

Experimente bei Physik-Schularbeiten

Michael Schwarzer

Die Grundidee

Das Experiment spielt im Physikunterricht seit jeher eine große Rolle. Früher waren es meistens Demonstrationsexperimente, die von der Lehrkraft vorgeführt und erklärt wurden. Das hat sich vor etwa 25 Jahren schlagartig geändert, als in Österreich flächendeckend Schülerversuchsgeräte für die AHS angeschafft wurden. Vorher wurden praktische Aufgabestellungen im Regelunterricht nur in einzelnen Schulen und meist in Form von Laborunterricht als unverbindliche Übung bzw. Freifach durchgeführt. Mit diesen Experimentiergeräten konnten die Schülerinnen und Schüler erstmals eigenständig Versuche auf vielen wichtigen Gebieten der Physik (Mechanik, Optik, Wärmelehre und Elektrizität) durchführen. Dabei arbeiten sie in maximal acht Gruppen.

Im Jahre 2004 ist für die Oberstufe ein neuer Lehrplan in Kraft getreten. In Physik wird in diesem Lehrplan erstmals die Durchführung von Schüler-Experimenten ein Teil des Lehrstoffs. Damit wurde diese Art von Experimenten aus den allgemeindidaktischen Empfehlungen in den Kernstoffbereich gerückt.

Lehrstoff der 5. und 6. Klasse (9. und 10. Schulstufe):

Die Schülerinnen und Schüler sollen folgende physikalische Bildungsziele erreichen:

- mittels einfacher Schülerexperimente insbesondere die Fähigkeit zum Beobachten, Beschreiben und Berichten sowie Planen, Durchführen und Auswerten entwickeln. [Lehrplan 2004]

Wenn man also den Lehrplan der Oberstufe erfüllen will, kann man auf Schüler-Experimente nicht verzichten. Diese Änderung ist eine deutliche Aufwertung der Bedeutung der Experimente im Physikunterricht. Außerdem wurden auch jene Fähigkeiten formuliert, die bei der Durchführung von Experimenten im Unterricht erworben werden: Beobachten, Beschreiben, Berichten, Planen, Durchführen und Auswerten.

Als logische Folge des veränderten Kernstoffs wurde 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 wurde, müssen fiktive Messergebnisse angegeben werden, durch welche die eigenständige Leistung beim Ablauf des Experimentes keine Beeinträchtigung erfahren darf. [BGB 2007]

Damit ist erstmals die Durchführung von Experimenten bei schriftlichen Klausurarbeiten gesetzlich geregelt. Dieser Teil wird auch in der neuen Reifeprüfungsverordnung zur Zentralmatura enthalten sein. Im Jahre 2007 wurde am BRG Reutte ein Projekt gestartet, um die Durchführung von Experimentalaufgaben im Rahmen der schriftlichen Matura 2009 vorzubereiten. Um den Lernenden eine Übungsmöglichkeit zu geben, wurden ab der 7. Klasse Schularbeiten mit Experiment durchgeführt. Das Projekt wurde vier Jahre lang durch IMST unterstützt. [Schwarzer 2008 bis 2011] Im Folgenden sollen die Erfahrungen aus dem Projekt kurz dargestellt werden.

Didaktische Vorbemerkungen

Experimente im Unterricht lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Man kann sie nach der Organisationsform (Wer experimentiert?) 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 Wiederholungsexperimente.

Berge und Volkmer haben eine Einteilung für Experimente in Testsituationen entwickelt. Dabei unterscheiden sie drei Stufen, die sich in der Bindung an das Unterrichtsthema, im Schwierigkeitsgrad und in der Komplexität unterscheiden [Berge, Volkmer 2002]. Diese Einteilung hat sich für das Projekt als sehr hilfreich erwiesen. Während man im Unterricht alle Schwierigkeitsstufen einsetzen kann, ist es bei einer Lernkontrolle im Rahmen einer Schularbeit wegen der begrenzten Arbeitszeit sinnvoll, bekannte bzw. geführte Experimente mit linearer Struktur einzusetzen [Tabelle 1].

Erwähnt sollte werden, dass in allen Kompetenzmodellen praktische Fähigkeiten als Kompetenz explizit angeführt werden. Im Kompetenzmodell zur neuen Reifeprüfung wird bei der Handlungsdimension Erkenntnis gewinnen das Experiment explizit angeführt: „E 1 zu Vorgängen und Phänomenen in Natur, Umwelt und Technik Beobachtungen machen und/oder Messungen durchführen und diese beschreiben.“ [Leitfaden zur neuen Reifeprüfung für Physik, BMUKK 2012] .

Mag. Dr. Michael Schwarzer unterrichtet am BG/BRG Reutte Physik und hält den Physikolympiadekurs. Im Rahmen des IMST-Projekts untersuchte er, wie Experimente in Schularbeiten und Matura eingebaut werden können. E-Mail: m.schwarzer@tsn.at

Stufe	Bindung an das Unterrichtsthema	Schwierigkeitsgrad	Komplexität der Aufgabe
I	Wiederholendes Experimentieren Ein aus dem Unterricht bekanntes Experiment wird von den SchülerInnen wiederholt. Beispiel: Bestimmung der Federkonstanten einer Schraubenfeder.	Bekannter Versuchsaufbau mit genauer Anleitung Beispiel: Bestimmung der Dichte verschiedener Hohlkörper.	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 Text 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 angewendet. Beispiel: Wie schnell bewegt sich eine Luftblase in einem mit Wasser gefüllten Rohr bei verschiedenen Neigungswinkeln?	Selbständiges Experimentieren Es wird nur die Aufgabe gestellt, die SchülerInnen 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.

Tabelle 1

Daher nimmt die Bedeutung von Schüler-Experimenten im Unterricht zu. Die Frage ist aktueller denn je, wie Experimente im Rahmen von schriftlichen und praktischen Leistungsfeststellungen durchgeführt und beurteilt werden. Eine ausführliche Analyse dieser Frage findet man im IMST-Newsletter Nr. 29 [EBERT, 2009]

Das Projekt

Voraussetzungen

Am BRG Reutte gibt es einen realgymnasialen und einen gymnasialen Zweig. Im RG können die Schüler der 7. Klasse zwischen Darstellender Geometrie und verstärktem Unterricht in Biologie und Physik – jeweils mit Schularbeiten – wählen. Die Zahl der Schularbeiten wird schulautonom festgelegt. Am BRG Reutte sind es drei einstündige Schularbeiten in der 7. Klasse und eine 2- und eine 3-stündige Schularbeit in der achten Klasse. Die schriftliche Matura dauert 240 Minuten, im Rahmen der neuen Reifeprüfung 270 Minuten. Am BRG Reutte gibt es meist zwei eher kleine RG-Klassen, es ergeben sich Schularbeitsgruppen von 10 bis 15 Schülern und Schülerinnen.

Am BRG Reutte ist der Einsatz der klassischen Schülerversuche seit Jahren Routine. Erfahrungen mit der Beschreibung von Experimentieranleitungen, der Durchführung von Experimenten im Unterricht und der Erstellung von

Protokollen waren eine wichtige Voraussetzung für die Durchführung des Projektes.

Ein weitere wichtige Voraussetzung ist die Teilnahme an der Physikolympiade. Im Rahmen der Wettkämpfe bei der Physikolympiade gibt es seit 30 Jahren immer eine experimentelle Aufgabe. Die Erfahrungen aus der Erstellung und Bewertung von Experimenten aus der Olympiade erleichterten den Einstieg in das Projekt.

Ziele

Die Ziele des Projektes haben sich im Laufe der vier Jahre verändert. 2007 war das Ziel die Durchführung einer schriftlichen Matura mit Experiment, wie sie in der Reifeprüfungsverordnung ermöglicht wird. Dieses Ziel wurde bereits in der siebten Klasse in Angriff genommen, damit jene Schüler und Schülerinnen, die in Physik maturieren wollen, genug Übungsmöglichkeiten haben. Dadurch wurde es möglich, bis zu fünf Schularbeiten mit Experiment als Vorbereitung durchzuführen.

Nach der erfolgreichen ersten Matura [Schwarzer, 2009] war das nächste Ziel die Verbesserung der Übungsmöglichkeiten zu Hause durch eine Hausübungsbox, weil in der Evaluierung die mangelnden Übungsmöglichkeiten beklagt wurden. Momentan wird daran gearbeitet, die Anzahl der sinnvollen Experimente für die Übung im Unterricht und zu Hause zu vergrößern und die Lernziele noch exakter zu

formulieren, was auch eine Umstellung des Unterrichts in Richtung mehr Versuche bedeutet! Gleichzeitig sollen die Experimente besser in den Unterricht eingebaut werden, damit die praktische Leistungsfeststellung nicht ein auf Hausübungen und Schularbeiten beschränkter Teil der Note wird.

Durchführung

Das Projekt startete nach einer Vorlaufzeit mit der ersten Schularbeit im Frühjahr 2008. Das Experiment bei der ersten Schularbeit war eine Spannungsmessung an einer Kartoffel, wofür 12 Minuten Zeit geplant waren (siehe Anhang 5.1). Schon bei den ersten Besprechungen mit den Schülern äußerten sie den Wunsch nach einer Übungsmöglichkeit zu Hause als Vorbereitung auf die Schularbeit. Die Übungsstunden allein waren ihnen zu wenig, vor allem, wenn sie eine versäumt hatten. Der Wunsch war berechtigt, weil sie sich ja auch auf Rechen- und Theorieaufgaben gezielt vorbereiten können. Im Jahr 2008 wurde daher eine erste Sammlung von Geräten für zu Hause erstellt. Sie enthielt vor allem Versuche zum Stoff der 7. und 8. Klasse (Magnetismus und Halbleiter).

In der achten Klasse wurde dann die Box in Richtung Mechanik, Optik, Wärme und Elektrizität erweitert. Das war notwendig, da jene Schüler, die schriftlich maturieren wollten, im Rahmen der Matura ein Experiment aus dem Oberstufenstoff bearbeiten müssen.

Die Hausübungsbox enthält nun zehn Experimente aus allen Bereichen der Physik. Bei der Auswahl hielten wir uns an die Empfehlungen von Martin Volkmer [Volkmer 2002]. Ein Moodlekurs auf der Schulhomepage unterstützt die Schüler bei der Durchführung der Experimente. Die gesamte Box kostet 20 Euro und wird auf Kautionsausgabe. Damit können alle wichtigen Messmethoden auch zu Hause geübt werden.

Die Box enthält folgende Materialien:

- Plastiklinse
- Kugelschreiber (Federkonstante)
- Gummischnur (dynamische Bestimmung der Federkonstante)
- Lineal (Balkenwaage)
- Multimeter
- Gitterbrille mit 200 Strichen/mm.
- Widerstände, Diode, Potentiometer, Kabel
- NTC-Widerstand (T-Messung)

Die Experimente im Rahmen der 2- und 3-stündigen Schularbeiten wurden länger, aber nicht schwieriger. Sobald die Schüler mehr Zeit haben, kann man auch eine etwas aufwändigere Auswertung erwarten (Tabelle, Mittelwerte, Graphen). Immerhin 6 der 13 Schüler der Schularbeitengruppe 2009 traten zur schriftlichen Physikmatura an. Im Rahmen der Matura mussten diese Schüler die Eigenschaften einer Gummischnur untersuchen (Anhang 5.2). Nach Rücksprache mit dem LSR wurden die für das Experi-

ment notwendigen Materialien nicht mit dem Vorschlag im März eingereicht, sondern an der Schule vorbereitet. Als wichtig erwies sich die Tatsache, dass jeder Schüler für das Experiment im Rahmen der schriftlichen Matura einen großen ebenen Labortisch benötigt.

Nach diesem im Rahmen von IMST evaluierten ersten Durchgang wurde im zweiten Durchgang auf eine Verbreitung in der Schule gesetzt. Das führte zur Zusammenarbeit aller Kollegen, die in einer Schularbeitengruppe unterrichten. Momentan gibt es in allen Gruppen experimentelle Schularbeiten, im Mai 2012 gab es die zweite Matura mit Experiment. Dabei mussten die drei Kandidaten die Wärmekapazität von Zuckerwasser möglichst genau bestimmen.

Erkenntnisse im Rückblick

Im Vergleich zu den erreichten Zielen des ersten IMST-Projektes sieht man, dass sich einiges an Erfahrung angesammelt hat und dass einige Ziele auch verändert bzw. genauer formuliert wurden. Entscheidend war dabei, dass jedes IMST-Projekt von Experten betreut wird und evaluiert werden muss. Ohne diese Unterstützung wäre das Projekt so nicht möglich gewesen.

Lernziele

Im Rahmen des Projektes kamen wir immer wieder auf die Frage nach den Lernzielen zurück, die wir erreichen wollen. Studien in Deutschland zeigen, dass Schüler und Schülerinnen durch selbst durchgeführte Versuche nicht mehr Physikwissen im Sinne von reproduktivem Wissen erwerben [Winkelmann 2011; Tesch 2002]. Das kann also nicht das Ziel sein. Das Ziel solcher Projekte kann nur das Erlernen von praktischen Fähigkeiten und die Vermittlung der Arbeitsweise und die Art des Erkenntnisgewinns in der Physik sein, wie es im Lehrplan 2004 festgehalten wird.

Im Rahmen dieses Projektes formulierten wir die praktischen Fähigkeiten als Lernziel. Als Folge davon wurden die Experimente so ausgesucht, dass im Rahmen der HÜ die wichtigsten Messgeräte und Messverfahren geübt und bei Schularbeiten wirklich nur diese Fähigkeiten geprüft werden. Das bedeutet, dass man Experimente mit möglichst wenig theoretischem Hintergrundwissen oder möglichst genaue Anweisungen verwenden muss. Daher müssen bei der Mitteilung des Schularbeitstoffs die erwarteten praktischen Fähigkeiten exakt formuliert werden. (Resümee)

Beurteilung der Schularbeitenexperimente

Die Bewertung von Experimenten ist prinzipiell der Bewertung von Theorie- und Rechenaufgaben sehr ähnlich. Für verschiedene Teile werden einzelne Punkte vergeben (Volkmer 2002; Anhang 5.1 und 5.2). Für einzelne Teile (Messung, Darstellung, Versuchsaufbauzeichnung, ...) gibt es Punkte und Abzüge bei Fehlern. Die Bewertung des Experi-

ments erfolgt nicht während des Unterrichts, wie dies bei manchen Praktika gemacht wird, sondern erst im Nachhinein. Der Lehrer hat während der Korrektur nicht die Möglichkeit, sich zu erkundigen, was genau gemessen wurde, und ist daher auf das Protokoll angewiesen. Daher müssen die Schüler sehr genau darlegen, was und wie gemessen wurde. Der Aufbau des Versuchs, eine genaue Angabe aller Messwerte und Annahmen sind das Minimum. Die Lehrperson muss also neben dem Messergebnis und der Messgenauigkeit auch die Protokollführung beurteilen.

Auswahl der Experimente

Die Auswahl der Experimente für die Schularbeit ist sehr begrenzt. Es ist unmöglich, nur Experimente zum jeweiligen Lehrstoff zu geben. Beispielsweise sind in der 7. Klasse in den Gebieten Elektromagnetismus und Quanten nur beschränkt Experimente möglich. Außerdem werden immer wieder Messgeräte aus anderen Stoffgebieten benötigt. Wenn man zum Beispiel einen Versuch zum Thema Halbleiter (8. Klasse) durchführt, muss man wissen, wie ein Multimeter zu verwenden ist (6. Klasse). Wenn man die Wellenlänge einer Diode bestimmen will, sollte man über Gitterbeugung (7. Klasse) Bescheid wissen.

Die Lösung sind hier themenunabhängige Experimente [Tabelle 1], die auf die Überprüfung der experimentellen Fähigkeiten und nicht des Lehrstoffs abzielen. Oft wird die Leistungsbeurteilungsverordnung als Hindernis gesehen, wonach man keinen Stoff prüfen dürfe, der schon länger zurückliegt. Wenn man aber die Experimente im Unterricht oder im Rahmen einer Hausübung durchführen lässt und die praktischen Fähigkeiten und den theoretischen Hintergrund, der aus dem Stoff einer früheren Klasse stammen kann, wiederholt, dann ist es rechtlich kein Problem.

Da die Schularbeiten in der 7. Klasse einstündig sind und nur ein Experiment durchgeführt werden soll bzw. kann, ist die Dauer mit etwa einer Viertel Unterrichtsstunde (ca. 12 Minuten) beschränkt. Der Schüler hat also nur 12 Minuten Zeit, das Experiment durchzuführen und die Messdaten korrekt zu protokollieren. Damit ist klar, dass es keine Experimente mit verzweigter Struktur und kein selbstständiges Experimentieren geben kann. Im Rahmen einer Schularbeit kann man bestenfalls themenunabhängige, geführte, lineare Experimente durchführen. In den ersten Jahren wurden hier meist Multimeter verwendet, mit denen Schüler einen Widerstand vermessen sollten. Auch die Bestimmung der Dichte eines Steins oder die Wellenlänge einer Diode sind solche einfache Experimente. Erst bei den mehrstündigen Schularbeiten gibt es längere Experimente wie die Kennlinie einer Diode oder das Verhalten eines Linsensystems. Trotzdem bleibt die Auswahl von themenunabhängigen, kurzen und einfachen Experimenten mit wenig theoretischem Grundwissen das größte Problem des laufenden Projektes.

Übungsstunden im Unterricht

Die Materialien der Schülerversuchskästen sind für Gruppenunterricht ausgelegt. Bei Schularbeiten gibt es keine Gruppen. Alle Schüler und Schülerinnen müssen eigenständig das Experiment aufbauen und durchführen. Daher versuchen wir am BRG Reutte vermehrt, einfache Versuche als sogenannte Einzelplatzexperimente zur Verfügung zu stellen. Dafür werden billige elektronische Bauteile (LED, Widerstände, Lampen, Krokodilkabel), Multimeter, Papiermessbänder (Möbelmarkt), NTC-Widerstände, Plastiklinsen u.s.w. in Klassenstärke angeschafft. Der Preis dieser Bauteile liegt meist unter einem Euro. Daher ist es möglich, Versuche in Klassenstärke zusammenzustellen. Seit dem Schuljahr 2011/12 werden nun auch in der Unterstufe einfache Einzelplatzexperimente im Rahmen von Laborunterricht durchgeführt. Auch der Einsatz von Experimentierkästen bietet eine gute Alternative zu den teuren Schülerversuchsgeräten. Ein Elektronikexperimentierkasten für zu Hause kostet so viel wie zwei Steckbausteine der klassischen Schülerversuche! Der Einsatz solcher Experimentierkästen für Halbleiterschaltungen wurde bereits erprobt und hat sich bewährt.

Mehraufwand

Nicht zu vergessen ist auch der organisatorische Mehraufwand für die Lehrerkraft und die Schule. Man muss für jede Schularbeit ein passendes Experiment in Klassenstärke vorbereiten und testen. Während der Schularbeit benötigen die Schüler und Schülerinnen eigene Tische, was bei größeren Gruppen zu einem echten Problem wird. Am BRG Reutte wurde daher in den letzten Jahren für die Schularbeitengruppe die Teilungszahl 11 für Laborunterricht angewandt. Außerdem wurden alle Schularbeiten im Physiksaal geschrieben. Während der Matura sollte auch eine Physiklehrerkraft Aufsicht führen, um eventuelle Probleme mit den Versuchsgeräten lösen zu können. Die Schulleitung hat alle diese Anliegen immer unterstützt, was eine wichtige Voraussetzung für das Gelingen des Projektes ist.

Was lernen Schüler wirklich?

Die Ergebnisse der Schularbeiten sind zum Teil ernüchternd. Schüler passen sich der neuen Herausforderung sehr schnell an und lernen die Experimente genauso schlampig auswendig und nur für das Kurzzeitgedächtnis wie vieles andere. Man muss die praktischen Fähigkeiten, auf die man Wert legt, wie bei allen anderen Stoffgebieten ständig wiederholen und üben. Die Bedienung eines Multimeters wird genauso vergessen wie die Funktionsweise eines Transformators. Die Protokolle der schlechten Schüler sind so schlecht, dass man manchmal nicht weiß, was sie gemessen haben. Auf der anderen Seite gibt es auch jene Schüler, die sehr interessiert sind und aus dem praktischen Unterricht viel für ein späteres Studium mitnehmen. Wenn man aber am Lernziel praktische Fähigkeiten festhalten will, muss der gesamte Unterricht umgestellt werden.

Wie bei jedem anderen Unterricht muss man sich immer wieder fragen: Was genau sind meine Lernziele und wie kann ich sie erreichen? Grob gesagt, die Schularbeit sollte dem Unterricht entsprechen. Wenn ein Viertel der Schularbeit aus einem Experiment besteht, dann sollte man sich auch zu einem Viertel im Unterricht damit beschäftigen. Man muss sich also im Unterricht für die Vorbereitung der Experimente bei Schularbeiten Zeit nehmen und andere Themen kürzen, damit Aufbau und Durchführung von Experimenten geübt werden kann. Auch das Verfassen eines Protokolls mit allen wichtigen Daten, muss geübt werden. Das Erstellen eines Protokolls aus den Rohdaten der Messung im Unterricht kann auch als Hausübung ausgeführt werden.

Die Durchführung der Schularbeit

Da die Materialien für das Schularbeitenexperiment nicht erst in der Stunde verteilt werden können, hat es sich als günstig erwiesen, wenn der Saal in der Stunde vor der Schularbeit frei ist. Bei kurzen Experimenten kann man alle Teile auf einem Rolltisch aufbauen und in der 5-Minutenpause verteilen. Wichtig ist auch die Vorbereitung von Ersatzteilen, vor allem von Ersatzmultimetern. Nach der Schularbeit lagern die Schüler die Materialien wieder auf dem Rolltisch, damit der Lehrer nicht zu lang für das Aufräumen benötigt.

Schüler können den Aufbau des Experiments beim Nachbarn abschauen. Das kann kaum verhindert werden, stellt aber kein großes Problem dar, weil bei den meisten Experimenten (z. B. Stromkreis mit einfachen Kabeln) der Aufbau aus der Ferne nicht erkennbar ist. Zur Sicherung der Eigenleistung der Schüler kann man die Experimente leicht variieren. Man teilt einfach Material mit unterschiedlichen Eigenschaften aus, z. B. Widerstände mit unterschiedlichen Werten, Linsen mit verschiedenen Brennweiten, u.s.w.

Resümee

Auch wenn die Erfahrungen der ersten vier Jahre teilweise ernüchternd sind, so stellt das Projekt einen möglichen Weg in Richtung Kompetenzorientierung und Nachhaltigkeit dar. Es ist bedenklich, wenn Schüler nach mehrmaliger Besprechung des Hebelgesetzes eine einfache Balkenwaage aus Lineal und Bleistift nicht verstehen, wenn Schüler nach mehreren Monaten Optik in der 4. Klasse und Wiederholung in der Oberstufe sich nicht merken, wo und wie man die Gegenstandsweite misst oder Schüler nach der Elektrizitätslehre in der 3. und 6. Klasse nicht wissen, warum man ein Multimeter für die Strommessung in Serie schalten muss, weil sie schon längst vergessen haben, was Stromstärke eigentlich ist.

Das Projekt zeigt aber, dass das Durchführen von Experimenten im Rahmen von Schularbeiten das Grundverständnis für die Arbeitsweise der Physik fördert und die Nachhaltigkeit von Wissen verbessert. Ganz nebenbei werden Kompetenzen wie genaues Arbeiten, Bedienen von Geräten, Graphische Darstellung von Ergebnissen, Protokollführung

u.s.w. geübt. Wenn man die heute geforderte Kompetenzorientierung ernst nimmt, kommt man um verstärktes Experimentieren in Einzelplatzversuchen und die Überprüfung von praktischen Fähigkeiten im Rahmen von Schularbeiten und Tests nicht herum. Die Erfahrungen dieses Projektes zeigen einerseits die Durchführbarkeit von Experimenten im Rahmen von Schularbeiten, andererseits wurde durch die Unterstützung von IMST ein tragfähiges Konzept mit klar formulierten Lernzielen entwickelt.

Seit 2008 gibt es am BRG Reutte Physikschararbeiten mit Experiment. Das Projekt hat gezeigt, dass Experimente bei Schularbeiten machbar und sinnvoll sind – sinnvoll im Sinne der Nachhaltigkeit und Kompetenzorientierung. Die Schüler lernen die Arbeitsweise von Physikern kennen, zeigen höhere Leistungen bei Transferaufgaben und lernen Experimente aufzubauen und durchzuführen. Ganz nebenbei lernen sie auch noch genaues Arbeiten und das Führen von Protokollen. Das sind Fähigkeiten, die auch abseits vom Physikunterricht wichtig sind.

Literatur

- Berge Otto E., Volkmer Martin 2002: Lernerfolgskontrolle mit Experimenten in: Unterricht Physik Nr. 71/72
- Berge Otto E., Volkmer Martin 2002b: Schülerexperiment als Testsituation in: Unterricht Physik Nr. 71/72
- BGB für die Republik Österreich, 123. Verordnung; ausgegeben am 12. Juni 2007. Teil II
- BMUKK 2012: Die kompetenzorientierte Reifeprüfung aus Physik. Richtlinien und Beispiele.
- Ebert Veronika u.a.: IMST-Newsletter: Labor- und Werkstättenunterricht; Jahrgang 8 Nr. 29.
- Hepp Ralph, 2002: Experimente im Unterricht bewerten in: Unterricht Physik Nr. 71/72
- Lehrplan 2004; BGBl. II Nr. 277/2004 v. 8. 7. 2004
- Schwarzer Michael 2008: Experimente bei Physikschararbeiten: IMST-Projekt 2007/08; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
- Schwarzer Michael 2009: Experimente bei Schularbeiten durchführen und bewerten, IMST-Projekt 2008/09; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
- Schwarzer Michael, Tschauko Otto 2010: Experimente bei Physikschararbeiten und Tests; IMST-Projekt 2009/10; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
- Schwarzer Michael, Tschauko Otto, 2011: Hausübungsmöglichkeiten für Experimente bei Tests und Schularbeiten; IMST-Projekt 2010/11; <http://imst3plus.aau.at/imst-wiki/index.php/Hauptseite>
- Tesch Maike, Duit Reinders, 2002: Zur Rolle des Experiments im Physikunterricht; Vortrag im Rahmen der Didaktik der Physik Frühjahrstagung Leipzig 2002.
- Volkmer Martin 2002: Einstieg in die Lernkontrolle mit Experimenten in Unterricht Physik Nr. 71/72
- Winkelmann Jan, Erb Roger; 2011: Fachwissenszuwachs durch Schüler- und Lehrerexperimente im gymnasialen Physikunterricht; Didaktik der Physik Frühjahrstagung 2011 Münster.

Anhang

Erstes Schularbeitenexperiment 2009

Experiment: Erdäpfelbatterie **gesamt 14 Punkte**

- a) Für die 3 vorliegenden Metalle gibt es 3 mögliche Kombinationen. Miss jeweils die Spannung, die zwischen den verschiedenen Metallen entsteht. **5 Punkte**

WICHTIG: Gib an, welche Metalle du verwendest hast!

[Eisen: rostig; Zink: silbern; Messing: goldig; Kupfer: braungold; Blei: weich; Kohle: schwarz]

- b) Schließ den Widerstand an und miss die Stromstärke für alle 3 Kombinationen! **7 Punkte**
- c) Berechne für eine Kombination den Widerstand und die Leistung! **2 Punkte**

Maturaexperiment 2009

Experiment: Das Gummiband **gesamt 13 Punkte**

ACHTUNG: Die angegebenen Massenempfehlungen sollten eingehalten werden, da sonst das Gummiband überdehnt werden könnte. Die Länge des Gummibandes ist ohne Masse nicht genau bestimmbar, daher ist es sinnvoll, die Messungen mit 10g (Masse der Halterung!) zu beginnen.

- a) **Die Federkonstante** **6 Punkte**
Befestige das einzelne Gummiband am Stativ und miss die Dehnung für mindestens fünf verschiedene Massen (10 g – 60 g)! Zeichne ein Kraft-Dehnungs-Diagramm und ermittle daraus die Federkonstante!

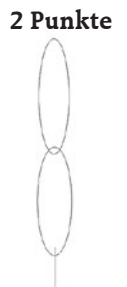
Fiktive Messergebnisse:

Masse	Längenänderung gegenüber der Länge bei 10 g!
20 g	3,0 cm
30 g	6,1 cm
40 g	9,4 cm
50 g	12,7 cm

- b) **Schwingungsdauer** **3 Punkte**
Belaste das Gummiband mit 60g und miss die Schwingungsdauer! [TIPP: Die starke Dämpfung bleibt unberücksichtigt!] Berechne daraus die Federkonstante und vergleiche das Ergebnis mit der Aufgabe „a“!

Wie groß ist der relative Fehler in Prozent?
Welche Ursache könnte der Fehler haben?
Fiktives Messergebnis: $t = 0,89s$

- c) **Serienschaltung** **2 Punkte**
Befestige die zwei zusammengebundenen Gummibänder am Stativ!
Bestimme die Federkonstante aus der Dehnung.
Wie ändert sich die Federkonstante gegenüber der Aufgabe „a“ und wie kann man das erklären?



- d) **Parallelschaltung** **2 Punkte**
Befestige die zwei zusammengebundenen Gummibänder parallel am Stativ.
Bestimme die Federkonstante, wenn das Gewicht beide Bänder dehnt.
Wie ändert sich die Federkonstante gegenüber der Aufgabe „a“ und wie kann man das erklären?



Hausübungsversuch: Pendel

Name:

Datum:

Theorie: Bei der harmonischen Schwingung ist die Schwingungsdauer unabhängig von der Auslenkung. Eine Feder (Gummiband) und ein Pendel (Zwirn) schwingen harmonisch.

Formeln: Schwingungsdauer einer Feder bzw. eines mathematischen Pendels.

Versuchsanleitung: Befestige die Gummischnur an einem Ende mit Tixo am Tisch und hänge am anderen Ende ein Gewicht an (Münze mit Tixo). Lasse das System schwingen und miss die Schwingungsdauer für fünf Schwingungen. Wiederhole den Versuch mit dem Zwirn, der wie ein Pendel schwingt.

Messwerte:

	T1	T2	T3	T4	T5	Mittelwert
Gummischnur						
Pendel						

Ergebnisse:

- c) Berechne die Federkonstante der Gummischnur!
 $k =$
- d) Berechne die Erdbeschleunigung aus der Pendelschwingung!
 $g =$