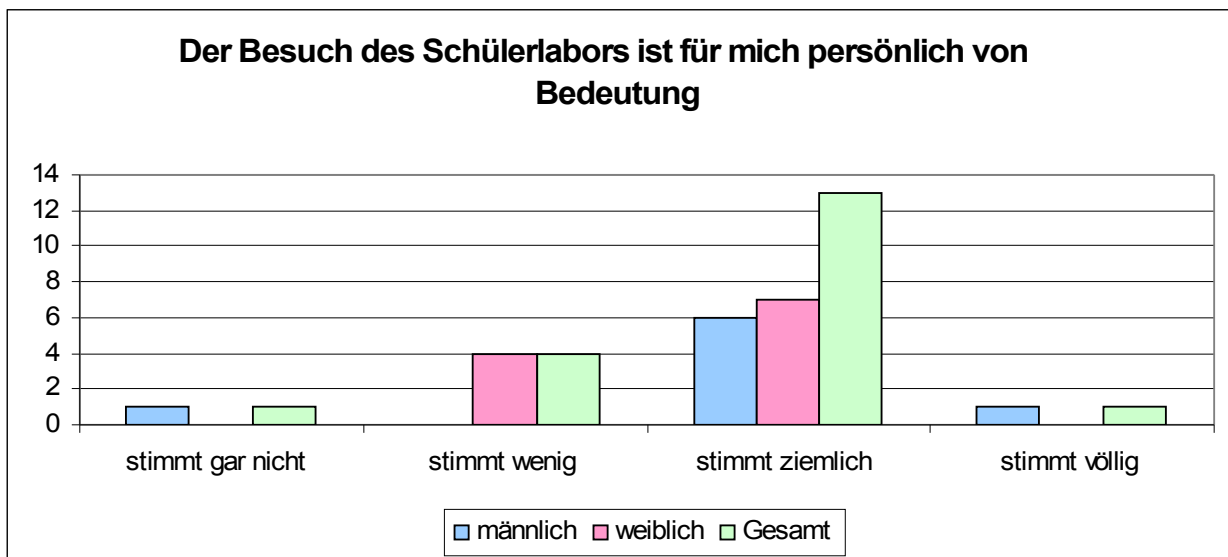
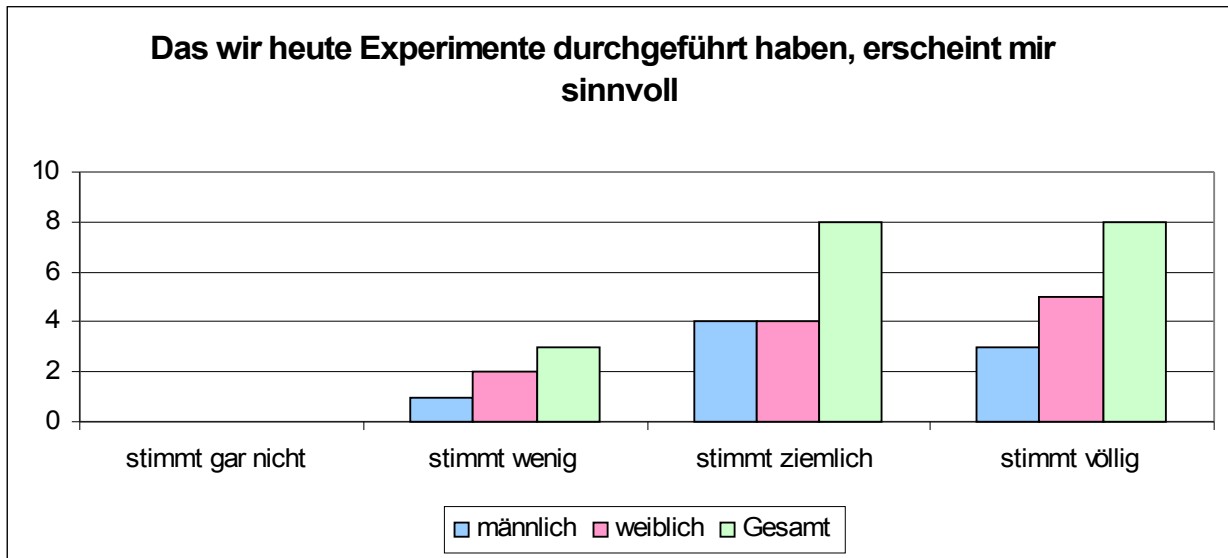
**Fragen zur emotionalen Komponente**

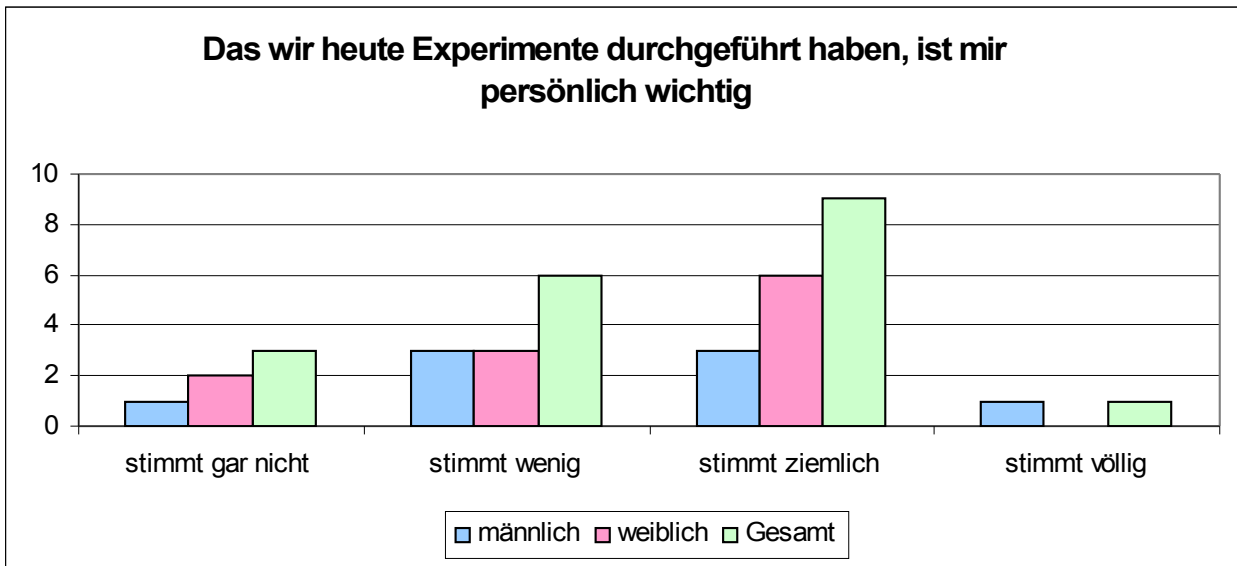




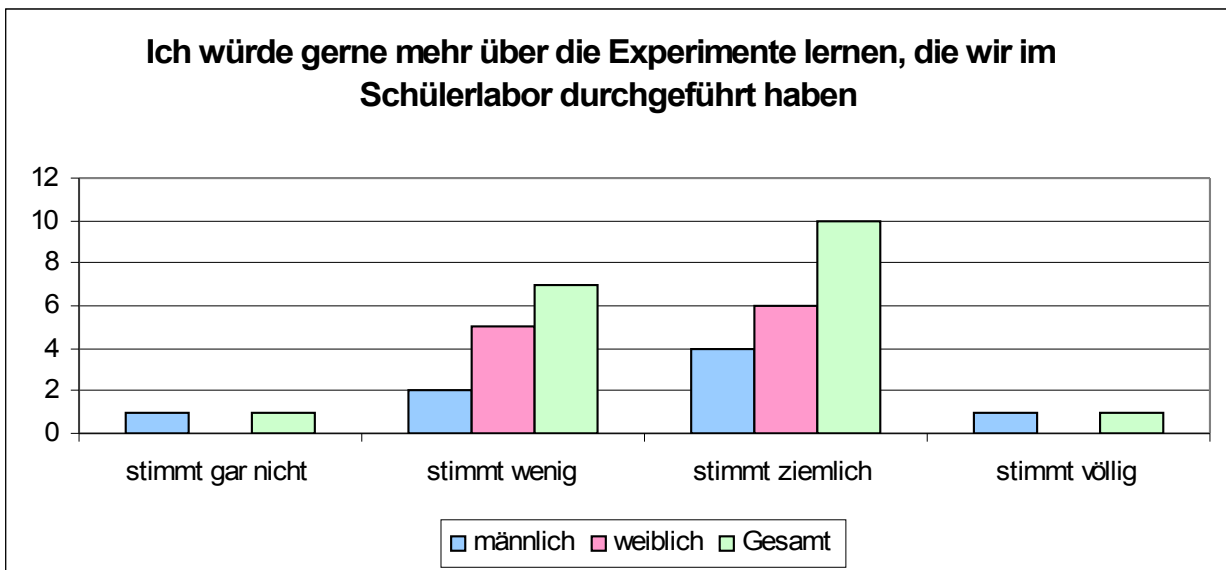


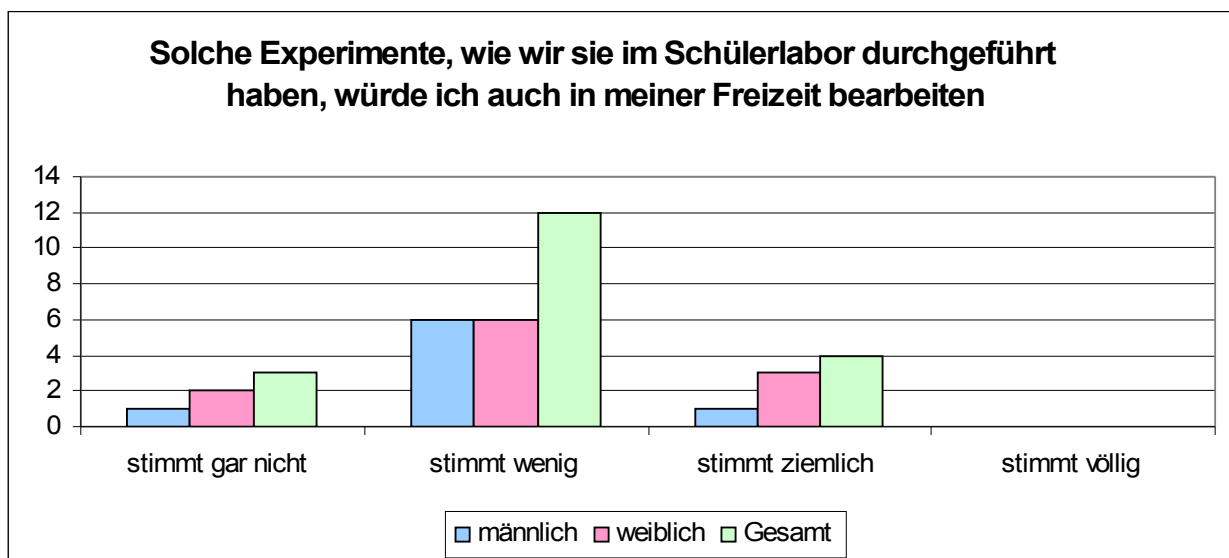
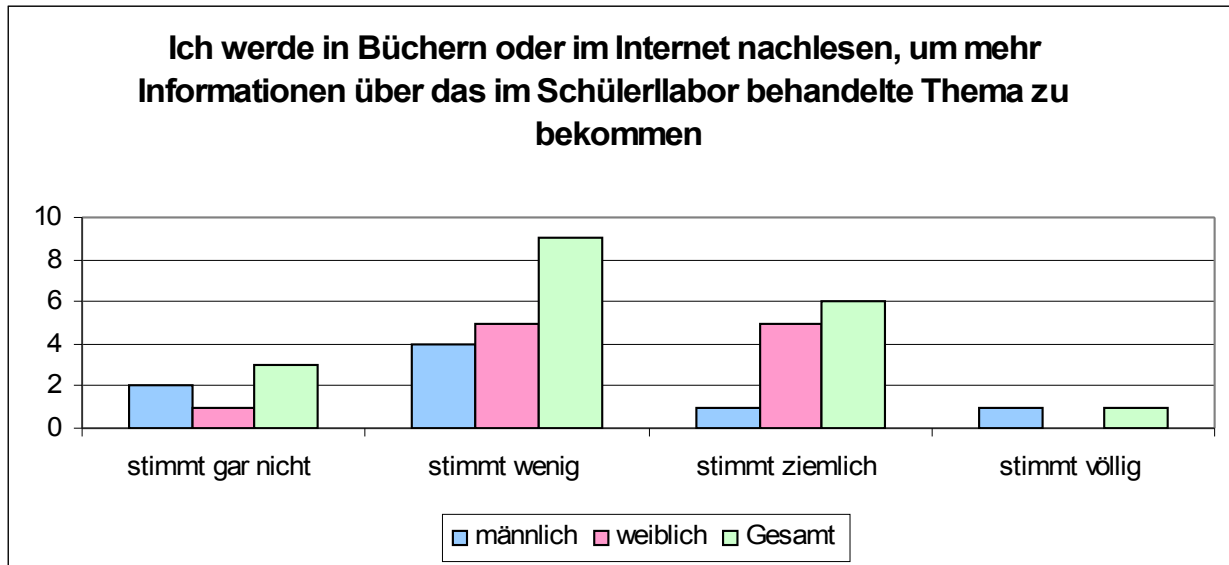
**Fragen zur wertbezogenen Komponente**

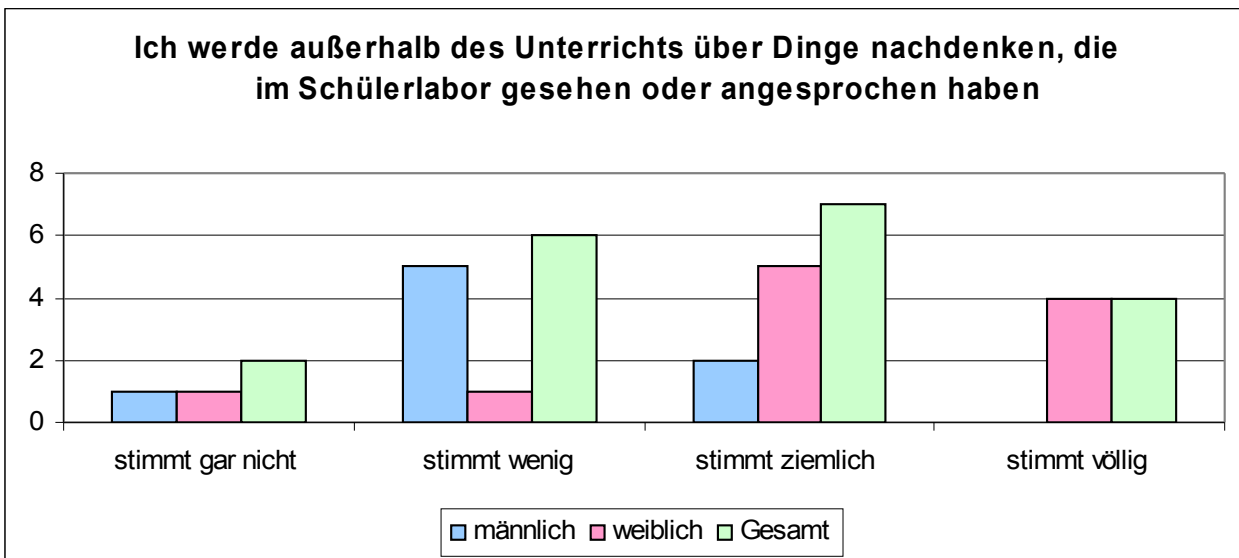
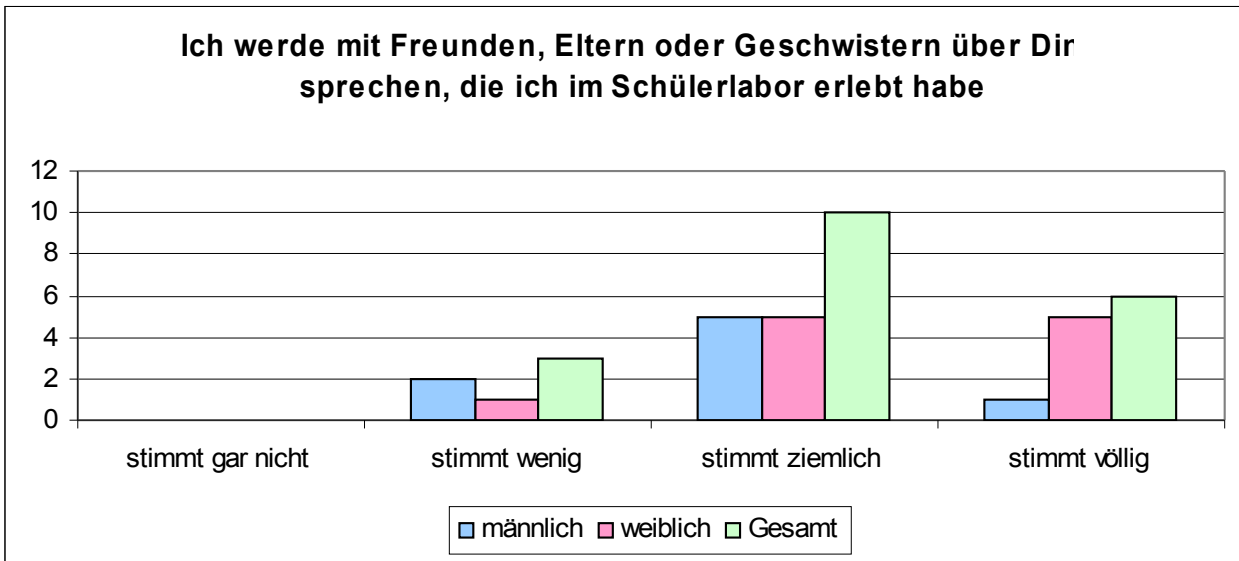




**Fragen zur epistemischen Komponente**

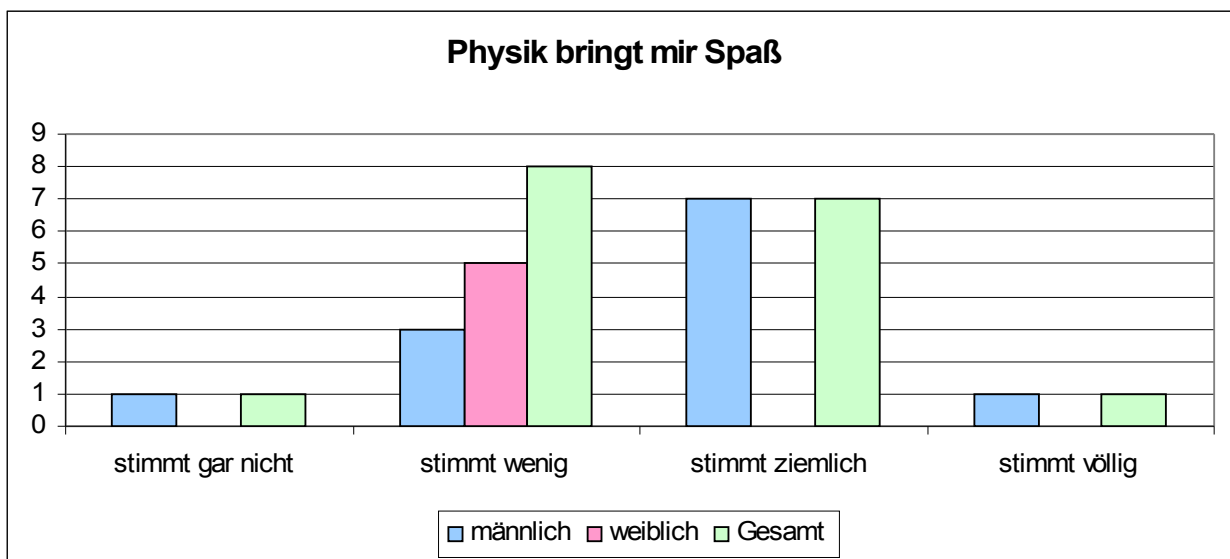
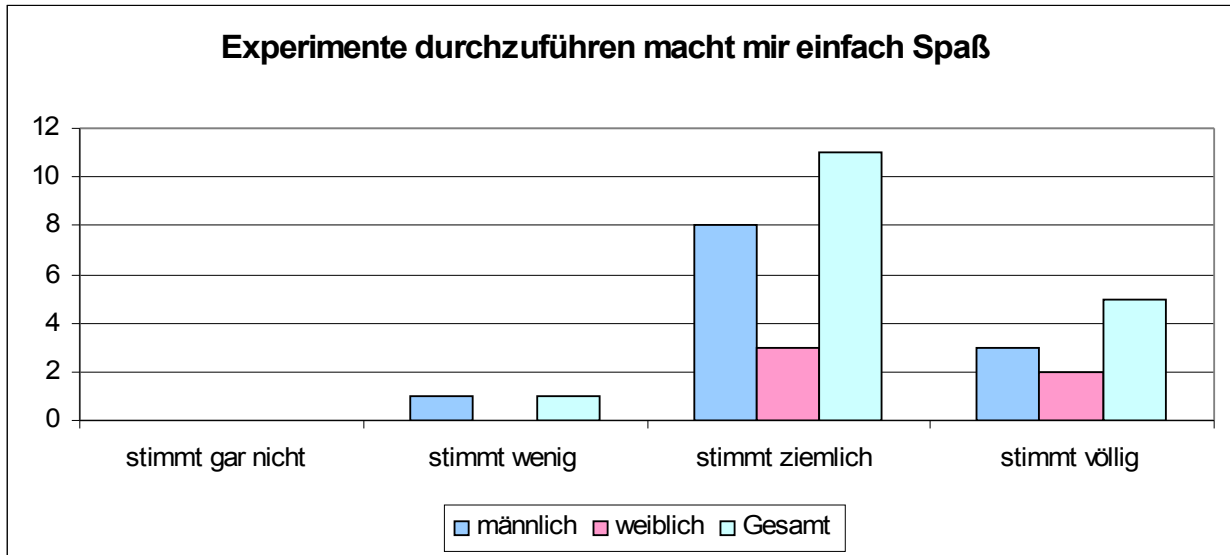


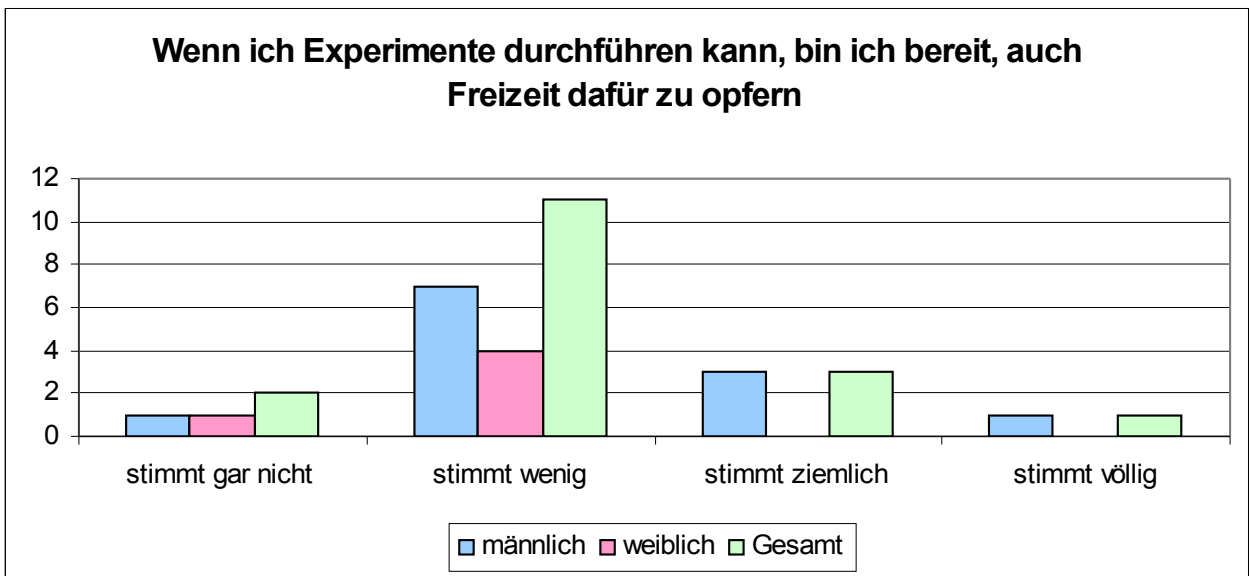
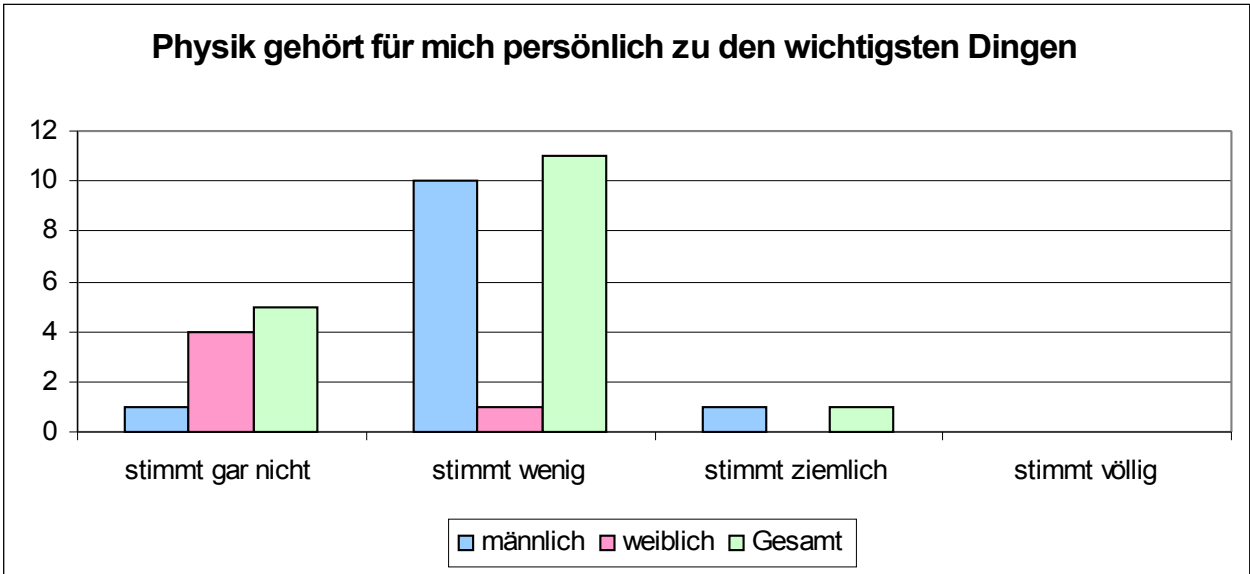


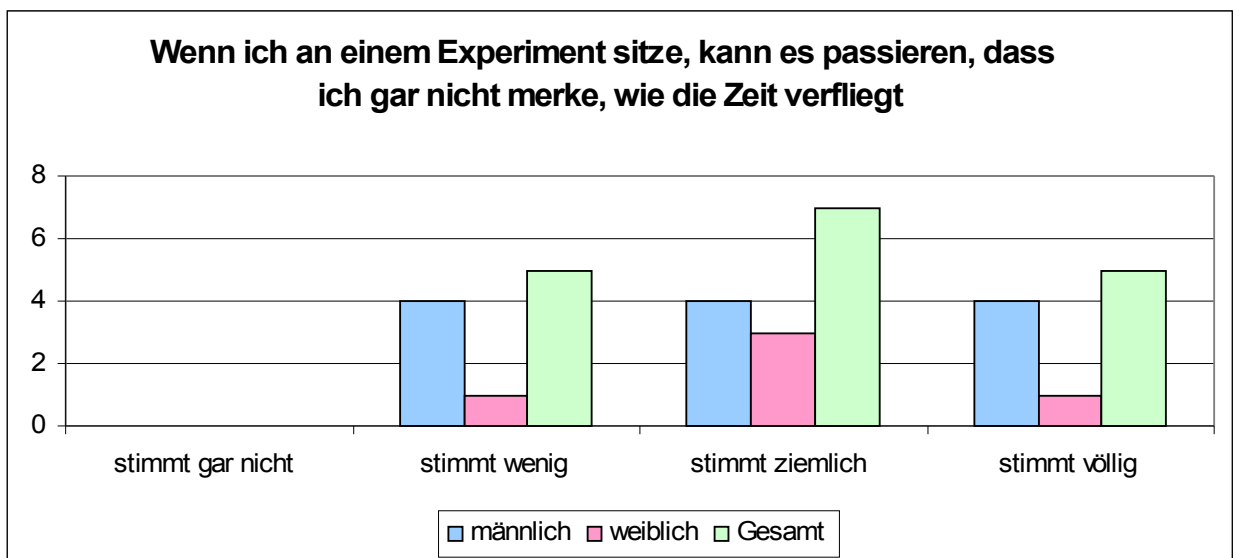
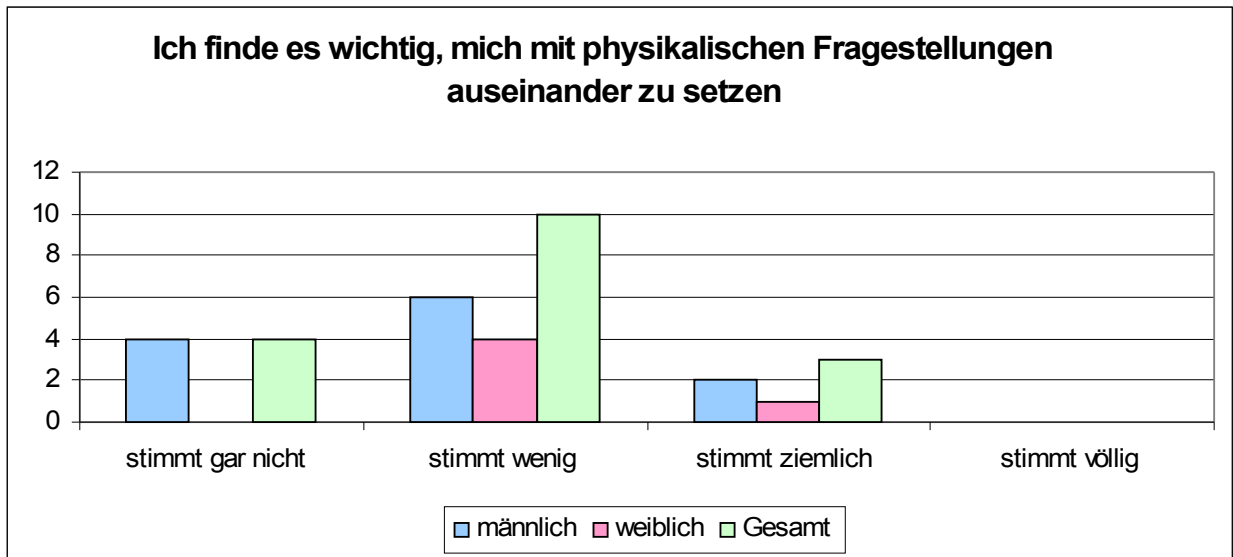


9.4.2 Ergebnisse der zweiten Durchführung

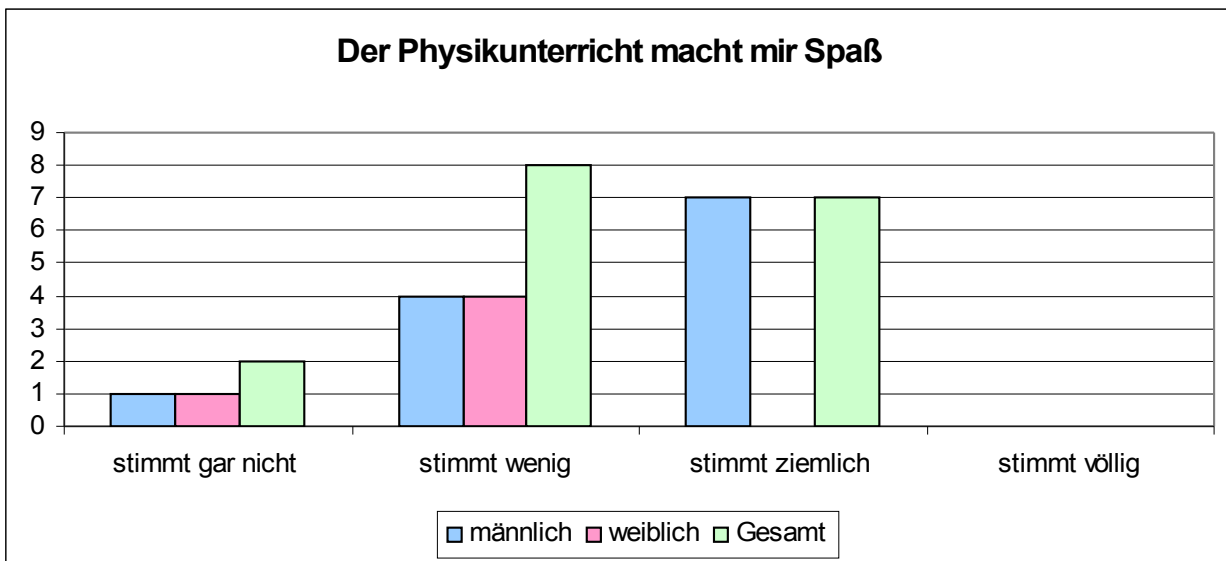
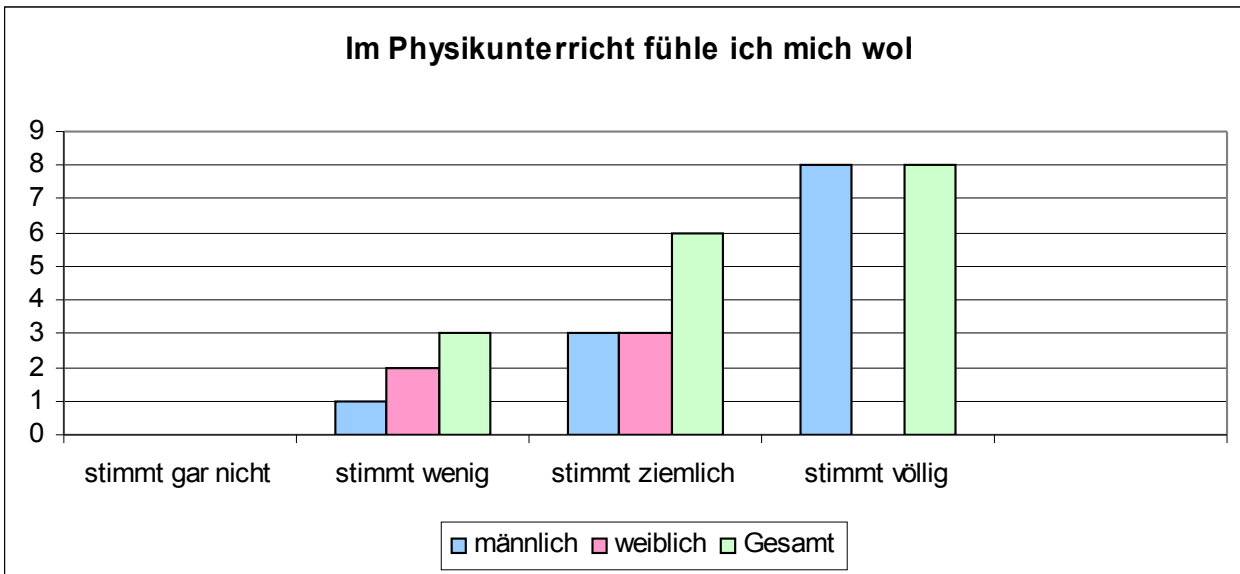
Ergebnisse zum Sachinteresse





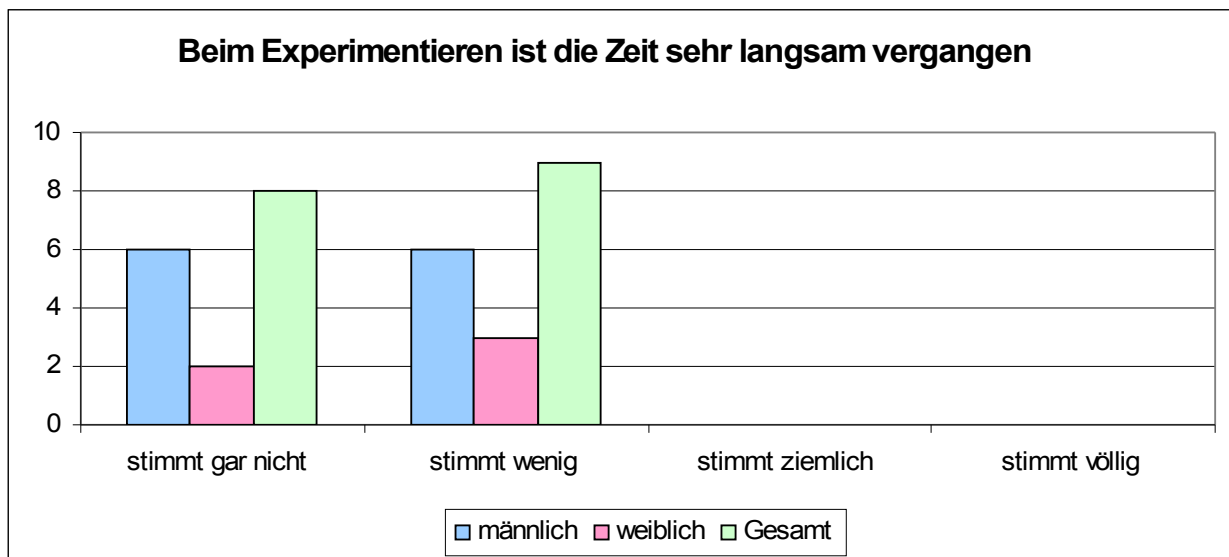
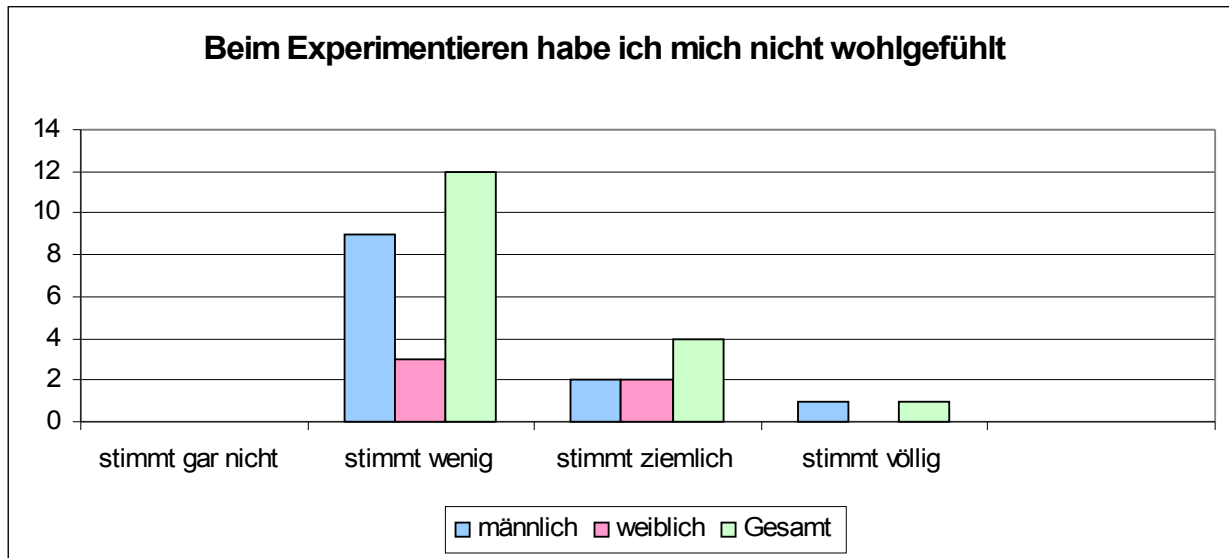


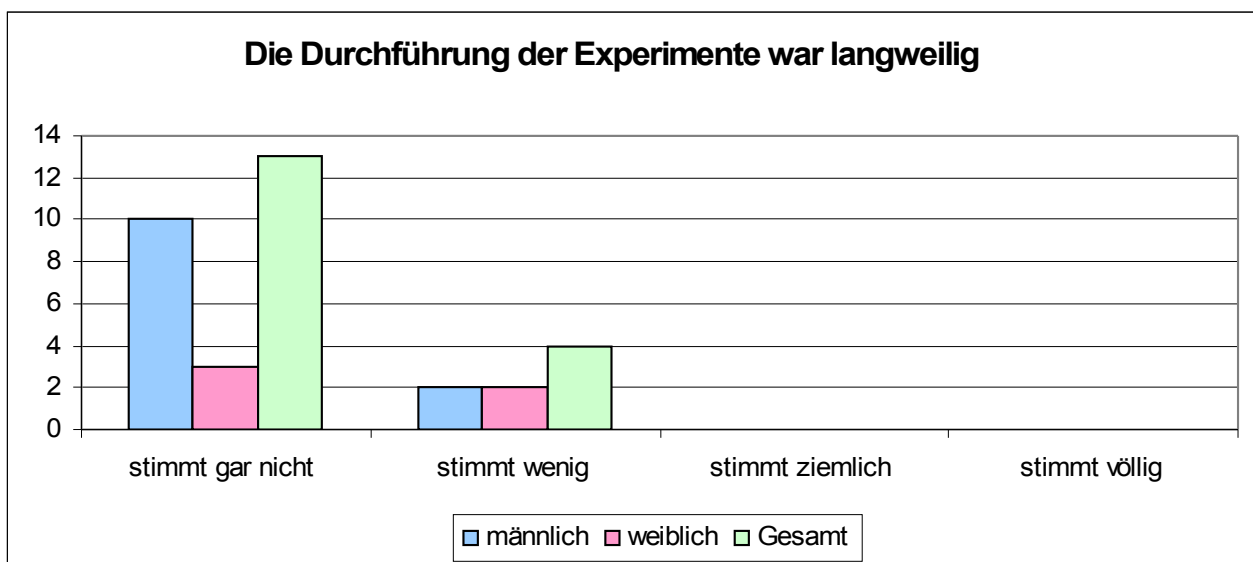
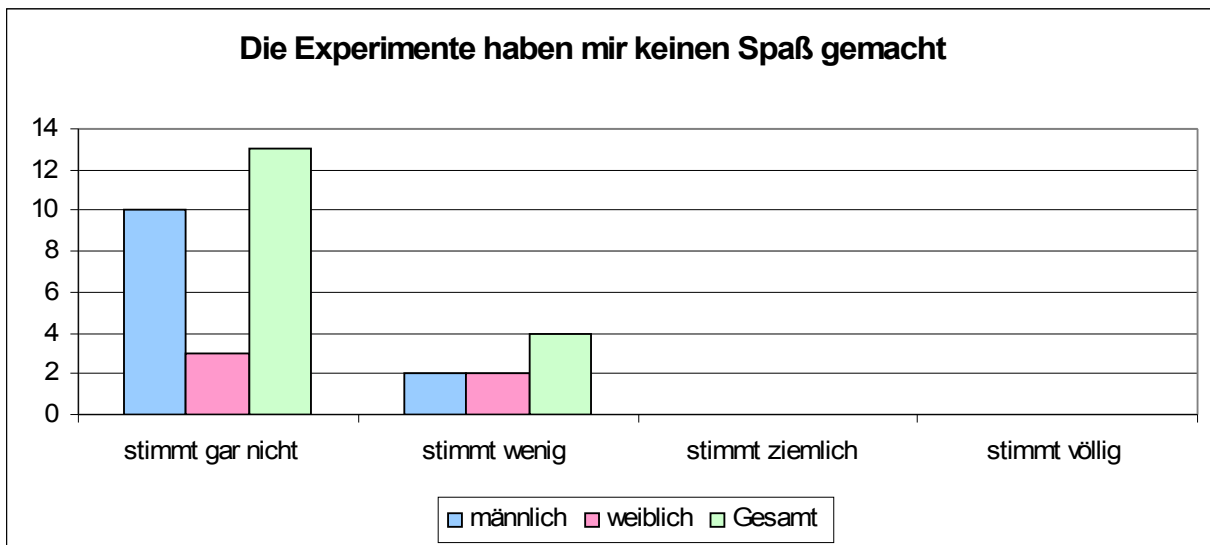
**Ergebnisse zum Fachinteresse**



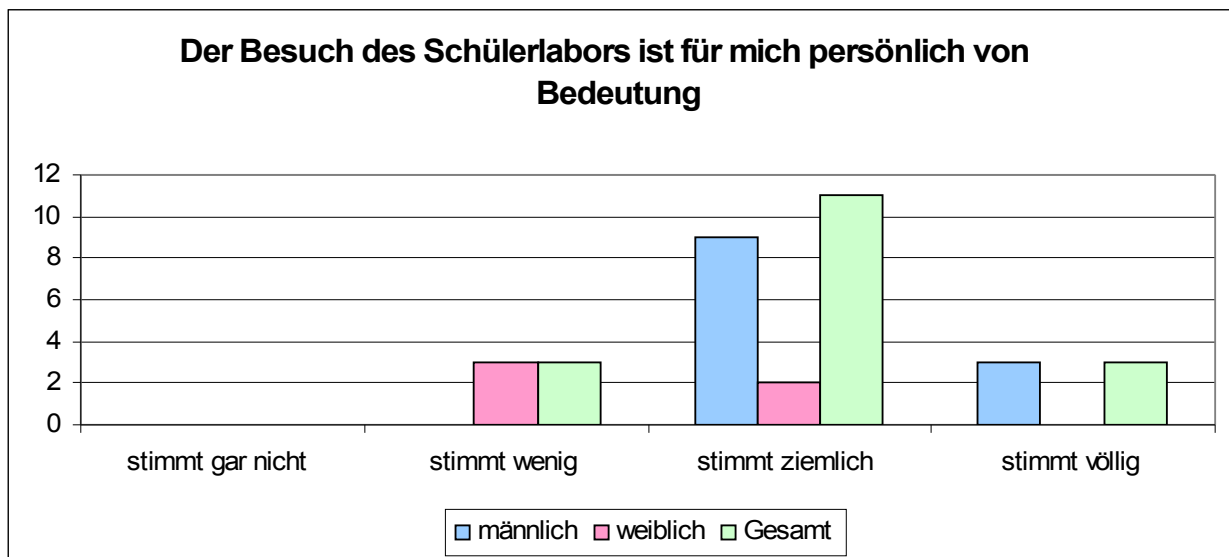
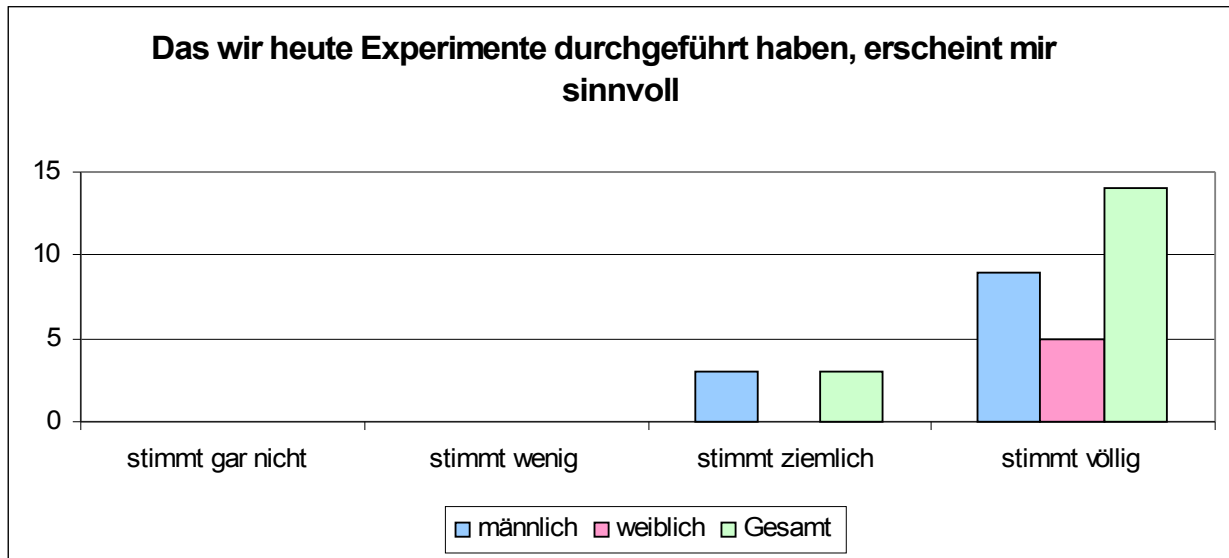


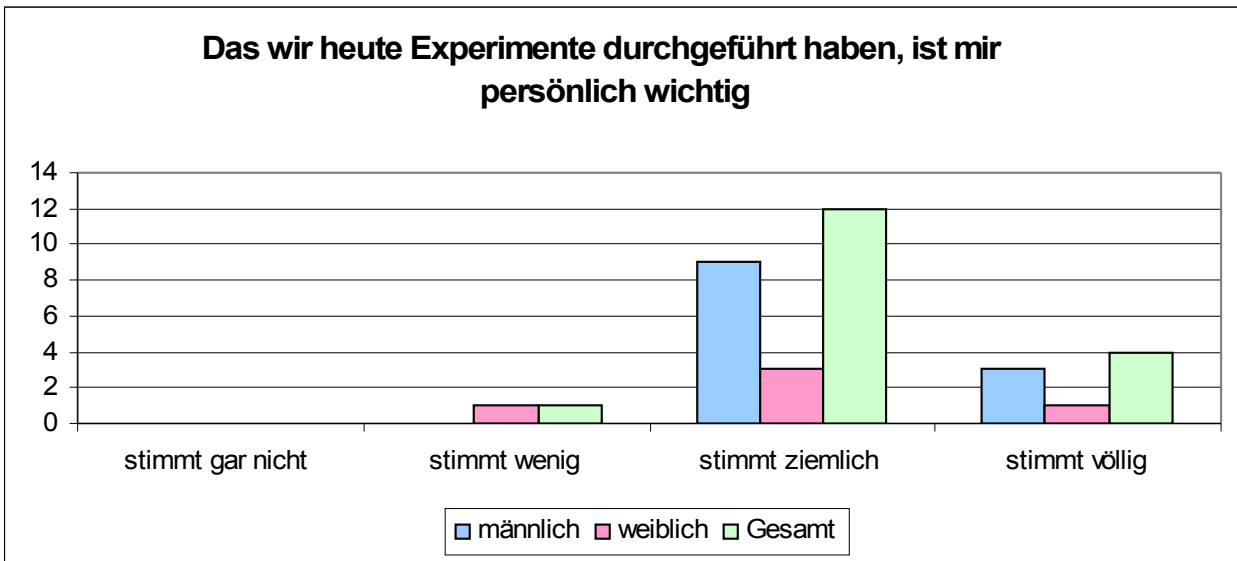
**Ergebnisse zur emotionalen Komponente**



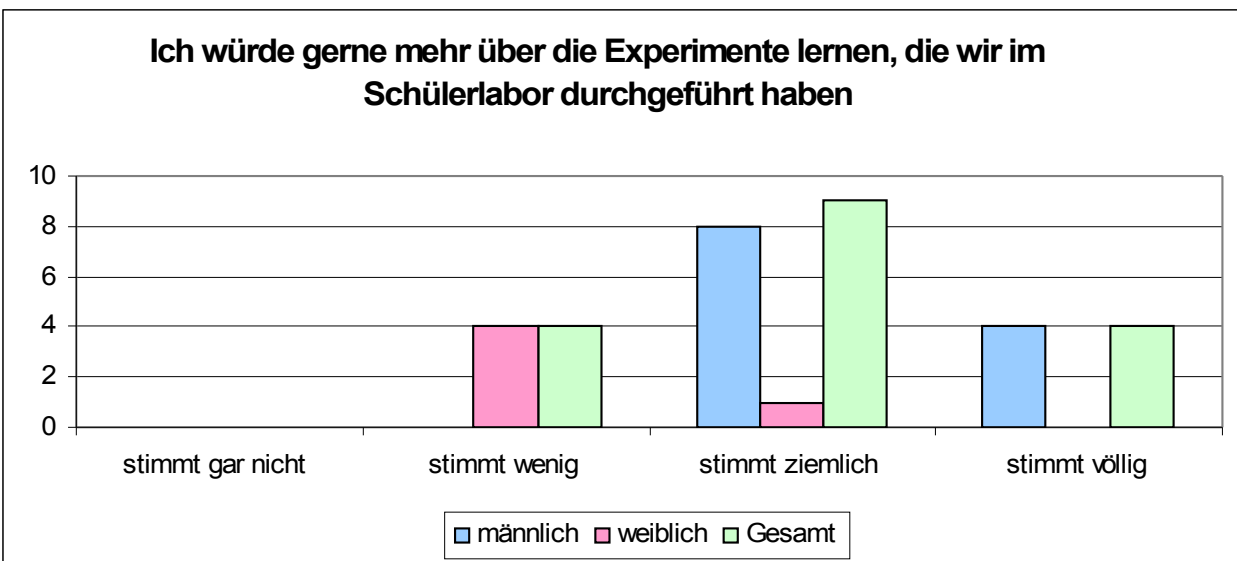


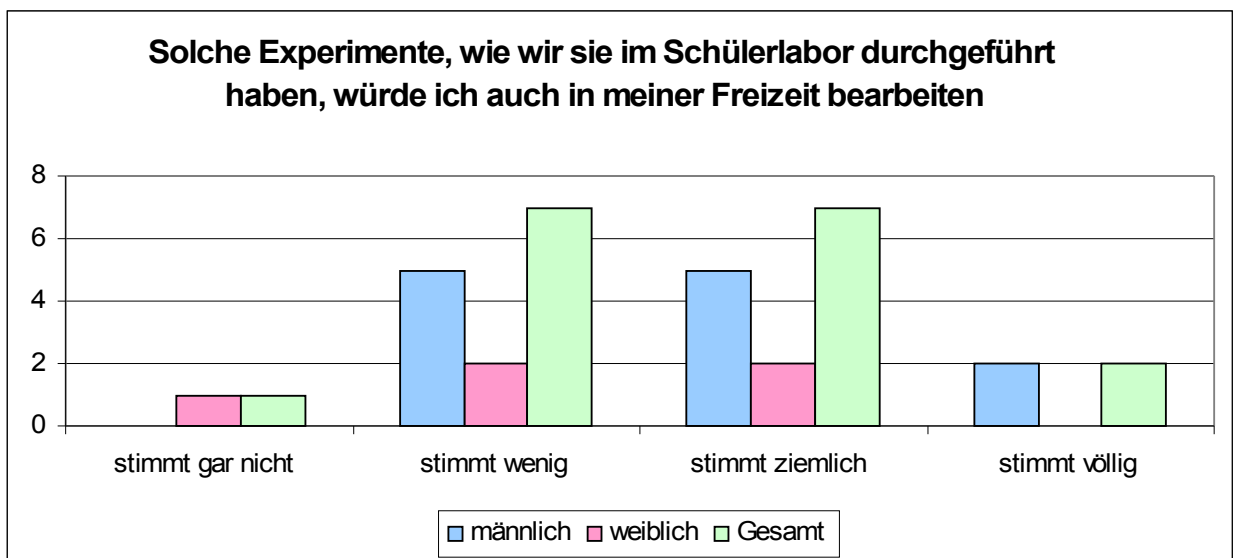
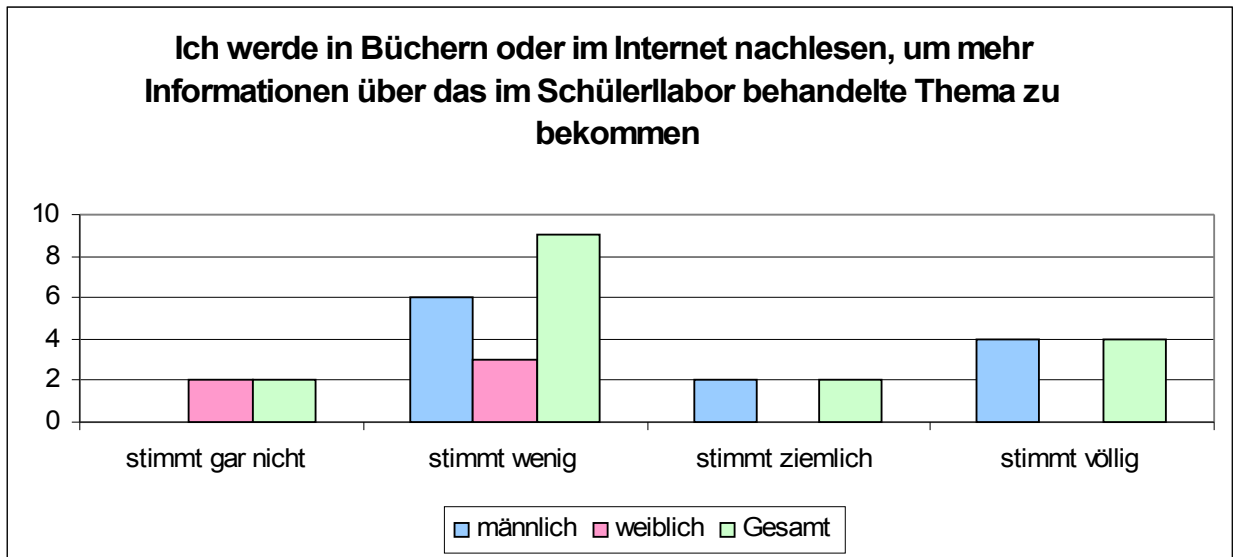
**Ergebnisse zur wertbezogenen Komponente**

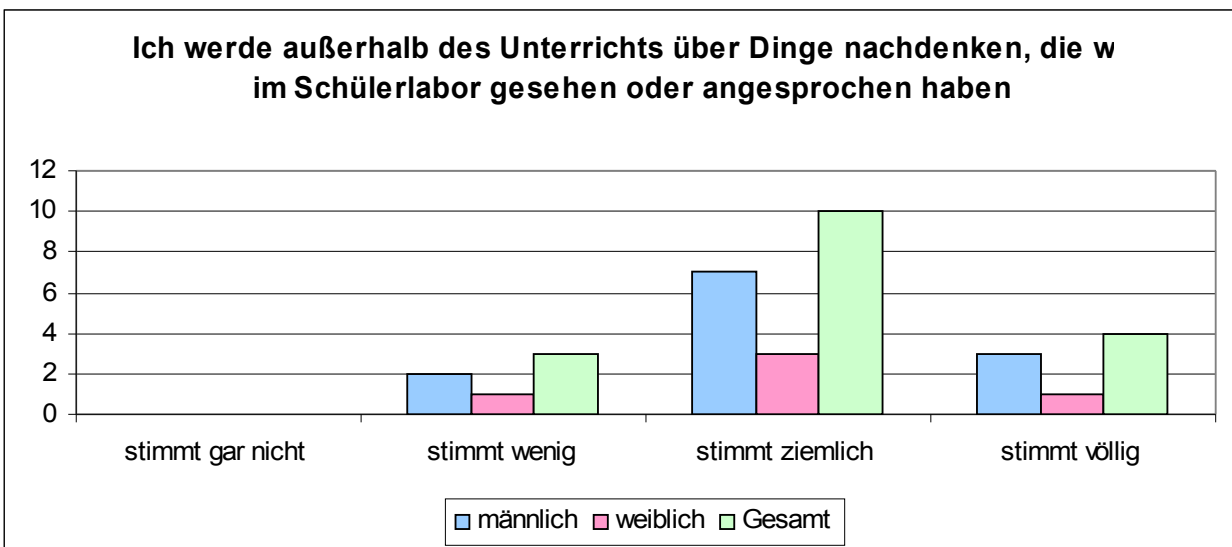
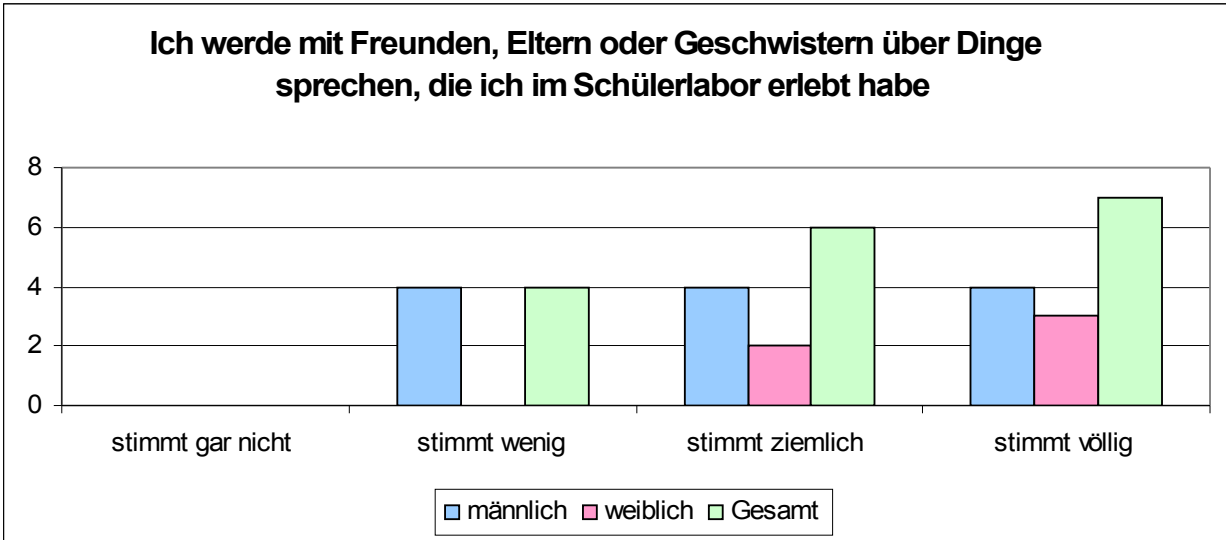




**Ergebnisse zur epistemischen Komponente**

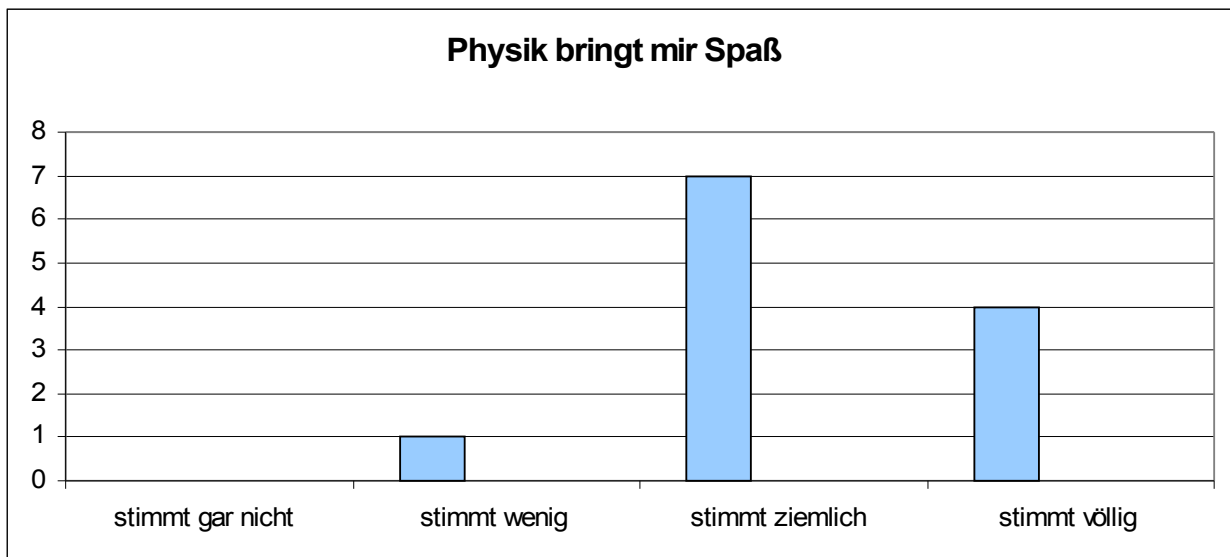
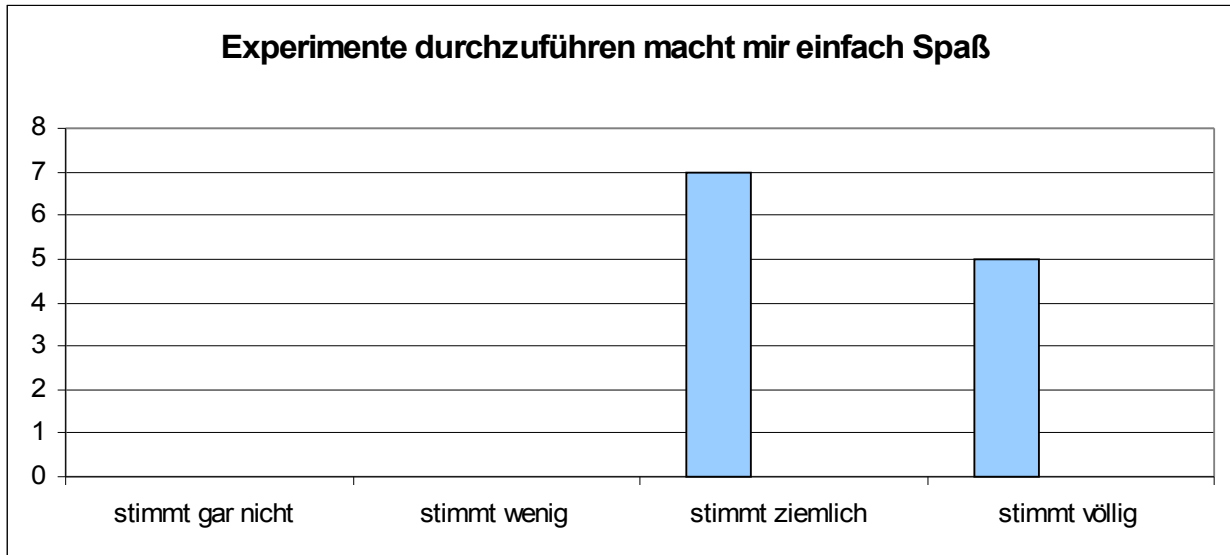


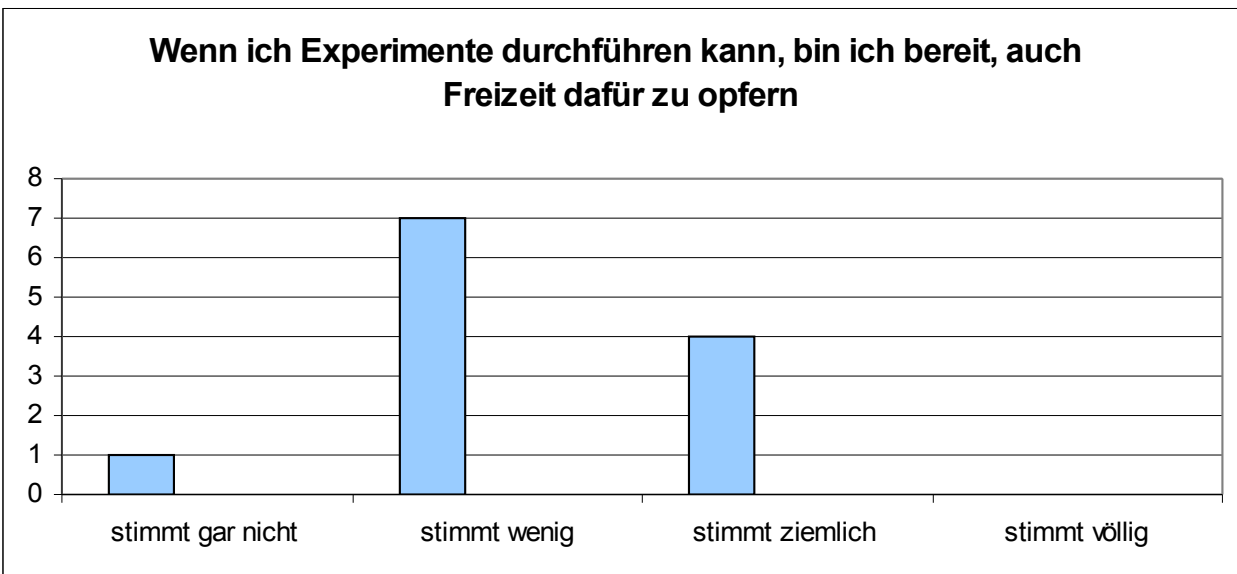
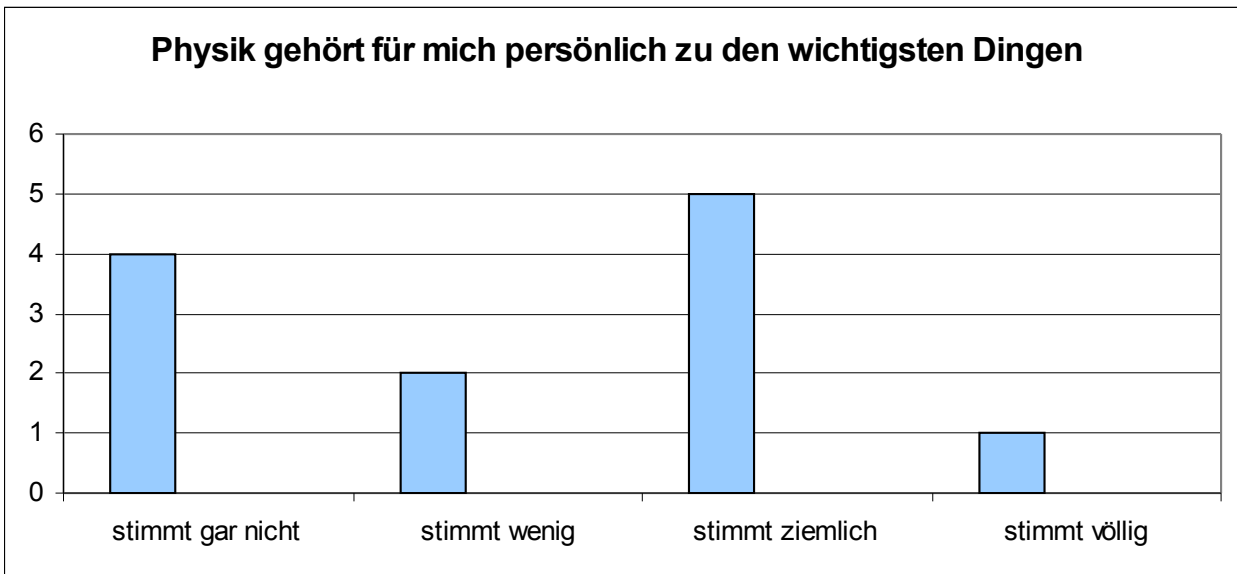




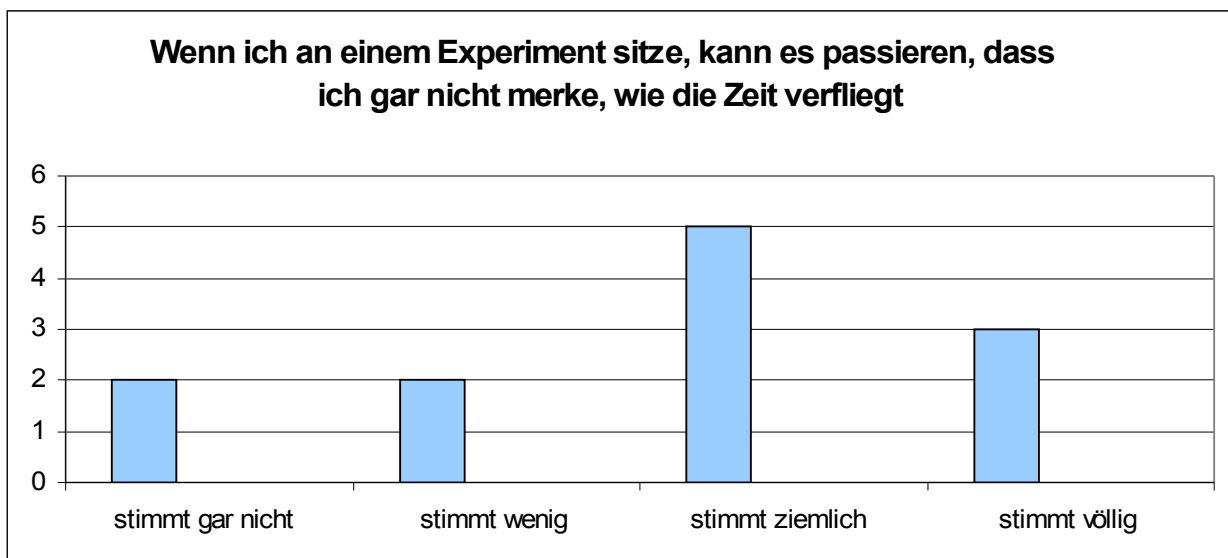
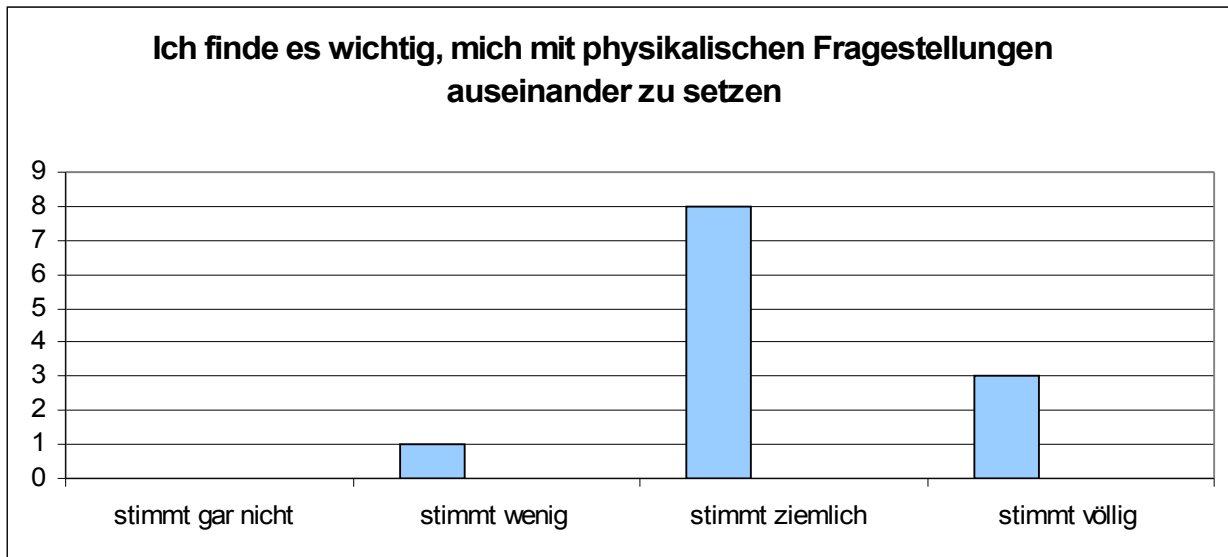
9.4.3 Ergebnisse der dritten Durchführung

Ergebnisse zum Sachinteresse

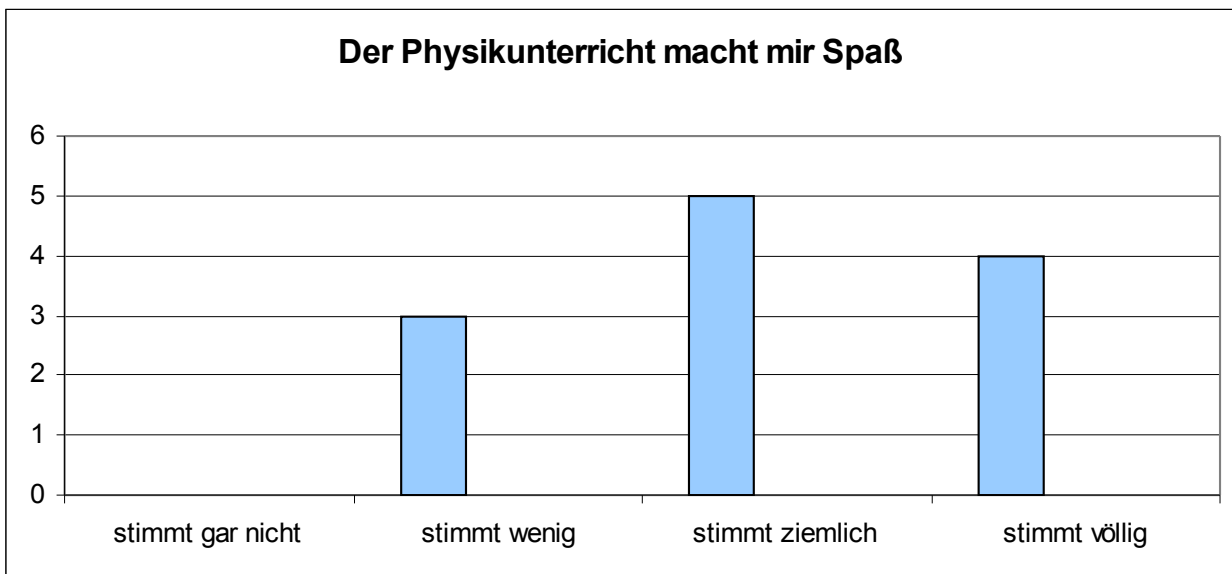
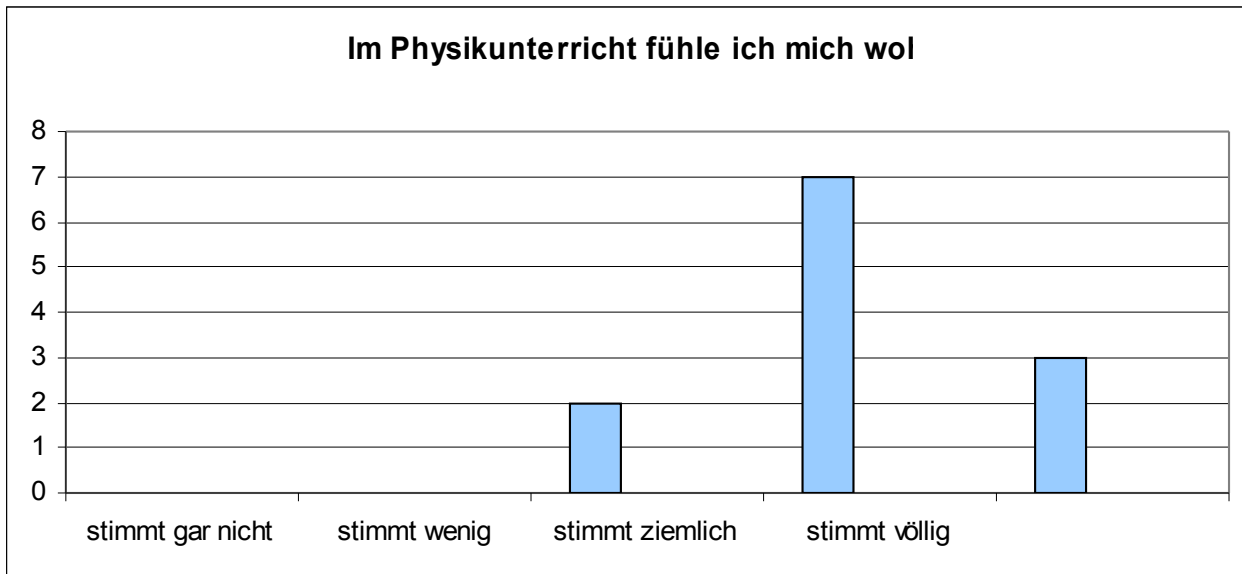




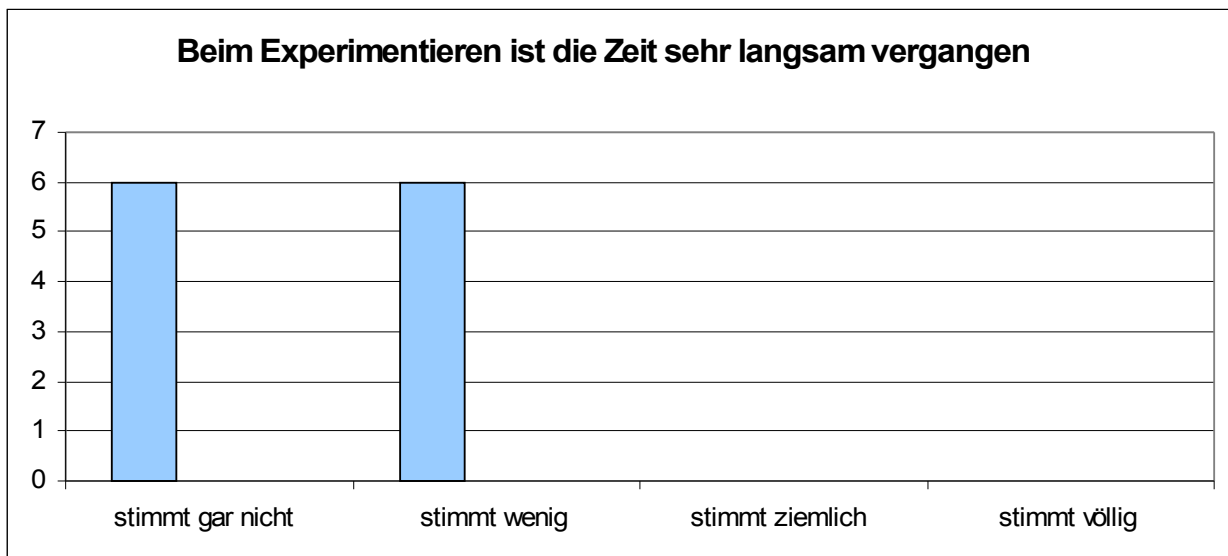
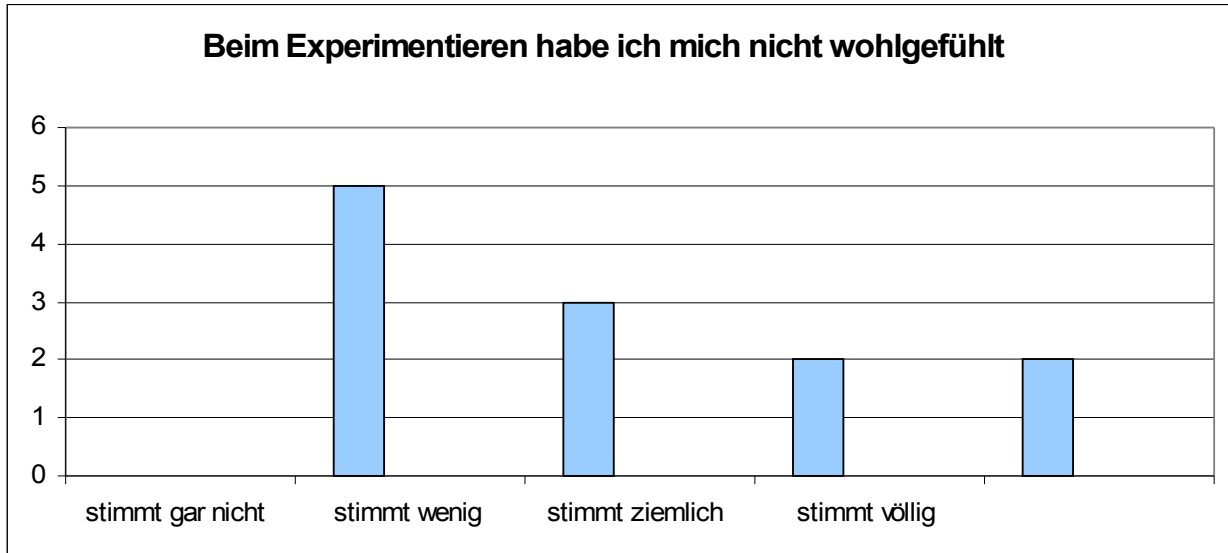


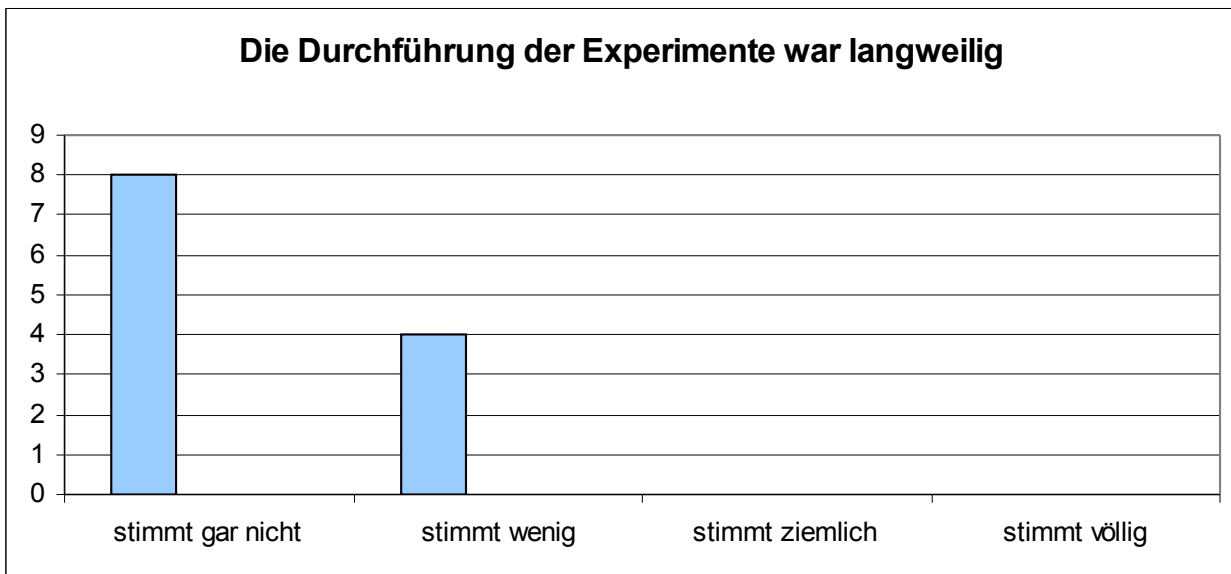
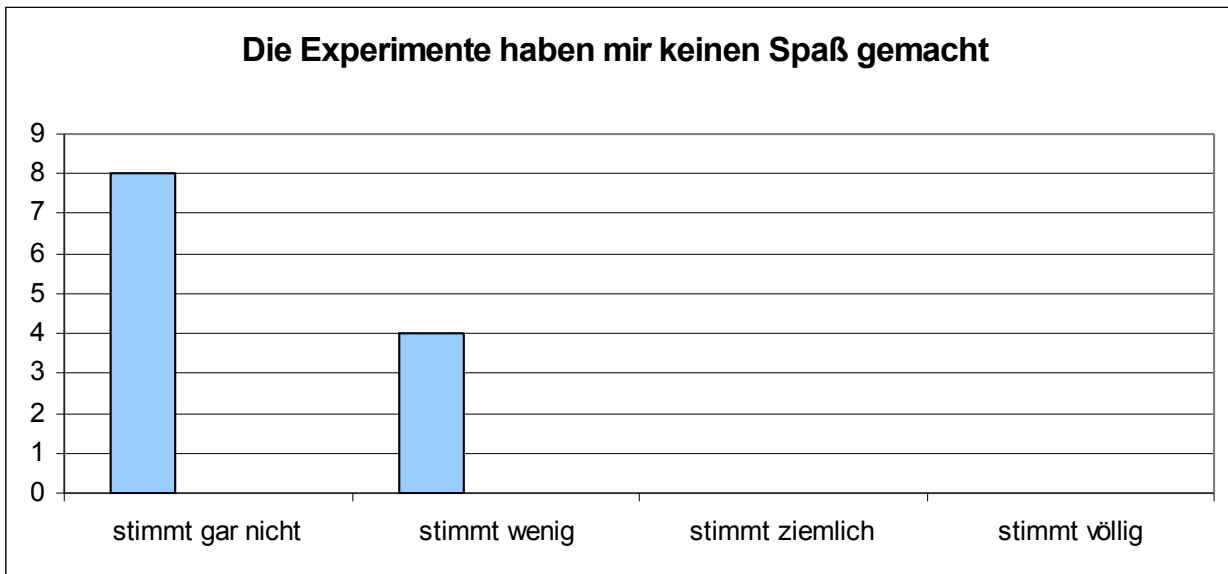


**Ergebnisse zum Fachinteresse**

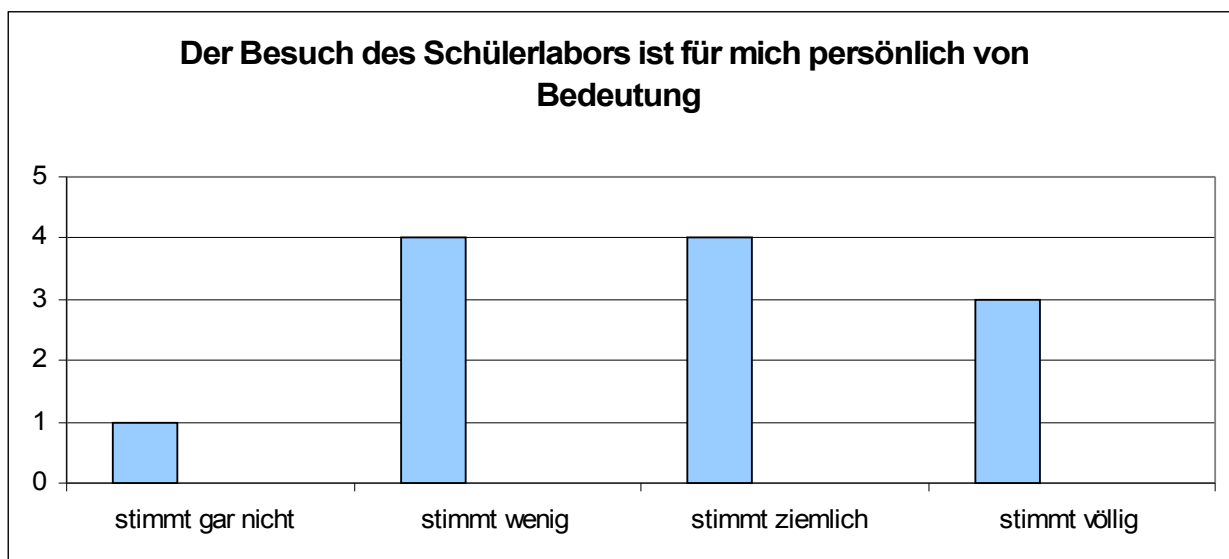
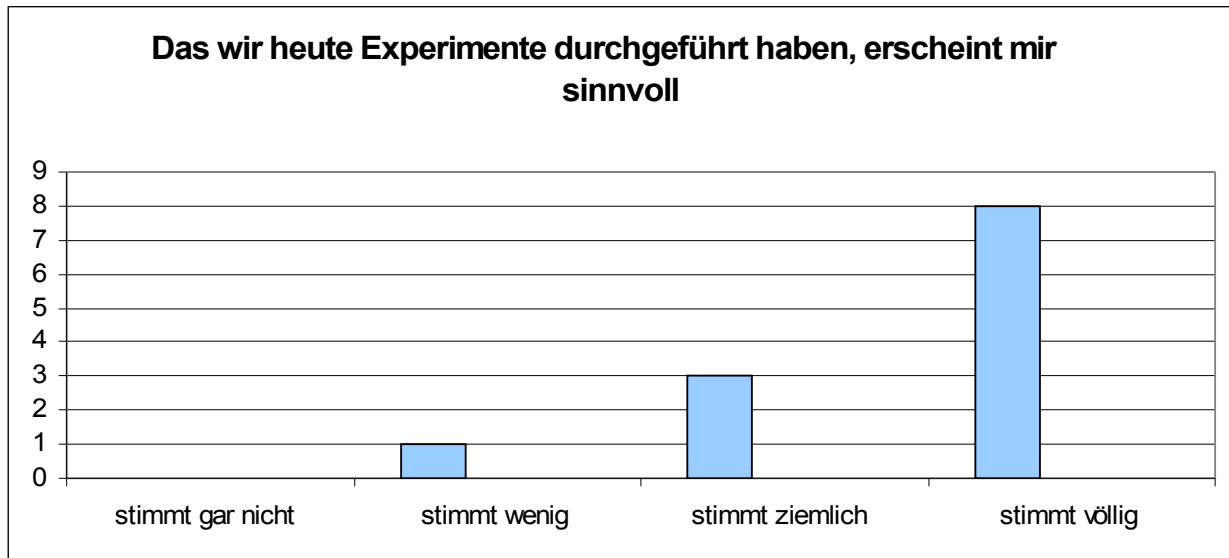


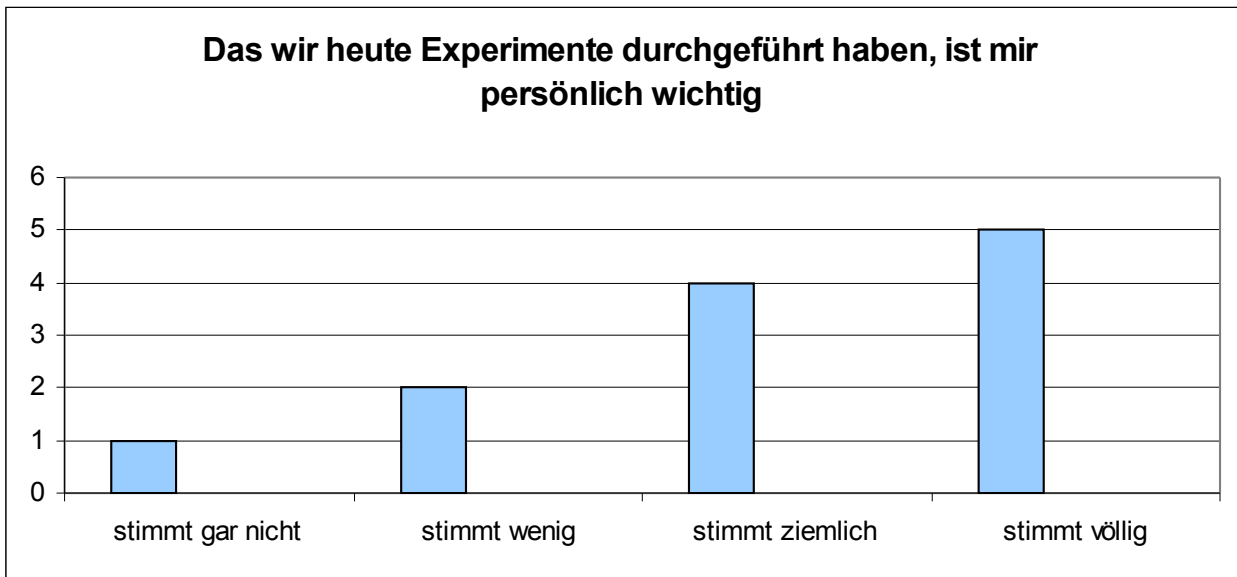
**Ergebnisse zur emotionalen Komponente**



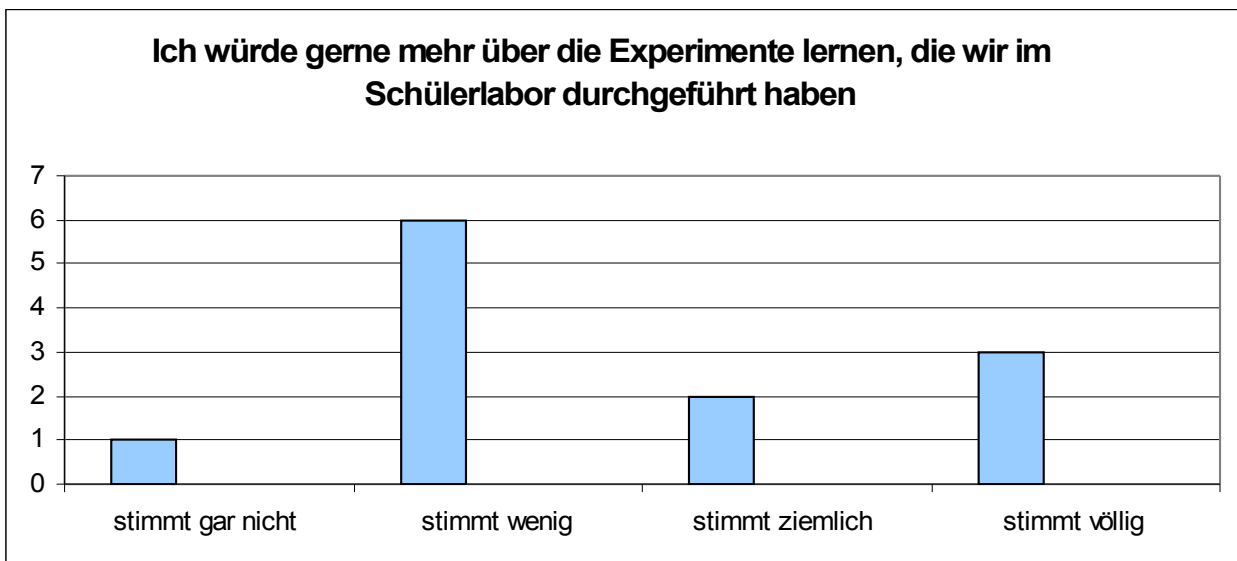


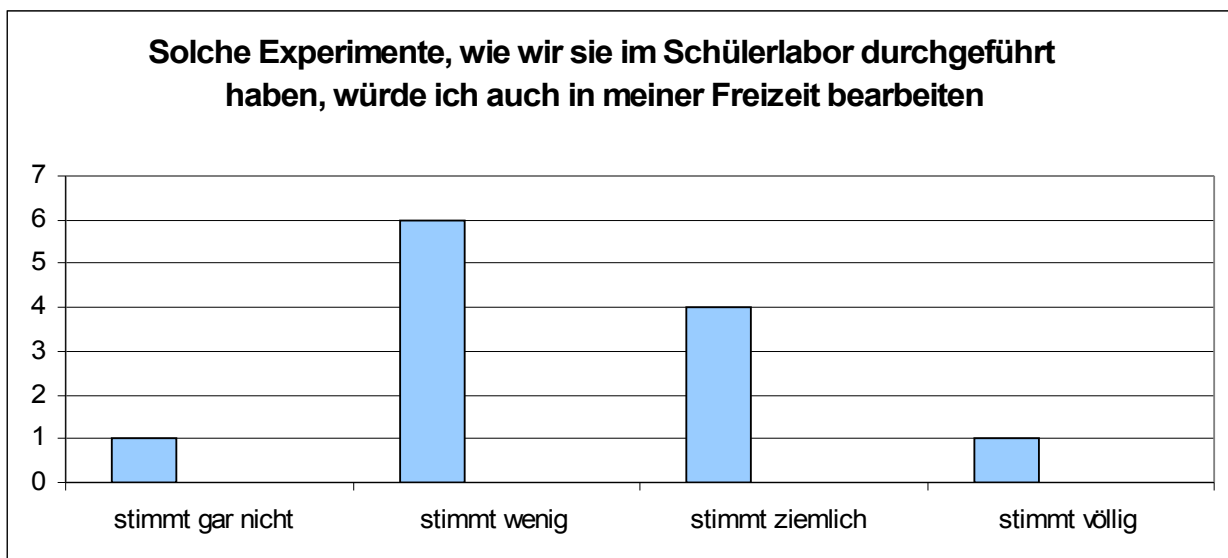
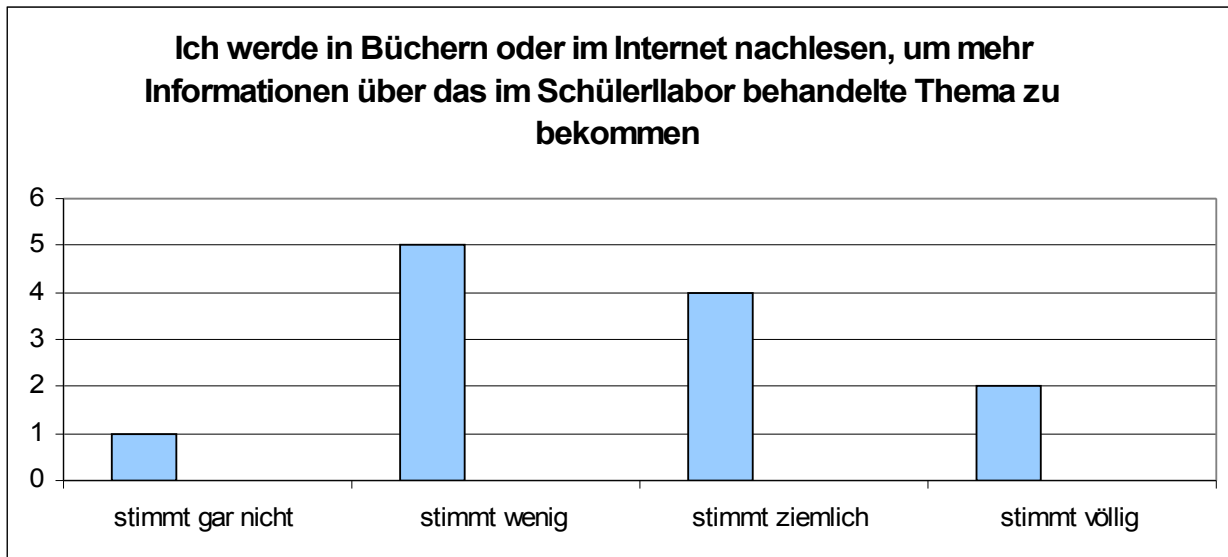
**Ergebnisse zur wertbezogenen Komponente**

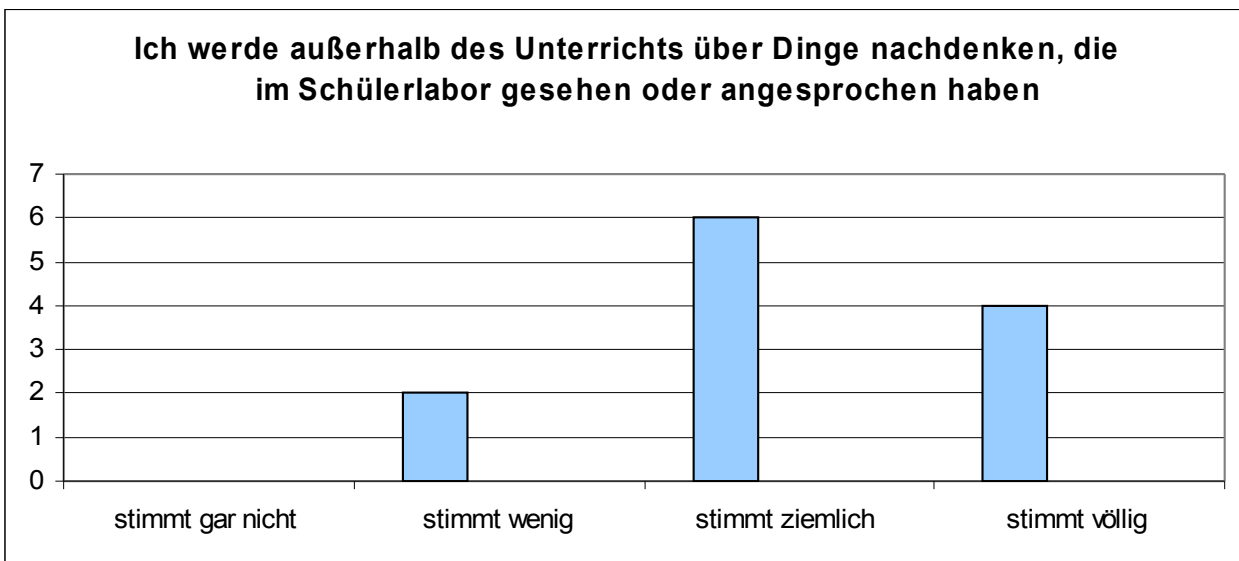
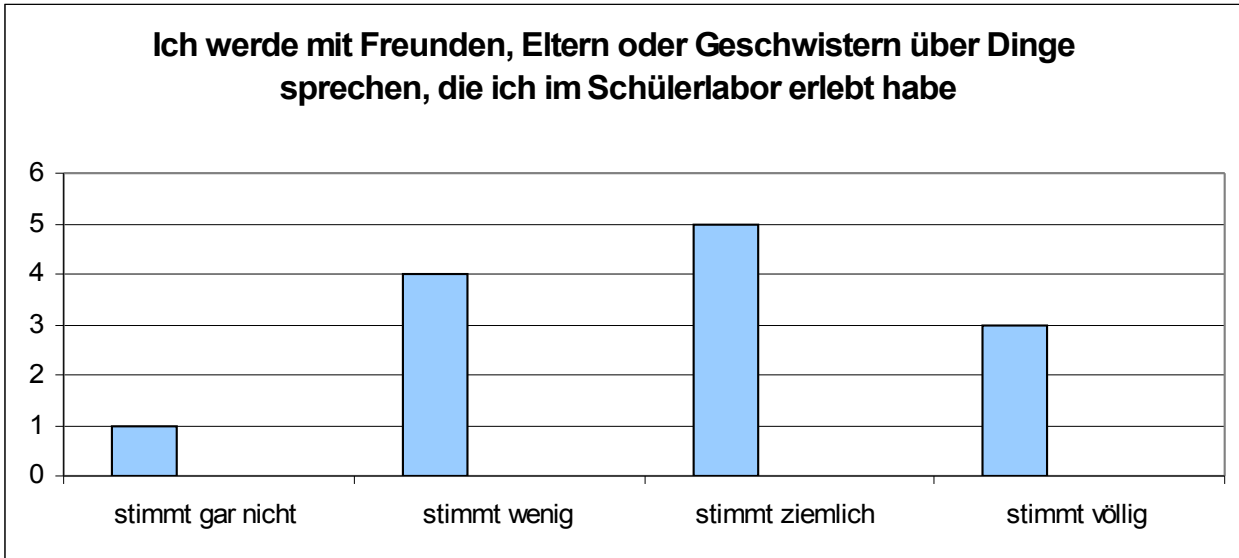




**Ergebnisse zur epistemischen Komponente**









## 9.6 Plakat zu Werbezwecken

# Schülerlabor Astrophysik

### Was wird behandelt?

- Online-Beobachtung mit dem Monet-Teleskop
- Radioastronomie
- Sonnenflecken - /oberfläche
- Hubble-Effekt
- Solarkonstante
- Schwerelosigkeit

### Für wen geeignet?

- Teilnahme ab Klasse 10
- Grundkenntnisse elektromagnetisches Spektrum und Beugung werden benötigt

### Zeitraum und Dauer

- Dauer: ca. 4h
- Durchführungszeitraum: Mitte November bis zu den Weihnachtsferien



Bild: Krebsnebel, Aufnahme mit dem Monet-Teleskop

### Infos & Anmeldung

Theresia Merkert

[theresiamerkert@googlemail.com](mailto:theresiamerkert@googlemail.com)

## 10 Literaturverzeichnis

- [BEN,2010] Bennett, Jeffrey; Donahue, Megan; Schneider, Nicholas; Voit, Mark (2010): *Astronomie die kosmische Perspektive*, Pearson Studium, München
- [BIL,2008] Redaktion/PM: *Astronomie in der Schule: Eine Bestandsaufnahme zum Internationalen Jahr der Astronomie 2009*, <http://bildungsklick.de/a/65338/astronomie-in-der-schule-eine-bestandsaufnahme-zum-internationalen-jahr-der-astronomie-2009/> (zuletzt abgerufen am: 30.05.2010)
- [BRA,2005] Brandt, Alexander (2005): *Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors*, Cuvillier Verlag, Göttingen
- [BRE,2003] Brechel, Renate; Palmer, Andreas; Schön, Lutz-Helmut (2003): *UniLab – Ein Schülerlabor und mehr in Berlin-Adlershof*, in Pitton Anja (Hrsg.): *Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie*, Münster
- [DUI,1981] Duit, Reinders; Häusler, Peter; Kircher, Ernst: *Unterricht Physik (1981): Materialien zur Unterrichtsvorbereitung*, Aulis-Verlag Deubner, Köln
- [CAR,2007] Carroll, Bradley W.; Ostlie, Dale A. (2007): *An introduction to modern astrophysics*, Pearson Education
- [DLR,2010] *Optische Messtechnik - Wie man Dingen ein heißes Geheimnis entlocken kann*, <http://www.dlr.de/schoollab/Portaldata/24/Resources/dokumente/la/FlyerGluehfaden.pdf> (zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [ENG,2004] Engeln, Kathrin (2004): *Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken*, Logos Verlag Berlin GmbH
- [EUL,2009] Euler, Manfred :*Schülerlabore in Deutschland, Zum Mehrwert authentischer Lernorte in Forschung und Entwicklung ,in Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule, Außerschulische Lernorte, Heft 4/58 Juni 2009, S.5-9*
- [EUL,2005] Euler, Manfred (2005) : *Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor, Naturwissenschaftlichen im Unterricht Physik, Ausgabe 6/05, 16. Jahrgang, Heft 90, S.4-12*
- [FIS,2005] Fischer, Olaf (2005): *Der himmlische Wald der Wasserstofflinien*, <http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/782521> (zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [FIS,2006] Fischer, Olaf (2006): *Wie die kosmischen Radiowellen in die Schule kommen*, <http://www.wissenschaft-schulen.de/sixcms/media.php/767/radioastronomie.pdf> (zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)

- [FRI,2006] Fritzsche, Berndt; Haiduk, Frank; Knöchel, Uwe (2006): Ein kompaktes Radioteleskop für Schulen, <http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/857607> (zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [GES,2010] Bundesministerium für Gesundheit: WLAN – Wireless Local Area Network Übersicht, <http://www.gesundheitsministerium.at/cms/site/standard.html?channel=CH0781&doc=CMS1202111739767> (zuletzt abgerufen am 10.06.2010)
- [GEU,2008] Geurts, Jean: Moderne Physik I – Atom- und Molekülphysik, unveröffentlichtes Skript WS 2008/2009, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
- [GÖT, 1998] Götz, Rainer; Bahncke, Helmut; Langensiepen, Fritz (Hrsg.) (1998): Handbuch des Physikunterrichts, Sekundarbereich I, Band 8: Atom- und Kernphysik, Astronomie, Technikbezüge, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln
- [GRU,2009] Grundlagen der Astrophysik - Handreichung für den Unterricht der gymnasialen Oberstufe, Hrsg.Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München (2009), Brigg Pädagogik Verlag GmbH, Augsburg
- [GUD,2006] Guderian, Pascal: Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte (2006), <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/guderian-pascal-2007-02-12/PDF/guderian.pdf> (zuletzt abgerufen am: 12.06.2010)
- [GUD,2008] Guderian, Pascal (2008): Interessensförderung durch Schülerlaborbesuche – ein Zusammenfassung der Forschung in Deutschland, in Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, 2/7 2008, S.27-36
- [HAN,2007] Hanslmeier, Arnold: Einführung in die Astrophysik (2007), Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [HAR,2004] Harra, Louise K.; Mason, Keith O. (2004): Space Science, Imperial College Press, London
- [HOP,2007] Hopf, Martin (2007): Problemorientierte Schülerexperimente, 2007, Logos Verlag, Berlin
- [HÜL,2003] Hüllen, Robert; Sumfleth, Elke; Rumann, Stefan (2003): SEPP – Schülerexperimentierpraktikum der Universität Essen: Kooperation zwischen Universitäten und Schulen zur Steigerung des Interesses an naturwissenschaftlichen Studienfächern, in Pitton, Anja (Hrsg.): Außerschulisches Lernen in Physik und Chemie, Lit Verlag Münster, S.66-69
- [ISB, 2004a] Das Gymnasium in Bayer (2004), <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26350> (zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [ISB,2004b] Physik (2004), <http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26382> (zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)

- [ISB,2004c] Jahrgangsstufen 11/12 (2004),  
<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26174>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [ISB,2004d] 10 Physik (2004),  
<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26439>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [ISB,2004e] 9 Physik (2004),  
<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26438>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [ISB,2004f] 8 Physik (2004),  
<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26437>  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [ISB,2004g] 7 Natur und Technik (2004),  
<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26436>  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [ISB,2010] Fachlehrplan für Physik - Online-Version/nicht für amtliche Zwecke,  
<http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=245b53ee51a13fd8a0950f95212dbb4a>  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [JUN,2004] Junkes, Norbert (2004): Das Projekt "Effelsberg 2004+",  
<http://www.astronomie.de/fachbereiche/radioastronomie/mpifr/2004/sekundaer-spiegel/index.htm>  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [KAR,1990] Karttunen, Hannu; Kröger; Pekka; Oja, Heikki; Poutanen, Markku; Donner, Karl Johan (1990): Astronomie: eine Einführung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [KLA,2008] Klaes, Esther (2008): Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht – Die Perspektive der Lehrkraft, Logos Verlag Berlin GmbH, Berlin
- [KLA, 2010] Stathis Kafalis: Monet North,  
<http://www.stathis-firstlight.de/monet/monet.htm>  
(zuletzt abgerufen am: 30.05.2010)
- [KIR,2001] Kircher, Ernst; Girwitz, Raimund; Häußler, Peter: Physikdidaktik (2002): eine Einführung, Springer, Berlin
- [KIR, 2002] Kircher, Ernst; Girwitz, Raimund; Häußler, Peter (2002): Physikdidaktik in der Praxis, Springer, Berlin
- [KIR,2007] Kircher, Ernst; Girwitz, Raimund; Häußler, Peter (2007): Physikdidaktik, Theorie und Praxis, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg
- [KNO,1978] Knoll, Karl (1978): Didaktik der Physik: Theorie und Praxis des Physikunterrichts in der Sekundarstufe I, Ehrenwirth, München

- [LEI,2010a] Bestrahlungsstärke mit Erlenmeyerkolben,  
[http://www.leifiphysik.de/web\\_ph12/versuche/12solarkonstante/erlenmeyer.htm](http://www.leifiphysik.de/web_ph12/versuche/12solarkonstante/erlenmeyer.htm)  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [LEI,2010b] Bestrahlungsstärke mit Metallplatte,  
[http://www.leifiphysik.de/web\\_ph12/versuche/12solarkonstante/alublock.htm](http://www.leifiphysik.de/web_ph12/versuche/12solarkonstante/alublock.htm)  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [LEI,2010c] Nachweis von Infrarot und Ultraviolett,  
[http://www.leifiphysik.de/web\\_ph12/versuche/06ir\\_uv/ir\\_uv.htm](http://www.leifiphysik.de/web_ph12/versuche/06ir_uv/ir_uv.htm)  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [LEL, 2010] Schülerlabore vernetzen und fördern,  
<http://www.lernort-labor.de/LabCards.php?tl=2>, 17.10.2009  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [MPI,2009] Funktionsweise von Radioteleskopen und LOFAR,  
[http://www.mpifr-bonn.mpg.de/public/Dir\\_Jann/lofar\\_dt/Funktionsweise%20von%20Radioteleskopen%20und%20LOFAR.htm](http://www.mpifr-bonn.mpg.de/public/Dir_Jann/lofar_dt/Funktionsweise%20von%20Radioteleskopen%20und%20LOFAR.htm)  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [NAS,2010] Microgravity In The Classroom 2,  
<http://quest.nasa.gov/space/teachers/microgravity/1micro2.html>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [NOR,2009] Nordmeier, Volkhard (2009): Schülerlabore in Deutschland, Zum Mehrwert authentischer Lernorte in Forschung und Entwicklung ,in Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule, Außerschulische Lernorte, Heft 4/58 Juni 2009, S.4
- [PHY,2010] Film zum Herschelversuch,  
<http://www.physik.uni-wuerzburg.de/physikonline/thermodynamik/thermodynamik.html>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [PRI,2009] Priemer, Burkhard ;Lewalter,Doris (2009): Schülerlaborbesuche – eine Bereicherung für den naturwissenschaftlichen Unterricht !?, in Praxis der Naturwissenschaften, Physik in der Schule, Außerschulische Lernorte, Heft 4/58 Juni 2009, S.10-14
- [RAD,2009] Thermische Radiostrahlung,  
[http://www.radioteleskop-aachen.de/html/thermische\\_radiostrahlung.html](http://www.radioteleskop-aachen.de/html/thermische_radiostrahlung.html)  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [RDS, 2009] Rat Deutscher Sternwarten (RDS); Astronomische Gesellschaft (AG) (2009): Zur Rolle der Astronomie in den Schulen in Deutschland, <http://star-www.st-and.ac.uk/~ch80/ALU/Handouts/AAUL-RatResolEnd08.pdf> (zuletzt abgerufen am: 30.05.2010)
- [SCO,2010] Scorza, Cecilia; Fischer, Olaf: Das Herschel-Experiment,  
<http://www.dsi.uni-stuttgart.de/bildungsprogramm/ir-experimente/Nachweis-Infrarot/IR-Entdeckung-Herschel.pdf>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)

- [SPA,2004] Spaenle, Ludwig; Huber, Marcel (2004): Vorwort,  
<http://www.isb-gym8-lehrplan.de/contentserv/3.1.neu/g8.de/index.php?StoryID=26412&PHPSESSID=bc44aadf4e649c0bdca00ccbd02cacb8>  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [SOH, 2003] SOHO fact sheet (2003),  
[http://sohowww.nascom.nasa.gov/about/docs/SOHO\\_Fact\\_Sheet.pdf](http://sohowww.nascom.nasa.gov/about/docs/SOHO_Fact_Sheet.pdf)  
(zuletzt abgerufen am: 30.05.2010)
- [STE,2008] Stein, Timo (2008): Radiowellen greifbar gemacht,  
[http://www.wissenschaft-schulen.de/sixcms/media.php/767/Radiowellen%20greifbar%20gemacht\\_doc2003.pdf](http://www.wissenschaft-schulen.de/sixcms/media.php/767/Radiowellen%20greifbar%20gemacht_doc2003.pdf)  
(zuletzt abgerufen am: 31.05.2010)
- [STI,2002] Stix, Micheal (2002): The Sun, An Introduction, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [THA,2010] Herschel Experiment,  
<http://origins.stsci.edu/edu/curriculum.shtml>  
(zuletzt abgerufen am 31.05.2010)
- [UNS,2002] Unsöld, Albrecht; Baschek, Bodo (2002): Der neue Kosmos, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [WEI, 2005] Weigert, Alfred; Wendker, Heinrich J.; Wisotzki, Lutz (2005): Astronomie und Astrophysik, WILEY-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, Weinheim



## 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: [http://www.hmi.de/bereiche/SF/SF7/PANS/deutsch/dualismus/dual\\_04.html](http://www.hmi.de/bereiche/SF/SF7/PANS/deutsch/dualismus/dual_04.html)

Abbildung 2: Grundlagen der Astrophysik - Handreichung für den Unterricht der gymnasialen Oberstufe, 2009, Hrsg.Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, Brigg Pädagogik Verlag GmbH, Augsburg

Abbildung 3: Grundlagen der Astrophysik - Handreichung für den Unterricht der gymnasialen Oberstufe, 2009, Hrsg.Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, Brigg Pädagogik Verlag GmbH, Augsburg

Abbildung 4: <http://library.thinkquest.org/19662/low/eng/model-bohr.html>

Abbildung 5: <http://monet.uni-goettingen.de/foswiki/MonetObserving/Filters>

Abbildung 6: <http://monet.uni-goettingen.de/foswiki/MonetObserving/WebHome>

Abbildung 7: <http://www.astronomie.de/fachbereiche/radioastronomie/mpiffr/2004/sekundaer-spiegel/pic-1.jpg>

Abbildung 8: <http://www.astronomie.de/fachbereiche/radioastronomie/mpiffr/2004/sekundaer-spiegel/pic-2.jpg>

Abbildung 9 <http://www.himmelsblick.de/Sonnensystem/Sonne/Sonne2.htm>

Abbildung 10: Grundlagen der Astrophysik - Handreichung für den Unterricht der gymnasialen Oberstufe, 2009, Hrsg.Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München, Brigg Pädagogik Verlag GmbH, Augsburg

Abbildung 11: [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/hinode/solar\\_013.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/hinode/solar_013.html)

Abbildung 12: [http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/SolarCorona/large/las018\\_prev.jpg](http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/SolarCorona/large/las018_prev.jpg)

Abbildung 13: [http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web\\_ph09\\_g8/versuche/07absorblin/details.htm](http://leifi.physik.uni-muenchen.de/web_ph09_g8/versuche/07absorblin/details.htm)

Abbildung 14: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/images/bfly.gif>

Abbildung 15: [http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1999/ast22jul99\\_1/](http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1999/ast22jul99_1/)

Abbildung 16:  
[http://sohowww.nascom.nasa.gov//data/REPROCESSING/Completed/2001/mdiigr/20010401/20010401\\_1736\\_mdiigr\\_512.jpg](http://sohowww.nascom.nasa.gov//data/REPROCESSING/Completed/2001/mdiigr/20010401/20010401_1736_mdiigr_512.jpg)

Abbildung 17:  
[http://sohowww.nascom.nasa.gov//data/REPROCESSING/Completed/2010/mdiigr/20100612/20100612\\_2224\\_mdiigr\\_512.jpg](http://sohowww.nascom.nasa.gov//data/REPROCESSING/Completed/2010/mdiigr/20100612/20100612_2224_mdiigr_512.jpg)



## 11 Abbildungsverzeichnis

---

Abbildung 18: Carroll, Bradley W.; Ostlie, Dale A. : An introduction to modern astrophysics, 2007, Pearson Education

Abbildung 19: [http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/large/sunspot00\\_prev.jpg](http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/images/large/sunspot00_prev.jpg)

Abbildung 20: [http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image\\_feature\\_1650.html](http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1650.html)

Abbildung 21: <http://www.mpia.de/suw/SuW/BR-alpha/AC006%20-%20Universum/AC006-107.html>

Abbildung 22: [http://www.nasa.gov/images/content/216398main\\_fullsky.jpg](http://www.nasa.gov/images/content/216398main_fullsky.jpg)

Abbildung 29: [http://nimax-img.de/Produktbilder/zoom/10215\\_0.jpg](http://nimax-img.de/Produktbilder/zoom/10215_0.jpg)

Abbildung 30: <http://www.astroshop.de/folienfilter-in-fassungen/celestron-sonnenfilter-fuer-alle-8--sc-teleskope/p,8180>

Abbildung 36:

[http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic\\_classroom/classroom\\_activities/herschel\\_experiment2.html](http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/cosmic_classroom/classroom_activities/herschel_experiment2.html)

(alle Bilder online zuletzt abgerufen am 15.06.2010)

## 12 Selbstständigkeitserklärung

Erklärung nach § 30, Abs. 6, LPO I (vom 7.11.02)

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit in allen Teilen selbstständig gefertigt und keine anderen als die in dieser Arbeit angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Soweit nicht anders angegeben, wurden alle Abbildungen selbst erstellt.

Würzburg, den

Theresia Merkert