

Schriftliche Hausarbeit  
zur ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien

**„Wir wollen's wissen, wie ist das eigentlich mit  
der Physik?“  
Ein integratives Schülerlabor**

eingereicht von  
**Andreas Häußler**  
am 22. Dezember 2009

**Aufgabensteller:**  
Prof. Dr. Thomas Trefzger



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Vorwort</b>	<b>8</b>
<b>I. Theoretischer Entwurf eines integrativen Schülerlabors</b>	<b>11</b>
<b>1. Die Konzeption „Schülerlabor“</b>	<b>11</b>
1.1. Klassifizierung als außerschulischer Lernort . . . . .	11
1.2. Funktionen des Schülerlabors aus verschiedenen Blickwinkeln . . . . .	12
1.3. Empirische Untersuchungen zu Schülerlaboren . . . . .	13
<b>2. Die Pädagogik der Vielfalt</b>	<b>18</b>
2.1. Begriffsbestimmung . . . . .	18
2.1.1. Begriffsklärung Gleichheit . . . . .	18
2.1.2. Begriffsklärung Verschiedenheit . . . . .	19
2.2. Zur Entstehung der Pädagogik der Vielfalt . . . . .	19
2.3. Der demokratische Differenzbegriff als Kernstück der Pädagogik der Vielfalt . . .	21
2.4. Der demokratische Differenzbegriff im bildungspolitischen Zusammenhang . . . .	21
2.5. Abgeleitete pädagogische Grundsätze in der Pädagogik der Vielfalt . . . . .	22
2.6. Zusammenfassung der wichtigsten Thesen . . . . .	24
<b>3. Didaktik für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung</b>	<b>25</b>
3.1. Ziele . . . . .	26
3.2. Elemente des Konstruktivismus und einer Konstruktivistischen Didaktik . . . . .	26
<b>4. Elemente der Physikdidaktik</b>	<b>29</b>
4.1. Ziele im Physikunterricht . . . . .	29
4.2. Unterrichtskonzepte aus der Physikdidaktik . . . . .	30
4.2.1. Exemplarisches Lernen . . . . .	30
4.2.2. Entdeckend-Forschendes Lernen . . . . .	31
4.3. Schülerexperimente . . . . .	32
4.3.1. Begrifflichkeiten - Klassifikationen . . . . .	33
4.3.2. Zieldimensionen der Schülerexperimente . . . . .	35
4.3.3. Schwierigkeiten und Probleme von Schülerversuchen . . . . .	36
4.4. Spiele im Physikunterricht . . . . .	37
<b>5. Die Konzeption „integratives Schülerlabor“</b>	<b>38</b>
5.1. Zielsetzung des integrativen Schülerlabors . . . . .	38
5.2. Didaktische Prinzipien . . . . .	39
5.2.1. Ganzheitsprinzip . . . . .	39
5.2.2. Prinzip der Entwicklungsgemäßheit . . . . .	40

5.2.3. Prinzip der Interessenförderung und Motivation . . . . .	40
5.2.4. Prinzip der Differenzierung und Individualisierung . . . . .	41
5.2.5. Prinzip des sozialen Lernens . . . . .	42
5.2.6. Aktivitätsprinzip . . . . .	42
5.2.7. Prinzip der Anschaulichkeit und Übertragbarkeit . . . . .	43
5.2.8. Prinzip der Affektivität . . . . .	43
5.2.9. Prinzip der Elementarisierung . . . . .	44
5.3. Schwierigkeiten des integrativen Schülerlabors . . . . .	47

## **II. Wir wollen's wissen, wie ist das eigentlich mit der Physik?**

<b>Ein integratives Schülerlabor</b>	<b>50</b>
<b>6. Motivation für das Thema</b>	<b>50</b>
6.1. Begründung für die 6. Jahrgangsstufe . . . . .	50
6.2. Begründung für das Thema des Labors . . . . .	51
6.3. Das Motto . . . . .	52
<b>7. Ein Testlauf mit der Grundschule</b>	<b>53</b>
7.1. Beschreibung des Mini-Schülerlabors . . . . .	53
7.2. Beschreibung der Beobachtungsbögen . . . . .	56
7.3. Auswertung der Beobachtungsbögen . . . . .	60
7.4. Schülerfeedback . . . . .	77
7.5. Zusammenfassung der Ergebnisse des Testlaufes . . . . .	80
<b>8. Rahmenelemente des Schülerlabors</b>	<b>81</b>
8.1. Einbettung des Schülerlabors in weitere Veranstaltungen . . . . .	81
8.1.1. Die Vorbereitung . . . . .	81
8.1.2. Der Schülerlabortag . . . . .	84
8.1.3. Die Nachbereitung . . . . .	85
8.2. Didaktische Elemente . . . . .	87
8.2.1. Leichter Einstieg . . . . .	87
8.2.2. Die Symbole . . . . .	88
8.2.3. Die Arbeitsanweisungen . . . . .	89
8.2.4. Die Hilfe- und Vertiefungskarten . . . . .	89
8.2.5. Die Dokumentation . . . . .	90
8.2.6. Die Zusatzversuche . . . . .	91
8.3. Umsetzung übergreifender didaktischer Prinzipien im WWW-Schülerlabor . . . . .	91
<b>9. Die Stationen</b>	<b>94</b>
9.1. Station 1 - „Wie ist das eigentlich mit Licht und Farben?“ . . . . .	94
9.1.1. Versuche . . . . .	94
9.1.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien . . . . .	99

9.1.3. Mögliche Lernziele . . . . .	100
9.2. Station 2 - „Wie ist das eigentlich mit Strom und Magneten?“ . . . . .	102
9.2.1. Versuche . . . . .	102
9.2.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien . . . . .	104
9.2.3. Mögliche Lernziele der Station . . . . .	107
9.3. Station 3 - „Wie ist das eigentlich mit Druck und Temperatur?“ . . . . .	108
9.3.1. Die Versuche . . . . .	109
9.3.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien . . . . .	112
9.3.3. Mögliche Lernziele der Station . . . . .	114
9.4. Station 4 - „Wie ist das eigentlich mit Flaschenzügen?“ . . . . .	114
9.4.1. Die Versuche . . . . .	115
9.4.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien . . . . .	117
9.4.3. Mögliche Lernziele der Station . . . . .	118
<b>10. Zur Auswertung</b>	<b>119</b>
10.1. Zum Verlauf des Schülerlabors . . . . .	119
10.1.1. In den Klassen . . . . .	119
10.1.2. Am Schülerlabortag . . . . .	121
10.2. Schülerfeedback . . . . .	127
10.3. Kritische Reflexion . . . . .	136
10.4. Ideen für Verbesserungen . . . . .	138
<b>Schlussgedanke</b>	<b>140</b>
<b>Anhang</b>	<b>141</b>
<b>A. Referenzen</b>	<b>141</b>
A.1. Literatur . . . . .	141
A.2. Zeitschriften . . . . .	143
A.3. Internet . . . . .	143
A.4. Weitere Quellen . . . . .	144
<b>B. Eindrücke aus dem Schülerlabor</b>	<b>146</b>
<b>C. Weitere Veranstaltungen zur Konzeption</b>	<b>149</b>
C.1. Klassenbesuch Gymnasium . . . . .	149
C.1.1. Bilder . . . . .	149
C.1.2. Artikulationsschema . . . . .	150
C.2. Klassenbesuch Förderzentrum . . . . .	153
C.2.1. Bilder . . . . .	153
C.2.2. Artikulationsschema . . . . .	154
C.3. Elternabend . . . . .	156
C.3.1. Bilder . . . . .	156

C.3.2. Elternbrief . . . . .	157
C.3.3. Präsentation . . . . .	158
<b>D. Schülerlabormaterialien</b>	<b>175</b>
D.1. Arbeitsblätter, Hilfe- und Vertiefungskarten . . . . .	175
D.2. Materiallisten . . . . .	244
D.3. Schülerbroschüre (Theoriebuch) . . . . .	251
D.4. Lehrerhandbuch . . . . .	269
D.5. Betreuer-Handout . . . . .	281
D.6. Feedbackbogen . . . . .	284
<b>E. Grundschultestlauf</b>	<b>286</b>
E.1. Eindrücke aus dem Mini-Labor . . . . .	286
E.2. Exemplarische Arbeitsblätter . . . . .	286
E.3. Beobachtungsbögen . . . . .	292
E.4. Feedbackzettel . . . . .	304
<b>F. Sonstiges</b>	<b>305</b>
F.1. Bauplan: Heißer Draht . . . . .	305
F.2. Struktur der beiliegenden DVD . . . . .	308
<b>Danksagung</b>	<b>310</b>
<b>Erklärung</b>	<b>311</b>
<b>Impressum</b>	<b>312</b>

## Abbildungsverzeichnis

1.	Laborvariablen nach Engeln . . . . .	16
2.	Klassifizierung der Schülerexperimente im integrativen Labor . . . . .	33
3.	Leitziele des integrativen Schülerlabors . . . . .	38
4.	Didaktische Prinzipien . . . . .	39
5.	Beispiel für ein Plakat . . . . .	54
6.	Aufbau und Gestaltung der Optikstation . . . . .	55
7.	Fische fangen und Dokumentation . . . . .	56
8.	Aufbau und Gestaltung der Station „Strom und Magnete“ . . . . .	57
9.	Tabelle über Parameter der Evaluation . . . . .	57
10.	Balkendiagramme zum Kriterium Motivation . . . . .	62
11.	Balkendiagramme zum Kriterium Aktive Beteiligung . . . . .	64
12.	Balkendiagramme zum Kriterium Station und Lernen . . . . .	65
13.	Balkendiagramme zum Kriterium Dokumentation . . . . .	67
14.	Balkendiagramme zum Kriterium Zeit . . . . .	68
15.	Balkendiagramme zum Kriterium Integration . . . . .	69
16.	Balkendiagramme zum Kriterium Motivation . . . . .	71
17.	Balkendiagramme zum Kriterium Aktive Beteiligung . . . . .	73
18.	Balkendiagramme zum Kriterium Station und Lernen . . . . .	74
19.	Balkendiagramme zum Kriterium Dokumentation . . . . .	75
20.	Balkendiagramme zum Kriterium Zeit . . . . .	76
21.	Balkendiagramme zum Kriterium Integration . . . . .	77
22.	Allgemeine Bemerkungen zum Labortag . . . . .	78
23.	Bewertungen über Freude am Lernen . . . . .	78
24.	Kritische Bemerkung zur Dokumentation . . . . .	79
25.	Kritische Bemerkung zur Zeiteinteilung . . . . .	79
26.	Zwei Bemerkungen zu den Magnetspielen . . . . .	80
27.	Dankeschönbilder der Grundschulklasse . . . . .	80
28.	Ablaufplan des Schülerlabors . . . . .	84
29.	Didaktische Elemente im WWW-Schülerlabor . . . . .	87
30.	Symbole der Stationen . . . . .	88
31.	Weitere Symbole im Labor . . . . .	88
32.	Logo des WWW-Labors . . . . .	93
33.	Lichtorgel . . . . .	95
34.	Geradlinige Ausbreitung von Licht und farbiger Schatten . . . . .	95
35.	Dispersion am Prisma . . . . .	97
36.	Regenbogen am gefüllten Becherglas . . . . .	97
37.	Brechung und Reflexion eines Laserstrahls . . . . .	98
38.	Brechung mit dem Tischlaser . . . . .	98
39.	Aufbau der zwei Magnetspiele (Demuth) . . . . .	102
40.	Heißer Draht = Geschlossener Stromkreis . . . . .	103

41.	Bau eines einfachen Elektromagneten . . . . .	104
42.	Aufstehender Luftballon . . . . .	110
43.	Versuchsdurchführung Brodelflasche . . . . .	110
44.	Versuchsdurchführung Kerzenfahrstuhl . . . . .	111
45.	Schema des Flaschenzugs einer Bergrettung . . . . .	115
46.	Selbst- und gegenseitiges Hochziehen . . . . .	116
47.	Hochziehen einer Last . . . . .	117
48.	Vortreffen in der Gymnasialklasse . . . . .	119
49.	Ergebnisse der Papierrolle . . . . .	120
50.	Vortreffen in der Außenklasse . . . . .	120
51.	Plakate der Durchführung vom 28.09.09 . . . . .	124
52.	Dokumentierte Beobachtungen an der Optikstation . . . . .	125
53.	Dokumentierte Beobachtungen an der Thermostation . . . . .	125
54.	Dokumentierte physikalische Erklärungen . . . . .	126
55.	Physikalische Unsauberkeiten bei der Dokumentation . . . . .	126
56.	Grafiken zur statistischen Auswertung von Frage 1 . . . . .	128
57.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	128
58.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	129
59.	Grafiken zur statistischen Auswertung von Grafik 2 . . . . .	130
60.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	130
61.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	131
62.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	131
63.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	131
64.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	132
65.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	132
66.	Grafiken zur statistischen Auswertung von Frage 3 . . . . .	133
67.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	133
68.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	134
69.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	134
70.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	135
71.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	136
72.	Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen . . . . .	136
73.	Foto vom heißen Draht . . . . .	305
74.	Schaltplan für die Elektronik im heißen Draht . . . . .	306

## Vorwort

### Die Arbeit soll mit einer kurzen Geschichte beginnen

März 2009, zwei Studenten auf dem Campus...

P: „Hi, was studierst du?“

S: „Sonderschullehramt für Kinder mit geistiger Behinderung.“

P: „Wow! Da hast du dir ja was vorgenommen. Das erfordert bestimmt viel Energie. Ich könnt's nicht. Können die den überhaupt was lernen?“

S: (*denkt*) Oje das Übliche. Was heißt ich könnte es nicht? Du hast es doch bestimmt noch nie probiert! Außerdem: Welcher Job ist denn nicht anstrengend? Und dieses unterschwellige Mitleid. Ganz klar, der hat noch nie mit einem Menschen mit Behinderung zu tun gehabt, sonst würde er anders denken!

S: „Natürlich können die was lernen und du könntest das sicher auch, was machst du denn?“

P: „Ich studiere Mathe und Physik auf Gymnasiallehramt.“

S: „Puuh ganz schön trocken, oder?“

P: (*denkt*) Oje das Übliche. Mathe und Physik studieren doch nur die Freaks und das ist vor allem richtig langweilig! Die hat doch keine Ahnung von diesen Fächern, sonst würde sie sicher anders denken. Physik ist schließlich alles andere als trocken. Der ganze Alltag besteht aus Physik.

P: „Naja, es macht schon Spaß, sonst würde ich es ja nicht studieren. Aber ich muss dann mal.“

S: „Ja, bis morgen vielleicht.“

Am gleichen Abend in den Nachrichten...

„Die Konvention der Vereinten Nationen über die Rechte von Menschen mit Behinderungen ist heute in Deutschland in Kraft getreten. Für Politik, Verwaltung und für die Gerichte sind die Vorgaben dieser Konvention seit heute verbindliches Recht. In einem Interview mit dem Deutschlandfunk betonte Karin Evers-Meyer die Bedeutung dieser neuen Menschenrechtskonvention. So werde mit der Konvention in Deutschland der Begriff der Inklusion eingeführt. Das bedeute im Kern, dass Förderung und Unterstützung künftig dem Menschen mit Behinderung folgen müssten und nicht umgekehrt. Mit Blick auf das System von Förderschulen in Deutschland erneuerte die Beauftragte noch einmal ihre Forderung nach einem echten Wahlrecht für Eltern von Kindern mit Behinderung. Eltern müssen demnach zwischen Förder- und Regelschule wählen können. Ein echtes Wahlrecht gibt es aber erst, wenn an den Regelschulen die Bedingungen herrschen, die eine individuelle Förderung von Schülern mit Behinderung ermöglichen. Deshalb



müssen alte Denkmuster überwunden und Regelschulen personell und sächlich ausgebaut werden“ (vgl. UN-Kampagne 2009).

Es folgt der nächste Tag wieder auf dem Campus...

S: „Hi du, hast du gestern die Nachrichten gesehen? Was für eine Sensation! Gemeinsames Lernen erhält weiter Unterstützung.“

P: „Ja, aber wie soll das denn gehen? Wenn Eltern entscheiden dürfen, auf welche Schulen ihre Kinder, die eine Behinderung haben, gehen dürfen. Wie sollen denn Gymnasialschüler mit Behinderten zusammen lernen?“

S: „Schon klar. Auf den ersten Blick sieht das sehr kompliziert aus. Das Schulsystem, so wie wir es hier in Bayern kennen, erschwert uns die Vorstellung aber auch. Dennoch: Die Idee, dass alle Schüler gemeinsam lernen können, ist realisierbar.“

P: „Nun ja, vorstellen kann ich mir das nicht so recht, aber es wäre schon schön, wenn alle Schüler etwas über die Physik lernen. Schüler aus dem Förderzentrum haben ja meines Wissens nie die Möglichkeit zu experimentieren.“

S: „Hmm. Physik klingt aber sehr schwer. Vielleicht etwas zu schwer für Schüler mit einer geistigen Behinderung?“

P: „Also hör mal. Erst gemeinsames Lernen fordern, dann aber doch wieder einige Fächer außen vor lassen! Physik ist natürlich nicht einfach, dennoch können die wichtigen Elemente so aufbereitet werden, dass jeder Schüler etwas mitnehmen kann. Kein Fach ermöglicht doch einen so intuitiven Zugang wie Physik über Versuche und Phänomene.“

S: „Ich finde das hört sich interessant an. Wollen wir es nicht einfach ausprobieren?“

P: „Du meinst ein integratives Projekt, bei dem die Schüler etwas über die Physik lernen?“

S: „Genau, das meine ich!“

P: „Ok gut. Ich bin mir zwar nicht so sicher, was die Kinder miteinander anfangen können, scheitern kann das Projekt allemal, aber ein Versuch ist es auf jeden Fall wert.“

Gestützt auf die aktuelle Entwicklung der UN-Konvention und deren Forderung nach einem inklusiven Schulsystem, entstand die Idee zu zeigen, dass integratives Lernen auch in einem „harten“ Fach wie Physik und mit dem Gymnasium möglich ist. Hierzu sollte ein integratives Schülerlabor zum Thema Physik entworfen und durchgeführt werden. Um bestätigen zu können, dass gemeinsames Lernen generell funktionieren kann, stellt sich diese Arbeit der Herausforderung das Projekt mit zwei sich vorher unbekanntem Klassen durchzuführen. Denn Schulen, die bereits kooperativ im Unterricht zusammenarbeiten, beweisen jeden Tag aufs Neue, dass ihre

Arbeit Früchte trägt. Da dieses Vorhaben zu einem großen Teil von den teilnehmenden Schülern abhängt, ist es durchaus denkbar, dass es nicht gelingen könnte. Doch genau darauf kommt es an. Kann ein Projekt so vorstrukturiert und gestaltet werden, dass integratives Lernen mit zwei unbekanntem Klassen möglich ist? Kann oder muss der inklusive Gedanke in die Konzeptionen der Schülerlabore Einzug erhalten?

Diese Arbeit entsprang also aus einer Kooperation von Physikdidaktik und Sonderpädagogik und wurde von zwei Studenten der jeweiligen Fachrichtungen ausgearbeitet. Die Erarbeitung der Themenfrage lässt sich in zwei Teile aufgliedern. Der erste Teil, bearbeitet von Kathrin Dreßler, legt einen Schwerpunkt auf die theoretischen Auseinandersetzungen und Hintergründe, die schließlich den Entwurf eines integrativen Schülerlabors ermöglichen. Angefangen mit einem Einblick in die Forschung zu bereits bestehenden Schülerlaboren von physikdidaktischer Seite, soll der pädagogische Unterbau der Arbeit von Seiten der Sonderpädagogik erläutert werden. Alle praktischen Überlegungen stützen sich auf ein Menschenbild, welches einer Pädagogik der Vielfalt verpflichtet ist. Weiter erwiesen sich die Didaktiken für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und für Physik als hilfreich für die Gestaltung konkreter Lernsituationen im Labor. Im zweiten Teil der Arbeit, bearbeitet von Andreas Häußler, wird dann der Entwurf des Schülerlabors „Wir wollen’s wissen - wie ist das eigentlich mit der Physik?“ genauer vorgestellt. Hierbei werden Themenauswahl und Motivation skizziert sowie die gewonnenen Ergebnisse des Testlaufs mit einer Grundschulklasse ausgewertet. Die Ergebnisse der Auseinandersetzung aus dem ersten Teil und des Testlaufs werden dann in den Rahmenelementen des Schülerlabors zusammen geführt. Es folgt eine ausführliche Beschreibung der Stationen hinsichtlich der Versuche, didaktischer Gestaltungsmomente und möglicher Lernziele. Enden wird dieser zweite Teil mit einer ausführlichen Auswertung und Reflexion des integrativen Schülerlabors. Es muss noch darauf verwiesen werden, dass in dieser Arbeit der Begriff Schüler geschlechtsneutral verwendet wird, also mit Schüler immer auch Schülerinn gemeint ist.

## Teil I.

# Theoretischer Entwurf eines integrativen Schülerlabors

In diesem ersten Teil sollen die pädagogischen und didaktischen Überlegungen grundgelegt werden, die für den Entwurf eines integrativen Schülerlabors von Bedeutung sind. Es ist wichtig diese Hintergründe in ihrem Zusammenhang zu erläutern, um die wichtigen Grundpfeiler im zweiten Teil dieser Arbeit zu erkennen und in ihrer Funktion zu verstehen. Die Ausführungen beginnen mit einem kurzen Einblick in die Konzeption allgemeiner Schülerlabore. Wann kann von einem Schülerlabor gesprochen werden, welche Ziele und Funktionen wurden bisher verfolgt und welche Ergebnisse konnten bereits in Studien gewonnen werden? Hier sind schließlich die Ausgangspunkte für die Entwicklung eines integrativen Schülerlabors zu suchen.

Ganz im Sinne von „die Summe ist mehr als ihre Teile“ ist auch die Idee des integrativen Schülerlabors mehr als nur das Zusammensetzen von einzelnen Versuchen. Hinter dem Entwurf finden sich pädagogische Zielsetzungen und Forderungen, die durch das Konzept der Pädagogik der Vielfalt gefestigt werden. Annedore Prengel bietet einen überzeugenden Weg an, wie integratives Lernen legitimiert wird und welche Chancen für die Menschen entstehen, die diesen Weg mitgehen. Neben diesen pädagogischen Ideen sind aber auch didaktische Überlegungen anzuführen. Schließlich ist das Schülerlabor ein Ort, an dem Lernprozesse vollzogen werden. Eine Auseinandersetzung mit Faktoren und Prinzipien, die diese Lernprozesse positiv beeinflussen, ist unabdingbar. So finden sich bereits in der Didaktik für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung und in der Physikdidaktik hilfreiche Elemente für die Gestaltung konkreter Lernsituationen. Die gewonnenen Einsichten gehen in die Konzeption eines integrativen Schülerlabors ein, in der didaktische Prinzipien für ein solches grundgelegt werden und welche zum Ende des ersten Teils genauer vorgestellt wird.

## 1. Die Konzeption „Schülerlabor“

Im Folgenden soll die Institution Schülerlabor genauer vorgestellt und eingeordnet werden. Hierzu wird unter Einbeziehung empirischer Ergebnisse zu Wirksamkeitsanalysen auf die Ziele von Schülerlaboren bezüglich der Beteiligten eingegangen.

### 1.1. Klassifizierung als außerschulischer Lernort

Das, was heute schwammig als Allgemeinbildung bezeichnet wird beziehungsweise bei Klafki den mündigen Bürger charakterisiert, ist keineswegs allein auf Erkenntnisse zurückzuführen, die unmittelbar in der Schule gewonnen werden. So „existieren viele weitere Quellen, aus denen Menschen (im Speziellen Kinder oder Schüler) lernen“ (Guderian 2006, S. 7). Neben dem sozialen Umfeld, Fernsehern oder Zeitungen spielen dabei außerschulische Lernorte, vor allem im Bereich der Naturwissenschaften, eine herausragende Rolle. Schülerlabore stellen einen solchen

außerschulischen Lernort dar und „betten ihr Lernangebot in außerschulische, real existierende Institutionen [nämlich die Universitäten] ein“ (Brandt 2005, S. 61). Das Schülerlabor wird an einem Tag von meist einzelnen Schulklassen besucht, die dort mittels vorbereiteter Schülerexperimente an die Naturwissenschaften herangeführt werden. Mittlerweile gibt es deutschlandweit schon über 200 solcher Einrichtungen, die Schülern das Experimentieren ermöglichen (vgl. Guderian 2006, S. 15).

Eine genaue Klassifizierung von außerschulischen Lernorten und speziell Schülerlaboren erweist sich aufgrund zahlreicher unterschiedlicher Ausrichtungen als durchaus problematisch (vgl. Guderian 2006, S. 15). Beispielsweise könnte man Lernorte je nach der angestrebten Form des Lernens einteilen. Unterschieden wird dabei zwischen einem formellen Lernen, welches weitgehend das Lernen in der Schule beschreibt, und einem informellen Lernen. Dieses wird als „unbewertet“, „unstrukturiert“, „freiwillig“, „lernergesteuert“ und „lernerzentriert“ charakterisiert (vgl. Wellington 1990, S. 248). Vollzieht sich das Lernen in außerschulischen Lernorten wie Science Centern, Museen und Zoos, so ist es auf einer informellen Basis, ist es „klassenraumbasiert“, „vorgeschrieben“ im Schulkontext, so ist es auf einer formellen Basis (vgl. Wellington 1990, S. 248). Schülerlabore befinden sich zwischen diesen beiden Extremen - Schule und Science Center (Brandt, 2005, S. 60). Schülerlabore stehen vor der Herausforderung, nicht zu sehr „in ihrer äußerlichen Gestaltung und Attraktivität“ (Brandt 2005, S. 60) der Schule zu ähneln, weil sie für die Schüler beeindruckend und attraktiv wirken sollen, um das Interesse nachhaltig zu fördern (Brandt 2005, S. 60).

## 1.2. Funktionen des Schülerlabors aus verschiedenen Blickwinkeln

Das Schülerlabor verfolgt verschiedene Funktionen und Ziele, die keineswegs nur schülerbezogen sind, sondern auch solche, die institutionsbezogen, forschungsbezogen und lehrerbezogen sind (vgl. Guderian 2006b, S. 27). Die schülerbezogenen Ziele werden in dieser Arbeit unter 5.1 diskutiert. An dieser Stelle soll vor allem auf die anderen Blickwinkel eingegangen werden.

Was kann ein Besuch des Schülerlabors für den Lehrer bedeuten? Der Physiklehrer steht unter dem Druck, in wenigen Schulstunden und häufig mit geringen Mitteln neben theoretischen Einheiten die Schüler auch aktiv an Experimenten zu beteiligen. Die Schüler werden bei ihrem Besuch des Schülerlabors viele Experimente selbst durchführen und somit an das naturwissenschaftliche Arbeiten herangeführt. Kurzzeitig kann der Lehrer also vom „Experimentierdruck“ entlastet werden und von der geweckten Motivation der Schüler im Unterricht profitieren. Langfristig darf der Besuch eines Schülerlabors aber keinesfalls als Begründung herangenommen werden, im Unterricht keine Experimente mehr durchzuführen oder auf Schülerversuche gänzlich zu verzichten.

Verfolgt man die Entstehungsgeschichte des Schülerlabors, so lassen sich die Ziele der Forschung beziehungsweise deren Intention klar ableiten. Die internationalen Vergleichsstudien wie TIMSS und PISA zeigten nicht nur mäßige Leistungen in den naturwissenschaftlichen Fächern auf, sondern bestätigten auch ein großes Desinteresse an ihnen von Seiten der Schüler (vgl. Engeln 2005b, S. 70). Um diesem Desinteresse entgegenzuwirken, welches den Nachwuchs der Forschung gefährdet, wurde die Institution „Schülerlabor“ eingerichtet. Forschungseinrichtungen erhoffen

sich, das Interesse der Schüler zu steigern und damit nicht zuletzt Neugier für naturwissenschaftliche Berufe zu wecken (Hillebrandt 2005, S. 20).

Nicht minder profitiert die Universität selbst als Anbieter der Schülerlabore von diesem Angebot. Schülerlabore stellen im Rahmen der doch sehr theorielastigen Lehramtsausbildung eine Möglichkeit dar, das Studium durch mehr Praxisbezug zu verbessern. Studierende können sich zum einen in der Planung und Gestaltung der Stationen und Experimente ausprobieren und zum anderen mit Schülern in Kontakt treten. Die gewonnenen Erfahrungen im Umgang mit physikalischen Themen und während der Betreuung der Stationen werden im späteren Berufsalltag nützlich sein.

Inwiefern waren nun diese verschiedenen Blickwinkel von Bedeutung in einer Arbeit, die sich um eine Konzeption eines integrativen Schülerlabors bemüht? Hierbei seien zwei Aspekte vorweggenommen. Bei der Installation eines so neuartigen Schülerlabors ist es wichtig die Interessen des Physiklehrers im Besonderen zu berücksichtigen. Lässt er sich doch auf ein gewagtes Projekt ein, für das nicht nur Offenheit, sondern auch Engagement von seiner Seite gefordert ist. Um dennoch von einer Entlastung sprechen zu können und das Schülerlabor auch aus physikalischen Gesichtspunkten für den Lehrer attraktiv zu machen, sollten im Falle des integrativen Labors besonders behutsam Erwartungen aller Beteiligten im Vorfeld kommuniziert werden. Dieser Hintergedanke kann zum Beispiel durch eine Lehrerbroschüre (siehe 8.1.3) verwirklicht werden. Ebenso sind bei der Durchführung des Projekts „integratives Schülerlabor“ die Betreuer mit zu beobachten. So werden die Betreuer (also die zukünftigen Lehramtsanwärter), mit offenen Unterrichtsformen konfrontiert und treten mit Schülern in Kontakt.

### 1.3. Empirische Untersuchungen zu Schülerlaboren

Empirische Untersuchungen sind als Kernbaustein für die Weiterentwicklung und Stärkung von Schülerlaboren zu wichtigen Bestandteilen geworden. Im Folgenden werden verschiedene Studien kurz vorgestellt und die Hauptaussagen sowie deren Ergebnisse benannt. Bei dieser Ausführung handelt es sich nicht um eine vollständige Darstellung, sondern vielmehr um eine Auswahl an Erkenntnissen, welche für die Konzeption eines integrativen Schülerlabors im Verlauf der Arbeit noch von Bedeutung sein werden. Im Mittelpunkt der empirischen Studien steht stets die Wirksamkeit von Schülerlaboren hinsichtlich einer Steigerung des Interesses aus der Perspektive des Schülers. Konkret wird hinterfragt, inwiefern sie geeignet sind nachhaltig das Interesse an den Naturwissenschaften zu wecken und die Motivation für eine Auseinandersetzung mit Naturwissenschaften zu fördern. Zunächst wird mit Hopfs Studie „Problemorientierte Schülerexperimente“ die Frage beantwortet, inwieweit das Physiklernen durch eine entsprechende Gestaltung der Lernumgebung zum Experimentieren unterstützt werden kann und darüber hinaus die Einstellungen zur Physik verbessert werden können. Im Gegensatz zu den anderen Studien beziehen sich seine Ausführungen auf Schülerexperimente innerhalb der Schulpraxis und nicht auf den außerschulischen Lernort des Schülerlabors. Dennoch sind die gewonnenen Erkenntnisse über Schülerexperimente von Bedeutung, da diese den Hauptbestandteil eines Schülerlabors ausmachen. Weiter werden die Ergebnisse Brandts vorgestellt, welche die „Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors“ im Blick haben. Es folgen

Guderian mit einer „Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte“ und die Studie Engels „Schülerlabors: authentische aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken“. Zum Schluss wird die momentan aktuellste Studie von Pawek angeführt, welche als Nachfolgestudie Engels Schülerlabore als interessenfördernde außerschulische Lernumgebung für Schülerinnen und Schüler der Mittel- und Oberstufe genauer betrachtet.

Hopf orientiert sich bei dem Entwurf einer Lernumgebung an konstruktivistischen Elementen sowie an den Ideen des selbstgesteuerten Lernens und entwickelt hieraus die problemorientierten Schülerexperimente. Diese sollen den Schülern ermöglichen „in authentischen Kontexten und realistischen Situationen [zu] arbeiten“ (Hopf 2007, S. 43), Physik als interessant zu erleben, Vertrauen in ihre Fähigkeiten zu erlangen, ihr Vorwissen zu aktivieren und dieses zu nutzen sowie zu vertiefen, problemlösende Strategien anzuwenden und schließlich kooperativ zu arbeiten (vgl. Hopf 2007, S. 43).

Diese Konzeption erlaubt den Schülern eine intensive Auseinandersetzung mit den physikalischen Inhalten und wird darüber hinaus von den Beteiligten als interessant und bereichernd empfunden. Anhand von Videoanalysen konnte in diesem Zusammenhang gezeigt werden, dass problemorientierte Schülerexperimente im Besonderen dazu anregen, über physikalische Fragestellungen zu diskutieren. Auch Schüler mit geringem Vorwissen beteiligen sich hier erkennbar. Weiter wurden nun die Effekte auf das Lernen überprüft. Hierbei wurde deutlich, dass die Inhalte zwar gelernt werden, aber in einer Abhängigkeit vom Material stehen. So hängt der Erfolg „neben dem Einsatz der Methode auch stark von der konkreten Gestaltung der einzelnen Problemstellungen ab“ (Hopf 2007, S. 227). Auch führt dieser Einsatz „nicht automatisch zu einem verbesserten begrifflichen Verständnis physikalischer Inhalte“ (Hopf 2007, S. 228). Erfreuliche Ergebnisse konnten hinsichtlich der nicht kognitiven-Merkmale festgestellt werden. So kann dem Absinken von Interesse und Selbstwirksamkeitserwartung entgegengewirkt werden. Während des Untersuchungszeitraums zeigt sich bei den Kontrollgruppen ein Absinken der Werte, die Werte der Treatmentgruppe hingegen bleiben konstant. „Die Forschungsfrage, dass im nicht-kognitiven Bereich der Einsatz der entwickelten Materialien positiv rückwirken sollte, kann insgesamt vorsichtig bejaht werden“ (Hopf 2007, S. 229).

Dennoch zieht Hopf abschließend ein ernüchterndes Fazit: „Selbst das Einbeziehen verschiedenster Forderungen an erfolgreiche Schülerexperimente wie Offenheit, Authentizität usw. führt immer noch nicht zu verbessertem Lernen oder positiveren Einstellungen der Schülerinnen und Schüler“ (Hopf 2007, S. 232). Die Forderung nach vermehrtem Einsatz von Schülerexperimenten im Unterricht gilt es seiner Meinung nach aufgrund der gewonnenen Ergebnisse kritisch zu hinterfragen.

Brandt untersuchte in seiner Studie drei verschiedene Wirkungsweisen. Zum einen beschäftigte er sich mit der nachhaltigen Motivationsentwicklung sowie mit Kriterien einer anregenden Lernumgebung. Zum anderen stellte er die Interessendiskrepanz zwischen Jungen und Mädchen in den Mittelpunkt (vgl. Brandt 2005, S. 5).

Er kommt zu dem Ergebnis, dass nachweislich eine „Förderung von motivations- und interessenbezogenen Kognitionen“ (Brandt 2005, S. 167) kurzfristig im Experimentierlabor stattfindet.

Ein *langfristiger* Effekt zeigt sich allerdings nur im Bezug auf das gestiegene Berufsinteresse (vgl. Brandt 2005, S. 183). Des Weiteren kristallisiert sich bei seinen Untersuchungen heraus, dass die Steigerungseffekte nicht geschlechtsspezifisch sind, wenn auch die Mädchen in anderen Bereichen des Labors als die Jungen ihre Freude verstärkt entwickeln. So bleibt insgesamt eine Stärkung des auf das Fach bezogene Selbstkonzepts festzuhalten (vgl. Brandt 2005, S. 168f). Einschränkend sind die beim gewonnenen *Sachinteresse* und der *Relevanz der Inhalte* ermittelten Erkenntnisse zu erwähnen. Zwar zeigt sich im Vergleich zu Parallelklassen auch eine nicht-*genderspezifische* Erhöhung, aber das kann keine völlige Umkehr der Einstellungen an einem Vormittag bedeuten (vgl. Brandt 2005, S. 171f).

Die lediglich kurzfristigen Effekte auf Motivation und Interesse begründet Brandt im Wesentlichen mit den Schuleffekten, die den Laborbesuch schnell wieder kompensieren. Klassischer Physik- und Frontalunterricht überdecken hierbei die gemachten Erfahrungen im Schülerlabor. Außerdem wird eine „mangelnde Verzahnung“ (Brandt 2005, S. 184) zwischen Schule und außerschulischem Lernort als weiterer Grund aufgeführt. So hat der Schülerlabor-Besuch zumeist den Charakter eines Ausflugs anstatt einer Unterrichtsergänzung (vgl. Brandt 2005, S. 185).

Brandts Kritik an einer fehlenden Einbettung des Schülerlabors in den Schulalltag teilt auch Guderian. Ein einmaliger Ausflug scheint im Hinblick auf eine mittelfristige beziehungsweise langfristige Interessenentwicklung bei den Schülern wirkungslos (vgl. Guderian 2006, S. 167). Deshalb untersucht seine Studie „wie sich das Interesse von Schülern zweier unterschiedlicher Klassenstufen bei mehrfachen Besuchen eines Schülerlabors entwickelt und wie sich eine eingehende Verknüpfung der Besuche mit dem Unterricht auswirkt“ (Guderian 2006, S. 2).

Es zeigte sich, dass die Besuche eines Schülerlabors nur für eine kurzfristige „Steigerung der emotionalen, wertbezogenen und epistemischen Komponente des aktuellen Interesses von Schülern der 5. Jahrgangsstufe an den Inhalten der Lerneinheiten“ (Guderian 2006, S. 130) sorgen. Außerdem zeigen die mehrmaligen Besuche keinen großen Einfluss auf das individuelle Interesse der Schüler (vgl. Guderian 2006, S. 154).

Guderian hält die außerschulischen Lernorte für Schüler unter dem Aspekt Interesseförderung dahingehend für effektiv, als dass sie einen kurzen Impuls setzen und einen motivationalen Anreiz schaffen, sich länger mit einem Thema im Unterricht oder in der Freizeit zu beschäftigen. Für die Optimierung des außerschulischen Lernorts ist weiterhin eine Einbettung in den Schulalltag maßgeblich. Eine Vor- und Nachbereitung durch die Lehrkraft ist unbedingt nötig, wenn das Interesse mittelfristig gesteigert werden soll (vgl. Guderian 2006, S. 168).

Engeln ging der zentralen Fragestellung nach, „inwieweit Schülerlabors das Potential haben, Interesse an den Naturwissenschaften zu wecken und nachhaltig zu fördern und welche Faktoren daran maßgeblich beteiligt sind“ (Engeln 2004, S. 61). Hierfür werden Variablen zum einen hinsichtlich des Experimentierens angesetzt und zum anderen zur Betrachtung einer Interessensförderung. Die Variablen sind in Abbildung 1 explizit dargestellt.

Die Untersuchung stellte fest, dass von den fünf der erhobenen Laborvariablen die Variablen „Offenheit“ und „Zusammenarbeit“ nicht wie erwartet großen Einfluss auf das aktuelle Interesse ausüben. Bei den Variablen Herausforderung, Authentizität und Verständlichkeit wurden

Variable	Begründung aus „Schülerlabors als interessenfördernde Lernumgebung“	Begründung aus „Experimentieren in Schülerlabors“
Größe der Herausforderung		Kognitive Aktivierung, Herausforderung
Qualität der Zusammenarbeit	Lernatmosphäre, soziale Einbindung	
Athentizität	inhaltliche Relevanz des Lernstoffes	
Verständlichkeit	Instruktionsqualität, Erfolgserlebnisse	Einbettung in den Unterricht
Offenheit	Autonomieunterstützung	Kognitive Aktivierung, Offenheit

Abbildung 1: Laborvariablen nach Engeln

dagegen positive Korrelationen festgestellt. Das heißt nicht zuletzt, dass eine entspannte, freundliche Lernatmosphäre und die soziale Einbindung sowie die Faszination durch die Experimente einen erhöhten Einfluss haben und damit besondere Berücksichtigung in der Konzeption von Schülerlaboren finden sollten (vgl. Engeln 2004, S. 110). Gleichsam ist die Verständlichkeit der Experimente sowie die Transparenz der Versuche einer offenen Gestaltung und freien Entscheidung der Schüler zum Teil vorzuziehen. Die Schüler werden durch das selbstständige Experimentieren angesprochen und es ist ihnen dabei wichtig, sich als kompetent zu erleben und neues Wissen zu erwerben. Zudem sind soziale Rahmenbedingungen wie gemeinsame Pausen oder ein Kantinenbesuch von besonderer Bedeutung (vgl. Engeln 2004, S. 132f). Insgesamt zeigt Engeln's Untersuchung, dass „Schülerlabors das Potential haben, Interesse für die Naturwissenschaften und Technik zu erzeugen“ (Engeln 2004, S. 115).

Zusammenfassend stellt Engeln die folgenden empirischen Ergebnisse als noch bestehende Defizite von Schülerlaboren heraus. Schülerlabore konzentrieren sich bis dato zumeist auf gymnasiale Oberstufen als Zielgruppen, wobei sie im Hinblick auf eine physikalische Grundbildung und eine Frühförderung des Interesses den Anspruch haben sollten, ein Angebot für alle Kinder zu sein. Außerdem besitzen die Labortage eine zu geringe Vernetzung mit der Fachdidaktik und dem regulären Physikunterricht. Es fehlt oft die Abstimmung zwischen Verantwortlichen und dem Lehrer der Schulklassen. Gespräche zwischen Betreuern und Lehrkräften sind für eine sinnvolle Einbettung in das Unterrichtsgeschehen unabdingbar. Fehlende nachhaltige Wiederaufbereitung der behandelten Inhalte in der Schule sorgen dafür, dass Schülerlabors zu „punktuellen“ Ereignissen werden und sich dementsprechend bezüglich physikalischer Inhalte nur wenig von Science Centern und Museen unterscheiden (vgl. Engeln 2004, S. 138f).

Die derzeit aktuellste Studie ist von Christoph Pawek erhoben worden. Im Mittelpunkt steht zum einen die Vertiefung der bisherigen gewonnenen Erkenntnisse hinsichtlich der Interessenförderung der Schüler und zum anderen eine genaue Analyse der „an der Interessenförderung beteiligten Größen und deren untereinander angenommenen Einflüsse“ (Pawek 2009, S. 180).

Das Angebot Schülerlabor stößt bei der Schülerschaft auf große Begeisterung. „Fast jede befragte Person bewertet das besuchte Schülerlabor mit „sehr gut“ oder „gut“ und wünscht sich



einen weiteren Besuch“ (Pawek 2009, S. 181). Bei der Hälfte der Schüler lässt sich das aktuelle Interesse durch den einmaligen Besuch verstärken und auch noch nach Wochen ist eine Haltung der Wertschätzung bei den Schülern vorhanden. Es konnte also gezeigt werden, dass Schülerlabore das dispositionale Interesse kurz- und längerfristig an den angebotenen Themen fördern, „indem sie ein weitgehend anhaltendes aktuelles Interesse erzeugen und das Fähigkeits-selbstkonzept nachhaltig steigern“ (Pawek 2009, S. 182). Die Steigerung des Sachinteresses an den Naturwissenschaften wurde erwartungsgemäß nicht erreicht, da dies nur durch längerfristige Interventionen zu beeinflussen ist. Es wurden weiter verschiedene Rahmenbedingungen analysiert, welche sich auf die Interessenbildung der Schüler auswirken. Es stellt sich heraus, dass die Verständlichkeit der Anleitungen und der Experimente selbst, sowie deren Authentizität hinsichtlich der Wissenschaft, die Betreuung während der Veranstaltung und deren Atmosphäre für das aktuelle Interesse von großer Bedeutung sind (vgl. Pawek 2009, S. 183). Darüber hinaus sind nicht nur die Rahmenbedingungen für das aktuelle Interesse bedeutsam, sondern auch das Sachinteresse der Schüler. In dieser Erkenntnis liegt eine wichtige Chance, denn sie zeigt auf, dass Schülerlabore „bei den naturwissenschaftlich interessierten Schülern, unter anderem aufbauend auf ihren bestehenden Interessen, als auch aufgrund der Rahmenbedingungen bei den uninteressierten Schülern ein aktuelles Interesse wecken“ (Pawek 2009, S. 183) kann. Einige Wochen später sinkt allerdings der Einfluss der Schülerlabore auf das aktuelle Interesse. Dies bestätigt die Vermutung, dass die Erinnerungen an das Ereignis verblassen und deshalb weniger in den Köpfen der Schüler präsent sind. Insgesamt konnte dennoch „eine schulelevante Auswirkung des Laborbesuchs (...) in der vorliegenden Studie sogar explizit nachgewiesen werden“ (Pawek 2009, S. 183). So gaben einige Schüler an, sich aufgrund des Besuchs mehr für den Physikunterricht zu interessieren.

Pawek schließt seine Untersuchung mit einigen Empfehlungen. So sollen die Labore versuchen, ihre Rahmenbedingungen hinsichtlich ihrer großen Bedeutung zu optimieren. Da die Einmaligkeit der Veranstaltung eine generelle Verbesserung erschwert, solle darüber nachgedacht werden, eine Art Veranstaltungsreihe zu etablieren, die mehrmalige Besuche vorsieht. Zusätzlich wäre es von Vorteil, wenn die Lehrkraft den Besuch des Schülerlabors vor- und nachbereitet. Hier teilt er die Position der bereits genannten Autoren, die sich ebenfalls eine erhöhte Nachhaltigkeit durch eine Nachbereitung erhoffen. Schließlich verweist Pawek auf die Möglichkeit, durch die Gestaltung von Schülerlaboren die Lehrerausbildung während des Studiums zu verbessern. Diese These, also inwiefern die Erstellung und Betreuung eines Schülerlabors die Lehrerausbildung verbessert, wird aktuell an der Universität Würzburg untersucht.

Betrachtet man die empirischen Ergebnisse zur Motivation, so kommt man teilweise zu einem ernüchternden Fazit, was die Wirksamkeit eines außerschulischen Lernortes angeht. Es ist oft von keiner langfristigen Interessenbildung und nur von kurzfristigen Motivationsaspekten die Rede. Die vorgestellten Studien machen bestehende Defizite der Institution Schülerlabor sichtbar, stellen zudem aber auch unverzichtbare Gestaltungsmomente und Chancen klar heraus. Diese Erkenntnisse spielen bei der Konzeption des integrativen Schülerlabors eine zentrale Rolle. So werden die genannten Probleme allesamt aufgegriffen und versucht weitestgehend durch gezielte Rahmenbestandteile zu minimieren. Da die bisherigen Schülerlabore keine integrativen

Aspekte mit einbezogen haben, sondern für einzelne Klassen konzipiert waren, ist es wichtig die veränderte Lernsituation pädagogisch wie didaktisch zunächst zu fundieren. Dies wird der Inhalt der nächsten Abschnitte sein.

## 2. Die Pädagogik der Vielfalt

Die Pädagogik der Vielfalt beruht auf der Einsicht, dass allen Menschen unabhängig von Leistungsstand, Herkunft, Geschlecht, Religion, Lebenslagen oder weiteren Unterscheidungen egalitäre und humane Anerkennung entgegengebracht werden muss. Diese Einsicht ermöglicht bildungspolitisch und pädagogisch-praktisch neue Ansätze zu realisieren (vgl. Prengel 2007, S. 6). Im Folgenden wird ausgehend von einer Begriffsbestimmung von Gleichheit und Verschiedenheit dargestellt, wie sich diese Einsicht der egalitären Anerkennung entwickelt hat und wie die Elemente einer Pädagogik der Vielfalt konkret zu verstehen sind. Weiter werden diese Erkenntnisse in den bildungspolitischen und pädagogischen Kontext eingebunden.

### 2.1. Begriffsbestimmung

Die Pädagogik der Vielfalt stützt sich auf zwei zentrale Begriffe: Gleichheit und Verschiedenheit. Beides „sind interdisziplinäre Begriffe, die in unterschiedlichsten gesellschaftlichen und wissenschaftlichen Feldern Anwendung finden“ (Prengel 2006, S. 29).

#### 2.1.1. Begriffsklärung Gleichheit

In einem wissenschaftlichen Kontext formulierte Wilhelm Windelband: „Gleichheit ist ein Verhältnis, worin Verschiedenes zueinander steht“ (Prengel 2006, S. 29). Diese Aussage birgt wichtige Erkenntnisse für den Versuch einer Definition des Begriffes. Zum einen bedarf es beider Vorstellungen, um über Gleichheit eine Aussage treffen zu können und zum anderen wird deutlich, dass Gleichheit nicht ohne Verschiedenheit bestimmt werden kann. Das Vorhandensein von Verschiedenheit ist Voraussetzung für das Feststellen von Gleichheit (vgl. Prengel 2006, S. 30).

Gleichheit beschreibt ein Verhältnis zwischen mindestens zwei Gegenständen, Sachverhalten oder Personen. Diese bestehende Beziehung zeichnet sich darin aus, dass sich die Gegenstände oder Personen in irgendeiner Weise voneinander unterscheiden. Nach dem Prozess des Vergleichens kann festgestellt werden, in welchen Merkmalen sich etwas oder jemand gleicht. „Eine Gleichheitsaussage gilt stets nur partiell und in einer bestimmten Hinsicht. (...) Gleichheit bezeichnet also eine Form der Übereinstimmung zwischen Verschiedenen“ (Prengel 2006, S. 30).

Vom Begriff der Gleichheit muss der Begriff der Identität abgegrenzt werden. Identität, die in der realen Welt nicht existiert, bezeichnet den Zustand völliger Gleichheit, das heißt eine Übereinstimmung in allen Merkmalen. In der Gesellschaft wird der Begriff der Gleichheit oftmals in einem falschen Kontext verwendet. Er soll meist den Zustand einer völligen Gleichheit beschreiben und wird statt des Begriffs der Identität gebraucht.

### 2.1.2. Begriffsklärung Verschiedenheit

Auch Verschiedenheit kann nur durch einen Vergleich von Personen oder Gegenständen hinsichtlich bestimmter Merkmale festgestellt werden. „Ohne die Gleichheit eines Kriteriums, auf das wir uns beziehen, sind genaue Aussagen über Verschiedenheit nicht möglich“ (Prenzel 2006, S. 31). Es lassen sich zwei unterschiedliche Verschiedenheiten ausmachen: eine quantitative und eine qualitative. Die quantitative Differenz ist nach Prenzel als Ungleichheit zu begreifen und getrennt von dem Begriff der qualitativen Differenz zu betrachten. Dieser ist für den weiteren Verlauf ihrer Arbeit von Bedeutung und wird mit dem mathematischen Begriff der Inkommensurabilität erklärt. Inkommensurabilität bezeichnet eine Art Unvereinbarkeit von Strukturen hinsichtlich einzelner Merkmale unter Berücksichtigung der Vergleichbarkeit dieser. Beispielfhaft ausgedrückt, könnte es ein Verhältnis zwischen geometrischen Objekten meinen. Das Verhältnis von Umfang und Radius eines Kreises wird durch die irrationale Zahl Pi ausgedrückt und beschreibt somit die bestehende Verschiedenheit bzw. Unvereinbarkeit der Objekte auf der Ebene der rationalen Zahlen. Dennoch stellen beide eine Strecke dar. Die Kernaussage, die mit Hilfe des mathematischen Vergleichs verdeutlicht werden soll ist, dass sich Aussagen über Inkommensurabilität immer nur im Hinblick auf ein bestimmtes Merkmal treffen lassen und diese Aussagen eine gewisse Gleichheit miteinschließen, ja sogar voraussetzen. Trotz Verschiedenheit können sie „jenseits davon (...) etliches gemeinsam haben. Nur in diesem einen Punkt haben sie nichts gemeinsam, und dies zu verkennen ist gerade so falsch wie nur noch dies zu sehen und die sonstigen Übereinstimmungen zu ignorieren“ (Prenzel 2006, S. 32). Prenzel sieht in dieser Begriffsdefinition eine Chance, Differenzen wertfrei zu formulieren und so der bisherigen Hierarchisierung von Verschiedenheit zu entgehen. Es ist also natürlich, wenn zwischen Menschen Differenzen festgestellt werden. Eine Reduktion des Menschen auf sein Anderssein ist jedoch unzulässig. Verschiedenheit gilt es nicht zu bewerten, denn nur so können Auswirkungen auf den sozialen Status einer Person vermieden werden. Gerade weil Äußerungen über Gleichheit und Verschiedenheit immer nur partiell sind und nicht absolut, „ist es erforderlich, einen Maßstab des Vergleichens, die Hinsicht, in welcher etwas gleich oder verschieden sei, zu bestimmen“ (Prenzel 2006, S. 33). Vergleichsentscheidende Kriterien sind deshalb nicht objektiv, sondern unterliegen subjektiven Meinungen und frei definierten Maßstäben.

Ausgehend von diesem Begriffsverständnis von Gleichheit und Verschiedenheit können in der Pädagogik der Vielfalt Gleichheitsvorstellungen ohne Ausgrenzungen gedacht und als gleichwertige Differenzen akzeptiert werden (vgl. Prenzel 2006, S. 47).

### 2.2. Zur Entstehung der Pädagogik der Vielfalt

In der Geschichte war der Gedanke menschlicher Unterschiedlichkeit meist an konservative Ideen geknüpft. Differenzen wurden stets zur Legitimation ständischer Hierarchien verwendet. Die „Andersartigkeit“ Unterprivilegierter läge im Wesen des Weiblichen oder beispielsweise des „Behinderten“ und rechtfertige somit die Unterdrückung dieser. „Solche hierarchischen Konstruktionen betrafen Frauen, Menschen mit Behinderungen und Angehörige einheimischer Minderheitenkulturen, die meisten Kulturen der Welt und schließlich auch die ganze Arbeiterschaft“ (Prenzel, 1995 S. 411). Demokratische Strömungen bzw. Emanzipationsbewegungen setzten die-

ser Diskriminierung das Gleichheitsideal entgegen, welches die Bestrebungen gesellschaftlicher Klassen und Gruppen legitimierte (vgl. Prenzel 1988, S. 371). Bereits in der Antike wurde durch die Erschaffung der Demokratie die Gleichheit der Bürger verkündet. Diese Gleichheit galt allerdings nur in eingeschränkter Hinsicht, nämlich nur für männliche Vollbürger. Auch im weiteren Verlauf der demokratischen Tradition waren überwiegend Leitbilder mit einer eingeschränkten Gleichheit verbunden. Radikal und universell gemeinte Gleichheit wurde in eine partielle und partikular gültige Gleichheit verdreht und verkürzt (vgl. Prenzel 2006, S. 41). „Das abstrakt universelle Menschenrecht der Gleichheit war aber mit dem gesellschaftlichen und politischen Aufstieg des Bürgertums engstens verbunden und diente real partikularen bürgerlichen Interessen“ (Prenzel 1988, S. 371). Dennoch gab es einige wenige Ansätze, in denen Gleichheit demokratisch gedacht wurde. So zum Beispiel im Christentum, welches ein gleichberechtigtes Dasein aller Menschen forderte.

Im ständigen Kampf unterdrückter Gruppen um die Anerkennung gleicher Rechte ging es darum, die Gleichheit zu beweisen. „Wenn Gleichheit [und damit die gleichen Rechte einer Gruppe oder Einzelner] zugesprochen wurde, so geschah dies im Zeichen der Assimilation. Nur wer sich durch Bildung der herrschenden Denk- und Lebensweise anpaßte, konnte als gleich anerkannt werden“ (Prenzel 1995, S. 411). Diese Art der Emanzipation macht jegliche individuellen Lebensentwürfe und unterschiedlichen Lebensqualitäten zunichte und ermöglicht nur einem weiteren Teil der Gesellschaft mehr Anerkennung, aber nicht allen. Die Universalität des Anspruchs bleibt immer noch hinter partikularen Interessen zurück. Wenn dies nicht weiterhin geschehen soll, „so kann sie [gemeint ist die Emanzipationsbewegung] nicht allein vom Gleichheitsprinzip bestimmt sein, sondern muss auch dem Differenzprinzip gerecht werden“ (Prenzel 1988, S. 372). Demokratie muss also beide Prinzipien in eine ausgewogene Beziehung setzen. Selten und erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts anzutreffen sind jene „Gleichheitsentwürfe, die die Gleichwertigkeit des Verschiedenen beabsichtigen“ (Prenzel 2006, S. 41) und somit Verschiedenheit demokratisch denken.

Im Zusammenhang dieser Forderung entstand in den 50er Jahren das Konzept der radikalen Pluralität, welches für das Verständnis der Pädagogik der Vielfalt von Bedeutung ist, da es Gleichberechtigung und Verschiedenheit nebeneinander stellt. Die Gleichberechtigung ergibt sich durch differente Lebensweisen, Wissens- und Denkformen, die jeweils in ihrer Eigenart respektiert und wertgeschätzt werden (vgl. Prenzel 2006, S. 49). „Indem (...) jedem dieser Entwürfe das gleiche Recht auf Eigenart zukommt, wird [in diesem Konzept] das [geforderte] Gleichheitspostulat durch die Anerkennung von Verschiedenheit eingelöst“ (Prenzel 2006, S. 49). Prenzel umschreibt diesen Sachverhalt treffend mit dem Begriff „egalitäre Differenz“ und macht hiermit deutlich, dass Differenzen auch nicht-hierarchisch gedacht werden können.

Interpretationen, die dieses Gleichheitspostulat als Rechtfertigung des Laissez faire betrachten, sind nach Prenzel zurückzuweisen. Denn Tendenzen, die sich gegen die egalitäre Differenz stellen, werden nicht akzeptiert. „Die Wertschätzung von Pluralität bedeutet nicht eine Haltung der Indifferenz sondern der Wertschätzung von Differenz“ (Prenzel 2006, S. 49). Diese Theorie schließt jeden Menschen als einen gleichberechtigten neben vielen anderen mit ein und ist maßgeblich für die Pädagogik der Vielfalt.

### 2.3. Der demokratische Differenzbegriff als Kernstück der Pädagogik der Vielfalt

Das Herzstück der Pädagogik der Vielfalt liegt in einem demokratisch gedachten Differenzbegriff. Zusammenfassend soll nun in fünf Thesen dargestellt werden, was Prengel unter einem demokratischen Differenzbegriff versteht.

1. Wendung gegen Hierarchien: Ein demokratischer Differenzbegriff verbietet, Verschiedenheit als Rechtfertigung von Hierarchie einzusetzen, und die daraus resultierenden Folgen der Ausgrenzung. Differenzen werden egalitär gedacht.
2. Individuelle und kollektive Differenzen zwischen Menschen sind soziokulturelle Differenzen: Sie entstehen aufgrund differenter Lebensweisen und Bewältigungsstrategien. „Differenzvorstellung fußt auf Sozialisations- und Konstruktionstheorie und richtet sich damit gegen alle essentialistischen Entwürfe, zum Beispiel vom Wesen der Frau, der Behinderten (...)“ (Prengel 2006, S. 182).
3. Differente Lebensweisen sind immer neu zu entdecken und in ihrem Wert anzuerkennen: Es existiert keine Kultur beziehungsweise Gesellschaft ohne Verschiedenheit. Diese bestehenden Differenzen werden meist unterdrückt und verdrängt. Es gilt sie deshalb neu zu entdecken und zu benennen.
4. Wahrnehmung differenter Erfahrungen ist immer fragmentarisch und nie vollendet: Alle Veränderungen sind in einer kulturellen Strömung eingebunden und entwickeln sich daher immer weiter.
5. Unterschiedliche Lebensformen haben gleiches Existenzrecht: Unterschiedliche Lebensformen haben das gleiche Recht anerkannt zu werden. „Das Gleichheitspostulat wird auf neue radikale Weise eingelöst, indem den heterogenen Lebensweisen gleiches Recht zugesprochen wird. Gleichheit ist damit Bedingung der Möglichkeit von Differenz“ (Prengel 2006, S. 184).

### 2.4. Der demokratische Differenzbegriff im bildungspolitischen Zusammenhang

Die Pädagogik der Vielfalt wurde maßgeblich durch drei pädagogische Bewegungen beeinflusst, die sich mit der Thematik der Verschiedenheit bzw. Heterogenität auseinandersetzten: die Interkulturelle Pädagogik, die Feministische Pädagogik und die Integrative Pädagogik. Sie gingen aus der Enttäuschung über die Bildungsreform in den 70er Jahren hervor.

Die Bildungsreform stellte die bestehenden gesellschaftlichen und auch schulischen Hierarchien mit dem Postulat der Chancengleichheit radikal in Frage. Ziel war es, das Bildungswesen vor allem für Arbeiterkinder gerechter zu machen. Um dies zu erreichen, wurden zahlreiche Veränderungen durchgeführt, unter anderem der Ausbau der Vorschulerziehung oder die Einrichtung von Gesamtschulen sowie die Durchführung von kompensatorischen Maßnahmen.

Es zeigte sich allerdings, dass die Bildungsreform die Benachteiligungen nicht vollständig aufheben konnte. Schüler wurden nach wie vor separiert, wenn sie trotz Maßnahmen der kompensatorischen Erziehung die Jahrgangsziele nicht erreichten. „Schule ist nach wie vor eine monokulturelle

Mittelschichteinrichtung, in der die Mehrheit der Kinder ihre (sub-) kulturellen Erfahrungen und Haltungen verlernen müssen, wenn sie erfolgreich sein wollen“ (Prenzel 2006, S. 25). Die Kritik der neuen pädagogischen Bewegungen steht genau in diesem Zusammenhang. Für Schüler, die nicht der vorhandenen Schulkultur entsprechen, werden keine anderen Alternativen außer die der Anpassung gegeben. Für Schüler, die das homogene Lernen im Gleichschritt nicht vollziehen können, folgt der Ausschluss aus der Gemeinschaft. Sie fordern deshalb, dass pädagogisches Handeln der geschlechtlichen, kulturellen und individuellen Verschiedenheit der Menschen gerecht werden soll (vgl. Prenzel 2006, S. 15) und zwar in einer Schule für alle Kinder. Ihre Ideen werden den Differenzen der Kinder gerecht, „indem sie innerhalb der Institution Schule Raum schaffen für die Anerkennung der geschlechtsspezifisch, kulturell und individuell ganz anderen Erfahrungen und Traditionen. Gemeinsam ist ihnen eine Utopie, in der Verschiedenheit weder in hierarchischen Rangfolgen geregelt noch in Anpassung aufgehoben wird, sondern in einem gleichberechtigten Miteinander erfahren werden kann“ (Prenzel 1988, S. 374).

## 2.5. Abgeleitete pädagogische Grundsätze in der Pädagogik der Vielfalt

Für die Verwirklichung eines demokratischen Differenzbegriffs leiten sich verschiedene pädagogische Grundsätze ab, die in der Schulbildung realisiert werden können, um „für alle Schülerinnen- und Schülergruppen auf den unterschiedlichen Ebenen der Schulpädagogik den gleichberechtigten Zugang zu den materiellen und personellen Ressourcen der Schule zu schaffen (...)“ (Prenzel 2006, S. 185). Auf der Basis der Gleichberechtigung sollen sie ihre Entwicklungsmöglichkeiten frei entfalten können. Prenzel stellt 17 Thesen zusammen, die Orientierung geben können. Im Folgenden werden nur die für den Verlauf dieser Arbeit wichtigen Aspekte herausgegriffen.

1. Selbstachtung und Anerkennung der Anderen: „Ich bin nicht Du und ich weiß Dich nicht“ (Prenzel 2006, S. 185). Dieser Satz steht für die Achtung jeder Einzelpersönlichkeit und damit auch für die Achtung eines individuellen Lernniveaus, einer individuellen Lebensgeschichte und der Sozialisationsprozesse. Die Selbstachtung schließt gleichzeitig die Achtung des Anderen mit ein, da sie in einer Gemeinschaft von Gleichberechtigten realisiert wird. Die Grundlage der Anerkennung des Anderen und der Selbstachtung bildet „eine Haltung des Respekts, die das gleiche Recht auf Lebensglück für die Verschiedenen gelten läßt“ (Prenzel 2006, S. 186).
2. Kennenlernen der Anderen: Die Neugier, den Anderen in seiner Einzigartigkeit kennen zu lernen und die Aufmerksamkeit auf seine Besonderheiten zu richten, gibt die Chance, ihn besser kennen zu lernen und gleichzeitig seine Eigendynamik zu akzeptieren. Es kann gerade durch die Achtung der Individualität Gemeinsamkeit entstehen. „Solche Gemeinsamkeit setzt sich zusammen durch den Kontakt zwischen den Verschiedenen, sie wird nicht erreicht durch Angleichung der Verschiedenen aneinander oder an eine übergeordnete Vorgabe“ (Prenzel 2006, S. 187). Sie entsteht durch das Zuhören und Wahrnehmen der Wünsche des Anderen.
3. Entwicklungen zwischen Verschiedenen: Etwas übereinander erfahren oder einen Schritt aufeinander zugehen, kann neue Handlungsperspektiven eröffnen. „Die Begegnung mit

Anderen, die etwas anderes können, ist eine wichtige Herausforderung für kognitives und emotionales Wachstum“ (Prenzel 2006, S. 187). Kinder lernen voneinander und miteinander und schlüpfen oft ganz unbewusst in die Rolle des Koedukators. Es ergibt sich ein Lernprozess, der für alle Beteiligten gewinnbringend ist.

4. Gemeinsamkeiten zwischen Menschen mit ähnlichen Erfahrungen: Die Anerkennung der Verschiedenheit des Einzelnen impliziert auch die Anerkennung von Gruppen mit ähnlichen Erfahrungen. Menschen fühlen sich häufig Gruppen mit ähnlichen Erfahrungen verbunden und nutzen die Möglichkeit zum Austausch über diese Erfahrungen und bekommen darüber ein Stück weit das Gefühl von Kollektivität. Wichtig ist, dass diese Erfahrungen in die gemischte Gruppe mit eingebracht werden und diese damit konfrontiert wird. Die Zuteilung zu einer Gruppe darf allerdings nicht auf Druck von außen entstehen, sondern ist dem Individuum freigestellt. Andernfalls besteht die Gefahr, dass der Einzelne zwar in der Gruppe, jedoch fernab von der Gesellschaft isoliert und separiert wird. Die Pädagogik der Vielfalt kritisiert „die im Namen von Kollektivität [praktizierte] Separierung und Repressionen“ (Prenzel 2006, S. 189).
5. Prozesshaftigkeit: Jegliche Bildungsziele einschließlich der Selbstachtung und Anerkennung der Anderen, werden in einem Prozess erlernt. „Prozeßhaftigkeit ist nur denkbar als eigenständiger Weg jedes einzelnen Kindes, der von Erwachsenen gestützt und begleitet wird“ (Prenzel 2006, S. 191). Wann ein Schüler einen Lerninhalt durchdrungen hat, ist nicht im vorhinein abzusehen. Deshalb muss eine Umgebung geschaffen werden, die jederzeit Lernmöglichkeiten zulässt und Schüler mit Lerninhalten konfrontiert.
6. Keine Definitionen: Weder der Mensch noch seine Persönlichkeitsmerkmale sind definierbar. Die Feststellung, was jemand ist oder was aus jemandem wird, steht einer Wertschätzung der Individualität und den möglichen individuellen Lernprozessen entgegen. „Wenn Personen charakterisiert werden sollen, dann in ihrer Entwicklungsdynamik und in ihrem Umweltkontext“ (Prenzel 2006, S. 191). Bewertungen werden dann im Sinne einer individuellen Lerndokumentation verfasst und zeigen dem Schüler und der Lehrkraft mögliche Fördermöglichkeiten auf.
7. Keine Leitbilder: Die Wertschätzung von Heterogenität und der individuellen Lebensgeschichte jedes Einzelnen steht im Widerspruch zu den bestehenden Leitbildern der Gesellschaft. In der Pädagogik der Vielfalt geht es gerade darum, sich nicht nach vorgegebenen Leitlinien zu entwickeln, sondern seinen eigenen Lernweg und -prozess zu gestalten. „Kindern und Jugendlichen sollte nicht gezeigt werden, was aus ihnen werden soll, sie brauchen vielmehr Begleitung und Unterstützung auf dem schwierigen Weg der Gestaltung des eigenen Lebens“ (Prenzel 2006, S. 191).
8. Achtung vor der Mitwelt: Dieser Aspekt scheint im Zusammenhang des Schülerlabors als ein außerschulischer Lernort besonders interessant. So tritt Prenzel dafür ein, eine Annäherung an wissenschaftliche Fächer wie Biologie, Chemie oder Physik vor allem in Form einer handelnden Auseinandersetzung zu ermöglichen, damit die Schüler einen ver-

antwortungsbewussten Umgang mit der Umwelt erlernen können. Hierbei geht es nicht um eine Erweiterung der Stoffvielfalt, sondern um eine fächerübergreifende Verknüpfung der Inhalte. Außerschulische Lernorte bieten den Schülern die Chance, das gelernte Wissen mit einem lebensweltlichen Bezug zu verknüpfen.

9. Didaktik des offenen Unterrichts: Um der Forderung, jeden Schüler optimal zu fördern, gerecht zu werden, bedarf es neuer Formen der Unterrichtsgestaltung. Prenzel appelliert hier an die Leistungen der Reformpädagogik, die Möglichkeiten eines offenen Unterrichts aufzeigen und Hilfestellungen bei der Umsetzung geben können.
10. Grenzen, Rituale und Regeln: Rituale geben den Schülern Verlässlichkeit und Geborgenheit. Eine Atmosphäre wird geschaffen, in der die Schüler Regeln und Grenzen setzen und einhalten. Dies ist wichtig, um die Selbstachtung und Anerkennung der Anderen erlernen zu können.
11. Verschiedenheit und Gleichheit als institutionelle Aufgabe: Die Pädagogik der Vielfalt kann sich nur realisieren, wenn das gleiche Recht auf Bildung institutionell, also in einer Grundschule für alle und einer integrierten Gesamtschule, realisiert wird. Ausnahmen sind denkbar, wenn sie dem demokratischen Prinzip verpflichtet sind und Kontaktmöglichkeiten bestehen, dass sich keine Diskriminierungen verfestigen können.

## 2.6. Zusammenfassung der wichtigsten Thesen

Der geschichtliche Abriss konnte zeigen, dass Gleichheit und Verschiedenheit seit langem eine wichtige Rolle in der gesellschaftspolitischen Entwicklung spielen. Nach wie vor sind die Begriffe hoch aktuell und auch für bildungspolitische Maßnahmen ausschlaggebend, wie beispielsweise bei der Selektion im bayerischen Schulwesen anhand des Kriteriums „kognitive Leistungsfähigkeit“ gezeigt wird. Es soll abschließend vor dem Hintergrund eines demokratischen Differenzbegriffs überlegt werden, hinsichtlich welcher Kriterien sich Schüler des Bildungssystems sich gleichen beziehungsweise verschieden sind. Dabei kann gezeigt werden, dass Gleichheit und Verschiedenheit durchaus anders, nämlich im Sinne Annedore Prengels gedacht werden können.

„Gleichheit lässt sich feststellen hinsichtlich der Generationenzugehörigkeit, der Menschenrechte, der Kinderrechte und des Rechts auf Bildung“ (Prenzel 2007, S. 6). Das heißt zum einen, dass Schüler in ihrem spezifischen historischen Kontext anerkannt werden und alle dieser einer Generation angehören. Die UNO formulierte Menschenrechte, die natürlich auch Geltung für Kinder haben und nicht erst mit dem Eintritt in das Erwachsenenalter ihre Gültigkeit erlangen. Im Zusammenhang massiver Kinderrechtsverletzungen auf der ganzen Welt wurde dennoch eine Kinderrechtskonvention durch die Vereinten Nationen verfasst, in der noch einmal explizit auf die Rechte der Kinder hingewiesen wird. „Grundlegende Anerkennung im Sinne der Menschenwürde steht allen Kindern von Geburt an zu“ (Prenzel 2007, S. 6). Ein vor allem im schulischen Kontext wichtiges Recht ist das Recht auf Bildung. „Das Gleichheitsrecht auf Bildung wird umso mehr eingelöst, je mehr Bildungssysteme gleichen Zugang zu Bildung gewährleisten und Chancengleichheit fördern“ (Prenzel 2007, S. 7).



„Verschiedenheit lässt sich feststellen hinsichtlich der individuellen Entwicklungsstände der familialen und soziokulturellen Herkunft und der Geschlechter“ (Prenzel 2007, S. 7). Schüler weisen hinsichtlich dieser Kriterien große Unterschiede auf. Die Anerkennung der individuellen Entwicklungsverläufe zieht die Konsequenz der Anerkennung heterogener Lern- und Lebensformen nach sich. An dieser Stelle soll noch einmal betont werden, dass diese Unterschiede nicht hierarchisch gedacht werden und nicht pauschalisierend im Sinne eines Wesenszuges getroffen werden.

„Pädagogik der Vielfalt ist dem Prinzip der egalitären Differenz verpflichtet ohne Hierarchien zu verleugnen“ (Prenzel 2007, S. 7). Indem jedem Schüler das gleiche Recht auf freie Entfaltung zugesprochen wird, setzt die Pädagogik der Vielfalt ihre demokratischen Vorstellungen konkret um. Dennoch stellt die Umsetzung dieser Maxime einen Prozess dar, der wahrscheinlich nie abgeschlossen sein wird. Hierarchien bestehen nach wie vor. Auf schulischer Ebene zeigt sich dies in Leistungshierarchien, die häufig mit sozialer Diskriminierung einhergehen. Diese Tendenzen dürfen nicht einfach verleugnet werden, vielmehr müssen sie thematisiert werden, damit mit ihnen kompetent umgegangen werden kann (vgl. Prenzel 2007, S. 8).

Jene grundlegenden Einsichten evozieren Handlungsmöglichkeiten auf institutioneller und didaktischer Ebene. Das Gleichheitsrecht auf Bildung fordert die Gleichheit „des Zugangs zu Einrichtungen des Elementar-, Primar- und Sekundarbereichs unabhängig von ihrer sozialen Herkunft und ihren Leistungspotenzialen“ (Prenzel 2007, S. 8). Auf institutioneller Ebene heißt das, eine integrative Gesamtschule zu realisieren. Auf didaktischer Ebene „werden Settings geschaffen, die es jedem Kind der heterogenen Kindergruppe [bzw. Schülergruppe] ermöglichen, individuell auf seinem Niveau, in seinem Stil, in seinem Tempo, an seinen Themen zu lernen“ (Prenzel 2007, S. 8).

Das Herzstück der Pädagogik der Vielfalt soll für den Entwurf des integrativen Schülerlabors leitgebend sein. Differenzen zwischen den Schülern können gelebt und akzeptiert werden. Hierzu muss das Lernangebot so gestaltet werden, dass die entstehende Vielfalt als Chance genutzt werden kann und nicht als Hindernis empfunden wird.

### **3. Didaktik für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung**

Was Didaktik genau ist, darüber gibt es viele Meinungen, die jeweils unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Recht allgemein und umfassend lässt sich aber sagen, dass Didaktik im weiteren Sinne eine theoretische Auseinandersetzung mit dem Gegenstand des Lehrens und Lernens ist und im engeren Sinne eine Theorie des Unterrichts. Dieser allgemeinen Didaktik ordnen sich noch Fachdidaktiken unter, die sich mit den Spezifika der einzelnen Fächer befassen. Weiter wurden noch „Spezialdidaktiken“ entwickelt, die sich mit ganz bestimmten Lehr-Lern-Kontexten auseinandersetzen. Hierunter wird auch die Didaktik im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung gezählt (vgl. Stein in Ellinger/Stein 2006, S. 174f). Methodische Überlegungen sind im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung durch zwei Besonderheiten geprägt. Zum einen ist das Lernverhalten durch eine hohe Individualität gekennzeichnet. „Neben medizinischen Ursachen spielt im Förderzentrum geistige Entwicklung auch der soziokulturelle Hintergrund vieler Schüler eine Rolle. In vielen Fällen ist hier die Ursache für umfangreiche Erschwernisse beim Lernen zu finden“ (Ratz in Ellinger/Stein 2006, S. 216). Der Versuch, das Lernverhalten der Schüler des

Förderzentrums zu beschreiben, wird der Individualität der Schüler nicht gerecht. Zum anderen ist die Klassenzusammensetzung aufgrund der Schülerschaft sehr heterogen. Dies liegt neben den medizinischen, soziokulturellen Ursachen an der großen Spanne kognitiver Leistungsfähigkeiten. In allen didaktischen Überlegungen müssen auch diese Aspekte der Individualität und Heterogenität reflektiert werden. Sie haben schließlich weitreichende Folgen auf das Lernen in Gruppen und die Gestaltung des Unterrichts (vgl. Ratz in Ellinger/Stein 2006, S. 216).

### 3.1. Ziele

Zum Gegenstand des Lehrens und Lernens gehört neben den methodischen Überlegungen auch, über Ziele zu reflektieren. Im Lehrplan finden sich genaue Angaben über die Bildungs- und Erziehungsziele des Förderzentrums geistige Entwicklung. Hierzu zählen unter anderem die personale Integration, die soziale Integration und die Vermittlung von lebensbedeutsamen Kompetenzen. Das Ziel der personalen Integration kann zum einen durch das Erleben von Autonomie und zum anderen durch das Gefühl des Eingebundenseins in die Lernumwelt entstehen. Lehrer gestalten deshalb die Beziehungen so, „dass Kinder und Jugendliche mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung sich in ihrer Person als wertvoll und eigenständig empfinden können“ (Grundlagen und Leitlinien Bayerischer Lehrplan 2003, S. 6). Die soziale Integration ergibt sich aus dem menschlichen Bedürfnis nach Zugehörigkeit zu einer Gemeinschaft. Sie kann durch die Kommunikation und Kooperation mit anderen und durch eine aktive Teilhabe an der Gestaltung der Gesellschaft eingelöst werden. Eine individuelle Gestaltung und Umsetzung fordert das Ziel der Vermittlung von lebensbedeutsamen Kompetenzen. Es sollen solche Fähigkeiten gelernt werden, „die ihnen die Bewältigung ihres gegenwärtigen und zukünftigen Lebens in weitestgehender Selbstverwirklichung und sozialer Integration ermöglichen“ (Grundlagen und Leitlinien Bayerischer Lehrplan 2003, S. 7).

### 3.2. Elemente des Konstruktivismus und einer Konstruktivistischen Didaktik

Die konstruktivistische Didaktik hat sich, von weitestgehend psychologischer und soziologischer Seite her, der Themen Individualität und Heterogenität gestellt und die Didaktik im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung stark beeinflusst. Dies zeigt sich auch in der Tatsache, dass sich im aktuellen bayerischen Lehrplan konstruktivistische Elemente befinden. „Statt einzelne Lernziele festzulegen, beschreibt der Lehrplan in exemplarischer Form verschiedene Zugangs- und Handlungsweisen sowie Lernwege, durch die sich Schülerinnen und Schüler je nach ihren individuellen Möglichkeiten mit einem Lerngegenstand im Sinne eines konstruktivistischen Ansatzes befassen können“ (Vorwort Bayerischer Lehrplan 2003, S. 1). Im Folgenden sollen zuerst die Grundzüge des Konstruktivismus und dann seine Auswirkungen auf die Gestaltung von Lernsituationen, im Speziellen auf die Lernsituationen in einem integrativen Schülerlabor, dargestellt werden.

Allgemein ist der Konstruktivismus sowie eine konstruktivistische Didaktik nicht als einheitliche Denkrichtung, sondern eher als Diskurs zu verstehen. Im Mittelpunkt der theoretischen Auseinandersetzung steht die Frage, wie Wissen und Erkenntnis entsteht (vgl. Fischer 2004, S. 20). „Konstruktivismus hebt nicht auf das Objekt der Erkenntnis ab, sondern auf den subjektiven

Prozeß der Erkenntnisgewinnung“ (Pitsch 2003, S. 282). Die wichtigste These beinhaltet die Annahme, „dass alles Wissen nur in den Köpfen von Menschen existiert und dass das denkende Subjekt sein Wissen nur auf der Grundlage eigener Erfahrung konstruieren kann“ (Jank/Meyer 2005, S. 287). Unspezifische Reize werden durch die Sinnesorgane aufgenommen und durch die eigene neuronale Aktivität verarbeitet. Aufgrund dieser subjektiven Verarbeitung und Konstruktion von Wirklichkeit kann es keine objektive Realität außerhalb unseres Wahrnehmens und unabhängig davon geben. „Die Wirklichkeit, in der ich lebe, ist ein Konstrukt des Gehirns“ (Jank/Meyer 2005, S. 289). Als Folge dieser vielfältigen Wahrnehmungsgegebenheiten ergeben sich viele, gleichberechtigte Entwürfe von Realität, wobei keinem der Entwürfe eine objektive und einzig richtige Übereinstimmung mit der Realität konstatiert werden kann. Neben dieser These existieren noch einige Grundannahmen, die den Konstruktivismus vervollständigen. Sie sollen im Rahmen dieser Arbeit nur stichpunktartig erläutert werden.

1. Jedes Lebewesen ist ein geschlossenes System: Der Mensch steht in ständigem Kontakt zur Umwelt. Weit verbreitet ist die Annahme, dass während dieses Kontaktes Wissen beziehungsweise Informationen zwischen Mensch und Umwelt ausgetauscht werden. Doch dies trifft aus konstruktivistischer Sichtweise gerade nicht zu. „Das Gehirn ist also nicht weltoffen nach außen gerichtet, sondern deutet und bewertet nach eigen entwickelten Kriterien neuronale Signale“ (Jank/Meyer 2005, S. 289). Diese Kriterien sind subjektiv und erfahrungsbedingt geprägt. Dies könnte zu der Frage führen, wieso der Mensch dann überhaupt andere Menschen beziehungsweise die Umwelt benötigt. Auch wenn keine direkte Beeinflussung möglich ist, so kann dennoch eine Beziehung entstehen, innerhalb derer wechselseitige Veränderungen möglich sind. „Die Umwelt hat vielmehr den Charakter einer Störeinwirkung“ (Wagner in Fischer 2004, S. 224), deren Auswirkungen allerdings nicht vorhersehbar sind.
2. Wissen kann nur durch Handeln aufgebaut werden: „Die Konstruktivisten gehen davon aus, dass Wissen und Erkenntnisse nicht unmittelbar mit Hilfe unserer Wahrnehmung aufgebaut werden können, sondern nur durch eigenes Handeln“ (Jank/Meyer 2005, S. 290). Das bedeutet, um Wirklichkeit zu konstruieren, bedarf es einer handelnden Auseinandersetzung.
3. Jedes System arbeitet selbstreferenziell: Darunter versteht man die Form der Organisation von kognitiven Strukturen eines Systems. Selbstreferenziell meint die Art und Weise, wie die Interaktion zwischen den Zuständen eines Systems stattfindet. Diese interagieren zyklisch, das heißt, der momentane Zustand ist immer an der Hervorbringung des jeweils nächsten Zustandes beteiligt (vgl. Fischer 2004, S. 21).
4. Die Selbstorganisation ist determiniert: „Nicht die Welt außen bestimmt, was und wie jemand wahrnimmt, weiß und denkt, sondern seine eigene, innere Struktur“ (Jank/Meyer 2005, S. 290). So können äußere Ereignisse zwar Auslöser für Veränderungen oder Lernprozesse sein, doch wie diese Veränderung abläuft und ob sie überhaupt möglich ist, ist allein von der inneren Struktur des Organismus abhängig und bestimmt.

5. Aspekt der Funktionalität: Jedes Lebewesen eignet sich Verhaltensweisen an, welche sein Überleben sichern. Im Bereich der Kognition arbeitet der Mensch ähnlich. So erweisen sich Ideen dann als funktional beziehungsweise viabel, „wenn sie nicht in Widerspruch zu unserer Wahrnehmung der Welt geraten und deshalb unser mentales Gleichgewicht nicht gefährden“ (Jank/Meyer 2005, S. 291). Eingehende Sinnesdaten werden also immer vor dem Hintergrund persönlicher Erfahrungen zueinander in Beziehung gesetzt. Ergeben sich daraufhin Invarianzen beziehungsweise Widerstände, kann das System mit Modifikationen reagieren, die letztlich dazu führen, dass das System in dieser Situation erfolgreich bestehen kann. Jedes Verhalten „eines Individuums ist [deshalb] im Kontext seiner Wirklichkeit jeweils subjektiv sinnvoll“ (Wagner in Fischer 2004, S. 226).

Inwiefern erweisen sich nun diese konstruktivistischen Aspekte als sinnvolle Basis zur Gestaltung eines integrativen Schülerlabors?

- Zentral ist die Tatsache, dass das Subjekt in den Mittelpunkt allen Tuns gestellt wird und es eine Wertschätzung seiner Individualität erfährt. Jedes Subjekt verwirklicht seine Autonomie in seinem Bereich. Da es „immer mehrere, möglicherweise auch widersprüchliche Wege, [gibt] ein bestimmtes Ziel durch Handeln oder Denken zu erreichen (...) [und] nicht entschieden werden kann, welcher dieser Wege der bessere oder richtigere ist, müssen andere Wege des Handelns und Denkens grundsätzlich ernst genommen und toleriert werden“ (Fischer 2004, S. 23).
- Die Wertschätzung von Individualität impliziert auch eine Wertschätzung der Heterogenität. So nimmt der Konstruktivismus die zunehmende Heterogenität der Schülerschaft, die auch innerhalb des integrativen Schülerlabors besteht, wahr und interpretiert diese als eine Chance, individuelle Entwicklungen zu fördern.
- Die Grundüberlegungen zum Konstruktivismus implizieren auch im Bezug auf eine Didaktik, die sich mit Lernen und Lehren auseinandersetzt, folgende Konsequenz: Lernen wird „nicht als eine Folge des Lehrens, sondern als eigenständige Konstruktionsleistung des Lernenden“ (Jank/Meyer 2005, S. 286) beschrieben. Lernen ist eben kein Input-Output-Prozess, sondern eine aktive Auseinandersetzung. Ein integratives Schülerlabor zeichnet sich deshalb durch seine große Vielfalt an Lernangeboten aus. Dies gilt nicht nur in quantitativer, sondern vor allem in qualitativer Hinsicht. So sollte das Angebot an den Stationen über verschiedene Zugangsmöglichkeiten verfügen. Hierbei kann sich an den Lernniveaustufen Leontjews orientiert werden. Es gilt also zu hinterfragen inwieweit ein Schülerexperiment eine sinnlich-wahrnehmende, handelnd-aktive, bildlich-darstellende und eine begrifflich-abstrakte Basis enthält. Die erste Stufe verfolgt das Ziel, Objekte, Informationen oder Zusammenhänge mit den Sinnen aufzunehmen. Es geht hierbei noch nicht um eine gezielte Verarbeitung der erfahrenen Eindrücke. In einer zweiten Stufe werden die Objekte, Informationen und Zusammenhänge in einer aktiven Auseinandersetzung näher kennen gelernt, in ihrer Fülle erfasst. Diese gewonnenen Eindrücke werden nun in einer dritten Stufe durch bildliche Darstellungen innerlich vertieft. Schließlich folgt die letz-

te Stufe mit dem Ziel, Objekte, Informationen und Zusammenhänge nicht nur bildlich wahrzunehmen, sondern diese auch begrifflich zu beschreiben und zu benennen.

- Um dem Schüler Möglichkeiten zur Konstruktion zu geben, muss das Lerngeschehen zunehmend schülerorientiert ausgerichtet werden, was auch stärkere Mitbestimmungsmöglichkeiten bei den Lerninhalten und -zielen impliziert. Dies erweist sich in einem außerschulischen Lernort als sehr schwierig. Zum einen kann nicht im Vorhinein abgeschätzt werden, welche Angebote den einzelnen Schülern entsprechen könnten und zum anderen müssen diese bereits vorbereitet werden, können also nicht erst durch die Schüler ausgewählt und mitbestimmt werden. Aufgrund der mangelnden Mitbestimmungsmöglichkeiten muss bei der Auswahl der Experimente besonders auf die Zukunfts- und Gegenwartsbedeutung der Schüler geachtet werden, um nicht vollständig an ihren Interessen vorbeizusteuern.
- Wird Lernen unter diesen Prämissen gestaltet, kommt dem Betreuer im Labor eine wichtige Aufgabe zu. Er stellt sicher, dass die Schüler selbsttätig agieren können. Neben dieser eher passiven Funktion im Lernprozess kann er aber auch aktiv, zum Beispiel durch Hilfestellungen, in das Geschehen eingreifen. Wichtig ist es dabei, keine belehrende, sondern eine beratende Rolle einzunehmen (vgl. Jank/Meyer 2005, S. 300f).

## 4. Elemente der Physikdidaktik

Im Folgenden Kapitel sollen die zentralen Aspekte der Physikdidaktik von theoretischer Seite her beleuchtet werden. Dabei ist es zunächst bedeutsam, auf die zu verwirklichenden fachlichen und methodischen Ziele beim Physiklernen einzugehen. Weiter werden Unterrichtsformen dargestellt, die leitend für das integrative Schülerlabor sein können. Es folgen fundierte Beschreibungen der Bestandteile des Schülerlabors: Schülerexperiment und Spiel.

### 4.1. Ziele im Physikunterricht

Warum spielt die Darstellung von Zielen bei der allgemeinen Beschreibung der Physikdidaktik überhaupt eine Rolle? Zum einen, weil sie natürlich wesentlich zu der Gesamtzielsetzung des integrativen Labors, bestehend aus Zielen des Physikunterrichts, eines allgemeinen Schülerlabors und denen aus einer Didaktik für Menschen mit Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, beiträgt (siehe 5.1). Zum anderen, weil diese Darstellung bei der inhaltlichen Auswahl der Stationen im Sinne von „Was sollen Schüler über Physik lernen?“ hilfreich ist.

Plakativ formuliert könnte die Antwort lauten: Schüler sollen im Laufe ihrer Schullaufbahn einen *Zugang* zur Physik entwickeln. Dieser Zugang kann anhand verschiedener Positionen und Bildungsstandards präziser charakterisiert werden. Schon Albert Einstein antwortete einst auf die Frage, was Bildung sei: „Bildung ist, was übrig bleibt, wenn man alles, was man in der Schule lernte, vergessen hat“. In diesem Sinne ist auch der Zugang gemeint. Er meint nicht die völlige Beherrschung des Fachgebietes am Ende der Schullaufbahn, die eine rapide Vergänglichkeit darstellt, sondern gewissermaßen eine bleibende positive Einstellung und naturwissenschaftliche Grundbildung, die eine eigenständige Auseinandersetzung mit physikalischen Inhalten

ermöglicht. Zu einer positiven Einstellung gehören sicherlich positive Erlebnisse und Überraschungen, wie sie die Physik einzigartig in eindrucksvoller Weise über physikalische Phänomene und Experimente geschehen lassen kann. „Überraschung und Verwunderung sind der Anfang des Begreifens und Verstehens“ (José Ortega y Gasset). Der Physikunterricht beziehungsweise das Schülerlabor muss die Schüler durch Verwunderung dazu antreiben, sich mit physikalischen Phänomenen zu beschäftigen und diese zu verstehen. So ist es bereits ein Ziel in der Schule, dass Schüler im Fach Natur und Technik den Phänomenen begegnen. „Ausgehend von der kindlichen Neugier und der Fähigkeit, zu staunen, führt der Unterricht die Buben und Mädchen von der Beobachtung zu Fragestellungen, für die möglichst eigenständig Lösungsansätze gesucht werden“ (Lehrplan G8 2009) und ebenso wird der Physikunterricht charakterisiert: „Eine der wichtigsten Aufgaben des Physikunterrichts ist es daher, die Freude an Naturphänomenen und die Neugier auf deren Erklärungen aufzugreifen und in ein dauerhaftes Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen weiterzuentwickeln“ (Lehrplan G8 2009). Eine naturwissenschaftliche Grundbildung beinhaltet, dass Schüler das Experimentieren, Abstrahieren und auch Interpretieren anhand von Phänomenen lernen. Dies steht im Einklang mit dem Selbstverständnis des Faches Natur und Technik wie auch Physik selbst, indem „die Basis für eine naturwissenschaftliche, technische sowie informatische Grundbildung“ (Lehrplan G8 2009) gelegt wird. Die Physik steht zudem beispielhaft für eine wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften und muss in einer hochtechnisierten Welt dem Schüler stets eine Orientierungshilfe sein (vgl. Lehrplan G8 2009).

Bei obiger Beschreibung soll nicht der Eindruck einer rein formalen Bildungsidee nach Humboldt oder anderen Bildungstheoretikern entstehen, sondern vielmehr im Klafkschen Sinne eine kategoriale Bildung. Die doppelseitige Erschließung also von allgemeinen, erhellenden Inhalten auf objektiver Seite und das Durchdringen von Einsichten, Erlebnisse, Erfahrungen auf der subjektiven Seite der Schüler (vgl. Jank/Meyer 2005, S. 216). Physik soll, wie in neuerer Schultheorie proklamiert, dazu beitragen den Schüler zu einem mündigen Bürger zu erziehen, der kritisch, sachkompetent, selbstbewusst und solidarisch mit physikalischen Themen umgeht.

## **4.2. Unterrichtskonzepte aus der Physikdidaktik**

Sowohl Martin Wagenschein als auch der konstruktivistische Vorbau dieser Arbeit betonen die Wichtigkeit einer exemplarischen und entdeckenden Zugangsweise zur Physik. Diese beiden Konzepte werden in den folgenden Abschnitten genauer beleuchtet und begründet. Vorab noch ein kurzer Hinweis: Auch wenn es sich ursprünglich um Unterrichtskonzeptionen handelt, sind diese nicht ausschließlich auf den Unterricht beschränkt. Sie können ebenfalls Leitlinien für die Art der Wissensvermittlung und des Verstehens an außerschulischen Lernorten vorgeben.

### **4.2.1. Exemplarisches Lernen**

Im Mittelpunkt einer exemplarischen Unterrichtsgestaltung steht die Auswahl der physikalisch und didaktisch relevanten Themen. Ein solches Thema soll dabei stets beispielhaft für ein ganzes Konzept stehen. Die Schüler erlernen an einem konkreten Sachverhalt, die allgemeinen Züge der Physik zu verstehen und diese dann auf andere Sachverhalte zu übertragen. Die Lernsituation

ist nicht nur hinsichtlich des Gegenstandes exemplarisch, sondern auch für den Lernenden selbst. „Im Falle des Schulfaches Physik entstammen solche besonders wichtigen Inhalte vor allem der begrifflichen, der methodischen und der Metastruktur der Physik“ (Kircher 2007, S. 155). Die Herausforderung ist dann stets, die exemplarischen Einzelphänomene über Querverbindungen zu einem, für den Lernenden, authentischen Bild der Wissenschaft Physik zusammenzusetzen. Die Auswahl der Einzelphänomene sollte sich an der Lebenswelt der Schüler orientieren. Weiter setzt Wagenschein für ein erfolgreiches exemplarisches Lernen ein großes Zeitpensum voraus, um sich eingehend mit den Beobachtungen zu beschäftigen und die Dinge gründlicher zu verstehen. Nicht die Quantität schafft das wünschenswerte Lernangebot, sondern vielmehr die Qualität der Versuche und ausreichend Zeit.

Exemplarisches Labor meint im Sinne dieser Arbeit auch, sich beim Heranführen von Schülern an die Physik zunächst auf dem Hintergrund von Alltagserfahrungen mit einer umgangssprachlichen Erklärung zufrieden zu geben und nicht vorschnell physikalische Korrektheit zu fordern (vgl. Kircher 2007, S. 155f). So lässt sich zusammenfassend festhalten, dass es bei der Wissensvermittlung im Schülerlabor um ein „konstruktives Auswählen von Themen [geht], aus denen typische physikalische Strukturen, Arbeits- und Verfahrensweisen (...)“ (Kircher 2007, S. 157) gewonnen werden können.

#### 4.2.2. Entdeckend-Forschendes Lernen

Bereits die Bezeichnung des außerschulischen Lernortes „Schülerlabor“ weckt die Assoziation einer forschenden, wissenschaftlichen Tätigkeit, bei der neue wichtige Erkenntnisse über einen gewissen Sachverhalt gewonnen werden können. Im Rahmen des entdeckenden Lernens wird dem Schüler die Möglichkeit gegeben, für ihn subjektiv Neues zu erforschen. Sind die Entdeckungen durch Hinweise, Ratschläge oder Anweisungen vorstrukturiert, so spricht man von gelenkter Entdeckung. Bleiben diese Hilfen dagegen aus, nennt man die Lernform korrekterweise „forschendes Lernen“. Die Wurzeln dieser Idee vom Entdecken und Forschen an einem Sachverhalt sind in der Reformpädagogik zu finden (vgl. Kircher 2007, S. 160).

Bei der Realisierung entdeckenden Unterrichts sind eine große Zahl von Einflüssen zu berücksichtigen. Grundsätzlich gilt, dass ein Schüler einen Sachverhalt erst dann entdeckend und aktiv klären will, wenn dieser für ihn zu einem Problem geworden ist, „dessen Aufklärung ihm wichtig und sinnvoll erscheint“ (Saxler 1992, S. 33). Die Motivation spielt also in einem wesentlichen Maße eine Rolle. Themen, die in der Lebenswelt der Schüler eine Gegenwarts- und Zukunftsbedeutung gemäß Klafki besitzen, sind dabei idealtypisch, die gewünschte Motivation hervorzurufen (Kircher 2007, S. 84f). Die Motivation kann aber auch durch einen Wettbewerb, unter den im Labor tätigen Schülergruppen, gesteigert werden. Weiter sollte die Problemstellung generell die Aussicht auf Erfolg geben und die Schüler weder unter- noch überfordern (vgl. Saxler 1992, S. 35). Hierzu sollten den Schülern vor dem Lösungsprozess nötige Vorkenntnisse vermittelt werden und während des Prozesses gestufte Lernhilfen zur Verfügung gestellt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Lernhilfen kleinschrittig angeboten werden, um den weitestgehend selbstgesteuerten Entdeckungsprozess nicht allzu sehr zu beeinflussen (vgl. Saxler 1992, S. 37). Das entdeckende Lernen, im besonderen das forschende, weist als implizites Problem eine

unter Umständen oberflächliche Begriffsbildung auf, die zu gegebenem Zeitpunkt aufgearbeitet werden sollte.

Folgende Hypothesen rechtfertigen, warum ein Schülerlabor kein Ort sein sollte, an dem Demonstrations- und Showversuche von Studenten zur Begeisterung vorgeführt werden sollten, sondern an dem ein entdeckendes Experimentieren der Schüler gefördert wird:

- Entdeckendes Lernen ist in einzigartiger Weise im Stande, Motivation und Selbstvertrauen zu generieren.
- Es sichert das Gelernte langfristig.
- Jeder Mensch eignet sich sein Wissen über die Welt schon seit seiner Geburt über die Methode des Entdeckens an.
- Entdeckendes Lernen ist eine notwendige Voraussetzung, um vielfältige Problemlösetechniken zu erlernen (vgl. Ausubel in Kircher 2007, S. 239).

Es bleibt zum Ende dieses Kapitels offen, warum hier, entgegen Wagenscheins Auffassungen, bewusst der genetische Unterricht ausgespart wurde. Grundsätzlich geht es im ersten Teil dieser Arbeit darum, die entscheidenden Gesichtspunkte hinsichtlich eines integrativen Schülerlabors herauszugreifen, wobei die genetische Unterrichtsform eben prozentual gesehen eine weit untergeordnete Rolle spielt. Dazu ist zu sagen, dass ein historisch-genetischer Unterricht, der das Physiklernen als ein Lernen der Dinge vom Zeitpunkt ihrer Entstehung an begreift, völlig aus dem Rahmen fällt, den ein Schülerlabor im Allgemeinen vorgegeben hat. Die Schüler können und sollen nicht an einem Vormittag die Physik von Grund auf verstehen, sondern vielmehr an eben jenen exemplarisch ausgewählten Inhalten einen Zugang zur Physik entwickeln. Dabei werden sie ganz natürlich, in ungenetischer Weise, vorschnell mit neuen Methoden der Wissensaneignung konfrontiert und es werden physikalische Begriffe auftauchen, die bei einem Großteil der heterogenen Schülerschaft zunächst unverstanden bleiben werden. Es bleibt die Idee eines individual genetischen Vorgehens bestehen, bei der im Zentrum der Argumentation die entwicklungspsychologischen Grundlagen liegen. Freilich sind diese im integrativen Schülerlabor von Bedeutung, aber wie bereits in den Aspekten zum Konstruktivismus erläutert, ist dem Schülerlabor hier in gewisser Weise eine Grenze gesetzt. Zudem sei bemerkt, dass trotz allem stets Bezug genommen wird zu den entwicklungspsychologischen Grundlagen, so zu Beispiel bei der Auswahl der Schülerexperimente und der Themen.

### **4.3. Schülerexperimente**

Experimente besitzen in der Physik*didaktik* in Form von Schülerversuchen einen hohen Stellenwert. Das zeigt sich zum einen in der Zahl der publizierten Aufsätze, zum anderen in den Lehrplanvorgaben und es soll auch in der Erläuterung der Physikdidaktik für ein integratives Schülerlabor zum Ausdruck kommen. Um konkrete Forderungen aus verschiedenen Blickwinkeln an Schülerversuche in einem integrativen Labor zu stellen, sind zunächst grundlegende Begrifflichkeiten und Kategorisierungen zu klären, um anschließend die Zieldimensionen und Funktionen der Schülerexperimente offenzulegen.



### 4.3.1. Begrifflichkeiten - Klassifikationen

Häufig wird in der deutschen fachdidaktischen Literatur zwischen den Bezeichnungen „Versuch“ und „Experiment“ unterschieden. Dies ist aufgrund eines Kontinuums möglicher Übergangsformen und auch im Sinne internationaler Standards allgemein in Frage zu stellen (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 72). Allerdings ist diese Differenzierung im Sinne eines integrativen Schülerlabors gar nicht so unsinnig. So beschreibt ein Schüler*versuch* vorwiegend ein Mittel, um physikalische Phänomene zu veranschaulichen und eine physikalische Vorstellung aufzubauen (vgl. Kircher 2007, S. 231). Er ist zumeist mit einem geringen Theoriebezug verbunden (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 72). Das Schülerexperiment dagegen gestaltet sich deutlich formeller hinsichtlich einer systematisierten Datenaufnahme und Analyse der Messwerte sowie einer umfassenden Planung und genauen Kontrolle relevanter Variablen (vgl. Kircher 2007, S. 230). Es wird hierbei deutlich, dass sich beide in ihren Zielsetzungen unterscheiden. Eben diese variierenden Zielsetzungen, auf die detaillierter im folgenden Kapitel eingegangen werden soll, machen es notwendig, Schülerexperimente noch gezielter zu klassifizieren, um letztlich „sinnvoll allgemeine Schlüsse darüber ziehen zu können, welche Faktoren maßgeblich deren Effektivität beeinflussen“ (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 72). Abbildung 2 veranschaulicht eine mögliche Klassifikation.

<b>Klassifikationen von Schülerexperimenten</b> (angelehnt an Kircher 2007, S.236 und Euler S.76)	
<b>Gruppengröße</b>	- Einzelexperiment (1 Person) - Partnerexperiment (2-3 Personen) - Gruppenexperiment (alle > 4)
<b>Erfassung</b>	- quantitativ - qualitativ
<b>Geräteaufwand</b>	- Gedankenexperiment - Simulation - Freihandexperiment - Experiment mit Gerätschaften
<b>Offenheit und Betreuung</b>	- rezeptartige Anleitung - offene Aufgabe und eigenständige Planung - offene Aufgabe mit Hilfestellung
<b>Ergebnissicherung</b>	- keine - individuelle (z.B. Notizen oder Arbeitsblatt) - in der Gruppe (z.B. Plakat)

Abbildung 2: Klassifizierung der Schülerexperimente im integrativen Labor

Die Übersicht macht deutlich, dass Schülerexperimente beziehungsweise Schülerversuche mit Hilfe der fünf Kategorien Gruppengröße, Erfassung, Geräteaufwand, Offenheit und Betreuung sowie Ergebnissicherung klassifiziert werden können. Alle Formen eignen sich in unterschiedlichen Kontexten unterschiedlich gut. Es gilt also immer abzuwägen, welche Möglichkeiten innerhalb der fünf Kategorien geeignet sind, einen physikalischen Sachverhalt zu bearbeiten. Dies soll nun im Hinblick auf die integrative Gestaltung des Schülerlabors durchgeführt werden.

- *Gruppengröße*: Im Schülerlabor, in dem im Idealfall vier bis fünf Schüler eine Station gemeinsam durchlaufen, soll die Gruppe in verschiedenen Zusammensetzungen an den Ver-

suchen arbeiten. So können Experimente in mehrfacher Ausführung für jeden Schüler, als Partnerarbeit und schließlich auch als ein Aufbau für die gesamte Gruppe gemeinsam vorhanden sein. Die verschiedenen Sozialformen während des Experimentierens haben jeweils eigene Vorteile. So kann eine Partnerarbeit eine sehr intensive Begegnung sein, während sich ein Einzelexperiment durch seinen hohen Individualitäts- und Aktivitätsgrad auszeichnen vermag. Hierbei kann ein gegenseitiges Helfen hinzutreten. Das Experimentieren in der Gruppe stärkt im Wesentlichen die Kommunikations- und Teamaspekte. Es bleibt also zu konstatieren, dass der bewusste Wechsel der Gruppengröße (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 72) im Schülerlabor von Bedeutung ist, um dieses effektiv und abwechslungsreich zu gestalten.

- *Erfassung:* Gemäß der Abgrenzung von Versuch und Experiment ist zwischen einer objektivierenden (quantitativen) und einer unmittelbaren (qualitativen) Erfassung von Ergebnissen zu unterscheiden (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 75). Das Festhalten von Messwerten ist demnach einer quantitativen Aufnahme von Ergebnissen zuzuordnen, dagegen ist das Betrachten und Entdecken eines Phänomens einer qualitativen Erfassung zuzuschreiben. Letzteres ist im integrativen Schülerlabor eher anzutreffen.
- *Geräteaufwand:* Weiter unterscheiden sich Schülerexperimente gemäß der Tabelle im Aufwand an Gerätschaften. Dieser reicht vom Gedankenexperiment, Simulation über das Freihandexperiment bis hin zum hohen Aufwand, bei dem auch ein Einsatz komplexer Aufbauten und vieler Gerätschaften zum Tragen kommt. Wie sind die beiden Dimensionen - Erfassung und Geräteaufwand - nun im integrativen Labor zu bewerten? Tendenziell ist ein Ausrichten der *Experimente* hin zum *Versuch* beziehungsweise sogar Freihandversuch wünschenswert und weitestgehend erforderlich, da Versuche mehr auf das unmittelbare, unsystematische Erfassen ausgerichtet sind und so die Lerngruppe im Verblüfft-, Begeistert- und Aktiviertsein eint. Ein Schülerlabor ist aber auch angewiesen auf Authentizität (vgl. Euler 2001 S. 17), um stimulierend zu sein und nachhaltig mit dem naturwissenschaftlichen Arbeiten vertraut zu machen. Die Problematik, die unter Umständen entsteht, ist das Nicht-Erfüllen der Erwartungen mancher Schüler, wenn sie ein Forschungsinstitut besuchen. Versuche im integrativen Schülerlabor sind keine High-End-Experimente, sondern solche, die mit Einfachheit überzeugen sollen. Es gilt daher, die Schüler im Vorhinein über die Veranstaltung ausgiebig zu informieren, sodass sich für sie ein transparentes Bild entwickeln kann. Das heißt für die Experimente: Man sollte sich um einfache Versuche bemühen, die alle Schüler begeistern, und unter Umständen sollte eine zeitweilige Herausforderung durch größere Aufbauten, gegebenenfalls mit einer Datenaufnahme, im Sinne eines klassischen physikalischen Experiments, gegeben sein.
- *Offenheit und Betreuung:* Auch unter dem Aspekt der Offenheit und Betreuung ist ein kategorisches Ausschließen einer Variante innerhalb des integrativen Schülerlabors unangebracht. Versuche mit großer Offenheit, wie sie in unterschiedlicher Literatur zu Schülerlaboren gefordert sind, stellen zwar wesentliche Elemente des forschenden Unterrichts klar heraus, aber es kann sicher davon ausgegangen werden, dass auch rezeptartige Anleitun-

gen zu Motivation durch Erfolgserlebnisse führen. Die Schüler experimentieren streng nach Vorgabe und entdecken zum Schluss ein physikalisches Phänomen, welches vielleicht in ihrem Kontext eine Überraschung in sich birgt. Bei der Betreuung ist es ganz ähnlich: Sollten die Schüler auf der einen Seite, hinsichtlich verschiedener Zielsetzungen, stets zum selbstständigen Arbeiten ohne einen Tutor aufgefordert werden, so können auf der anderen Seite mit dem Betreuer auch aufwändigere Versuche, moderierte Spiele oder gefährlichere Experimente durchgeführt werden, die die Schüler in besonderer Weise begeistern können.

- *Ergebnissicherung*: Die letzte Rubrik, die Art der Ergebnissicherung unterteilt sich in drei Wege. Es kann eine individuelle Dokumentation in Form einer Notiz oder eines veranschaulichten Eindrucks erfolgen, aber natürlich auch in Form eines Arbeitsblattes. Des Weiteren besteht die Möglichkeit zur Gruppendokumentation auf einem Plakat oder einer Website und schließlich gibt es auch die Option, keine Ergebnissicherung zu vollziehen. Gerade hierzu folgen im 2. Teil dieser Arbeit unter dem Aspekt Dokumentation ausführliche Diskussionen, welche Formen für ein integratives Schülerlabor geeignet sind.

Dargestellt wurde: Schülerexperimente im integrativen Schülerlabor sind hinsichtlich ihrer Kategorien weitestgehend nicht zu pauschalisieren, trotzdem sollten sie überwiegend in der *gesamten Gruppe*, mit *qualitativer* Erfassung als *Freihandversuch* umgesetzt und *ausgewertet* werden.

#### 4.3.2. Zieldimensionen der Schülerexperimente

In der Auseinandersetzung über verschiedene Klassifikationen von Schülerversuchen (ab hier wird nun bewusst von Versuchen im obigen Sinne gesprochen) ergaben sich bereits zwangsläufig verschiedene Funktionen und Ziele des Schülerversuchs. Es sollen diese noch klarer herausgestellt werden, besonders auch im integrativen Sinn. Im Anschluss wird schließlich auch auf die kritischen Aspekte einzugehen sein. Die Funktionen und Ziele sind vielschichtig. Schülerversuche können und sollen ... (vgl. Kircher 2007, S. 232ff)

1. *Psychologische Zieldimensionen verwirklichen*: Schülerversuche sind in einzigartiger Hinsicht dazu prädestiniert, die Lernenden zu motivieren (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 67). Beim praktischen Tun wird dem Drang nach Eigentätigkeiten nachgekommen und die Lerneffektivität mittels multipler Zugänge lernmotivationstechnisch erhöht (vgl. Euler 2001, S. 28). *Das Ziel heißt*: Freude und Interesse an der Physik wecken, Selbstvertrauen fördern.
2. *Pädagogische Zieldimensionen verwirklichen*: Während des Experimentierens in der Gruppe kommt es zu kooperativem Arbeiten. Die Schüler können eigenständig Aufgabenteilungen beschließen, aufeinander Rücksicht nehmen, untereinander kommunizieren und miteinander zum Ziel gelangen. *Das Ziel heißt*: Förderung von Selbsttätigkeit und Verantwortung zur Entwicklung eines sozialen Verhaltens (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 73).
3. *Fachimmanente Ziele bezüglich der Methoden verwirklichen*: Dazu gehören das Einüben physikalischer Arbeitsweisen, also das Experiment als zentrales methodisches Element empirischer Naturwissenschaften zu kennen, und der Aufbau von praktischen Fertigkeiten und Handlungskompetenz (vgl. Euler 2001, S. 28). Die Schüler werden auf direkte Weise

an die Prozessziele des Physikunterrichts herangeführt. Sie lernen, was es heißt zu experimentieren im Sinne von Planung, Durchführung und Dokumentation. Sie üben aber auch den Umgang mit technischen Geräten und schwierigen Versuchsaufbauten. *Das Ziel heißt:* Kompetenzen entwickeln im Gebrauch der naturwissenschaftlichen Methoden (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 74).

4. *Fachimmanente Ziele bezüglich der Inhalte verwirklichen:* Im Sinne von direkter Erfahrbarkeit physikalischer Eindrücke können im Schülerversuch die Phänomene und Zusammenhänge klar und überzeugend dargestellt werden, aber auch die Physik in Technik, Alltag und Kulturgeschichte aufgezeigt werden (vgl. Kircher 2007, S. 235). Die Schüler können unter Umständen eigene Fragestellungen entwickeln und nach Möglichkeit überprüfen. Dabei bauen sie physikalische Grunderfahrungen auf. *Das Ziel heißt:* Nachhaltige Eindrücke vermitteln, um dadurch Denkanstöße zur Vertiefung zu geben und schließlich einen Zugang zur Physik zu bekommen oder bereits bestehende eigene Vorstellungen zu konkretisieren.

#### 4.3.3. Schwierigkeiten und Probleme von Schülerversuchen

Die hehren, euphorischen Zielvorgaben müssen aber durchaus etwas relativiert werden. Das chinesische Sprichwort „Ich sehe und ich vergesse. Ich höre und ich erinnere. Lasse es mich tun und ich verstehe“ (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 67), ist zwar auf den ersten Blick unstrittig, doch muss durchaus darauf hingewiesen werden, dass „aus Tun (so lange es Nachvollziehen bleibt) wohl kaum Verstehen [folgt]“ (Engeln/Euler 2005, S. 68). Bedingt durch die in der Physik bestehende Komplexität, durch die vielfältigen Funktionen (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 68) und die fehlerhafte Konstruktion von Schülerversuchen resultieren oft ernüchternde Ergebnisse - und zwar nicht bloß hinsichtlich der kognitiven Lerninhalte. Auch eine funktionierende Teamarbeit gilt es beispielsweise im Voraus zu erwirken. Bezüglich der fachimmanenten Ziele gilt sogar, dass sich Versuch und Theorie gegenseitig bedingen: „Eine Theorie ohne Experiment ist blind, ein Experiment ohne Theorie leer“ (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 69). Welchen grundsätzlichen Gefahren unterliegen die Schülerversuche?

- *Schülerversuche* im Besonderen laufen Gefahr, zu (empiristischen) Fehlvorstellungen über naturwissenschaftliche Methoden zu führen, weil die Versuche zumeist detailliert vorstrukturiert sind und wenig eigenständige Planung erfordern.
- Oft sind Schülerversuche damit auch trivial: Sowohl das Gefühl eines Erfolgserlebnisses als auch der Reiz des forschenden Lernens bleiben aus. Andererseits können aber auch Experimente, die zu hohe Anforderungen besitzen, zu weitaus bedenklicheren Misserfolgen führen.
- Das Schaffen einer artifiziellen Lernumgebung lässt keinen Bezug zum Alltag erkennen.
- Zum großen Teil bestimmen die mentalen Modelle der Kinder, was sie im Experiment sehen. „Man versteht, was man sieht. Man sieht, was man versteht“ (Euler 2001, S. 33). Weiter gilt in diesem Zusammenhang: „Wenn experimentelle Evidenzen eine Veränderung

des mentalen Modells bewirken sollen, so ist das Experiment allenfalls ein Schritt in einem längeren Prozess und zumeist noch nicht einmal der entscheidende“ (Euler 2001, S. 33).

- Schülerversuche können eine Diskrepanz zwischen intelligenteren und leistungsschwächeren Schülern verstärken, wenn sie zu sehr kognitviert sind.
- Insbesondere in Schülerlaboren ist die Frage nach der Nachhaltigkeit der Motivations- und Interessenförderung sehr umstritten.

Alles in allem sind noch zahlreiche Faktoren mit Schülerversuchen verbunden, die die Zielkomponenten, welche die Versuche erreichen sollen, in Frage stellen. Es geht hier vor allem darum aufzuzeigen, dass Experimente und Schülerlabore keinem Automatismus unterworfen sind (vgl. Euler 2001, S. 31). Kein Versuch ist von sich aus ein Selbstgänger, welcher alle Ziele von alleine erfüllt und schon gar nicht im integrativen Labor. Um nun ein möglichst positives Ergebnis im integrativen Schülerlabor hinsichtlich der Verwirklichung aller beschriebenen Zieldimensionen zu erreichen, sind einige Forderungen an die Versuche zu stellen, welche in den didaktischen Prinzipien konkret unter 5.2 wieder aufgegriffen werden.

#### **4.4. Spiele im Physikunterricht**

Ein weiteres wesentliches Element der Physikdidaktik, welches im *integrativen* Schülerlabor Anwendung findet, sind Spiele. Sie haben innerhalb der neuen pädagogischen Diskussionen über Misserfolge in der Schule und mittelmäßiger Fähigkeiten in Bereich Physik an Bedeutung gewonnen (vgl. Kircher 2007, S. 141). Unterteilt wird hinsichtlich ihrer Umsetzung in psychomotorische Spiele, also Geschicklichkeitsspiele, Phantasiespiele, Bauspiele und Regelspiele. Das Rollenspiel ermöglicht das Hineinschlüpfen in eine Rolle und eröffnet so eine neue Perspektive. Um das Verlieren oder Gewinnen geht es im Regelspiel, was das Konkurrenzdenken verstärkt. Konstruktionsspiele stellen den Einsatz von Baukästen beziehungsweise Bastelmaterial in den Mittelpunkt. Sie alle können in einem integrativen Schülerlabor zu unterschiedlichen Zwecken eingesetzt werden.

Was können Spiele nun genau leisten? Ein wichtiger Grundgedanke ist der Freiraum für Schüler, der durch den Einsatz von Spielen geschaffen werden kann und sollte (vgl. Wegener-Spöhring 1995, S. 7). Denn Kinder suchen ihre Herausforderung im Spiel und spielen so lange, bis sie sich ihrer Handgriffe und den Funktionen des Spiels sicher sind. Sie entfalten dabei auf natürliche Weise ihre Kraft (vgl. Saxler 1992, S. 67) und zwar nicht um der Noten wegen, sondern weil es Spaß macht, zum Beispiel im Experiment und mit den Geräten zu spielen. Während des Spielens werden automatisch soziale Kompetenzen wie Kommunikationsfähigkeit und Einfühlungsvermögen angesprochen. Weiter wird die Kreativität des Schülers gefordert und so ein individueller Bezug geschaffen. „Durch spielerisches Handeln entstehen Entwürfe der Realität nicht nur als Vorstufe, sondern als Voraussetzung des wissenschaftlichen Arbeitens“ (Kircher 2007, S. 142). So werden nötige Kompetenzen wie eine gezielte Wahrnehmung oder motorische Fertigkeiten häufig im Spiel erworben. „Die Freude, etwas mir bisher Unbekanntes zu entdecken, stellt eine wichtige spielerische Forschungsmotivation dar“ (Saxler 1992, S. 67). Das heißt, das Spiel ist in hohem Maße Bestandteil eines entdeckenden Unterrichts.

Es ist aber darauf Wert zu legen, dass Spiele nicht instrumentalisiert werden und keine zu enge Bindung an eine Wissensvermittlung aufweisen müssen. Nur freies Spielen ermöglicht einen Weg zu eigenen subjektiv wichtigen Erlebnissen (vgl. Kircher 2007, S. 142) und regt die Schüler dazu an, zu Hause ihren Spieltrieb weiter zu entfalten (vgl. Saxler 1992, S. 67).

## 5. Die Konzeption „integratives Schülerlabor“

Aus den vorangegangenen Überlegungen soll nun in diesem Abschnitt eine Konzeption vorgestellt werden, die einem integrativen Setting gerecht wird. Ausgehend von Zielen werden didaktische Prinzipien angeführt, die für den Entwurf eines konkreten integrativen Schülerlabors unbedingt zu beachten sind. Schließlich sollen auch die Schwierigkeiten, die mit dieser Konzeption einhergehen, nicht vorenthalten werden.

### 5.1. Zielsetzung des integrativen Schülerlabors

Für ein integratives Schülerlabor gilt es, die verschiedenen pädagogischen Zielsetzungen zusammenzufügen, nämlich die der Physikdidaktik, die des Förderzentrums geistige Entwicklung und die des allgemeinen Schülerlabors. Es muss dabei eine Auswahl von übergeordneten Leitzielen aus diesen vier Bereichen getroffen werden, die in ihrer Gesamtheit wiederum leitend für ein integratives Schülerlabor sein sollen. Abbildung 3 stellt dieses Gesamtpuzzle graphisch dar.



Abbildung 3: Leitziele des integrativen Schülerlabors

Im integrativen Schülerlabor ist die Zielsetzung aus pädagogischer Sicht die Wertschätzung der Vielfalt. In einer darin bestehenden Physikdidaktik ist das Entwickeln von Zugängen zur Physik das herausgehobene Leitziel. Zugänge sollen für alle Mitglieder einer heterogenen Gruppe unter dem Aspekt der Gemeinsamkeit ermöglicht werden, sodass die soziale Integration ein weiteres Leitziel des Labors wird. Als letztes Puzzleteil ist mit Interessenförderung an den Naturwissenschaften *und* der Forschung die allgemeinste Zielsetzung von Schülerlaboren gemeint.

## 5.2. Didaktische Prinzipien

Ausgehend von dieser Idee soll es nun darum gehen Prinzipien vorzustellen, die bei der Umsetzung der Ziele eines integrativen Schülerlabors nötig sind. Abbildung 4 stellt diese Prinzipien in einer Übersicht dar.

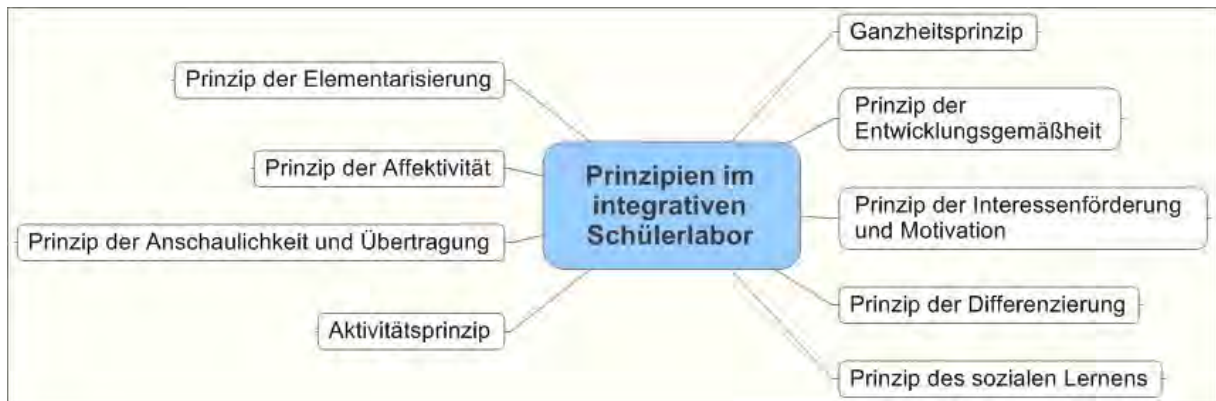


Abbildung 4: Didaktische Prinzipien

Grundsätzlich versteht man unter didaktischen Prinzipien „übergreifende Handlungsorientierungen (...). Sie sind wie alle Prinzipien Aufforderungen mit Grundsatzcharakter, dass heißt, sie geben generelle Richtungen und Gültigkeiten an, deren Wirksamkeit letztlich individuell und situativ bestimmt werden“ (Speck 2005, S. 253). Ergänzt werden diese Prinzipien mit den generellen Anforderungen an Schülerversuche aus psychologischem, pädagogischem und praktischem Blickwinkel sowie dem des naturwissenschaftlichen Handelns.

### 5.2.1. Ganzheitsprinzip

Lernsituationen sollten demnach so angelegt werden, dass der Schüler einen Lerninhalt mit allen Sinnen erfahren kann. Hierzu gehören kognitive, affektive und psychomotorische Elemente, mit deren Hilfe ein Sachverhalt in seiner Ganzheit erschlossen wird (vgl. Straßmeier 1997, S. 95). Je mehr Zugangskanäle angeboten werden, desto mehr Möglichkeiten bestehen für den Lernenden, sich diese einzuprägen und zu verarbeiten, und desto mehr Assoziationsmöglichkeiten sind ihm geboten, die den Abrufprozess erleichtern (vgl. Pitsch 2002, S. 224). Neben dieser vielsinnigen Erschließung eines Lerninhaltes sollte auch das Lernziel als solches in einen realen Sinnzusammenhang eingebettet werden. Die Lernsituation muss deshalb dem Lernenden die Chance geben, im „Sinn- und Sachganzen zu handeln“ (Speck 2005, S. 257). Nur so kann erfahren werden, dass sich die Umwelt auch durch das eigene Handeln verändern lässt. Das Antrainieren von faktischem Wissen oder isolierten Fähigkeiten ist demnach wenig sinnvoll und vernachlässigt die Annahme Piagets, dass sich so gelernte Inhalte „nicht durch Operationen des Umstrukturierens in das psychische Gesamtfeld einfügen lassen“ (Speck 2005, S. 257).

Die Versuche eines integrativen Schülerlabors müssen demnach eine ganzheitliche Bearbeitung des Sachverhaltes ermöglichen. Jeder Versuch sollte die Möglichkeit einer sinnlichen Wahrnehmung mitbringen. Weiter sind die einzelnen Stationen untereinander in einen Sinnzusammen-

hang zu stellen. Dieses sich daraus ergebende Sinnganze wird wiederum in einen Zusammenhang zur Realität gesetzt.

### **5.2.2. Prinzip der Entwicklungsgemäßheit**

Eine optimale Förderung kann nur dann stattfinden, wenn dem Schüler Lerninhalte beziehungsweise Lernziele angeboten werden, die seinem Entwicklungsniveau angepasst sind. Nach Wygotski muss sich dabei an der Zone der nächsthöheren Entwicklungsstufe orientiert werden. Der Schüler wird mit einer Lernanforderung konfrontiert, die ihn zunächst vor ein unbekanntes Problem stellt. Dieses ist allerdings durch eigene Anstrengung und mit Hilfe von anderen zu überwinden und genau dieser Prozess führt dann zu einem Lernerfolg und einem Entwicklungsfortschritt. Die Schwierigkeit besteht nun darin, diese nächste Entwicklungsstufe des Schülers richtig einzuschätzen, damit das Lernangebot zum einen keine Überforderung und zum anderen keine Unterforderung zur Folge hat. Beides würde einen Lernprozess verhindern (vgl. Speck 2005, S. 260f). Darüber hinaus muss über die Art und Weise der Unterstützung beim Lernprozess nachgedacht werden. Welche Hilfsmittel sind geeignet die neue Handlungskompetenz herauszubilden? Aus praktischem Blickwinkel müssen „je nach Selbstständigkeit und Leistungsniveau [...] mehr oder weniger ausführliche Arbeitsanleitungen und fachliche Zusatzinformationen“ (Kircher 2007, S. 244) und Hilfestellungen bereitgestellt werden. Es sollten wichtige Geräte beschriftet werden und stets dafür Sorge getragen sein, dass nur ein Experiment im Mittelpunkt der Beobachtungen steht (vgl. Kircher 2007, S. 241) Das kann im integrativen Schülerlabor durch einen festgelegten Materialtisch und einen Experimentiertisch verwirklicht sein. Aus lernpsychologischer Sicht ist „eine angemessene Strukturierung der Lerninhalte und die Verknüpfung mit dem Vorwissen des Schülers“ (Kircher 2007, S. 239) ein zentraler Bestandteil für effektives Lernen. Hilfefkarten beziehungsweise Vertiefungskarten könnten eine unterstützende Maßnahme sein, welche es ermöglicht, die Lücke zwischen Lerninhalten und vorhandenen Konzepten der Schüler zu schließen. Es ist im Besonderen auf die Eindeutigkeit der Versuche und die offensichtlich liegenden Kausalzusammenhänge zu achten (vgl. Kircher 2007, S. 239f).

Die Versuche müssen auf verschiedenen Niveaustufen eines Inhaltes angeboten werden, damit dem Prinzip der Entwicklungsgemäßheit, angesichts der Bedingungen des Lernortes, entsprochen werden kann.

### **5.2.3. Prinzip der Interessenförderung und Motivation**

Das Interesse besitzt im Schülerlabor, wie auch aus dem Verlauf dieser Arbeit deutlich wird, eine herausragende Position. Ein Experimentieren von Seiten der Schüler, welches nachhaltiges Lernen und eine Aktivierung der Schüler (s. Aktivitätsprinzip 5.2.6) verlangt, ist auf intrinsische Motivation in Form von Interesse an einem bestimmten Sachverhalt angewiesen. „Nur wenn sich der von der Umwelt ausgehende Einfluss in ein eigenes Bedürfnis verwandelt, wird geistige Begegnung (...) möglich“ (Speck 2005, S. 255). Die Motivationspsychologie stellt die Wichtigkeit des Bezuges zur Alltagswelt der Schüler heraus. Zusätzlich ist darauf zu achten, dass der Ablauf interessant gestaltet ist, Spannung aufgebaut wird, wobei keine beobachtbaren Effekte vorweggenommen werden dürfen. Die Motivation kann über die Herstellung eines individuellen Bezuges,



zum Beispiel durch eine Prognose, gestärkt werden (vgl. Kircher 2007, S. 242f). Darüber hinaus sind Erfolgserlebnisse als Anreize sinnvoll. Wünschenswert ist es, den Schülern genügend Zeit zu geben, damit sie in ihrem eigenen Lerntempo arbeiten können und eigene Fragestellungen nach Interesse entwickeln und prüfen zu können (vgl. Engeln/Euler 2005, S. 74ff).

Die Versuche und physikalischen Inhalte müssen bedeutsam in der Lebenswelt der Schüler sein um deren Interesse zu generieren.

#### 5.2.4. Prinzip der Differenzierung und Individualisierung

Innerhalb der Auseinandersetzung mit dem Problem der Heterogenität sind bisher zwei Begriffe prägend: Individualisierung und Differenzierung. Sie zeigen eine Option auf, wie Lernen in heterogenen Gruppen stattfinden kann. Im Folgenden geht es um den Begriff der Inneren Differenzierung im Unterschied zu Maßnahmen der äußeren Differenzierung, die die Schülerschaft nach bestimmten Auswahlkriterien in Gruppen einteilt und diese dann räumlich getrennt voneinander unterrichtet.

Maßnahmen der Inneren Differenzierung sind „alle jene Differenzierungsformen, die innerhalb einer gemeinsam unterrichteten Klasse oder Lerngruppe vorgenommen werden“ (Klafki/Stöcker 1985, S. 119). Dabei kann man zwischen zwei Formen unterscheiden: Zum einen die Differenzierung nach Methoden und Medien bei gleichen Lernzielen und -inhalten, zum anderen die Differenzierung nach Lernzielen und -inhalten (vgl. Klafki/Stöcker 1985, S. 128f). In einer heterogenen Gruppe ist die letzte Variante von großer Bedeutung. Denn sie realisiert lernzieldifferentes Lernen und kann so der individuellen Förderung von Fähigkeiten innerhalb einer heterogenen Lerngruppe gerecht werden. Innerhalb der Differenzierung nach Lernzielen gibt es verschiedene Formen und Arten der Umsetzung. Es sollen nun ausgewählte Formen genannt werden, die vor allem in einem integrativen Schülerlabor von Bedeutung sind:

- Hierzu gehört die Differenzierung bezüglich des Komplexitätsgrades eines Inhaltes. Genauer erläutert wird dieser Sachverhalt unter dem Prinzip Elementarisierung 5.2.9.
- Weiter kann eine Differenzierung hinsichtlich der zur Verfügung gestellten Hilfen vorgenommen werden.
- Die Differenzierung bezüglich des Interesses der Schüler ist vor allem im Zusammenhang von Motivation ein wichtiger Aspekt (vgl. Demmer-Dieckmann 1991, S. 37ff).

Individualisierung kann als am weitesten ausgestaltete Form der Inneren Differenzierung betrachtet werden und orientiert sich nicht an einer Schülergruppe, sondern an einem einzelnen Schüler und seinen Bedürfnissen.

In einem integrativen Schülerlabor werden keine Maßnahmen der äußeren Differenzierung vorgenommen. Die daraus entstehende Heterogenität hinsichtlich vieler Kriterien ist hierbei gewollt. Maßnahmen der Inneren Differenzierung sind erwünscht, um die Lernsituationen für möglichst viele Schüler fruchtbar zu machen. Wesentlich ist hier das Element der Lernzieldifferenz. Es kann nicht darum gehen allen Schülern die gleichen Lernziele zu vermitteln. Individualisiert wird hinsichtlich der Dokumentationsformen, bei den Experimenten, die alleine durchzuführen sind, und durch das Angebot verschiedener Hilfen.

Ein integratives Schülerlabor muss das Lernangebot soviel wie nötig differenzieren und gleichzeitig das Lernen im Team im Blick haben.

### 5.2.5. Prinzip des sozialen Lernens

Soziale Kompetenzen wie Zusammenarbeit, gegenseitige Hilfe und argumentative Konfliktlösung können nur „durch vielfältige Erfahrungen im Rahmen gemeinsamer Vorhaben und Projekte“ (Fischer 2004, S. 39) innerhalb einer Gruppe erworben werden. Der Kompetenzerwerb stellt einen langwierigen Lernprozess dar, der zwar durch Erwachsene unterstützt werden kann und soll, aber dennoch von den Schülern alleine vollzogen werden muss (vgl. Krappmann in Petillon 2002, S. 97). Vor allem die Heterogenität einer Lerngruppe stellt an alle Beteiligten hohe Ansprüche an die sozialen Kompetenzen. Die Dynamik in heterogenen Gruppen provoziert soziales Lernen. Die Idee des integrativen Schülerlabors stellt vor allem die Möglichkeit einer Begegnung von Schülern mit und ohne Behinderung in den Mittelpunkt. Erste Kontaktängste sollen durch die gemeinsame Arbeit an den Experimenten und durch das gemeinsame Thema abgebaut werden. Hierüber kommen die Schüler ins Gespräch oder in eine aktive Auseinandersetzung. Erfahren werden kann hierbei, wie man trotz bestehender „Unterschiedlichkeiten“ aufeinander zugehen kann, die Bedürfnisse des anderen zu respektieren und ihn in seiner Eigenart kennen und schätzen zu lernen. Diese Begegnung kann nur der Einstieg in einen Lernprozess sein, den nicht nur die Schüler, sondern vor allem auch die Erwachsenen zu leisten haben, nämlich die Integration von Menschen mit einer Behinderung. Für die Schüler ohne Behinderung kann eine Konfrontation mit dem Thema Behinderung ein Auslöser sein, die eigene Einstellung zu reflektieren und vielleicht einen eigenen Zugang zur Problematik zu finden. Für den Schüler mit Behinderung kann dieser Tag sehr bereichernd sein und neue Erfahrungen bringen. Darüber hinaus wird das Recht auf soziale Integration, auf die Teilhabe in der Gemeinschaft, zumindest an diesem Tag, ein Stück weit verwirklicht.

Die Experimente des integrativen Schülerlabors müssen so angelegt werden, dass sie die Teamarbeit innerhalb der Gruppe fördern und jeder Schüler zu einem Gelingen beitragen kann.

### 5.2.6. Aktivitätsprinzip

„Der Mensch lernt im Wesentlichen durch seine Handlungen (...). Aktivität ist die Voraussetzung des Lernens“ (Speck 2005, S. 255). Im Tätigwerden spiegelt sich das Verlangen des Menschen beziehungsweise des Schülers wider, das gestörte Gleichgewicht zu überwinden. Besonders gekennzeichnet ist dieser Prozess durch Versuchen und Ausprobieren von Lösungen. Ein integratives Schülerlabor ist in besonderem Maße darauf angewiesen, genügend Gelegenheiten zu geben, in denen die Schüler im tätigen Umgang mit den Dingen Erfahrungen sammeln können. Aktiv wird ein Schüler allerdings nur dann, wenn es das zu Entdeckende auch noch zu entdecken gibt. Nichts, was der Schüler selbst durch eigenes Handeln erschließen kann, sollte deshalb vorweggenommen werden, da es sich demotivierend auf den Schüler auswirkt. Naturwissenschaftliches Handeln ist außerdem durch eine bestimmte Arbeitsweise charakterisiert. Es gilt die Schüler mit diesen Schritten zu konfrontieren. So beginnt das wissenschaftliche Tun dort, wo ein Problem auftritt. Zunächst werden Hypothesen gebildet, die dann durch eine experimentelle Anordnung

überprüft werden. Um schließlich die erfahrenen Eindrücke sinnvoll ordnen zu können, sollten diese in verschiedenen Repräsentationsformen festgehalten und interpretiert werden (vgl. Kircher 2007, S. 240).

Die Stationen eines integrativen Schülerlabors müssen sich durch einen hohen Aufforderungscharakter auszeichnen, der die Schüler motiviert, sich aktiv an den Versuchen zu beteiligen.

### **5.2.7. Prinzip der Anschaulichkeit und Übertragbarkeit**

Hier werden zwei verschiedene Aspekte zusammengeführt, wobei die Übertragbarkeit von der Anschaulichkeit der Lerninhalte abhängig ist. „Anschaulichkeit ist gegeben durch die unmittelbare oder mittelbare Begegnung und Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit“ (Speck 2005, S. 259). Medien wie zum Beispiel Filme oder Bilder, die stellvertretend für die reale Begegnung genutzt werden, sollten so weit wie möglich vermieden werden. Sie sind als Ergänzung sinnvoll, können jedoch nicht die konkrete Auseinandersetzung ersetzen. Wenn ein Lerninhalt konkret mit allen Sinnen erfahrbar wird, ist es dem Schüler auch möglich, diesen auf eine andere konkrete Situation zu übertragen. Diese Fähigkeit zum Transfer macht das Lernen erst nützlich und nicht zu einem bloßen Training von isolierten Fertigkeiten.

Die einzelnen Versuche eines integrativen Schülerlabors machen eine konkrete Begegnung mit den Phänomenen aus der Physik möglich. Der Versuch per se zeichnet sich also dadurch aus, dass er ein Phänomen klar und überzeugend darstellt. Physikalische Nebeneffekte sind von Seiten der Wahrnehmungspsychologie weitestgehend auszublenden, da die Schüler meist über zu wenig Differenzierungs-, Diskriminierungs- und Integrationsfähigkeit verfügen. „Schnelle, komplexe Abläufe kann man evt. mehrmals“ (Kircher 2007, S. 241) durchführen lassen, da die Aufnahmegeschwindigkeit und die Aufnahmekapazität begrenzende Faktoren darstellen.

### **5.2.8. Prinzip der Affektivität**

Dieses Prinzip ist für die Gestaltung jeglicher Lernsituation von großer Bedeutung, denn es rückt die positive emotionale Grundstimmung als wichtige Voraussetzung für erfolgreiches und lustvolles Lernen in den Mittelpunkt. Folgende Fragen sollten bei der Planung von Lernsituationen gestellt werden:

- Gibt der Lernort ein Gefühl der Zugehörigkeit, Sicherheit und der Geborgenheit?
- Ist die Lernsituation so gestaltet, dass sich der Lernende nicht überfordert fühlt? Oder positiv formuliert: Hat der Lernende das Gefühl, Erfolg zu haben?
- Ist das Angebot an Neuem zu viel oder angemessen?
- Kann sich der Lernende frei entfalten oder muss er Angst vor einer Beurteilung durch andere haben?
- Erhält der Lernende für erfolgreiches Handeln eine positive Rückmeldung beziehungsweise Bestätigung?

Diese Fragen stellen nur eine Auswahl an wichtigen Bedingungsfaktoren für ein gelungenes Lernklima dar (vgl. Pitsch 2002, S. 226f). Ein integratives Schülerlabor sieht sich vor der besonderen Schwierigkeit, in Anbetracht der vielen neuen Situationen für alle Schüler eine entspannende und vertraute Atmosphäre zu entwerfen. In diesem Zusammenhang ist es wichtig, einmal zu skizzieren, in welcher Situation sich die Schüler befinden, und ausgehend davon einzuschätzen, welche Situationen unangenehm beziehungsweise beängstigend für sie sein könnten.

**Neue Umgebung:** Die Schüler befinden sich in einem unbekanntem Gebäude, in unbekanntem Zimmern. Sie können sich dort kaum eigenständig bewegen und haben keine Orientierungsmöglichkeiten. Die Größe des Gebäudes kann einschüchternd wirken. Für eine bessere Orientierung und vertrautere Umgebung kann aufgrund der Einmaligkeit der Begegnung nicht gesorgt werden. Allerdings kann mit Hilfe eines Betreuers ein Ansprechpartner gegeben werden, der die Schüler zu den verschiedenen Stationen begleitet und so das Gefühl von Sicherheit vermittelt.

**Neue Gesichter:** Die Idee des integrativen Schülerlabors sieht vor, dass dort jeweils eine Klasse aus dem Gymnasium und eine Klasse aus dem Förderzentrum geistige Entwicklung gemeinsam Begegnungen mit der Physik erleben. Es wird über das Thema der Physik ein Begegnungsraum zu sozialen Interaktionen geschaffen. Die Klassen kennen sich zwar noch nicht vorher, wissen aber, dass sie dort mit einer anderen Klasse zusammenarbeiten. Es sollte deshalb zu Beginn etwas Zeit gegeben werden, um sich besser kennenzulernen, da später im Team gemeinsam gearbeitet werden soll. Neben den Schülern der anderen Klasse sind auch die anwesenden Betreuer neu, die sich vorstellen müssen.

**Neue Lerninhalte:** Physikalische Phänomene sind in niederen Jahrgangsstufen bisher allen Schülern, zumindest aus schulischer Sicht, neu. Die einzelnen Stationen stellen sie vor die Herausforderung, die Inhalte der Experimente und bereits gemachte Erfahrungen aus der Umwelt zu verknüpfen. Ausgehend von dieser Verknüpfung kann dann ein Bild von dem entstehen, womit sich das jeweilige Thema des Labors tatsächlich beschäftigt.

**Neue Methoden:** Für viele Schüler dieser Jahrgangsstufen, im Besonderen für die des Förderzentrums, werden auch die Methoden des Experimentierens und des Dokumentierens noch nicht bekannt oder zumindest vertraut sein. Dies muss in der zeitlichen Planung der Stationen mitberücksichtigt werden.

Auch wenn diese gewissen Faktoren zur Unsicherheit der Schüler beitragen, so stellen sie dennoch einen motivierenden Reiz dar. Denn etwas Neues macht neugierig auf das, was da kommt. Dies sollte neben den erwähnten Problemen nicht außer Acht gelassen werden.

Ein integratives Schülerlabor muss, bei allen aufgeführten Problemen, eine für die Schüler möglichst angenehme Lernatmosphäre schaffen.

### **5.2.9. Prinzip der Elementarisierung**

Alle Kinder alles lehren - aber wie? Es ist einsichtig, dass es ein Grundproblem der Didaktik und einer integrativen Physikdidaktik im Besonderen ist, die Inhalte und komplizierten Zusammenhänge so anzubieten, dass sie für jeden Schüler einsichtig sind und qualitativ nicht an Wert verlieren, dass also der Kern der Sache erhalten bleibt. „Elementarisierung [ist] die Vereinfachung

von realen oder theoretischen Entitäten mit Bezug zu Physik und Technik - ein Zerlegen von komplexen Dingen in elementare Sinneinheiten“ (Kircher 2007, S. 101). Hauptproblem dabei ist im Wesentlichen, dass es gerade die Verknüpfungen sind, die in der Physik bedeutsam sind, und damit eine einfache Zerlegung in Elemente, so wie es sich der Pädagoge Pestalozzi vorgestellt hat, oftmals nicht möglich ist. Elementarisierung ist also nicht für alle Inhalte möglich und zusätzlich von individuellen und situativen Voraussetzungen abhängig (vgl. Mikelskis 2006, S. 87f).

Die Elementarisierung beginnt bereits bei der Auswahl von Inhalten. „Es sind (...) solche Sachverhalte auszuwählen, die für die Physik und den Lernenden elementar sind, die beispielhaft und grundlegend für ein physikalisches Gebiet erscheinen und als bedeutsam für den Bildungsprozess der Lernenden begründet werden können“ (Mikelskis 2006, S. 96). Nach dieser exemplarischen Auswahl geht es nun darum, den Kern eines konkreten Lerninhaltes zu finden, um ihn anschließend in elementare Sinneinheiten einzuteilen. Diese elementaren Sinneinheiten gilt es nun so aufzubereiten, dass sie für den Schüler verständlich sind. Hierzu sollen einige ausgewählte Möglichkeiten vorgestellt werden:

- Reduktion auf das Qualitative: Es geht um die Rückführung von beispielsweise physikalischen Größen auf ihre qualitativen Merkmale.
- Generalisierungen: Gesetze, die nur an einigen Versuchen verdeutlicht wurden, können dennoch universell verallgemeinert werden.
- Partikularisierung: Physikalische Begriffe lassen sich „an eine[r] Vielzahl von unterschiedlichen Fällen (...) betrachten“ (Mikelskis 2006, S. 94). Es ist aber sinnvoll, bei einer Einführung auf ein Musterbeispiel zurückzugreifen. So kann der konkrete Sachverhalt an einem Beispiel erworben werden, bevor er auf einen anderen Fall übertragen wird.
- Vernachlässigung von Einflussfaktoren: Zu einer Beschreibung physikalischer Sachverhalte zählt eine Vielzahl von Einflussfaktoren. Jedoch nehmen nicht alle beteiligten Faktoren gleich viel Einfluss auf den zu beschreibenden Sachverhalt. Faktoren, die für das Verständnis erschwerend sind und den Sachverhalt nicht wesentlich beeinflussen, können vernachlässigt werden.

Neben den bereits genannten Möglichkeiten zur Umsetzung der Elementarisierung eignet sich auch die Orientierung an den EIS-Repräsentationsweisen eines Sachverhaltes. So muss nach Bruner „jeder zu lernende Sachverhalt 'enaktiv', ikonisch und symbolisch dargestellt werden, und das auch in dieser Reihenfolge“ (Kircher 2007, S. 112). Beispielhaft kann eine Lerngruppe erst ein Experiment durchführen, der Aufbau und die entscheidenden Prozesse werden anschließend in einer Bilderfolge festgehalten. Schließlich wird die Erkenntnis aus diesem Experiment in ein Gesetz transformiert. Die kognitive Anforderung während dieser Bearbeitung nimmt von der handelnden Auseinandersetzung über die graphische Darstellung bis zur Wiedergabe des Sachverhaltes, zum Beispiel mit Hilfe einer mathematischen Formel, zu. Die Qualität der Auseinandersetzung ist jedoch als gleichwertig anzusehen. Die Stufen des EIS-Prinzips stellen eine Möglichkeit dar, physikalische Gesetz, Begriffe oder Theorien hinsichtlich der Art des Zuganges

zu vereinfachen. Im Bezug auf den Entwurf eines integrativen Schülerlabors ist es wünschenswert, die drei Repräsentationsweisen durch eine weitere zu ergänzen, nämlich durch die Komponente der sinnlichen Wahrnehmung. Bereits Wagenschein kritisierte diese fehlende Sinnlichkeit in der Physik (vgl. Kircher 2007, S. 56f). Denn nur im Umgang mit den Dingen, die überraschen und überzeugen, die man sehen, hören und fühlen kann, wird die Physik erschlossen. Diese Ergänzung beugt umso mehr der Gefahr vor, eine zu starre und rein kognitive Vermittlung der Lerninhalte zu vollziehen. Zwar wird in dem EIS-Prinzip zur handelnden Auseinandersetzung aufgefordert, doch ist diese Handlung eher zweckorientiert, als dass sie ein freies Ausprobieren meint. Durch den Zusatz einer sinnlichen Wahrnehmung eines Sachverhaltes wird dem entgegengewirkt. Diese Stufe ist noch frei von jeglichen Zielen und dient lediglich dazu, dass der Schüler durch die sinnliche Auseinandersetzung seine Erfahrungen erweitert. An dieser Stelle soll kurz an den Kontext erinnert werden, um das EIS-Prinzip mittels anderer didaktischer Prinzipien etwas zu relativieren. Alle erläuterten Prinzipien sind in gleicher Weise wichtig bei der Umsetzung eines Schülerlabors. Das EIS-Prinzip geht in diesem Sinne über das Prinzip Elementarisierung hinaus. Es ist zwar unabdingbar im Bereich der Physikdidaktik, trotzdem werden wesentliche Komponenten wie sinnliche Wahrnehmung oder bildliche Darstellungen in anderen Prinzipien (Ganzheitlichkeit, Anschaulichkeit und Übertragbarkeit) widergespiegelt. Der Kern der Sache soll gewissermaßen die didaktische Reduktion und Rekonstruktion verschiedener Themen sein. Ein integratives Schülerlabor muss mit Hilfe der Elementarisierung den Kern einer Sache für alle Schüler erfahrbar machen.

**Zusammenfassend:**

1. Die Versuche eines integrativen Schülerlabors sollen demnach eine ganzheitliche Bearbeitung des Sachverhaltes ermöglichen. Weiter sind die einzelnen Stationen untereinander in einen Sinnzusammenhang zu stellen. Dieses sich daraus ergebende Sinnganze wird wiederum in eine Beziehung zur Realität gesetzt.
2. Die Versuche müssen auf verschiedenen Niveaustufen eines Inhaltes angeboten werden und mit verschiedenen Hilfsangeboten ergänzt werden, damit dem Prinzip der Entwicklungsgemäßheit, angesichts der Bedingungen des Lernortes, entsprochen werden kann.
3. Die Versuche und physikalischen Inhalte müssen bedeutsam in der Lebenswelt der Schüler sein, um deren Interesse zu generieren.
4. Ein integratives Schülerlabor muss das Lernangebot so viel wie nötig differenzieren und gleichzeitig das Lernen im Team im Blick haben.
5. Die Experimente des integrativen Schülerlabors müssen so angelegt werden, dass sie die Teamarbeit innerhalb der Gruppe fördern und jeder Schüler zum Gelingen beitragen kann.
6. Die Stationen eines integrativen Schülerlabors müssen sich durch einen hohen Aufforderungscharakter auszeichnen, der die Schüler motiviert, sich aktiv an den Versuchen zu beteiligen.
7. Die einzelnen Versuche eines integrativen Schülerlabors machen eine konkrete Begegnung mit den Phänomenen aus der Physik möglich.
8. Ein integratives Schülerlabor versucht eine für die Schüler angenehme Lernatmosphäre zu schaffen.
9. Ein integratives Schülerlabor muss mit Hilfe der Elementarisierung den Kern einer Sache für alle Schüler erfahrbar machen.

**5.3. Schwierigkeiten des integrativen Schülerlabors**

Es wurde bisher dargestellt, wie ein integratives Schülerlabor bestmöglich gestaltet werden kann. Mit Hilfe der genannten Prinzipien kann das gemeinsame Lernen einer heterogenen Lerngruppe realisiert werden. Dennoch zeigen sich im Verlauf der Arbeit einige Schwierigkeiten, die nicht verschwiegen werden sollen. Sie betreffen zum einen die konkrete Gestaltung der Stationen, zum anderen organisatorische Bedingungen und schließlich Grenzen des integrativen Schülerlabors hinsichtlich pädagogischer und physikalischer Ziele.

Bei der Gestaltung der Stationen stellt sich die Umsetzung des Prinzips der Entwicklungsgemäßheit als schwierig heraus. So ist die Lerngruppe hinsichtlich des Entwicklungsniveaus sehr heterogen und den Gestaltern des Labors vor der Durchführung weitestgehend unbekannt. Eine Einschätzung der Schüler und eine daraus resultierende Anlehnung an den individuellen Entwicklungsstufen kann nicht geleistet werden. Es muss also im Vorhinein anhand normorien-

tiertes Wissen entschieden werden, welche Inhalte und Ziele der Entwicklung der Schüler gerecht werden könnten. Der Lehrplan einer Jahrgangsstufe versucht die möglichen Interessen der Schüler mit den möglichen Kompetenzen einer Altersgruppe in Beziehung zu setzen und kann deshalb als Orientierungshilfe dienen. Ausgehend von diesen Lehrplaninhalten müssen nun die konkreten Versuche so angereichert werden, dass Zugänge auf verschiedenen Entwicklungsniveaus möglich sind. Darüber hinaus können verschiedene Hilfsangebote gemacht werden, die dem einen oder anderen Schüler helfen können, auf die nächste Stufe seiner Entwicklung zu gelangen. Die Versuche eines integrativen Schülerlabors können dennoch allenfalls einer schemenhaften Orientierung an den Entwicklungsstufen der Schüler folgen und nicht die individuellen Entwicklungsniveaus aller beteiligten Schüler treffen.

Hiermit verbunden ist auch eine Einschränkung des Individualisierungsprinzips, dessen Voraussetzung die Orientierung an den individuellen Bedürfnissen der Schüler ist. Möglichkeiten sind zwar zum Beispiel durch eine individuelle Dokumentation bei einer alleinigen Durchführung eines Experimentes oder durch Hilfsangebote gegeben, dennoch sind diese eher norm- als schülerorientiert. Dieses für die Unterrichtsgestaltung wichtige Prinzip ist in seiner Funktion im Zusammenhang mit dem integrativen Schülerlabor kritisch zu reflektieren. Es gilt abzuwägen, ob eine zu starke Individualisierung in einem integrativen Schülerlabor nicht Gefahr laufen würde, zu einem Mittel der Selektion zu werden und damit ein Arbeiten im Team verhindern könnte. „Ein Höchstmaß an Individualisierung gerät in Gefahr Formen des sozialen Ausschlusses herzustellen und inhaltlich zu isolieren“ (Markowetz in Sander 2004, S. 171).

Aus konstruktivistischer Sichtweise wurde bereits erläutert, dass es darüber hinaus wünschenswert sei, die Schüler unmittelbar an der Auswahl der Lerninhalte zu beteiligen. Die Konzeption des Schülerlabors sieht dies nicht vor, da es diese Spontanität bei der Auswahl nicht leisten kann. Die Vorstrukturierung der Lernumgebung und die Füllung dieser mit bestimmten Lerninhalten ist organisatorisch unverzichtbar vor allem dann, wenn die Schüler die gemachten Erfahrungen in einen Gesamtzusammenhang bringen sollen.

Die Durchführung eines integrativen Schülerlabors stellt zudem hohe Anforderungen an die organisatorischen Rahmenbedingungen. Die erste Hürde beginnt bereits bei der Kontaktsuche. Es gilt hier zu entscheiden, wie groß die Gruppen sein können und wie diese zusammengesetzt werden, damit die Schüler im Team aktiv beteiligt werden. Es stellte sich heraus, dass eine Gruppengröße von fünf Schülern nicht überschritten werden sollte. Dies hat zum einen räumliche Gründe, da die Schüler für manche Experimente um einen Tisch passen müssen, um gute Sicht zu haben und zum anderen gruppendynamische. Es besteht die Tendenz, dass sich Gruppen, je größer sie werden, in Untergruppen aufteilen und so ein gemeinschaftlicher Teamprozess verhindert wird. Zusammengesetzt wird nun jede Gruppe mit zwei Schülern des Förderzentrums und drei Schülern des Gymnasiums. Wichtig ist, dass jede Gruppe integrativ besetzt ist und keine „homogenen“ Gruppen entstehen. Die integrative Konzeption steht schließlich nicht zur Disposition. Bedingt durch die große Klassenstärke des Gymnasiums sind mehr Gymnasialschüler in einer Gruppe. Dennoch sollte sich kein Schüler mit Förderbedarf alleine in einer Gruppe fühlen und ist deshalb immer mit einem ihm bekannten Schüler zusammen. Ausnahmen sind natürlich zu machen, wenn der Schüler von sich aus den Mut ergreift, alleine in einer Gruppe mit den Gymnasialschülern zu arbeiten. Hochgerechnet heißt das in einem fiktiven Beispiel von acht Sta-



tionen: 24 Gymnasialschüler und 16 Schüler mit Förderbedarf, insgesamt also eine Schülerzahl von 40. In der Realität sind solche Klassengrößen weder am Gymnasium noch am Förderzentrum geistige Entwicklung anzutreffen. Es muss daher immer wieder neu in Abhängigkeit von den konkreten Schülerzahlen entschieden werden, welche Zusammensetzungen möglich sind und welche Umstrukturierungen nötig sind, um das Schülerlabor zu realisieren. Es wird schließlich ein hohes Maß an Flexibilität gefordert. Aufgrund der hohen Schülerzahl und der daraus resultierenden Doppelbelegung der Stationen werden mehr Räume benötigt. Effektiv müssen sechs Räume der Universität in unmittelbarer Nähe reserviert werden. Angesichts der generellen Raumproblematik ist dies kein leichtes Vorhaben. Ebenfalls bedingt durch die hohe Schülerzahl ist der Mehraufwand an Betreuern, die eine Umsetzung durch ihr freiwilliges Engagement überhaupt erst möglich machen.

Ein weiteres Ziel des integrativen Schülerlabors ist es, ein Stück weit zum Prozess der Integration von Menschen mit einer Behinderung in die Gesellschaft beizutragen. „Soziale Eingliederung ist ein Prozess, bei dem sich Individuen, die sich als andersartig begegnen, aufeinander zu begeben und sich dabei im Sinne einer Annäherung verändern“ (Speck 2007, S. 96). Grundsätzlich kann es bei dem einmaligen Besuch des integrativen Schülerlabors lediglich darum gehen, Einstellungsänderungen hinsichtlich der Thematik Behinderung in Gang zu setzen. Doch „fraglich ist (...), ob Kontakt in dem Maße zu einer positiveren Haltung gegenüber Behinderten führen kann, wie dies oft erwartet wird“ (Cloerkes 2007, S. 151). Denn räumliche Nähe oder Gelegenheiten zum Kontakt erhöhen zwar die Chance einer Einstellungsänderung, bewirken sie aber nicht zwangsläufig. Unter Umständen können sich Einstellungen sogar bei Kontakten zum Extremen hin verstärken. Das heißt eine negative Einstellung gegenüber Menschen mit einer Behinderung kann nach einem Kontakt mit dieser Gruppe noch weiter zum Negativen tendieren (vgl. Cloerkes 2007, S. 147f). Hinsichtlich der Schwierigkeit, eine negativ geprägte Einstellung in eine positive zu verwandeln, ist es offen zu halten, inwiefern das integrative Schülerlabor als ein einmaliges Erlebnis dies zu leisten vermag. Cloerkes hält eine Veränderung nur unter bestimmten Bedingungen für möglich. Wichtigste Voraussetzung im Schülerlabor ist die Schaffung von Lernsituation, in denen die Schüler in einer leistungsneutralen Atmosphäre gemeinsame Aufgaben und Ziele verfolgen (vgl. Cloerkes 2007, S. 147f).

## Teil II.

# Wir wollen's wissen, wie ist das eigentlich mit der Physik? Ein integratives Schülerlabor

Das hier im zweiten Teil konkret entworfene integrative Schülerlabor besteht aus vier Stationen zu Optik, Elektromagnetismus, Thermodynamik und Mechanik und soll einen Einblick in diese verschiedenen Teilgebiete der Physik geben. Es ist vor allem bezüglich der Lerninhalte für die 6. Jahrgangsstufe angedacht. Zum Labor wurde mit einer Grundschulklasse ein Testlauf durchgeführt, der in diesem zweiten Teil ausgewertet wird. Es werden außerdem Rahmenelemente des Labors und die Stationen selbst in ihrer didaktischen Aufbereitung beschrieben. Zuletzt behandelt die Arbeit die praktische Umsetzung des Labors mit zwei Klassen aus dem Raum Würzburg.

## 6. Motivation für das Thema

In diesem Abschnitt soll es kurz um die Motivation für die Wahl einer 6. Jahrgangsstufe und des Themas „Wir wollen's wissen - wie ist das eigentlich mit der Physik?“ (kurz bezeichnet mit WWW) gehen.

### 6.1. Begründung für die 6. Jahrgangsstufe

Das Schülerlabor ist in seiner ursprünglichen Fassung für die 6. Jahrgangsstufe konzipiert worden. Die Auswahl ist wie folgt zu erklären: Jene Idee, die aus der Konversation im Vorwort dieser Arbeit hervorgeht, ist die Schaffung einer integrativen Lernsituation auch *nach* der Grundschule. Hierbei fiel die Wahl auf eine Kooperation zwischen einem Gymnasium und einem Förderzentrum mit dem Förderschwerpunkt geistige Entwicklung, um in nachdrücklicher Weise auch das Gymnasium in seine Pflicht als integrativen Lernort zu ziehen. Nicht nur Haupt- oder Realschulen sollen sich dieser Aufgabe stellen, auch in einem Gymnasium, mit den „besten“ Leistungsträgern, sollten im Hinblick auf eine „Schule für alle“ diese Kooperationen Früchte tragen.

Einen wichtigen einschränkenden Gesichtspunkt stellen die unterschiedlichen Vorerfahrungen der Schülergruppen dar. Um nicht Gefahr zu laufen, diese zu sehr zu betonen, sollten die Schüler gleiches Vorwissen hinsichtlich des behandelten Themas mitbringen. Ein Schülerlabor für eine 10. Klasse ist in gleicher Weise wünschenswert, aber trotzdem erst ein nächster Schritt. Hier tritt aufgrund der getrennt verlaufenden Schulkarrieren der beiden Klassen der erwähnte Aspekt in den Vordergrund, sodass die Wahl letztlich auf jüngere Klassen der weiterführenden Schulen fiel. Da Physik erst ab der 7. Jahrgangsstufe am Gymnasium unterrichtet wird und die Schüler des Förderzentrums kaum mit physikalischen Inhalten konfrontiert werden, bot sich die 6. Jahr-

gangsstufe, beziehungsweise eine junge 7. Jahrgangsstufe, an. Beide Schülergruppen bringen also keine unterrichtlichen Vorkenntnisse zur Physik mit und können dann gemeinsam erste Erfahrungen in diesem „harten Fach“ sammeln.

## 6.2. Begründung für das Themas des Labors

In einer Themenfindung für ein integratives Schülerlabor (für eine 6. Klasse), welches vor allem hinsichtlich der Versuche alle im ersten Teil angesprochenen Kriterien wie Faszination, Staunen und Lebensnähe verwirklicht, entstand das vorliegende Labor aus der Idee „Physik im Alltag“. Bei der Suche nach „alltäglicher“ Physik kristallisierte sich immer häufiger der gern zitierte Satz „Physik [ist] überall“ (Appel 2005, S. 6) heraus. Im Hinblick auf ein Schülerlabor für die 6. Klasse drängte sich gewissermaßen die Physik selbst als zu behandelndes Thema auf. Das soll meinen, die Physik mit Hilfe exemplarischer Alltagsinhalte in vielseitigen Schülerversuchen zu erforschen. Dem ist ergänzend als Begründung hinzuzufügen, dass innerhalb des Gymnasiums der Leistungsdruck, dem die Schüler ausgesetzt sind, sehr hoch ist. Auch die Lehrer haben Mühe, die vom Lehrplan vorgegebenen Inhalte zeitlich unterzubringen. Das entwickelte Schülerlabor sollte das bedenken. Es wäre für Schüler und Lehrer von Vorteil, wenn die Inhalte sich sinnvoll im Unterricht einbringen ließen und der Zeitdruck aufgrund eines „verlorenen“ Schultages entschärft würde.

Um einen Einblick für Sechstklässler in die Naturwissenschaft zu ermöglichen, sei unabhängig vom Thema und dem Lehrplan an dieser Stelle nochmals an die Konzepte zur Inhaltsauswahl aus Teil I erinnert. Ebenso soll sich das Schülerlabor in seiner Zielsetzung natürlich am entworfenen Puzzle aus dem ersten Teil orientieren. Die Schüler sollen also aus physikalischer Sicht einen Zugang zur Naturwissenschaft erlangen, sie sollen verstehen, was Physik ist, welche Teilgebiete es gibt und typische Methoden der Physik und Vorgehensweisen zur Erkenntnisgewinnung kennenlernen. Das Schülerlabor soll im Besonderen auf die Interessen der Schüler an Naturphänomenen eingehen und diese weiter ausbauen und fördern. Eine letzte Idee, die es zu beschreiben gilt bei der Motivation zu einem integrativen Schülerlabor zum Thema Physik, ist, dass an vielen Stellen die Teamarbeit erwähnt wird, die Physiker betreiben, wenn sie in großen Forschungsgruppen arbeiten, sodass die Schüler auch an diese Sozialform herangeführt werden.

Im Folgenden wird die Motivation aus Sicht der Schülergruppen nun etwas differenzierter angegangen. Dabei soll in keinem Fall der Eindruck entstehen, es handele sich um Gedanken, die die beiden Gruppen entgegen pädagogischer Grundsätze dieser Arbeit voneinander abgrenzen sollen. Jedoch muss auch erwähnt sein, dass die Schülergruppen sowohl hinsichtlich ihrer bisherigen als auch ihrer zukünftigen Lebensläufe in hohem Maß von unterschiedlichen Strukturen beeinflusst werden, sodass es im Bezug auf die folgenden Argumente durchaus erlaubt sein muss, die Motivationen aus zweierlei Perspektiven zu erörtern. So ist eine Motivation aus physikalischen Gesichtspunkten hinsichtlich der Schüler des Gymnasiums sicherlich, dass sie im Sinne einer propädeutischen Physik (wie es sie noch im alten G9-Lehrplan gab) eine Übersicht bekommen, was die Physik, die sie ihr Schulleben lang begleitet, alles sein kann. Im Idealfall sind die Schüler, die kurz davor stehen, Physik auch als festes Schulfach zu bekommen, motiviert worden, sich mit Freude dem neuen Fach zu widmen. Der ständige Bezug zur Realität und der

Spaß, den die Schüler mit den Experimenten haben können, soll die Physik auf der Beliebtheitskala der Fächer anheben. Sie sollen im Vorhinein positiv mit dem Fach konfrontiert werden. Der vorherrschende Frontalunterricht in der Schule ermöglicht solch eine Herangehensweise nur selten. Für die Schüler aus dem Förderzentrum dagegen ermöglicht das Potpourri von Versuchen aus verschiedenen Bereichen einen Einblick in die Physik zu bekommen, den sie sonst in ihrer Schulkarriere nicht erhalten können. Mit vielen Gerätschaften, Erlebnissen und der Institution Universität können sie dann den abstrakten Begriff „Physik“ verbinden. Auch bei ihnen kann der Alltagsbezug als entscheidendes Motivationselement gesehen werden, aber im Besonderen ist auch zu erwähnen, dass dieser Alltagsbezug vor allem auch als Lernelement begriffen werden kann. So assoziieren die Schüler aus dem Förderzentrum in besonderer Weise die in der Umwelt beobachteten Phänomene mit denen, die sie im Labor erlebt haben.

Zuletzt muss auf die im ersten Teil verwiesenen Ziele des Physikunterrichts verwiesen werden, in denen der Bezug hergestellt wurde zwischen dem Wissen, das im Physikunterricht erworben wurde, und der Überraschung und Verwunderung, mit der der Lernprozess beginnt. Die Motivation für das WWW-Schülerlabor ist, eine solche Verwunderung, aber auch ein Interesse für die Physik bei allen Schülern in einem gemeinsamen Lernprozess auszulösen. An dieser Stelle bleibt die Frage offen, ob ein spezielleres Thema, welches sich mit einem sehr viel kleineren Bereich beschäftigt, wie zum Beispiel ein Labor nur zur Mechanik, zum Druck oder zum Regenbogen, alles das in diesem Absatz Erläuterte hätte leisten können. Offen bleibt hier auch die Fragestellung, wie sich der Integrationsgedanke ändern muss, wenn die Inhalte noch spezieller und die Klassenstufen größer werden. Dies wird im letzten Abschnitt, der Auswertung, nochmals aufgegriffen.

### 6.3. Das Motto

An den Titel einer Veranstaltung oder eines Angebots werden hohe Ansprüche gestellt. Er soll informieren, aber nicht zu viel verraten, die Neugier wecken, der Altersgruppe angepasst sein und für sie ansprechend klingen, vielleicht sogar Identifikationsmöglichkeiten bieten. Bestenfalls spiegelt sich in ihm auch eine gewisse pädagogische Einstellung wider. Von „ein Tag mit Daniel Düsentrieb“ bis zu den „Gesichtern der Physik“ wurde viel diskutiert. Entschieden wurde sich dann für den Titel: „Wir wollen's wissen - wie ist das eigentlich mit der Physik?“ Zum einen ist der Ausdruck „wir wollen's wissen“ an die Kindersendung „Willi wills wissen“ angelehnt. Willi Weitzel ist vielen Schülern ein Begriff und der Slogan daher bekannt. Zum anderen sind die Schüler dazu angehalten, es wirklich wissen zu wollen. Dieser Spruch soll also zu einer aktiven Auseinandersetzung anregen. Dass dieses Schülerlabor im Besonderen auf Teamarbeit angewiesen ist und es um ein Miteinander geht, soll das „Wir“ betonen. Der weitere Wortlaut des Titels „wie ist das eigentlich mit der Physik?“ informiert die Schüler über den groben Inhalt der Veranstaltung und löst bei dem einen oder anderen Schüler vielleicht wirklich die intuitive Frage aus: „Stimmt. Was ist Physik eigentlich?“

Diesem Titel ist noch der Untertitel „Ein integratives Schülerlabor für die 6. Jahrgangsstufe zum Thema Physik“ beigefügt. Hierdurch wird die Veranstaltung für die Beteiligten noch transparenter. Es wird die geplante Jahrgangsstufe genannt und vor allem die Besonderheit des Labors

herausgestellt. Denn es handelt sich um ein integrativ gestaltetes Labor, welches Schüler mit und ohne Behinderung zur gemeinsamen Auseinandersetzung am gemeinsamen Gegenstand der Physik einlädt.

## 7. Ein Testlauf mit der Grundschule

Ein großer Anteil der didaktischen Überlegungen, die zu dem endgültigen Resultat führten, das in diesem zweiten Teil beschrieben werden soll, geht nicht nur aus den theoretischen Auseinandersetzungen von Sonderpädagogik und Physikdidaktik hervor, die Überlegungen sind auch von praktischer Erfahrung stark beeinflusst. So ist das vollendete Labor zum einen auf den Austausch der beiden kooperierenden Wissenschaften zurückzuführen, welcher in einem kontinuierlichen Prozess in Teil I dieser Arbeit beschrieben wird, und zum anderen auf die einfließenden Ergebnisse aus der Evaluation und Beobachtung eines Testlaufes des Labors, welcher mit einer 4. Jahrgangsstufe durchgeführt wurde.

Am 16. Juli 2009 fand dieser Testlauf zweier Stationen (Strom und Magneten, Licht und Farben) mit einer Grundschulklasse aus Zell bei Würzburg statt. Er hatte neben einem gelungenen, attraktiven und produktiven Vormittag für die Grundschüler vor allem Zielsetzungen hinsichtlich dieser Arbeit. Um das Schülerlabor weiter zu optimieren, sollte festgestellt werden, wie die Schüler auf das Programm des Schülerlabors zu diesem Zeitpunkt reagieren, wie sie motiviert und aktiviert werden, wo die kognitiven und psychomotorischen Herausforderungen liegen und wieviel Zeit die Versuche in etwa beanspruchen. Kurz: Eine Vielzahl didaktischer Elemente und Überlegungen stand auf dem Prüfstand und sollte hinsichtlich der Evaluationsergebnisse weiter verbessert und konkretisiert werden. Für diese Zielsetzung erweisen sich Grundschüler der 4. Klasse als recht guter Indikator. So bringen sie in etwa das gleiche physikalische Vorwissen wie Sechsklässler mit und die Altersspanne fällt nicht zu sehr aus dem Rahmen. Um den „Testlauf“ sinnvoll nutzen zu können, wurden sowohl Mini-Feedback-Bögen für die Schüler als auch Beobachtungsbögen zur Evaluation des Projektes angefertigt, welche im Folgenden in ihrer Gestaltung eingehend betrachtet werden. Für die Evaluation des Projekts standen insgesamt sieben Lehramtsstudenten, drei Sonderpädagoginnen, eine Grundschulpädagogin und drei Gymnasialpädagogen zur Verfügung. Es kann bei dieser Evaluation also nicht von einer empirisch reliablen Untersuchung gesprochen werden, sondern mehr von einer auf persönlichen Eindrücken basierenden Bewertung. Es sollte die Lernatmosphäre der Schüler nicht durch unnötig viele Beobachter gestört werden.

### 7.1. Beschreibung des Mini-Schülerlabors

Da sich das Grundschullabor in vielerlei Hinsicht noch vom endgültigen integrativen Schülerlabor „WWW“ unterscheidet, sollen hier kurz der Ablauf und die Stationen des „Mini-Labors“ beschrieben werden. Einige Versuche werden zu diesem Zeitpunkt nur mit Namen angesprochen. Es sei hierbei auf die Arbeitsblätter im Anhang verwiesen, beziehungsweise auf die folgende Ausführungen zu den Stationen des WWW-Labors.

**Allgemeines** Die Grundschulklasse traf um 8:30 Uhr an der Universität Würzburg ein und das Projekt endete um 12.00 Uhr, dazwischen war eine halbstündige Pause angesetzt. Die Klasse mit 20 Schülern wurde in vier Gruppen aufgeteilt. Die ersten zwei Gruppen arbeiteten am Morgen im Wechsel an den beiden zu evaluierenden Stationen Optik und Elektromagnetismus und die anderen beiden am späteren Vormittag. Die jeweiligen Gruppen, die nicht an den Stationen waren, beschäftigten sich in einem Parallelkonzept mit dem Selbstbau von Raketen. Das heißt, eine Gruppe durchlief an diesem Tag jeweils zwei Stationen à 45 Minuten und eine Station à 90 Minuten.

**Dokumentation** Ein wesentlich zu evaluierender Bestandteil stellte die Dokumentation der Versuche dar. An dieser Stelle soll deshalb zuerst ein Einblick in die Diskussionen über zwei mögliche Formen gegeben werden. In den meisten Schülerlaboren an der Universität Würzburg erhalten die Schüler ein Arbeitsheft, in dem sie alle Anweisungen, wie auch Vorlagen zur Auswertung finden. Aufgrund der vorherrschenden Heterogenität der Lerngruppe im integrativen Projekt kann ein solches System hier nicht funktionieren. Die Arbeitshefte müssten per se hoch individualisiert sein, obwohl die Schüler mit ihren Fähigkeiten vorher nicht bekannt sind. Im Testlauf sollte deshalb eine andere Variante ausprobiert werden. Jede Gruppe bekam ein Gruppenplakat, welches sie an die verschiedenen Stationen mitnehmen und dort gestalten sollte. Um den Schülern eine bessere Orientierung zu ermöglichen, wurde das Plakat bereits vorstrukturiert. Auf vielen Arbeitsanweisungen wurden Hinweise und Merksätze angegeben, die für die Dokumentation genutzt werden sollten. Diese oftmals kleinschrittige Strukturierung sollte den Schülern bei der Gestaltung des Plakates behilflich sein. Abbildung 5 zeigt ein fertiges Plakat.

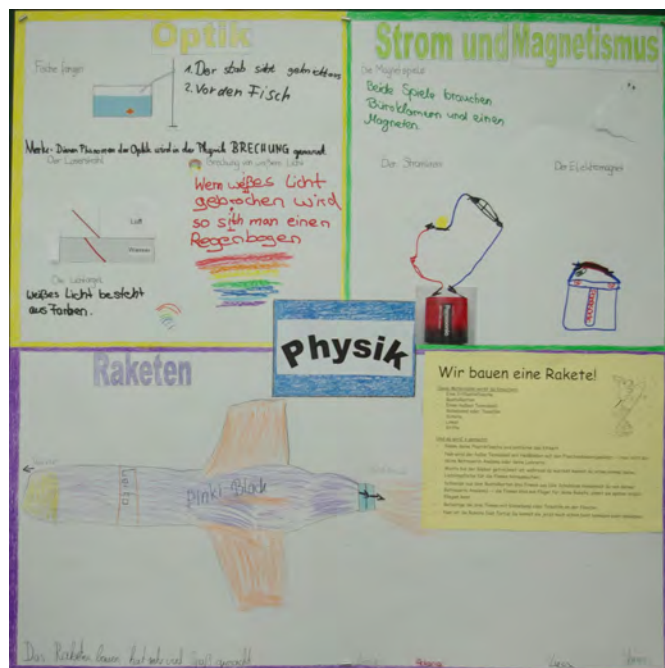


Abbildung 5: Beispiel für ein Plakat

Neben der ursprünglichen Funktion der Dokumentation, die Schüler zur Reflexion anzuhalten, könnten die Plakate im Gegensatz zu einem Arbeitsheft auch auf einem Elternabend vorgestellt

werden. Darüber hinaus können die Schüler ihre selbst erstellten Plakate im Klassenzimmer aufhängen. Die Lehrkraft kann dann im Unterricht darauf Bezug nehmen. Schon beim Grundschultestlauf wurde viel Wert auf anregende Materialien für die Plakatgestaltung gelegt.

**Stationen und Arbeitsanweisungen** Grundsätzlich waren die Arbeitsblätter in ihrer Gestaltung und Symbolik ähnlich wie im fertigen integrativen Labor strukturiert. Zwei von ihnen sind beispielhaft im Anhang wiederzufinden. Im Gegensatz zur üblichen Verwendung eines Arbeitsheftes wurde nicht nur für die Dokumentation, sondern auch für die Arbeitsanweisungen eine andere Variante gewählt. So sind alle Anweisungen an den Stationen nur in einfacher Ausführung in einem Experimentierheft ausgelegt. Neben dem Experimentierheft wurden zudem Hilfekarten auf den Materialtischen zur Verfügung gestellt. Die Idee der Hilfekarten entstand aus der Forderung nach mehr Differenzierungsmöglichkeiten. Im Hinblick auf die Station „Raketen“ wurden die ursprünglichen Namen der Stationen von Optik und Elektromagnetismus in „Licht und Farben“ beziehungsweise „Strom und Magnete“ geändert.

**Station 1: Licht und Farben** An der Station „Licht und Farben“ wurde exemplarisch für das Teilgebiet Optik das Phänomen der Licht-Brechung thematisiert. Die Grundschüler beschäftigten sich zunächst mit der Brechung selbst, um diese dann in verschiedenen Versuchen zum Regenbogen als Ursache für Dispersion, also Aufspaltung in Spektralfarben, zu erkennen. Zum Schluss überprüften die Schüler mit einer „Lichtorgel“ (siehe Materialliste) die Theorie, dass in weißem Licht alle Farben stecken. Die Station wurde mit einem Materialtisch, einem Experimentiertisch und einem Plakattisch aufgebaut. Außerdem musste der Raum abgedunkelt werden können.



Abbildung 6: Aufbau und Gestaltung der Optikstation

Der erste Versuch „Fische fangen in der Steinzeit“ sollte mit einer Geschichte in die Station einleiten. Sie handelte von einem Jungen der mit seinem Speer Fische fangen will, was ihm allerdings nur selten gelingt. Die Schüler erhielten den Auftrag die Situation im Labor nachzustellen. Hierzu füllten sie ein kleines Aquarium mit Wasser, legten einen Fisch, der mit einer

Münze beschwert war, in das Aquarium und justierten ein Zielrohr. Sie versuchten dann, mittels Durchstechen des Zielrohrs mit einem dünnen Metallstab, den Fisch zu treffen. Aufgrund der Brechung des Lichts an der Wasseroberfläche verfehlten die Schüler den Fisch.



Abbildung 7: Fische fangen und Dokumentation

Der Stab trifft erst hinter dem Fisch auf den Boden auf. Er sieht zudem geknickt aus. Diese Erkenntnisse sollten auf dem Plakat festgehalten werden. Als zweites Experiment folgte ein „Laserstrahl-Versuch“ und als drittes die „Brechung von weißem Licht“ am Overhead Projektor, welche im Ablauf des integrativen Labors genauer beschrieben sind. Zuletzt beschäftigen sich die Schüler noch mit der Lichtorgel, die eine rote, grüne und blaue Lampe zum Verstellen besitzt. Zusammenfassend wurden die Lerninhalte der Optikstation also wie folgt strukturiert: Es wurde versucht, den Schülern zu Beginn das Phänomen der Brechung näher zu bringen. Ausgehend von diesem Inhalt sollte dann die Aufspaltung von weißem Licht in die Spektralfarben erschlossen werden. Mit Hilfe der Lichtorgel konnten die Schüler schließlich die Theorie über das weiße Licht überprüfen.

**Station: Strom und Magnete** Die Station „Strom und Magnete“ wurde wegen der nachfolgenden positiven Bemerkungen kaum verändert, sodass die Beschreibung der einzelnen Versuche nicht explizit notwendig ist. Sie finden sich genauer unter 9.2 beschrieben. Die Grundschüler begannen zunächst mit Magnetspielen, gingen dann zum Stromkreis mit Glühlämpchen und schließlich zum „heißen Draht“ über. Als letzten Versuch wickelten sie mit Kupferlackdraht einen Elektromagneten (aus zeitlichen Gründen allerdings mit bereits abgeschmirgelten Enden). Als Zusatzversuch dienten Magnetbilder, die mit Hilfe von Eisenfeilspänen entstehen. Diese Station wurde aus Platzmangel in der Sammlung der Physikdidaktik aufgebaut. Um dennoch eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen, wurden Stellwände organisiert, die den „Raum“ ein wenig abtrennten.

## 7.2. Beschreibung der Beobachtungsbögen

Im Folgenden soll nun detailliert beschrieben werden, wie es zur Gestaltung der Beobachtungsbögen (s. Anhang) gekommen ist, die zur Evaluation des Testlaufes verwendet wurden. Dabei stehen stets Ziel und Zweck der Beobachtung im Vordergrund.



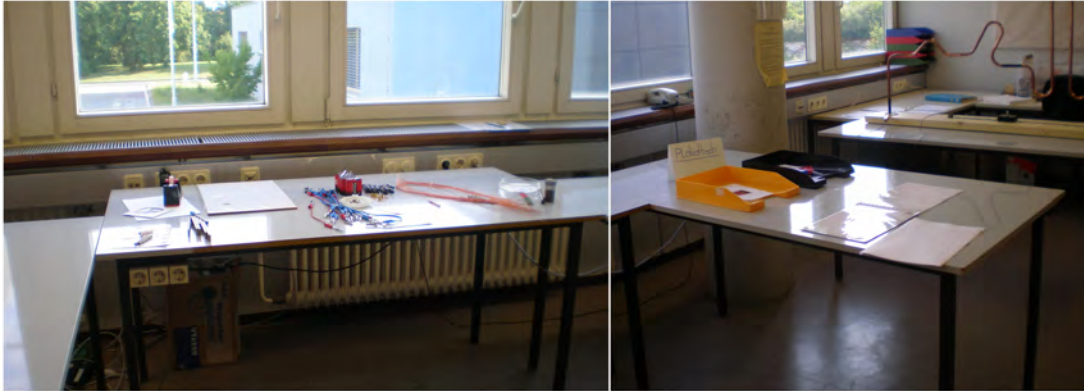


Abbildung 8: Aufbau und Gestaltung der Station „Strom und Magnete“

Spricht man von Evaluation, so ist damit zumeist eine Bewertung gemeint. Genauer könnte man sagen, Evaluation ist „die systematische Untersuchung des Nutzens oder Wertes eines Gegenstandes“ (Mittelstädt 2006, S. 12). In diesem Falle ist der Wert des Schülerlabors beziehungsweise eines Teils des Schülerlabors zu untersuchen. Der Wert orientiert sich an der Zielsetzung, die Freude an der Physik zu wecken. Es gilt also zu bewerten inwieweit das Schülerlabor die Freude der Schüler an der Physik wecken kann. Im konkret vorliegenden Fall ist es nicht möglich, Langzeitstudien zu erstellen. Es kann also nicht wirklich *gemessen* werden, ob das Schülerlabor nachhaltig die Freude an der Physik weckt. Allerdings kann analysiert werden, inwieweit das Schülerlabor während der Durchführung Freude macht. Neben diesem Aspekt soll auch untersucht werden, inwieweit das Schülerlabor einen geeigneten Lernort darstellt. Um Schlussfolgerungen ziehen zu können, werden qualitative Daten, die aus Beobachtungen resultieren, erhoben. Das Schülerlabor wird zu diesem Zweck durch außenstehende Personen betrachtet. Durch die Erstellung eines Kataloges werden die Beobachtungen der Personen systematisiert. In Abbildung 9 findet sich eine zusammenfassende Übersicht über die für die Evaluation wichtigen Parameter.

	Im Schülerlabor „Testlauf“
<b>Evaluationsgegenstand</b>	Die Stationen Optik und Elektromagnetismus werden evaluiert. Schwerpunkte liegen dabei auf der zeitlichen Planung, der Schüleraktivität, der Dokumentation und der Motivation der Schüler.
<b>Evaluationsanlass</b>	Die Überprüfung des Ist-Zustandes mit dem Soll-Zustand.
<b>Evaluationszweck</b>	Die Optimierung der Stationen hinsichtlich der Bedürfnisse der Schüler
<b>Methoden</b>	Ein Beobachtungsbogen soll eine systematische Beobachtung ermöglichen
<b>Vorgehensweise</b>	Nach der Beobachtung folgt die Auswertung der Daten, eine Interpretation. Die Interpretationen werden zur Verbesserung eingesetzt.

Abbildung 9: Tabelle über Parameter der Evaluation

**Planung und Kriterien** Da das Ziel der Evaluation und damit verbundene Parameter abgesteckt sind, sollen nun Kriterien gefunden werden, die es überhaupt erst ermöglichen, zu einem Ergebnis zu gelangen. Dabei gilt stets, sich an den didaktischen Prinzipien für ein erfolgreiches integratives Schülerlabor zu orientieren:

- Um Freude an der Physik an einem integrativen Lernort zu entwickeln, benötigen die Schüler genügend Zeit für eine Auseinandersetzung: Kriterium Zeit
- Um Freude an der Physik an einem integrativen Lernort entwickeln zu können, sollten die Schüler während der Auseinandersetzung motiviert werden: Kriterium Motivation
- Um Freude an der Physik an einem integrativen Lernort zu entwickeln, müssen sich die Schüler aktiv mit dem Gebiet der Physik auseinandersetzen können: Kriterium Aktivität
- Damit die Schüler den Lern- und Erlebnisprozess nachhaltig nutzen können, sollen die Ergebnisse festgehalten werden: Kriterium Dokumentation
- Die Stationen an sich dürfen den Schüler nicht unter- oder überfordern, um die Freude und Motivation zu erreichen: Kriterium Station und Lernen
- Um als integrativer Lernort zu fungieren, sind generelle Kriterien zu erfüllen: Unterkriterium Integration

Diese genannten Kriterien werden nun in einem nächsten Schritt zu folgenden Indikatoren aufgeschlüsselt:

- Zeit:
  - Die Schüler haben an den Stationen genügend Zeit, sich mit den einzelnen Experimenten zu beschäftigen
  - Die Schüler haben genügend Pausen bekommen, um die lange Zeit aktiv mitzuerleben
  - Wie viele Pausen haben die Schüler konkret gebraucht?
  - Wie lange brauchen die Schüler, um sich an einer neuen Station einzufinden?
  - Wie viel Zeit nehmen die einzelnen Phasen/Prozesse (Versuchsbeschreibung lesen und verstehen, Versuchsdurchführung und Dokumentation) in Anspruch?
- Motivation:
  - Die Schüler zeigen an den einzelnen Experimenten Interesse
  - Die Schüler bringen an den einzelnen Experimenten ihre Freude bzw. ihr Staunen zum Ausdruck
  - Die Schüler zeigen eine Zeit lang Desinteresse bzw. sind eine Zeit lang demotiviert aufgrund der Anforderungen
  - Die Schüler zeigen eine Zeit lang Desinteresse bzw. sind eine Zeit lang demotiviert aufgrund fehlender Begeisterung über die Versuche

- Die Schüler zeigen eine Zeit lang Desinteresse bzw. sind eine Zeit lang demotiviert aufgrund der Müdigkeit
- Welcher Versuch erregt am meisten Aufmerksamkeit?
- Aktive Beteiligung:
  - Jeder Schüler wird generell an der Station aktiv beteiligt
  - Jeder Schüler wird an den einzelnen Experimenten aktiv beteiligt
  - Jeder Schüler hat einen Zugang zum Experiment (sehen, hören, anfassen)
  - Die Schüler arbeiten die Aufgaben lediglich ab
  - Wie lange setzen sich die Schüler an einer Station aktiv mit der Thematik auseinander?
- Dokumentation:
  - Die Schüler finden sich mit der Art der Dokumentation zurecht
  - Die Schüler gestalten die Plakate übersichtlich und strukturiert
  - Das Plakat lässt eine individuelle beziehungsweise gruppeninterne Gestaltung zu
  - Wie oft greift der Tutor bei der Plakatgestaltung ein?
- Stationen und Lernen:
  - Die Arbeitsaufträge sind für die Schüler verständlich
  - Die Schüler finden sich an den Stationen schnell zurecht
  - Die Schüler haben viele Fragen an den Tutor
  - Die Schüler arbeiten selbständig
  - Insgesamt ist die kognitive Anforderung der Station...
  - Die Schüler erkennen einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Experimenten
  - Wurden die Schüler eher unter- oder überfordert?
  - Ranking der einzelnen Versuche
- Integration:
  - Das Schülerlabor eignet sich in der Form auch als integrativer Lernort für eine 6. Jahrgangsstufe
  - Die Differenzierung ist ausreichend
  - Die Individualisierung ist ausreichend
  - Der Aspekt des gemeinsamen Lernens/Teamarbeit wird gut in der Station verwirklicht

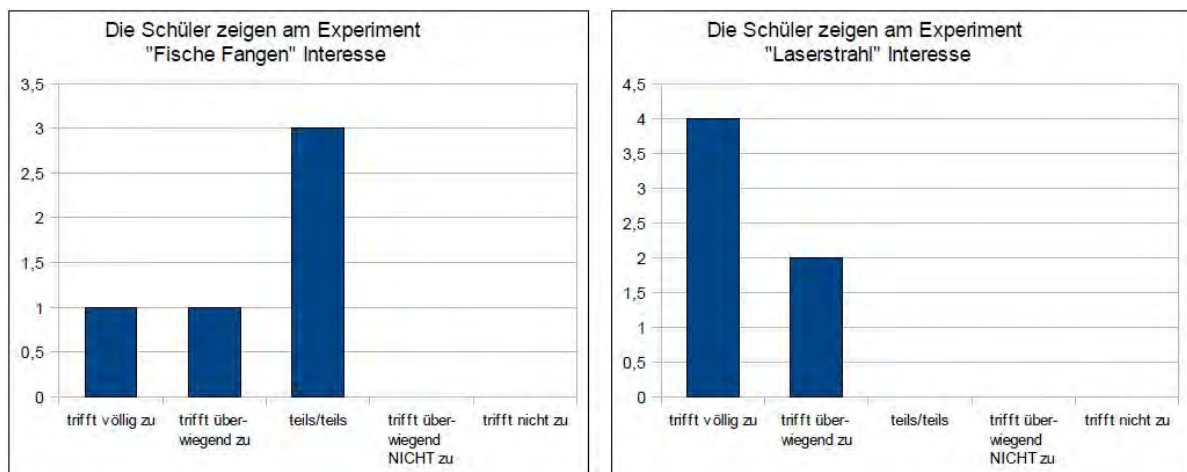
### 7.3. Auswertung der Beobachtungsbögen

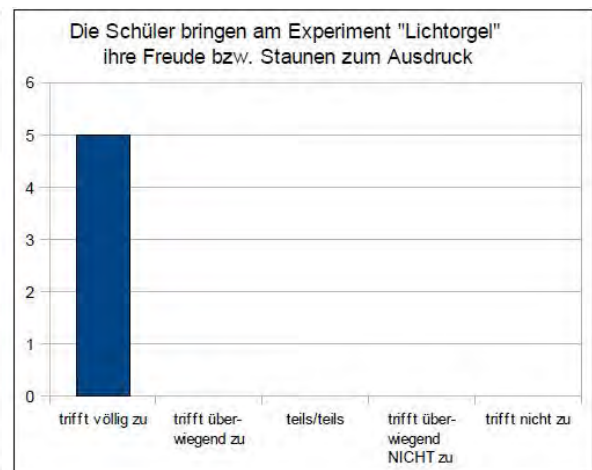
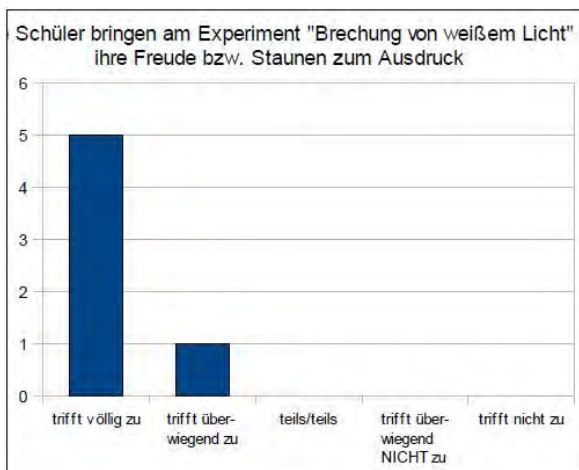
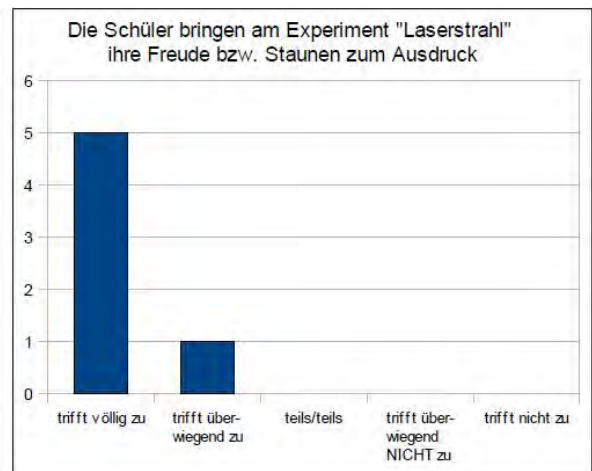
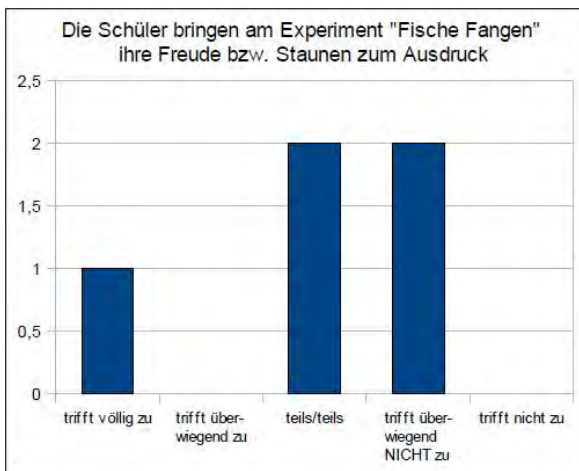
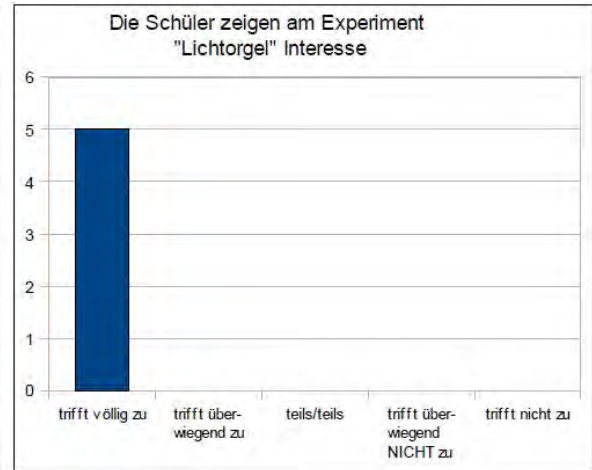
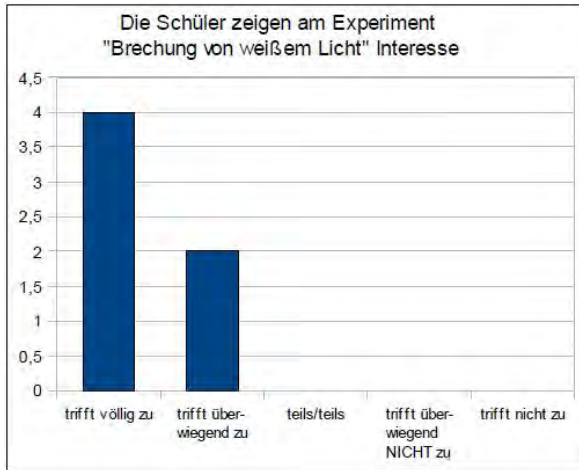
Wie bereits betont wurde, ist die Auswertung keine statistisch reliable Beurteilung. Dennoch sollen die Ergebnisse in Diagrammen dargestellt werden, um so bestehende Tendenzen visuell aufzuzeigen, welche dann nach der Interpretation weitere Schlüsse erlauben. Hinzu treten konkrete Anmerkungen und Antworten auf frei formulierte Fragen. Bei der Auswertung wird nicht zwischen Vormittagsgruppen und Nachmittagsgruppen unterschieden, da sich die Ergebnisse zum einen unmerklich unterscheiden und zum anderen aus einer aufgeschlüsselten Betrachtung diesbezüglich kaum Konsequenzen für die Arbeit zu ziehen sind. Zu erwähnen bleibt, dass die Beobachter aufgrund der Fülle der einzelnen Indikatoren nicht immer jede Frage beantworten konnten und zudem die Station „Strom und Magnete“ insgesamt öfter evaluiert wurde. Diese Aspekte werden nicht weiter berücksichtigt.

In den folgenden Grafiken ist jeweils die Häufigkeit der Antworten in einem Balkendiagramm dargestellt. Freie Antworten werden unter den Bereich der Anmerkungen gefasst. Hierzu ist noch anzumerken, dass mehrfach vorkommende Antworten nur einmal aufgeführt sind, beziehungsweise zu Gesamtaussagen zusammengefasst wurden.

**Station 1: Licht und Farben** Die Beobachtung der Station „Licht und Farben“ ergab folgende Ergebnisse:

#### Kriterium Motivation





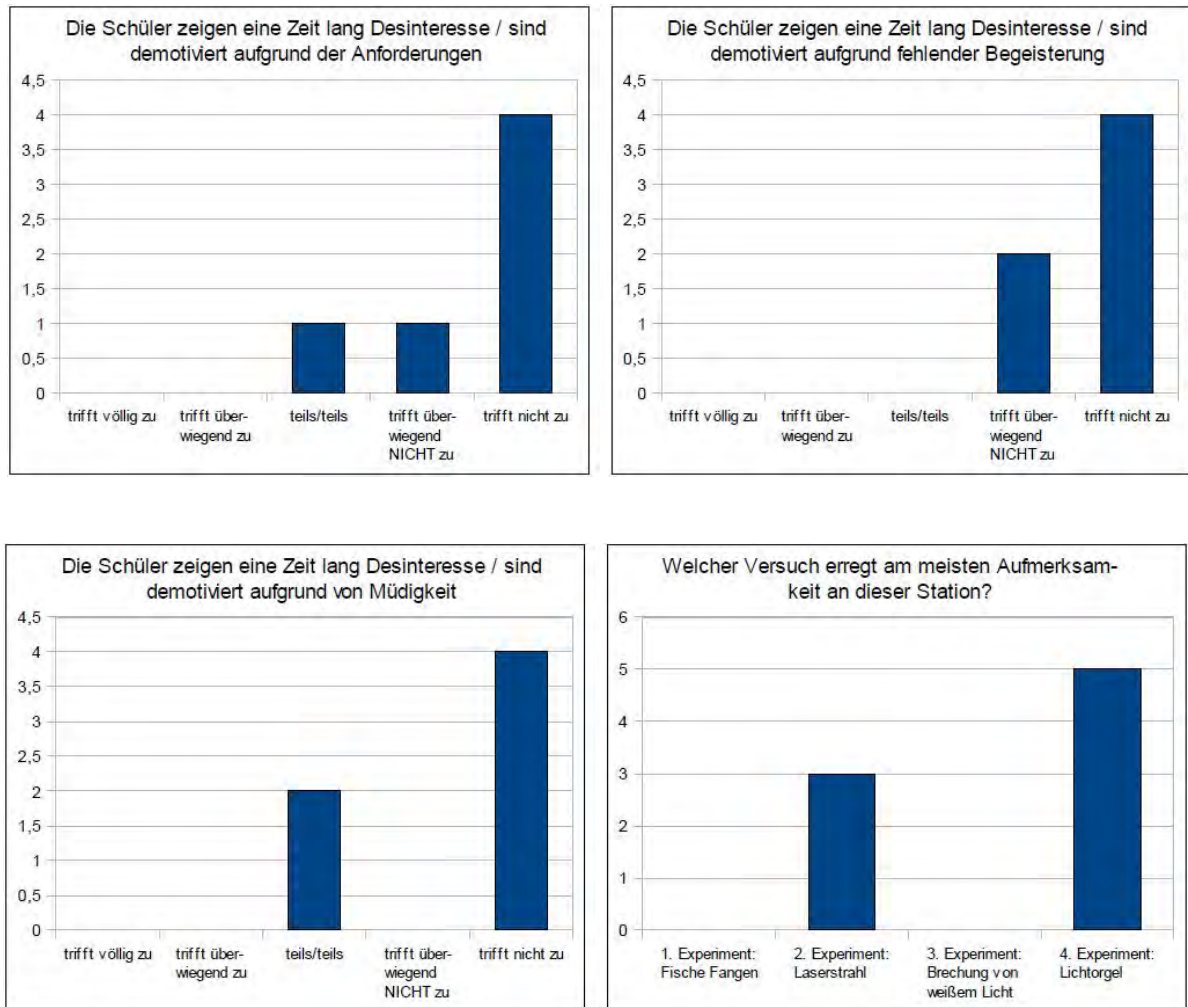


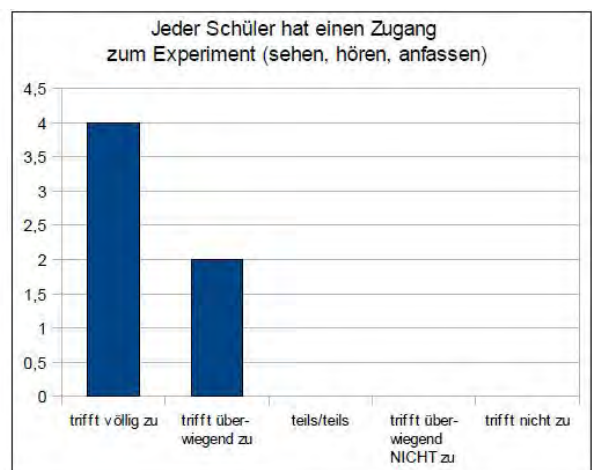
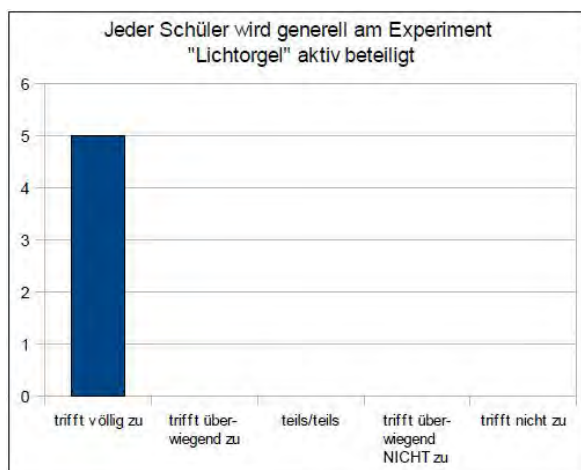
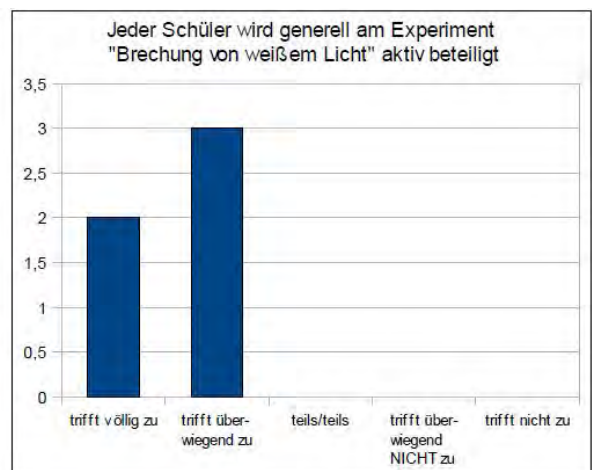
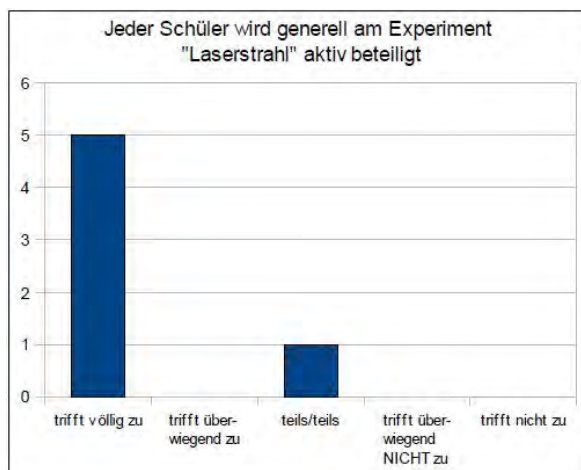
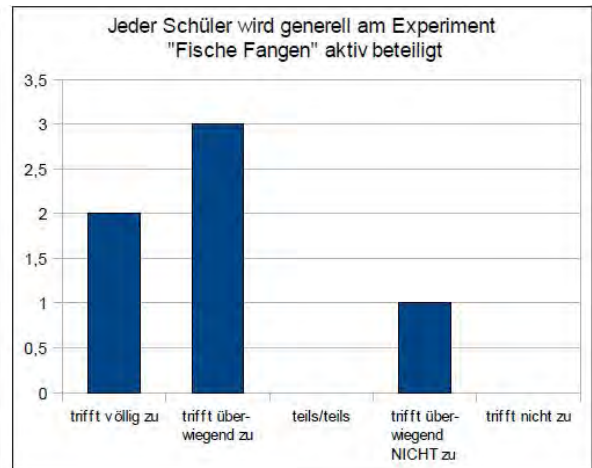
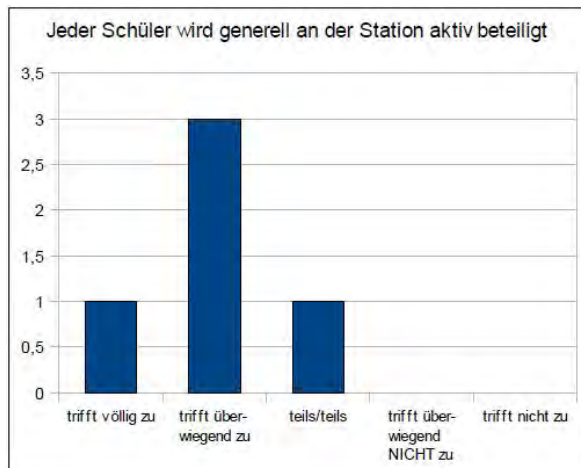
Abbildung 10: Balkendiagramme zum Kriterium Motivation

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Der Regenbogen beeindruckt die Schüler sehr.
- Die Schüler stellen am Ende des Versuchs zur Lichtorgel fest, dass es bei drei farbigen Lichtern zu farbigen Schatten kommt. Diese Erkenntnis wirkt zum einen sehr motivierend und sorgt auch für eine intensive Auseinandersetzung mit der Physik. Die Schüler bringen sehr deutlich ihre Freude zum Ausdruck.

Die Beobachtungen zeigen, dass das Experiment „Fische fangen“ mäßig abschneidet. Es wird der Anforderung, motivierend auf die Schüler zu wirken, nicht gerecht. Dahingegen erweist sich die Lichtorgel als sehr passendes Experiment. Die Schüler werden durch das freie Experimentieren stark motiviert und entwickeln Freude an der Optik-Station, sodass die Lichtorgel im zukünftigen Schülerlabor mehr ins Zentrum gerückt werden muss. Alle anderen Versuche schneiden gut ab und können deshalb größtenteils unverändert im Labor bleiben.

**Kriterium: Aktive Beteiligung**



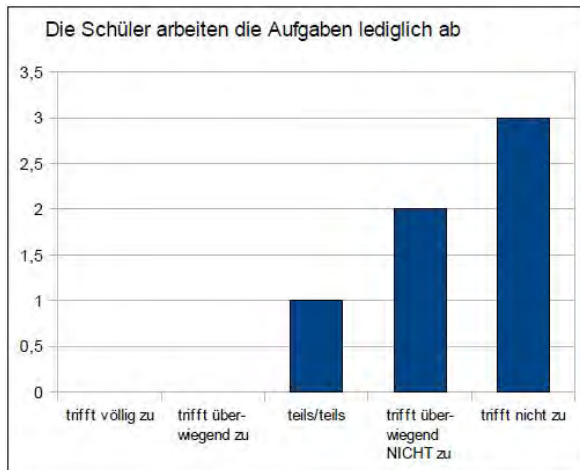


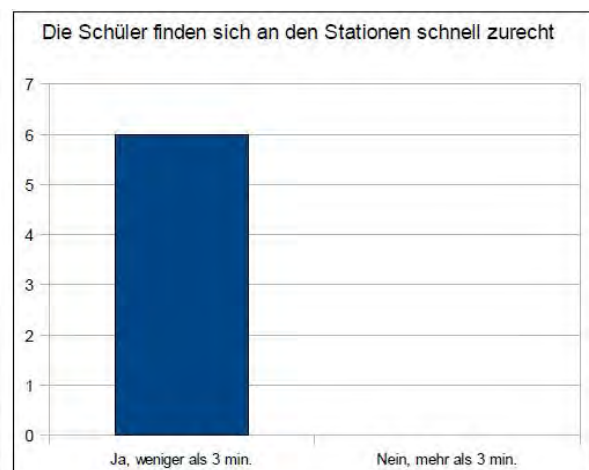
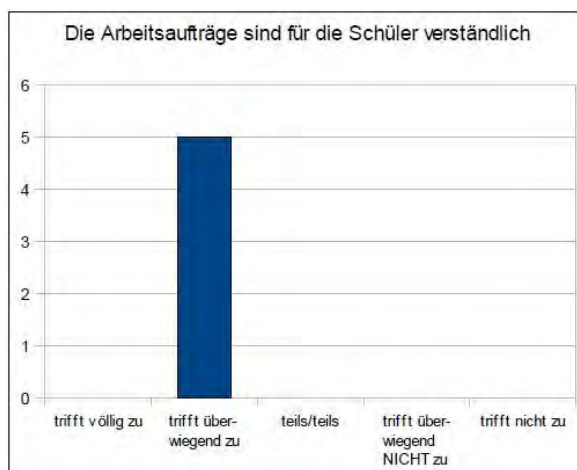
Abbildung 11: Balkendiagramme zum Kriterium Aktive Beteiligung

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Man sollte die Schüler mehr ausprobieren lassen, um die Beteiligung aller zu steigern.
- Da die Dokumentation von Einzelnen gestaltet wird, ist die aktive Beteiligung aller häufig beeinträchtigt.
- Einen Zugang haben alle zum Experiment vor allem bei Regenbogen und Lichtorgel.

Insgesamt wird aus den Grafiken ersichtlich, dass die aktive Beteiligung aller Schüler generell infolge der vielen Teamexperimente noch verbesserungswürdig ist. Die Experimente ermöglichen eine Auseinandersetzung, aber eben nur von einzelnen Schülern. Schüler, die sich nicht selbständig aktiv einbringen, werden noch nicht stark genug durch die Gestaltung der Experimente dazu aufgefordert. Auch die Dokumentation trägt negativ zur aktiven Beteiligung aller bei. Die Station muss also aus Sicht des Indikators „Aktive Beteiligung“ nachgebessert werden, indem an mancher Stelle stärker individualisiert wird, ohne dabei die Teamidee in den Experimenten an dieser Station komplett zu zerschlagen.

#### Kriterium: Station und Lernen





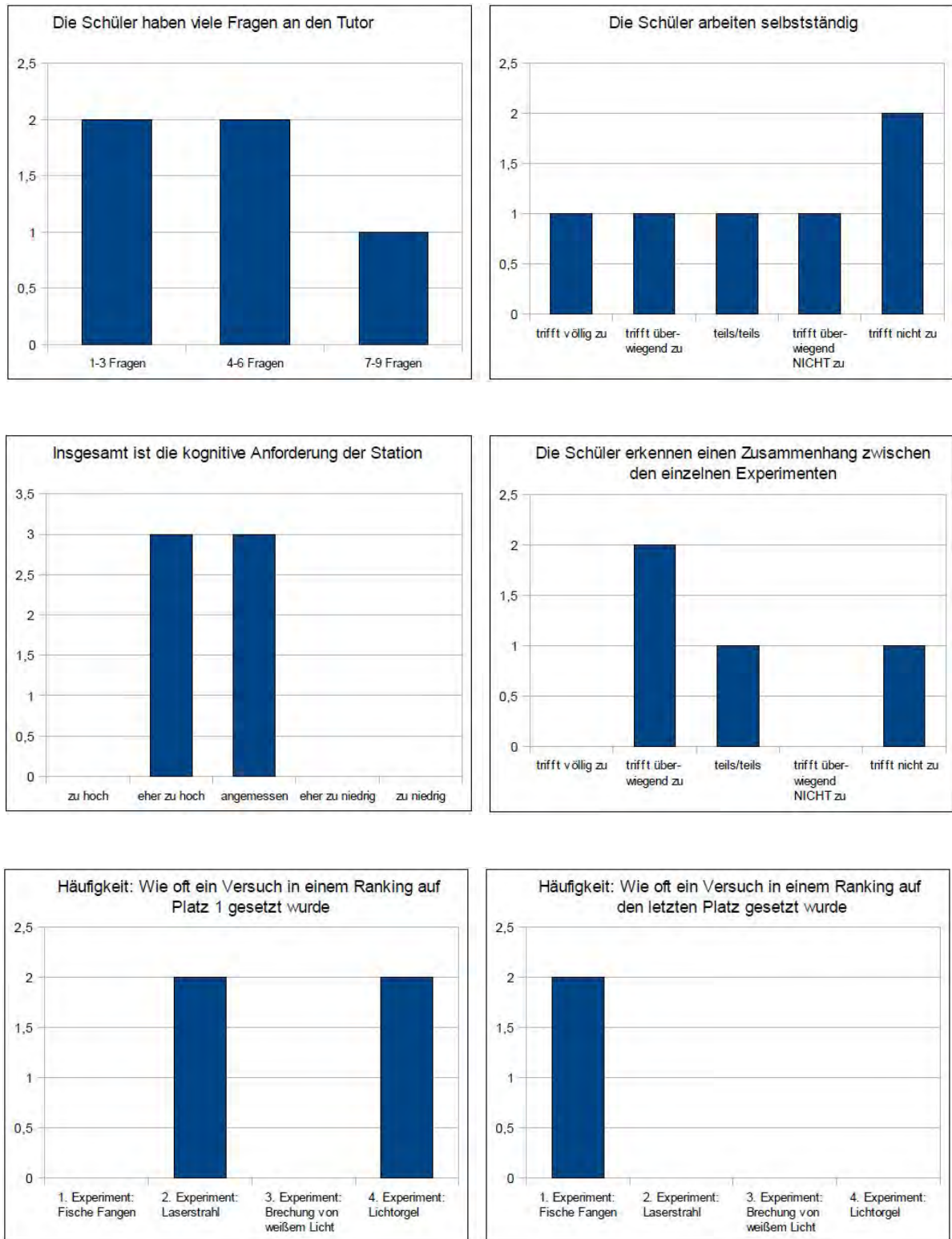


Abbildung 12: Balkendiagramme zum Kriterium Station und Lernen

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

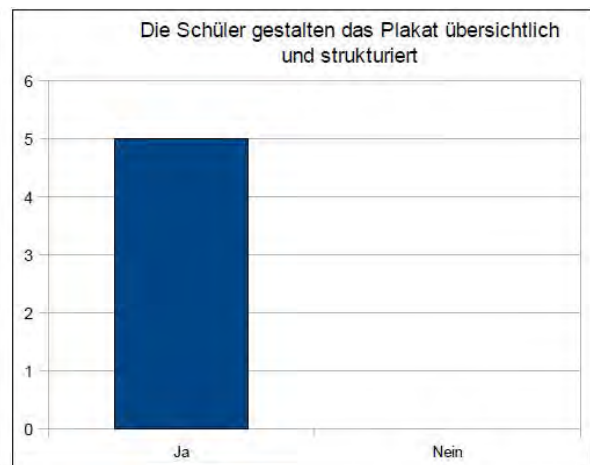
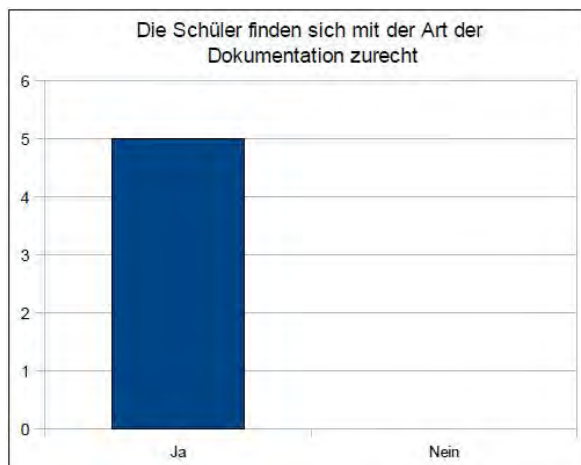
- Das Lernen korreliert sehr stark mit dem Vorwissen der Schüler (Wissenssendungen über Regenbogen etc.).

- Den Merksätzen wird sehr wenig Beachtung geschenkt.
- Der Betreuer ist oft für den Lernprozess entscheidend mitverantwortlich.

In den Grafiken wird aufgezeigt, dass die Schüler viele Fragen haben und damit sehr wenig selbstständig arbeiten. Die Thematik der Brechung erscheint für die Schüler der 4. Jahrgangsstufe zu komplex. Dieser Aspekt führt allerdings nicht zu einem Ausschluss des Versuches, da das integrative Schülerlabor für die 6. Klasse konzipiert werden soll und die Schüler in diesem Alter mit komplexeren Zusammenhängen konfrontiert werden können. Das Experiment „Fische fangen“ wird den Anforderungen nicht gerecht und nimmt den letzten Platz ein. Es wird damit im integrativen Labor nicht mehr durchgeführt.

Im Sinne zielfferentem Lernens muss die Station für die Schüler offener gehalten werden. Die starke Leitung während des Experimentierens, aber vor allem auch während der Dokumentationsphase ist hier ein veränderbarer Ansatzpunkt. Außerdem soll in diesem Zusammenhang auch auf Merksätze, physikalisch korrekte Begrifflichkeiten oder geleitete Fragen nach den Experimenten verzichtet werden. Sie sollten den Schülern eine Art Gesamtzusammenhang vermitteln und gleichzeitig Lernziele konkret formulieren. Es zeigte sich allerdings, dass sie den Lernprozess der Schüler nicht beeinflussen können und statt dessen eine eigene Reflexion des Gesehenen verhindern. Weiter soll die Strukturierung der Station verändert werden. Zum einen ist die Thematik der Brechung ein sehr komplexer Sachverhalt und könnte die Schüler zu Beginn einer Station überfordern. Ein leichter Einstieg kann dagegen mit Hilfe der Lichtorgel realisiert werden. Ausgehend von der Erkenntnis, dass aus den Farben rot, grün und blau weißes Licht entsteht, können die Schüler erst danach in einem Regenbogenversuch überprüfen, ob in weißem Licht auch tatsächlich alle Farben stecken. Zum Ende soll der Laserversuch die Ursache der Erscheinung des Regenbogens darstellen. Auch wenn einige Schüler mit dieser Thematik überfordert sein könnten, so wirkt der Einsatz der Nebelmaschine und des Lasers dennoch motivierend.

**Kriterium Dokumentation:**



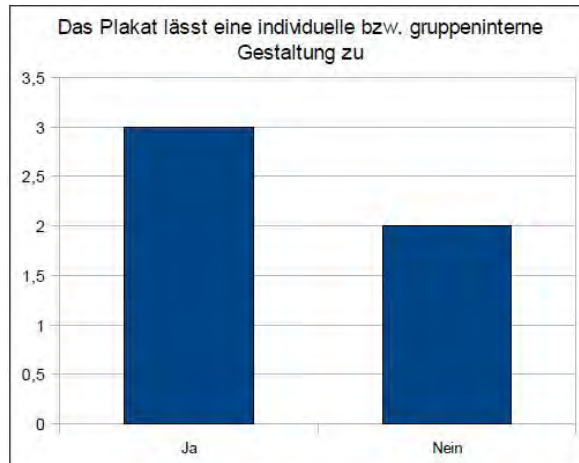


Abbildung 13: Balkendiagramme zum Kriterium Dokumentation

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Den Schülern fehlt häufig die Motivation für die Dokumentation, sodass diese zu einer unliebsamen Aufgabe für einzelne wird.
- Der Betreuer muss oft eingreifen, um die Schüler aufzufordern fehlende Infos auf dem Plakat zu ergänzen.

Es wird aus Grafiken und Anmerkungen deutlich, dass die Schüler sich zwar mit der Dokumentation zurecht kommen, eine gruppeninterne beziehungsweise individualisierte Dokumentation durch die vielen Vorgaben jedoch nicht möglich ist. Das heißt, wenn eine aktive Auseinandersetzung der Schüler erwünscht ist, muss den Schülern während dieser Phase mehr Freiheit eingeräumt werden. Den Schülern war der Vorgang der Dokumentation oft nicht transparent. Sie verstanden die dahinter stehende Intention nicht. Eine bessere Einbindung der Dokumentation in das Gesamtkonzept, zum Beispiel durch die Vorstellung der Ergebnisse auf einem Elternabend, könnte die Schüler in ihrer Gestaltung mehr motivieren. Trotzdem lässt sich festhalten, dass die Erstellung eines Plakats, sofern sie freier umgesetzt wird, für den gesamten Ablauf und die Lernatmosphäre sehr gut geeignet ist, vor allem wenn man dieses mit der Alternative der Erstellung von Schülerlaborheften vergleicht. Außerdem zeigten die Schülerinnen oftmals großes Interesse an der Gestaltung und fanden so einen Zugang zur Physik. Auch wenn die männlichen Schüler von dieser Methode nicht gänzlich überzeugt waren, so akzeptierten sie die Aufgabe.

**Kriterium Zeit:**

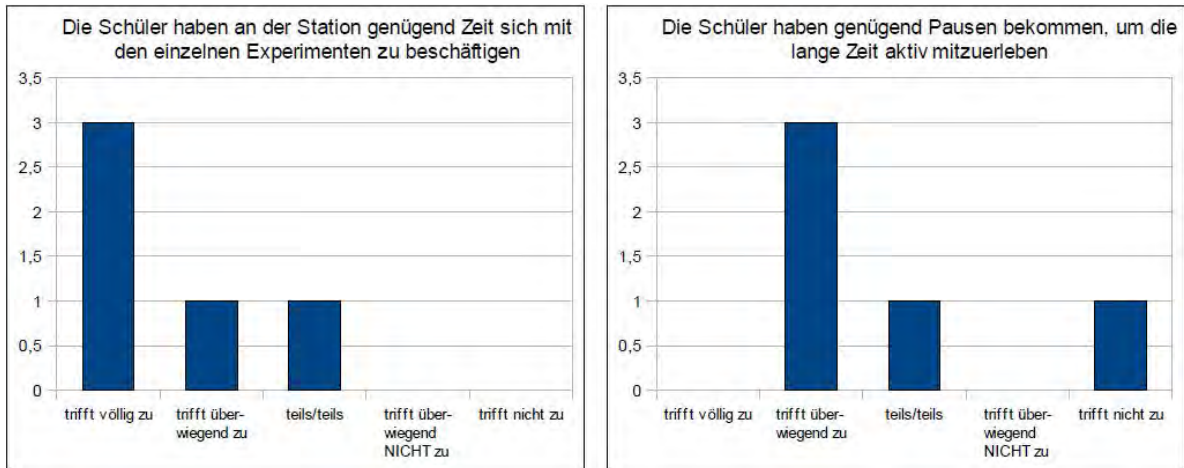


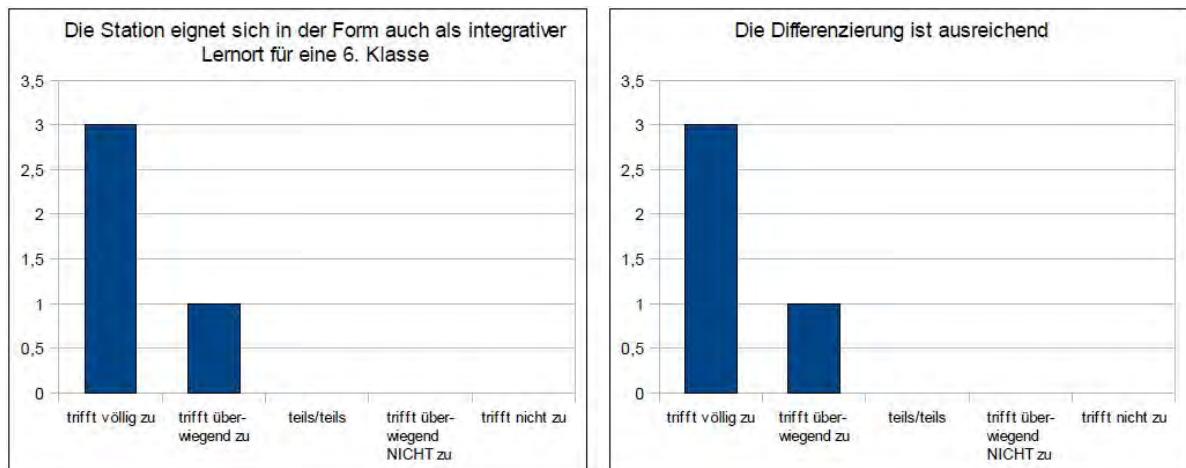
Abbildung 14: Balkendiagramme zum Kriterium Zeit

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Meistens haben die Schüler keine Pausen gebraucht.

Der Indikator Zeit macht deutlich, dass insgesamt genügend Zeit gegeben wurde und die Schüler meist keine zusätzlichen Pausen während einer Station benötigten. Dennoch stellten die Schüler klar heraus, dass sie nicht gehetzt werden wollten. Das heißt, im integrativen Labor sollten Zeitpuffer für die Stationenwechsel in jedem Fall eingeplant werden. Es zeigt sich darüber hinaus, dass die Vertrautheit mit dem Ablauf enormen Einfluss auf die Auseinandersetzung mit den physikalischen Themen hat. Wenn die Schüler an der ersten Station einen sicheren Einblick in den Ablauf einer Station gewonnen hatten, konnte sich dies positiv auf die weiteren Stationen auswirken. Die Schüler sind dann mit dem Ablauf vertraut und können sich gezielter auf die Inhalte einlassen. Es muss also dafür Sorge getragen werden, dass die Schüler an der ersten Station einen transparenten Einblick in die Organisation der Station erhalten.

**Nebenkriterium Integration:**



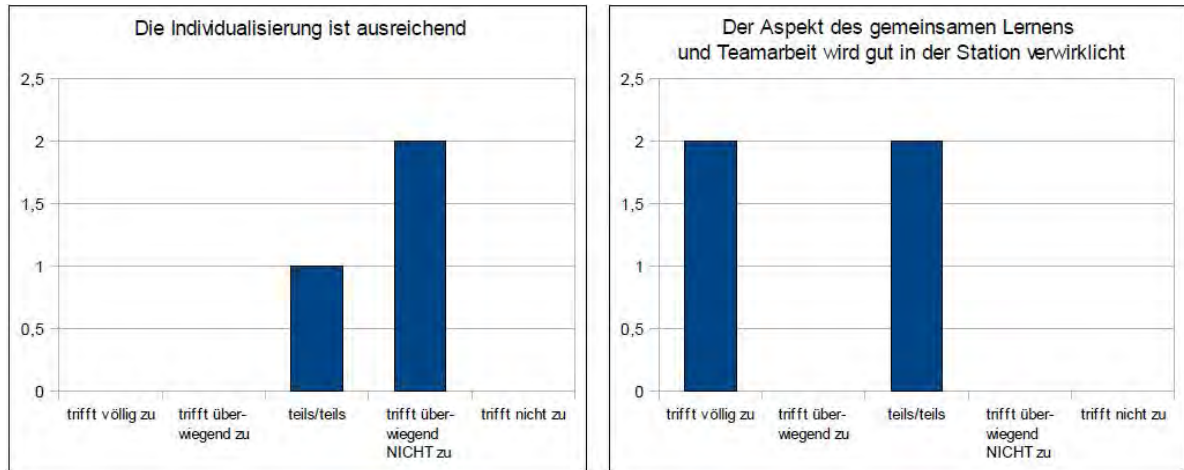


Abbildung 15: Balkendiagramme zum Kriterium Integration

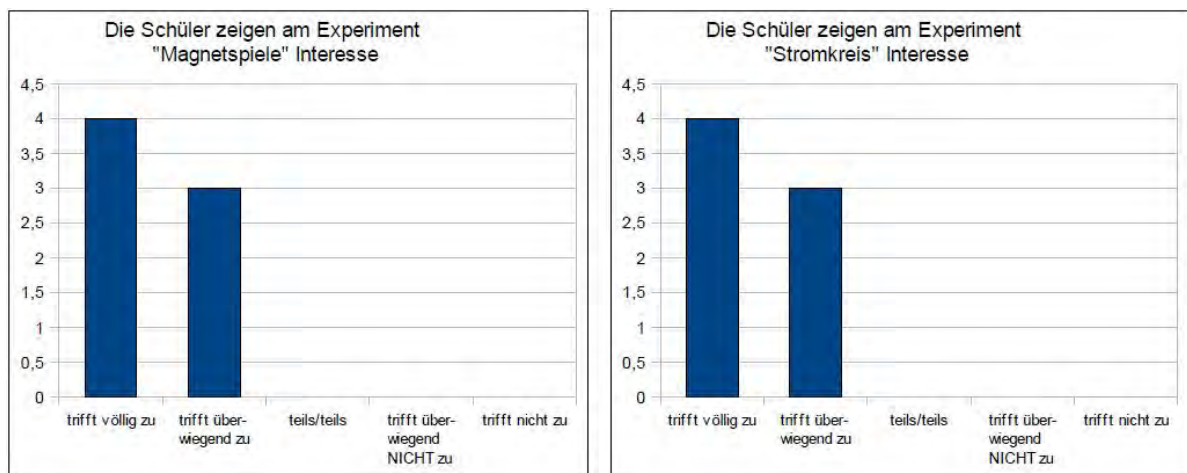
Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

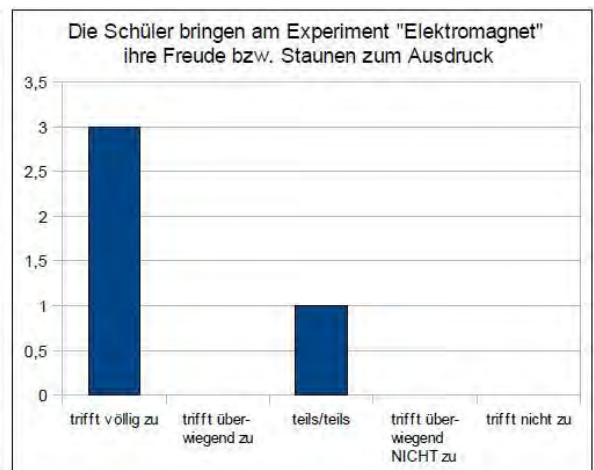
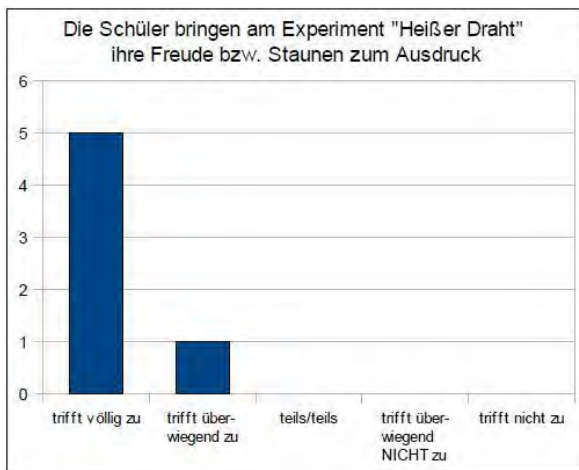
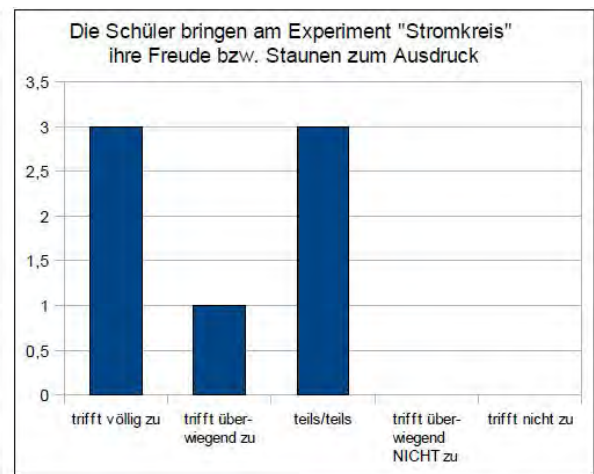
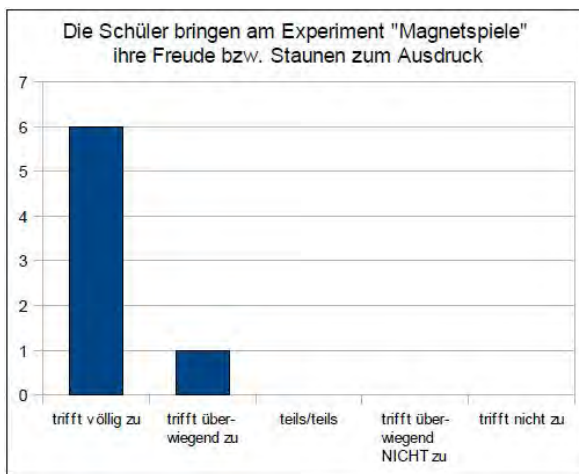
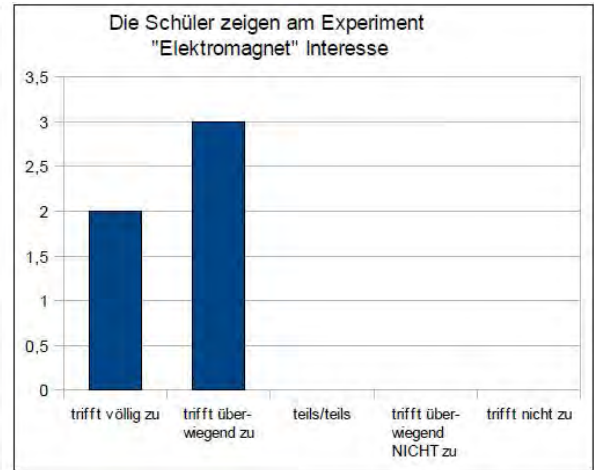
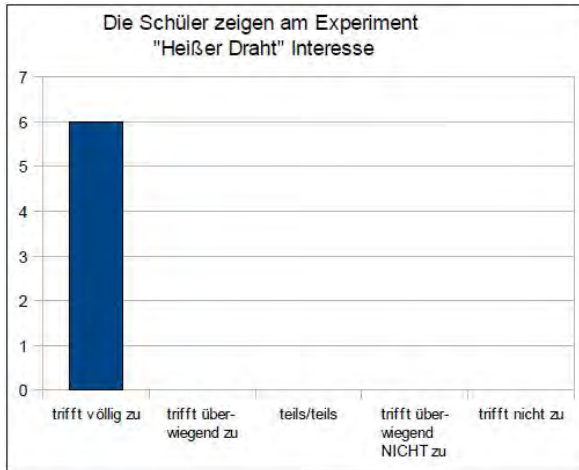
- Mehr Fokus auf Hilfekarten
- Für die 6. Klasse stellenweise zu einfach

Die Ergebnisse zeigen, dass die Station bereits gut differenziert ist. Allerdings ist aus diesem Kriterium auch abzulesen, dass für ein produktives gemeinsames Lernen noch mehr individualisiert werden sollte. Im WWW-Labor werden deswegen weitere Hilfekarten eingesetzt, die noch stärker an das Experiment gekoppelt sind. Indem die Experimente nicht mehr an einem Experimentier-tisch stattfinden, sondern jedes Experiment auf einem eigenen Tisch, werden die Karten mehr ins Zentrum gerückt. Neben Hilfekarten sollen aber auch Vertiefungskarten eingesetzt werden, um auch den interessierten Schüler ein zusätzliches Lernangebot zu schaffen.

**Station 2: Strom und Magnete** Die Beobachtung der Strom und Magnete Station lieferte die folgenden Ergebnisse:

**Kriterium Motivation:**





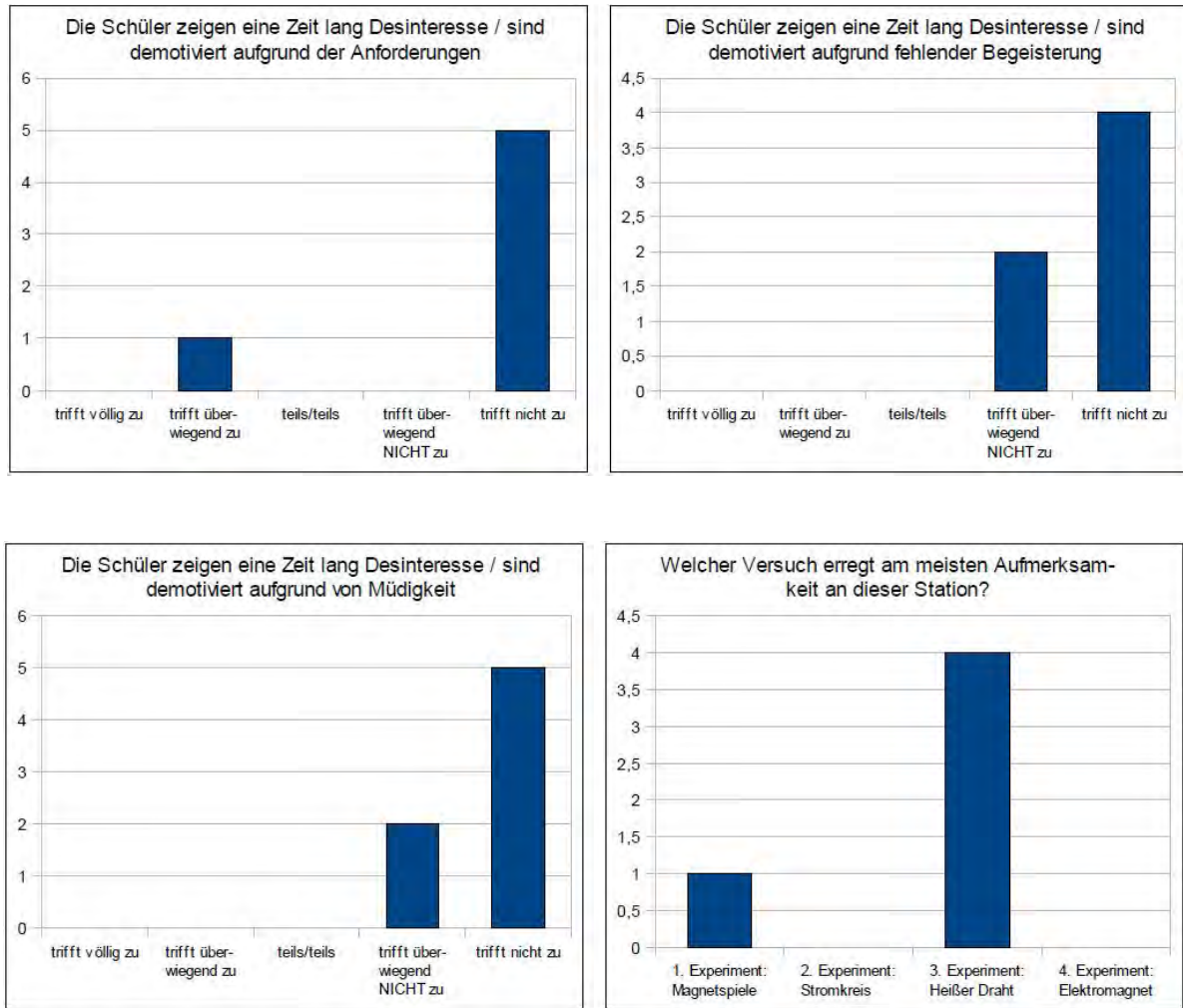


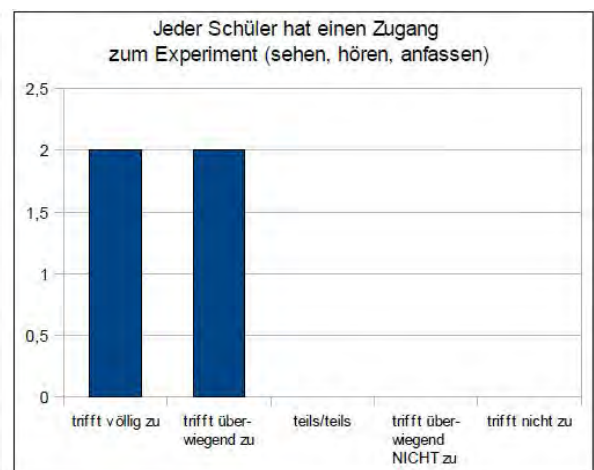
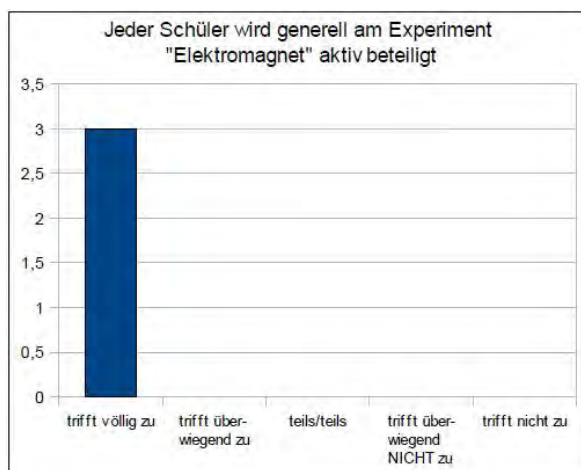
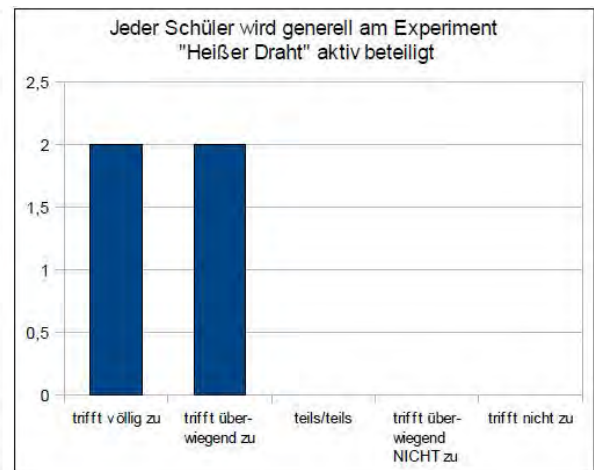
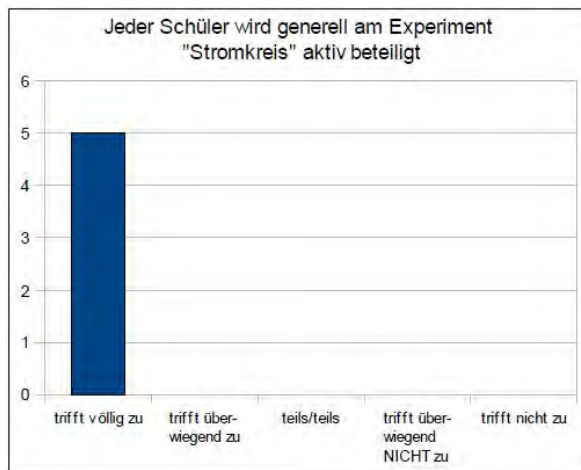
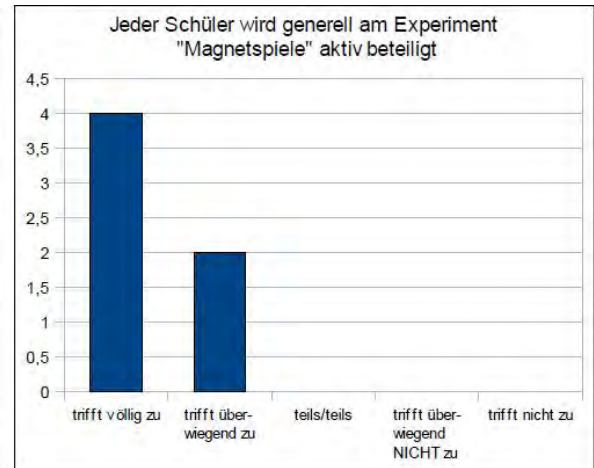
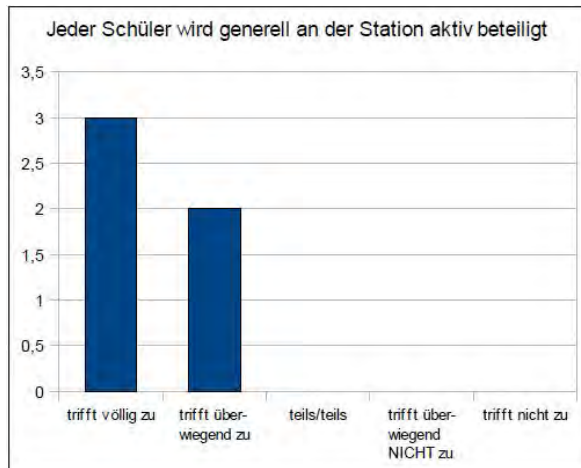
Abbildung 16: Balkendiagramme zum Kriterium Motivation

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Mehrmals gegenseitige Motivation durch Abschauen
- Magnetspiele machen den Schülern viel Spaß.

Aus den Grafiken und Bemerkungen kristallisiert sich heraus, dass die Schüler mit großer Freude an der Station gearbeitet haben. Besonders hervorzuheben sind die Magnetspiele, sodass diese auch im WWW-Labor sicherlich einen adäquaten Einstieg bieten. Außerdem zeigt sich, dass das individuelle Arbeiten an einem Experiment zu einer gegenseitigen Motivation der Schüler führt. Dies trifft beim Bau eines Stromkreises, beim heißen Draht und beim Elektromagneten zu. Diese Versuche sind besonders im integrativen Schülerlabors dazu geeignet, dass Schüler voneinander beziehungsweise miteinander durch gegenseitige Hilfestellungen lernen können.

**Kriterium Aktive Beteiligung:**





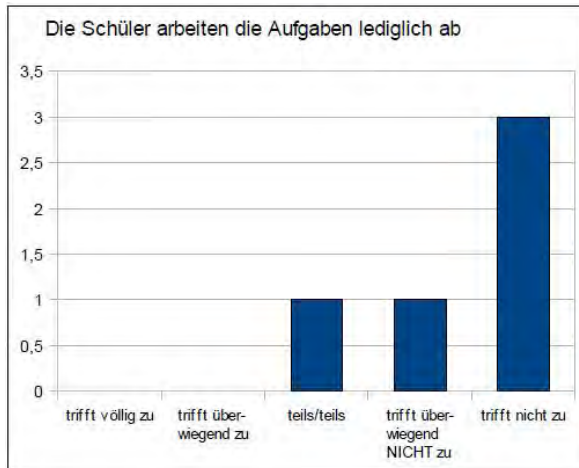


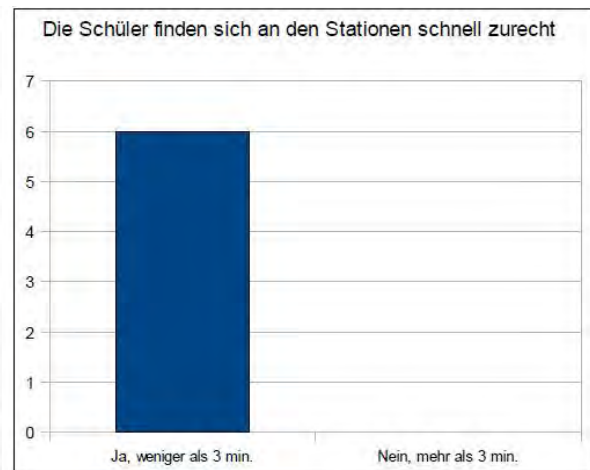
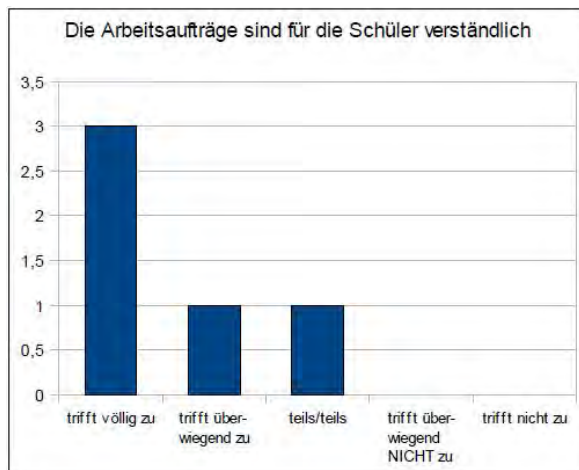
Abbildung 17: Balkendiagramme zum Kriterium Aktive Beteiligung

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Manchmal Aufdrängen einzelner Schüler
- Möglichkeit zur aktiven Beteiligung war immer gegeben, wurde aber nicht immer von allen Schülern wahrgenommen.

Die Schüler werden an der Station durchgehend aktiv beteiligt, sodass es keiner Veränderung bedarf.

**Kriterium Station und Lernen:**



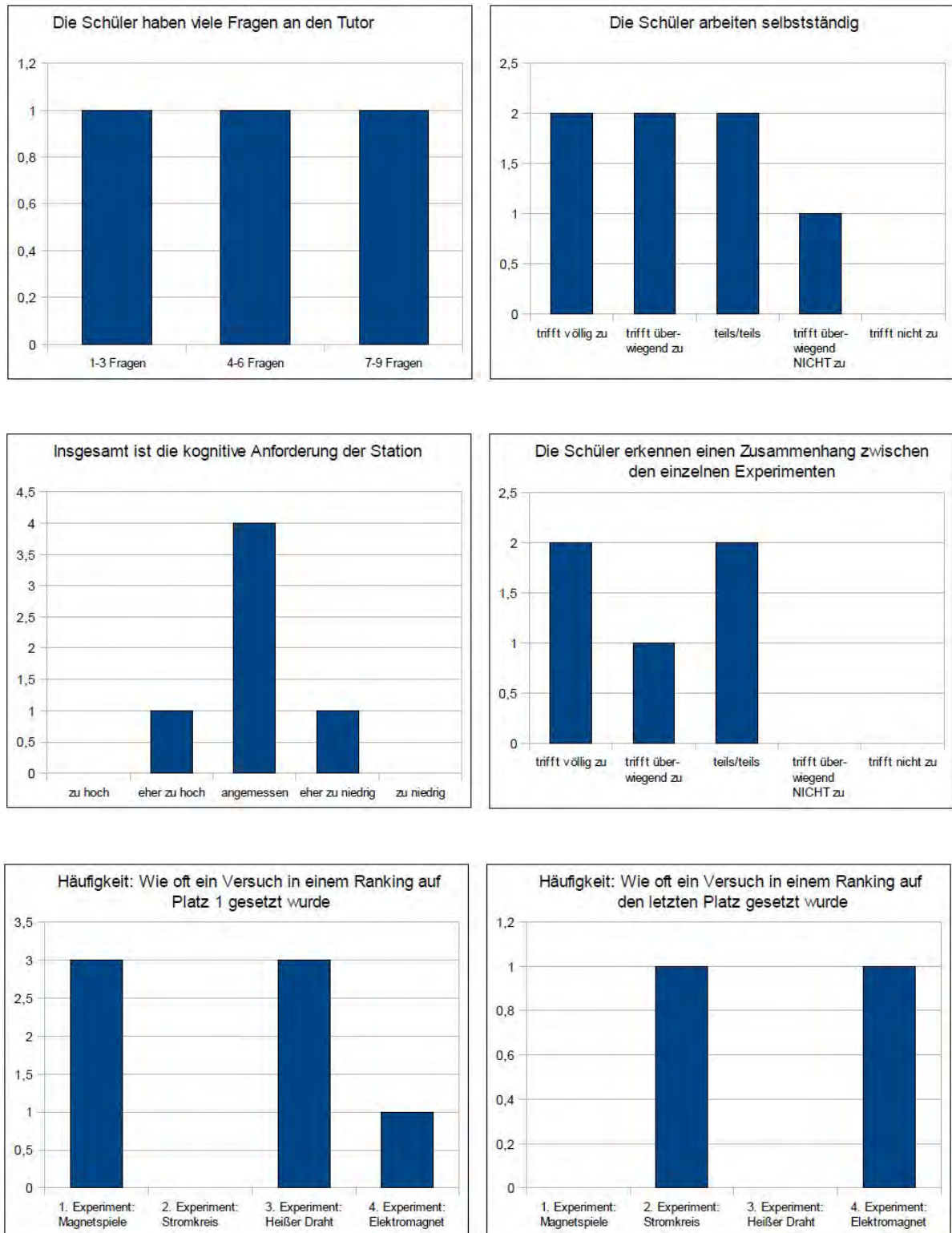


Abbildung 18: Balkendiagramme zum Kriterium Station und Lernen

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Die Schüler nutzen das Arbeitsheft nicht von alleine.
- Aufgrund hoher Anforderung beim Elektromagneten geht der Zusammenhang verloren.

Wie bereits schon bei der Optik-Station festgestellt wurde, stellt sich die Verwendung lediglich eines Experimentiertisches als unübersichtlich heraus. Die Experimente werden also auch an dieser Station auf mehrere Tische verteilt und mit den dazugehörigen Anweisungen sowie Hilfe- und Vertiefungskarten ausgestattet. Die Magnetspiele ermöglichen den Schülern einen leichten Einstieg und führen sie schnell in das Thema ein. Mit etwas mehr Zeit ist auch der Gesamtzusammenhang wieder gut herstellbar, dass heißt einerseits, nach dem Drahtwickeln den Bezug zum ersten Experiment „den Magneten“ wieder herzustellen und andererseits, die magnetische Wirkung von Strom als eine der vier Eigenschaften (chemische, magnetische, Wärme- und Leuchtwirkung) zu entdecken.

**Kriterium Dokumentation:**

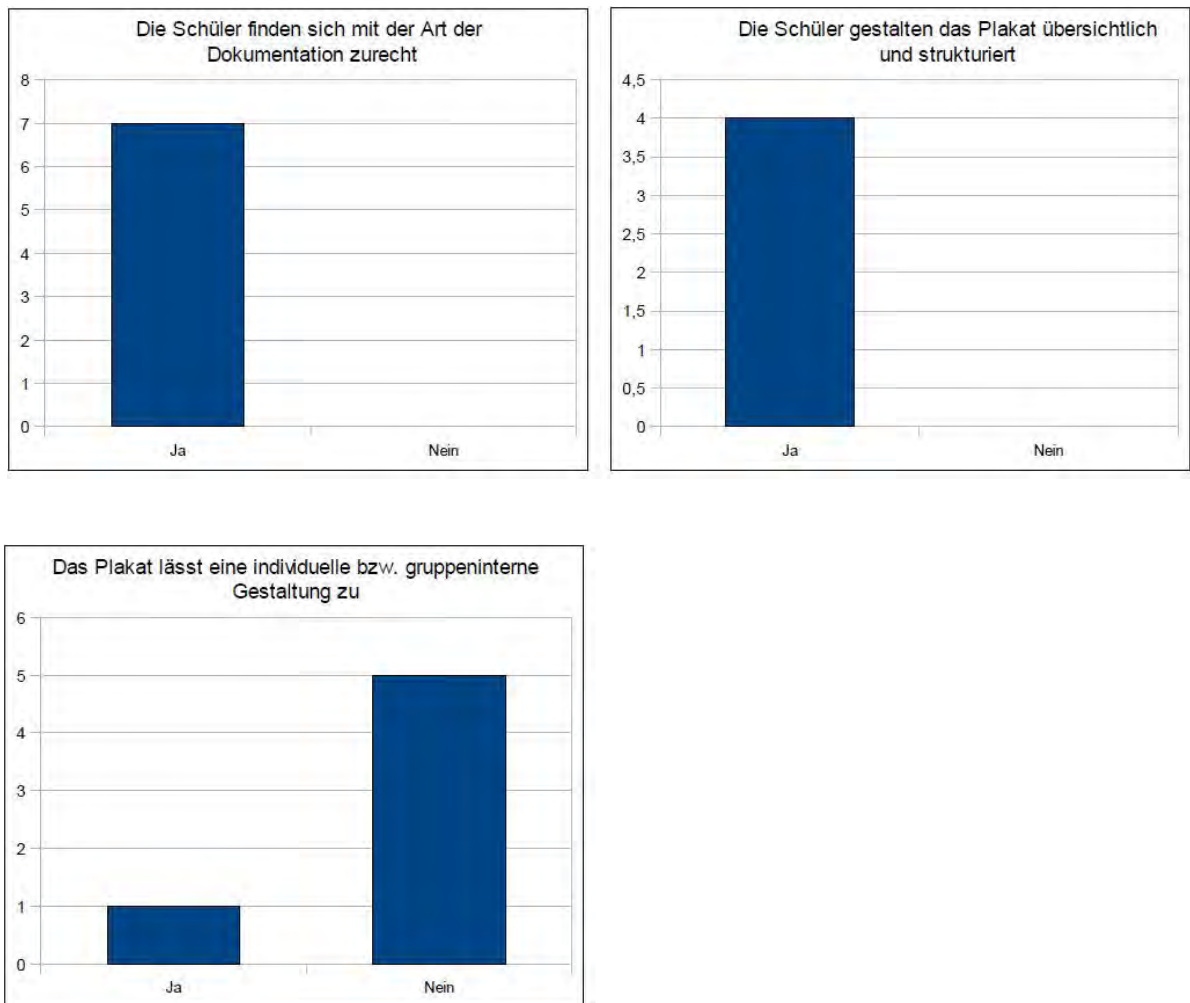


Abbildung 19: Balkendiagramme zum Kriterium Dokumentation

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Die Schüler müssen oft angehalten werden zu dokumentieren (wird also eher als Zwang wahrgenommen).
- Als individuell stellt sich die Gestaltung im Prinzip nur in der Farbwahl dar.

Auch hier bestätigen sich die schon in der Optik aufgegriffenen Fakten. Die Dokumentation muss freier, individueller und motivierender werden. Bei einem kritischen Blick wird deutlich, dass ein solcher Einsatz des Plakates wenig Chancen für eine Einbringung der Schüler mit Förderbedarf bereithält.

**Kriterium Zeit:**

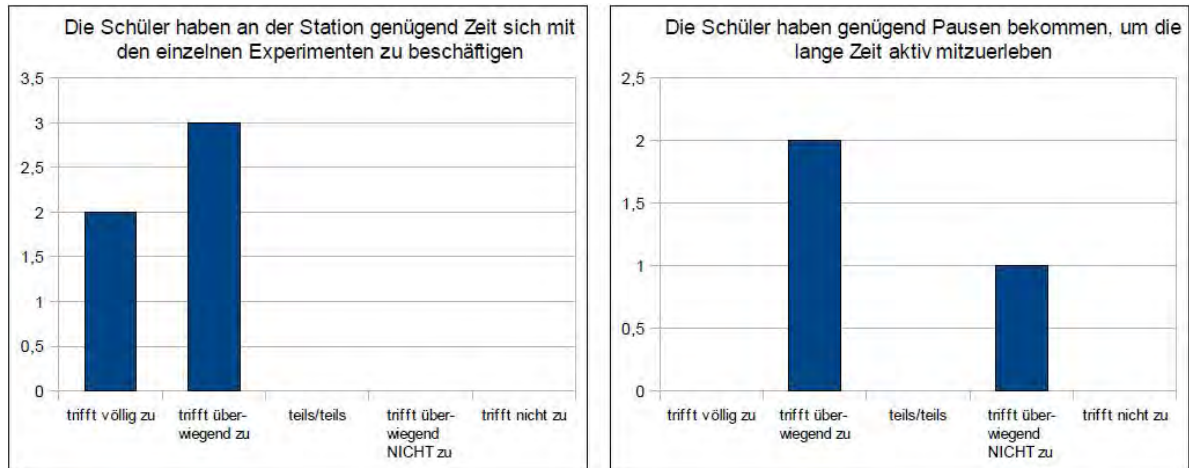


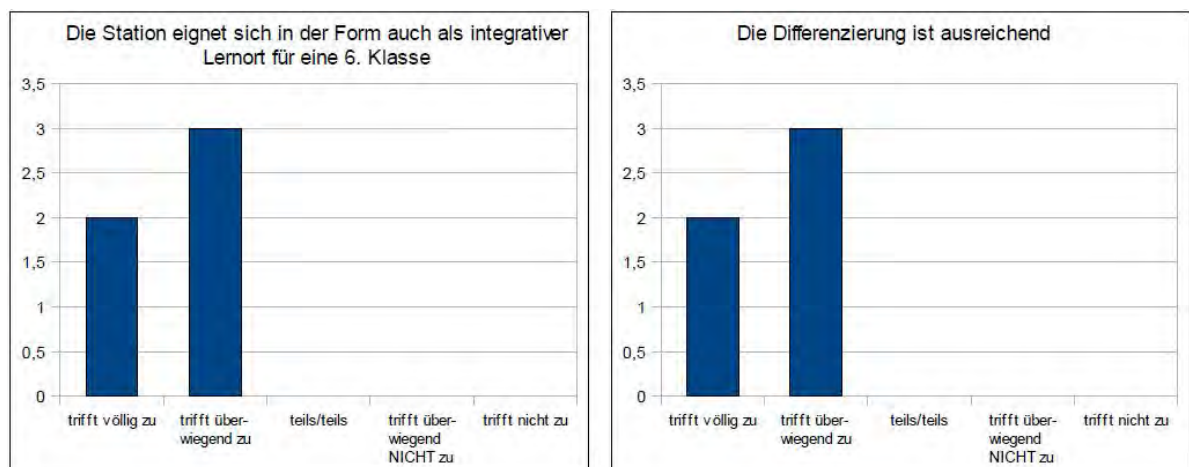
Abbildung 20: Balkendiagramme zum Kriterium Zeit

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Manchmal kommt der Elektromagnet etwas zu kurz.
- Die Schüler haben keine Pausen gebraucht.

Die Zeit reicht aus um alle Experimente durchführen zu können. Einige Gruppen hatten sogar noch Zeit für Zusatzversuche, die sie mit großer Freude wahrgenommen haben. Andere wiederum nutzten diese Zeit als Pause und beobachteten die Mitschüler bei der Durchführung. Das Prinzip der Zusatzversuche wird demnach auch im integrativen Schülerlabor als notwendige Differenzierungs- und interessenfördernde Maßnahme wichtig sein.

**Nebenkriterium Integration:**



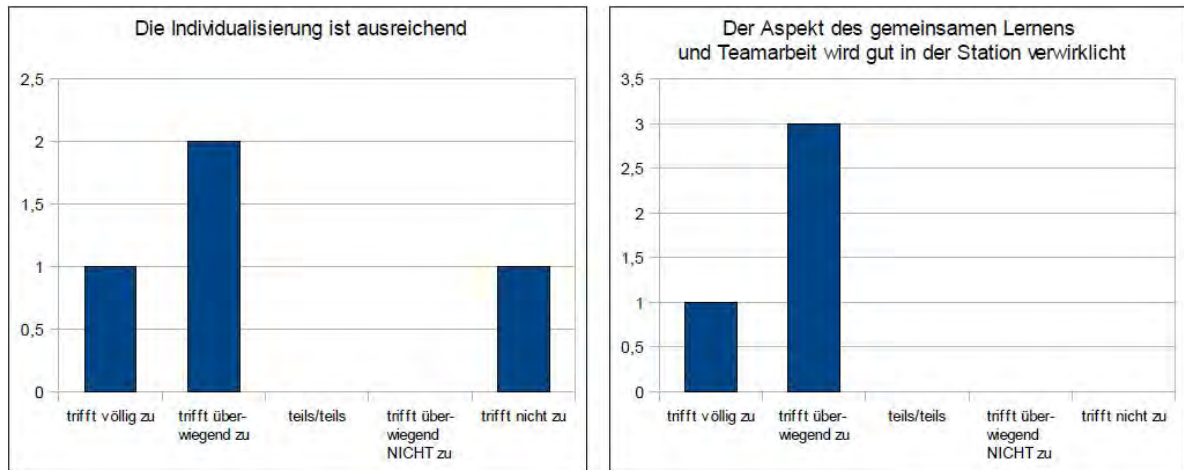


Abbildung 21: Balkendiagramme zum Kriterium Integration

Hinzu kommen folgende Antworten und Anmerkungen:

- Manche Inhalte könnten zu einfach für die 6. Klasse sein.
- Mehr Platz!
- Gut geeignet für gegenseitiges Erklären.

Die Schüler kamen mit den Inhalten gut zurecht. Die Annahme, dass Schüler aus der 6. Jahrgangsstufe mit den Versuchen unterfordert werden könnten, ist auszuschließen, da sie bis dahin keinen weiteren Kontakt mit den Themengebieten Strom oder Magnetismus haben werden. Es kann zudem davon ausgegangen werden, dass alle Schüler durch die integrative Zusammenarbeit auch an dieser Stelle gefordert werden und die Inhalte deshalb auf keinen Fall eine Überforderung darstellen sollten.

#### 7.4. Schülerfeedback

Zusätzlich zu den Beobachtungsbögen wurden kleine Feedbackzettel für die Grundschüler (s. Anhang) angefertigt, die Aufschluss über die Qualität der Versuche und des Labors insgesamt geben. Dabei wurde besonders darauf geachtet, dass die Schüler, vor allem aufgrund ihres Alters, nicht mit zu vielen Fragen konfrontiert werden. Entgegen geläufiger Schülerlabor-Bewertungen geht es bei diesem Bogen nicht darum, detailliert die Steigerung von emotionalem Interesse, Sach- und Fachinteresse explizit zu entschlüsseln, sondern einen Eindruck darüber zu gewinnen, was für die Schüler unter Umständen besonders positive oder negative Bestandteile des Labors waren. Mit verschiedenen Gesichtern bekamen sie die Möglichkeit einen Gesamteindruck wiederzugeben, den sie dann in ein bis zwei Sätzen begründen sollten. So konnte festgestellt werden, was genau den Schülern Spaß gemacht hat oder was ihnen eher nicht gefallen hat. Anzumerken bleibt auch hier, dass die Anzahl der Bögen nur 25 beträgt und damit statistisch keine wertvollen Aussagen ermöglicht. Die meisten Aussagen sind einmalige oder höchstens zweifach vorkommende Kommentare. Weiter ist einzuschränken, dass sich viele Feedbackzettel auch nur auf den Bau der Raketen beziehen.

Zur Auswertung der Gesichter, also des Gesamteindrucks der Veranstaltung ist festzuhalten, dass davon 24 Schüler den lachenden Smiley angekreuzt haben, sodass durchaus davon ausgegangen werden kann, dass es ihnen gefallen hat. Viele der Aussagen haben die gleichen Tendenzen, wie die in Abbildung 22 gezeigt.

<p><b>Wie fandest du das Schülerlabor?</b></p> <p>    </p> <p><b>Und wieso?</b></p> <p><u>Es war allen toll und spannend</u> <u>Weil wir viele Experimente gemacht</u> <u>haben</u></p>	<p><b>Wie fandest du das Schülerlabor?</b></p> <p>    </p> <p><b>Und wieso?</b></p> <p><u>Es war lustig, abwechslungsreich und</u> <u>interessant. Ich fand es schön. Mir</u> <u>hat es Spaß gemacht.</u></p>
--	--

Abbildung 22: Allgemeine Bemerkungen zum Labortag

Positiv ist hierbei sicherlich, dass viele Grundschüler den Eindruck hatten, mit Spaß etwas gelernt zu haben. Hierzu folgende Anmerkungen:

<p><b>Wie fandest du das Schülerlabor?</b></p> <p>    </p> <p><b>Und wieso?</b></p> <p><u>Weil das Lernen Spaß gemacht hat und die</u> <u>Versuche sehr interessant waren.</u></p>	<p><b>Wie fandest du das Schülerlabor?</b></p> <p>    </p> <p><b>Und wieso?</b></p> <p><u>Weil man was gelernt hat und es hat</u> <u>Spaß gemacht.</u></p>
---	---

Abbildung 23: Bewertungen über Freude am Lernen

Es sollte aber stets daran erinnert werden, dass es sich bei den Evaluatoren hier um Grundschüler handelt, sodass man die angekreuzten Lachgesichter unter etwas relativierterem Blick sehen sollte. Grundschüler geben nur in den seltensten Fällen negative Kritik, obwohl ihnen nicht alles gefallen hat. Es wurde den Grundschulern aber auch mehrfach erklärt, dass sie ihre ehrliche, wenn auch kritische Meinung geben dürfen, ja sogar sollen.

Gerade aus solch kritischen Anmerkungen sind oftmals effektive Veränderungen hinsichtlich des Konzepts zu treffen. So stellt ein Schüler in seinem Feedbackzettel klar heraus, dass er die Dokumentation der Versuche, trotz der Gestaltung eines Plakats, als lästig empfand. (siehe Abbildung 24)

Wie fandest du das Schülerlabor?



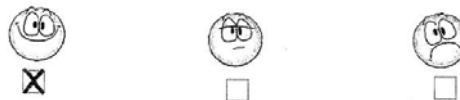
Und wieso?

Weil ich es doof fand das wir nach  
jedem Experiment was schreiben  
mussten

Abbildung 24: Kritische Bemerkung zur Dokumentation

Diese Aussage deckt sich weitestgehend mit denen, die aus den Beobachtungsbögen über die Dokumentation festgehalten wurden, und bestätigt damit die bestehenden Mängel bei der Art der Dokumentation. Weiter als äußerst ernstzunehmende kritische Aussage stellt sich die folgende heraus:

Wie fandest du das Schülerlabor?



Und wieso?

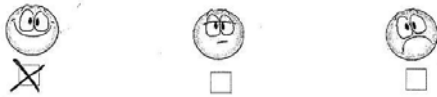
Ich finde das ihr das gut gemacht habt  
Aber ich finde es blöd das wir die keine  
Stationen wegen der Zeit nicht mitsuchen  
konnten

Abbildung 25: Kritische Bemerkung zur Zeiteinteilung

Tatsächlich war bei der letzten Gruppe an der Strom-Station akuter Zeitmangel. Die Eltern der Schüler waren bereits eingetroffen, sodass nicht jeder Schüler mit seinem Elektromagneten fertig wurde. Fazit der Aussage sollte nochmals sein, einen klaren, für alle Schüler transparenten Zeitplan zu haben, an dem festgehalten wird, der aber gleichzeitig immer genügend Zeit an den Stationen einräumt.

Unter den restlichen Aussagen sind in signifikanter Weise die Magnetspiele zu erwähnen. Mehrmals wird die Freude an den Spielen betont.

Wie fandest du das Schülerlabor?



Und wieso?

wegen den Autoren, ~~was~~ und  
den Geist

Wie fandest du das Schülerlabor?



Und wieso?

Ich finde alles sehr schön. Das Reklamieren  
und  
handeln war lustig, <sup>und</sup> wir das Zimmer bereitet  
haben. Mit dem Gespräch, das war auch schön

Abbildung 26: Zwei Bemerkungen zu den Magnetspielen

Auch wurde von zwei Schülern nochmals ein Dankebild gestaltet, auf welchem der Geist und das Auto zusehen sind, sodass von einem bleibenden Eindruck des Versuchs ausgegangen werden kann.

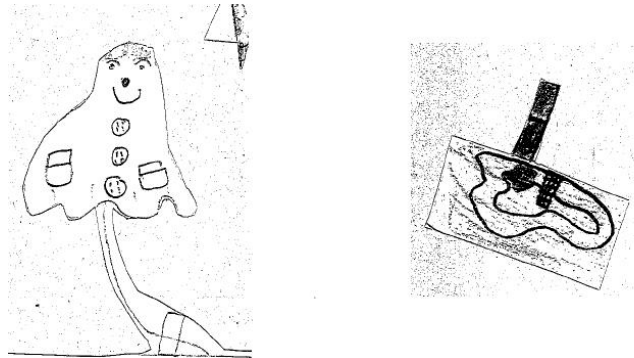


Abbildung 27: Dankeschönbilder der Grundschulklasse

## 7.5. Zusammenfassung der Ergebnisse des Testlaufes

Ein allumfassendes Fazit, welches nicht nur reine Reproduktion der genannten Ergebnisse darstellt, fällt hier nun etwas schwer zu ziehen. Der Grundschultestlauf hat sich in verschiedener Hinsicht als sehr positiv und wirkungsvoll erwiesen. Nicht nur, weil die Schüler einen spannenden und aufregenden Tag in der Universität verbringen konnten, sondern auch, weil er die Konzeption des Schülerlabors maßgeblich beeinflusst, verbessert, weiterentwickelt und bestätigt hat. Bei aller Theorie über Didaktik und Pädagogik dürfen die Schüler selbst nicht fehlen, welche am besten darüber Aufschluss geben können, was sie begeistert, wodurch sie lernen und was sie erwarten. Didaktische Elemente wie die angebotenen Hilfekarten, die Art Experimente zu dokumentieren und die Arbeitsanweisungen haben sich als nützlich, aber noch verbesserungswürdig erwiesen, während der Einsatz von Symbolen, die Wertschätzung der Lernatmosphäre, Zusatzversuche und die spielerischen Elemente an den Stationen bereits positiv umgesetzt werden konnten und als sehr wichtig empfunden werden. Auch wurde klar, dass ein Schülerlabor als außerschulischer Lernort und ein integratives im Besonderen extrem darauf achten muss, nicht zu „verkognitivieren“ und den Schülern genügend Zeit zur Auseinandersetzung zu geben. Die Schüler empfinden das Lernen an der Universität unter dem Aspekt Freude als wichtiges und



unanfechtbares Element. Diese Erkenntnisse lassen sich auch auf die Entwicklung der anderen beiden Stationen übertragen, wo sie stets Beachtung finden müssen.

## 8. Rahmenelemente des Schülerlabors

Bevor im Detail die Stationen des WWW-Labors und deren didaktische Aufbereitung erläutert werden, soll es zunächst um wesentliche Rahmenelemente der Konzeption gehen. Dabei stehen sowohl eine Einbettung des Schülerlabors im Sinne vor- und nachbereitender Veranstaltungen, wie auch begleitende Spiele zu Beginn und in der Pause des Labortages im Fokus. Es werden didaktische Prinzipien erörtert, die übergreifend im Labor angedacht sind und eben erst in ihrer Gesamtbetrachtung zum Tragen kommen. Zuletzt wird eine Vielzahl von einzelnen didaktischen Elementen wie Hilfekarten und Symbole aufgegriffen, die an allen Stationen zu finden sind und so bedeutsam zum Gesamtlabor beitragen.

### 8.1. Einbettung des Schülerlabors in weitere Veranstaltungen

Das Schülerlabor ist in seiner Grundkonzeption als eine einmalige Veranstaltung organisiert. Schulklassen nehmen dieses Angebot an einem Tag wahr und kehren am nächsten Schultag wieder in ihren Alltag zurück. Die unter 1.3 vorgestellten Studien bemängeln diese „Konsumhaltung“, denn sie wirkt sich nur kurzfristig auf die Motivation und das Interesse der Schüler und Schülerinnen aus. Oft kann dieser Besuch von den Schülern gar nicht in den Schulkontext einbezogen werden und bleibt als isoliertes Geschehen, welches nicht in den Kontext Schule und Lernen eingeordnet wird, im Gedächtnis.

Soll das Angebot nachhaltig wirken, so muss die Konzeption des Schülerlabors und im Speziellen die des integrativen Schülerlabors erweitert werden. Im folgenden Abschnitt werden Rahmenkomponenten des integrativen Schülerlabors vorgestellt, die das Projekt in ein rundes Geschehen einbetten und so den Schülern die Möglichkeit geben, das Angebot inhaltlich, wie auch den integrativen Gedanken nachhaltig wirken zu lassen.

#### 8.1.1. Die Vorbereitung

Die Vorbereitung der Klassen findet im Wesentlichen durch die Leiter des Labors statt. Sie besuchen die beiden teilnehmenden Schulklassen und haben die Möglichkeit über diese Vortreffen einige wichtigen Inhalte anzusprechen und die Schüler auf die Veranstaltung einzustimmen. Ziel ist es, das Vorhaben für die Schüler transparent zu gestalten, denn nur so ist für sie ersichtlich, was sie erwartet und welche Rolle sie dabei spielen. Darüber hinaus lernen die Organisatoren die Schüler näher kennen und können dadurch geeignete Gruppenkonstellationen finden.

**Das Vortreffen am Gymnasium** Um eine kommunikative Atmosphäre zu schaffen, wäre es wünschenswert zu Beginn einen Stuhlkreis aufzubauen. Es ist dann Zeit für eine kurze Vorstellungsrunde. In der ersten Erarbeitungsphase steht der Ablauf beziehungsweise die einzelnen Elemente des Schülerlabors im Vordergrund. Hierzu werden Karten an einige Schüler verteilt, auf denen die Phasen - Vortreffen, Begrüßung, Station 1, Station 2, Pause, Station 3, Stati-

on 4, Abschlussrunde, Elternabend - beschrieben sind. Die Schüler werden aktiviert indem sie den Auftrag erhalten sich richtig zuzuordnen, während die anderen Schüler helfen können. Anhand der Reihenfolge werden dann die einzelnen Abschnitte vorgestellt und mit Inhalten gefüllt. Nachdem den Schülern nun klar ist wie der Tag strukturiert ist, sollen die inhaltlichen Themen Integration und Physik besprochen werden.

In der zweiten Erarbeitungsphase sind die Schüler dazu angeregt, über das Thema Integration beziehungsweise Behinderung nachzudenken. Über den Titel des Labors „Wir wollen's wissen - wie ist das eigentlich mit der Physik? Ein *integratives* Schülerlabor für die 6. Jahrgangsstufe zum Thema Physik“ wird auf das Wort „integrativ“ aufmerksam gemacht. Die Schüler werden dazu angehalten Vermutungen über die Bedeutung dieses Wortes zu äußern. Es wird in vielen verschiedenen Bereichen angewandt und sollte deshalb auf den schulischen Kontext beschränkt werden. Ausgehend von einer Worterklärung wird klar gestellt, dass ein integratives Schülerlabor ein Ort ist, an dem Schüler mit und ohne Behinderung gemeinsam etwas über Naturwissenschaften lernen können. Schließlich kann in diesem Zusammenhang abgeklärt werden, was die Schüler unter einer Behinderung verstehen und welche Erfahrungen bereits vorliegen. Die Schüler sollten genügend Zeit erhalten um sich der Thematik zuzuwenden und Fragen stellen zu können, da das Gebiet der Behinderung oft mit Berührungsängsten und Unwissenheit verbunden ist. Der eine oder andere Schüler könnte sich, aufgrund seiner bisherigen schulischen Erfahrungen bezüglich Leistungstrennung, nun fragen, wieso nicht jede Klasse für sich alleine das Labor besucht, also wieso eine Zusammenarbeit zwischen dem Förderzentrum und dem Gymnasium gefordert wird. Als Erklärung wird die UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit Behinderung erläutert, die im März 2009 von Deutschland ratifiziert wurde. Hieraus wird die Schlussfolgerung gezogen, dass Schüler, egal ob sie eine Behinderung haben oder nicht, nicht aus dem allgemeinen Schulsystem ausgeschlossen werden dürfen. Diese Idee von einem gemeinsamen Lernen soll im integrativen Labor verwirklicht werden.

In der nächsten Erarbeitungsphase soll es um die Physik gehen. Um den Schülern nicht schon zu viel zu verraten, werden lediglich die eigenen Verknüpfungen und Vorstellungen zur Physik aktiviert. Eine große Papierrolle wird quer über den Stuhlkreis abgerollt und die Schüler können ihre Gedanken zu diesem Thema aufschreiben. Hierbei steht nicht die Richtigkeit der Vorstellungen im Mittelpunkt, sondern die gedankliche Einstimmung auf das Thema und das Wecken der Neugier. Die Ideen werden kurz reflektiert und ausgehend von ihnen noch eine wichtige Arbeitsweise von Physikern angesprochen: das Arbeiten im Team. Schließen kann diese Erarbeitungsphase mit der Aussage, dass die Schüler am Tag des Schülerlabors herausfinden werden, was die Physik denn eigentlich ist.

Als letzten Punkt gilt es noch die Gruppen einzuteilen. Die Schüler ordnen sich selbst zu und schreiben ihren Namen auf eine Farbkarte, die am Tag des Labors ihre Gruppenfarbe sein wird.

**Das Vortreffen am Förderzentrum** Auch hier wird zuerst ein Stuhlkreis gestellt und eine kurze Vorstellungsrunde gemacht. In der ersten Erarbeitungsphase werden von den Schülern Annahmen geäußert, was die Physik ist. Sie werden in ihrer Form stehen gelassen und es wird erklärt, dass die Schüler genau das bei ihrem Besuch des Schülerlabors herausfinden sollen.

In der nächsten Erarbeitungsphase wird das Wort Schülerlabor genauer erklärt. Den Schülern

wird deutlich, dass dies ein Ort ist an dem Versuche durchgeführt werden. Damit sich die Schüler besser vorstellen können was Versuche sind, wird die „Teebeutelrakete“ gemeinsam mit den Schülern durchgeführt. Hierzu werden die einzelnen Phasen des Experimentierens, so wie sie beim Schülerlabor anzutreffen sind, eingehalten. Das bedeutet, zuerst das Material zu beschaffen, dann die Gegenstände nach Versuchsanleitung aufzubauen und schließlich den Versuchshergang ganz genau zu beobachten. Die Beobachtungen werden anschließend besprochen und wenn möglich festgehalten.

Die letzte Erarbeitungsphase klärt die Schüler über den Ablauf des Tages und die Besonderheit der Zusammenarbeit mit einer anderen Klasse auf. Einige Schüler erhalten Bildkarten, die die einzelnen Elemente - Bus, Begrüßung, Experimentieren, Brotzeit, Abschlusskreis, Eltern - zeigen. Sie sollen diese genau betrachten und für die anderen Schüler beschreiben. Aufgrund dieser Beschreibungen können dann die einzelnen Phasen erläutert und mit Inhalten gefüllt werden. Abschließend werden gemeinsam mit den Schülern Gruppen gebildet und auf den Farbkarten notiert, welche am Tag des Labors ihre Gruppenfarbe sein wird.

Zu beiden erläuterten Stunden findet sich im Anhang ein Artikulationsschema.

**Die Einweisung der Betreuer** Die Rolle des Betreuers wurde bereits im ersten Teil angesprochen und soll nun im Zusammenhang des WWW-Labors weiter erläutert werden. Die Einweisung der Betreuer wird als wichtige Aufgabe gesehen, da sie bedeutend an der Gestaltung der Lernatmosphäre beteiligt und letztlich auch für das Gelingen der gesamten Veranstaltung mit verantwortlich sind. Zuerst sollten die Grundüberlegungen des integrativen Schülerlabors vorgestellt werden. Für einige Betreuer könnte der integrative Gedanke neu sein und so sollten auch sie ausreichend über das Thema Behinderung und Integration informiert werden. Darüber hinaus ist die Kenntnis über den organisatorischen und vor allem zeitlichen Rahmen für einen reibungslosen Ablauf wichtig. Es ist unbedingt notwendig, dass sich der Betreuer mit den Inhalten, den Materialien sowie Besonderheiten seiner Station vertraut macht, um den Schülern bei ihrer Arbeit beratend und wenn nötig helfend zur Seite stehen zu können. Neu ist für einige auch die Zusammenarbeit zwischen Sonderpädagogen und Physikern. Beide Seiten sollen sich während der Betreuung vor allem auf dem jeweils „fachfremden“ Gebiet unterstützen. Die Betreuer erhalten ein Handout (s. Anhang), auf dem alle wichtigen Informationen nochmals aufgelistet sind und die Fragen für eine anschließende Feedbackrunde notiert sind. Diese erhalten die Betreuer bereits im Vorhinein, damit sie während der Durchführung des Labors einige Aspekte gezielt beobachten können.

**Mögliche Vorbereitung durch die Lehrkraft** Grundsätzlich sollte die Vorbereitung durch das Vortreffen ausreichend sein, sodass die Lehrkraft keinen weiteren Input geben muss. Wenn die Lehrkraft dennoch an einer intensiveren Vorbereitung interessiert ist, gäbe es zwei Möglichkeiten. Zum einen kann das Thema Behinderung eingehender besprochen werden. Viele Ängste und Vorurteile werden in einer Gesellschaft durch den Sozialisationsprozess vermittelt und basieren häufig auf Unwissenheit. Eine inhaltliche Auseinandersetzung könnte vielleicht ein erster Schritt zum Abbau dieser Ängste sein. Dennoch ersetzt diese Konfrontation nicht die reale Begegnung und die damit verbundenen Erfahrungen. Weiter könnte im Zusammenhang von Integration eine

genauere Betrachtung der UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit einer Behinderung für die Schüler interessant sein.

Zum anderen kann methodisch das Lernen an Stationen geübt werden. Das Schülerlabor ist ähnlich wie ein Stationenlauf aufgebaut und fordert deshalb eine gute Orientierung und die Fähigkeit Zusammenhänge zwischen den Stationen herstellen zu können. Denn nur alle Teile ergeben schließlich einen Gesamtüberblick. Das Wissen über den Ablauf eines Stationentrainings gibt dem Schüler schließlich mehr Sicherheit und stellt somit, neben der anderen Klasse, nicht noch eine zusätzliche Herausforderung dar.

### 8.1.2. Der Schülerlabortag

Der Ablaufplan in Abbildung 28 zeigt eine kurze Übersicht über die einzelnen Phasen des eigentlichen Schülerlabortages, welche nun genauer erläutert werden sollen.

1 Woche vor dem Besuch	Vorbereitung des Besuchs
Tag des Schülerlabors	
Zeit	Ablauf
09:00-9:30	gemeinsamer Beginn im Hörsaal
09:30-10:25	1. Station
10:25-11:20	2. Station
11:20-12:05	gemeinsame Pause
12:05-13:00	3. Station
13:00-13:55	4. Station
13:55-14:05	gemeinsamer Ausklang
1 Woche nach dem Besuch	Vorstellung der Ergebnisse am Elternabend

Abbildung 28: Ablaufplan des Schülerlabors

Zuerst werden die Schulklassen in einem großen Raum begrüßt. Dieser sollte unbedingt genügend Bewegungsfreiheit für alle Beteiligten bieten. Nachdem der Ablauf bereits im Vortreffen erklärt wurde, braucht dieser nur kurz als Orientierungshilfe erwähnt werden. Mehr Input ist zu Beginn nicht empfehlenswert, da die Schüler schon gespannt tätig werden wollen. In dieser Anfangsphase sollen die Schüler auch so schnell wie möglich in Kontakt kommen, um die anfänglichen Berührungängste nicht noch unnötig zu steigern. Hierfür eignet sich das Spiel „Obstsalat“. Die Schüler stellen sich in einem Kreis auf und werden aufgefordert nach bestimmten Kriterien die Plätze zu tauschen. Diese Kriterien werden durch den Spielleiter gestellt, indem dieser eine Frage an die Schüler stellt. Zum Beispiel könnte eine Frage wie folgt lauten: „Wer spielt gerne Fußball?“

Es tauschen nun alle Schüler den Platz, die diese Frage mit einem Ja beantworten. Der Vorteil des Spiels ist zum einen, dass die Schüler zunächst für sich spielen können und nicht gleich zu Beginn in einen direkten Kontakt treten müssen. Zum anderen lernen sie, ohne kommunizieren zu müssen, die Mitschüler automatisch etwas besser kennen. Zum Ende des Spiels können die Gruppenfarben erfragt werden, welche die Schüler beim Vortreffen bereits erfahren haben. So kann von der Begrüßung direkt in die Arbeitsphase übergegangen werden. Die einzelnen Farben finden sich bei den Betreuern ein, wo sie noch ihr Namensschild erhalten. Dieser führt sie dann direkt zur ersten Station.

An der ersten Station selbst wird den Schülern Zeit gegeben sich als Team kennenzulernen, bevor mit den Experimenten begonnen wird. Der Betreuer kann bei Fragen zum Ablauf dann auch noch auf Unklarheiten eingehen. Da das Gebäude sehr weitläufig ist, können die Schüler nicht selbstständig die Stationen wechseln, sodass sie stets zum Ende der Station vom Betreuer zur nächsten geführt werden.

Nach den ersten beiden Stationen ist eine Pause von 45 Minuten geplant, die die Schüler frei nutzen können. Lediglich die letzten zehn Minuten werden durch ein weiteres Spiel gestaltet. Dabei stellen sich alle Beteiligten in einen großen Kreis. Dieser wird immer dichter, je näher man aufeinander zu geht. Schließlich drehen sich alle nach rechts um und setzen sich auf die Oberschenkel ihres Hintermannes. Der Kreis ist dann, wenn er ohne Lücken ist, stabil. Das Spiel bringt die Schüler vor Beginn der nächsten Arbeitsphase noch einmal miteinander in Kontakt und aktiviert sie zu einer produktiven Zusammenarbeit. Anschließend finden sich die Gruppen wieder bei den Betreuern ein und gehen zu den jeweiligen Stationen 3 und 4.

Nach der letzten Station treffen sich alle Gruppen nochmals im Anfangsraum. Wichtig ist nun auf den Feedbackbogen hinzuweisen. So wird angemerkt, dass dieser anonym ausgefüllt werden soll und eine ehrliche Aussage hilfreicher ist als eine nett gemeinte. Die Ergebnisse werden schließlich für eine Verbesserung des Labors genutzt. Die abschließenden Worte und ein Dankeschön für den Besuch runden den Tag ab. Zum Schluss erhalten die Schüler als eine Art Abschiedsgeschenk eine Schülerbroschüre, die sie direkt mit nach Hause nehmen können.

### 8.1.3. Die Nachbereitung

Im Laufe der Arbeit ergaben sich drei Ideen, die für eine sinnvolle Nachbereitung des integrativen Schülerlabors genutzt werden können: eine Schülerbroschüre (s. Anhang), einen Elternabend und indirekt eine Lehrerbroschüre (s. Anhang). Allen gemeinsam ist die Funktion den einmaligen Besuch des Schülerlabors erneut aufzugreifen und ihn so wieder ins Bewusstsein der Schüler zu bringen.

**Die Schülerbroschüre** Ziel dieser Schülerbroschüre ist es, zum einen den Schülern die Möglichkeit zu geben je nach Interessenlage den ein oder anderen Sachverhalt zu Hause noch einmal zu reflektieren, aber auch um den Eltern zeigen zu können, was man an diesem Tag geleistet hat. Zuletzt sollen die Schüler in kleinen Heimversuchen weiter zum Experimentieren angehalten werden.

Der Aufbau ist so konzipiert, dass Farben, Symbole sowie die Einteilung der Physik gemäß der

Laborkonzeption in die vier Teilgebiete Optik, Elektromagnetismus, Thermodynamik und Mechanik beibehalten wurde. Jedes Teilgebiet beginnt mit einer Einführungsseite. Dort findet sich eine kurze Erklärung über die Inhalte des Gebiets und über die Bedeutung in der Alltagswelt. Auf den folgenden Seiten werden die theoretischen Hintergründe der durchgeführten Experimente erklärt und nochmals explizit in Form einer Auflistung genannt. Die Erläuterungen werden mit Hilfe von Bildern zusätzlich veranschaulicht. Abschließend finden die Schüler noch eine Versuchsanleitung, mit Hilfe derer sie zu Hause selbst weitere Experimente durchführen können. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Materialien nicht außergewöhnlich sind und deshalb davon ausgegangen werden kann, dass sie im Haushalt vorhanden sind. Das Heft kann jedoch nicht nur vom Schüler genutzt werden, auch die Lehrkraft hat die Möglichkeit es in den Unterricht mit einzubinden und so die gemachten Erfahrungen immer wieder anzusprechen. Trotzdem muss der Klarheit wegen festgehalten werden, dass dieses „Schülertheorieheft“ nicht den Anspruch eines Schulbuches hat, in dem explizit und in strukturierter Form Herleitungen und Theorien erläutert werden.

**Die Lehrerbrochüre** Dieses Handbuch birgt eine der effektivsten Möglichkeiten zur Nachbereitung der physikalischen Inhalte. Dabei orientieren sich die Ausführungen sehr stark am Lehrplan des Gymnasiums. Eine zusätzliche Ausrichtung am Lehrplan der Förderschule ist leider nicht möglich gewesen, da das Fach Physik dort nicht explizit aufgeführt ist. Wenn dies beachtet wird, kann die Brochüre dennoch von beiden Lehrern sinnvoll eingesetzt werden. Sie soll den Lehrer zuerst einmal über das gesamte Projekt informieren. Deshalb finden sich auf den ersten Seiten zunächst allgemeine Informationen zu den integrativen Hintergründen sowie den verfolgten Zielen des Schülerlabors. Weiter werden Möglichkeiten zur Vorbereitung genannt und eine Übersicht über den zeitlichen Rahmen des Projekts gegeben. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt allerdings auf den durchgeführten Experimenten. Damit die Lehrkraft eine genaue Vorstellung über die Auseinandersetzungen der Schüler während des Projekts erhält, werden die Versuche sowie deren mögliche Lernziele ausführlich vorgestellt. Für diese Übersicht wurden die Lernziele in die drei Dimensionen kognitiv, affektiv und psychomotorisch aufgeteilt. Nach der Übersicht findet die Lehrkraft mögliche Anknüpfungspunkte für den Unterricht, die sich, wie gesagt, am Lehrplan des Gymnasiums orientieren. Ausgangspunkt für einige Inhalte des Unterrichts können also bereits durchgeführte Experimente sein. Die Schüler finden sich so in das Thema ein und können die gemachten Erfahrungen reaktivieren. Solch eine Einbindung des Labors in den weiteren Unterrichtsverlauf ist wünschenswert und soll dem Lehrer durch diese Brochüre erleichtert werden. Er erhält sie bei einem ersten Treffen oder beim offiziellen Vortreffen seiner Klasse.

**Der Elternabend** Ein abschließender Bestandteil des WWW-Labors ist ein gemeinsamer Abend mit Eltern und Schülern, der zum einen die Eltern informiert und zum anderen den Schülern erneut Anlass gibt, die gesammelten Erfahrungen zu reflektieren. Neben der Vorstellung der erstellten Materialien, wie Fotowände, Plakate der Stationen und zusammengeschnittenen Filmsequenzen, steht ein zweites Treffen zwischen den beiden Schulen im Mittelpunkt. Die Schüler können noch einmal miteinander in Kontakt kommen und dies fern ab von Lerndruck oder Konkurrenzsituationen. Für die Eltern bietet dieser Abend einen interessanten Einblick in eine für

die meisten wohl unbekannte Zusammenarbeit zwischen Schülern mit und ohne Behinderung. Zu Beginn erhalten sie einen kurzen Vortrag, der sich im Anhang wiederfindet, über die Idee und die genauen Hintergründe des integrativen Schülerlabors. Hierbei wird auch die UN-Konvention über die Rechte von Menschen mit einer Behinderung vorgestellt. Die Eltern werden dazu angehalten Fragen zu stellen und ihre Gedanken evt. auch Ängste zu äußern. Anschließend können die Eltern in einem offenen Arangement Genaueres zu den einzelnen Stationen erfahren. Hierbei betreuen die Schüler die jeweiligen Räume und präsentieren die dokumentierten Ergebnisse ihres Labortages. Die Eltern können darüber hinaus selbst jeweils ein exemplarisches Experiment durchführen und so einen aktiven Einblick in das Schülerlabor erhalten.

## 8.2. Didaktische Elemente

Nicht von minderer Bedeutung gegenüber den Stationen im Entwurf des integrativen WWW-Schülerlabors sind einzelne didaktische Elemente, die die Aufgabe haben das Labor zu einem attraktiven und intensiven Lernort für alle Schüler zu machen. Mehrere dieser Elemente sind in verschiedenen Kontexten bereits angeklungen. In Abbildung 29 ist eine Übersicht über alle Ideen gegeben.

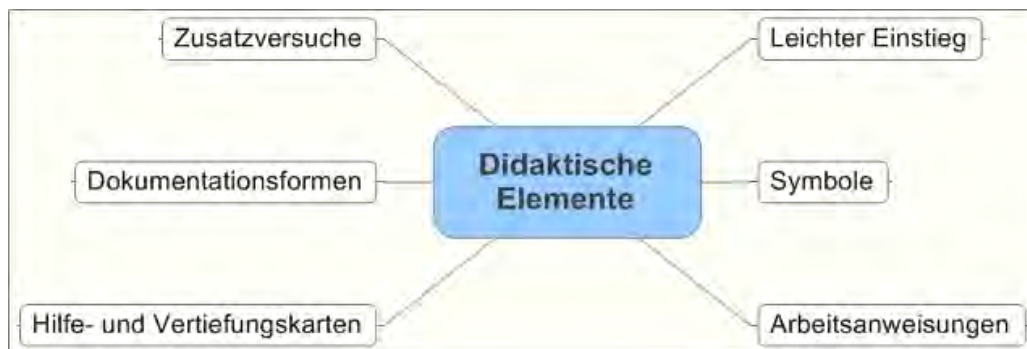


Abbildung 29: Didaktische Elemente im WWW-Schülerlabor

Im folgenden Abschnitt soll eine Gesamtschau gegeben werden, in der beschrieben wird, was hinter den Begriffen steckt und wie diese einzelnen Elemente gestaltet sind, um didaktische Ideen zu verstehen, die sich auf alle Stationen des Labors beziehen.

### 8.2.1. Leichter Einstieg

Ein erstes didaktisches Element des WWW-Labors ist, dass an jeder Station darauf geachtet wurde, mit einem einfachen Sachverhalt zu beginnen. Durch die Strukturierung der Lerninhalte wurde dann das Niveau bis zum Ende hin gesteigert. Der Einstieg wurde meist mit einem Spiel gekoppelt. Dieser spielerische Beginn verhindert eine Überforderung der Schüler bereits am Anfang einer Station und ermöglicht den Schülern schnell in die Station hineinzufinden. Je früher die Schüler mit der Station vertraut sind, desto früher können sie sich auf die Inhalte einlassen. Eine Besonderheit gilt dem ersten Durchlauf jeder Station. Da hier der erste Kontakt zwischen den Schülern als Gruppe stattfindet, benötigen sie in dieser Phase, wie bereits erwähnt, etwas mehr Zeit.

### 8.2.2. Die Symbole

In der gesamten Gestaltung des Schülerlabors haben wir uns für den Einsatz von Symbolen entschieden. Sie können den Schülern die Orientierung erleichtern. Aber vor allem die Schüler, die nicht lesen können, erhalten so die Chance sich mit Hilfe der Symbole zurechtzufinden und sich aktiv zu beteiligen. Zum einen befinden sich die Symbole der einzelnen Stationen an den Türen, die Schüler sehen diese bevor sie die Station betreten, zum anderen dann in der Schülerbroschüre. Weiter sind auch alle Arbeitsblätter an den Stationen mit diesen Symbolen versehen. Abbildung 30 zeigt nochmals eine Übersicht dieser Hauptsymbole des Labors. Bei der Auswahl der Symbole wurde darauf geachtet, dass sie exemplarischen Charakter für die Station aufweisen. Das Symbol spiegelt ebenfalls die Grundfarbe der Themengebiete. So wird die Station Licht und Farbe neben dem Sonnensymbol auch mit der Farbe gelb assoziiert.

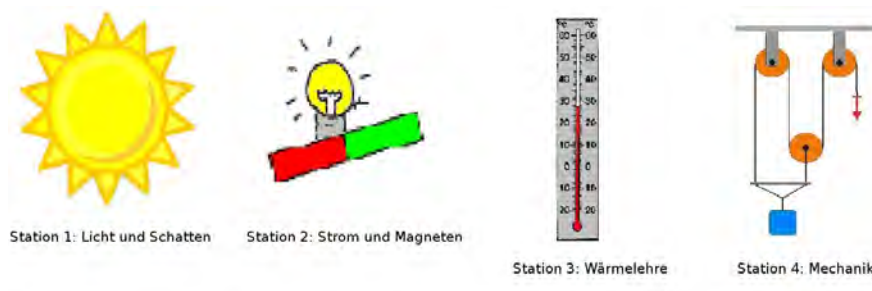


Abbildung 30: Symbole der Stationen

Neben den Hauptsymbolen und Farben der Stationen, welche auch im Logo wiederzufinden sind, wurden weitere Symbole auf den Arbeitsblättern verwendet. Diese unterstützen die durchzuführenden Arbeitsanweisungen. Auch hierzu ist in der folgenden Abbildung eine Übersicht über die relevanten Symbole erstellt.



Abbildung 31: Weitere Symbole im Labor

Die Symbole „Material“, „Los geht's“ (Durchführung) und „Dokumentation“ unterstützen den strukturierten Ablauf eines Experimentes. Weiter werden auch Sicherheitshinweise in bildlicher Form gegeben. Symbole wie das Auge, das Fragezeichen oder das Ausrufezeichen finden sich nicht auf allen Arbeitsblättern wieder. Sie werden nur dann eingesetzt, wenn die Schüler einem



Sachverhalt besondere Aufmerksamkeit zukommen lassen sollen.

### 8.2.3. Die Arbeitsanweisungen

Bei der Erstellung der Arbeitsanweisungen wurden mehrere Gesichtspunkte beachtet und diskutiert. Ausgangspunkt war die Idee, die Arbeitsaufträge schriftlich zu geben. Diese Variante wird allerdings nicht allen Schülern gerecht, da es auch Schüler gibt, die nicht lesen können. Sie wären dann von ihren Mitschülern abhängig und würden zudem als hilfebedürftig ins Zentrum gerückt. Um allen Schülern eine Chance zu geben, mussten die Anweisungen um andere Repräsentationsformen erweitert werden. So wurden weiter visuelle und auch auditive Lösungen diskutiert. Da die Anweisungen meist mehrmals gelesen und wiederholt werden, würden sich Audiotapes (gesprochene Aufnahmen) als unpraktikabel in ihrer Handhabung herausstellen. Ebenso würde das Einspielen einer Videoanweisung, im Sinne einer Fernsehbastelendung die Lernatmosphäre hemmen. Deshalb rückte eine visuelle Unterstützung in den Mittelpunkt. Anweisungen und Materialien werden weitestgehend durch Bilder angegeben und durch schriftliche Anmerkungen ergänzt. Da nicht alle Anweisungen durch Bilder dargestellt werden können, sind die Schüler in diesen Fällen dazu angehalten laut vorzulesen und darauf zu achten sich gegenseitig einzubeziehen. Für die Arbeitsanweisungen gilt zusammenfassend:

- Die Arbeitsanweisungen sind an jeder Station nur einmal vorhanden, sodass die Schüler angehalten werden gemeinsam zu arbeiten.
- Die Arbeitsaufträge und Materialien sind weitestgehend durch Bilder und Symbole visualisiert.
- Wenn eine Visualisierung nicht möglich ist, sind die Arbeitsaufträge leicht verständlich und kurz formuliert.
- Es wird auf eine wiederkehrende Wortwahl Wert gelegt.
- Die Schüler werden mit „du“ oder „ihr“ angesprochen, um klar herauszustellen, ob der Auftrag in Einzel- oder Teamarbeit durchgeführt werden soll.

### 8.2.4. Die Hilfe- und Vertiefungskarten

Um den Ansprüchen einer heterogenen Lerngruppe gerecht zu werden, werden einzelne Experimente mit Hilfe- und Vertiefungskarten ergänzt. Diese lassen sich vor allem bei individualisierten Versuchen gut einsetzen. Durch den Einsatz der Hilfekarte soll der Schüler schrittweise auf die richtige Lösung gestoßen werden. Die Schüler finden deshalb nicht sofort den gesamten Lösungsweg, sondern auf verschiedenen Karten nach und nach Tipps, die ihm helfen sollen weitere Schritte selbst herauszufinden. Da die Hilfekarten meist von schwächeren Schülern gebraucht werden, wurden auch hier viele Bilder eingesetzt und diese durch leichte Sprache ergänzt. Neben inhaltlichen Stützen gibt es auch Hilfekarten, die bei frei gehaltenen Experimenten oder Dokumentationen Handlungsvorschläge angeben.

Die Vertiefungskarten ermöglichen interessierten Schülern ganz nach dem Motto „willst du mehr

wissen...“ vor allem in theoretischer Hinsicht zusätzliche Informationen aufzunehmen. So werden die physikalischen Hintergründe einiger Versuche genauer erklärt, aber auch Bezüge zur Alltags- und Berufswelt hergestellt. Die Verwendung der Karten bleibt den Schülern unbedingt freigestellt. Neben einer besseren Differenzierungsmöglichkeit sollen die Karten das selbstständige Arbeiten unterstützen. Durch sie hat der Betreuer erst die Möglichkeit in den Hintergrund zu treten und die Schüler bei ihrer eigenständigen Auseinandersetzung zu beobachten. Da die Schüler in der Lage sind, sich die Hintergründe und Erklärungen selbst anzueignen, muss dies nicht zwangsläufig über den Betreuer passieren. Wenn er ein Eingreifen in den Lernprozess allerdings für nötig erachtet, ist dies selbstverständlich erwünscht.

### **8.2.5. Die Dokumentation**

Die Dokumentationsphase stellt eine wichtige Einheit im Ablauf des Experimentierens dar. Bei dieser Phase geht es nicht um richtige oder falsche Lösungen, sondern um eine persönliche Auseinandersetzung. Alle Wahrnehmungen spiegeln dann das wider, was die Schüler erfahren und aufgenommen haben. Sie bietet den Schülern die Möglichkeit, über die Versuche und Beobachtungen gezielt nachzudenken und sie zu reflektieren. Andernfalls käme das Experimentieren lediglich einem Abarbeiten einzelner Aufträge gleich. Da diese Phase besonders wichtig ist und viel Potential auch für die Nachbereitung bietet, wurden viele Varianten diskutiert. Der unterschiedliche Charakter der einzelnen Stationen sollte zudem durch die Formen der Dokumentation unterstützt werden. Es kann aufgrund dieser unterschiedlichen Schwerpunkte keine allgemein gültige Methode für alle Stationen geben. An jeder Station sind die Ergebnisse der Versuche für die Schüler sichtbar. Dies ist schließlich die Voraussetzung dafür, dass jeder Schüler etwas zu den Versuchen dokumentieren kann. Die Optikstation arbeitet viel mit Farben und so bietet sich eine Dokumentation an, in der die Schüler das Gesehene malen können. Hierzu erhalten sie an verschiedenen Stellen Zeit, das Gesehene auf einem DIN A6-Zettel festzuhalten. Für die Gestaltung erhalten sie keinerlei inhaltliche Vorgaben. Anschließend kleben sie die Zettel auf ein großes Plakat, welches am Ende des Tages einen Gesamteindruck aller Gruppen zeigt. Auch an der Thermodynamikstation werden die Gedanken auf diese Weise festgehalten. Die Schüler sollen nicht direkt auf das Plakat malen, da sie zum einen Schwierigkeiten bei der Einteilung hätten und zum anderen an einem eigenen Zettel konzentrierter arbeiten können. Damit die Schüler die Zettel kreativ gestalten, wird ihnen ansprechendes Dokumentationsmaterial und verschiedene Stifte zur Verfügung gestellt.

An der Elektromagnetismusstation wird für eine Dokumentation der Ergebnisse eine Videokamera verwendet. Diese übt sicherlich einen besonderen Reiz auf die Schüler aus. Auch hierbei erhalten die Schüler keinerlei Vorgaben, um ihre Kreativität nicht auszubremsen. Falls die Schüler dennoch nicht genügend Einfälle haben sollten, können sie auf einer Karte verschiedene Vorschläge nachlesen, die sie für ein Schülerinterview nutzen können.

An der Mechanikstation wird ein Fotoapparat eingesetzt. Die Schüler erhalten den Auftrag während der Versuche eindruckliche Erkenntnisse nachzustellen und zu fotografieren.

An dieser Stelle soll noch einmal hervorgehoben werden, dass die Schüler bei allen Formen der Dokumentation viel Freiraum erhalten. Hierdurch wird erhofft, dass die Schüler genau das fest-

halten, was sie erstaunt oder beeindruckt hat. Wenn Schüler einen Zugang zur Physik entwickeln sollen, kann es bei dieser ersten Begegnung nicht darum gehen, die Eindrücke der Schüler in eine physikalisch korrekte Weise zu lenken und ihre Erfahrungen damit zu gängeln. Die Gefahr einer Einteilung der Auseinandersetzungen in richtig und falsch und eine damit verbundene Enttäuschung soll nicht provoziert werden. Nur in einer freien Dokumentationsphase werden die Gedanken schließlich das widerspiegeln, was die Schüler aus den Versuchen wirklich mitnehmen. Das kann wiederum Anknüpfungspunkt für eine Nachbereitung sein, in der ein Bezug zu physikalisch korrekten Beschreibungen erbracht werden könnte.

### **8.2.6. Die Zusatzversuche**

An jeder Station werden kleinere Zusatzversuche bereitgestellt, die entweder eine Vertiefung der bisherigen Theorie darstellen oder neue an das Thema anschließende Inhalte anbieten. Als Zusatzversuche sind sie lediglich für Gruppen angedacht, die bereits vor Ablauf der regulären Zeit mit allen Versuchen fertig sind. Die Schüler können diese dann auf freiwilliger Basis durchführen. Falls die Schüler die gewonnene Zeit für eine Pause oder eine Wiederholung eines anderen Experimentes nutzen möchten, ist dies zu akzeptieren. Die Zusatzversuche können ebenfalls in der großen Pause angeboten werden, falls dies von Seiten der Schüler gewünscht wird. Damit soll das erfolgreiche Konzept aus dem Grundschultestlauf ausgebaut werden.

## **8.3. Umsetzung übergreifender didaktischer Prinzipien im WWW-Schülerlabor**

Im ersten Teil der Arbeit wurden didaktische Prinzipien für ein integratives Schülerlabor eingehend beschrieben. Es soll nun zum ersten Mal dargestellt werden, wie diese im konkreten Labor „WWW“ umgesetzt werden. Mehrere Prinzipien sind dabei für alle Stationen gleichbedeutend und übergreifend anzusehen. Vor allem in den eben erläuterten didaktischen Elementen spiegeln sie sich bereits wider. Sie sollen deshalb an dieser Stelle in ihrem Wirken in der Gesamtkonzeption beschrieben werden. Weitere Prinzipien werden, sofern sie an einer Station zu verwirklichen sind, im nächsten Abschnitt „Die Stationen“ direkt bei den Versuchen dargestellt.

- **Ganzheitsprinzip:** Das Thema des Labors zu erfassen ist die Tagesaufgabe der Schüler. Ihnen wurde im Vortreffen bereits bewusst gemacht, dass ihnen erst die Gesamtheit der Stationen ein Bild davon vermitteln kann, was Physik ist. Die Stationen stehen also in einem Sinnganzen. Neben der Einheit stehen auch die einzelnen Versuche einer Station durch die vorgenommene Strukturierung in einem engen Zusammenhang und können so von den Schülern erschlossen werden. Nicht an einer Station allein ist das Lernangebot durch alle Sinne gleichermaßen zu erfassen. Doch kann man über das gesamte Konstrukt sicher davon sprechen, dass Inhalte auf verschiedenen Ebenen angeboten werden. Auch verschiedene methodische Intentionen an den Stationen, wie Knobeln an der Strom Station, Forschen an der Temperatur Station, Entdecken an der Optik Station oder Anstrengen an der Mechanik Station zeigen, dass Ganzheitlichkeit nur über alle Stationen hinweg zu einem runden Prinzip werden kann.

- **Prinzip des sozialen Lernens:** Auch das soziale Lernen ist großflächig beabsichtigt. Der Teamgedanke, den die einzelnen Gruppen entwickeln sollen, findet sich bereits in der Verteilung einer Gruppenfarbe wieder. So werden für alle Schüler Namensschilder in verschiedenen Farben angefertigt, auf denen sich die Schüler mit Folienstift eintragen können. Die einzelnen Gruppen tragen außerdem ihre Farbkarte stets bei sich, so zieht das Team rot zum Beispiel gemeinsam von Station zu Station. Auch die einbettenden Spiele zuvor und in der Pause sollen dazu beitragen, dass die Schüler näher in Kontakt kommen, damit sie sich an den Stationen selbst auf das gemeinsame Lernen konzentrieren können. Schlussendlich ist auch hier die Abwechslung der Versuchskategorien als entscheidend anzusehen. So wurde bewusst variiert zwischen Versuchen, in denen die Schüler sich gegenseitig helfen sollen/müssen und Versuchen, bei denen infolge mehrerer Aufgaben gleichzeitig jeder zum Gelingen beitragen muss. Die Schüler können sich dann in unterschiedlichen Rollen wiederfinden.
- **Prinzip der Elementarisierung:** Wesentlicher Baustein des Labors muss eine Elementarisierung des physikalischen Hauptthemas der Veranstaltung sein. Die Schüler der 6. Klasse sollen, gemäß der Motivation und Zielsetzung des Labors, einen Einblick in die Physik bekommen. Sie setzen sich dazu mit den zentralen Teilbereichen der Physik (Mechanik, Elektromagnetismus, Optik und Thermodynamik) auseinander, als auch mit Methoden und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften. Eben diese Inhalte stellen damit den Kern der Sache dar, der einen Zugang zur Physik ermöglicht. Den Schülern muss dieses übergeordnete Lernziel auf verschiedenste Weise in mehrfacher Form angeboten werden. Dazu wird die Physik als Naturwissenschaft in den folgenden Sinneinheiten didaktisch rekonstruiert. Zu allererst stehen die vier Stationen exemplarisch für die angesprochenen Teilgebiete der Physik. An ihnen können die Schüler an wiederum exemplarischen Inhalten einen Eindruck davon gewinnen, womit sich die jeweilige Disziplin und letztlich also die Physik beschäftigt. Im Einklang damit steht das Logo, das für das WWW-Schülerlabor entworfen wurde.

Dargestellt in Abbildung 32 zeigt es in den jeweiligen Farben, die auch die Stationen tragen, die Symbole der Teilbereiche. Dieses Logo wird vor allem in der Schülerbroschüre wieder aufgegriffen, welche ebenfalls die vier Bereiche mit konkreten Alltagsbeispielen und physikalischer Theorie zeigt. Um den Schülern den Lerninhalt nicht nur über das Sehen und Selbstregistrieren bzw. Lesen in der Schülerbroschüre anzubieten, sind die Betreuer stets dazu angehalten die Schüler an ihrer Station zu begrüßen und in ein bis zwei Sätzen den Namen ihrer Station zu nennen und auch womit sich diese beschäftigt. Das naturwissenschaftliche Arbeiten, vor allem das Experimentieren wird über den gesamten Schülerlabor-tag praktiziert, sodass die Schüler das Experiment als wichtigen Bestandteil physikalischer Forschung kennenlernen können. Es tritt aber auch in beiden Vortreffen in den Klassen in den Vordergrund und wird also nochmals von theoretischer Seite her aufgegriffen. Physiker führen Experimente durch, um ihre Erkenntnisse zu formulieren und Theorien zu bestätigen. Worin wird das Thema, um den Kern der Sache zu veranschaulichen, nun didaktisch reduziert? Es wird grundsätzlich auf eine direkte Auseinandersetzung mit den Gebieten

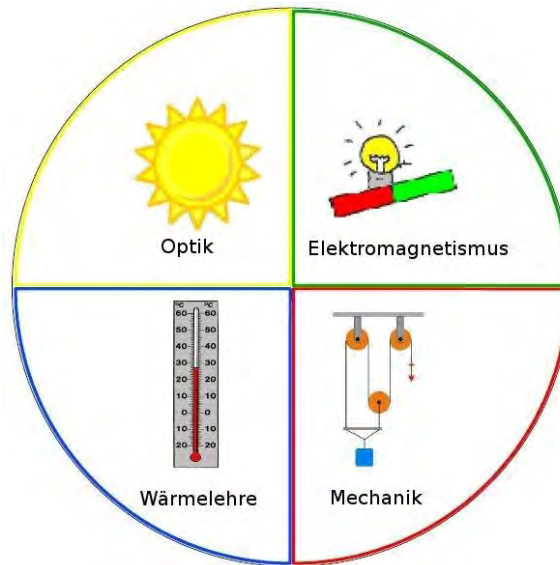


Abbildung 32: Logo des WWW-Labors

Akkustik und Moderner Physik verzichtet. Das hat zum einen zeitliche Gründe, aber auch der Aspekt einer Überfrachtung der Schüler spielt sicherlich eine Rolle. Den Schülern wird weiterhin nicht explizit der deduktive Charakter einer Naturwissenschaft offengelegt und damit, im Stützen auf rein induktive, empirische Erkenntnisgewinnung, ein wesentlicher Aspekt physikalischer Forschung vorenthalten. Auch die grundsätzliche Nähe zur Mathematik und andere interdisziplinäre Zusammenhänge bleiben für die Schüler noch versteckt. Auf konkrete Begrifflichkeiten bzw. vor allem Begriffserklärungen wird zunächst ganz verzichtet, sodass die Station zur Optik zum Beispiel den Namen Licht und Farben - Station trägt. Diese Begriffe werden allerdings später in der Schülerbroschüre mit den erlernten und erfahrenen Inhalten in Verbindung gebracht. Im gleichen Zuge ist zu erwähnen, dass eine Reduktion im Labor stattfindet, die es den Schülern erlaubt nicht mit starren, korrekten physikalischen Phrasierungen zu hantieren, sondern die Physik mit eigenen Worten zu beschreiben, was das Herausbilden oder Verstärken von Schüler( Fehl)vorstellungen nicht immer ganz ausschließen kann. Es zeigt sich, dass die Elementarisierung der Themenstellung einen wichtigen Gedanken darstellt, welcher sich, wie die anderen diskutierten Prinzipien, im Hinblick auf das gesamte Konzept integratives Schülerlabor zum Thema Physik beziehen muss.

Resümierend dargestellt sind die didaktisch-pädagogischen Überlegungen, die in Teil I grundgelegt wurden, in großen Zügen in den Rahmenelementen des Schülerlabors verwirklicht. Die Einbettung des Labortages und die Verzahnung mit weiteren Terminen, die mit dem Schülerlabor in Verbindung stehen, sorgen in gleicher Weise für einen runden Abschluss des Projekts wie die unterschiedlichen, erläuterten didaktischen Elemente. Die Wirkungsweise dieser Elemente wurde dabei in übergreifenden Prinzipien aufgeschlüsselt, welche somit nicht an isolierten Stellen der Stationen betrachtet werden müssen.

## 9. Die Stationen

Der Kern der Konzeption des integrativen Schülerlabors besteht dennoch letztlich darin, Versuche auszuwählen, die die Schüler begeistern und ihnen einen gelungenen Vormittag bescheren. Nachfolgend soll nun ein Überblick über die Experimente und Spiele an den vier Stationen gegeben werden. Dabei sind an die Versuche kurze physikalische Hintergründe gekoppelt. Des Weiteren sind, soweit möglich, auch ungefähr geplante Zeiteinheiten mit angegeben, die sich zum Teil aus dem Grundschultestlauf ergaben. Eine Liste über alle benötigten Materialien für die Stationen ist im Anhang angeführt. Es wird in diesem Kapitel außerdem die didaktische Aufbereitung der Stationen in Bezug auf die didaktischen Prinzipien erörtert und mögliche Lernziele formuliert.

„Ein Lernziel ist eine sprachlich artikulierte Vorstellung über die durch Unterricht zu bewirkende gewünschte Verhaltensdisposition eines Lernenden“ (Meyer/Jank 1994, S. 302). In diesem Falle ist es nicht der Unterricht im klassischen Sinne, sondern der Besuch des Schülerlabors, der die Schüler mit einer Fülle von möglichen Lernzielen konfrontiert. Da es sich um eine heterogene Schülerschaft handelt, verfolgt das Schülerlabor keine Lernzielgleichheit. Vielmehr geht es um ein lernzieldifferntes Lernangebot. Die folgenden Beschreibungen über diese Ziele sind keine Übersicht über tatsächlich vollzogene Lernprozesse auf Seiten der Schüler, sondern eine Auffistung aller möglichen Lernziele. Um diese Lernziele genauer beschreiben zu können, werden diese in die Dimensionen kognitiv, affektiv und psychomotorisch eingeteilt. Bezüge zum (gymnasialen) Lehrplan werden allerdings nur vereinzelt dargestellt, sie finden sich im Anhang in der gestalteten Lehrerbrochure wieder.

### 9.1. Station 1 - „Wie ist das eigentlich mit Licht und Farben?“

An der Station „Wie ist das eigentlich mit Licht und Farben?“, in der die Schüler in exemplarischer Weise mit dem Teilgebiet Optik vertraut gemacht werden, werden insgesamt fünf Versuche und zwei Zusatzversuche zu den Themen Brechung und Dispersion angeboten. Hierbei werden die Ergebnisse des Grundschultestlaufs beachtet, indem zuerst der Themenkomplex Farben und Farbmischung, dann die Dispersion und zuletzt als Ursache das Phänomen der Brechung im Vordergrund steht. Die Station eröffnet damit einen unmittelbaren und leichten Einstieg in das Phänomen Farbe und wird durch „Warum“-Fragen im kognitiven Anspruch zum Ende hin gesteigert. Von organisatorischer Seite bleibt zu erwähnen, dass bei der Raumwahl darauf zu achten ist, dass die Zimmer gut abgedunkelt werden können. Muss aufgrund zu großer Schülerzahlen eine Doppelbelegung aller Stationen stattfinden, so ist es ungünstig, beide Optikgruppen in einen Raum zu legen, da sie unter Umständen zu unterschiedlichen Zeiten Dunkelheit benötigen.

#### 9.1.1. Versuche

Jede der vier Versuchsaapparaturen (Lichtorgel, Prisma, Overhead und Laserstrahl) soll in etwa ein Viertel der Gesamtzeit an der Station einnehmen.

**Lichtorgel 1** Zum Einstieg in die Station bekommen die Schüler eine „Lichtorgel“. Damit ist ein Holzkästchen gemeint, in das drei verschiedenfarbige Lampen (rot, grün und blau) eingebaut wurden (siehe Abbildung 33).



Abbildung 33: Lichtorgel

Die Schüler bekommen etwa 8-10 Minuten Zeit mit der Lichtorgel „frei“ zu experimentieren. Es ist ihnen möglich lustige Schattenbilder zu machen, Schattengrößen zu vergleichen, verschiedene Lichter zu kombinieren, etc. Dabei können sie vor allem farbige Schatten entdecken, sowie verschiedene Farbmischungen ausprobieren. Die farbigen Schatten entstehen aufgrund der geradlinigen Ausbreitung von Licht mehrerer Lichtquellen und dem damit verbundenen Phänomen des Halb- und Kernschattens. Anhand der folgenden Abbildung 34 wird deutlich, dass bei zwei Lichtquellen eine komplett dunkle Stelle entsteht, der sogenannte Kernschatten, auf den weder Licht der einen noch der anderen Lampe leuchtet.

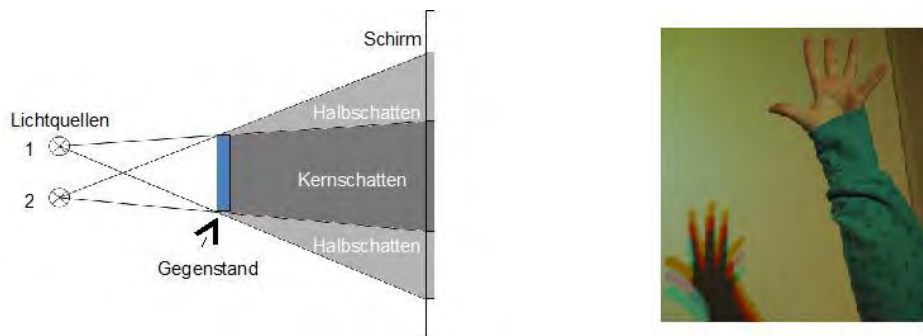


Abbildung 34: Geradlinige Ausbreitung von Licht und farbiger Schatten

Außerdem kommt es zu zwei halbbeleuchteten Zonen, welche stets im Schatten des Hindernisses einer der beiden Lampen liegen und nur von der jeweils anderen beleuchtet werden. Sind die Lampen farbig, so werden auch diese Halbschatten eingefärbt. Charakteristisch ist infolge obiger Erklärung, dass beispielsweise bei der Verwendung einer roten und einer grünen Leuchte der Schatten der roten Lampe dann grün erscheint und andersherum. Dreifach-farbige Schatten erklären sich in analoger Weise. Die Erkenntnis beim Ausprobieren verschiedener Farbkombinationen kann das Erleben einer für die Schüler neuen, interessanten Art der Farbmischung sein. Die Schüler stellen fest, dass nicht die gewohnten zusammengesetzten Farben aus ihrem Farbmalkasten entstehen, sondern entdecken beispielsweise bei der Mischung von blau und rot nicht violett, sondern pink. Sie beschäftigen sich also mit den Unterschieden der subtraktiven und der additiven Farbmischung. Die subtraktive Farbmischung aus dem Wassermalkasten basiert auf der Absorption von Licht, beziehungsweise auf der Absorption verschiedener Farben, während

die additive Farbmischung mit einer einfachen, nicht hundertprozentigen, aber hier ausreichenden Dreifarbentheorie von Young und Helmholtz erklärbar wird. Sie beschreibt, dass es im Auge drei verschiedene Pigmente gibt, die das Licht empfangen, und dass diese jeweils verschiedene Absorptionsspektren aufweisen. Das heißt, ein Pigment absorbiert beispielsweise stark im Roten ein anderes eher im Grünen. Beim Beleuchten mit Licht werden in den drei Gebieten unterschiedliche Informationsteile erzeugt und durch das menschliche Gehirn zusammengesetzt, sodass es zu Gesamtfarbeindrücken kommt (vgl. Feynman 2001, S. 486). Im Besonderen besagt das „zweite Prinzip der Farbmischung von Lichtern (...), [dass] jede beliebige Farbe aus drei verschiedenen Farben gebildet werden [kann]“ (Feynman 2001, S.483). Es können in einiger Entfernung sämtliche Farbtöne dabei generiert, werden, so zum Beispiel beim Farbfernsehen.

**Lichtorgel 2** Der zentrale Aspekt dieser Dreifarbentheorie, soll im nächsten Experiment sichergestellt werden. In Anknüpfung an Lehrplaninhalte zu den Spektralfarben in der 7. Jahrgangsstufe des Gymnasiums werden die Schüler durch die nächste Experimentierkarte dazu aufgefordert - sofern sie es nicht von selbst im ersten Versuchsteil probiert haben - mit allen drei farbigen Lampen auf eine Stelle zu leuchten. Zur Kontrolle sollen auch drei Taschenlampen mit farbiger Transparentfolie an der Station ausliegen, da sich die Lichtorgel manchmal etwas mühselig verstellen lässt und es nicht ganz einfach ist, alle drei Lampen exakt zur Deckung zu bringen. Es liegt dabei in der Hand des Betreuers, ob er die drei Taschenlampen als Zusatz gibt. Die Schüler sehen an der Stelle, an der sich alle drei Farben überschneiden, weißes Licht. Der Versuch liefert damit die Umkehrung der Dispersion, der Aufspaltung von weißem Licht in seine Spektralfarben, und ist somit Ausgangspunkt, jene Dispersion genauer zu untersuchen.

**Prisma** Bei diesem Experiment mit Glasprismen sollen zwei Teilgruppen gebildet werden, die beide den Versuch durchführen. Das liegt an einer zusätzlichen Differenzierung, die durch eine Vertiefungskarte verstärkt werden soll. Die Schüler erhalten eine starke Halogenlampe mit Spalt, mit der sie auf ein Prisma leuchten. Dabei werden sie dazu aufgefordert das Prisma zu drehen, um den Einfallswinkel zu ändern. Sie überprüfen in ihrem Kontext, ob im weißen Licht tatsächlich die drei Grundfarben stecken, wie sie es bei der Lichtorgel erfuhren. Beim Auftreffen von Licht auf Glas wird das Licht infolge unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeiten im Medium frequenzabhängig gebrochen (siehe Abbildung 35). Das heißt, unter bestimmten Winkeln beziehungsweise mit der geometrischen Form eines Prismas kommt es zu einer klaren Aufspaltung der Spektralfarben wie bei einem Regenbogen (vgl. Tipler 2006, S. 1014f). Es ist bei diesem Versuch im besonderen auf einen abgedunkelten Raum zu achten, um die entstehenden Farbspektren noch eindrücklicher sichtbar zu machen.

**Regenbogen** Ausgehend von den Regenbogenfarben sollen die Schüler etwas näher an das Naturphänomen Regenbogen herangeführt werden und die Brechung von weißem Licht am *Wasser* (nicht am Glas) beobachten. Sie verwenden dazu einen Overhead-Projektor und ein mit Wasser befülltes Becherglas. Mit einem Handtuch über dem „Hals“ des Projektors wird versucht den Raum beim Anschalten etwas dunkler zu halten. Die Schüler beobachten wie in Abbildung 36 um sich herum im ganzen Raum einen hellen Regenbogen, der infolge der Brechung am Wasser



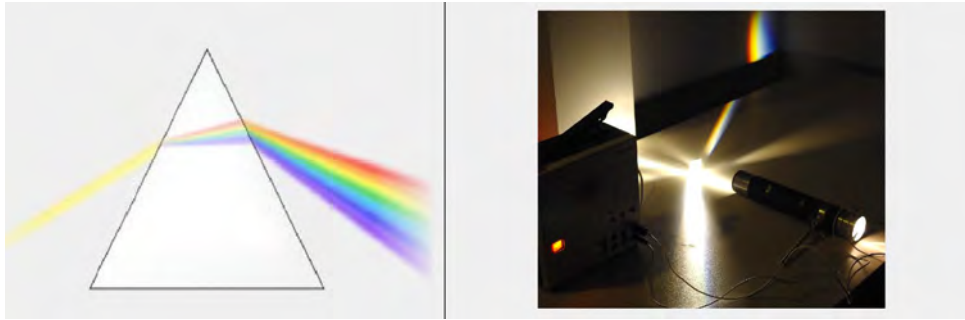


Abbildung 35: Dispersion am Prisma

entsteht.



Abbildung 36: Regenbogen am gefüllten Becherglas

Um kein Misstrauen bei den Schülern zu wecken sind sie dazu aufgefordert herauszufinden, ob die Erscheinung tatsächlich eine Folge des Wassers ist, immerhin steht gleichzeitig noch ein Glas im weißen Licht, von dem sie bereits wissen, dass es Licht in Farben aufspaltet. Dazu können sie mit dem Finger ins Wasser tupfen, um kleine Wellen/Bewegungen zu erzeugen, welche sie dann auch am Regenbogen verfolgen können oder sie können das Wasser natürlich auch komplett ausleeren.

Der Regenbogen, der in diesem Versuch entsteht, ist physikalisch tatsächlich dem natürlichen Regenbogen kaum näher als der am Prisma. Lediglich die Brechung am Wasser deutet mehr Verbundenheit an. In Wirklichkeit ist hierbei beidesmal von einem reellen, auf dem Schirm auffangbaren Bild eines Regenbogens zu sprechen. In der Natur ist der Regenbogen in den Wassertröpfchen als virtuelles Bild zu entdecken. Das Licht wird darin zweimal gebrochen und einmal reflektiert, bevor es in das Auge des Betrachters fällt (vgl. Tipler 2006, S. 1016). In diesem Versuch ist einfach eine Brechung (Dispersion) des weißen Lichts an der Wasseroberfläche zu sehen. Den Schülern wird aufgrund fehlenden physikalischen Vorverständnisses im Bereich der Optik dieser Sachverhalt vorenthalten. Wie bei den Lernzielen noch erläutert wird, soll es darum gehen, die notwendige Anwesenheit von Wasser und Sonnenlicht für einen Regenbogen anzudeuten und nicht über Unterschiede von virtuellen und reellen Bildern zu sprechen.

**Laserstrahl** Es kommt zum letzten und kognitiv anspruchsvollsten Versuch, der aber auch ohne das Verständnis über die gesamte Station einen gewissen Anreiz bieten soll. Die Schüler machen sich auf die Suche nach der Ursache für die Dispersion, die Aufspaltung des weißen Lichts in ihre Spektralfarben und werden dabei auf das Phänomen der Brechung gestoßen. Was bei der Brechung von weißem Licht passieren kann, haben sie in ihrem Kontext bereits beobachtet. Es soll nun darum gehen, zu untersuchen, was mit einzelnen Lichtstrahlen beim Auftreffen auf die Wasseroberfläche passiert. Die Schüler bauen dazu eine Nebelmaschine sowie ein Aquarium auf und befüllen es mit Wasser. Dieses wird mit ein paar Tropfen Milch getrübt. Sie machen sich außerdem mit Sicherheitshinweisen zum Laser vertraut. Wie in Abbildung 38 leuchtet nun ein Schüler im abgedunkelten Raum mit einem Laserpointer seitlich auf die Wasseroberfläche, während ein anderer für Nebel sorgt. Die restlichen Schüler können dabei den abgelenkten Laserstrahl von der Seite beobachten.

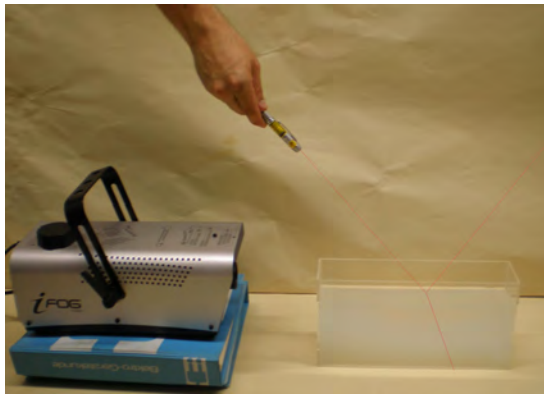


Abbildung 37: Brechung und Reflexion eines Laserstrahls

Physikalisch wird das Licht hier (um es sichtbar zu machen) an den Nebelmolekülen und den Milchtröpfchen gestreut und beim Übergang von Luft in Wasser infolge der unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwindigkeiten zum Lot hin gebrochen. Die Schüler entdecken zusätzlich den reflektierten Strahl, der mit dem Betreuer diskutiert wird.

**Zusatzversuch: Brechung** Im Zusatzversuch zur Brechung können sich die Schüler einen Tischlaser (siehe Abbildung 38) nehmen, mit dem sie auf verschiedene Gläser leuchten können. Sie beobachten auch am Glas wieder die abgelenkten, gebrochenen Strahlen und vergewissern sich, dass Brechung sowohl am Glas als auch am Wasser stattfindet. Der Versuch ist zeitlich sehr variabel.



Abbildung 38: Brechung mit dem Tischlaser

**Zusatzversuch: Regenbogen im Schuhkarton** Um das Phänomen des Regenbogens noch etwas plastischer zu machen, können die Schüler mit einer Glaskugel einen Wassertropfen nachstellen. Sie benötigen außerdem einen von innen mit Papier ausgeklebten Schuhkarton mit einem Loch in der Mitte und eine Lichtquelle. Von hinten durchleuchten sie den Schuhkarton mit der Lichtquelle und halten die Kugel vor das Loch. Nach kurzem Probieren finden sie dann im Schuhkarton einen kreisrunden Regenbogen.

### 9.1.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien

Zur didaktischen Aufbereitung der Optikstation ist vorwegzunehmen, dass es sich um eine vor allem phänomenologische Station handelt, die weitestgehend auf Teamarbeit ausgerichtet ist. Die Schüler stoßen auf die Naturphänomene Regenbogen und Brechung auf entdeckende Art und Weise, sodass die Station im Gesamtprojekt in didaktisch-methodischer Hinsicht als „*Entdeckerstation*“ anzusehen ist.

- **Ganzheitlichkeit:** Die Optikstation bietet den Schülern zuerst einmal eine sinnliche Wahrnehmung der Ergebnisse an. Der Vorteil optischer Phänomene liegt in der Tatsache, dass sie für jeden Schüler, und zwar unabhängig von seiner kognitiven Leistungsfähigkeit, sichtbar sind. Ausgehend von dieser Erfahrung kann dann der physikalische Hintergrund erarbeitet werden.
- **Entwicklungsgemäßheit:** Während des Lichtorgelversuchs wird den Schülern der Freiraum gelassen selbst zu bestimmen, was sie ausprobieren möchten. Einige Schüler könnten mit dieser freien Situation allerdings überfordert sein und deshalb steht ihnen eine Hilfekarte, welche Anstöße und Anregungen geben soll, zur Verfügung. Als entwicklungsgemäß kann vor allem auch die enge Anlehnung an den Lehrplan der 7. Jahrgangsstufe gesehen werden. So wird in dieser Jahrgangsstufe Optik als Einstiegsthema in die Physik verwendet.
- **Prinzip der Interessenförderung und Motivation:** Die Themen der Station finden sich in der Alltagswelt der Schüler wieder. Gerade der Regenbogen begeistert die Schüler und kann ihr Interesse wecken. Erfolgserlebnisse erhalten die Schüler an dieser Station vor allem über einen optischen Reiz. Denn glückt ein Versuch, gibt es immer etwas zu sehen.
- **Differenzierung und Individualisierung:** Die Auftrennung in zwei Kleingruppen bei der Durchführung des Prismaversuchs dient, neben der Aktivierung aller, als Möglichkeit zur Differenzierung. Deshalb wurde zur Thematik der Dispersion eine Vertiefungskarte angeboten. Die Form der Dokumentation ist individualisiert. So kann jeder Schüler das Plakat nach seinen Eindrücken und Erfahrungen gestalten.
- **Soziales Lernen:** Die Station ist durchgängig auf Teamarbeit angewiesen. Nur während der Dokumentationsphase kann jeder Schüler für sich arbeiten. Ist am Ende noch Zeit, ist es selbstverständlich möglich, auch alleine das eine oder andere Experiment zu wiederholen. Es kommt vor allem auf eine funktionierende Zusammenarbeit beider Schülergruppen an und weniger auf einseitige Hilfestellungen durch die Gymnasialschüler bei der Durchführung der Experimente.

- **Aktivität:** Die Arbeitsanweisungen richten sich an die ganze Gruppe. Alle Versuche bis auf den Prismaversuch werden in der großen Gruppe durchgeführt. Nur wenn die Schüler ihre einzelnen Teilaufgaben wahrnehmen und sich damit aktiv einbringen, kann ein Experiment wie der Laserstrahl gelingen.
- **Anschaulichkeit und Übertragbarkeit:** Im Regenbogenversuch begegnen die Schüler einem Phänomen ihrer Lebenswirklichkeit, welches sie im Labor auf verschiedene Weise nachstellen. Übertragbarkeit ist also wie folgt zu interpretieren: Es wird versucht durch den Wechsel von der Betrachtung des Phänomens und der Simulation in Experimenten in einer Laboratmosphäre die Physik als erlebte Wirklichkeit in empirische Naturwissenschaft zu übertragen. Eine weitere Übertragbarkeit stellt der Transfer dar, welcher beim Laserexperiment zu leisten ist. So werden die Lichtstrahlen im Labor zu einem Laserstrahl abstrahiert. An dieser Station werden also explizit, in besonderer Form heuristische Verfahren naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, wie die Interpretation von Naturphänomenen, eingeübt.
- **Affektivität:** Vor allem der Einsatz der Nebelmaschine und des Lasers schaffen eine attraktive Lernumgebung für die Schüler. Aber auch bekannte Gerätschaften wie der Overheadprojektor und das Becherglas bringen die Schüler zum Staunen. Die starken Farben verleihen dem Regenbogen eine Ästhetik, die jedem Schüler einen Zugang zum Experiment gewährt. Außerdem bestätigt die direkt sichtbare Wirkung der Versuche die Schüler in ihrem Tun.
- **Elementarisierung der Experimente:** Die zwei zu behandelnden Themenkomplexe der Station sind Licht und Farben. Der Kern der Sache ist der Zusammenhang der beiden Themen. Weißes Licht ist eine Mischung aus allen Farben und die Spektralfarben können deshalb aus weißem Licht gewonnen werden. Der Kern wird in zwei Sinneinheiten, die Erforschung und die Ursache der Spektralfarben, zerlegt. Es wird didaktisch reduziert, indem, wie an allen Stationen, mathematische Beschreibungen des Brechungsgesetzes ausbleiben und auch auf physikalischen Input im Sinne physikalischer Gesetze und Formulierungen verzichtet wird. Die Dispersion und das Brechungsgesetz werden, auf das Qualitative reduziert, in stark vereinfachter Form auf der Vertiefungskarte und in der Schülerbroschüre angeboten. Beim Regenbogen wird nicht auf die Unterschiede von reellem und virtuellem Bild verwiesen, wie auch unthematisiert bleibt, dass aus weißem Licht alle Farben aufgespalten werden, die Lichtorgel aber mit nur drei Lampen für weißes Licht sorgt.

### 9.1.3. Mögliche Lernziele

Die erste Station „Licht und Farben“ steht stellvertretend für das Fachgebiet der Optik. Es werden die wichtigen Bestandteile Licht, Schatten und Farben thematisiert. Die Schüler können an dieser Station staunen und die Phänomene mit eigenen Augen betrachten. Die Schüler sind deshalb im besonderen Maße an dieser Station durch das Staunen über etwa den Regenbogen vereint. Die inhaltliche Auseinandersetzung kann auf verschiedene Weise erfolgen und ist erst nach dem gemeinsamen Erleben von Bedeutung.

Die Einstiegsversuche mit der Lichtorgel ermöglichen den Schülern folgende Einsichten:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler erkennen, dass farbiges Licht auch farbige Schatten zur Folge hat. Sie analysieren die Zusammensetzung von farbigen Schatten aus mehreren Lichtquellen und erhalten dabei einen Einblick in das Grundkonzept des Halb- und Kernschattens. Darüber hinaus setzen sie sich mit den Grundlagen additiver Farbmischung auseinander. Sie bemerken, dass sich die Farbmischung mit bunten Lampen von der subtraktiven Farbmischung im Malkasten unterscheidet. Die Schüler erschließen, dass die drei Grundfarben blau, rot und grün gemeinsam weißes Licht ergeben.
- **Affektive Dimensionen:** Die Schüler nehmen die Ästhetik und Wärme eines in farbiges Licht getauchten Raumes wahr.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Die Schüler koordinieren ihren Körper vor der Lichtorgel, um Schattenfiguren zu erzeugen. Sie erproben dabei kreative Bewegungen und entwickeln ein Gespür für die Wirkung von Körper- und Schattenbewegung.

Nach der Lichtorgel setzen sich die Schüler mit der Brechung von weißem Licht am Prisma und am Wasser auseinander:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler lernen, dass weißes Licht aus einem Farbspektrum besteht, welches durch das Auftreffen des Lichts auf ein Glas(prisma) unter bestimmten Winkeln zu sehen ist. Die Schüler erkennen, dass auch Wasser weißes Licht in ein Farbspektrum aufspaltet, und sehen darin eine Analogie von Glas und Wasser. Weiter stellen sie eine Verbindung vom Experiment zur Alltagserfahrung Regenbogen her, welche die Anwesenheit von weißem Licht und Wasser beinhaltet.
- **Affektive Dimensionen:** Die Schüler erfreuen sich am Entdecken der Farben eines Regenbogens.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Das ruhige Drehen des Prismas erfordert feinmotorisches Geschick.

Die Station schließt mit der Brechung eines Laserstrahls am Wasser:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler machen sich mit dem optischen Phänomen der Brechung vertraut. Dabei behandeln sie sowohl den exakten Strahlverlauf im Medium Wasser als auch die Reflexionen an den Oberflächen. Die Schüler akzeptieren das Phänomen der Brechung als Ursache für die Dispersion.
- **Affektive Dimensionen:** Die Schüler erleben durch den Einsatz interessanter Gerätschaften wie Nebelmaschine und Laserpointer Begeisterung. Darüber hinaus schätzen sie die Zusammenarbeit in Form der Aufgabenteilung und des Aufeinander-abstimmens. Sie nehmen wahr, dass das Experiment nicht durch die Wirkung eines Einzelnen funktionieren kann.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Die Schüler beobachten genau den Verlauf des Laserstrahls.

## 9.2. Station 2 - „Wie ist das eigentlich mit Strom und Magneten?“

Die Station „Strom und Magnete“ ist in drei grobe Sinneinheiten gegliedert. Zu den ersten beiden, die mit den Oberbegriffen „Magnetisches“ und „Stromkreis“ überschrieben sind, werden jeweils zwei Versuche und jeweils ein Schülerinterview durchgeführt. Die dritte Sinneinheit „Stromeigenschaften“ wird mit einem Versuch und einem Interview behandelt. Es bietet sich hier auch die Möglichkeit für Zusatzversuche, wenn es die Zeit zulässt.

### 9.2.1. Versuche

Ein Großteil der Versuche ist an Experimenten im Sachunterricht angelehnt (vgl. Kahlert 2007, S. 106ff).

**Magnetspiele** Den Einstieg in die Station liefern zwei kleine „Magnetspiele“ (Kahlert 2007, S. 108f), die etwa 10 Minuten der Zeit einnehmen können. Die Schülergruppe soll sich dazu selbstständig in zwei Teilgruppen aufteilen. Die erste Gruppe bastelt dann aus einem Bindfaden, einem Tesastreifen, einem Blatt Papier und einer Büroklammer einen Geist, gemäß der folgenden Abbildung. Die Gestaltung ist ihnen dabei selbst überlassen, wie auch die Entscheidung ob sie den Geist von einer Vorlage abzeichnen möchten. Mit einem Magneten können sie das Gespenst dann mit etwas Geschick über dem Tisch „schweben“ lassen.

Die andere Gruppe entwirft parallel dazu eine Autorennstrecke mit einem Folienstift auf einer Laminierfolie, die bereits auf einem Holzbrett aufgeklebt ist, und bastelt dazu ein Auto aus Papier und einer Büroklammer. Sowohl bei der Autogestaltung - wozu wieder eine Vorlage vorhanden wäre - als auch bei der Rennstrecke sollen die Schüler kreativ werden.

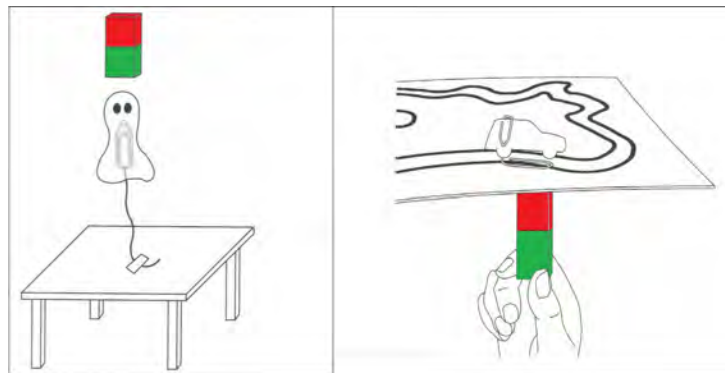


Abbildung 39: Aufbau der zwei Magnetspiele (Demuth)

Sind beide Teilgruppen fertig, so können sie sich die Spiele gegenseitig kurz vorführen um schließlich herauszufinden, was beide Spiele gemeinsam haben: „Sie funktionieren mit Magneten.“

**Magnetische Materialien** Im zweiten Versuch sollen die Schüler in Anknüpfung an den Magneten aus dem ersten Teil überprüfen, welche Materialien magnetisch sind und welche nicht. Es geht vorwiegend darum, die Schülervorstellung, dass alle Metalle magnetisch sind, aufzulösen. Die Schüler bekommen eine laminierte Tafel, auf der sie die zu überprüfenden Materialien (Knopf, Kupferdraht, Nagel, Schere, Euromünze, etc.) in einer Tabelle finden (siehe Anhang). Sie können

dann eine Prognose abgeben um anschließend mit den Stabmagneten ihre Vermutungen zu überprüfen. Dabei wird zunächst nicht transparent gemacht, wie die Vermutungen zu überprüfen sind, also wann ein Stoff magnetisch ist. Es wird den Schülern aber eine Hilfekarte angeboten, aus der ersichtlich wird, dass man mit dem Magneten an die Testmaterialien herangehen muss und beobachten soll, ob diese angezogen werden oder nicht.

Über die ersten beiden Versuche ist dann die erste Dokumentationsphase, das erste Schülerinterview, einzurichten.

**Stromkreis** Die Gruppe wechselt nun in den Themenbereich Elektrizität. Dabei sollten seit der Grundschule keine genaueren Konzepte behandelt worden sein, sodass für Schüler der 6. Jahrgangsstufe die Versuche aus dem Sachunterricht einen adäquaten Anspruch in diesem Bereich liefern. Sie sind im Versuch „Stromkreis“ dazu aufgefordert einen funktionierenden Stromkreis aus Batterie, Krokodilklemmen und Lämpchen zu konstruieren. In diesem sehr offen gehaltenen Experiment, welches etwa 10 Minuten einnehmen sollte, werden die Schüler von Hilfekarten unterstützt. Gleichzeitig bietet der Versuch für sehr leistungsstarke Schüler die Möglichkeit, einen Schalter in ihren Kreis einzubauen und damit eine zusätzliche Herausforderung. Außerdem sind jene schnellen Schüler in diesem individuellen Teil dazu angehalten, ihre Teamkollegen mit Hilfestellungen zu unterstützen.

**Heißer Draht** Um die Bedingung der Geschlossenheit eines Stromkreises noch klarer herauszustellen, setzen sich die Schüler im nächsten Versuch mit einem Geschicklichkeitsspiel, dem „heißen Draht“ (siehe Abbildung 40) auseinander. Dieser wurde speziell für das vorliegende Schülerlabor angefertigt. Charakteristisch ist vor allem die Größe des Aufbaus, die Offensichtlichkeit sämtlicher Leitungen sowie die Möglichkeit, zwei verschiedene Metall-Ösen zur Führung zu verwenden. Eine detaillierte Beschreibung über die didaktischen und technischen Überlegungen beim Bau des Drahtes findet sich im Anhang. Jeder der Schüler ist dazu angehalten dieses Spiel zu spielen.

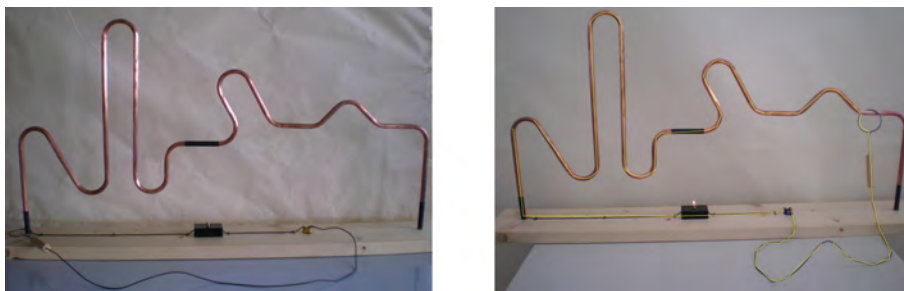


Abbildung 40: Heißer Draht = Geschlossener Stromkreis

Da dies unter Umständen längere Zeit in Anspruch nimmt, besteht die Möglichkeit, nach der zweiten Sinneinheit die nächste Dokumentationsphase einzuleiten und bereits ein Interview über den Stromkreis zu führen, während der ein oder andere noch mit dem Draht beschäftigt ist.

**Elektromagnet** Der letzte Pflichtversuch an der Station soll die magnetische Wirkung von Strom aufdecken. Er ist sowohl motorisch als auch kognitiv am anspruchsvollsten, sollte aber

gleichzeitig auch für die größte Verblüffung und Begeisterung sorgen. Die Schüler wickeln, gemäß einer bildlichen Handlungsanweisung auf dem Arbeitsblatt, einen zurechtgeschnittenen Kupferlackdraht gleichmäßig um einen Nagel, wobei sie am Anfang und am Ende circa fünf Zentimeter überstehen lassen (siehe Abbildung 41). Die beiden überstehenden Enden werden zunächst abgeschmirgelt und dann mit Krokodilklemmen an die 4,5V-Blockbatterie angeschlossen, sodass ein Kurzschlussstrom fließt. Dabei wird der Nagel aufgrund der Maxwellschen Gesetze magnetisch und die Schüler können verschiedene Gegenstände wie kleine Nägel und Büroklammern mit *ihrem* Elektromagneten anziehen.

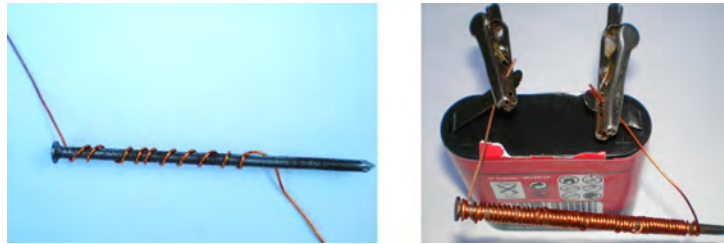


Abbildung 41: Bau eines einfachen Elektromagneten

Im Grundschultestlauf zeigte sich hierbei so großes Interesse, dass zusätzlich die Möglichkeit für den Betreuer besteht, eine maschinell gewickelte, große Spule zu zeigen und den Bezug zur schüler-lebensweltlichen Technik (Bsp.: Kräne, Achterbahnen) herzustellen. Hierzu stehen Vertiefungskarten bereit. Es folgt das letzte Schülerinterview über die magnetische Wirkung des Stromes.

**Zusatzversuch: Stahlwolle** Sind die Schüler nach Abschluss des letzten Interviews noch motiviert und ist ein ausreichendes Zeitpensum vorhanden, ist ihnen die Möglichkeit gegeben, eine weitere Eigenschaft des elektrischen Stromes zu entdecken. Indem sie ein Bündel Stahlwolle über die beiden Pole einer Batterie halten, sorgen sie dafür, dass ein Kurzschlussstrom fließt. Die unisolierte Stahlwolle fängt an zu glühen. Die Schüler können erkennen, dass der Strom neben seiner magnetischen auch eine Wärmewirkung hat, welche auch in ihrem Alltag, wenn sich elektronische Geräte erwärmen, öfter auftaucht. Diese Tatsache kann ein Ausgangspunkt für die abschließende Diskussion mit dem Betreuer sein. Gleichmaßen können die Schüler die Zeit natürlich auch mit dem heißen Draht oder ihren eigenen Spielen verbringen.

**Zusatzversuch: Magnetbilder** Ein weiterer Zusatzversuch ist die Erstellung von Magnetbildern mit Eisenfeilspänen. Die Schüler bekommen eine Petrischale, in die ein Gesicht gemalt wurde. Sie können dann Eisenfeilspäne darauf streuen und diese mit dem Magneten von unten durch die Schale ziehen. Die Späne stellen sich dabei auf, sodass lustige Barthaare oder Augenbrauen auf dem Gesicht entstehen können.

### 9.2.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien

Die Elektromagnetismusstation ist in folgender Weise didaktisch aufbereitet. In den individuellen und größtenteils offenen Versuchen tüfteln die Schüler mit Magneten und elektrischen



Konstruktionen und bauen darüber hinaus selbst nach Anleitung magnetische Spiele und einen Elektromagneten, sodass diese Station in der Gesamtkonzeption eine „*Knobel-Konstruktions-Station*“ darstellt.

- Das Ganzheitsprinzip: Die Begegnung mit den Phänomenen Strom und Magnetismus wird an dieser Station vor allem auf motorischer Ebene dargeboten. Die Magnetspiele, aber auch der heiße Draht erfordern viel Geschick beim Führen der Magneten und der Öse. Das Anbringen der Krokodilklemmen beim geschlossenen Stromkreis, das Abschmirlgeln des Drahtes sowie das Wickeln des Drahtes für den Elektromagneten stellen hohe Anforderungen an die Feinmotorik der Schüler. Die Schüler setzen sich mit den physikalischen Hintergründen auseinander, indem sie durch einen psychomotorischen Zugang dazu ange-regt werden.
- Prinzip der Interessenförderung und Motivation: Bei der Überprüfung der magnetischen Materialien werden die Schüler aufgefordert Prognosen abzugeben, die sie hinterher über-prüfen sollen. Eine Prognose fördert den individuellen Bezug des Schülers zum Experiment, welches er nun sehr konzentriert verfolgt. Die Themen Strom und Magnetismus sind in der Alltagswelt der Jugendlichen stets anzutreffen, sodass von einem Interesse der Schüler ausgegangen werden kann. Dennoch muss einschränkend angemerkt werden, dass aus dem alltäglichen Gebrauch von Licht, Batterien oder MP3-Player nicht zwangsläufig ein reales Interesse an der Funktionsweise dieser komplexen elektrischen Geräte entsteht. Um dem möglichen fehlenden Interesse vorzubeugen und einen zusätzlichen Anreiz zum Thema zu schaffen, wird durch den Betreuer auf den Bezug zwischen einem einfachen Stromkreis und einem Fernseher oder MP3-Player hingewiesen. Neben diesen inhaltlichen Aspekten ist die Form der Dokumentation für die Schüler eine spannende Abwechslung und wirkt sich positiv auf die Motivation der Schüler aus.
- Prinzip der Differenzierung und Individualisierung: Individualisierung findet beim Bau des Elektromagneten und des Stromkreises statt, da den Schülern zugestanden wird, in ihrem eigenen Lerntempo zu arbeiten. Der heiße Draht verfügt über zwei unterschiedlich große Ösen und ermöglicht so allen Schülern Erfolgserlebnisse.
- Prinzip des sozialen Lernens: Bei der Umsetzung der Magnetspiele und beim Testen der Materialien wird vor allem Teamarbeit gefordert. Es müssen zum einen Aufgaben gerecht verteilt werden und zum anderen eine inhaltliche Einigung bei den Vermutungen über die magnetischen Materialien getroffen werden. Durch die offene Gestaltung der individualisierten Versuche wie der Bau des Stromkreises und des Elektromagneten sollen sich die Schüler gegenseitig Hilfe anbieten. Die Schüler sollen nicht nur durch eigene, sondern vor allem auch durch Erfolgserlebnisse ihrer Gruppenmitglieder angespornt und motiviert werden. Der heiße Draht stellt die Schüler vor eine mögliche Spielsituation, welche in ähnlicher Weise Lernerfolg durch die Entwicklung von Ehrgeiz entstehen lassen soll. Es ist nicht vorgegeben, wie die Schüler den heißen Draht einsetzen. Es könnte eine Konkurrenzsituation entstehen, in der es darum geht, den Draht nicht zu berühren oder ihn am schnellsten zu durchlaufen. Hier geht es um Fairness im Spiel. Da an dieser Station viel zwischen

den Sozialformen Einzel- und Teamarbeit variiert wird, werden die Schüler vor die Herausforderung gestellt, sensibel für die einzelnen Phasen zu sein und sich dementsprechend einzubringen beziehungsweise auf diese einzustellen. Da kein Versuch darauf angewiesen ist, dass alle Beteiligten einbezogen werden, liegt es in der Verantwortung jedes einzelnen Schülers darauf zu achten, dass im Team gearbeitet wird. Auch die Interviews fordern die Schüler auf, sich aufeinander abzustimmen und eine eigene gemeinsame Struktur zu entwickeln.

- **Aktivitätsprinzip:** Die Magnete und der heiße Draht haben einen hohen Aufforderungscharakter und regen die Schüler regelrecht dazu an sie auszuprobieren. Durch die zwei Phasen der Einzelarbeit wird jeder Schüler aktiviert, wohingegen beim Teamprozess nicht darauf Einfluss genommen werden kann, wie intensiv die Schüler an der Auseinandersetzung teilhaben.
- **Prinzip der Anschaulichkeit und Übertragbarkeit:** Die Experimente ermöglichen den Schülern nur eine modellhafte Begegnung mit den physikalischen Inhalten. Der Elektromagnet könnte für die Schüler etwas abstrakt wirken. Umso mehr wird versucht, den Schülern durch eine starke Vorstrukturierung der Lerninhalte eine Art Faden vorzugeben und durch den Einsatz von Vertiefungskarten einen Zusammenhang zur Wirklichkeit herzustellen. Es wird angeboten den Stromkreis im Kleinen auf den heißen Draht zu übertragen. Dieser ist in seinem didaktischen Aufbau um besondere Anschaulichkeit bemüht. Weiter lässt das realitätsnahe Modell vom Schalter im Stromkreis einen Transfer auf den Lichtschalter zuhause zu.
- **Prinzip der Affektivität:** Die Schüler erhalten direkte Rückmeldung, ob ihr Versuch geglückt ist oder nicht. Beim Testen der magnetischen Materialien und des Elektromagneten ist das Ergebnis für alle sicht- beziehungsweise spürbar. Beim Stromkreis leuchtet das Lämpchen und der heiße Draht macht die Schüler durch ein Ton- und Lichtsignal auf das Berühren aufmerksam. Diese unmittelbare Rückmeldung gibt den Schülern die Chance, ihre Handlungen wenn nötig neu zu überdenken, oder motiviert sie bei einer erfolgreichen Durchführung. An der Station erhalten die Schüler größtenteils eigene Materialien für die Experimente, wodurch ein zusätzlicher Anreiz geschaffen werden soll. Weiter sorgen die Spiele für eine ambivalente, ungezwungene Atmosphäre. Die Station und im Besonderen die Dokumentation soll den Schülern einen Raum für Kreativität geben. So kann jeder Einzelne an verschiedenen Stellen der Station frei experimentieren. Zum Beispiel könnten mit dem Material zum Stromkreis auch Parallel- oder Reihenschaltungen gebaut werden.
- **Prinzip der Elementarisierung:** Auch an dieser Station existieren, entsprechend der Namensgebung, zwei exemplarische Inhalte, die für den Elektromagnetismus stehen: Strom und Magnete. Aufgrund der inhaltlichen Schwerpunkte ergeben sich drei zentrale Einheiten. Im ersten Bereich des Magnetismus steht die Anziehungskraft des Magneten als physikalischer Inhalt im Fokus. In den beiden Sinneinheiten „Erfahrungen mit Magneten“ und „Forschen mit Magneten“ soll dieser Kern der Sache erfasst werden. Die Gruppe setzt sich erst spielerisch mit der Wirkung des Magneten auseinander und entdeckt verschiedene

Sachverhalte, während sie die Magnete in der zweiten Sinneinheit gezielt und strukturiert einsetzen sollen, um sie zu verstehen. Außen vor bleiben Begrifflichkeiten wie Magnetfeld oder magnetische Kraft und die Bezeichnungen Nord- und Südpol. Auch die mögliche Abstoßung zweier gleichnamiger Pole wird nicht explizit thematisiert. Weiterhin können die Schüler zwar erfahren, dass bestimmte Materialien magnetisch sind, und auch, dass nicht alle Metalle magnetisch sind, jedoch wird ihnen noch vorenthalten, dass es sich nur bei Eisen, Nickel und Kobalt um ferromagnetische Stoffe handelt. Im Bereich des Stroms ist die Bedingung der Geschlossenheit eines Stromkreises von Belang. Der Bau eines eigenen Stromkreises und die Funktionsweise des heißen Drahtes konfrontieren die Schüler mit dieser Thematik. Um sie im Kern verständlich zu machen, werden physikalisch relevante Zusammenhänge wie Stromfluss, Stromrichtung oder Stromstärke vernachlässigt. Aber auch die physikalisch wichtigen Fachbegriffe Spannung, Widerstand oder Kurzschluss bleiben im Detail unbehandelt. Der letzte Bereich fasst die verschiedenen Wirkungsweisen des Stromes ins Blickfeld. Den Schülern soll der zentrale Aspekt gezeigt werden, dass Strom verschiedene Wirkungen hat. So können die Schüler in einer ersten Sinneinheit die Leuchtwirkung des Stromes erkunden, in einer zweiten dann die magnetische Wirkung. Zuletzt ist ihnen auch die Möglichkeit gegeben im Zusatzversuch in der dritten und letzten Sinneinheit die Wärmewirkung des Stromes mit dem Vorigen zu verbinden. Didaktisch reduziert wird die Station um die chemische Wirkung des Stromes und um die Gefahren, die mit dem elektrischen Strom verbunden sind. Die Station ermöglicht es also drei Wirkungen elektrischen Stromes kennenzulernen.

### 9.2.3. Mögliche Lernziele der Station

Die zweite Station „Strom und Magnete“ stellt exemplarisch das Teilgebiet der Elektrodynamik beziehungsweise im Schuljargon des Elektromagnetismus dar. Die Schüler können also lernen, dass sich ein Gebiet der Physik mit Phänomenen der Elektrizität wie Stromfluss und Stromwirkungen sowie dem Bereich des Magnetismus, also mit Magneten und magnetischen Materialien, beschäftigt.

Mit den Experimenten „Autorennen und Geistershow“ sowie der Überprüfung magnetischer Materialien sind folgende Zusammenhänge zu erkennen:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler entwickeln ein Verständnis über die Kraftwirkung des Magneten. Dabei stellen sie fest, dass Magnete Eisengegenstände anziehen können, die Kraftwirkung mit der Entfernung abnimmt und die Kraft durch mehrere gleichgerichtete Magnete verstärkt wird.
- **Affektive Dimensionen:** Die Schüler entwickeln Freude durch das selbst gebaute Spiel. Das Spiel ermöglicht einen informellen Zugang zum physikalischen Thema Magnetismus, welches im Speziellen aus der Lebenswelt der Schüler ist. Die Schüler entwickeln durch die geforderten Prognosen einen stärkeren individuellen Bezug zum Experiment und sind gespannt, ob sich ihre Vermutungen bestätigen oder als falsch herausstellen.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Die Schüler setzen die Kraft des Magneten in richtiger

Weise ein. Sie fühlen, welche Nähe nötig ist, um den Geist schweben oder das Auto fahren zu lassen. Bei der Überprüfung der Materialien gestalten sie einen strukturierten Ablauf eines einfachen Experiments, welcher eine Prognose, Überprüfung (Durchführung) und Auswertung (Dokumentation) beinhaltet.

Weiter werden die Schüler angehalten einen Stromkreis mit Schalter und einen Elektromagneten aufzubauen:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler lernen die Bestandteile eines Stromkreises mit Glühlämpchen namentlich und in ihrer Funktion kennen. Sie nehmen die Geschlossenheit des Stromkreises als notwendige Bedingung wahr und verstehen damit die Funktionsweise eines Schalters. Die Schüler erfassen die Leucht- und Magnetwirkung des Stroms. Im Zusatzversuch können sie darüber hinaus die Wärmewirkung von Strom erkennen.
- **Affektive Dimensionen:** Das Offenhalten des Experiments evoziert Erfolgsgefühle (beim Leuchten des Lämpchens), welche zur Stärkung des physikalischen Selbstkonzepts führen. Beim Bau des Stromkreises und des Elektromagneten helfen sich die Schüler gegenseitig.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Das Wickeln eines Kupferdrahtes um einen Nagel unterstützt sorgfältiges Arbeiten.

Der heiße Draht stellt die Schüler vor eine spielerische Herausforderung:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler transferieren das Prinzip des geschlossenen Stromkreises auf das Spiel „heißer Draht“. Sie erkennen, dass Gummi den elektrischen Strom nicht leitet.
- **Affektive Dimensionen:** Der heiße Draht stellt die Schüler vor eine spielerische Herausforderung. Im Wettbewerb werden allerdings Rücksichtnahme und Fairness nicht vergessen.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Der heiße Draht erfordert von den Schülern feinmotorisches Geschick sowie Ausdauer, die Öse entlang des ganzen Drahtes zu führen.

### **9.3. Station 3 - „Wie ist das eigentlich mit Druck und Temperatur?“**

Die dritte Station stellt im Gesamtbild die Wärmelehre beziehungsweise Thermodynamik dar. Hier werden intuitive Begriffseinführungen zu den Grundgrößen Druck, Temperatur und Volumen nötig sein, um für alle Phänomene eine Erklärung zu finden. Die Station besteht aus einem Einführungsspiel, drei gemeinsamen Grundlagenversuchen, einem fakultativen zeitabhängigen Versuch und zwei „Interessenexperimenten“. Dabei soll den Schülern infolge der etwas weniger alltagsbezogenen Experimente nach circa drei Viertel der Zeit eine Auswahl gestellt werden, womit sie sich weiter beschäftigen wollen, um das Interesse und die Motivation der Schüler hochzuhalten. Organisatorisch gesehen ist bei einer Doppelbelegung dieser Station deshalb der gleiche Raum, durch Stellwände getrennt, von Vorteil. Jeder Schüler der zwei experimentierenden Gruppen sucht sich sein Interessenexperiment aus, sodass die Gruppen im zweiten Teil gemischt werden. Dokumentiert wird an dieser Station wieder mit der Plakatmethode, nach den

ersten beiden Einheiten zu Volumen und Temperatur, dann zum 3. und 4. Experiment einmal und schließlich über das jeweilige Interessenexperiment.

### 9.3.1. Die Versuche

Der Betreuer sollte aufgrund verwendeter Gerätschaften wie Bunsenbrenner und Wärmebildkamera stets etwas näher am Geschehen sein als bei den bisherigen Stationen. Er moderiert außerdem ein einführendes Spiel.

**Laufspiel** Um die Schüler mit den thermodynamischen Grundgrößen etwas vertrauter zu machen, sie zu aktivieren und um ihnen gegenseitige Berührungsängste zu nehmen, beginnt die Station mit einem vom Betreuer moderierten Laufspiel. Die Schüler bewegen sich innerhalb eines mit Tape gekennzeichneten Vierecks zu eingespielter Musik. Die Lautstärke der Musik ist dabei ein Indikator für die Geschwindigkeit der Bewegung. Je lauter sie ist, desto schneller (intuitiver Temperaturbegriff: Geschwindigkeit der Moleküle) sollen die Schüler laufen. Dabei stellen sie fest, dass sie sowohl öfter zusammenstoßen (intuitiver Druckbegriff), als auch ab und zu aus dem Feld hinaustreten und damit mehr Platz brauchen (Volumen). Bei Interesse können diese Sachverhalte mit dem Betreuer thematisiert werden und auf Moleküle übertragen werden. Dies kann auch erst nach dem nächsten Versuch geschehen. Der Versuch wird mit beiden Gruppen, die sich im Raum befinden, durchgeführt um zu vermeiden, dass sich zu wenige Schüler im Viereck befinden.

**Luftballon** Das erste „echte“ Experiment führt die Schüler an den Zusammenhang von Temperatur und Volumen heran. Außerdem wird ihnen die Möglichkeit gegeben mit einem Bunsenbrenner zu hantieren. Dieser wird unbedingt vom Betreuer vorher eingeführt und es wird auf entsprechende Sicherheitsvorkehrungen aufmerksam gemacht. Die Schüler sind dazu aufgefordert, Schutzbrillen zu tragen, das schafft gleichzeitig eine authentischere Laboratmosphäre. Sie können nun einen Luftballon über einen Erlmeyerkolben stülpen, der zuvor mit ein bisschen Wasser befüllt wurde (siehe Abblindung 42). Beim Erhitzen mit dem Bunsenbrenner wird sich der Luftballon zunächst aufstellen und im Weiteren auch etwas aufblasen. Das liegt an dem von Charles formulierten Sachverhalt, dass sich bei steigender Temperatur und konstantem Druck das Volumen vergrößert, welcher letztlich ein Spezialfall der Zustandsgleichung für ideale Gase ist. Die Moleküle bewegen sich schneller und benötigen deshalb auch mehr Platz (vgl. Tipler 2006, S. 539). Gleichzeitig verstärkt sich dieser Effekt durch das Verdunsten des Wassers. Der gasförmige Wasserdampf benötigt ebenso mehr Platz als das flüssige Wasser. Die Schüler haben die Möglichkeit, beide Erklärungen zu entdecken und zu diskutieren, während sich der Ballon aufstellt. Sie können den Ballon je nach Mut und Laune so groß wie möglich aufblasen lassen und ab einer bestimmten Temperatur nahezu ein Gleichgewicht beobachten.

Um ihre Erkenntnisse noch zu bestätigen, können die Schüler den erhitzten Erlmeyerkolben mit dem aufgeblasenen Luftballon in Eiswasser stellen und beobachten, wie sich der Luftballon schnell wieder zusammenzieht.



Abbildung 42: Aufstehender Luftballon

**Brodelflasche** Im nächsten, für die Schüler durchaus verblüffenden Versuch, wird Wasser entgegen der Schwerkraft in eine Flasche hochgezogen. Dabei spielt das Phänomen der Temperaturänderung im umgekehrten Sinne eine Rolle. Durch Abkühlen heißer Luft verringert sich der Druck beziehungsweise das Volumen. Ist das System soweit abgeschlossen (die Flasche steht im Wasser), so ist kein Austausch mit Luft möglich und das Wasser wird vom äußeren Luftdruck in den frei werdenden Raum in die Flasche gedrückt. Die Schüler benötigen einen Teller, eine Flasche und etwas Wasser, welches sie mit Lebensmittelfarbe einfärben können (siehe Abbildung 43). Zudem erhitzen sie in einem Wasserkocher circa einen viertel Liter Wasser, das dann über einen Trichter vorsichtig in die Flasche gegossen wird. Die Flasche wird danach unmittelbar wieder geleert und schnell kopfüber auf den Teller mit dem gefärbten Wasser gestellt, sodass kaum heiße Luft entweichen kann.

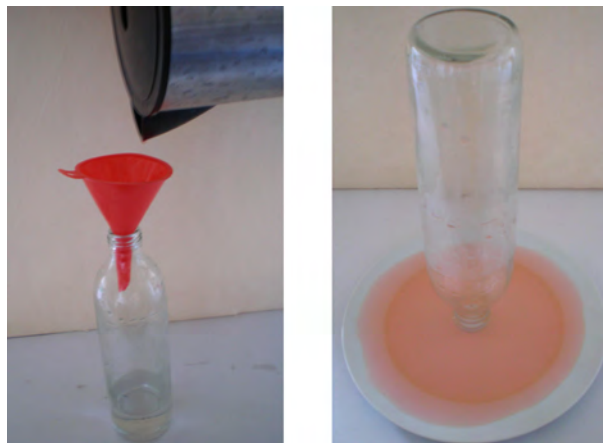


Abbildung 43: Versuchsdurchführung Brodelflasche

Es ist zu beobachten, dass das Wasser solange in die Flasche steigt, bis keines mehr vorhanden ist und diese schließlich zu brodeln beginnt, wenn statt dessen Luft angesaugt wird. Es bleibt genügend Zeit an der Station so einen kurzen Versuch öfter durchzuführen.

**Kerzenfahrstuhl** Das darauffolgende Experiment schließt aus physikalischer Sicht direkt an den vorherigen Sachverhalt an. Bei sich abkühlender Luft wird Wasser in einen Glasbehälter gedrückt. Zudem können die Schüler hier noch bei genauer Beobachtung entdecken, dass bei einer brennenden Kerze Luft (in Form von Sauerstoff) verbraucht wird beziehungsweise Kerzen in einem abgeschlossenen kleinen Raum schon nach kurzer Zeit erlöschen. Die Schüler stellen wieder in einen mit gefärbtem Wasser befüllten Teller zwei Teelichter und zünden diese an. Sie stülpen dann einen kleinen Glasquader über die brennenden Kerzen und beobachten wiederum (nahezu zeitgleich) das Ansteigen des Wasserpegels und das Erlöschen der Kerzen (siehe Abbildung 44).

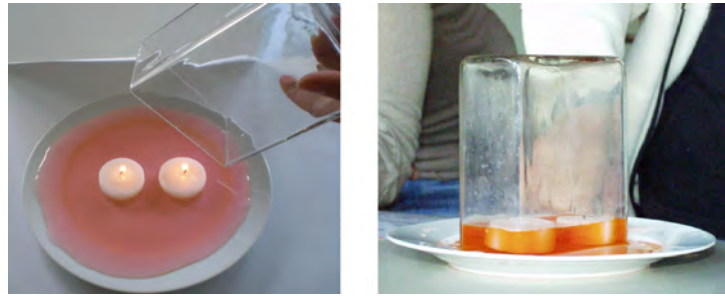


Abbildung 44: Versuchsdurchführung Kerzenfahrstuhl

Da beide Experimente für Schüler ohne physikalisches Vorverständnis sehr komplexe Vorgänge beschreiben, die auch mit dem Herausbilden von Fehlvorstellungen einher gehen können, werden zu den beiden Versuchen jeweils Vertiefungskarten/Erklärungskarten bereitgestellt. Auch dieser Versuch ist gut geeignet, öfter durchgeführt zu werden.

**Zeitversuch: Münztrick** Der Zusatzversuch an dieser Station nimmt eine etwas andere Form an. Ist das Schülerlabor nur einfach belegt, dann kann er an dieser Stelle stattfinden, wenn der Betreuer das Zeitpensum für ausreichend empfindet. Sind die Stationen allerdings doppelt belegt sind, also zwei Gruppen im Raum, die sich beim Interessenexperiment vermischen sollen, so sind beide Gruppen dazu angehalten, gleichzeitig ihre Wahl für ein Interessenexperiment zu treffen, sodass sie gemeinsam in den Umgang mit der Wärmebildkamera und in den Eiversuch eingeführt werden können. Dabei kann der vorliegende Versuch als „Pufferversuch“ fungieren, um eine Gruppe gegebenenfalls noch etwas zurückzuhalten. Es wird lediglich eine Flasche und eine Münze benötigt. Die Flasche wird mit kaltem Wasser ausgespült, wodurch der Flaschenhals befeuchtet wird. Dann wird die Münze als Verschluss oben aufgelegt (das Wasser dichtet den Raum ab). Die Schüler fassen alle gemeinsam mit den Händen um die Flasche um diese zu erwärmen und beobachten dabei nach kurzer Zeit ein leichtes Hüpfen der Münze. Die erwärmte Luft benötigt wieder mehr Platz als die kalte, sodass sich der Druck in der Flasche erhöht, bis er so groß ist, die Münze anzuheben. Beim Anheben kommt es zu einem kurzen Druckausgleich.

**Interessenexperiment 1: Ei in die Flasche** Entscheiden sich die Schüler für die Knobelvariante, so stehen sie vor der Aufgabe ein Ei in eine Flasche mit etwas vergrößertem Flaschenhals zu bringen. Der Clou ist, das gelernte Wissen aus vorigen Versuchen anzuwenden. Dabei stehen Hilfekarten in mehreren Stufen zur Verfügung. Prinzipiell sollte die Flasche im Inneren erhitzt

werden, dann das Ei aufgesetzt werden, sodass es durch den geringer werdenden Druck infolge der Abkühlung der Luft in der Flasche in sie hineingedrückt wird. Das Erhitzen der Flasche könnte entweder wie im Luftballonversuch mit kochendem Wasser geschehen oder mittels brennender Streichhölzer, die man vorsichtig hineinfallen lässt. Verbleibt noch Zeit und Motivation, so besteht natürlich zusätzlich die Herausforderung das Ei auch wieder herauszuholen. Dazu kann die Flasche wiederum erhitzt werden (mit dem Wasserkocher oder dem Bunsenbrenner) während das Ei die Öffnung verschließt, sodass der Druck in der Flasche wächst und das Ei hinausdrückt.

**Interessenexperiment 2: Wärmebildkamera** Die zweite Variante ist die High-Tec-Variante, in der die Schüler mit einer Wärmebildkamera verschiedene Gegenstände beobachten können. Dabei soll ihnen zunächst keine Vorgabe gemacht werden. Sie können sowohl die Körpertemperatur ihrer Mitschüler messen, wie auch an der Station befindliche Gegenstände untersuchen. Hierbei eignen sich die Kerzen, Eiswürfel oder der Bunsenbrenner aus vorigen Versuchen. Es liegen außerdem weitere Vertiefungskarten aus, mit welchen sie sich vor allem über Einsatzbereiche der Wärmebildkamera informieren können. Endet die Kreativität der Schüler nach kurzer Zeit, so werden noch verschiedene Anregungen und Tipps gegeben, ein Gruppenwärmebild gemacht oder eine Arbeitsfolie ausgehändigt, auf welcher die Farbskala einer Wärmebildkamera mit den zugehörigen Temperaturen verbunden werden soll.

### 9.3.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien

In der Station zur Wärmelehre, die ja einen offensichtlich geringeren Alltagsbezug für die Schüler hat, wird versucht, Authentizität zur Institution der Universität zu schaffen. Die Schüler beobachten und untersuchen hier verschiedene Sachverhalte, um festzustellen „was passiert wenn ...“. Dieses Agieren ist stark an empirisches Forschen angelegt, sodass die Station im Gesamtbild, von didaktischer Seite her, als „*Forscher-Station*“ fungieren soll.

- Ganzheitlichkeit: Weil diese Station kognitiv sehr anspruchsvoll ist, ist es von großer Bedeutung, dass jeder Schüler den Ablauf und die Ergebnisse des Experimentes gut sehen kann. So soll unabhängig vom Verständnis der physikalischen Hintergründe über Beobachtungen diskutiert werden, um einen Eindruck von der Station zu bekommen. Die Beobachtungen, die an der Station gemacht werden, sind in einfacher Form zu beschreiben, sodass ein wesentlicher Aspekt des Experimentierens (das Beobachten und Beschreiben) verinnerlicht werden kann.
- Prinzip der Interessenförderung und Motivation: Trotz des geringen Alltagsbezuges der Station wird versucht, durch die eigene Auswahl von Interessenexperimenten den Schülern einen festeren Bezug zum Versuch zu geben. Sie haben selbst mitbestimmen können, mit welchem Sachverhalt sie sich auseinandersetzen, und bearbeiten diesen mit mehr Interesse und Motivation. Die Ergebnisse der Versuche sind größtenteils für die Schüler nicht vorhersehbar, sodass zum einen wieder Prognosen das Interesse am Experiment steigern können, zum anderen ein gewisser Überraschungseffekt die Schüler begeistern soll.



- **Differenzierung und Individualisierung:** Die Schüler können im besonderen zum Ende dieser Station bezüglich ihres Interesses eine Auswahl treffen (Differenzierung nach Interesse). Wie bereits vorgestellt wurde, steht eine Knobelvariante oder ein High-Tec-Gerät zur Verfügung.
- **Soziales Lernen:** An dieser Station wird von den Schülern verlangt, in Kleingruppen und in der großen Gruppe zusammenzuarbeiten. Bei der Auswahl der Versuche kann der Einzelne nach seinen Interessen gehen und sich so einbringen. Während der Dokumentationsphasen am Plakat sind die Schüler wiederum für sich.
- **Aktivität:** Das Laufspiel bringt durch die Beteiligung aller direkt Schwung in die Station. Diese Station fordert die Schüler insbesondere dazu auf, forschenden Einsatz, also Beobachten, Beschreiben, Dokumentieren zu zeigen. Auch wenn für die Umsetzung des Luftballonversuchs nur zwei Schüler aktiv gefordert sind, sind die anderen gespannt bei dem Versuch dabei. Durch die Bildung von kleinen Teams beim Kerzenfahrstuhl werden die Schüler aufgefordert mitzuarbeiten, da sowohl dieser als auch die Brodelflasche sehr schnell durchzuführen sind, ist nahezu jedem Schüler die Möglichkeit gegeben, das Experiment durchzuführen. Hinsichtlich der Aktivität bergen die Interessenexperimente ein gewisses Risiko. Kommt es zu einer sehr ungleichmäßigen Verteilung, so kann es unter Umständen sein, dass sich die Schüler nicht voll einbringen können.
- **Anschaulichkeit und Übertragbarkeit:** Zur Anschaulichkeit trägt die besondere Auswahl der Experimente, in denen die Schüler alle Sachverhalte eindeutig sehen können, positiv bei. Die Farb-Temperaturzuordnung der Wärmebildkamera und ihre Einsatzgebiete können die Schüler direkt in ihre Alltagswelt übertragen. Im Knobelversuch mit dem Ei ist ein schwieriger Transfer gegeben. So sollen die Schüler ihr gelerntes Wissen über die Volumenänderung der Luft in Abhängigkeit von der Temperatur von den „Wasserversuchen“ auf das Ei übertragen.
- **Affektivität:** Der Einsatz des Bunsenbrenners und der Schutzbrillen ist für die meisten Schüler sehr aufregend. Außerdem schafft er eine authentisch-forschende Lernatmosphäre. Auch die Verwendung der Lebensmittelfarbe soll diesen Aspekt unterstützen. Gleichzeitig steuert die Musik zu Beginn der Arbeitsphase zu einer positiven Grundstimmung bei. Die Schüler werden also an der Station auf verschiedene Weise affektiv aktiviert.
- **Elementarisierung:** Elementarisiert wird an der Station hinsichtlich des wesentlichen Zusammenhangs von Platz (Raum od. Volumen) und Temperatur, welcher im Sinne eines Kernes nicht die Erfassung des speziellen linearen oder auch qualitativen Zusammenhangs meint, sondern lediglich eine generelle Verbindung der Begriffe. Die Schüler sollen diesen in den zwei gegensätzlichen Sinneinheiten erfassen. Zum einen stellen sie in mehreren Versuchen fest, dass warme, heiße Luft beziehungsweise schnelle Teilchen mehr Raum benötigen und zum anderen erkennen sie in den anderen Versuchen, dass abkühlende Luft eine Art „Unterdruck“ mit sich bringt, der aus einem Zusammenziehen der Luft resultiert. Das Teilchenmodell ist dabei als Stütze zu verstehen. Es ist kein elementarer Bestandteil der

Station, sondern mehr im Sinne didaktischer Rekonstruktion zu verstehen. Im Wesentlichen umfasst die didaktische Reduktion die Definition der thermodynamischen Grundgrößen Druck, Volumen und Temperatur und eine ausführliche Diskussion über die Entstehung eines thermodynamischen Gleichgewichts.

### 9.3.3. Mögliche Lernziele der Station

Die dritte Station umfasst zunächst Inhalte der Thermodynamik. Hier können die Schüler dem klassischen Experimentieren am nächsten kommen und sich mit den Inhalten Druck und Temperatur befassen.

Die vier Experimente „Luftballonversuch“, „Brodelflasche“, „Kerzenfahrstuhl“ und „Ei in der Flasche“ sowie das Einstiegsspiel basieren alle auf dem gleichen theoretischen Hintergrund und werden deshalb im folgendem Abschnitt gemeinsam beschrieben.

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler interpretieren Temperatur als Bewegung von Luftmolekülen und stellen eine Analogie zu ihrer eigenen Bewegung her. Die Schüler erfassen einen Zusammenhang von Temperatur und Volumen. Sie erkennen, dass höhere Temperaturen (schnellere Bewegungen) zu höherem Druck führen und mehr Raum benötigen und sehen ein, dass abkühlende Luft zu kleinerem Druck (ohne exakte physikalische Begriffsklärung) führt. Außerdem erkennen sie, dass unter abgedichteten Bedingungen (kein Luftaustausch) der Druckunterschied sogar zum Anheben von Wasser führen kann.
- **Affektive Dimensionen:** Das Offenhalten des Experiments evoziert Erfolgsgefühle (wenn das Ei hineinrutscht), welche zur Stärkung des physikalischen Selbstkonzepts führen.
- **Psychomotorische Dimensionen:** Die Schüler erlernen einen sicheren Umgang mit dem Bunsenbrenner und heißen Gegenständen allgemein.

Die Schüler können an der Station entscheiden, ob sie sich mit der Wärmebildkamera beschäftigen wollen:

- **Kognitive Dimensionen:** Die Schüler lernen Einsatzmöglichkeiten der Wärmebildkamera kennen und erschließen den Zusammenhang zwischen Farbe und Temperatur eines Körpers.
- **Affektive Dimensionen:** Die Schüler erlernen einen verantwortungsbewussten Umgang mit einem High-Tec-Gerät.
- **Psychomotorische Dimension:** Die Schüler schulen eine „ruhige Hand“, indem sie die Kamera führen.

### 9.4. Station 4 - „Wie ist das eigentlich mit Flaschenzügen?“

Das letzte Teilgebiet der Physik im Schülerlabor wird mittels Flaschenzügen aus Kletterseilen, an denen sich die Schüler selbst und gegenseitig hochziehen können, eingeführt. Die Station zur Mechanik ist sowohl die aktivste als auch die offenste aller Stationen. Hier ist der Ablauf der

Experimente nicht so streng vorgegeben wie zuvor. Außerdem übernimmt vor allem aus Sicherheitsgründen der Betreuer über die ganze Station hinweg eine Moderatorenrolle. Die Schüler finden sich als erstes immer an beistehenden Tischen ein, um durch verschiedene Flaschenzug-Bilder an die Konstruktion und das Thema „Heben schwerer Lasten“ herangeführt zu werden. Weiterhin werden dann von *allen* Schülern, unabhängig vom darauffolgenden Ablauf, gemeinsam mit dem Betreuer Kletter(sitz)gurte angelegt, um ein ständiges Wechseln derer während der Durchführung zu vermeiden. Es sei angemerkt, dass infolge der Offenheit der Station und der Spontanität der Schüler und des Betreuers hier nur ein *möglicher* Ablauf der Station dargestellt wird.

#### 9.4.1. Die Versuche

Beide Seile, die hier gebraucht werden, sind wegen der Höhe von knapp 4 m bereits vorher eingehängt. Darunter sind Turnmatten als weiche Unterlage ausgelegt, die aus dem Sportzentrum der Universität Würzburg geliehen werden können.

„**Ganz schön schwer ...**“ Im ersten Versuch können drei bis vier Schüler gemeinsam versuchen einen ihrer Mitschüler lediglich über eine feste Rolle mit aller Kraft nach oben zu ziehen. Dieses Experiment wird ihnen nur sehr schwer gelingen, da an der festen Rolle das Gewicht beider Seiten hängt. Die Schüler erkennen also unmittelbar, dass schwere Lasten zunächst nur mit großer Kraft zu heben sind. Den Schülern sollte stets genügend Zeit gegeben werden, dass jeder einmal ziehen beziehungsweise jeder einmal gezogen werden kann.

**Flaschenzug** Die Schüler wechseln nun an einen vorinstallierten Flaschenzug nach folgendem Schema:

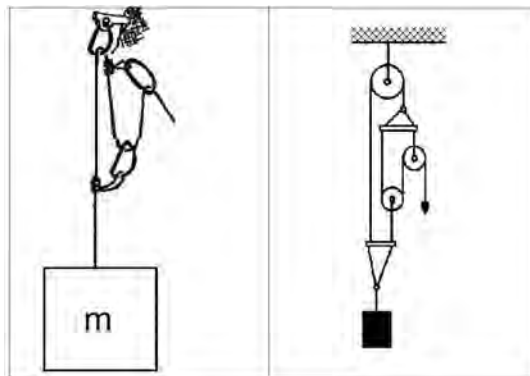


Abbildung 45: Schema des Flaschenzugs einer Bergrettung

Wiederum wird ein Schüler von seinen Gruppenmitgliedern nach oben gezogen. Die Schüler können jetzt unmittelbar erkennen, dass es ihnen bestimmte Konstruktionen ermöglichen mit weniger Kraft eine Last zu heben. Sie stellen gleichzeitig fest, dass dafür mehr Seil zu ziehen ist. Physikalisch ist das mit der goldenen Regel der Mechanik oder dem „Kraft mal Weg“-Prinzip zu erklären. Will man an der Kraft sparen, so ist ein längerer Weg notwendig. Das zeigt sich

hier an dem länger werdenden zu ziehenden Seil. Die zusätzlichen tragenden Seile erleichtern in der Konstruktion Flaschenzug das Heben (vgl. Leifi).

**Selbsthochziehen** Nun können die Schüler auch einmal probieren, sich selbst hochzuziehen. Sie werden feststellen, dass auch das in ihrer Flaschenzugkonstruktion möglich ist. Interessanter wird es für sie, wenn sie es an der einfachen festen Rolle versuchen. Tatsächlich gelingt es da auch den körperlich schwächeren Schülern, sich ein gutes Stück selbst in die Höhe zu ziehen, wohingegen ja die Schülergruppe ihren Mitschüler hier nur sehr schwer nach oben ziehen konnte. Um die Schüler nicht in diesem Gedankenkonflikt zu belassen, befindet sich an der Station noch eine Analogwaage. In überzeugender Weise zeigt sie, dass, wenn ein durchaus starker Schüler (auf der Waage stehend) einen vermeintlich leichten Mitschüler in die Höhe ziehen will, er einen Teil seines eigenen Gewichts mit in die Höhe ziehen muss - der Zeigerausschlag der Waage geht zurück. Im Gegensatz dazu befindet sich der Schüler, der sich selbst hochziehen will quasi in einem Flaschenzugsystem (vgl. Leifi). Er zieht sich gewissermaßen an zwei Seilen in die Höhe, weshalb er nur die halbe Kraft benötigt.



Abbildung 46: Selbst- und gegenseitiges Hochziehen

Zur Entdeckung dieser physikalischen Gesetzmäßigkeiten steht der Betreuer zur Seite und zusätzlich liegen an der Station Vertiefungskarten über die Funktionsweise der Konstruktionen aus.

**Zusatzversuch: Taucherflasche** Sind die Gruppen etwas schneller, weil vielleicht nicht alle Kinder hochgezogen werden wollen oder die Gruppe nicht so viele Mitglieder hat, so können sie nach Ablegen ihrer Klettergurte gemeinsam mit dem Betreuer an einen Flaschenzug, wie er im Baumarkt verkauft wird, wechseln. Dieser ist ebenso an der Decke des Universitätsgebäudes befestigt. Als schwere Last dient hier eine circa 20 Kilogramm schwere Taucherflasche (siehe Abbildung 47). Die Schüler können nun im Vergleich von direktem Heben und Ziehen am Flaschenzug die Vorteile des Kraftwandlers entdecken. Außerdem wird dabei die Konstruktion (neben der Anwendung beim Klettern) in einem weiteren alltagsbezogenen Phänomen veranschaulicht.



Abbildung 47: Hochziehen einer Last

#### 9.4.2. Umsetzung der didaktischen Prinzipien

An dieser Station werden die Schüler körperlich aktiviert und erfahren die Lerninhalte durch diese „actionreiche“ Betätigung, sodass diese Station im Gesamtkonzept des WWW-Labors als „Action-Station“ gedacht ist.

- **Ganzheitlichkeit:** Während die anderen drei Stationen die Schüler aufgefordert haben, sich handelnd mit den Versuchen auseinanderzusetzen, soll diese Station eine Anregung sein, sich mit vollem Körpereinsatz den physikalischen Themen zu nähern. Die Schüler stehen hier neben der inhaltlichen vor allem vor einer sportlichen Herausforderung.
- **Prinzip der Interessenförderung und Motivation:** Die Offenheit der Station erlaubt es spontan auf die Interessen der Schüler einzugehen. Ausgehend von den Ideen der Schüler wird der Ablauf flexibel gestaltet. Der entstehende Freiraum wirkt sich positiv auf die Motivation und Kreativität der Schüler aus.
- **Soziales Lernen:** Gegenseitiges Vertrauen ist an dieser Station von großer Bedeutung. Die Schüler halten sich gegenseitig in einer Höhe von bis zu vier Metern und sind nur durch ihre Mitschüler gesichert. Es liegt zwar eine Matte unter den Seilen, dennoch möchte kein Schüler aus vier Metern herunterfallen. Es ist daher wichtig die Schüler genau über ihre Rollen zu informieren und ihnen aufzuzeigen, dass sie sich in einer Position befinden, in der sich ein anderer Schüler auf sie verlässt. Von den Schülern werden soziale Kompetenzen wie das Aufeinander-Achten und ein vertrauensvoller Umgang miteinander eingefordert. Es ist nicht auszuschließen, dass sich nicht alle Schüler auf diese Situation einlassen können. Hierbei sollte versucht werden, die Schüler dennoch vorsichtig in den Prozess einzubeziehen.
- **Aktivität:** Beim Hochziehen der „Lasten“ sind alle Schüler gefordert. Damit der Versuch umgesetzt werden kann, müssen sich die Schüler auf verschiedene Rollen aufteilen. Hierzu

gehört eine „Last“, die „Zieher“ und die „Nachsicherer“. Da jeder Schüler einmal in jede Rolle schlüpfen darf, sofern er es möchte, sind alle Schüler aktiv bei der Sache.

- Anschaulichkeit und Übertragbarkeit: Die Schüler machen eine eindrückliche Erfahrung im Selbstversuch, dass es mit Hilfe eines Flaschenzuges möglich ist, auch im Alltag schwere Lasten mit geringerem Kraftaufwand hochzuziehen. Dabei können sie diese Erkenntnis direkt auf den Klettersport und die Bergrettung übertragen, aber auch auf schwere Lasten beim Hausbau zum Beispiel. Diese Möglichkeit des Transfers wird durch den Zusatzversuch, bei dem sie die Taucherflasche anheben, verstärkt.
- Affektivität: Die Ausrüstung der Station mit Seilen und Klettergurten ist für die meisten Schüler eine besondere Begegnung. Sie üben auf die Schüler einen hohen Aufforderungscharakter aus.
- Elementarisierung: Das gesamte Gebiet der Mechanik wird auf den Kern „Mit dem Flaschenzug geht es leichter, schwere Lasten zu heben.“ elementarisiert. Die Schüler bekommen dazu weitere Möglichkeiten, die Grundprinzipien eines Flaschenzuges zu verstehen. Die Sinneinheiten bei der Elementarisierung sind, die qualitativen Unterschiede der Kraft in verschiedenen partikularisierten Experimenten (Selbsthochziehen, gegenseitiges Hochziehen) zu untersuchen. Um den Kern der Sache allen Schülern zu ermöglichen, wird der Kraftbegriff vom physikalischen auf einen intuitiven didaktisch reduziert. Außerdem wird bei der Kraftdiskussion auch auf Unterschiede von Statik und Dynamik verzichtet, wobei über Reibung und andere Kraftwandler mit dem Betreuer diskutiert werden kann. Zuletzt reduziert sich die „Goldene Regel der Mechanik“ auf eine qualitative Erfassung, um die Schüler an den Kern adäquat heranzuführen.

#### 9.4.3. Mögliche Lernziele der Station

Die vierte Station behandelt exemplarisch ein Gebiet der Mechanik: die Kraftwandler. Die Schüler werden hier zu aktivem Einsatz aufgefordert und können einmal richtig zupacken.

- Kognitive Dimensionen: Die Schüler lernen den Flaschenzug als Kraftwandler kennen. Sie bemerken dabei, dass das gleiche Gewicht unter kleinerem Kraftaufwand bei verlängertem Seil auf die gleiche Höhe gezogen werden kann. Die Schüler übertragen das Prinzip des Flaschenzuges in die Alltagswelt. So finden Flaschenzüge beim Klettern ihren Einsatz.
- Affektive Dimensionen: Die Schüler bauen gegenseitiges Vertrauen auf, indem sie Verantwortung für die Sicherheit der Mitschüler übernehmen.
- Psychomotorische Dimensionen: Die Schüler spüren den erheblich kleineren Kraftaufwand beim Heben von Lasten (in diesem Falle des Mitschülers).

## 10. Zur Auswertung

Der letzte Teil dieser Arbeit befasst sich mit der praktischen Umsetzung des integrativen Schülerlabors „Wir wollen´s wissen - wie ist das eigentlich mit der Physik?“. Am 28.9.2009 besuchten die 7. Klasse des Wirsberg-Gymnasiums und die 6. Klasse der Christopherusschule aus dem Raum Würzburg das Labor. Sie wurden hierbei von ihren Klassleitern, Herrn Keßelring und Frau Gabel, begleitet. Diese Umsetzung wird nun aus verschiedenen Blickwinkeln versucht zu reflektieren. So wird ein Überblick über die Aspekte gegeben, die während der Durchführung offensichtlich in positiver und negativer Hinsicht aufgefallen sind. Des Weiteren wurde ein großes Gruppengespräch mit allen Betreuern geführt, aus welchem zentral diskutierte Aussagen aufgegriffen werden sollen. Auch die Schüler hatten die Möglichkeit, in einem Feedbackbogen ihre Meinung kund zu tun, der an dieser Stelle ausgewertet wird. Es ist gleichzeitig vorgesehen, Verbesserungsvorschläge für das Labor zu machen und einen Ausblick zu finden, wie sich die weitere Arbeit an diesem Labor fortsetzen könnte.

### 10.1. Zum Verlauf des Schülerlabors

Die Gesamtanzahl der Schüler von 33 veranlasste dazu, alle Stationen wie bereits öfter angesprochen, doppelt zu belegen. Zunächst soll allerdings kurz der Verlauf in den beiden Vorbereitungsstunden kurz thematisiert werden.

#### 10.1.1. In den Klassen

Das Projekt nahm seinen Lauf mit der Vorstellung des integrativen Schülerlabors bei den 23 Schülern der 7. Klasse von Herrn Keßelring im Wirsberg-Gymnasium. Der genaue Ablauf der Stunde ist im Artikulationsschema im Angang zu finden.



Abbildung 48: Vortreffen in der Gymnasialklasse

Die Schüler zeigten sich sehr interessiert und offen gegenüber dem Projekt. Sie arbeiteten sehr aktiv mit und stürzten sich auf die ausgelegte Papierrolle, um ihre Ideen darauf zu verwirklichen. Auf der folgenden Abbildung sind einige der Beiträge zu sehen.

An dieser Stelle ist darauf hinzuweisen, dass Herr Keßelring bereits zwei Einführungsstunden

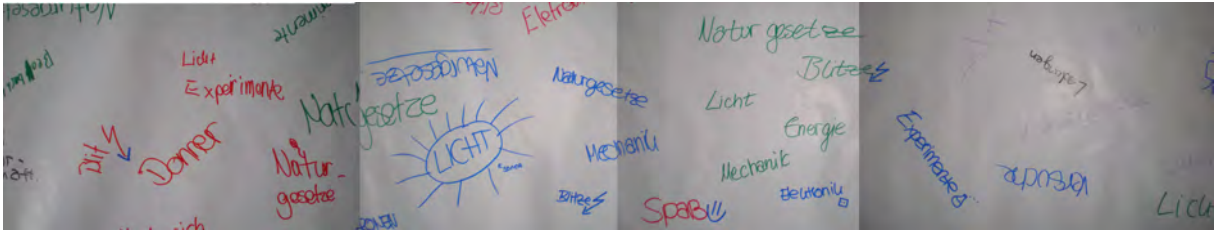


Abbildung 49: Ergebnisse der Papierrolle

zur Physik halten konnte, wodurch sich die häufig auf der Rolle auftretenden Begriffe „Naturwissenschaft“ oder „Mechanik“ erklären lassen. Die Schüler meldeten sich darüber hinaus bei der Behandlung des Themas „Behinderung“ ausgesprochen häufig, um von eigenen Erfahrungen zu berichten. Dabei muss etwas relativiert werden; die meisten Schüler zeigten oftmals eher, dass sie schon einmal einen Menschen mit Behinderung gesehen haben, als dass man von echtem Aufeinandertreffen sprechen konnte. Die Aussagen konzentrierten sich zumeist auch mehr auf körperliche Handicaps als auf eine geistige Behinderung. Noch ist zu erwähnen, dass die Gruppeneinteilung auf sehr positive Resonanz bei den Schülern stieß. Es war den meisten tatsächlich sehr wichtig, zusammen mit ihren besten Freunden das Projekt zu meistern. Zuletzt war erfreulich, dass Herr Keßelring die Lehrerbroschüre dankbar entgegennahm und darüber hinaus auch ein weiteres Arbeiten mit der Schülerbroschüre signalisierte, sodass dieses zur Nachhaltigkeit installierte Element des integrativen Schülerlabors dahingehend erfolgreich war.

Auch die zweite geplante Stunde in der Hauptschule in Margetshöchheim, in der die 10 Schüler von Frau Gabel als Außenklasse des Förderzentrums untergebracht sind, verlief nach geplantem Schema (Artikulationsschema siehe Anhang). Die Schüler hörten sehr aufmerksam zu und waren gut auf den Projekttag einzustimmen.



Abbildung 50: Vortreffen in der Außenklasse

Sie hatten allerdings bezüglich des Ablaufs schon sehr viele Fragen, die noch unbeantwortet blieben. Zwei Aspekte, die es bezüglich der praktischen Umsetzung hier noch zu erwähnen gilt, sind zum einen, dass die Klasse bereits öfter integrativen Situationen ausgesetzt war, da sie sich eben als Außenklasse in Margetshöchheim befindet, und zum anderen, dass die Gruppenein-



teilung nicht ganz so laufen konnte wie geplant. So hätten die Schüler einfach auf die bunten Farbkarten, auf denen die Gymnasialschüler sich schon eingetragen hatten, ihren Namen schreiben sollen. In Absprache mit Frau Gabel wurde allerdings über die Köpfe der Schüler hinweg beschlossen, die Gruppen zuzuteilen, um manche Probleme im Vorhinein auszuschließen.

### 10.1.2. Am Schülerlabortag

Der Tag im Schülerlabor ist gut, im Sinne der vorigen Planung, verlaufen. Es gab keine offensichtlichen oder tiefgreifenden Komplikationen. Die Schulklassen trafen pünktlich ein und so konnte das Projekt im vorgesehenen Zeitplan starten. Um kleine Gruppen gewährleisten zu können, wurden die Schüler wie bereits erwähnt in acht statt vier Gruppen eingeteilt und alle Stationen in zweifacher Ausführung aufgebaut. Die Logistik der acht Schülergruppen und der Betreuer funktionierte reibungslos und auch der Wechsel zwischen den Stationen konnte in der zugeordneten Zeit durchgeführt werden. Schließlich konnten die Schülergruppen auch wie geplant um 14 Uhr die Universität verlassen. Das Zeitkontingent zwischen den Stationen war also keinesfalls zu großzügig bemessen. Auch die Stationen waren vollständig ausgestattet, sodass alle Versuche funktionieren konnten. Die Pausenzeit war ausreichend und nicht nur für die Schüler, sondern auch für die Betreuer wichtig. Das Spiel am Ende der Pause erbrachte die erhoffte Wirkung, die Schüler wieder in Kontakt zu bringen und stellt ein wichtiges Element dar. Es werden nun einige Elemente des Labors herausgegriffen, über die mit den Betreuern diskutiert wurde, um die didaktische Aufbereitung des Labors einschätzen zu können. Eine detaillierte Evaluation sämtlicher Bestandteile erfolgt allerdings nicht, da diese sowohl den Rahmen der Arbeit also auch den des Betreuer-Feedbackgesprächs gesprengt hätte.

**Die Stationen** Nach Aussagen der Betreuer waren die kognitiven Anforderungen der Stationen angemessen. Zudem hatten die Schüler ausreichend Zeit, sich auf die einzelnen Sachverhalte einzulassen. Lediglich der Versuch „Ei in die Flasche“ hätte noch mehr Raum zum Probieren geboten, da sich die Betreuer oftmals in der Rolle sahen, aus zeitlichen Gründen den Schülern bei der Lösung auf die Sprünge zu helfen. Die Zusatzversuche stellten sich zudem als geeignete Möglichkeit heraus, Zeitdruck an den Stationen zu verhindern und gleichzeitig keinen Leerlauf bei schnellen und interessierten Gruppen entstehen zu lassen. Die Schüler konnten sogar an einigen Stellen des Labors ihren eigenen Interessen nachgehen, alleine oder gemeinsam auch länger an einem Sachverhalt arbeiten, da sie nicht unter Zwang aufgefordert wurden immer alle Versuche durchzuführen. Hierbei entstanden lobenswerte und konstruktive Auseinandersetzungen. Dies zeigte sich beispielsweise beim Stromkreis, welcher verschiedenste Erweiterungsmöglichkeiten wie das Einbauen von mehreren Schaltern oder Lämpchen ermöglichte. Aber auch mit der Lichtorgel wurde viel experimentiert. Darüber hinaus ist es für die Schüler nicht störend gewesen kleine Versuche mehrmals durchzuführen, so zum Beispiel den Kerzenfahrstuhl. Im Austausch über die Mitarbeit der Schüler und deren Motivation stellte sich heraus, dass die Mechanik-Station besonderen Stellenwert einnahm. Sie vermochte wirklich alle Schüler zu aktivieren und deren Interesse zu wecken. Der Einsatz der Lichtorgel und der Nebelmaschine war ebenfalls beeindruckend. Weiter fiel der heiße Draht auf, der den Schülern Spaß brachte, aber darüber hinaus

auch zu besseren „Leistungen“ anspornte. Hierbei wurde in verschiedenen Gruppen beobachtet, dass die Förderschüler Schwierigkeiten hatten, den heißen Draht ohne Berührungen zu durchlaufen. Als durch die Gymnasialschüler klar wurde, dass dies aber machbar ist, wurden viele Förderschüler dazu angespornt, es weiter zu probieren. „Ich will auch ohne Piepsen“ forderte eine Schülerin und bestand darauf, statt des Elektromagneten am heißen Draht weiter üben zu dürfen. Insgesamt wurden nur bei drei Versuchen kritische Aspekte der Betreuer angemerkt. Zum einen stellte der Bau des Elektromagneten einen, im Hinblick auf die kognitiven Anforderungen, zu zeitaufwändigen Versuch dar. Es zeigte sich, dass er nicht bei jedem Schüler funktionierte, sodass er als letzter Versuch hinsichtlich der Motivation nicht ganz glücklich angesiedelt war. Zum anderen stellte sich der Luftballonversuch als etwas langweilig heraus. Es braucht zuviel Zeit in der nichts passiert, bevor sich der Luftballon aufstellt. Das Ergebnis schien die Schüler nicht zu begeistern. Schließlich wurde noch das Laufspiel genannt. Es wird hierbei ein Bezug hergestellt, der für die Schüler nicht einsichtig ist. So sollen sie erst die Lautstärke der Musik und den Grad der Schnelligkeit ihrer Bewegungen in ein Verhältnis setzen, welches dann die Moleküle in wärmerem beziehungsweise kälterem Zustand repräsentieren soll. Die Modellvorstellung müsste genauer herausgearbeitet werden, damit es nicht zu Fehlvorstellungen kommt. Das Spiel zeigte sich oft als etwas zu steif, wobei hier vorwegzugreifen ist, dass dies keiner der Schüler als dramatisch empfand. Im Gesamtbild wurde resümiert, dass die Stationen auf die Schüler motivierend wirkten und damit ein positives Erlebnis mit der Physik geschaffen wurde. Es wurde noch die Konzeption des außerschulischen Lernorts diskutiert. Man war sich aber schnell einig, dass die Universität auf Schüler einen besonderen Reiz ausübt und der Veranstaltung damit etwas Besonderes verleiht. Schon das Herauskommen aus dem Schulalltag und aus der gewohnten Umgebung ist für die Schüler eine willkommene Abwechslung. Im integrativen Projekt erhält dieser Ort eine zusätzlich wichtige Rolle. Er ist für alle teilnehmenden Schüler ein neutraler Ort.

**Hilfe- und Vertiefungskarten** Der Einsatz der Hilfekarten zeigte leider, trotz der Neugestaltung und Neuordnung direkt an den Experimenten im Vergleich zum Grundschullabor nicht den gewünschten Erfolg. Sie blieben weiter meist unbemerkt und wurden erst genutzt, nachdem der Betreuer auf sie aufmerksam gemacht hatte. Darüber hinaus waren die Hilfekarten durch die gegenseitigen Hilfestellungen der Schüler zum Teil überflüssig. Die Schülergruppen konnten sich im Allgemeinen sehr gut durch die unterschiedlichen Stärken ergänzen. Auch bei den Vertiefungskarten, welche noch etwas häufiger zum Einsatz kamen, wurde trotzdem meist lieber der Betreuer um Rat gefragt.

**Das Arbeiten im Team** Die Betreuer stellten fest, dass die Stationen in ihrer didaktischen Aufbereitung für das Lernen in heterogenen Gruppen sehr gut geeignet sind. Die Bilder, die ursprünglich vor allem die Förderschüler unterstützen sollten, werden auch von den Gymnasialschülern dankend angenommen und erweisen sich als sinnvoll, um gemeinsames Lernen zu ermöglichen. Vor allem die offene Gestaltung lässt genügend Freiräume für Stärken und Schwächen der Schüler. Das Arbeiten im Team ermöglicht außerdem, dass sich jeder Schüler unabhängig von seinen Stärken und Schwächen einbringen kann. Die Schwächen der Schüler und vor

allem der Förderschüler werden nicht ins Zentrum gerückt oder herausgestellt, sondern vielmehr durch das individualisierte Angebot akzeptiert und durch die Gruppe aufgefangen, auch wenn einer der Betreuer den Eindruck hatte, die Förderschüler seien oft von den Gymnasialschülern „überfahren“ worden. Nach kurzer Diskussion wurde deutlich, dass die Zusammenarbeit der Gruppen erwartungsgemäß sehr stark von den Gruppenmitgliedern abhing. In fünf der acht Gruppen konnte das Projekt aus Sicht der Betreuer als Erfolg bezüglich der sozialen Aspekte wahrgenommen werden. In zwei Gruppen ist die Zusammenarbeit zwar gut gelaufen, aber auch nicht besonders positiv ausgefallen. Leider konnten die Schüler in einer Gruppe nicht zu einer produktiven und fairen Zusammenarbeit bewegt werden.

Während der Experimente konnte beobachtet werden, dass oft die Förderschüler viel interessierter an die Dinge herangingen und nicht zuletzt die Gymnasialschüler in manchen Situationen bezüglich ihrer kognitiven Fähigkeiten überraschen konnten. Hierzu soll eine Situation beispielhaft angeführt werden, welche sich an der Station „Druck und Temperatur“ ereignete. Beim Versuch, das Ei in die Flasche zu bringen, bei dem es viel ums Ausprobieren und Knobeln geht, war das Interesse eines Förderschülers derart geweckt, dass er sogleich mehrere Möglichkeiten überprüfte. Er nahm sich wie selbstverständlich den Wasserkocher, während man bei den Gymnasialschülern ein wenig den Eindruck hatte, sie befänden sich in einer Art Praxisschock. Als das Ei unter Mithilfe aller schließlich in der Flasche landete, galt die Aufgabe für die Gymnasialschüler als gelöst. Der Schüler der Christopherusschule hingegen suchte nach einer Erklärung, die er sogleich fand. In diesem Moment erntete er tatsächlich das Erstaunen seiner gymnasialen Gruppenmitglieder. Diese Momente könnten Anstöße sein, mehr über Menschen mit einer Behinderung nachzudenken und sie mit ihren Fähigkeiten und nicht nur als hilfebedürftig wahrzunehmen.

Alles in allem zeigten sich in den Gruppen drei unterschiedliche Handlungsmuster. Auf der einen Seite konnten einige Schüler auf einer freundschaftlichen Ebene einen Zugang zueinander entwickeln. Dies zeigte sich in den kumpelhaften Gesten und kleinen Neckereien. Auf der anderen Seite fühlten sich die Gymnasialschüler in der Pflicht, sich fürsorglich um die Schüler der Förderschule zu kümmern. Durch den Altersunterschied wurde diese Tendenz zusätzlich verstärkt. Es kann in diesen Gruppen leider nicht von einer Zusammenarbeit oder gemeinsamen Lernen auf einer Ebene gesprochen werden. Es stellte sich vielmehr ein unausgeglichenes Verhältnis zwischen Gymnasialschülern und Förderschülern ein und damit verbunden ein Abhängigkeitsverhältnis auf Seite des Förderschülers. Dennoch ist dieser Umgang mit respektvollen und netten Gesten gekoppelt. Er spiegelt vielmehr das Bild gegenüber Menschen mit einer Behinderung in unserer Gesellschaft wider. So werden selbst erwachsene Menschen mit einer Behinderung häufig als Kinder gesehen und durch ihr Mehr an Abhängigkeit bemitleidet. Letztlich zeigte sich noch in einem Fall die Unfähigkeit der Schüler, mit der Situation umzugehen. So wurde der Förderschüler zum Teil gehänselt und als Person nicht ernst genommen.

**Schülerdokumentation** Die verschiedenen Formen der Dokumentation ermunterten die Schüler auf unterschiedliche Weise zu einer Reflexion und konnten damit die Zielsetzung, das Nachdenken über die Physik, realisieren. Für die Schüler stellte sich das Filmen als besonders attraktiv heraus. Interessanterweise stellten alle Gruppen unabhängig voneinander die Experimente

nach, obwohl die Aufforderung zur Dokumentation frei gestaltet werden konnte. Es erschien den Schülern plausibel, das zu gestaltende Schülerinterview als Vorführung zu interpretieren. Diese Vorführungen wurden von den Gruppen in ihrer je eigenen Art und Weise gestaltet. So ist es interessant die unterschiedlichen Umsetzungen vergleichend zu betrachten. Manche Aufnahmen glichen einer Wissenssendung, in der die Versuchsaufbauten und -durchführungen ausführlich beschrieben und erklärt wurden, während die eine oder andere Gruppe auf eine gelungene Show, ohne physikalische Beschreibungen wert legten. So beschrieb eine Gruppe das Phänomen Magnetismus schlichtweg als Magie. Anderen wiederum war es wichtig, während des Filmens als Team aufzutreten und die Aufgaben gerecht zu verteilen. Generell erlauben die Aufnahmen einen Einblick in die Lernprozesse und Verhaltensmuster der Schüler und lassen eine gewisse Gruppendynamik erkennen. Eine Analyse dieser Prozesse ist im Rahmen dieser Arbeit nicht durchzuführen. Sie werden dennoch bei der Auswertung der Feedbackbögen ansatzweise mitbedacht. An der Mechanikstation konnte die Dokumentation leider nicht durchgängig geleistet werden. Die Schüler waren durch die aktive Einbindung zum Teil damit überfordert, an die Fotos zu denken. Selbst die Betreuer waren in Folge ihrer Aufgabe, die Schüler nachzusichern, oft nicht in der Lage, für die Schüler zu fotografieren. Hier sollte deshalb über eine andere Möglichkeit nachgedacht werden die Beobachtungen festzuhalten. Schließlich stellte sich heraus, dass ein paar Schüler die Gestaltung der Plakate eher als unliebsame Aufgabe empfanden. Dies stand vor allem mit dem Einsatz der Videokamera und des Fotoapparates im Zusammenhang, welche die Schüler mehr begeisterten. Im Gegensatz dazu erschien das Gestalten der Plakate etwas langweiliger. So mussten sie desöfteren von den Betreuern zur Dokumentation angehalten werden. Die Ergebnisse zeigen dennoch, dass für einen Großteil der Schüler das Plakat eine treffende Möglichkeit der Reflexion darstellte.



Abbildung 51: Plakate der Durchführung vom 28.09.09

In Abbildung 51 werden die vier entstandenen Plakate gezeigt. Hierbei ist auf einen besonderen Aspekt, der sich im Laufe des Schülerlabors zeigte, einzugehen. Im Allgemeinen waren sich die Betreuer einig, dass die Form des integrativen Schülerlabors durch seine sozialen Aspekte Schüler*innen* in besonderer Weise für Physik zu motivieren vermag. Auch das Gestalten der Plakate trug hierzu sicherlich positiv bei. So waren die Schüler*innen* einerseits durch das angebotene Plakatmaterial, andererseits durch die angestrebte Präsentation und das Aufhängen im Klassenzimmer angesprochen und motiviert. Zuletzt soll kurz auf einzelne Beiträge der Schüler

eingegangen werden. Auf vielen Einzeleindrücken beschreiben die Schüler ihre Beobachtungen der zuvor durchgeführten Versuche. Sie zeichnen neben dem Versuchsaufbau oft auch das Ergebnis des Experiments. In der Gestaltung wurde zwischen Textbeschreibungen und Zeichnungen variiert. Die Schüler ließen sich bei ihrer Entscheidung für die Art der Ausführung teilweise von den vorherigen Gruppen beeinflussen.



Abbildung 52: Dokumentierte Beobachtungen an der Optikstation

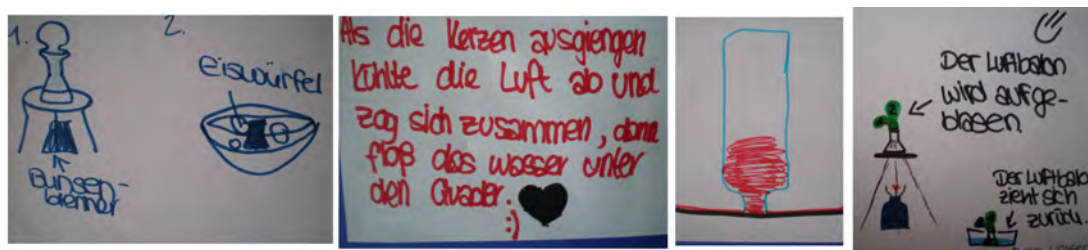


Abbildung 53: Dokumentierte Beobachtungen an der Thermostation

Als weiteres Element werden aber auch physikalische Erklärungen angeführt. Die Schüler nutzten die Reflexion, um über die Hintergründe des Gesehenen nachzudenken. Sie verwendeten auch die Vertiefungskarten, um die Erklärungen zu formulieren.

Bei einer offenen Dokumentation kann es bei solchen Merksätzen, die die Schüler selbst finden, durchaus zu physikalischen „Halbwahrheiten“ kommen. Die Schüler finden Erklärungen in ihrer eigenen Sprache, die nicht immer mit der der Physik einhergeht. Auch solche Beispiele sind in Abbildung 54 dargestellt.

Resümierend zeigt sich, dass die Formen der Dokumentation von den Schülern als Angebot ernsthaft wahrgenommen wurden und dies zu produktiven und lobenswerten Ergebnissen führte. Die Betreuer teilten auch die Meinung, dass den Schülern die Dokumentation häufig half, Lerninhalte und Lernziele zu verinnerlichen, ohne sie dabei zu stark zu lenken. Auffällig war das durchgängig große Interesse der Schüler an den Plakaten, Fotos und den gefilmten Videosequenzen. Sie fragten stetig nach, wann sie denn die Videos sehen könnten und ob sie die Plakate



Abbildung 54: Dokumentierte physikalische Erklärungen



Abbildung 55: Physikalische Unsauberkeiten bei der Dokumentation

aufhängen dürften, was eine gewisse Wertschätzung ihrer Arbeit zeigt. Neben der Präsentation eignen sich die erarbeiteten Plakate, Videos und Fotos als Anknüpfungspunkte für die Lehrkräfte, um gezielt verschiedene Themen zu vertiefen.

**Die Betreuer** Schließlich wurde noch über die Art der Betreuung diskutiert. Es fiel doch einigen schwer, sich aus dem aktiven Geschehen zu ziehen und die Schüler völlig selbstständig arbeiten zu lassen. Einfach nur dazustehen beziehungsweise zu beobachten, erfordert Gelassenheit und Disziplin. Tendenziell konnten die Sonderpädagoginnen besser mit der offenen Situation umgehen, während die angehenden Physiklehrer häufiger die Rolle des Moderierens einnahmen. Vermutlich könnten die Betreuer in ihrer Arbeit besser entlastet werden, wenn die Schüler einen genaueren Einblick in das Prinzip des selbstständigen Lernens erhalten würden. Es sollte klar herausgestellt werden, dass sie alle Arbeitsanweisungen an den einzelnen Tischen finden und diese dann durchführen können. Zwei Betreuer aus dem physikalischen Metier äußerten sich außerdem erstaunt über die Heterogenität wie sie in der Sonderschulklasse existiert. Sie wurden bisher nicht mit dieser Thematik konfrontiert und empfanden dies als Bereicherung. Auch die Möglichkeiten des Umgangs mit Heterogenität, also offenen Unterrichtsformen und dessen Chancen, wurden vor diesem Hintergrund neu bewertet. In diesem Zusammenhang schloss sich die Frage an, ob ein integratives Schülerlabor für die angehenden Physiklehrer sinnvoll erscheint und ob sie weitere Projekte dieser Art befürworten würden. Hierzu waren sich alle einig, dass der Über- beziehungsweise Einblick in die Physik jederzeit erneut durchführbar ist. Selbst bei schwereren Themen ist ein Teil der Betreuer davon überzeugt, dass man den Schülern aus dem Förderzentrum einen Zugang und damit gemeinsames Lernen ermöglichen kann. Bei der Durchführung eines inte-

grativen Schülerlabors muss den Verantwortlichen stets die (soziale) Zielsetzung bewusst sein. Trotzdem gestehen sich die angehenden Physiklehrer ein, dass die Physik selbst durch das Projekt nicht an Qualität verliert. Insgesamt war jeder Betreuer dazu aufgefordert, die Grundidee des integrativen Schülerlabors zu bewerten. Es gaben alle ein positives Feedback und erachteten es als sehr sinnvoll und wichtig, an einer solchen Form des außerschulischen Lernorts weiter zu arbeiten.

## 10.2. Schülerfeedback

Um eine Rückmeldung der Schüler zu bekommen, wurde ein Feedbackbogen eingesetzt. Dieser wurde so gestaltet, dass zum einen Informationen zum Schülerlabor allgemein abgefragt wurden und zum anderen Fragen zur integrativen Begegnung. Ähnlich wie beim Grundschul-testlauf sollten nicht über mehrere Seiten Kreuzchen gesetzt werden, sondern viel mehr eine Stimmungsrückmeldung eingefangen werden, die für eine Weiterentwicklung von Bedeutung ist. Um die Meinungen der Schüler einschätzen zu können, wurden die Schüler neben einer Einordnung in drei Kategorien auch stets zu einer Begründung angehalten. Dies ist vor allem in einer überschaubaren Schülergruppe von 33 Schülern gut durchzuführen. Für beide Schülergruppen wurden die gleichen Feedbackbögen herangenommen. Beim Ausfüllen dieser Bögen wurden leider aufgrund eines Missverständnisses nicht alle Fragenbögen alleine, sondern zum Teil zu zweit ausgefüllt. Dennoch sei vorweggenommen, dass die Schüler sich nur in sehr seltenen Fällen (zwei bis drei Bögen) in ihren Antworten sichtlich voneinander beeinflussen haben lassen. Die Kommentare erweisen sich bei den meisten der doppelt ausgefüllten Bögen als persönliche Statements und die Kreuze wurden sogar an verschiedenen Stellen gesetzt. Die Klasse der Christopherusschule fasste die zu schreibenden Antworten in einem Gruppengespräch auf einem Zettel zusammen. Nur die Kreuze wurden von den Schülern selbst hinzugefügt. Insgesamt nahmen 23 von 23 Gymnasialschülern und neun von zehn Förderschülern an der Evaluation teil. Der Feedbackbogen, auf den sich die Auswertung bezieht, findet sich im Anhang.

Die Frage „Wie fandest du das Schülerlabor?“ wurde von den Schülern nahezu einstimmig beantwortet. In Abbildung 56 ist zu sehen, dass neun der Förderschüler und 21 Schüler des Gymnasiums den Besuch des Schülerlabors als positiv bewerteten.

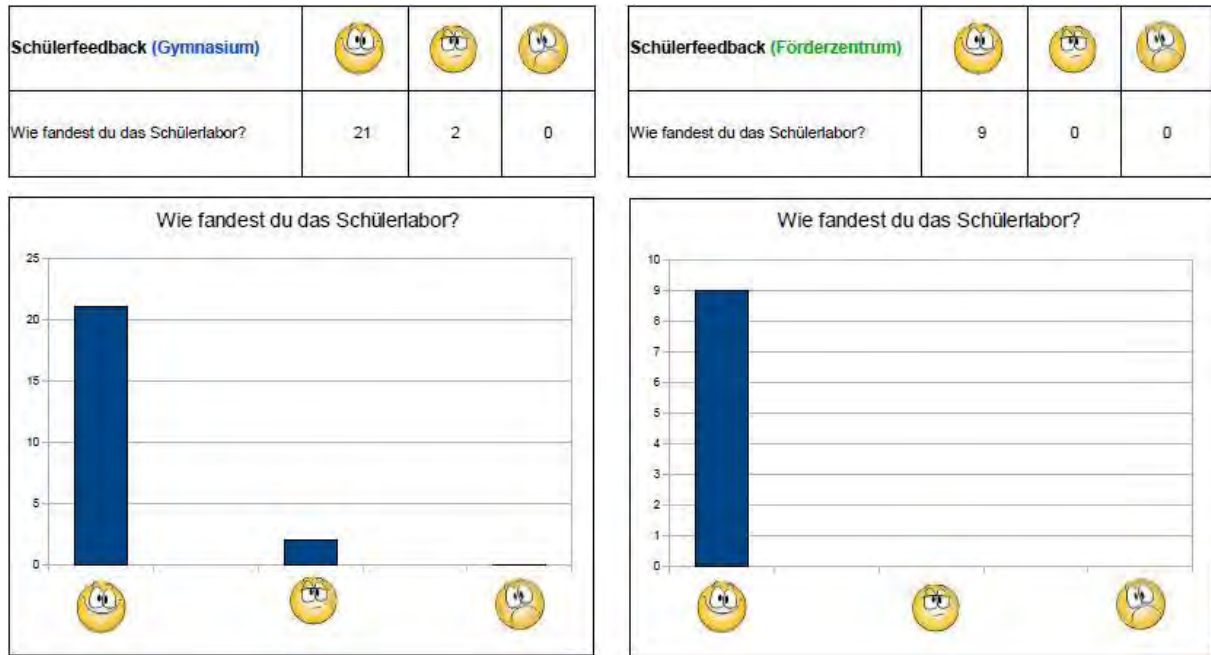


Abbildung 56: Grafiken zur statistischen Auswertung von Frage 1

Betrachtet man diese Zahlen, ist davon auszugehen, dass die Schüler den Besuch des Schülerlabors WWW genossen haben. Zwei der Schüler, die dem Gymnasium zuzuordnen sind, kreuzten den mittleren Smiley an. Die beiden, die das Schülerlabor als eher befriedigend empfanden, hatten folgende Beweggründe (siehe Abbildung 57).

Weil wir nicht für alle Zeit hatten und es nur  
 eine kleine Pause gab.

Die Zimmer waren nicht so sehr interessant und manche  
 Versuche haben sich wiederholt.

Abbildung 57: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Die Aussage des ersten Schülers zeigt, dass dieser wohl die zur Verfügung stehende Zeit als zu gering empfand. Das könnte beispielsweise daran liegen, dass er an einer Station tatsächlich nicht mit allen Versuchen fertig geworden ist, oder nicht klar genug kommuniziert wurde, dass die Zusatzversuche wirklich nur als *Zusatzangebot* und nicht wie von ihm wahrgenommen als Pflichtprogramm gedacht waren. Ebenso verhält es sich vermutlich mit dem zweiten Teil der Aussage über die Pause. Den Schülern wurde zunächst eine dreiviertel Stunde Pause versprochen. Dabei wurde das Teamspiel allerdings mit eingerechnet, der Schüler könnte also diese zehn Minuten als Fehlminuten empfunden haben. Die zweite Aussage bekräftigt die These über die Wichtigkeit der Lernatmosphäre sowie der Raumgestaltung. Man muss an dieser Stelle sicherlich die Überlegung anstellen, Schülerlabore in noch authentischere *Laborräumlichkeiten* zu verlegen.



Die Umgestaltung von Seminarräumen zur Nutzung von Schülerlaboren ist zwar ein einzuhaltender Mindeststandard, der für die Schüler gewährleistet werden sollte, allerdings durch den enormen Zeit- und Kraftaufwand und fehlende Authentizität keine wünschenswerte Lösung auf Dauer. Der zweite Teil der Aussage ist sehr schwer einzuordnen, da viele Schüler gerade den wiederholten Umgang mit den Experimenten als positiv beurteilten.

Neben diesen kritisch-konstruktiven Anmerkungen können auch die positiven Aussagen (siehe Abbildung 58) das betonen, was die Schüler am Labortag wertschätzten. Da nicht alle Begründungen eingebracht werden können, sollen vor allem Antworten herausgenommen werden, die etwas präziser formuliert wurden.

es lustig war und spaß gemacht hat, interessant mit den behinderten zu arbeiten.

Weil man selbst experimentieren kann und deshalb besser lernen kann

hat spaß gemacht, was auch gut mit der kamera die filmarbeit und waren nicht so große gruppen und durften selber suchen (allein ohne hilfe von erwachsenen)

Abbildung 58: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Die erste Aussage ist eine Bestätigung dafür, dass das Ziel Spaß an der Physik zu entwickeln, zumindest an diesem einen Tag, erfüllt werden konnte. Dies gehörte zu den meist genannten Begründungen der Schüler. Der zweite Aspekt zeigt auch, dass viele Schüler die zweiseitige Zielsetzung der Veranstaltung wahrgenommen haben. Interessant erscheint auch der nächste Kommentar, der selbständiges Arbeiten in einen Zusammenhang zu einem erleichterten Lernprozess stellt und damit exakt die Intention des Schülerlabors im Allgemeinen trifft. Im letzten Statement soll der Aspekt der Gruppengröße herausgefiltert werden. Ein Bewusstsein für eine angenehme Lernatmosphäre, die eben auch von der Gruppengröße abhängig ist, scheint bei den Schülern vorhanden zu sein. Dies bestätigt die Entscheidung für kleine Gruppen, was häufig und ausgiebig diskutiert wurde.

Im zweiten Teil des Feedbackbogens wurden die Schüler zu einer Beurteilung der Zusammenarbeit in ihrer Gruppe gebeten. Abbildung 59 macht deutlich, dass 14 Schüler des Gymnasiums die Zusammenarbeit als sehr gut einschätzen und neun Schüler als mittelmäßig. Sieben Schüler der Christopherusschule empfanden das Teamwork ebenfalls als bereichernd, während zwei Schüler die Zusammenarbeit als nicht gut einstufen.

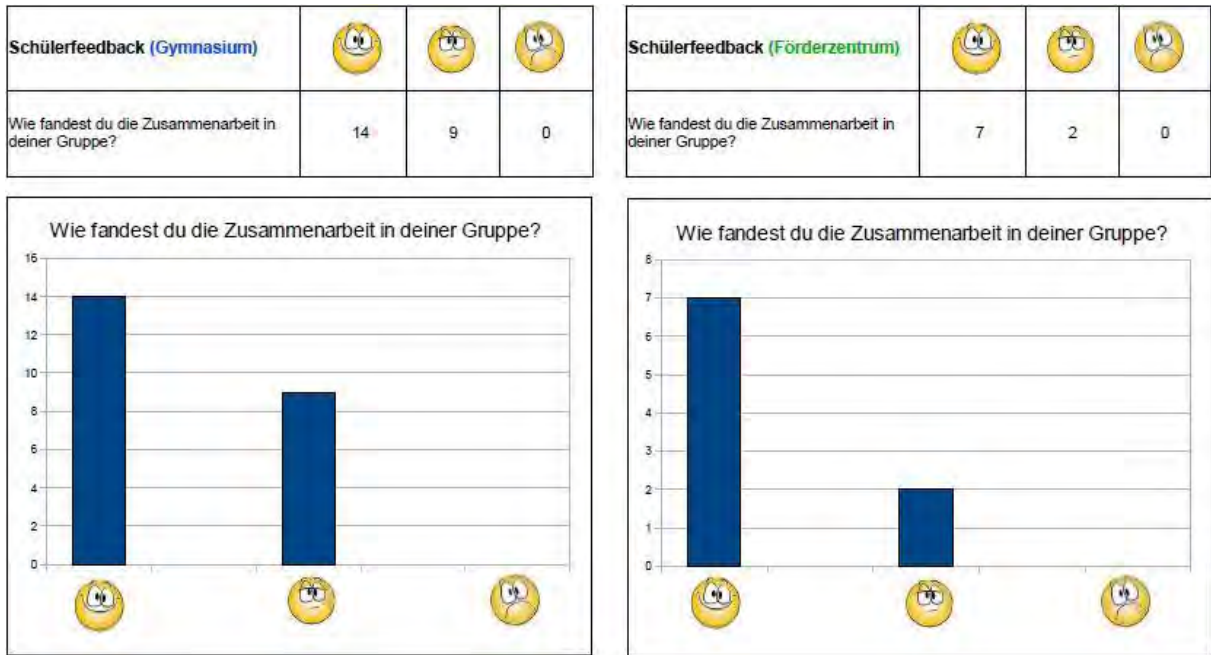


Abbildung 59: Grafiken zur statistischen Auswertung von Grafik 2

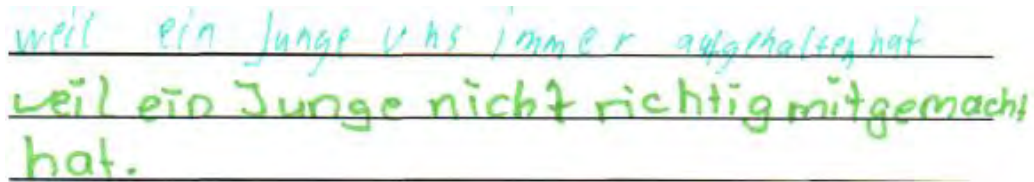
Für die Arbeit sind vor allem die Begründungen der Schüler interessant, die die Zusammenarbeit bewerteten. Da das Projekt vor allem hinsichtlich der sozialen Aspekte ernsthaft hätte scheitern können, sollen den folgenden Aussagen, vor allem den kritischen, besondere Bedeutung beigemessen werden. Sie werden in Abbildung 60 einzeln dargestellt und kommentiert.

- die haben viel Quatsch gewacht (gr. Schwä.)  
 - haben Ausdrücke gesagt  
 - einige haben „geerert“ (komische Fragen gestellt)

Abbildung 60: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Zunächst soll das kritische Zitat einiger Schüler der Christopherusschule angeführt werden. Es stellt klar heraus, dass die Lernatmosphäre, aber auch der soziale Umgang nicht für alle Förderschüler angenehm war. So fühlten sie sich durch die anderen Schüler und deren zum Teil unruhiges Verhalten in ihrer Arbeit gestört. Es soll an dieser Stelle lediglich auf die aktuelle Diskussion über das Pro und Kontra des Schonraums einer Förderschule verwiesen werden. Es zeigt sich, dass nicht nur die Gymnasialschüler einer ungewohnten Situation ausgesetzt waren. Auch die Förderschüler brauchen selbstverständlich Zeit, um sich auf eine Zusammenarbeit einzustellen.

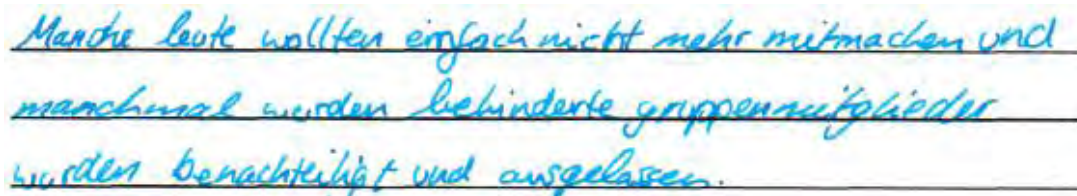
Die folgende Aussage (siehe Abbildung 61) wurde lange diskutiert. Sie macht deutlich, dass in diesem Falle die Zusammenarbeit als eine Einschränkung der eigenen Aktivität gedeutet wurde.



weil ein Junge uns immer aufhalten hat  
weil ein Junge nicht richtig mitgemacht  
hat.

Abbildung 61: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

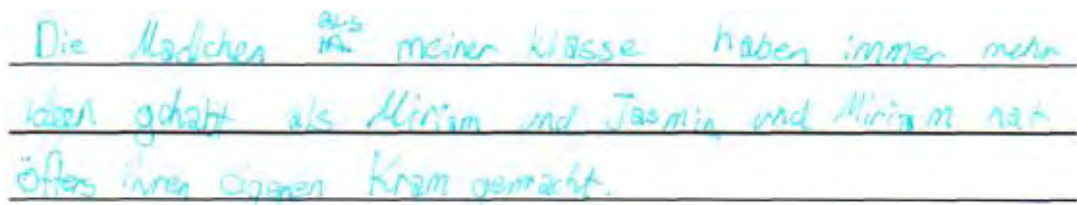
Ein Gespräch könnte klären, wie sich das Aufhalten äußerte und inwiefern Veränderungen in den Handlungsdispositionen der Schüler auf beiden Seiten eine Verbesserung erbringen könnten.



Manche Leute wollten einfach nicht mehr mitmachen und  
manchmal wurden behinderte Gruppenmitglieder  
wurden benachteiligt und ausgelassen.

Abbildung 62: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Es scheint in dieser Gruppe eine zum Teil ungerechte Gruppendynamik entstanden zu sein. Die Aussage in Abbildung 62 zeugt einerseits von einer hohen Empathiefähigkeit und zum anderen auch von einer gewissen Unzufriedenheit mit der Situation. Auch hier sollte ein persönliches Gespräch gesucht werden.



Die Mädchen <sup>aus</sup> meiner Klasse haben immer mehr  
über gehört als Miriam und Jasmin und Miriam hat  
offen ihren eigenen Kram gemacht.

Abbildung 63: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Die Ursache dieser Anmerkung in Abbildung 63 ist einfach zu finden und auch zu vermeiden. Den Schülern des Gymnasiums ist ein interessengesteuertes und zieldifferentes Lernen, wie es auch im Schülerlabor vorgesehen war, weitestgehend unbekannt. Schon im Vortreffen am Gymnasium kristallisierte sich heraus, dass die Schüler es als komisch erachteten, dass Sonderschüler mit den gleichen Lerninhalten konfrontiert werden sollen wie sie selbst. Verstärkt wird dieser Effekt oftmals, wenn sich die Schüler in der Verantwortung sehen, einen der Förderschüler stets zu begleiten und ihm zu helfen, „dass er auch alles versteht“. Man muss den Schülern also im Vorhinein durchaus erklären, dass es nicht darauf ankommt, dass jeder Schüler die gleichen Lernziele erreicht und dass es völlig legitim ist, wenn sich ein Schüler manchmal länger oder anders mit den Dingen auseinandersetzt. Sodass die Gymnasialschüler diese Situationen nicht als unangenehm wahrnehmen.

Es sollen aber auch nicht die Antworten (siehe Abbildung 64 und 65) außen vor gelassen werden, die zeigen, warum die Zusammenarbeit als positiv bewertet wurde.

- loben gehalten    - loben für geben    - die Medillen waren nett

Abbildung 64: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Der erste Kommentar, der aus der Christopherusschule stammt, lässt erkennen, dass die Arbeit in den Teams gemeinsam umgesetzt wurde und die Schüler des Gymnasiums die Unterstützungsfunktion wahrgenommen haben.

Wir haben uns gegenseitig gehalten, und gleichzeitig  
hat es Spaß gemacht

Weil sich das Team gut verstanden  
hat.

Weil alle lustig waren und zusammen viel gelacht hatten.

Abbildung 65: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Diese sehr erfreulichen beispielhaften Aussagen bekräftigen die Meinungen der Christopherusschüler von gymnasialer Seite. Viele Schüler fühlten sich wohl in ihrer Gruppe und empfanden die Teamarbeit nicht nur als „spaßig“ und „lustig“ sondern auch als effektiv.

Anschließend wurden die Schüler gefragt, ob sie sich vorstellen könnten öfter gemeinsam mit der anderen Klasse zu lernen. Wie Abbildung 66 zeigt können sich sieben der Förderschüler und 14 der Gymnasialschüler weitere gemeinsame Projekte vorstellen, während zwei der Förderschüler und sieben der Gymnasialschüler die Zusammenarbeit nicht wiederholen wollen.

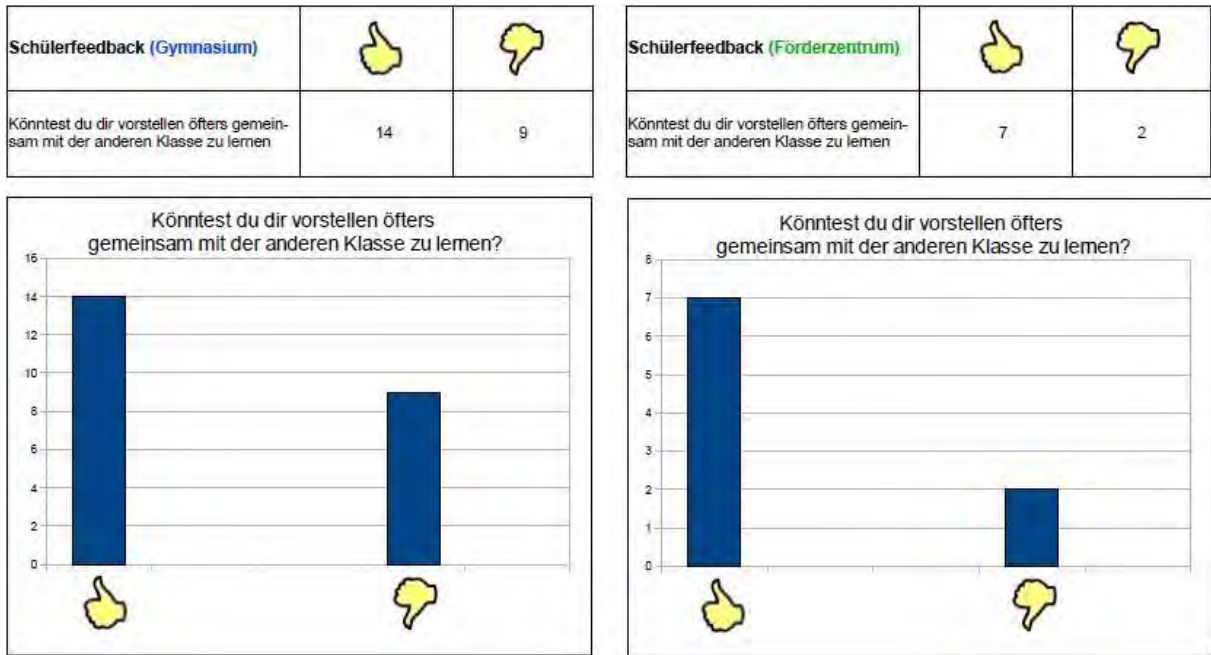


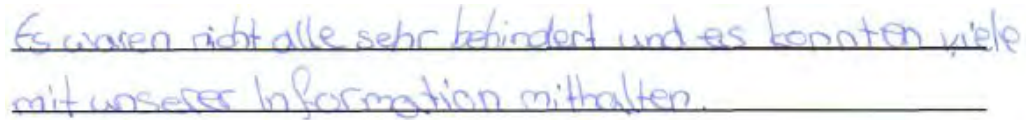
Abbildung 66: Grafiken zur statistischen Auswertung von Frage 3

Begründungen, die es gegen eine nochmalige Zusammenarbeit gab:

Weil sie uns immer aufhalten  
Weil es anstrengend war (aber sie waren nett)  
 Trotz Bemühungen haben die Mädchen unsere Probleme  
 Die Mädchen aus meiner Klasse haben fast alles gemacht  
Daran müsste man sich dann halt gewöhnen  
Es ist ~~sehr~~ komisch

Abbildung 67: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

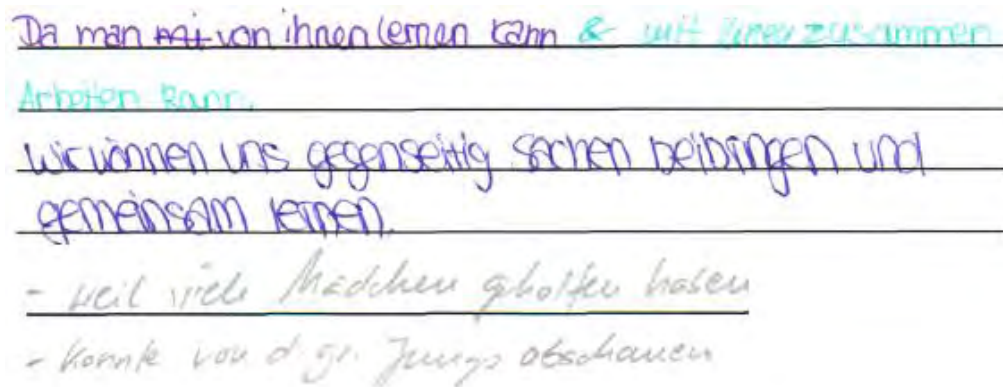
Tendenziell gehen die Aussagen in eine ähnliche Richtung, vieles wurde bereits bei der Gruppenarbeit diskutiert. Generell handelt es sich an dieser Stelle allerdings nicht um grundsätzlich negative Erfahrungen, vielmehr zeigen die Relativierungen wie „(aber sie waren nett)“ und „daran müsste man sich halt gewöhnen“, dass sich die Schüler in der neuen, ungewohnten Situation noch nicht immer ganz wohl fühlten. Es deutet darauf hin, dass die Schüler im Allgemeinen mehr Zeit benötigen, um sich mit dem integrativen Gedanken einverstanden zu erklären. Aber es gab auch mehrfach positive Resonanz in Bezug auf eine weitere Zusammenarbeit, von der hier ein Beispiel angefügt ist:



Es waren nicht alle sehr behindert und es konnten viele mit unserer Information mithalten.

Abbildung 68: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Die Schüler der 6. Klasse der Christopherusschule waren durchaus leistungs- und arbeitsfähig. Da auch im Verhalten der Schüler keine schwerwiegenden Auffälligkeiten vorhanden waren, war das aufeinander Einlassen von beiden Schülerseiten gut möglich. Der Kommentar spiegelt die aktuelle Problematik einer Einteilung von Förderschülern in integrationsfähige und nicht-integrationsfähige Schüler wider. Wie hätte sich die Aussage des Schülers verändert, wenn ein Schüler mit einer schwersten Behinderung teilgenommen hätte? Da die Sichtbarkeit und Schwere einer Behinderung die Abwehrhaltung der Menschen ohne Behinderung verstärkt, wäre davon auszugehen, dass sich ihre Aussage wohl eher zum Negativen gewandelt hätte. In diesem Zusammenhang wird das Schülerlabor als ein integrativer Lernort für wirklich alle Schüler auf die Probe gestellt.



Da man mit von ihnen lernen kann & mit ihnen zusammen arbeiten kann.

Wir können uns gegenseitig Sachen beibringen und gemeinsam lernen.

- weil viele Mädchen gebildet haben

- konnte von d. gr. Junge anschauen

Abbildung 69: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Voller Chancen sind diese Aussagen (siehe Abbildung 69), die zeigen, dass Schüler in jungem aber durchaus schwierigem Alter einen so hohen Grad an Reflexionsvermögen besitzen, dass sie das Voneinander-Lernen als Qualitätsmerkmal wahrnehmen. Es erschien in diesem Zusammenhang interessant zu prüfen, inwieweit die Aussagen über die Zusammenarbeit in der Gruppe auch Einfluss auf die Frage nach weiteren integrativ gestalteten Projekten der beiden Klassen haben würden. Die funktionierende Teamarbeit in einigen Gruppen ist für viele Schüler Grund genug, weitere Projekte dieser Art mitzumachen. Ebenso scheint es für wenige Schüler, die die Gruppenarbeit als schwierig empfanden, plausibel, in Zukunft nicht in integrativ gestalteten Lernsituationen zu lernen. Bei vier der sieben Feedbackbögen, die die Zusammenarbeit als mittelmäßig bewerteten, entschieden sich die Schüler bei der darauf folgenden Frage dennoch für das „Daumenhochzeichen“. Zwei begründeten ihre Aussage wie folgt:

Weil es mal was neues ist  
 Naja, wenn sie nicht so schüchtern sind schon, weil  
 sonst wäre es ja keine gute Klassengemeinschaft

Abbildung 70: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Die Zahlen zeigen, dass das Erlebnis einer guten Zusammenarbeit in der Gruppe enormen Einfluss auf das weitere Handlungsmuster der Schüler ausübt. Schüler, die die Zusammenarbeit als nicht gut erlebten, lehnen jedoch nicht automatisch, wie zu vermuten wäre, weitere Kontakte ab. Vielmehr wurde die generelle Bereitschaft zu integrativen Lernsituationen, unabhängig vom Erleben in der eigenen Gruppe, signalisiert.

Als nächstes sollten die Schüler beantworten, was ihnen besonders gut gefallen hat. Es wurden viele verschiedene Versuche als Antwort gegeben. Da nicht nur *ein* Versuch als Favorit herausstach, wurden die unterschiedlichen Interessen der Schüler getroffen und durch die Fülle der verschiedenen Experimente angesprochen. Zählt man dennoch die Auflistungen zusammen, so erhalten der Flaschenzug, die Station „Druck und Temperatur“ und das Filmen mit der Kamera die meisten Stimmen. Was hat den Schülern nicht so gut gefallen? Hier wiederholten sich zwei Aussagen über die Gruppenarbeit und Zeit, die bereits in vorigen Punkten diskutiert wurden. Besonders erfolgreich zeigt sich auch hier die Versuchsauswahl. Kein Versuch, nicht einmal wie von den Betreuern angenommen das Laufspiel, kristallisierte sich als negativ oder gar schlecht heraus. Auch sonst lag den Schülern wohl kein negativer Aspekt auf dem Herzen, den sie an dieser Stelle loswerden wollten. Die Mehrzahl der Schüler gab trotz eingeforderter Kritik „nix“ als negativ, sondern gab zum Teil sogar nochmal ein positives Feedback an.

Abschließend sollte ein Bezug zum Beginn des Projekts wiederhergestellt werden. Dort wurden die Schüler aufgefordert darüber nachzudenken, was die Physik für sie ist. Auf dem Feedbackbogen fand sich nun ein Kasten, indem sie schreiben oder malen konnten, was die Physik nun nach dem Besuch des Schülerlabors für sie ist. Auffällig ist, dass sich viele Begriffe (Naturgesetze, Experimente, Licht, Schwerkraft, Blitze), die bereits auf der Papierrolle standen, auch in den Kästen wiederzufinden sind. Wenn etwas neu hinzukam, waren es zunächst weitere Begriffe (Beobachten, Strom und Magnete, Wärme, Kälte, Glühbirne, Forschen), die die Schüler notierten. Einige haben auch die Emotionen des Schülerlabortages mit eingebracht. Hierbei betonten sie stets Spaß und Spannung. Abbildung 71 zeigt eine exemplarische Übersicht zweier Bögen.

- 
- Experimente
  - mit Strom arbeiten
  - mit Feuer, Wasser, Temperatur arbeiten
  - Lichtexperimente
  - Magnete
- Interessant
  - Teamwork
  - Technik & Versuche
  - Natur Spaß haben
  - Wichtig
  - Naturgesetze erforschen

Abbildung 71: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

Auch wenn die Gruppenkonstellationen nicht immer glücklich gewählt wurden, so kann das Projekt hinsichtlich der Schülerevaluation als erfolgreich bewertet werden. Von physikalischer Seite besteht kein Zweifel, dass das Schülerlabor seiner Zielsetzung gerecht wurde. Hierzu siehe:

Ich find es (also Physik)  
interessanter als  
vorher

Abbildung 72: Kommentare aus dem Schülerfeedbackbogen

### 10.3. Kritische Reflexion

Im folgenden Abschnitt soll über Punkte und Fragen diskutiert werden, die die Konzeption des integrativen Schülerlabors nun im Lauf seiner Entstehung, aber vor allem während der Durchführung, hervorgebracht hat.

**Helfen statt gemeinsames Lernen** Die Durchführung des WWW - Labors geschah mit zwei Klassen. Es ist hier ein Diskurs einzuschlagen, der die „idealen Laborbedingungen“ thematisiert. Kann ein Schülerlabor als außerschulischer Lernort, welcher nicht viel formeller ist als ein Museum oder Science Center, tatsächlich darauf angewiesen sein nur eine bestimmte Schülergruppenmischung zustande kommen zu lassen? Wir bemängeln in mehreren Punkten, dass die Schüler leider nicht gleich alt waren und die Schülerzahlen nicht „perfekt“, trotz einer zweimonatigen Suche von Klassen. Ein Schülerlabor an sich sollte von jeder 6. Jahrgangsstufe besucht werden können. Das ist im integrativen Schülerlabor allerdings nicht möglich und sicherlich einer der größten Kritikpunkte an der Konzeption. Nicht nur die Gruppenproblematik trägt dazu bei, dass die Schüler sensibel aufeinander abgestimmt sein sollten und damit eine recht strenge Klassenauswahl getroffen werden muss, auch die räumlichen Kapazitäten und die notwendige Zahl der Betreuer treten als Schwierigkeit hinzu.

Betrachtet man die Umsetzung der Forderung des gemeinsamen Lernens genauer, so war dieses infolge der Altersunterschiede oft mehr ein gegenseitiges Helfen als ein gemeinsamer, ebenbürtiger Lernprozess. Interessant wäre es zu beobachten, wie sich dieser Aspekt bei einer Änderung



der Altersverhältnisse beispielsweise mit einer Berufsschulstufe und einer jüngeren Gymnasialklasse verhalten würde. Weiter ist auch zu diskutieren, inwieweit die begleitende Erzieherin der Förderschulklasse und die beiden Lehrkräfte das Projekt beeinflussten. Sie sind zur Unterstützung mit einigen Schülern mitgelaufen und stellten deshalb eine Veränderungsvariable in den Gruppenprozessen dar. Für die Betreuer, vor allem die angehenden Physiklehrer, waren sie dennoch eine große Hilfe, wie die Studenten selbst betonten.

**Gender Auffälligkeiten** Wir haben zwar in den Fragebögen keine Geschlechter erfragt, dennoch wurde im Gespräch mit den Betreuern deutlich, dass Schüler und Schülerinnen durchaus unterschiedliche Einstellungen in das Projekt hineingetragen haben. Es war auffällig, dass die Teilnehmerinnen des Gymnasiums am Projekt „integratives Schülerlabor“ deutlich mehr Interesse zeigten, als ihre männlichen Mitschüler. Auch mit der Physik setzten sie sich sichtlich intensiv auseinander. Wir möchten an dieser Stelle die Vermutung äußern, dass Schülerinnen durch die Bindung der Physik an ein soziales Projekt einen besseren Zugang zur Physik entwickeln. Da Frauen in der Berufsgruppe der Physiker unterrepräsentiert sind, ist es eine Aufgabe der Naturwissenschaften, mehr Schülerinnen für diese zu begeistern.

**Größere Dimension des Gesamtprojekts** Noch deutlicher ist in vielen Zügen unseres Projektes, dass die Klassen insgesamt mehr Zeit füreinander bräuchten, um sich voll aufeinander einzulassen. So wie das Labor jetzt stattgefunden hat, ist es ein Ansatz für eine weitere Kooperation und stößt im ein oder anderen Gymnasialschüler sicherlich das vielleicht noch neue Thema „Behinderung“ an, aber zuviel mehr sollte man von einem Vormittag auch nicht erwarten. Im Hinblick auf soziale Integration am außerschulischen Lernort fordern wir, dass sich zwei Klassen mindestens ein halbes Jahr lang einwöchentlich zum Arbeiten an der Universität treffen. Man würde seine Teampartner dann schon kennen und sich mehr auf die Sache konzentrieren können. Auch hier ist natürlich ein umfangreiches Rahmenprogramm weiterhin von Nöten, sodass das Projekt nicht schon vor dem Beginn zum Scheitern verurteilt ist.

**Schwerere Themen** Immer wieder wurde diskutiert, ob Integration auch im Schülerlabor „Digitale Fotografie“ oder „Astronomie“ stattfinden kann. Unsere Antwort ist nach der Arbeit mit Sicherheit „ja“. Es bedarf einer ebenso umfangreichen wie ausdifferenzierten Vorbereitung, aber es ist nicht ausgeschlossen, auch schwerere Themen ins Blickfeld zu nehmen. Im Sinne von Verstehen, das nie ein „ja“ oder „nein“, sondern immer ein „mehr“ oder „weniger“ bedeutet, kann jeder Schüler etwas mit dem Thema Fotografieren oder den Sternen verbinden und Neues dazu lernen. Mit dem Schülerlabor WWW konnten wir zeigen, dass es in einem „harten“ Fach wie Physik überhaupt funktionieren kann. Dieses Erfolgserlebnis ist nur ein weiterer Schritt hin zu einer Öffnung des Lernens in heterogenen Gruppen.

**Schülerbroschüre** Es soll nochmals kurz auf die Schülerbroschüre, das sogenannte Theorieheft des WWW-Labors eingegangen werden. Kritisch ist sicherlich, dass der „Gegenstand“, den die Schüler mit nach Hause bekommen, nicht von ihnen selbst angefertigt wurde. Umso wichtiger wäre es, dass in der Broschüre alle gemachten Versuche in dem Geheft wiederzufinden sind,

um sie zuhause nachzuerzählen. Es soll vor allem aber nach einem Gespräch mit Frau Gabel aber doch nochmal thematisiert werden, ob für die Förderschule nicht eine reduzierte Broschüre herausgegeben werden sollte. Es darf bei der Ausgabe unserer Meinung nach nicht auffallen, ist aber nicht gänzlich unmöglich. Die Förderschüler freuten sich in der Klasse bei der Nachbereitung besonders über die Dinge die sie wiedererkannten. Während im Gymnasium Herr Keßelring das Theoriebuch als Grundlage für weitere physikalische Diskussionen nutzen wollte.

**Integrationsprobleme auf Seiten der Schüler** Als letzter Punkt muss kritisch reflektiert werden inwieweit ein Integrationsprojekt mit Klassen/Schülern möglich ist, die sieben Schuljahre auf Leistung und Lernziele getrimmt und dahingehend separiert wurden. Die Schüler aus dem Förderzentrum hatten als größtes Problem mit der anderen Klasse, dass diese eine ihnen ungewohnte Arbeitshaltung mitbrachte. Die Gymnasialschüler agierten oftmals sehr laut und sie waren mit ihren Gedanken nicht immer voll bei der Sache. Das ist in unserem Falle am Förderzentrum anders gewesen. Schon beim ersten Besuch der Klasse fällt auf wie still und konzentriert die Schüler mitarbeiten. Da also auch die Schüler mit Behinderung ab und an Probleme hatten, sich auf ihre Teammitglieder einzustimmen und im Feedback hier und da anklang, dass es ihnen oft zu laut war, besteht auch die Frage ob ihnen eine solche ad-hoc Integration gut tut. Ähnlich ist dieser Punkt von Seiten der Gymnasialschüler zu beleuchten. Haben sie doch selbst oft große Probleme sich in ihrem Umfeld zu etablieren, so kann nicht bei allen, denen der Leistungsdruck für einen Tag genommen wurde, von einer positiven Auswirkung gesprochen werden. Zwar kann in unserem Fall, im Sinne realistischer Erwartungen, von einem erfolgreichen Tag die Rede sein, wenn sich fünf von acht Gruppen als teamfähig herausstellten, jedoch sollte ein solcher Schnitt für ein dauerhaftes Projekt „integratives Schülerlabor“ kein Anspruch sein.

#### 10.4. Ideen für Verbesserungen

Zum Abschluss der Arbeit, sollen zusammenfassend konkrete Verbesserungsvorschläge dargestellt werden, die bei einer Weiterentwicklung des Labors anzugreifen sind.

Viele Gesichtspunkte, die es zu verbessern gilt, betreffen das Labor selbst. Hier sind mehrere „Kleinigkeiten“ anzuführen. Das Anfangsspiel war zum Teil etwas zu kompliziert für manche Förderschüler, aber dennoch ein lockerer Einstieg, in dem durch die große Gruppe Berührungspunkte abgebaut werden konnten. Es könnte in diesem Fall entweder aus der Fülle anderer Team- und Kennenlernspiele ein etwas einfacheres Spiel ausgesucht werden, oder das geplante Spiel beim Vortreffen in der Förderschule einmal angespielt werden, sodass die Förderschüler bereits mit dem Spiel vertraut sind. Es ist als nächstes zu überlegen, ob man die Mechanik-Station aufgrund der vielen positiven Rückmeldungen noch weiter ausbauen könnte. Unter Umständen böte sich ein weiterer einfacher Kletterflaschenzug mit einer losen Rolle (also eine Halbierung der Kraft) als Zwischenschritt an. Bei diesem existiert der Vorteil, dass er sehr anschaulich ist bezüglich der beiden tragenden Seile. Unabhängig davon konnten sich die Schüler an der Mechanik-Station, infolge ihres geringen Gewichts viel höher ziehen als gedacht, damit besteht hier die Forderung nach einer zusätzlichen Sicherung der Konstruktion, um letztlich auch den Betreuer an der Station zu entlasten. Außerdem muss die Dokumentation an der Station nochmals überdacht

werden. Die meisten Schüler waren in ihrer Aktivität mit dem Fotografieren nebenbei überfordert. Im Sinne der großen Aufmerksamkeit, den die Videokamera allerdings erregt hat, liegt die Überlegung nahe, die Versuche an der Station auch filmen zu lassen, beziehungsweise die beiden Dokumentationsformen zu tauschen. An der Strom-Station kann eine Fotodokumentation auch eine anspruchsvolle, attraktive Form der Ergebnissicherung sein. Außerdem muss man zukünftig damit rechnen, dass größere Klassen am Labor teilnehmen. Die Videokamera sorgt dann für eine zusätzliche Aufgabe innerhalb der Gruppe.

Zu den steigenden Schülerzahlen ist aber im Besonderen noch anzufügen, dass das Labor sicherlich um eine weitere Station zur Akustik oder sogar zur Modernen Physik erweitert werden könnte. Damit wären die Kapazitäten noch etwas größer, der Schülerlabortag würde allerdings auch mehr Zeit in Anspruch nehmen, sodass man ihn auf einen Tag legen sollte, an dem die Gymnasialschüler auch im normalen Schulalltag nachmittags Unterricht haben, da diese sonst unzufrieden sein werden. Von Seiten des Förderzentrums sind hierbei keine zeitlichen Bedenken anzumerken. Sie sind jeden Tag bis 16 Uhr in der Schule, wobei es bei vielen Schülern mit Förderschwerpunkt geistiger Entwicklung, sicherlich auch bei Gymnasialschülern wohl zu Konzentrationsproblemen kommen würde. Das heißt das Anfertigen einer weiteren Station sollte mit Bedacht geschehen. Vermutlich eignet sich hier eine Aufteilung auf zwei Schultage, was auch bezüglich des integrativen Gedankens sicherlich ein wünschenswerter Aspekt wäre. Für die Anzahl von Schülern die am 28.9.2009 das Labor durchlaufen haben, waren die 4 Stationen sicherlich angemessen. Weitere kleinere Veränderungen sind an der Thermodynamik-Station vorzunehmen, obwohl die Schüler die Station in ihrem Feedback sehr attraktiv fanden, kritisierten die Betreuer wie oben erwähnt das Laufspiel und den Luftballonversuch. Es ist also zu überlegen, ob sich hier ein anderer, leichter und spielerischer Einstieg findet. Die Strom-Station könnte zeitlich noch etwas entschärft werden, zum Beispiel durch fertige Vorlagen bei den Magnetspielen, aber auch durch eine weniger aufwändigere Dokumentation wie oben angeschnitten.

Einer der wichtigsten Punkte ist eine ausgeweitete Nachbereitung mit sonderpädagogischem Hintergrund. Es entsteht aus bei den Feedbackbögen mehrmals der Eindruck, dass die Schüler des Gymnasiums noch einen gewissen Redebedarf über die erlebten Eindrücke mit den Schülern mit geistiger Behinderung haben. Gleichwohl tauchen manche Probleme erst in den Schüleraussagen auf, die es mit den Schülern zu diskutieren gilt. So zum Beispiel die Verunsicherung wegen der fehlenden Transparenz über *zielfifferentes* Lernen. Es muss den Schülern klargemacht werden, dass sie sich in vielerlei Hinsicht richtig verhalten haben und dass ihre Unsicherheit unbegründet ist. Damit sei auf eine Gruppe von Schülerinnen verwiesen, die mit der Schüchternheit der Förderschülerin nicht immer umzugehen wussten. Wir fassen deshalb ins Auge, dass zwei Sonderpädagogen (Studenten) nochmals im Nachhinein in die Klasse gehen sollten und mit den Schülern im großen Stuhlkreis Diskussionen anregen sollten. Schließlich muss noch mehr Transparenz geschaffen werden. Die Schüler brauchen nicht nur einen fixen und detaillierten Zeitplan, sondern auch eine Aufklärung darüber, wie die Stationen genau ablaufen.

## **Schlussgedanke**

Zu Beginn dieser Arbeit stellten sich zwei klare Herausforderungen. Es ging darum, eine Konzeption und einen konkreten Entwurf eines Labors zu gestalten, welches im Stande ist, bei den Schülern Freude und Interesse an der Physik zu wecken. Außerdem sollte überprüft werden, inwieweit ein Schülerlabor ein Ort ist, an dem integrativ gelernt werden kann. Somit mussten Prinzipien beachtet werden, die im Speziellen das Lernen in heterogenen Gruppen ermöglichen. Kommilitonen äußerten sich zur Themenstellung nicht nur positiv, sondern auch kritisch. So seien sie sich nicht sicher, ob eine integrative Gestaltung überhaupt möglich ist. Was, wenn die Schüler des Förderzentrums durch den langen Tag überfordert werden oder wenn die Gymnasialschüler auf die neue Situation nicht adäquat reagieren können? Was, wenn keine positive Dynamik innerhalb der Gruppen entsteht oder die Experimente nicht für alle Schüler ansprechend sind? Nach der Durchführung des Projekts können die Zweifel ausgeräumt werden. Ein Schülerlabor kann durch eine didaktische Aufbereitung durchaus ein Ort sein, an dem integrativ gelernt wird. Jeder Schüler konnte durch das Arrangement des WWW-Labors profitieren. Es ist daher wünschenswert, das Angebot an integrativen Schülerlaboren auszubauen. Es wurde ersichtlich, dass ein einziger Tag zwar nicht dazu ausreicht, um die soziale Integration von Menschen mit einer Behinderung zu verwirklichen, dieser Tag aber durchaus in der Lage ist Anstöße zu geben. Schließen wollen wir diese Arbeit mit einem Zitat von Tenzer: „Was einleuchtet, leuchtet auch hinaus“. Wir erhoffen uns, dass die Art des entdeckenden und exemplarischen Lernens sowie der integrative Gedanke für die Schüler, die beteiligten Lehrkräfte und Betreuer aber auch für die Eltern der teilnehmenden Schüler ein einleuchtendes Erlebnis darstellte, sodass sie durch die gemachten Erfahrungen offen bleiben für Wege des gemeinsamen Lernens. Nur durch solche positiven, einleuchtenden Beispiele können die Ideen weiter getragen werden und nach außen leuchten.

# Anhang

## A. Referenzen

### A.1. Literatur

- [1] Appel, Th. u.a.(2005): Netzwerk Physik 7. Schroedel Verlag. Braunschweig.
- [2] Brandt, A. (2005): Förderung von Motivation und Interesse durch außerschulische Experimentierlabors. Cuvillier. Göttingen.
- [3] Cloerkes, G. (2007): Soziologie der Behinderten. Eine Einführung. 3., überarb. u. erw. Auflage. Edition S. Heidelberg.
- [4] Demmer-Dieckmann, I. (1991): Innere Differenzierung als wesentlicher Aspekt einer integrativen Didaktik: Beispiele aus dem projektorientierten Unterricht einer Integrationsklasse in der Primarstufe. Wissenschaftliches Institut für Schulpraxis. Bremen.
- [5] Engeln, K. (2004): Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Logos Verlag. Berlin.
- [6] Engeln, K., Euler, M. (2005): Physikunterricht modernisieren - Erfahrungen aus Kooperationsprojekten zwischen Schule und Wissenschaft. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. Kiel.
- [7] Euler, M., Prenzel, M., Ringelband, U. (2001): Lernort Labor - Initiativen zur naturwissenschaftlichen Bildung zwischen Schule, Forschung und Wirtschaft. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. Kiel.
- [8] Feynman, R. (2001): Vorlesungen über Physik Band I. Mechanik, Strahlung, Wärme. 4. Auflage. Oldenbourg Verlag. München und Wien.
- [9] Fischer, E. (Hrsg.) (2004): Welt verstehen Wirklichkeit konstruieren. Unterricht bei Kindern und Jugendlichen mit geistiger Behinderung. Borgmann. Dortmund.
- [10] Guderian, P. (2006): Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte. Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an der Physik. Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades doctor rerum naturalium im Fach Physik. Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät I. Humboldt-Universität zu Berlin.
- [11] Jank, W., Meyer, H. (2005): Didaktische Modelle. 7. Auflage. Cornelsen Scriptor. Berlin.
- [12] Jank, W., Meyer, H. (1994): Didaktische Modelle. 3. Auflage. Cornelsen Scriptor. Berlin.
- [13] Kahlert, J. (2007): Wir experimentieren in der Grundschule (Band1 und Band2). Aulis Verlag Deubner. München.

- [14] Kircher, E., Girwidz, R., Häußler, P. (2007): Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York.
- [15] Klafki, W., Stöcker, H. (1985): Innere Differenzierung des Unterrichts. In: Klafki, W. (1985): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Beiträge zur kritisch-konstruktiven Didaktik. Beltz Verlag. Weinheim und Basel.
- [16] Markowetz, R. (2004): Alle Kinder alles lehren! Aber wie? - Maßnahmen der Inneren Differenzierung und Individualisierung als Aufgabe für Sonderpädagogik und Allgemeine (Integrations-) Pädagogik auf dem Weg zu einer inklusiven Didaktik. In: Sander, A., Schnell, I. (Hrsg.) (2004): Inklusive Pädagogik. Klinkhardt Verlag. Bad Heilbrunn.
- [17] Mikelskis, H. (2006): Physikdidaktik - Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II. Cornelsen. Berlin.
- [18] Mittelstädt, H.(2006): Evaluation von Unterricht und Schule. Strategien und Praxistipps. Verlag an der Ruhr. Iserlohn.
- [19] Pitsch, H.-J. (2002): Zur Didaktik und Methodik des Unterrichts mit Geistigbehinderten. 3., überarb. u. erw. Auflage. Athena-Verlag. Oberhausen.
- [20] Prengel, A.(2006): Pädagogik der Vielfalt. Verschiedenheit und Gleichberechtigung in Interkultureller, Feministischer und Integrativer Pädagogik. 3. Auflage. Wiesbaden.
- [21] Ratz, C. (2006): Didaktik im Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. In: Ellinger, S., Stein, R. (Hrsg.) (2006): Grundstudium Sonderpädagogik. 2., überarb. u. erw. Auflage. Athena-Verlag. Oberhausen.
- [22] Saxler, J. (1992): Problemorientiertes und entdeckendes Lernen in der Physik. Westarp Wissenschaften. Essen.
- [23] Speck, O. (2005): Menschen mit geistiger Behinderung. Ein Lehrbuch zur Erziehung und Bildung. 10., überarb. Auflage. Ernst Reinhardt Verlag. München.
- [24] Stein, R. (2006): Grundlagen einer sonderpädagogischen Didaktik. In: Ellinger, S., Stein, R. (Hrsg.) (2006): Grundstudium Sonderpädagogik. 2., überarb. u. erw. Auflage. Athena-Verlag. Oberhausen.
- [25] Straßmeier, W. (1997): Didaktik für den Unterricht mit geistigbehinderten Schülern. Ernst Reinhardt Verlag. München.
- [26] Tipler, P. (2006): Physik - Für Wissenschaftler und Ingenieure. 2. deutsche Auflage. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag. München.
- [27] Wagner, M. (2004): Die Rolle des Lehrers aus konstruktivistischer Perspektive. In: Fischer, E. (Hrsg.) (2004): Welt verstehen Wirklichkeit konstruieren. Unterricht bei Kindern und Jugendlichen mit geistiger Behinderung. Borgmann. Dortmund.
- [28] Wegener-Spöhring, G. (1995): Aggressivität im kindlichen Spiel. Deutscher Studien Verlag. Weinheim.

## A.2. Zeitschriften

- [29] Guderian, P., Priemer B., Schön, L. (2006b): In den Unterricht eingebundene Schülerlaborbesuche und deren Einfluss auf das aktuelle Interesse an der Physik. In: Physik und Didaktik in Schule und Hochschule, Heft 2. S. 142-149.
- [30] Prengel, A. (1988): Utopie wäre das Miteinander des Verschiedenen. Zum strukturellen Zusammenhang zwischen der Integration Behinderter, der feministischen Pädagogik und der interkulturellen Erziehung. In: Vierteljahresschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete 57. S. 370-378.
- [31] Prengel, A. (1995): Gesamtschule - Schue der Vielfalt. In: Die Deutsche Schule 87, Heft 4. S.408-421.
- [32] Prengel, A. (2007): Pädagogik der Vielfalt. Grundlagen und Handlungsperspektiven in der Kita. In: Theorie und Praxis der Sozialpädagogik, Heft 2. S. 6-9.

## A.3. Internet

- [33] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2009): Bayrischer Lehrplan für das achtjährige Gymnasium G8.  
Online veröffentlicht unter <http://www.isb.bayern.de/isb/index.asp?MNav=6&QNav=4&TNav=0&INav=0&Fach=&LpSta=6&STyp=14> (abgerufen am 9.8.2009).
- [34] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2003): Bayerischer Lehrplan für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Vorwort.  
Online veröffentlicht unter <http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=86e1b59eb1e2e2f918f2c544a7905c22> (abgerufen am 2.8.2009).
- [35] Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus (2003): Bayerischer Lehrplan für den Förderschwerpunkt geistige Entwicklung. Grundlagen und Leitlinien.  
Online veröffentlicht unter <http://www.isb.bayern.de/isb/download.aspx?DownloadFileID=b750143da4db221c8385f46983219682> (abgerufen am 7.8.2009).
- [36] Beauftragte der Bundesregierung für die Belange behinderter Menschen (2009): UN-Kampagne.  
Online veröffentlicht unter <http://www.alle-inklusive.behindertenbeauftragte.de> (abgerufen am 20.10.2009).
- [37] Engeln, K. (2005b): Forschen wie in der echten Wissenschaft. In: Spektrum der Wissenschaft.  
Online veröffentlicht unter [http://www.wissenschaft-online.de/spektrum/pdf/frei/SDW\\_05\\_06\\_S070.pdf](http://www.wissenschaft-online.de/spektrum/pdf/frei/SDW_05_06_S070.pdf) (abgerufen am 16.8.2009).
- [38] Hillebrandt, D. (2005): Forschend lernen – Schülerlabore in Deutschland Naturwissenschaft und Nachwuchs gehen ein Stück des Weges gemeinsam.  
Online veröffentlicht unter <http://www.lernort-labor.de/download/theoprax.pdf> (abgerufen am 16.8.2009).

- [39] Pawek, C. (2009): Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe.  
Online veröffentlicht unter [http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation\\_diss\\_00003669](http://eldiss.uni-kiel.de/macau/receive/dissertation_diss_00003669) (abgerufen am 15.8.2009).
- [40] Wellington, J. (1990): Formal and informal learning in science: the role of interactive science centers. In: Physics Education Heft 25, S. 247-252.  
Online veröffentlicht unter <http://www.iop.org/EJ/abstract/0031-9120/25/5/307> (abgerufen am 15.8.2009).

#### A.4. Weitere Quellen

- [41] Fischler, H. (1982): Lehren und Lernen im Physikunterricht. Didaktik des Physikunterrichts: Bestandaufnahme. Aulis Verlag Deubner. Köln.
- [42] Urknall-Team (1999): Urknall Bayern 6 Physik, Chemie, Biologie. Ernst Klett Schulbuchverlag. Leipzig.
- [43] Urknall-Team (1997): Urknall Bayern 5 Physik, Biologie, Chemie. Ernst Klett Schulbuchverlag. Leipzig.
- [44] Hampl Dr., U. , u.a. (2004): Hauptschule Bayern. Natur und Technik 5. Physik, Biologie, Chemie. Cornelsen Verlag. Berlin.
- [45] Deger, H., Gleixner, C., u.a. (2006): Galileo 8. Das anschauliche Physikbuch. Oldenbourg Verlag. München, Düsseldorf, Stuttgart.
- [46] Eckert, B. u.a. (2000): Low Cost - High Tech, Freihandversuche Physik. Aulis-Verlag Deubner. Köln.
- [47] Johannsen, R. (2007): Elektrischer Stromkreis, Antrieb und Widerstand. In Band 15: Unterricht Physik, Experimente - Medien - Modelle. Aulis Verlag Deubner. Köln. (Zeitschrift)
- [48] Hörter, C. (2001): Physik 7 I. Realschule Bayern. Cornelsen Verlag. Berlin.
- [49] Reusch, W., Geipel, R. (2002): Physik 7 I. Physik für die sechststufige Realschule. Buchners Verlag. Bamberg.
- [50] Reusch, W., Geipel, R. (2005): Physik 8 I. Physik für die sechststufige Realschule. Buchners Verlag. Bamberg.
- [51] Raum Dr. habil., B. u.a. (2003): Natur und Technik. Bayern 5. Gymnasium. Buchner Verlag. Bamberg.
- [52] Meyer Prof. Dr. habil., L., Schmidt Dr., G. (Hrsg.) (2006): Physik. Bayern 8. Gymnasium. Duden Paetec Schulbuchverlag. Berlin.
- [53] Hörter, C. (2002): Physik 8 I. Natur und Technik. Realschule Bayern. Cornelsen Verlag. Berlin.



- [54] Ershofer, R., Lutz, K.-H., u.a. (2003): Physik 8 I. Newtom. Oldenbourg Verlag. München.
- [55] Dobmeier, C., u.a. (2003): Natur und Technik 5. Gymnasium Bayern. Cornelsen Verlag. Berlin.
- [56] Bang, G., Kuhn, W., u.a. (2007): Kuhn Physik 1. Ausgabe in einem Band. 2. Auflage. Westermann Schulbuchverlag. Braunschweig.
- [57] Deger, H., Götz, A., Reinhold, P. (2003): Ikarus. Natur und Technik 5. Oldenbourg Verlag. München, Düsseldorf, Stuttgart.
- [58] Deger, H., Gleixner, C., u.a. (2005): Ikarus. Natur und Technik 7. Schwerpunkt: Physik. Oldenbourg Verlag. München., Düsseldorf, Stuttgart.
- [59] <http://www.weltderphysik.de>
- [60] <http://www.planet-schule.de/sf/index.php>
- [61] <http://www.lehrer-online.de>
- [62] <http://www.schulphysik.de/experi2.html>
- [63] <http://experimentis.de/index.html>
- [64] <http://www.physikfuerkids.de>
- [65] <http://leifi.physik.uni-muenchen.de>
- [66] <http://www.haus-der-kleinen-forscher.de>
- [67] <http://phaenomena.de/Luedenscheid>
- [68] <http://www.wdr.de/tv/kopfball>
- [69] <http://www.uni-heidelberg.de/media/physik/anderthalb.html>
- [70] <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/slt/0206241.htm>

## F. Sonstiges

### F.1. Bauplan: Heißer Draht

Für den heißen Draht bohren wir zwei Löcher in ein Holzbrett, um ein gebogenes Kupferrohr darin zu befestigen. Über dieses ziehen wir drei Schrumpfschläuche, um Anfang, Ende und eine Pausestelle zu ermöglichen. Eine zusätzliche Einlassung gibt es für die Batterie. Die Ösen, die dann geführt werden müssen, biegen wir aus einem Metallstab in zwei verschiedenen Größen und verwenden einen durchbohrten Holzblock als Griff. An den Metallstab löten wir den Draht, der über einen Clip zur Batterie führen soll. Diese Konstruktion ermöglicht ein bequemes Auswechseln der beiden Ösen. Um den Stromkreis für die Schüler möglichst einsichtig und offensichtlich zu machen, wurden die Lötstellen am Holzgriff nicht versteckt, sondern sichtbar gelassen. Die Schüler sollen so die Möglichkeit erhalten eine Analogie zwischen dem vorher aufgebauten Stromkreis (aus Batterie, Glühwendel und Krokodilklemmen) und dem Stromkreis im heißen Draht herzustellen. Zuletzt setzen wir auf das Holzbrett ein Plastikkästchen, das einen Summer, die Glühwendel mit Birnchen und zusätzliche Elektronik enthält (s.u. Problem). Wir haben uns für die Variante aus Glühlämpchen und Summer entschieden, da das Spiel viel Konzentration erfordert und es schwierig sein wird nebenbei auf das Leuchten des Lämpchens zu achten. Das Summen wird die Entscheidung, ob der Draht berührt wurde oder nicht, erleichtern.

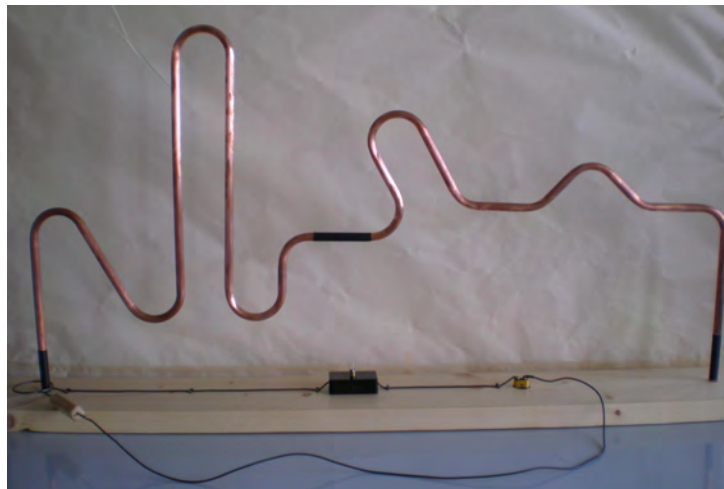


Abbildung 73: Foto vom heißen Draht

#### Zubehör:

- Kupferrohr
- Holzbrett (130 cm)
- Schrumpfschlauch
- Holzgriff
- biegsamer Metallstab

- 9V - Blockbatterie
- Draht/Kabel
- Plastikkästchen
- Elektronik

**Problem:**

Bei einfacher Schaltung (also direktem Schließen eines Stromkreises) des heißen Drahtes, ergibt sich folgendes Problem: Bei zu kurzem Berühren leuchtet weder das Lämpchen noch summt der Piezo, weil die Zeit der Aktivierung zu kurz ist.

**Lösung:**

Es ist eine zusätzliche Elektronik erforderlich, die den Ausschaltvorgang verzögert. Ziel ist es, dass beim Berühren des Kupferrohres mit dem Metallstab instantan ein Tonsignal gesendet wird bzw. das Glühlämpchen leuchtet. Zusätzlich ist bei der Auswahl unserer Elektronik darauf zu achten, dass sie nachtriggerbar ist. Es soll garantiert werden, dass bei einer längeren Verweildauer des Metallstabs auf dem Kupferrohr, Lämpchen und Summer leuchten bzw. summen und erst beim Weggehen das Lämpchen und das Summen erschlischen.

Um nur den geschlossenen Stromkreis ins Zentrum zu rücken, haben wir uns dafür entschieden die verwendete Elektronik in einer Black Box zu lassen. Das heißt von der Batterie aus soll ein Kabel in eine Box hineinlaufen und diese in Richtung Kupferrohr wieder verlassen. Für den Schüler ist lediglich das Birnchen sichtbar und der Summer zu hören. Der geschlossene Stromkreis ist für die Schüler quasi mit dem Finger nachspurbar (siehe dazu auch: Arbeitsblatt zum heißen Draht). Den Schülern wird im Endeffekt das schwarze Kästchen als "eine besondere Glühbirne mit Tonsignal" beschrieben. Um nun eine Ausschaltverzögerung zu realisieren verwenden wir in der Box folgende Elektronik gemäß Abbildung 74:

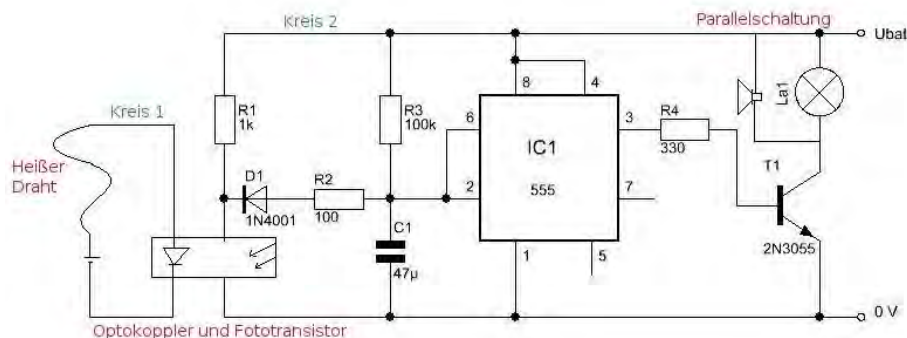


Abbildung 74: Schaltplan für die Elektronik im heißen Draht

Grundidee ist eine zweite Stromversorgung der Elektronik in der Box, die über einen Optokoppler angesteuert wird. Beim Schließen des Stromkreises (Berühren des heißen Drahtes) fließt der Strom in Kreis 1 und bringt die LED des Optokopplers zum Leuchten. Der Fototransistor aus Kreis 2 schließt diesen 2. Kreis. Ein Schließen des 2. Kreises bedeutet die Entladung des von

der im Kasten sitzenden Batterie, geladenen, Kondensators C1. Das Lämpchen La1 leuchtet. "Bei Öffnen des Kontaktes S1 brennt die Lampe La1 weiter. Jetzt lädt sich der Kondensator C1 wieder auf. Ab einem bestimmten Spannungswert am Kondensator C1 geht die Lampe La1 wieder aus (Funktion des IC - NE 555)." Als sinnvolle Größenordnung ergibt sich hierbei für uns eine Kapazität des Kondensators von 2,2 mü - Lämpchen und Summer sollen nur nahezu solange leuchten wie auch der Draht berührt wird.

## F.2. Struktur der beiliegenden DVD

- ↳ Ordner „Zulassungsarbeit“ Diese Arbeit in elektronischer Form.
- ↳ Ordner „Stationen“ Alle Materialien und Bilder der einzelnen Stationen
  - ↳ Ordner „Optik Station“
  - ↳ Ordner „Elektromagnetismus Station“
  - ↳ Ordner „Thermodynamik Station“
  - ↳ Ordner „Mechanik Station“
- ↳ Ordner „Betreuer“
  - ↳ Audiodatei der Feedbackrunde
  - ↳ Betreuerhandout
- ↳ Ordner „Schüler Theoriebuch“
- ↳ Ordner „Lehrerbroschüre“
- ↳ Ordner „Grundschule Material“
  - ↳ Ordner „Optik“
  - ↳ Ordner „Strom und Magnete“
- ↳ Ordner „Evaluation“
  - ↳ Ordner „Gescannte Schülerantworten“
  - ↳ Ordner „Grundschulevaluation“
  - ↳ Feedbackbogen
- ↳ Ordner „Schülerdokumentation“
  - ↳ Ordner „Plakate“
  - ↳ Schülerfilm zur Stromstation
- ↳ Ordner „Elternabend“
  - ↳ Ordner „Vortrag“
  - ↳ Ordner „Fotos“
  - ↳ Elternbrief
- ↳ Ordner „Fotos“ Alle Bilder außerhalb der Stationen.
- ↳ Ordner „Sonstiges“
  - ↳ Ablaufplan
  - ↳ Raum- und Zeitplan
  - ↳ Artikulationsschema Förderschule

↳ **Artikulationsschema Gymnasium**

↳ **Logo1**

↳ **Logo2**

## **Danksagung**

Zum Abschluss möchte ich unbedingt die Gelegenheit ergreifen, mich bei den vielen Personen zu bedanken, die zum Gelingen der nun vorliegenden Arbeit, aber auch des Schülerlabors selbst, beigetragen haben.

Zuallererst möchte ich mich bei meinem betreuenden Dozenten Herrn Professor Dr. Trefzger bedanken. Dabei ist es mir wichtig, neben der großen Geduld und dem Zeitaufwand den die vielen Gespräche eingenommen haben, vor allem für die Offenheit zu danken, die Sie mir und dem Projekt entgegengebracht haben. Es ist keinesfalls selbstverständlich, dass ich ohne Sprechstunden, mehrere Stunden Gespräche mit Ihnen führen konnte, Sie bei jeder praktischen Umsetzung des Labors (von der Grundschule bis zum Schülerlabor) begrüßen durfte und mir dabei gleichzeitig eine Arbeit ermöglicht wurde die keineswegs alltäglich für einen Physikdozenten ist.

Auch Herrn Breyer möchte ich für die Unterstützung und Kooperation danken. Nicht zuletzt durch die vielen Vorschläge und Ideen, die in unser Projekt einfließen konnten, trägt das endgültige Schülerlabor ihre Handschrift.

Weiter möchte ich Frau Kathrin Löffler danken, die uns in so vielen verschiedenen Sachen immer tatkräftig unterstützt hat. Auch bei dir ging das weit über ein übliches Maß der Betreuung hinaus.

Vielen Dank an Herrn Keßelring, die 7c des Wirsberg Gymnasiums und Frau Gabel mit ihrer 6. Klasse, die sich auf unsere Ideen (durchaus auch spontan) eingelassen haben.

Im Besonderen ist meinen Mitstudenten Rupert, Ingo, Anne, Julian, Eva-Maria, Fabian und Eva-Maria zu danken. Ohne sie hätte ein toller Schülerlabortag nicht stattfinden können. Trotz eigenen Verpflichtungen habt ihr durch die Betreuung zu einem runden Gesamtprojekt beigetragen. Julian und Rupert bei eurer Unterstützung würde die Danksagung wohl den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Vielen Dank auch an alle Weiteren, die tatkräftig und diskussionsfreudig zum Vollenden der Arbeit beigetragen haben. Danke an Herrn AR Völker, Herrn Dr. Wilhelm, an Ole Koch, Johannes Schmees, Gebhard Hofmeier und Familie, Peter Hörburger, Verena Reischl, Marco Haas und an die Freiwillige Feuerwehr Rehdorf.

Für Korrektur und Hilfe beim Layout danke ich Christian Bauer, Manfred Waigandt und Matthias Bretschneider.

Ich möchte noch im Besonderen meiner Familie danken, die mir ein solches Studium ermöglicht, die mich stets unterstützt und ermutigt.

Zuletzt möchte ich meiner Freundin Kathrin danken. Niemals hätten wir solch eine Arbeit abgeben können, wären da nicht deine klugen Gedanken, deine große Ausdauer, Geduld und Kreativität. Du bist mein ganzes Glück und mein größter Rückhalt.

**Erklärung nach §30, Abs. 6, LPO I (vom 07.11.02)**

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

Würzburg, den 22. Dezember 2009

---

*Andreas Häußler*



## **Impressum**

Andreas Häußler  
Schildweg 20  
97084 Würzburg  
Matrikelnummer: 1551906

Email: [andreas.haeussler@gmx.de](mailto:andreas.haeussler@gmx.de)