



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“

EXPERIMENTE BEI PHYSIKSCHULARBEITEN

ID 1245

Mag. Dr. Michael Schwarzer

**BG/BRG Reutte
Gymnasiumstr. 10
6600 Reutte/Tirol**

Reutte, Juli 2009

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG	4
1.1	Ausgangssituation.....	4
1.1.1	Motivation.....	4
1.1.2	Die Situation in der Klasse	5
1.1.3	Das Experiment in der didaktischen Literatur.....	6
1.2	Ziele des Projekts	7
1.3	Gab es so etwas schon in Österreich?.....	7
2	DURCHFÜHRUNG	8
2.1	Zeitlicher Ablauf	8
2.2	Die Schularbeiten.....	9
2.3	Die Hausübungsbox.....	9
2.4	Die Matura	9
3	ERGEBNISSE	11
3.1	Interviews.....	11
3.2	Die Schularbeiten.....	12
4	REFLEXION UND AUSBLICK	14
4.1	Reflexion	14
4.1.1	Warum sind Experimente bei Schularbeiten sinnvoll?	14
4.1.2	Schularbeiten	15
4.1.3	Matura.....	16
4.1.4	Auswahl der Experimente	16
4.1.5	Übungsmöglichkeiten.....	18
4.2	Ausblick.....	20
4.2.1	Welche Ziele sollte man verfolgen?	20
4.2.2	Zusammenfassung	21
5	LITERATUR	22
6	ANHANG	23

ABSTRACT

Das Gesamtprojekt besteht aus zwei Teilen. Im Schuljahr 2007/08 wurden in einer 7. Klasse bei zwei der drei Physikscharbeiten je eine experimentelle Aufgabe gestellt. Im Schuljahr 2008/09 wurden im Rahmen eines Folgeprojektes bei beiden Schularbeiten und bei der schriftlichen Reifeprüfung in derselben Klasse ein Experiment durchgeführt.

Die Ergebnisse der beiden Projekte zeigen, dass die Auswahl der Experimente sich an den Lernzielen orientieren muss. Schüler/innenexperimente sind für das Verständnis der physikalischen Inhalte nicht unbedingt erforderlich. Dafür lernen Schüler/innen bei Schüler/innenexperimenten den Umgang mit Messgeräten, das Verfassen von Protokollen und das Analysieren von Daten – Fähigkeiten, die sie auch in einem guten Frontalunterricht nicht in diesem Ausmaß erlernen können. Daher sollten bei Experimenten im Rahmen von Prüfungen auch die speziell beim Experimentieren erworbenen Fähigkeiten abgefragt werden.

Schulstufe: 12. Schulstufe

Fächer: Physik

Kontaktperson: Mag. Dr. Michael Schwarzer

Kontaktadresse: BG/BRG Reutte; Gymnasiumstraße 10; 6600 Reutte

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangssituation

Die Ausgangssituation wurde bereits im Vorgängerprojekt¹ ausführlich beschrieben und soll daher hier nur mehr kurz wiedergegeben werden.

1.1.1 Motivation

Das Experiment spielt in der Physik und daher auch im Physikunterricht seit jeher eine große Rolle. Früher waren es meistens Demonstrationsexperimente, die der/die Lehrer/in vorgeführt hat. Seit etwa 25 Jahren sind Schüler/innenexperimente im Physikunterricht Standard. Damals wurden im Rahmen einer bundesweiten Aktion alle allgemein höher bildenden Schulen mit geeigneten Geräten und Übungsräumen ausgestattet. Mit der Einführung dieser Experimentiergeräte konnten die Schüler/innen erstmals eigenständig Versuche aus allen wichtigen Gebieten der Physik (Mechanik, Optik, Wärmelehre und Elektrizität) durchführen. Das war ein großer Fortschritt. Die Frage nach der Beurteilung der beim Experiment erbrachten Leistungen bzw. der erworbenen Fertigkeiten ist aber nach wie vor offen. Die meisten Lehrer überprüfen im Rahmen der Sicherung des Lehrstoffs nicht, ob die Schüler den Umgang mit den Messgeräten gelernt haben.

Im Jahre 2004 ist für die Oberstufe ein neuer Lehrplan in Kraft getreten. In Physik ist erstmals die Durchführung von Schüler/innenexperimenten ein Teil des Lehrstoffs. Diese Art von Experimenten ist aus den allgemein didaktischen Empfehlungen in den Kernstoffbereich gewandert.

Lehrstoff der 5. und 6. Klasse²:

*Die Schüler/innen und Schüler sollen folgende physikalische Bildungsziele erreichen:
-mittels einfacher **Schülerexperimente** insbesondere die Fähigkeit zum Beobachten, Beschreiben und Berichten sowie Planen, Durchführen und Auswerten entwickeln³*

Wenn man die Lernziele der Oberstufe erfüllen will, kann man auf Experimente nicht verzichten. Das zeigt ein Blick auf die Lernziele des Oberstufenlehrplans:

Ziel des Physikunterrichts ist daher die Vermittlung des nötigen Rüstzeuges zum verstehenden Erleben von Vorgängen in Natur und Technik und keinesfalls nur das Informieren über sämtliche Teilgebiete der Physik.

*Das Ziel ist der Erwerb folgender **Fähigkeiten, Fertigkeiten** und Werthaltungen:*

- Informationen sammeln, hinterfragen und argumentieren können*
- eigene Arbeiten** zielgruppengerecht präsentieren können*

¹ Experimente bei Physikschararbeiten ID 1115

² Entspricht der 9. und 10.Schulstufe

³ Auszug aus dem Lehrplan 2004: BGBl. II Nr. 277/2004 v. 8.7.2004

- Problemlösungsstrategien einzeln und im Team entwickeln können
- eigenständig arbeiten können**
- umweltbewusst handeln können
- mit Expertinnen und Experten sprechen, Expertenmeinungen hinterfragen und grundlegendes Fachvokabular richtig anwenden können
- physikalische Zusammenhänge darstellen können**
- Diagramme erstellen und interpretieren können**
- konzeptuales Wissen anwenden können**
- fachbezogene Fragen formulieren können**
- einfache Experimente planen und durchführen können**
- Hypothesen entwickeln, einschätzen und diskutieren können
- Gefahren erkennen, einschätzen und sicherheitsbewusst handeln können¹

Als logische Folge des veränderten Kernstoffs wurde im Jahre 2007 auch die Reifeprüfungsverordnung für die schriftliche Klausurarbeit aus Physik angepasst:

Es können auch experimentelle Aufgaben gestellt werden. Um die Lösung des theoretischen Teiles einer solchen Aufgabe auch dann zu ermöglichen, wenn der praxisorientierte oder experimentelle Teil der Aufgabe falsch oder nicht gelöst würde, müssen fiktive Messergebnisse angegeben werden, durch welche die eigenständige Leistung beim Ablauf des Experimentes keine Beeinträchtigung erfahren darf.²

Damit ist die Durchführung von Experimenten bei schriftlichen Klausurarbeiten gesetzlich geregelt. Im Rahmen der beiden Projekte wurden die Schüler/innen auf eine schriftliche Reifeprüfung aus Physik vorbereitet. Die Matura mit Experiment wurde dann am 14. Mai dieses Schuljahres mit sieben Kandidaten/innen durchgeführt.

1.1.2 Die Situation in der Klasse

Die Schüler/innen besuchten die achte Klasse eines Realgymnasiums. Ich bin in dieser Klasse auch Klassenvorstand und unterrichte seit der fünften Klasse auch Mathematik. In der siebten und achten Klasse können die Schüler/innen zwischen Darstellender Geometrie und verstärktem Unterricht mit Schularbeiten in Physik und Biologie wählen. 14 der insgesamt 19 Schüler/innen haben Physik und Biologie gewählt. Ein Schüler musste die achte Klasse wiederholen. Dies ist besonders bemerkenswert, weil dieser Schüler in der siebten und beim ersten Besuch der achten Klasse Schularbeiten ohne Experiment geschrieben hat.

Die Physikschrüler/innen schreiben in der achten Klasse eine Schularbeit mit 100 Minuten und eine Schularbeit mit 150 Minuten. Die Matura dauert vier volle Stunden also 240 Minuten.

¹ Auszug aus den Lernzielen des Lehrplans 2004

² BGB für die Republik Österreich, 123.Verordnung; ausgegeben am 12. Juni 2007. Teil II

1.1.3 Das Experiment in der didaktischen Literatur

Experimente im Unterricht lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Man kann sie nach der Organisationsform (Schüler/innen- oder Lehrer/innenexperimente) oder nach der Art der Datenerfassung (qualitativ oder quantitativ) unterscheiden. Häufig werden Experimente auch nach der Unterrichtsphase, in der sie eingesetzt werden, unterteilt. Es gibt Einstiegs-, Erkenntnis- und Wiederholungsexperimente¹.

Berge und Volkmer² haben eine Einteilung für Experimente in Testsituationen entwickelt. Dabei unterscheiden sie zwischen wiederholenden, weiterführenden und themenunabhängigen Experimenten. Die Experimente unterscheiden sich auch beim Schwierigkeitsgrad des experimentellen Aufbaus und in der Komplexität der Aufgabe. Die folgende Tabelle zeigt die Einteilung nach Berge und Volkmer, die sich als sehr nützlich erwiesen hat. Im Rahmen dieses Projektberichtes beziehe ich mich immer auf diese Einteilung.

Stufe	Bindung an das Unterrichtsthema	Schwierigkeitsgrad des experimentellen Aufbaus	Komplexität der Aufgabe
I	Wiederholendes Experimentieren Ein aus dem Unterricht bekanntes Experiment wird von den Schülerinnen und Schülern wiederholt. Beispiel: Bestimmung der Federkonstanten einer Schraubenfeder	Bekannter Versuchsaufbau mit genauer Anleitung Beispiel: Bestimmung der Dichte verschiedener Holzkörper	Experiment mit linearer Struktur Dem Experiment liegt nur ein eng begrenztes Thema zugrunde. Beispiel: Die Stromstärke für ein, zwei, drei ... gleiche, in Reihe geschaltete Widerstände bestimmen.
II	Weiterführendes bzw. vertiefendes Experimentieren Beispiel: Im Unterricht ist der Widerstand metallischer Leiter bestimmt worden. Im Test ist der Widerstand einer Glühlampe im kalten und heißen Zustand zu messen.	Geführtes Experimentieren Die Arbeitsschritte sind vorgegeben und mit Teilaufgaben verknüpft. Beispiel: Es soll geprüft werden, ob ein Eisendraht dem ohmschen Gesetz gehorcht.	Experiment mit verzweigter Struktur Im Versuch spielen zwei oder mehr Variable eine Rolle. Beispiel: Untersuchung des Auftriebs bei einem ganz in Wasser eintauchenden Körper. Außer dem Volumen könnte auch die Masse den Auftrieb beeinflussen.
III	Themenunabhängiges Experimentieren Eine bekannte Methode wird auf ein im Unterricht nicht behandeltes Thema angewandt. Beispiel: Wie schnell bewegt sich eine Luftblase in einem mit Wasser gefüllten Rohr bei verschiedenen Neigungswinkeln?	Selbstständiges Experimentieren Es wird nur die Aufgabe gestellt, die Schülerinnen und Schüler übernehmen die Planung des Versuchs, den Aufbau, die Durchführung und die Interpretation der Ergebnisse. Beispiel: Stelle fest, mit welcher Winkelgenauigkeit eine vorgegebene Wasserwaage arbeitet.	Experiment mit komplexer Struktur Das Experiment bezieht sich auf unterschiedliche Themen. Beispiel: Ermittle die Werte der Heizwiderstände und Leistungsstufen einer Kochplatte mit 7-Takt-Schaltung (s. a. S. 72).

¹ Schwarzer Michael: Mathematik im Physikunterricht

² Berge; Volkmer; Schülerexperimente als Testsituation

1.2 Ziele des Projekts

Das Projekt hat ein ganz klar formuliertes Ziel nämlich die Durchführung einer experimentellen Aufgabe im Rahmen der schriftlichen Matura 2008/09! Die Hälfte der Gruppe hat Physik zur Matura gewählt. Im Rahmen der Klausurarbeit musste also das Experiment für sieben Schüler/innen bereitgestellt werden.

Als Vorbereitung auf das Projektziel gab es im Schuljahr 07/08 im Rahmen des Projektes ID 1115 einige Vorarbeiten¹. Zwei der drei Schularbeiten im Schuljahr 2007/08 enthielten ein Experiment. Vor der ersten Schularbeit mit dem Experiment wurde ein für die Schüler/innen verständlicher und transparenter Beurteilungsschlüssel erarbeitet. Vor der ersten Schularbeit erhielten die Schüler/innen eine Hausübungsbox.

In der achten Klasse wurden beide Schularbeiten mit Experiment durchgeführt. Da beide Schularbeiten mehrstündig sind, wird auch die Zeit für das Experiment länger. Daher wird das Experiment komplexer als bei der einstündigen, bei der man nur etwa 15 Minuten für das Experiment Zeit hat. Bei der zweistündigen Schularbeit wurden etwa 25 Minuten, bei der dreistündigen 40 Minuten veranschlagt.

1.3 Gab es so etwas schon in Österreich?

Eine Umfrage auf der Plattform der Physikolympiadelehrer hat ergeben, dass es einige Ansätze für praktische Leistungsfeststellung im Rahmen schriftlicher Arbeiten gegeben hat. Meist geschieht dies in Kombination mit Laborunterricht. Zum Beispiel hat Engelbert Stütz einen experimentellen Teil eingebaut:

Experimenteller Teil:

*Bestimme mit dem zur Verfügung gestellten Materialien (Stabilisiertes Netzgerät, 2 Digitalmultimeter, rote Leuchtdiode, Widerstand $1k\Omega$, Steckbrett, Leiter-Steckelemente, Messkabel) die Spannung-Strom-Kennlinie der roten Leuchtdiode (Spannung: x-Achse). Zeichne die Schaltskizze des Stromkreises, gib die Tabelle der Spannungs- bzw. Strommesswerte Messwerte an und fertige daraus die Spannung-Strom-Kennlinie. **(6 von 48 Punkten)***

Bei Schularbeiten haben das schon einige Lehrer, meist Leiter von Physikolympiadekursen, probiert. Konkret haben vier Lehrer geantwortet. Die meisten Experimente beschäftigten sich mit elektronischen Schaltungen und Halbleitern oder mit optischen Experimenten (Gitterbeugung).

Es gab aber schon Abschlussprüfungen für Laborunterricht im Rahmen der Matura z.B. BRG Leibnitz. Die Schüler mussten dort keine reinen Theorieaufgaben lösen sondern ein sehr aufwändiges Experiment durchführen.

¹ Siehe: Schwarzer Michael IMST-Projektbericht ID1115

2 DURCHFÜHRUNG

2.1 Zeitlicher Ablauf

Oktober und November 2008: Durchführung von Übungsstunden

Dezember 2009 : Erste zweistündige Schularbeit. Das Experiment beschäftigte sich passend zum Stoff (Halbleiter) mit der Solarzelle. Für das Experiment wurden diesmal 30 Minuten veranschlagt. Die Schüler/innen mussten die Leerlaufspannung und dem Kurzschlussstrom sowie die Änderung der Spannung bei Belastung vermessen.

Zur Vorbereitung auf die schriftliche Matura habe ich versucht zu erheben ob es in Österreich bereits eine experimentelle Matura gegeben hat. Dazu habe ich bei IMST angefragt und über die Physikolympiadeplattform eine Anfrage ausgesendet.

Feber 2009: Als weitere Vorbereitung wurde der für unsere Schule zuständige Landesschulinspektor Hofrat Dr. Plankensteiner von dem Projekt informiert. Der Landesschulinspektor hat das Projekt voll unterstützt. Er wurde vereinbart, dass die Materialien, die zur Durchführung des Experimentes notwendig sind nicht mit dem Vorschlag mitgeschickt werden.

Als Vorbereitung auf die letzte Schularbeit und auf die Matura erhielten die Schüler/innen eine Liste möglicher Experimente für zu Hause.¹ Diese Liste beinhaltet einfache Versuche, die mit Hilfe der Hausübungsbox durchgeführt werden konnten.

Parallel dazu wurde der Vorschlag für die Klausurarbeit ausgearbeitet, da dieser bis Ende Feber beim LSR eingereicht werden muss.

März 2009: Durchführung der dreistündigen Schularbeit mit einem Experiment, das etwas 40 Minuten in Anspruch genommen hat. Im Rahmen dieses Experimentes mussten die Schüler mit Hilfe eines Heißleiters und dem eigenen Multimeter die Erwärmung und Abkühlung von Luft messen. Die Luft wurde in einem Plastikbehälter mit Hilfe einer Heizschlange erwärmt.

Anfang Mai 2009: Evaluation durch Interviews und einem Fragebogen. Wie beim Vorgängerprojekt wurde ein Teil der Evaluation von einem Kollegen mit Hilfe von Interviews durchgeführt.

Mai 2009: Durchführung und Korrektur der Klausurarbeit.

Juni 2009: Befragung der Schüler/innen zur schriftlichen Reifeprüfung

Juli 2009: Erstellung eines Vorschlages für den ersten Nebentermin. Dieser Vorschlag beinhaltet wieder ein Experiment.

¹ Siehe Anhang G

2.2 Die Schularbeiten

Die beiden Schularbeiten in der achten Klasse sind vom Lernstoff her sehr unterschiedlich. Der Schularbeitenstoff der ersten Schularbeit beinhaltet Halbleiter. Dieses Gebiet eignet sich besonders gut für Experimente. Es gibt auch eine ganze Reihe von Experimenten, die mit Hilfe der klassischen Schüler/innenversuche durchgeführt werden können. Im Rahmen des Unterrichts wurden genug Übungsstunden durchgeführt.

Der Stoff zur zweiten Schularbeit beinhaltet die Relativitätstheorie und die Kernphysik sowie die Gravitation. Keines dieser Gebiete eignet sich besonders gut für Schüler/innenexperimente. Um auch die dreistündige Schularbeit mit einem Experiment durchführen zu können wurde eine Hausübungsliste¹ erstellt, die einfache Experimente aus dem Stoff der fünften und sechsten Klasse enthält. Diese Liste diente zur Vorbereitung auf die Schularbeit. Die Schüler/innen mussten Protokolle erstellen, die vor der Schularbeit kontrolliert wurden. Die Hausübungsliste wurde auch bei der Vorbereitung auf die schriftliche Matura verwendet. Zusammen mit den Schularbeitenexperimenten bildete sie die Grundlage für eine Art Kernstoffliste für die experimentelle Aufgabe bei der Matura. Damit wurde der Oberstufenstoff mit Experimenten abgedeckt. Somit war auch das Experiment bei der Matura kein themenunabhängiges sondern weiterführendes Experiment.

2.3 Die Hausübungsbox

Die Hausübungsbox aus dem Vorgängerprojekt wurde um ein paar kleine Bauteile erweitert. Die Schüler/innen erhielten unter anderem einen Heißleiter zur Messung von Temperaturen und Halbleiterbauelemente. Für die Experimente der Hausübungsliste wurden Alltagsgegenstände verwendet, die die Schüler/innen selbst besorgen mussten.

2.4 Die Matura

Das Kernstück des Projektes war heuer die schriftliche Reifeprüfung. Diese wurde im März zusammengestellt und mit den Vorschlägen der anderen Fächer beim LSR eingereicht. Da die Matura vier volle Stunden dauert, wurde für das Experiment eine Stunde veranschlagt. Die Berechnung der Zeit erfolgt ähnlich wie bei Rechenaufgaben. Dort benötigen Schüler/innen etwa viermal so lang wie der Lehrer. Das bedeutet, dass der Lehrer für die Durchführung des Experimentes etwa 15 Minuten benötigen darf.

Das Experiment beschäftigte sich mit einem Gummiband. Die Schüler/innen mussten die Federkonstante auf zwei Arten bestimmen. Durch Dehnung und durch Schwingung. Anschließend mussten sie noch untersuchen, was passiert wenn man zwei Gummibänder in Serie bzw. parallel aufhängt.²

¹ Siehe Anhang G

² siehe Anhang C

Für das Experiment wurde ein Faden eingesetzt, der sonst für elastische Nähte verwendet wird. Dieser Faden hat im Gegensatz zu herkömmlichen Gummibändern einen sehr großen Hook'schen Bereich und kann nicht überdehnt werden. Außerdem benötigten die Schüler/innen noch Gewichte, ein Maßband, Stativmaterial und eine Stoppuhr. Für die Serien- und Parallelschaltung wurde zwei Gummibänder verknüpft.

Wichtig waren auch die organisatorischen Fragen. Da alle vier Klassen der Schule zum gleichen Termin Matura schreiben, sitzen in einem Saal mehrere verschiedene Gruppen aus verschiedenen Klassen und Fächern. Die experimentelle Matura wurde im Physikübungsraum abgehalten. Dieser Raum dient auch sonst als Maturaraum. Bei der Einteilung der Matura musste darauf geachtet werden, dass jeder Physikschüler einen eigenen Labortisch erhält. Die sieben Experimente wurden auf einem Rolltisch aufgebaut, der nach dem Austeilen der Aufgabenstellung in den Saal gerollt wurde. So konnten sehr schnell die Materialien ausgeteilt werden. Wie bei der Physikolympiade wurde vor dem Austeilen der Aufgabenstellungen die Materialliste mit den Schülern/innen kontrolliert. Um Probleme zu vermeiden wurden zwei komplette Ersatzversuche aufgebaut. Im selben Saal saßen noch zwei Schüler/innen einer Parallelklasse, die in Physik ohne Experiment antraten.

Bereits bei der Auswahl des Maturaversuches wurde ein möglichst einfacher Aufbau mit verschiedenen Messmethoden und geringer Fehleranfälligkeit bevorzugt. Daher wurden für diesen ersten Versuch keine elektrischen Bauteile verwendet. Da keine elektrischen Bauteile zum Einsatz kamen wurde beim Aufbau auf die Unterstützung durch eine Kollegin verzichtet. Entgegen der ersten Planung erschien es auch nicht notwendig, dass ich als Physiklehrer alle vier Stunden anwesend war. Zwei Stunden wurden von einer Physikkollegin beaufsichtigt. Im Falle eines echten Notfalls war ich im Hause erreichbar.

Die Erfahrung aus den vier Schularbeiten zeigt, dass viele Schüler/innen beim Experimentieren die Zeit vergessen. Da viele Schüler/innen mit dem Experiment beginnen konnte ich im Rahmen der Schularbeiten die Schüler/innen nach Ablauf der geplanten Zeit auf diesen Umstand aufmerksam machen. Bei der Matura habe ich den Tipp ausgegeben, dass die Schüler/innen am Beginn des Experimentes die Uhrzeit notieren sollten! Da die meisten Schüler/innen mit dem Experiment beginnen, habe ich nach etwa einer Stunde darauf hingewiesen, dass die Schüler/innen sich den anderen Aufgaben zuwenden sollten.

Ein Schüler hat bei der schriftlichen Physikmatura eine negative Note geschrieben und muss diese im Herbst wiederholen. Dieser Schüler hat die achte Klasse bereits wiederholt und daher erst in der achten Klasse mit den Experimenten begonnen. Bei der Klausurarbeit war er unvorbereitet. Er hat insgesamt vier von 48 Punkten erreicht. Dabei hat er keine Rechen- bzw. Theorieaufgabe gelöst. Die vier Punkte stammen aus dem Experiment, das er teilweise durchgeführt hat. Der Schüler wird im Herbst die Klausurarbeit mit Experiment wiederholen. Für die Vorbereitung auf das Experiment gelten dieselben Voraussetzungen wie im Haupttermin.

3 ERGEBNISSE

Für die Evaluation wurden zwei Methoden gewählt. Einerseits wurden am Ende des Schuljahres Interviews durchgeführt, andererseits wurden die Ergebnisse der Schularbeiten mathematisch analysiert.

3.1 Interviews

Es wurden insgesamt sechs Einzelinterviews durchgeführt. Mit Hilfe eines Kollegen wurde ein Fragenkatalog für Einzelinterviews erstellt. Der Kollege unterrichtet Geschichte und Geographie. Er hat aber zwei Semester lang Physik studiert und bereits im letzten Schuljahr die Befragung durchgeführt. Die Interviews wurden nach der schriftlichen Reifeprüfung durchgeführt.

In der Evaluation wurde die persönliche Meinung der Schüler/innen zu diesen Experimenten erhoben. Dazu wurde in den Interviews vor allem der Vergleich „alte“ Schularbeit (ohne Experimente) zu „neuer“ Schularbeit (mit Experimentaufgabe) herausgearbeitet. Im Rahmen der Gespräche wurden 5 Fragen gestellt:

- Benötigst Du nun mehr Zeit in der Vorbereitung auf die Schularbeit?

Die Schüler/innen gaben mit einer Ausnahme alle an, dass sie durch das Experiment gleich viel bis weniger Zeit in der Vorbereitung benötigen.

Das liegt zum einen daran, dass es bei Experimenten mehr auf das Verständnis der Vorgänge ankommt. Hier sehen die Schüler/innen einen Pluspunkt gegenüber „Theoriefragen.“

Zum andern sind die möglichen Experimentaufgaben für die Schularbeit durch rein technische Faktoren (gibt es für jede/n ein Messgerät u. s. w.) beziehungsweise durch die Zeit (es muss zeitlich im Rahmen der Schularbeit möglich sein) begrenzt. Daher können „kluge Köpfe“ die Auswahl der möglichen Experimente stark eingrenzen und sich gezielt darauf vorbereiten.

- Beeinflusst das Experiment das Zeitmanagement während der Schularbeit/Matura?

Während der Schularbeit/Matura wirkt sich das Experiment zeitlich nicht negativ aus. Die Schüler/innen gaben an, dass sie dafür gleich lang wie für eine andere Aufgabe benötigen. Eine Ausnahme stellen Experimente mit Messreihen dar, speziell wenn man bedingt durch einen Fehler die Messreihe nochmals von vorne beginnen muss.

- Wirkt sich das Experiment auf die Note aus?

Bis auf einen Schüler (er gab an, ein „schlampiger Messer“ zu sein), sehen alle eine leicht positive Auswirkung auf die Note, vor allem durch die Erahnbarkeit des Experiments (siehe dazu auch „kluge Köpfe“ weiter oben).

- Was würdest Du anders machen?

Die meisten Schüler/innen würden an der derzeitigen Praxis nichts verändern. Jedoch gaben manche nach intensiverem Nachfragen an, dass sie als potenzielle Lehrer/innen den Pool an möglichen Experimenten gerne erweitern würden, um somit der Berechenbarkeit der Experimentaufgabe entgegenzuwirken.

- Mit Experiment oder ohne? Wofür würdest Du Dich entscheiden?

Alle Schüler/innen gaben an, die Schularbeit mit Experiment zu wählen. Als Gründe dafür wurden das bessere Zeitmanagement und die Praxisnähe genannt. Eine Schülerin gab an, dass das Experiment maßgeblich für ein besseres Verständnis der Physik beiträgt.

3.2 Die Schularbeiten

Als zweiten Teil der Evaluation habe ich die erreichten Punkte bei den einzelnen Aufgaben und den Notendurchschnitt bei den drei Schularbeiten analysiert. Aus der Punktezahl kann man einiges ablesen.

Der Notendurchschnitt hat sich im Vergleich zur Schularbeit ohne Experiment (1. Schularbeit der 7. Klasse) nicht auffallend verändert. Das Experiment hat keinen Einfluss auf den Notendurchschnitt.

In der achten Klasse ergibt sich bei der Analyse der Leistungen aber ein sehr interessantes Bild. Die Schüler/innen erreichen bei den Schularbeiten beim Experiment mehr Punkte als bei den Theorie- und Rechenaufgaben. Das passt mit den Interviews zusammen. Dort gaben die Schüler/innen an, dass sie sich durch die genauen Vorgaben gezielt auf die Experimente vorbereiten können. Aus der Sicht der Schüler/innen ist die Auswahl an möglichen Experimenten durch die technischen Möglichkeiten eher gering, daher kann man hier besser spekulieren.

Bei der Matura verschwindet der Unterschied was die erreichten Punkte anbelangt. Dafür gibt es mehrere mögliche Faktoren. Der wichtigste Unterschied zur Schularbeit ist die Zahl der Schüler/innen. Im Rahmen dieses Projektes haben 7 der 14 Schüler/innen Physik schriftlich gewählt.

	Experiment	Rechenaufgaben	Theorie
1. Schularbeit	75%	keine Aufgabe	67%
2. Schularbeit	84%	61%	64%
Matura	68,1%	73%	65,1%

Natürlich treten eher die begabten Schüler/innen schriftlich an. Die Schüler/innen, die zur Matura antreten beherrschen auch die Rechen- und Theorieaufgaben, daher verschwindet der Unterschied.

Sehr aufschlussreich ist daher eine Trennung der erreichten Punkte bei der 2. Schularbeit nach Schülern/ Schüler/innen und Maturanten/innen:

2. Schularbeit	Experiment	Rechenaufgaben	Theorie
Maturanten	87%	84%	74%
Rest	73%	39%	60%

Während bei den Maturanten/innen der Unterschied nach Aufgabentyp auch bei den Schularbeiten sehr gering ausfällt, zeigt sich bei den weniger begabten Schüler/innen ein sehr deutlicher Unterschied. Diese Gruppe erreicht beim Experiment eindeutig am meisten Punkte. Die Schüler/innen können damit anscheinend Defizite bei den Rechenaufgaben wettmachen. Positiv formuliert nützen die Schüler/innen die Chance durch praktische Fähigkeiten ihre Note zu verbessern. Eine Rolle dabei spielt sicher auch die geringe Auswahl an möglichen Experimenten.

Wenn man die Schularbeiten nach Geschlecht aufschlüsselt, ergibt sich ein interessantes Bild. Bei der ersten Schularbeit ist der Unterschied zwischen den Geschlechtern bei Experiment und Theorie gleich hoch. Bei der zweiten Schularbeit gibt es beim Experiment gibt es keinen Unterschied zwischen Schülerinnen und Schülern, auch bei den Theorieaufgaben ist praktisch kein Unterschied bemerkbar. Der größte Unterschied besteht bei den Rechenaufgaben. Es ist allerdings aufgrund der geringen Zahl nicht möglich daraus Schlüsse zu ziehen. Außerdem haben bei der ersten Schularbeit zwei gute Schülerinnen gefehlt, daher haben die Mädchen einen geringeren Schnitt. Eine Aufschlüsselung der Matura nach Geschlechtern ist auch nicht möglich, da 1 Mädchen und 6 Knaben zur schriftlichen Matura angetreten sind!

1.Schularbeit	Experiment	Rechenaufgabe	Theorie
Schülerinnen	74,0 %	-	64,0%
Schüler	86,0%	-	73,0%

2.Schularbeit	Experiment	Rechenaufgaben	Theorie
Schülerinnen	76,7%	44,0%	57,1%
Schüler	80,0%	78,8%	66,7%

4 REFLEXION UND AUSBLICK

4.1 Reflexion

Die Reflexion bezieht sich in vielen Ergebnissen auf beide Jahre. Es ist nicht möglich nur das heurige Projekt zu betrachten, weil viele Ergebnisse des Vorjahres in dieses Projekt eingeflossen sind. Das Ziel des Projektes war die Durchführung der Matura mit allen notwendigen Vorbereitungen. Daher bezieht sich die Reflexion auch auf diesen Punkt.

4.1.1 Warum sind Experimente bei Schularbeiten sinnvoll?

Die Antwort auf diese Frage ist sehr schwierig. Im Rahmen dieses Projektes soll der Lehrplan als Begründung verwendet werden.

Einige der Lernziele des Lehrplans 2004 lassen sich nur mit Experimenten verwirklichen. Dies ist wie bereits mehrmals erwähnt im Kernstoff des Lehrplans festgelegt. Das heißt, dass der Einsatz von Schüler/innenexperimenten vorgeschrieben ist. Wenn Experimente im Unterricht durchgeführt werden, dann aber experimentelle Fähigkeiten bei Schularbeiten/Tests oder Stundenwiederholungen nicht abgefragt werden, dann stellt sich sehr bald die Frage nach dem Sinn solcher Unterrichtsmethoden. Die Schüler verlieren sehr schnell das Interesse für Experimente, da sie ja bei den Leistungsfeststellungen nicht von Bedeutung sind. Mit einem gut aufbereiteten Demonstrationsexperiment lässt sich der gleiche inhaltliche Lernerfolg in kürzerer Zeit erzielen. Da der Lehrplan 2004 ein Kernstofflehrplan ist, muss man sich Gedanken über die Kontrolle des Lernerfolges durch Experimente machen.

Dies würde den Rahmen dieser Arbeit aber sprengen. Im Bericht des Vorgängerprojektes wurde bereits ausführlich behandelt, dass die Frage nach dem Lernerfolg bei Experimenten ein wichtiger Punkt für die Akzeptanz und Rechtfertigung teurer Versuchsgерäte und Übungsräume darstellt.

Im Rahmen dieser Arbeit gehe ich wie beim Vorgängerprojekt davon aus, dass zur Erfüllung des Lehrplans Schüler/innenexperimente durchgeführt werden müssen. Die Frage nach dem Warum von Experimenten bei Schularbeiten reduziert sich daher auf die Frage nach den Möglichkeiten der Leistungsfeststellung in Rahmen der Schüler/innenversuche. Der Einbau von Experimenten bei Schularbeiten und in ähnlicher Form auch bei Tests stellt hier eine von vielen Möglichkeiten.

4.1.2 Schularbeiten

Die Schüler/innen haben sich rasch an die neuen Schularbeitenaufgaben gewöhnt. Die Nervosität des letzten Jahres war nicht mehr spürbar. Die Durchführung wird zur Routine. Sie ist aber für den Lehrer aufwändiger als bei einer Schularbeit ohne Experiment. Der Aufbau und die Erprobung des Experimentes nehmen eine bestimmte Zeit in Anspruch und muss rechtzeitig geplant werden. Falls man spezielle Bauteile benötigt, sollte man spätestens drei bis vier Wochen vor der Schularbeit die experimentelle Aufgabe auswählen und den Versuch durchführen. Für die Festlegung des Schwierigkeitsgrades gibt es keine Richtlinien. Wichtig bei der Auswahl ist das gewünschte Lernziel. Wenn ich den Umgang mit Messgeräten als Lernziel definiere, dann muss ich das auch abprüfen. Eine Hilfe für die Auswahl ist auch hier wieder die Einteilung nach Berge und Volkmer.

Bei allen vier Schularbeiten und bei der Matura war ein wichtiges Kriterium die Zeit. Schüler/innen benötigen wie bei Rechenaufgaben etwa viermal so lange wie der Lehrer. Diese einfache Rechnung gilt auch bei Experimenten. Der Lehrer sollte also bei der Erprobung des Experimentes etwa ein Viertel der vorgesehenen Zeit benötigen. Dies gilt für die Durchführung inklusive der kompletten Auswertung.

Die Erfahrung zeigt, dass Schüler/innen leicht die Zeit vergessen. Eine laufende Kontrolle der Zeit bei allen Schüler/innen hat sich bewährt. Da viele Schüler/innen mit dem Experiment beginnen, habe ich nach dem Ablauf der von mir geplanten Zeit die Schüler/innen darauf hingewiesen, dass es auch noch andere Aufgaben zu lösen gibt. Aus der Sicht der Schüler/innen sind Messserien schwieriger, weil man bei einem Messfehler noch einmal von vorne beginnen muss. Das gilt aber auch bei Rechenaufgaben, bei denen Schüler einen Rechenfehler entdecken.

Es gibt ein paar praktische Tipps, die bei der praktischen Durchführung von experimentellen Tests wichtig sind:

Die Unterstützung durch eine Kollegin während der Schularbeiten ist hilfreich aber nicht unbedingt notwendig. Die Anwesenheit dieser Kollegin dient eher zur eigenen Beruhigung.

Bei Versuchen mit elektronischen Bauteilen sollte man unbedingt genug Ersatzteile haben, da die Schüler/innen durch zu geringe Übung bzw. durch die Nervosität leicht Fehler beim Aufbau machen und dadurch Bauteile bzw. Sicherungen bei Multimeter zerstören. Dies sollte vielleicht zu einem Punkteabzug führen. Im Rahmen dieses Projektes wurden allerdings keine Punkte abgezogen.

Bei der Korrektur der Arbeiten wurde ein Messfehler von ca. 10% toleriert. Dies variiert sicher je nach Art des Experimentes. Man kann nicht erwarten, dass die Schüler/innen bei der begrenzten Zeit sehr genaue Messungen durchführen. Auf der anderen Seite sollte man nicht alles tolerieren, da die Schüler/innen sonst irgendwelche Ergebnisse raten können bzw. schlampig arbeiten.

Laut Gesetz müssen bei der Matura fiktive Messergebnisse angegeben werden. Diese Messergebnisse sollten nicht zu Nahe an der Realität sein, damit man bei der Korrektur Messfehler und die Verwendung der fiktiven Messergebnisse unterscheiden kann. Bei der Verwendung der fiktiven Messergebnisse müssen die Punkte für die Durchführung des Experimentes abgezogen werden.

4.1.3 Matura

Maturaaufgaben sollten den gesamten Oberstufenstoff abdecken. Da die Schüler/innen aber nur in der siebten und achten Klasse Schularbeiten schreiben, werden auch nur Experimente aus diesem Stoffbereich schriftlich abgeprüft. Für eine Erweiterung der Auswahlmöglichkeiten wurde bei diesem Experiment zu einem kleinen Trick gegriffen. Durch die Hausübungsexperimente wurden Experimente aus dem Bereich der fünften und sechsten Klasse wiederholt und auch bei der letzten Schularbeit abgeprüft. Sinnvoller wäre es natürlich bereits in der fünften und sechsten Klasse experimentelle Tests durchzuführen und diese Experimente in die Kernstoffliste für die Matura aufzunehmen. Bleibt die Frage offen, wann die Schüler/innen diese Experimente in der achten Klasse praktisch wiederholen können. Das Problem kennt man bereits aus der Vorbereitung zur schriftlichen Matura. Während man in Mathematik den gesamten Lernstoff für alle Schüler/innen wiederholt, ist das in Physik nur bedingt sinnvoll, da nicht alle Schüler/innen einer Klasse schriftlich antreten. Der in diesem Projekt gewählte Weg der Hausübungsliste mit einem Wiederholungsexperiment bei der letzten Schularbeit ist ein gangbarer Weg und ein guter Kompromiss.

Da die Schüler/innen schon Erfahrung mit Experimenten hatten, ist die durchgehende Anwesenheit des Prüfers nicht unbedingt erforderlich. Auch die Unterstützung durch einen Assistenten dient eher wieder der eigenen Beruhigung. Die aufsichtsführende Lehrperson sollte aber eingeweiht sein um einfache Probleme (z.B. Ersatzmultimeter) lösen zu können. Beim Austeilen des Experimentes sollte man mehr Zeit einplanen. Komplexere Aufbauten sollte man vor dem Eintreffen der Schüler/innen aufstellen. Eine Kontrolle der notwendigen Materialien anhand einer Liste ist notwendig, damit kein Teil fehlt und der/die Schüler/in das Experiment nicht durchführen kann. Das hat sich auch bei der Physikolympiade bewährt, da sonst der/die Schüler/in Zeit durch die Suche nach den fehlenden Teilen verliert.

4.1.4 Auswahl der Experimente

Die Auswahl der Experimente kann nur nach einer genauen Formulierung der gewünschten Lernziele erfolgen. Ich möchte hier zwei mögliche Auswahlverfahren mit den zugehörigen Experimenten vorstellen. Ich verwende die Bezeichnungen von Berge und Volkmer.¹ und unterscheide zwischen dem wiederholenden, dem weiterführenden und dem themenunabhängigen Experiment.

A) Man kann die Experimente nach den Lernzielen des Lehrplans auswählen²:

-eigenständig arbeiten können: Dafür eignen sich sehr offene, themenunabhängige Experimente. Die Schüler/innen müssen in diesem Fall auch im Rahmen des Experimentes Eigenständigkeit beweisen.

¹ Berge; Volkmer; Schülerexperimente als Testsituation, siehe auch Kapitel 1.1.3

² Auszug aus den Lernzielen des Lehrplans 2004

-physikalische Zusammenhänge darstellen können. Dafür eignen sich Messreihen und die graphische Darstellung der Ergebnisse. Dies kann auch mit wiederholenden Experimenten erreicht werden.

-Diagramme erstellen und interpretieren können: Dieses Lernziel kann mit Messreihen in wiederholenden Experimenten erreicht werden. Weiterführende bzw. themenunabhängige Experimente erfordern auch eine Interpretation von Diagrammen.

-einfache Experimente planen und durchführen können: Für die Erreichung dieses Lernziels aus dem Kernstoff eignen sich alle Arten von Experimenten. Die Planung tritt bei wiederholenden Experimenten in den Hintergrund.

B) LAP-Report

Im amerikanischen LAP-Report¹ werden mögliche Ziele aufgeschlüsselt. Brigitte Koliander vergleicht diese möglichen Lernziele mit den Zielen in IMST-Berichten über Laborunterricht.² Die Erfahrungen in diesem Projekt zeigen, dass die Auswahl der Lernziele entscheidend für die Auswahl der Experimente ist.

- **Fachliches Wissen:** Der Schwerpunkt experimenteller Aufgaben liegt nicht im Fachwissen. Reines Fachwissen kann auch mit anderen Aufgaben getestet werden.
- **Naturwissenschaftliches Begründen:** Durch die Bewertung der Protokolle und eine Begründung der Ergebnisse lernen die Schüler das Begründen besser als bei Theorieaufgaben, die sie vorher auswendig gelernt haben.
- **Interesse:** Das Interesse der Schüler geht in die Leistungsbeurteilung nicht ein und ist daher für dieses spezielle Projekt nicht relevant.
- **Nature of Science:** Durch die Überprüfung praktische Fähigkeiten müssen die Schüler/innen sich in der Vorbereitung auf Schularbeiten auch mit der „Nature of Science“ beschäftigen. Da passt auch der Umgang mit experimentell erhobenen Daten, da passt auch das saubere Protokollieren der Ergebnisse, das gehört alles zum Wissen darüber, wie NaturwissenschaftlerInnen arbeiten und zu ihren Ergebnissen kommen.
- **Praktische Fähigkeiten:** Durch Schüler/innenversuche könnte praktische Fähigkeiten geschult werden. Durch Experimente bei Schularbeiten werden diese Fähigkeiten nun abgeprüft und daher ihre Bedeutung im Unterricht erhöht. Bei diesem Projekt wurden natürlich nur ganz bestimmte Fähigkeiten eingeübt. Dies lag vor allem daran, dass nur wiederholende oder weiterführende Experimente durchgeführt wurden.
 - Der Umgang mit einem Digitalmultimeter in verschiedenen Anwendungen (Spannung, Stromstärke, Temperatur mit NTC, Widerstand).

¹ America's Lab Report 2006

² Brigitte Koliander: Vortrag im Rahmen des Schreibworkshops, 25.4.2009

- Der Aufbau einfacher Stromkreise mit Klemmkabel und einfachen Bauteilen.
 - Messung einfacher nichtelektronischer Größen: Länge, Zeit, Winkel
 - Der Umgang mit Stativmaterial beim Aufbau von Experimenten
 - Die Beachtung und Vermeidung von systematischen Messfehlern.
- **Komplexität empirischen Arbeitens:** Das ist bei Schularbeiten eher nicht möglich
 - **Teamfähigkeit** nein
 - **Autonomie:** Das betrifft bei vielen Projekten vor allem den Umgang mit Zeit und die Selbstkompetenzen in der Organisation längerer Arbeiten. Das trifft bei den Schularbeitsbeispielen eher nicht zu.
 - **Förderung spezieller Gruppen:** Ja, vor allem durch die Vorbereitung mit der Hausübungsbox ist eine Förderung der Mädchen im praktischen Arbeiten möglich.
 - **Kreativität:** Bei Schularbeiten mit einem engen Zeitrahmen nicht sinnvoll.

4.1.5 Übungsmöglichkeiten

Bei allen Überlegungen sollte die Übungsmöglichkeit für Schüler/innen ein wichtiger Aspekt sein. Wenn wir bei Leistungsfeststellungen Experimente einfordern, dann müssen die Schüler/innen auch Übungsmöglichkeiten bekommen. Dafür gibt es drei Möglichkeiten.

4.1.5.1 Schüler/innenversuche

Die effektivste Übungsmöglichkeit ist sicher Einsatz von Experimenten im Unterricht. Dies kann mit einfachen Handversuchen oder den klassischen Schüler/innenversuchsgeräten geschehen. Dabei können die Schüler/innen den Umgang mit verschiedenen Messgeräten üben. In der Sammlung der Schüler/innenversuche gibt es praktisch für alle Stoffgebiete geeignete Versuche und passende Arbeitsblätter¹. Die Verwendung dieser Versuche hat nur einen Nachteil. Es gibt alle Versuche nur in achtfacher Ausfertigung. Daher werden im Unterricht immer Gruppen gebildet. Bei der Schularbeit muss das Experiment dann allein durchgeführt werden. Außerdem stehen nur acht Versuchsgeräte zur Verfügung. Man muss dann bei der Schularbeit auf andere Versuche zurückgreifen. Während man beim Schülerversuch im Unterricht mit Thermometer arbeiten kann, wird man bei der Schularbeit einen einfachen NTC-Widerstand für die Messung einsetzen müssen. In manchen Fällen kann man die Schüler/innenversuchskästen um einige Messgeräte erweitern. Unsere Schule besitzt inzwischen 15 Thermometer und etwa 30 Multimeter, die auch bei

¹ siehe auch <http://physicbox.uni-graz.at/unterrichtsmaterial/skripten/skripten.php>

Schularbeiten in kleineren Gruppen eingesetzt werden können. So kann die Zahl der möglichen Test- und Schularbeitenexperimente erweitert werden.

Im nächsten Schuljahr ist auch die Anschaffung einfacher Experimentierkästen aus dem Spielwarenhandel gedacht. Es gibt zum Beispiel einen Elektronikkasten um 20 Euro, der ein Multimeter und einige Halbleiterbauteile beinhaltet. Damit könnte man Einzelexperimente zu allen möglichen Themen in Bezug auf Halbleiter und Strom (Kennlinien, Solarzelle, Serien- und Parallelschaltung, Transistor) sowohl im Unterricht als auch bei Schularbeiten durchführen.

4.1.5.2 Hausübungen

Vor allem bei der Vorbereitung auf Schularbeiten oder dem Nachholen versäumter Stunden sollten die Schüler/innen auch die Möglichkeit haben zu Hause zu üben. Dazu gibt es zwei Möglichkeiten:

- a) Die Hausübungsbox: Nach den Erfahrungen aus den letzten beiden Jahren sollte die Hausübungsbox möglichst viele Messgeräte enthalten. Dazu zählt ein Multimeter, ein Papiermaßband, ein NTC-Widerstand, ein Kompass. Außerdem ist es hilfreich, wenn noch einige einfache Bauteile enthalten sind. Dazu zählen Linsen, Dioden, Transistoren, Widerstände, Batterie und Kabel.

Damit können zu Hause einige einfache Versuche durchgeführt werden. Sinnvoll ist, dass der/die Schüler/in den Umgang mit Messgeräten übt. Auch wenn man nur wiederholende Experimente zur Schularbeit gibt, sollte der/die Schüler/in den Einsatz verschiedener Messgeräte zu Hause üben können. Eine solche Box kann um ca. 30 Euro zusammengestellt werden und kann auf Kautionsbasis den Schülern/innen überlassen werden.

- b) Hausübungsexperimente: Aufbauend auf der Hausübungsbox kann man je nach Stoffgebiet verschiedene einfache Versuche als Hausübung aufgeben. Die Schüler können diese dann mit der Box und einigen zusätzlichen einfachen Hilfsmitteln (Gummiband, Becher, Münze) durchführen.

4.1.5.3 e-learning

Als Übungsmöglichkeit eignen sich auch Angebote im Internet oder spezielle Software. Es gibt bereits Übungsprogramme für Multimeter¹ oder spezielle Simulationen. Verschiedene Firmen bieten auch eigene Programme für den Unterricht an.²

Obwohl das ein bisschen nach Computerspielen klingt, können Schüler/innen damit üben und Zusammenhänge erforschen. Das reale Experiment kann natürlich nicht ersetzt werden, die Vorteile liegen aber auf der Hand. Es können beliebig viele Schüler/innen damit arbeiten und die Versuche funktionieren immer.

¹ http://virtphys.uni-bayreuth.de/elek/flash/t_multi.swf

² z.B. Crococlips: <http://www.crocodile-clips.com/>

4.2 Ausblick

4.2.1 Welche Ziele sollte man verfolgen?

Bei einer Fortführung des Projektes sollte man die Frage nach Auswahl sinnvoller Experimente in den Vordergrund stellen. Diese Auswahl sollte sich an den Lernzielen orientieren. Nur durch eine große Auswahl an möglichen Experimenten können die Lernziele erreicht werden, da sonst die Schüler/innen die wenigen möglichen Versuche auswendig lernen. Dies könnte oder sollte zu einer Liste sinnvoller und möglicher Versuche bei Schularbeiten und Tests führen. Diese Liste wäre auch sehr hilfreich für die Planung für Schüler/innen und Lehrer/innen.

Ein weiteres Ziel ist die Erstellung einer Hausübungsbox, die auf Kautionsbasis der Schule erhalten bleibt. Die Box sollte wie in 4.1.5.2 ausgeführt nur einige Messgeräte enthalten. Für spezielle Versuche könnte der Lehrer dann Einzelteile zur Verfügung stellen, die nach der Hausübung bzw. Schularbeit wieder eingesammelt werden. Diese Box könnte zusammen mit einer Versuchsliste mittelfristig sogar im Lehrmittelhandel zur Verfügung gestellt werden.

Das wichtigste Ziel scheint eine Verbreitung der Erfahrung zu sein. Die Durchführung von Experimenten bei Tests und Schularbeiten wird im Lehrplan eigentlich gefordert. Die Erfahrung aus den beiden Projekten zeigt, dass die Durchführung nicht so schwierig ist, wie man vielleicht annehmen könnte. Es gibt aber einige Fehler und Probleme, die man mit der Erfahrung aus diesem Projekt vermeiden könnte. Daher sollte man diese Erfahrungen unbedingt sammeln und weitergeben.

Ein bisher vernachlässigter Aspekt ist die Beurteilung der experimentellen Arbeiten im Rahmen einer Schularbeit. Ich habe mich da sehr an die Punktevergabe beim Landeswettbewerb zur Physikolympiade gehalten, da ich damit Erfahrung habe.

Es gibt noch ein paar offene Fragen:

- Wie viel Punkte vergibt man für die Durchführung des Experimentes?
- Wie bewertet man Schüler/innen die Ergebnisse erfinden?
- Wie findet und bewertet man Messfehler?
- Welche Toleranz lässt man noch zu?
- Wie bewertet man die Zerstörung von Bauteilen und Geräten?
- Welchen Anteil an der Punktezahlgibt man für ein ordentliches Protokoll?

Schließlich bleibt die Frage offen, ob im Falle einer Zentralmatura in Physik auch ein Experiment eingebaut werden sollte. Aus der Sicht des Lehrplans wäre das natürlich sehr sinnvoll. Ein weiteres Ziel könnte als auch die Vorbereitung eines zentralen Experimentes im Rahmen einer Physikmatura sein. Momentan wird es eine zentrale Matura nur in Deutsch, Mathematik und den Fremdsprachen geben.

4.2.2 Zusammenfassung

Zur Erreichung der Lernziele des Lehrplans 2004 ist die Durchführung von Experimenten zwingend notwendig. Daraus ergibt sich die Frage nach der Bewertung der experimentellen Leistungen. Neben der Bewertung der Mitarbeit im Rahmen der Experimente sollte man auch über die Einbindung der experimentellen Fähigkeiten in schriftliche Leistungsfeststellungen nachdenken. Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit der Durchführung von Schularbeiten und einer schriftlichen Matura mit Experiment.

Die praktische Durchführung stellt keine allzu großen Probleme dar. Mit einer guten Vorbereitung ist der Aufwand nicht viel größer wie bei Hörverständnisübungen in Fremdsprachen. Hier waren die Erfahrungen aus den Landeswettbewerben der Physikolympiade sicher sehr hilfreich. Dort werden seit 30 Jahren zentral gestellte themenunabhängige Experimente durchgeführt.

Die Kernfrage des Projektes ist sicher die Auswahl der Experimente. Beim vorliegenden Projekt wurden wiederholende und weiterführende Experimente gewählt. Das hat zu einer geringen Auswahl an möglichen Experimenten pro Schularbeit geführt. Dadurch haben Schüler ganz gezielt spekuliert und sich auf die wenigen möglichen Experimente gezielt vorbereitet. Dies sollte aber vermieden werden.

Für die Erreichung der Lernziele sind themenunabhängige Experimente sinnvoller. Das heißt, dass die Schüler/innen den Umgang mit Multimeter, Stoppuhr, Thermometer, Stativmaterial, Kabel, Linsen u.s.w. üben aber nicht wissen mit welchem Thema sich das Experiment beschäftigen wird. Das ist dann sinnvoll, wenn man als Lernziel die praktischen Fähigkeiten und die Auswertung von Experimenten definiert. Für diese Ziele ist der Inhalt des Experimentes nicht so wichtig. Bei der Physikolympiade wird dies ähnlich gehandhabt. Die Tendenz dort geht zu sehr rezeptartigen Experimenten.

Wenn man sich auf den Schularbeitsstoff beziehen will erreicht man vielleicht ein vertieftes Verständnis für den jeweiligen Stoff. Die Anzahl der möglichen Experimente ist aber viel zu gering.

Als wichtigsten Schritt für die Zukunft sehe ich eine Verbreitung der Ergebnisse in der Schule und über die Schule hinaus. Die Testung praktischer Fähigkeit sollte genauso alltäglich werden wie die Durchführung von Schüler/innenexperimenten. Dafür ist die Entwicklung einer Versuchsliste, einer Hausübungsbox und einer Beurteilungsschlüssels sicher hilfreich.

5 LITERATUR

BERGE OTTO ERNST, VOLKMER MARTIN; Lernerfolgskontrolle durch Experimente; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

BERGE OTTO ERNST, VOLKMER MARTIN; Schülerexperimente als Testsituation; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

BERGE OTTO ERNST; Experimentieraufgaben mit mehreren Lösungswegen; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

BRANDT REINHARD; Andere Länder – andere Tests; Unterricht Physik 13: Heft 71/72

GUDJONS Herbert; Handlungsorientiert lehren und lernen; Klinkhardt; Bad Heilbrunn 1989

HEPP Ralph; Experimente im Unterricht bewerten; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

LABUDDE Peter; Alltagsphysik in Schülerversuchen; Dümmler; Bonn 1996

MIE Klaus; Black-Box-Aufgaben mit elektrischen Widerständen; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

ROBERT Renate, MEYER Anne-Katrin und HEPP Ralph; Experimentelle Praktika im Physikunterricht; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

SCHEU Horst; Lernen beim Experimentieren; Aulis-Verlag Deubner & CO KG; Köln 2000

SCHWARZER Michael; Mathematik im Physikunterricht; IMST-Projektbericht; 2004

SCHWARZER Michael; Experimente bei Physikscharbeiten, Durchführen und Bewerten, (ID1115), IMST-Projektbericht 2008.

SINGER R. S. Hilton M.L. & Schweingruber H.A. ; National Research Council (2006). American's Lab Report: Investigations in High School Science. Washington DC: The National Academies Press

VOLKMER Martin; Einstieg in die Lernkontrolle mit Experimenten; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

VOLKMER Martin; Experimente als Teil komplexer Aufgaben; Unterricht Physik 13; Heft 71/72

Internetadressen:

<http://www.physik.uni-regensburg.de/didaktik/> Experimente im Physikunterricht: aus: Materialien für das experimentelle Seminar I Lehramt Gymnasium Fachdidaktik Physik der Universität Regensburg; (30.6.2008)

<http://physicsbox.uni-graz.at/unterrichtsmaterial/skripten/skripten.php> (11.07.09)

http://virtphys.uni-bayreuth.de/elek/flash/t_multi.swf