



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

**S5 „Entdecken, Forschen und Experimentieren“**

---

# **EXPERIMENTE BEI PHYSIKSCHULARBEITEN UND TESTS ID 1701**

**Mag. Dr. Michael Schwarzer**

**Mag. Otto Tschauko  
BG/BRG Reutte**

Reutte, im Juni 2010

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
1.1 Ausgangssituation.....	4
1.1.1 Motivation.....	4
1.1.2 Das Experiment in der didaktischen Literatur.....	5
1.2 Ziele des Projekts .....	8
1.2.1 Durchführung eines zweiten Durchgangs von Schularbeiten.....	8
1.2.3. Evaluation .....	8
<b>2 DURCHFÜHRUNG</b> .....	<b>9</b>
2.1 Chronologie.....	9
2.2 Ablauf.....	10
2.2.1 Ablaufplanung.....	10
2.2.2 Ablaufänderungen.....	10
2.3 Das Experimentierset.....	11
2.4 Schularbeiten .....	11
2.5 Praktische Mitarbeitüberprüfung .....	12
<b>3 EVALUATION</b> .....	<b>14</b>
3.1 Schularbeiten .....	14
3.2 Praktische Mitarbeitüberprüfungen .....	16
3.3 Genderaspekte .....	17
<b>4 REFLEXION UND AUSBLICK</b> .....	<b>18</b>
4.1 Probleme.....	18
4.2 Matura 2.0.....	18
4.3 Hausübungsbox .....	18
4.4 Lernziele .....	19
<b>LITERATUR</b> .....	<b>20</b>

## **ABSTRACT**

*Das Projekt baut auf den Erfahrungen der Imst-Projekte 1115 und 1245 auf. Durch die Einbindung eines weiteren Kollegen und die Einbindung der Ergebnisse der Vorgängerprojekte soll es zu einer Verbreitung und einer Verbesserung kommen. Neue zentrale Aspekte sind die Verbesserung der Übungsmöglichkeiten zu Hause und die Durchführung kurzer praktischer Tests in der 6. Klasse.*

*Die Ergebnisse der beiden Projekte zeigen, dass die Auswahl der Experimente sich an den Lernzielen orientieren muss. Experimente sollten jene Fähigkeiten, die Schülerinnen und Schüler auch in einem guten Frontalunterricht nicht in diesem Ausmaß erlernen können, fördern. Mit Experimenten bei Schularbeiten kann man die Fähigkeit zum Beschreiben sowie Durchführen und Auswerten testen. Die Planung von Experimenten, die Überprüfung von Theorien und die Entwicklung von Hypothesen können im Unterricht als Ziel experimenteller Arbeit definiert werden, überfordern aber den/die Schüler/Schülerin in Prüfungssituationen.*

*Wichtig für die weitere Arbeit bleibt die Frage, welche Experimente einsetzbar ist und wie komplex bzw. themenunabhängig diese sein dürfen. Je komplexer und themenabhängiger die Experimente umso mehr Übungsmöglichkeiten benötigen die Schüler/Schülerinnen.*

Schulstufe: 10./ 11. Schulstufe

Fächer: Physik

Kontaktpersonen: Mag. Dr. Michael Schwarzer / Mag. Otto Tschauko

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Ausgangssituation

Die Ausgangssituation wurde bereits bei den Vorgängerprojekten<sup>1</sup> 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 Schülerexperimente 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/Schülerinnen erstmals eigenständig Versuche aus allen wichtigen Gebieten der Physik (Mechanik, Optik, Wärmelehre und Elektrizität) durchführen.

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

#### **Lehrstoff der 5. und 6. Klasse<sup>2</sup>:**

*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<sup>3</sup>*

Wenn man die Lernziele der Oberstufe erfüllen will, kann man auf Experimente nicht verzichten. Das zeigt auch 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*
- Problemlösungsstrategien einzeln und im Team entwickeln können*
- eigenständig** arbeiten können*
- umweltbewusst handeln können*

---

<sup>1</sup> Experimente bei Physikschararbeiten ID 1115

<sup>2</sup> Entspricht der 9. und 10.Schulstufe

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

- 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 können<sup>4</sup>

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.*<sup>5</sup>

Damit ist die Durchführung von Experimenten bei schriftlichen Klausurarbeiten gesetzlich geregelt. Es ist aber nicht sinnvoll und auch nicht erlaubt, im Rahmen der schriftlichen Klausurarbeit Arbeitstechniken zu verlangen, die vorher nie bei einer Schularbeit eingeübt wurden. Dies gilt in Physik genauso wie in allen anderen Fächern, wie zum Beispiel die Hörverständnisübungen in den Fremdsprachen. Daher startet dieses Projekt bereits in der 7.Klasse mit Experimenten bei Schularbeiten. Wenn die Schüler/Schülerinnen im nächsten Schuljahr zur Matura antreten, haben sie bereits vier Schularbeiten mit experimenteller Aufgabenstellung geschrieben.

## 1.1.2 Das Experiment in der didaktischen Literatur

Experimente im Unterricht lassen sich nach verschiedenen Kriterien einteilen. Man kann sie nach der Organisationsform (Schüler/Schülerinnen- oder Lehrer/Lehrerinnenexperimente) 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<sup>6</sup>.

Berge und Volkmer<sup>7</sup> 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.

<sup>4</sup> Auszug aus den Lernzielen des Lehrplans 2004

<sup>5</sup> BGB für die Republik Österreich, 123.Verordnung; ausgegeben am 12. Juni 2007. Teil II

<sup>6</sup> Schwarzer Michael: Mathetik im Physikunterricht

<sup>7</sup> Berge; Volkmer; Schülerexperimente als Testsituation

Eine genaue Analyse zeigt, dass der Lehrplan in Österreich Schülerexperimente in allen Schwierigkeitsstufen erwartet.

Während das Erstellen von Diagrammen und die Durchführung von einfachen Experimenten<sup>8</sup> mit wiederholenden (Stufe I) und weiterführenden (Stufe II) Experimenten mit bekanntem Versuchsaufbau (Stufe I) und geführten Experimentieren (Stufe II) erreicht werden kann, ist die Entwicklung und Einschätzung von Hypothesen<sup>9</sup> nur mit themenunabhängigen Experimenten die ein selbstständiges Experimentieren (Stufe III) erfordern möglich. Welche Experimente nun bei Leistungsfeststellungen aller Art durchführbar und sinnvoll sind ist eine der Kernfragen des Projektes.

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

<sup>8</sup> Siehe Lehrplan

<sup>9</sup> Siehe Lehrplan

### 1.1.3 Rechtliche Grundlagen der Tests

In zwei sechsten Klassen soll je eine praktische Prüfung durchgeführt werden. Rechtlich sind es keine Test sondern eine praktische Überprüfung der Mitarbeit. Dies ist im SchUG ausdrücklich erlaubt:

**§ 18.** (1) *Die Beurteilung der Leistungen der Schüler in den einzelnen Unterrichtsgegenständen hat der Lehrer durch Feststellung der Mitarbeit der Schüler im Unterricht sowie durch besondere in die Unterrichtsarbeit eingeordnete mündliche, schriftliche und **praktische** oder nach anderen Arbeitsformen ausgerichtete Leistungsfeststellungen zu gewinnen. Maßstab für die Leistungsbeurteilung sind die Forderungen des Lehrplanes unter Bedachtnahme auf den jeweiligen Stand des Unterrichtes.*<sup>10</sup>

Auch in der Leistungsbeurteilungsverordnung wird die praktische Mitarbeit erwähnt.

#### **Mitarbeit der Schüler im Unterricht**

**§ 4.** (1) *Die Feststellung der Mitarbeit des Schülers im Unterricht umfasst den Gesamtbereich der Unterrichtsarbeit in den einzelnen Unterrichtsgegenständen und erfasst:*

1. *in die Unterrichtsarbeit eingebundene mündliche, schriftliche, **praktische** und graphische Leistungen,*
2. *Leistungen im Zusammenhang mit der Sicherung des Unterrichtsertrages einschließlich der Bearbeitung von Hausübungen, ....*<sup>11</sup>

Die praktische Leistungsfeststellung wurde vom Gesetzgeber für künstlerische Fächer eingeführt, kann aber ohne Einschränkungen auch für Experimente verwendet werden. Wie bereits in den Vorgängerprojekten gehen wir dabei davon aus, dass die Einübung praktischer Fähigkeiten durch Schülerexperimente nur mit einer anschließenden Überprüfung der praktischen Fähigkeiten sinnvoll ist. Herkömmliche Schülerexperimente ohne praktischen Test führen dazu, dass nur einer pro Gruppe sich um die Durchführung kümmert, während die anderen die Erkenntnisse übernehmen und lernen. Für welchen Weg man sich entscheidet ist eine Frage der Lernziele. Wenn es um den Erkenntnisgewinn geht, dann ist manchmal ein Demonstrationsexperiment geeigneter, da sich die Schüler/Schülerinnen nicht mit den praktischen Fragen beschäftigen müssen. Wenn man die Vermittlung der physikalischen Arbeitsweise zum Ziel hat, dann eignen sich auch einfache Experimente ohne Überprüfung der praktischen Fähigkeiten. Wenn man die praktischen Fähigkeiten als Lernziel formuliert kommt man um die Frage der praktischen Leistungsüberprüfung nicht herum. .

---

<sup>10</sup> [http://www.bmukk.gv.at/schulen/recht/gvo/schug\\_teil1.xml](http://www.bmukk.gv.at/schulen/recht/gvo/schug_teil1.xml)

<sup>11</sup> [http://www.bmukk.gv.at/schulen/recht/gvo/lb\\_vo.xml#04](http://www.bmukk.gv.at/schulen/recht/gvo/lb_vo.xml#04)

## **1.2 Ziele des Projekts**

### **1.2.1 Durchführung eines zweiten Durchgangs von Schularbeiten**

Nachdem es in den Schuljahren 2007/08 und 2008/09 einen ersten Durchlauf mit Experimenten bei Schularbeiten und einer Reifeprüfung gegeben hat soll nun ein zweiter Durchlauf mit einigen Verbesserungen durchgeführt und evaluiert werden. Dieser zweite Durchgang wird von Kollegen Tschauko durchgeführt. Kollege Schwarzer steuert seine Erfahrungen bei.

Als ein wichtiger Punkt sollen die Übungsmöglichkeiten für die Schüler/Schülerinnen zu Hause verbessert werden. Die in den letzten Jahren verwendete Hausübungsbox mit Experimenten zu Elektrizität, Magnetismus und Halbleiter wird neu konzipiert. Geplant ist der probeweise Einsatz von fertigen Experimentierkästen der Firma Kosmos.

Die zweite zentrale Frage ist die Art der möglichen Experimente. Das große Ziel wären geführte themenunabhängige Experimente, die in dieser Form nicht vorher geübt wurden. Ein Grund für dieses Ziel ist neben grundlegenden pädagogischen Überlegungen die einfache Tatsache, dass es zu begrenzten Stoffgebieten nur eine sehr geringe Zahl bei Schularbeiten durchführbarer Experimenten gibt.

### **1.2.2. Durchführung praktischer Tests in der 6. Klasse**

In zwei sechsten Klassen werden praktische Tests durchgeführt. Eine der beiden sechsten Klassen besucht einen technischen Zweig mit Schwerpunkt Metallurgie. Dieser Zweig wird als Laptopklasse geführt. Trotz unzähliger Onlineexperimente und Applets werden reale Schülerexperimente durchgeführt. Diese sollen auch in einer praktischen Mitarbeitüberprüfung abgefragt werden. Die Durchführung von Computereperimenten festigt nicht die praktischen Fähigkeiten und ist daher keine Alternative. Die zweite sechste Klasse wird im nächsten Jahr Schularbeiten in Physik mit Experiment schreiben. Daher erscheint es sinnvoll bereits heuer kleine Tests durchzuführen.

### **1.2.3. Evaluation**

Im Rahmen der Evaluation soll das Erreichen der Lernziele genauso überprüft werden wie die Einstellung der Schüler/Schülerinnen zu experimentellen Prüfungsaufgaben. Der Schwerpunkt der Evaluation soll auf die Hausübungen und auf mögliche Hilfestellungen für die Vorbereitung auf experimentelle Tests in Unterricht gelegt werden.

## 2 DURCHFÜHRUNG

### 2.1 Chronologie

- Oktober 2009: Vorabinformation der Schüler/Schülerinnen über das Vorhaben Experimente bei Schularbeiten einzuführen.
- Dezember 2009: Erste Schularbeit noch ohne Experiment.
- Jänner 2010: Erstellen einer Versuchsliste und einer Materialliste für die Hausübungsbox.
- Februar 2010: Genaue Information der Schüler/Schülerinnen über das Projektvorhaben, Austeilen des Experimentiersets und der ersten Versuchsanleitungen.
- bis März 2010: Information der Schüler/Schülerinnen der sechsten Klassen über die Durchführung der praktischen Tests  
Übungsstunden mit den Schülern/Schülerinnen im Regelunterricht. Diese Stunden wurden nicht regelmäßig, sondern je nach Bedarf in den Unterricht eingebaut.
10. März 2010: Erste Schularbeit mit Experiment<sup>1</sup>. Als Experiment musste der Spannungsabfall sowie die Teilströme an parallel geschalteten Widerständen gemessen werden.
- 23.-24. April 2010: Schreibworkshop
- März 2010 Vermehrte Übungsstunden in den beiden sechsten Klassen mit den Schülerversuchskästen zum Thema Strom.
10. Mai 2010: Zweite Schularbeit mit Experiment<sup>2</sup>. Als Experiment musste der Abstand der Datenspuren einer CD ermittelt werden. Hierzu musste der Schüler/die Schülerin mit einem Laserpointer ein Beugungsmuster erzeugen und auswerten.
16. + 19. Mai Durchführung der PMÜ (Praktische Mitarbeitüberprüfung) in den sechsten Klassen. Thema: Einfache Messungen mit dem Multimeter. Die Klassen wurden in Gruppen zu acht Schüler/Schülerinnen geteilt.
- Mai 2010: Evaluation des Projekts.

## 2.2 Ablauf

### 2.2.1 Ablaufplanung

Die Vorbereitung der Schüler/Schülerinnen auf die Schularbeiten ist ein wesentlicher Teil des Projekts. Im Laufe des Schuljahres erhalten sie Informationen über die durchzuführenden Experimente sowie über die Beurteilung von Experimenten im Rahmen eines Tests oder einer Schularbeit. Bei der Bewertung von Experimenten wird in einem vorher definierten Rahmen von Prüfungen sowohl die Durchführung, als auch die Genauigkeit von Messungen herangezogen. Dies impliziert die Notwendigkeit einer Protokollführung, welche dann indirekt in die Beurteilung einfließen soll. Darüberhinaus soll sie den Schülern/Schülerinnen erlauben, Versuche auch nach einem längeren Zeitraum rekapitulieren zu können. Der Versuchsaufbau zählt genauso zur Protokollführung wie eine genaue Darstellung der Messergebnisse und deren Auswertung. Die Schüler/Schülerinnen erhalten rechtzeitig vor der Schularbeit eine Liste von Kriterien zur Beurteilung von Experimenten bei Tests, respektive Schularbeiten. Die Liste wird mit den Schülern/Schülerinnen besprochen und enthält die folgenden Punkte:

1. Versuchsaufbau möglichst genau skizziert! (Keine Kunstwerke)
2. Beschreibung der Versuchsdurchführung.
3. Entsprechende Darstellung der Messergebnisse. (ev. In Tabellenform)
4. Auswertung der Messergebnisse (Fiktive Messergebnisse werden gegebenenfalls angegeben)
5. Fehlerbetrachtung

Die Ansprüche an die Messgenauigkeit eines Experiments, für das eine Dauer von 15 bis 20 Minuten veranschlagt wird, müssen entsprechend niedrig gehalten werden. Um jedoch einem möglichen Schätzen von Messergebnissen seitens einer Schülerin oder eines Schülers entgegenzuwirken, kann auf eine Grenze bei Messungenauigkeiten nicht verzichtet werden. So wurde eine sinnvolle Fehlertoleranz von 10 – 20 % festgelegt. Außerhalb der Toleranz werden Punkte abgezogen. Eine weitere Grenze bildet der physikalisch sinnvolle Bereich (Die Stromstärke bei Verwendung einer Kompaktbatterie soll nicht im Amperebereich liegen).

### 2.2.2 Ablaufänderungen

Die Bereitstellung der Experimentiersets war mit erheblichen Verzögerungen verbunden, da der Händler die benötigte Anzahl an Experimentierkästen auch nach längerer Zeit nicht in vollem Umfang liefern konnte. Die fehlende Anzahl an Experimentierkästen konnte schließlich mit großer zeitlicher Verzögerung direkt über den Generalimporteur besorgt werden.

Der zeitliche Verzug führte dazu, dass bei der zweiten Schularbeit die unter dem

Punkt „Ablaufplanung“ angeführten Kriterien für die Beurteilung weitestgehend nicht herangezogen werden konnten. Der experimentelle Teil der Schularbeit wurde als geführtes Experiment ausgelegt, und somit richtete sich der Fokus bei der Beurteilung auf Grundlegendes, wie einen korrekten Versuchsaufbau, richtiges Messen und Auswerten der Messergebnisse. Die kleine Gruppengröße sowie die chronologisch unterschiedliche Abfolge der durchgeführten Experimente erleichterte das Protokollieren der einzelnen Arbeitsschritte während der Schularbeit. Diese Aufzeichnungen bildeten neben den schriftlich vorliegenden Messergebnissen und deren Auswertung eine weitere Grundlage für die Beurteilung des Schülerexperiments.

Auch bei der dritten Schularbeit mussten Abstriche bei den Anforderungen hinsichtlich Protokollführung gemacht werden. Um die Beurteilungskriterien annähernd anwenden zu können, erhielten die Schülerinnen und Schüler ein teilweise vorgefertigtes Protokoll ausgehändigt. Punkte wie „Materialliste“ und „Versuchsaufbau“ waren seitens der Schüler/Schülerinnen auszufüllen. Der Punkt „Versuchsdurchführung“ war auf dem Protokoll bereits vollständig ausformuliert, was den Schülern/Schülerinnen als Versuchsanleitung diente. Weiters war auf dem vorgefertigten Protokoll genügend Leerraum für die Messergebnisse und deren Auswertung.

## **2.3 Das Experimentierset**

Das Experimentierset sollte aus einem im Handel erhältlichen Elektronikexperimentiersatz bestehen, der im Wesentlichen auf Grund seines Stecksystems ausgewählt wurde. Komplettiert werden sollte dieser nur noch mit einem Multimeter, ein paar Kabeln, geeigneten Widerständen und diversen Metallplättchen, die als Elektroden für Fruchtbatterien fungieren sollen.

Auf Grund der Lieferschwierigkeiten beim Elektronikexperimentiersatz und der daraus resultierenden Ablaufänderungen kam es bislang nicht zu einer Anwendung. Stattdessen erhielten die Schüler/Schülerinnen ein Ersatzset, bestehend aus Widerständen, einem Multimeter, Verbindungskabel mit Krokoklemmen und die oben erwähnten Metallplättchen. Mit diesem Set sollen die Schüler/Schülerinnen ausgewählte Experimente zu Hause durchführen können. Eine wesentliche Fähigkeit, die sie dabei erlangen sollen, ist das Messen von Strom und Spannung. Vor der zweiten Schularbeit wurde dem Experimentierset noch ein Laserpointer und ein optisches Gitter hinzugefügt.

## **2.4 Schularbeiten**

Die Projektdefinition beinhaltet im Wesentlichen das Durchführen eines Experiments im Rahmen einer Schularbeit bzw. eines Tests. Schularbeiten werden jedoch im Fach Physik erst im Rahmen der 7. Klasse eingeführt. Diesem Novum für Schüler/Schülerinnen wurde insofern Rechnung getragen, dass die erste Schularbeit im Dezember noch ohne Experiment durchgeführt wurde. Darüber hinaus hatten die Schüler/Schülerinnen bis zu diesem Zeitpunkt nur fallweise die Möglichkeit Experi-

mentiererfahrung zu sammeln, da das Experimentierset erst zu einem späteren Zeitpunkt ausgehändigt wurde.

Die Schularbeiten mit Experiment fanden im März und im Mai statt. Bei der Bekanntgabe des Schularbeitenstoffs wurde auch auf entsprechende Schülerexperimente verwiesen. Da die Schülerinnen und Schüler durch Heim- und Schulexperimente bereits ausreichend Möglichkeit hatten sich vorzubereiten, diente dies dazu, dem Gesetz, dass die Bekanntgabe des Schularbeitenstoffs verlangt, gerecht zu werden.

Die Schularbeiten verliefen ruhig und es war keine von einer „normalen“ Schularbeit abweichende Stimmung unter den Schülern/Schülerinnen zu beobachten. An dieser Stelle sei zu erwähnen, dass anfangs sehr wohl Befürchtungen und Unsicherheiten seitens der Schülerinnen und Schüler vorhanden waren. Diese waren jedoch ausgeräumt, sobald die Schüler/Schülerinnen mit Informationen über den Ablauf dieses Projektes versorgt wurden.

Bei der ersten Schularbeit hatten die Schüler ihr Experimentierset mitzubringen, um die gestellte Aufgabe damit durchzuführen. Für den Fall, dass eine Schülerin oder ein Schüler das Set vergessen hat, sind Ersatzsets vorbereitet worden. Der Aufwand für die Vorbereitung bzw. das Zusammenräumen der Experimente war somit vernachlässigbar. Auch für die zweite Schularbeit war dieser nur geringfügig höher. Das Schularbeitenexperiment war diesmal nicht Teil des Experimentiersets. Das notwendige Material wurde vor Beginn der Schularbeit auf die jeweiligen Sitzplätze verteilt und danach wieder eingesammelt.

## **2.5 Praktische Mitarbeitüberprüfung**

Die eine sechste Klasse hat 23 Schüler. Diese besuchen den technischen Zeig unserer Schule mit Schwerpunkt Metallverarbeitung. Diese Klasse wird als Laptopklasse geführt. Da es in diesen Klassen keine Hausübungsboxen gab und die Schülerversuche im Unterricht verwendet wurden, war es logisch auch bei der praktischen Mitarbeitüberprüfung (PMÜ) die Schülerversuchsgeräte einzusetzen.

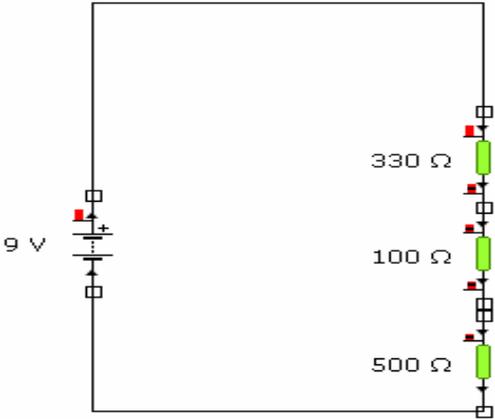
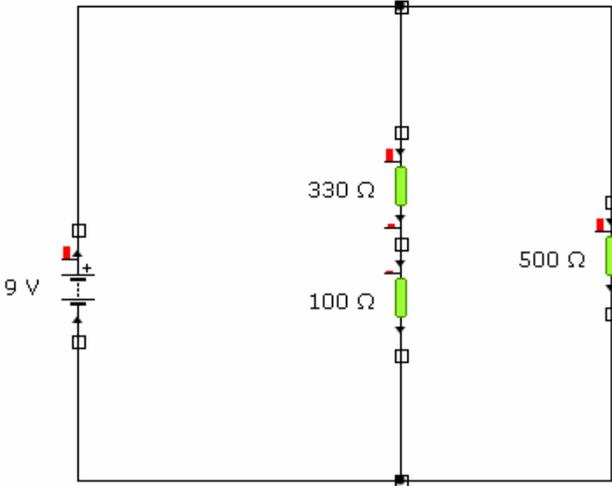
Die Schülerversuchsgeräte sind aber nur in achtfacher Ausführung vorhanden. Daher wurde die Klasse während der PMÜ in drei Gruppen geteilt. Eine Gruppe musste eine leichte Rechenaufgabe lösen, die zweite Gruppe musste die Leerlaufspannung und den Kurzschlussstrom einer Solarzelle ermitteln. Die dritte Gruppe musste die eigentliche Messaufgabe lösen. Spannung und Stromstärke bei einem bestimmten in einer Schaltung eingebauten Widerstand, sowie die Gesamtspannung und die gesamte Stromstärke. Dafür erhielten sie nur ein Messgerät so dass sie umstecken und umschalten mussten. Durch Variation der Schaltung und Variation der zu messenden Widerstände konnte eine große Zahl an unterschiedlichen Messergebnissen erzielt werden, so dass das einfache Abschreiben fast unmöglich wurde. Jeweils nach etwa 5 bis 7 Minuten wurde gewechselt.

Die zweite Klasse war kleiner (16 Schüler/Schülerinnen), daher wurde auf die Messungen mit der Solarzelle verzichtet.

Die Durchführung war in der großen Klasse sehr stressig. Vor allem beim Wechsel musste man die Schüler/Schülerinnen mehrmals drauf hinweisen, welche Aufgabe

sie als nächsten zu lösen hatten, damit nicht zu wenig oder zu viele Schüler/Schülerinnen für die Messaufgaben übrig blieben. In der kleineren Klasse war das viel ruhiger. Erstens hatte jeder Schüler/jede Schülerin seinen eigenen Tisch und zweitens war der Tausch einfacher.

### Schaltungsbeispiele



## 3 EVALUATION

### 3.1 Schularbeiten

Mit Hilfe des Projektleiters wurde ein Fragebogen erstellt. Von ihm wurden auch die Interviews gegen Ende des Schuljahres durchgeführt und ausgewertet. Der Fragebogen und dessen Auswertung soll die Sichtweise der Schüler/Schülerinnen auf das Projekt darstellen. Am Ende dieses Abschnittes ist die Auswertung aufgelistet.

Im Folgenden soll ein kurzer Abriss über die Ergebnisse der Befragung gegeben werden.

Alle Befragten sind sich einig, dass Experimente in der physikalischen Forschung wichtig sind.

Groß ist bei den Befragten auch die Zustimmung für das Schularbeitenfach Physik. Sie würden den Schwerpunkt Physik-Biologie mit großer Mehrheit wieder wählen.

Die Frage nach der Verwendung vom Experimentierset ergab interessanterweise, dass dieses nicht oft verwendet wurde. Auch leistungsschwache Schüler/Schülerinnen haben dieses Angebot nicht intensiv genutzt. Umso bemerkenswerter ist im Zusammenhang damit, dass für den Großteil der Schüler/Schülerinnen Experimente das physikalische Verständnis fördern und Heimexperimente eine wichtige Vorbereitung auf die Schularbeit waren. Aus Sicht der Mädchen jedoch, ergaben die Antworten auf die beiden letzten Fragen ein eher ausgeglichenes Bild.

Nun noch folgender interessanter Punkt. Mit einer einzigen Ausnahme gaben alle Mädchen an, dass sie Angst hätten bei Schularbeitenexperimenten etwas kaputt zu machen. Hier scheint sich eine ‚negative‘ Erfahrung, die ein paar Mädchen beim Messen der Stromstärke machten, niederzuschlagen. Beim Einbau ihres Messgerätes in den Stromkreis verursachten sie mehr als einen Kurzschluss, und in Folge dessen musste die Sicherung ihres Messgerätes erneuert werden. Trotz der Harmlosigkeit dieses Vorfalles und einer zusätzlichen Unterrichtseinheit in Strommessung, scheint hier bei ihnen eine gewisse Unsicherheit geblieben zu sein.

Die Ergebnisse bei der experimentellen Aufgabe deckten sich über weite Strecken mit der Rechenaufgabe, die ja in derselben Stunde gelöst wurde. Schlechte Schüler/Schülerinnen hatten sowohl bei der Theorie als auch beim Experiment schlechte Ergebnisse. Es gab einige Schüler/Schülerinnen, die nach 5 Übungsstunden noch keine Ahnung hatten, wo man das Messgerät einschalten bzw. anstecken muss. Gute Schüler erreichten bei beiden Teilaufgaben ein gutes Ergebnis. Bewertet wurde neben der richtigen Messung auch die vollständige Dokumentation. So gab es Punkteabzüge für die fehlende Angabe der Messgröße ( $U=$  ;  $I=$  ) und die fehlende Einheit (auch Vorsilbe), außerdem war die Messung nur korrekt, wenn auch der Schaltplan mit den Messgeräten gezeichnet wurde. Durch die verschiedenen Schaltungen war ohne Schaltplan eine Korrektur unmöglich. Durch das Einzeichnen der Messgeräte konnte eine fehlerhafte Messung bereits am Schaltplan erkannt werden.

## Die Ergebnisse im Detail<sup>12</sup>

	stimmt	stimmt eher	keine Angabe	stimmt eher nicht	stimmt nicht
Experimente sind in der physikalischen Forschung wichtig.	10 <sup>2</sup>				
Alle Erkenntnisse in der Physik stammen aus Experimenten.	2 <sup>2</sup>	4	0	0	4
Ich möchte mehr Schülerexperimente im Unterricht.	4 <sup>2</sup>	3	0	1	2
Ich hätte lieber eine Schularbeit ohne Experimente.	2	2	1	4 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>
Experimente machen die Schularbeiten leichter.	1 <sup>1</sup>	1	3	2 <sup>1</sup>	3
Ich kann besser rechnen als Experimente durchführen.	2	1	1 <sup>1</sup>	5	1 <sup>1</sup>
Ich würde wieder den Schwerpunkt Physik-Biologie wählen.	7 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>	1	0	0
Ich habe Angst, dass ich bei den Schularbeitenexperimenten etwas kaputt mache	1 <sup>1</sup>	0	1	2	6 <sup>1</sup>
Ich habe Angst, dass das Schularbeitenexperiment nicht funktioniert	0	7	0	1	2 <sup>2</sup>
Man kann Experimente bei Schularbeiten nicht objektiv beurteilen	0	1	3	4	2 <sup>2</sup>
Ich habe das Experimentierset zu Hause oft verwendet!	0	0	0	5	5 <sup>2</sup>
Das Durchführen der Experimente hat mein physikalisches Verständnis gefördert.	1 <sup>1</sup>	5 <sup>1</sup>	1	2	1
Die Heimexperimente waren wichtig für die Vorbereitung auf die Schularbeit.	2 <sup>1</sup>	4 <sup>1</sup>	1	2	1

<sup>12</sup> Die Hochzahl gibt den männlichen Anteil unter den Befragten wieder.

## 3.2 Praktische Mitarbeitüberprüfungen<sup>13</sup>

	stimmt	stimmt eher	keine Angabe	stimmt eher nicht	stimmt nicht
Experimente sind in der physikalischen Forschung wichtig.	33 <sup>25</sup>	3 <sup>1</sup>	2 <sup>1</sup>		
Alle Erkenntnisse in der Physik stammen aus Experimenten.	6 <sup>0</sup>	14 <sup>8</sup>	6 <sup>5</sup>	6 <sup>5</sup>	5 <sup>5</sup>
Ich möchte mehr Schülerexperimente im Unterricht.	17 <sup>14</sup>	14 <sup>10</sup>	5 <sup>4</sup>	2 <sup>1</sup>	1 <sup>1</sup>
Ich hätte lieber eine SMÜs ohne Experimente.	8 <sup>5</sup>	2 <sup>2</sup>	7 <sup>4</sup>	13 <sup>11</sup>	10 <sup>9</sup>
Experimente machen die SMÜ leichter.	7 <sup>7</sup>	12 <sup>10</sup>	5 <sup>3</sup>	9 <sup>6</sup>	6 <sup>3</sup>
Ich kann besser rechnen als Experimente durchführen.	7 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup>	14 <sup>11</sup>	6 <sup>4</sup>	3 <sup>3</sup>
Ich habe Angst, dass ich bei den SMÜexperimenten etwas kaputt mache	3 <sup>1</sup>	8 <sup>2</sup>	1 <sup>1</sup>	8 <sup>7</sup>	19 <sup>16</sup>
Ich habe Angst, dass das SMÜexperiment nicht funktioniert	7 <sup>6</sup>	11 <sup>5</sup>	5 <sup>4</sup>	10 <sup>9</sup>	7 <sup>6</sup>
Man kann Experimente bei SMÜs nicht objektiv beurteilen	4 <sup>3</sup>	4 <sup>4</sup>	21 <sup>14</sup>	6 <sup>4</sup>	5 <sup>5</sup>
Das Durchführen der Experimente hat mein physikalisches Verständnis gefördert.	10 <sup>9</sup>	19 <sup>11</sup>	3 <sup>3</sup>	3 <sup>2</sup>	5 <sup>5</sup>
Die Heimexperimente wären wichtig für die Vorbereitung auf die SMÜ.	19 <sup>13</sup>	11 <sup>8</sup>	6 <sup>5</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>2</sup>

Neben dem Genderaspekt, der noch extra behandelt wird, sind folgende Ergebnisse interessant:

- Ein Großteil der Schüler/Schülerinnen möchte mehr Experimente im Unterricht
- Die Mehrheit möchte SMÜs mit Experimente, aber etwa ein Drittel würde lieber keine praktischen Tests durchführen.
- Die große Mehrheit ist der Meinung, dass die Experimente das Verständnis fördern
- Eine große Mehrheit wünscht sich auch Heimexperimente.

Aus den begleitenden Diskussionen im Plenum geht hervor, dass Schüler/Schülerinnen sich bei herkömmlichen Gruppenarbeiten mit Schülerversuche sich häufig in der Gruppe verstecken und dann die Einzelarbeit bei der Prüfung als neue Situation wahrnehmen.

<sup>13</sup> Die Hochzahl bedeutet die Zahl der Buben. SMÜ bedeutet: Schriftliche Mitarbeitüberprüfung

### 3.3 Genderaspekte

Bei einigen Fragen gab es einen auffallenden Unterschied zwischen Mädchen und Buben. Dies gilt sowohl für die Schularbeitengruppe als auch für die beiden sechsten Klassen, die sehr unterschiedlich in der Zusammensetzung sind. In der Schularbeitengruppe gibt es nur 2 Buben von 10 Schüler/Schülerinnen. Im technischen Zweig gibt es bei 23 Schüler/Schülerinnen nur 3 Mädchen. Die zweite 6 Klasse ist besser gemischt. Dort ist das Verhältnis 9 Buben 7 Mädchen.

Alle drei Umfragen zeigen, dass Mädchen mehr Angst haben etwas kaputt zu machen oder dass das Experiment nicht funktioniert. Gleichzeitig wünschen sie auch mehr Möglichkeiten zu Hause zu üben. Das passt in das klassische Rollenbild, wonach Mädchen mehr Respekt vor dem Umgang mit technischen Geräten haben, aber fleißiger sind.

Dieser Unterschied spiegelt sich auch im Unterricht bei Gruppenexperimenten wieder. Die unbekümmerten Buben führen das Experiment durch und die Mädchen protokollieren ordentlich. Auch bei den begleitenden Interviews gaben die Mädchen an sich in der neuen Situation der Einzelarbeit nicht wohl gefühlt zu haben und möchten mehr Übungsmöglichkeiten in Einzelarbeit.

Bevor man verallgemeinert muss man aber bedenken, dass fast alle Experimente den Umgang mit einem Multimeter zum Thema hatten. Dies ist natürlich erstens nicht typisch und zweitens eines der schwierigsten experimentellen Themen. Experimente zur Mechanik, Wärmelehre oder Optik sind meistens zerstörungssicher, während bei einem Multimeter sehr schnell eine Sicherung durchbrennen oder im Stromkreis ein Kurzschluss erzeugt werden kann.

## **4 REFLEXION UND AUSBLICK**

### **4.1 Probleme**

Die meisten Experimente, die im Zuge dieses Projekts durchgeführt wurden, behandelten das Thema Elektrizität. Schülerexperimente zum Thema Elektrizität werden im Unterricht mit den üblichen Stecksystemen durchgeführt. Bei dem Steckbausatz ist das eigentliche Bauelement in eine Box eingelötet und wird vom jeweiligen Benutzer meist nur als Symbol wahrgenommen. Die Schüler/Schülerinnen können somit eine symbolisch dargestellte Schaltung einfach realisieren. Der Schritt, eine Schaltung aus den eigentlichen Bauelementen aufzubauen, stellt für viele Schüler/Schülerinnen eine Herausforderung dar. Wie unter [2.3] erwähnt, wurde auf den Elektronikexperimentiersatz, und in Verbindung damit, auch auf ein Stecksystem verzichtet. Das heißt, die Unübersichtlichkeit einer mit Verbindungskabel realisierten Schaltung kam als zusätzliche Erschwernis hinzu.

### **4.2 Matura 2.0**

Die aktuelle Reifeprüfungsverordnung für allgemein bildende höhere Schulen sieht unter anderem vor, dass im Rahmen der schriftlichen Klausurarbeit in Physik auch experimentelle Aufgaben gestellt werden können (RPVO §17, 3).

Das Experiment im Rahmen einer schriftlichen Klausurarbeit ist ein logischer nächster Schritt bezogen auf das laufende Projekt und liefert somit einen möglichen Ausblick auf Zukünftiges. Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Umsetzung eines solchen Vorhabens sind durch die aktuelle Prüfungsverordnung bereits gegeben. Seitens der Projektbetreiber ist der Schritt zum Experimentieren im Rahmen der schriftlichen Klausurarbeit (oder im Rahmen der mündlichen Matura) in Physik mit Schüler/Schülerinnen aus Klassen, die in das laufende Projekt involviert sind, angedacht.

### **4.3 Hausübungsbox**

Beim Zusammenstellen des Experimentiersets entstand die Idee für eine Hausübungsbox, mit der die Schüler/Schülerinnen einfache Experimente zu mehreren Teilgebieten der Physik selbständig durchführen können. Das ursprünglich nur als Provisorium bereitgestellte Experimentierset erwies sich als eine kostengünstige Alternative zum erweiterten Elektronikexperimentiersatz, zumal es die gestellten Erwartungen auf dem Gebiet der Elektrizität auch erfüllen konnte. Durch die geringeren Kosten ergab sich mit einem Mal die Möglichkeit die bereits erwähnte Idee einer Hausübungsbox auch umsetzen zu können. Der Anschaffungspreis für Elektronikbaukasten, Multimeter und Kabel lag um die € 35,-. In diesem Rahmen sollen sich

auch die Materialkosten für die Hausübungsbox bewegen. Durch den Wegfall des Elektronikbaukastens wird ein Betrag um die € 20,- frei, der nun für die Zusammenstellung von Experimenten aus anderen Gebieten der Physik als dem der Elektrizität verwendet werden kann. Durch die Bereitstellung einer einheitlichen Hausübungsbox soll die Vorbereitung der Schüler/Schülerinnen auf das Experimentieren im Rahmen von Schularbeiten, Tests oder auch der Matura (siehe 4.2) optimiert werden.

Im nächsten Jahr soll eine Hausübungsbox zusammengestellt werden, die alle Bereiche der Oberstufe abdeckt. Damit soll der Umgang mit verschiedenen Messgeräten geübt werden. Bisher haben die die Übungsgeräte für zu Hause hauptsächlich auf Experimente mit Strom und dem Umgang mit einem Multimeter beschränkt. Es erscheint uns nicht sinnvoll bei der Matura Experimente zu verlangen, auf die sich die Schüler/Schülerinnen nicht vorbereiten können. Zumindest die Messgeräte sollten bekannt sein.

Folgende Ideen für den Inhalt gibt es:

Meterband, Kugel, Kugelschreiber (Feder) für Experimente zur Mechanik

Gummiband, Schnur: Schwingungen

Plastiklinse, Gitterbrille: Optik

NTC- Widerstand: Wärme

## 4.4 Lernziele

Nach drei Jahren Experimente bei Schularbeiten und Tests bleibt immer noch die gleiche Frage offen. Was will man damit eigentlich erreichen? Die Lernziele haben direkte Folgen auf die Art der Experimente.

Bei der Durchführung themengebundener, rezeptartiger Wiederholungsexperimente lernen Schüler/Schülerinnen den Umgang mit Messgeräten und das Vervollständigen von vorgefertigten Protokollen.

Das Ziel wären themenungebundene, strukturierte neuartige Experimente. Dabei lernen die Schüler/Schülerinnen die Denk- und Arbeitsweise von Physiker/Physikerinnen kennen. Die Durchführung von offenen Experimenten scheint bei Tests und Schularbeiten nicht möglich.

Erklärung

*"Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge."*

# 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

MIKELSKIS-SEIFERT, THORID Rabe, Physik Methodik; Cornelson; Berlin 2007

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

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

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