

## ***Wichtiger Hinweis!***

Bei dem vorliegenden Material handelt es sich um den genehmigten Abdruck des in der Zeitschrift *Naturwissenschaft und Unterricht*, Heft 71/ 72 „Experimente als Lernerfolgskontrolle“ /6/ erschienenen Artikels. Im gleichen Heft erschienen sind Artikel zu Black-Box-Aufgaben, zu internationalen Testarbeiten und zur Gestaltung von experimentellen Praktika. Die Verwendung des vorliegenden Materials ist nur für den eigenen Bedarf zulässig, eine Weitergabe an Dritte, Verlage oder ähnliche Institutionen ist nicht erlaubt. Jegliche weitere Verwendung bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des Friedrich Verlages und des Autors.

## **Experimente im Unterricht bewerten – ein langfristiges Konzept**

Ralph Hepp, Erfurt

Die Bewertung experimenteller Schülerleistungen stellt, wie im Basisartikel bereits betont, einerseits ein wichtiges Element in der möglichst umfassenden Beurteilung von Schülerinnen und Schülern dar, andererseits aber auch einen oft vernachlässigten Aspekt. Abgesehen von den nach mehr oder minder konkret formulierten Aufgabenstellungen durchgeführten Schülerexperimenten in Partnerarbeit und der anschließenden Bewertung der Protokolle findet man in der Bewertungspraxis fast nur den Sachkenntnisse abfragenden Test vor. Die Gründe liegen auf der Hand. Eine eindeutige Frage kann nur richtig oder falsch beantwortet werden, die Vergabe der Punkte ist für die Schülerinnen und die Schüler und natürlich die Eltern nachvollziehbar, die Objektivität und Vergleichbarkeit der Testergebnisse ist scheinbar gewahrt und damit die Gefahr eines Einspruchs gemindert. Doch jede Schülerin und jeder Schüler bringt unterschiedliche Lernvoraussetzungen ein und lernt unterschiedlich. Manch einer hat ein gutes experimentelles Geschick, kann sich aber eben nicht so gut schriftlich ausdrücken.

In diesem Beitrag wird erläutert, welche Chance einer umfassenderen Bewertung man vergibt, wenn auf das regelmäßige Einbeziehen von experimentell zu lösenden Aufgaben in Tests verzichtet wird<sup>1</sup>. Dabei soll nicht unterschlagen werden, dass dies für die Lehrperson in der Regel auch zu erhöhten Anforderungen führt. Da nicht nur die schriftlichen Ergebnisse der geistigen Tätigkeit der Schülerinnen und Schüler bewertet, sondern auch ihre Fertigkeiten in der Planung und Durchführung der Experimente (Prozesskontrolle) beurteilt werden, ist letztlich eine höhere Qualität der Kontrolle und Bewertung notwendig.

---

<sup>1</sup> Siehe Anmerkung 1

Dabei sind u. a. folgende Prämissen zu bedenken:

- Das Stellen von experimentellen Aufgaben auch zur Kontrolle der Leistungen muss den Schülerinnen und Schülern bekannt sein, sie müssen langfristig an dieses Verfahren gewöhnt werden.
- Die experimentellen und organisatorischen Voraussetzungen (Auswahl und Funktionssicherheit der Geräte, Zeitbedarf, vorhandene Experimentierplätze, Art und Weise der Aufzeichnungen, Ausmessen der Bauteile (z. B. der zu bestimmenden elektrischen Widerstände) und Fehlermöglichkeiten müssen gut durchdacht sein.
- Es muss auch überlegt werden, was passiert, wenn z. B. ein Schüler in einem Versuchsaufbau einen Fehler hat, aber experimentell geschickt ist und Messergebnisse erzielt, allerdings leider falsche.
- Für die Schülerinnen und Schüler, die auf experimentellem Gebiet Probleme haben (vor allem Unsicherheiten und Ängste) müssen auch andere Aufgaben vorliegen.

Das letzte Kriterium spricht dafür, Tests mit Wahlaufgaben<sup>2</sup> zu schreiben. So können die Schülerinnen und Schüler einzelne Aufgaben, deren Aufgabenstellung sie nicht verstehen oder deren Lösung ihnen zu schwierig erscheint, durch eine entsprechende Zahl von anderen Aufgaben ersetzen.

### **Systematische Schulung des Lösens experimenteller Aufgaben bereits in den unteren Klassenstufen notwendig**

In Thüringen lernen die Schülerinnen und Schüler bereits in Klassenstufe 7 bei den physikalischen Themen Volumen, Masse und Dichte, dass Experimente in der Physik zu den grundlegenden Arbeitsweisen gehören. Nach gründlicher Übung vor allem im sicheren Umgang mit dem Experimentiermaterial im Rahmen von unterrichtsbegleitenden Schülerexperimenten kontrolliere ich die erworbenen Fertigkeiten. Dies geschieht bei den Themen Volumenbestimmung von unregelmäßigen festen Körpern und Flüssigkeiten bzw. Massebestimmung während jeweils einer Unterrichtsstunde im Einzelexperiment. Ich gebe meinen Schülerinnen und Schülern das Anleitungs- und Protokollblatt unmittelbar vor diesen besonderen Experimentierstunden mit nach Hause, damit sie sich gewissenhaft auf ihre experimentelle Aufgabe vorbereiten können (s. *Protokoll Volumen*). Natürlich darf noch nichts eingetragen werden. Die für die Experimente benötigten Körper werden von mir ausgemessen und mit Nummern versehen. Während der Experimentierstunde gebe ich diese Körper aus und die Nummer wird auf dem Protokollblatt notiert. Natürlich besteht die Gefahr der Unehrllichkeit. Da aber jeder Schüler und jede Schülerin eine andere zufällige Auswahl der Körper erhält bzw. die Körper

---

<sup>2</sup> siehe Anmerkung 2

aus am Lehrertisch bereitgestellten Aufbewahrungskästen geholt werden und diese nach der Messung sofort wieder dort abgelegt werden müssen, wird dies deutlich erschwert.

Die Schülerinnen und Schüler nehmen diese experimentellen Aufgaben sehr ernst, sind sorgfältig und gewissenhaft. Da es sich um Einzelexperimente handelt, ist die Gesamtbewertung relativ einfach. Die Hälfte aller erreichbaren Punkte wird für die dem Protokoll zu entnehmenden Leistungen vergeben. Für die anderen Tätigkeiten, wie den Aufbau der Experimentieranordnung und das Messen werden die restlichen Punkte vorgesehen, dabei ist in Abhängigkeit vom Schwierigkeitsgrad eine unterschiedliche Wichtung dieser beiden Positionen möglich (vgl. /2/, S. 358). Gleichzeitig bietet sich bei diesen Experimenten die Möglichkeit, bestimmte Regeln des Umgangs miteinander – z. B. leises Arbeiten, Sorgfalt und Vorsicht zu trainieren und zu bewerten. Ich vergebe hierfür während der Stunde Punkte bzw. in letzter Zeit ziehe ich aus einem gegebenen Punktepool Punkte ab, wenn diese Regeln nicht eingehalten werden. Gut hat sich in diesem Zusammenhang bewährt, für alle Schülerinnen und Schüler von vornherein z. B. zwei (Klebe-)Punkte vorzusehen<sup>3</sup>. Bei groben Verstößen wird der betreffenden Schülerin bzw. dem Schüler ein Klebepunkt an den Platz gegeben. Durch entsprechend besseres Arbeiten können sie bis zum Ende der Unterrichtsstunde versuchen, ihren Fehler gutzumachen; der Klebepunkt wird wieder in die Liste eingeklebt und geht dann in die Gesamtbewertung ein.

### **Kontrolle des experimentellen Könnens während einer schriftlichen Leistungskontrolle**

Alle vorgenannten Experimente münden in die Dichtebestimmung von festen und flüssigen Körpern ein, die wiederum im Schülerexperiment mehrfach geübt wird. Die Abschlussarbeit zu diesem Themengebiet enthält dann auch eine entsprechende Aufgabe (s. *Test Dichte*).

Hierbei holen die Schülerinnen und Schüler während der 45 Minuten dauernden schriftlichen Kontrolle die Geräte für ihren Versuch vom Laborwagen (dort sind auch noch weitere, aber nicht benötigte Geräte abgestellt) und experimentieren an ihrem Platz. Allerdings ist hierbei die Gefahr der gegenseitigen Beobachtung sehr groß. Deshalb verwende ich seit mehreren Jahren folgende Variante: Immer fünf Schülerinnen und Schüler arbeiten an fünf Plätzen, die im Klassenraum dafür eingerichtet wurden. Hierfür eignen sich an die Wand gestellte Laborwagen oder auch Tische. Die Schülerinnen und Schüler stehen somit beim Experimentieren mit dem Rücken zur Klasse. Haben sie die experimentelle Aufgabe gelöst, setzen sie sich wieder an ihren Platz und arbeiten an den anderen Aufgaben weiter. Fünf andere Schülerinnen und Schüler können nun an die Experimentierplätze gehen. Rechnet man mit durchschnittlich

---

<sup>3</sup> Günstig ist es hierbei, die Tabelle mit den Schülernamen in eine Klarsichthülle zu stecken und von außen jeweils zwei Klebepunkte pro Schülerin bzw. Schüler aufzukleben. Sie lassen sich dann sehr gut ablösen.

10 Minuten Arbeitszeit an diesen Plätzen, können im Laufe der Unterrichtsstunde 20 Schülerinnen und Schüler die experimentelle Aufgabe lösen. Da nicht alle Schülerinnen und Schüler der Klasse experimentieren wollen (Wahltest) bzw. nicht jeder 10 min benötigt, reicht dies für eine normale Klassenstärke völlig aus. Ich achte darauf, dass möglichst nicht zwei Schülerinnen und Schüler, die zusammensitzen, die gleichen Körper erhalten. Mit Hilfe der vorgenommenen Nummerierung der Körper und dem Eintragen der Nummer in den Sitzplan ist dies einfach möglich, außerdem werden so die spätere Kontrolle der Messwerte erleichtert und eventuelle Betrugsversuche unterbunden.

Das beschriebene Verfahren funktioniert seit Jahren in meinem Unterricht sehr gut und gewährleistet auch weitestgehend eine gut bewertbare Eigenleistung der Lernenden. Natürlich muss den Schülerinnen und Schülern dieses Vorgehen schon vor der schriftlichen Kontrolle erläutert werden und die entsprechende experimentelle Aufgabe sollte auch nicht zu kompliziert sein, damit sie erfolgreich bewältigt werden kann und Erfolgserlebnisse vermittelt werden.

### **Hilfestellung beim Experimentieren sichert Teilerfolge**

Meine Aufgabe während der schriftlichen Kontrolle besteht darin, neben der Beobachtung der anderen schreibenden Schülerinnen und Schüler die Arbeit an den Experimentierplätzen zu begutachten, grobe Fehler zu vermerken und gegebenenfalls im Fortgang des Experimentes zu helfen. Dies ist insbesondere bei Experimenten zur Elektrizitätslehre notwendig. Die auch aus rechtlichen Gründen erforderliche Kontrolle der aufgebauten elektrischen Schaltung vor der Inbetriebnahme ermöglicht mir, auch differenzierte Hilfen zu geben. Ist zum Beispiel das Schaltbild richtig, die Schaltung aber falsch und der Schüler findet den Fehler nicht selbst, dann helfe ich ihm, vermerke dies aber als Punktabzug auf seinem Blatt. Auf diese Weise erreiche ich, dass die Aufgabe eventuell fertig gelöst werden kann. Drei Möglichkeiten haben sich bisher als Hilfen bewährt: der mündliche Hinweis, das Kennzeichnen des Fehlers im Schaltbild oder das Vorgeben der fertigen Schaltung. In der Literatur [2] wird eine noch differenziertere Kontrolle und Hilfestellung für experimentelle Anteile in schriftlichen Leistungsüberprüfungen vorgeschlagen (*siehe Kasten*), diese erscheint mir aber für Lernkontrollen nicht realisierbar.

Die mögliche differenzierte Hilfestellung ist einer der wesentlichsten Unterschiede im Vergleich zu Ablauf einer „normalen“ schriftlichen Kontrolle. Während bei jener stets nur die Ergebnisse der Schülerarbeit korrigiert und bewertet werden, greift hier die Lehrperson in den Prozess der Leistungsermittlung bewusst ein. Es versteht sich daher von selbst, dass diese Hilfen nicht unverhältnismäßig sein dürfen und auch die Objektivität weitestgehend gewahrt

bleiben muss. Man kann dieses Verfahren der Leistungsermittlung in gewisser Weise mit dem Verlauf einer mündlichen Prüfung oder dem Praktikumsgespräch vergleichen. Auch dort werden Hilfen gegeben und aus dem sich offenbarenden Umgang des zu Prüfenden mit diesen Hilfen entsteht ein Gesamturteil über dessen Leistung. Ich notiere dies hier so ausführlich, um aufzuzeigen, dass das Einbeziehen experimenteller Aufgaben in eine schriftliche Leistungskontrolle neben dem zusätzlichen Aufwand auch Chancen zur Förderung der Persönlichkeit des Schülers oder der Schülerin enthält.

*Kontrolle experimenteller Anteile bei einer Experimentieraufgabe aus der Elektrizitätslehre (/2/, S. 359)*

### **Zeichnen des Schaltplanes**

#### **1. Kontrolle**

Schaltplan kontrollieren, gegebenenfalls Fehler im Schaltplan kennzeichnen;

Hinweis für den Schüler bzw. die Schülerin: Keine Korrekturen im Schaltplan vornehmen, sondern einen neuen Schaltplan anfertigen!

#### **2. Kontrolle**

Schaltplan kontrollieren, bei erneuten Fehlern vorgeben des richtigen Schaltplanes;

### **Aufbau der Schaltung**

#### **3. Kontrolle**

Kontrolle der Schaltung, gegebenenfalls auf fehlerhafte Schaltung hinweisen, Fehler nicht kennzeichnen,

Hinweis für den Schüler bzw. die Schülerin: Fehler korrigieren!

#### **4. Kontrolle**

Kontrolle der Schaltung, gegebenenfalls Fehler in der Schaltung aufzeigen,

Hinweis für den Schüler bzw. die Schülerin: Fehler korrigieren!

#### **5. Kontrolle**

Schaltung kontrollieren; bei erneuten Fehlern vorgeben der richtigen Schaltung.

### **Erfahrungen aus anderen Themengebieten**

Aus der langjährigen Erprobung liegen Erfahrungen mit der beschriebenen Vorgehensweise bei folgenden Themen vor:

#### **Klassenstufe 7:**

- Messen der Stromstärke als Maß für die nutzbare Energie bei schrittweiser Verdunkelung einer Solarzelle,

- Messen der Gewichtskraft von verschiedenen Körpern und Vergleich mit den aus der Masse berechneten Werten,
- Messen der Gleitreibungskraft in Abhängigkeit von der Gewichtskraft bzw. Oberfläche eines Körpers (*s. Test*),

#### **Klassenstufe 8:**

- Messen der Auftriebskraft eines Körpers in Wasser und Öl,
- Bestimmen und Berechnen der Mischungstemperatur von kaltem und heißem Wasser,
- Messen der Stromstärke bzw. Spannung in Reihen- oder Parallelschaltung von Widerständen,
- Messen von Spannung und Stromstärke bei einem unbekannten Widerstand und Berechnen des Widerstandes (*s. Test*),

#### **Klassenstufe 9:**

- Blackbox-Versuche zur Halbleitertechnik (Diode, Konstantanwiderstand, Isolator, Kondensator, Glühlampe) (*s. Test*),

Eine weitere Variante, das Beobachten und Beschreiben von Experimenten und deren Erklärung zu kontrollieren, sind Demonstrationsversuche, die zu Beginn einer schriftlichen Kontrolle mehrmals vorgeführt werden. Geeignete, überschaubare Experimente lassen sich z. B. zum Ohm'schen Gesetz, zum Induktionsgesetz, zum Lenz'schen Gesetz, zur Wirkungsweise eines Transformators (Anlegen von Gleichspannung bzw. Wechselspannung) durchführen, aber auch Blackbox-Versuche zum Erkennen von elektrischen, optischen oder thermischen Eigenschaften versteckter Körper sind gut geeignet.

#### **Schülerexperimente, die zu neuen Erkenntnissen führen, aber auch Probleme der Bewertung von Partnerarbeit beinhalten**

Um die Zunahme der experimentellen Fertigkeiten zu erfassen und zu bewerten, lasse ich pro Klassenstufe neben den unterrichtsbegleitenden Schülerexperimenten auch zwei bis drei besondere Schülerexperimente durchführen. Die Schülerinnen und Schüler erhalten eine Woche vor diesen Experimentierstunden das entsprechende Aufgabenblatt (*s. Protokoll für den Real-schulbereich zur Messung der Stromstärke im unverzweigten und verzweigten Stromkreis*).

Die Themen sind häufig so gewählt, dass die Ergebnisse der Experimente zu neuen Erkenntnissen führen, die aber erst im anschließenden Unterricht aufgearbeitet und verifiziert werden. In die Bewertung können daher nur bedingt die Schlussfolgerungen aus den Messergebnissen eingehen, vielmehr liegt der Schwerpunkt auf dem experimentellen Geschick, mit dem die Schülerinnen und Schüler entsprechend der schriftlichen Anleitung vorgehen und zu Messer-

gebissen gelangen. Die notwendige schriftliche Beantwortung der Vorbetrachtungen auf der Basis des bereits im Unterricht erworbenen Wissens soll einen möglichst gleichen Kenntnisstand sichern und eine Wiederholung notwendiger Fakten initiieren. Alle experimentellen Teilhandlungen, also z. B. der Umgang mit dem Kraftmesser oder das Ablesen vom Stromstärke-Messgerät müssen natürlich vorher eingehend geübt werden.

Ein Problem bei der Bewertung der Schülerexperimente stellt die aus verschiedenen Gründen notwendige Partnerarbeit dar. Einerseits sind die Experimente für einen Lernenden allein, vor allem in den oberen Klassenstufen, innerhalb der vorgegebenen Zeit nicht zu bewältigen. Andererseits begrenzen sowohl die verfügbaren Experimentiermaterialien als auch die Raumkapazität die Anzahl der Experimentierplätze. Nicht zuletzt gelingt mir nur bei maximal 12 Schülergruppen eine vernünftige Betreuung. Entscheidenden Anteil daran, dass dies überhaupt funktioniert, haben die langfristige Gewöhnung der Schülerinnen und Schüler an schriftliche Experimentieranleitungen und letztlich auch die Konsequenz, diesen Weg der Erkenntnisgewinnung im Unterricht immer wieder zu gehen. Meine sicher anfechtbare Bewertungspraxis ist folgende: Die schriftlichen Vorbetrachtungen jeder Schülerin oder jedes Schülers werden mit einer Teilnote eingeschätzt, da es sich hierbei um schriftlich zu erledigende Hausaufgaben handelt. Die experimentelle Durchführung und anschließende Auswertung ergibt eine weitere Teilnote, die beiden Experimentierpartnern gleichwertig gegeben wird, sofern nicht deutliche Qualitätsunterschiede ersichtlich sind. Ein Nichtabgeben des Protokolls wie auch das unentschuldigte Fernbleiben beim Experiment wird mit der Note 6 geahndet.

Ich bin mir bewusst, dass dieses Verfahren viele Lücken hat. Die Vorbetrachtungen könnten abgeschrieben worden sein - ein prinzipielles Problem bei der Bewertung von schriftlichen Hausaufgaben; ein Schüler kann seine gute Note zu Unrecht erhalten, weil der andere, bessere Schüler die gesamte experimentelle Arbeit initiiert. Auch die Auswertung obliegt der Gefahr des Abschreibens. Meine Erfahrungen zeigen aber, dass nur ein geringer Teil der Schülerinnen und Schüler unehrlich arbeitet. Viele leistungsschwächere Lernende fühlen sich im „Team“ stärker und freuen sich über die gemeinsam errungene gute Note. Die Schülerinnen und Schüler erleben das bewertete Schülerexperiment als einen Höhepunkt in der langfristigen Entwicklung ihrer experimentellen Fertigkeiten, aber auch als ihren konkreten Beitrag zum Unterrichtsgeschehen. Denn es sind ihre Messergebnisse und Messreihen, die nachfolgend aufgearbeitet werden und aus denen Gesetze abgeleitet werden. Daraus erwachsen nicht unerhebliche Interessen für den Lerngegenstand und letztlich eine gute Motivation für den Physikunterricht. Auch ein deutlicher Zuwachs in der Entwicklung der Teamfähigkeit und vor allem im experimentellen Können ist zu verzeichnen. Betrachtet man die anspruchsvollen

Experimente in Klassenstufe 10, die von einem Großteil der Realschulschüler bewältigt werden, dann sind Kompromisse in der „objektiven“ Bewertung verzeihbar<sup>4</sup>.

Aus der langjährigen Erprobung liegen Erfahrungen und Materialien bei folgenden Themen aus dem Lehrplan für den Realschulbereich in Thüringen vor:

**Klassenstufe 7:**

- Bestimmung der Brechungswinkel in Abhängigkeit von vorgegebenen Einfallswinkeln bei einem Flintglaskörper (*s. Protokoll für den Hauptschulbereich*),
- Bestimmung der Bildweite in Abhängigkeit von vorgegebenen Gegenstandsweiten bei einer Sammellinse (*s. Protokoll für den Realschulbereich*),

**Klassenstufe 8:**

- Untersuchen der Abhängigkeit der von einer Flüssigkeit aufgenommenen Wärme von der Temperaturdifferenz, der Masse und der Art der Flüssigkeit,
- Messen der Stromstärke bzw. Spannung im unverzweigten und verzweigten Stromkreis,
- Untersuchen des Zusammenhangs von Stromstärke und Spannung bei einer Glühlampe und bei einem Konstantanwiderstand,
- Untersuchen der Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes von Länge, Querschnitt und Material,

**Klassenstufe 9:**

- Untersuchen der Abhängigkeit der Tragkraft eines Elektromagneten von der Stromstärke, der Windungszahl der Spule und dem Vorhandensein eines Eisenkerns,
- Untersuchen des Zusammenhangs der Primär- und Sekundärspannungen bei verschiedenen Windungszahlen eines Transformators,
- Untersuchen des Zusammenhangs zwischen Weg und Zeit bei einer geradlinig gleichförmigen Bewegung,

**Klassenstufe 10:**

- Untersuchen der Abhängigkeit der Schwingungsdauer eines Fadenpendels von Pendellänge, Pendelmasse und Auslenkwinkel (*s. Protokoll für den Realschulbereich*),
- Untersuchen des Resonanzverhaltens zweier gekoppelter Fadenpendel,
- Untersuchen des Zusammenhangs zwischen Einfalls- und Brechungswinkel bei einem Flintglaskörper,
- Bestimmung des Grenzwinkels der Totalreflexion bei einem Flintglaskörper,
- Bestimmung der Wellenlänge von blauem und rotem Licht mit Hilfe von Messungen am optischen Gitter.

---

<sup>4</sup> Siehe Anmerkung 3



## **Vorschläge zur Lösung organisatorischer Probleme**

Die beschriebenen Verfahren der experimentellen Leistungskontrolle und der bewerteten Schülerexperimente werden schwieriger durchführbar, wenn die Klassenstärke deutlich über 24 liegt. Eine Möglichkeit ist dann, die Klasse in zwei Gruppen zu teilen und mit der Schulleitung abzuklären, dass ausnahmsweise zwei aufeinander folgende Stunden zur Verfügung stehen. Wenn dies Randstunden sind, zum Beispiel die erste und zweite Stunde eines Schultages, kommt eine Schülergruppe zur ersten, die andere Gruppe dann zur zweiten Unterrichtsstunde.

In der Literatur /2/ wird eine weitere Möglichkeit zur Bewältigung der organisatorischen Probleme beschrieben, die auch auf die Bildung von Halbgruppen innerhalb einer Klasse zielt. Es werden danach nur bei einer Gruppe die experimentellen Fähigkeiten überprüft, während die andere Gruppe nur schriftlich arbeitet. Zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt dann die Überprüfung der experimentellen Fähigkeiten der zweiten Gruppe bei gleichzeitiger, rein schriftlicher Arbeit der ersten Gruppe. Dies bedeutet aber die Entwicklung von Aufgabenpaaren, die inhaltlich weitgehend übereinstimmen und sich nur in der Forderung nach der realen Durchführung des Experimentes unterscheiden.

*Beispiel für ein Aufgabenpaar mit vergleichbarem Inhalt (/2/, S. 357).*

### **Aufgabe A für Gruppe 1**

Bestimmen Sie experimentell den elektrischen Widerstand einer Glühlampe bei drei verschiedenen Gleichspannungen!

*Vorbereitung:*

- Notieren Sie die Arbeitsplatznummer!
- Entwerfen Sie einen Schaltplan!
- Entwerfen sie eine Messwerttabelle!

*Durchführung:*

- Bauen Sie die Schaltung nach dem Schaltplan auf!
- Lassen Sie die Schaltung vom Lehrer kontrollieren!
- Führen Sie die Messung durch!

*Auswertung:*

- Berechnen Sie den elektrischen Widerstand der Glühlampe für jede der drei gemessenen Spannungen!
- Vergleichen Sie die drei Widerstände!

- Erklären Sie, warum Sie drei unterschiedliche Zahlenwerte für den elektrischen Widerstand der Glühlampe erhalten haben!

### Aufgabe B für Gruppe 2

1. Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem der elektrische Widerstand einer Glühlampe bestimmt werden kann!

Gehen Sie dabei auf die Experimentieranordnung (beschrifteter Schaltplan), die zu messenden Größen, die Durchführung und die Auswertung des Experimentes ein!

2. Berechnen Sie aus den folgenden Messwerten den elektrischen Widerstand der Glühlampe für jede der drei gemessenen Spannungen!

$U$ in V	2,4	3,6	5,9
$I$ in mA	230	290	380

Vergleichen Sie die drei elektrischen Widerstände!

Erklären Sie, warum Sie drei unterschiedliche Zahlenwerte für den elektrischen Widerstand der Glühlampe erhalten haben!

### Experimentelle Aufgaben auch in der Prüfung einsetzen

In weiterer Konsequenz werden experimentelle Aufgaben auch in der schriftlichen Realschulprüfung eingesetzt, die in Thüringen in Mathematik, in Deutsch, in einer Fremdsprache und in einem Wahlpflichtfach obligatorisch ist. Als Beispiel sind meine Fragen für die schriftliche Prüfung aus dem Jahre 2000 angegeben (*s. Beispiel für die schriftliche Prüfung im Realschulbereich*). Wir führen diese schriftlichen Prüfungen stets in der Aula unserer Schule durch.

Zum Lösen der experimentellen Aufgabe der Fächer Biologie, Chemie bzw. Physik gehen die Prüflinge in einen kleinen Nebenraum, die drei oder vier der dort aufgebauten Experimentierplätze werden von einer Aufsichtsperson beobachtet. In den bisherigen Prüfungen gab es noch nie Probleme, denn die Schülerinnen und Schüler hatten im Unterricht gelernt, ihre Zeit einzuteilen und die Möglichkeit des freien Experimentierplatzes zu nutzen. Um dies zu signalisieren, hängen an der Tür des Nebenraumes kleine Blätter, die einseitig farbig sind. Ist ein Platz besetzt, ist die farbliche Seite zu sehen, ist er frei, entsprechend die weiße Seite. In der

Literatur ist beschrieben, wie auch aufwändigere Schülerexperimente in den schriftlichen Prüfungen eingesetzt werden können. Dies wurde in einigen Schulen der ehemaligen DDR versuchsweise erprobt /3/.

Auch in der mündlichen Prüfung werden von uns in geringem Umfang experimentelle Leistungen überprüft. Unsere Schülerinnen und Schüler ziehen die Prüfungsfragen aus einem Aufgabenpool (Anzahl  $n$  der Prüflinge + 3 Prüfungsfragen), dabei haben drei Prüfungsfragen experimentelle Anteile. Für die Vorbereitung der mündlichen Darstellung und gegebenenfalls die Durchführung des geforderten Experimentes stehen nur 15 min zur Verfügung. Es werden ihnen daher bestimmte experimentelle Hilfestellungen gegeben, wie z. B. passende Pendellängen oder teilweise vorbereitete Aufbauten. Natürlich sind die entsprechenden Experimente im vorherigen Unterricht geübt worden (*s. Beispiel für die mündliche Prüfung im Realschulbereich*).

### **Resümee und Ausblick**

Die genannten Beispiele belegen, dass es weder unmöglich, noch mit zu großem Aufwand verbunden ist, Schülerinnen und Schüler auch bei der Lösung von experimentellen Aufgaben zu bewerten. Wichtig ist nur das vorherige Üben! Unsere Schülerinnen und Schüler zeigen durch ihr Interesse am Fach und durch ihre Wahl der schriftlichen oder mündlichen Prüfung im Fach Physik<sup>5</sup>, dass ihnen das beschriebene Vorgehen Sicherheiten im Verständnis der physikalischen Sachverhalte gibt.

Zum Abschluss noch einen Ausblick. Wir erproben gegenwärtig auch so genannte offene Aufgabenstellungen in experimenteller Hinsicht. Im Folgenden sind zwei Beispiele angefügt, die in einem Seminar von Schecker (/4/, auch /5/) vorgestellt wurden.

#### **Fehler im Experiment?**

In einer Klasse haben mehrere Schülergruppen aus Fallexperimenten die Erdbeschleunigung  $g$  bestimmt. In der Pause ergibt sich folgendes Gespräch:

*Axel:* Unser Wert  $g = 9,703$  ist am besten, wir haben nur ein Prozent Fehler!

*Janine:* Ihr habt geschummelt! So genau kriegt man das nicht hin!

---

<sup>5</sup> Neben den drei schriftlichen Pflichtprüfungen in Deutsch, Mathematik und einer Fremdsprache können die Schülerinnen und Schüler ihr viertes schriftliches Prüfungsfach frei wählen.

*Axel:* Wieso geschummelt? Die schlechteren Ergebnisse kann man weglassen. Hauptsache, man hat einen exakten Wert!

*Janine:* Bei uns kann dauernd etwas anderes heraus – mal 10,3, mal nur 9,5. Ich glaube, wir haben da etwas falsch gemacht.

*Bernd:* Wenn man sorgfältig genug arbeitet und keine Fehler macht, müsste eigentlich immer genau 9,81 herauskommen.

Nimm zu dem Gespräch Stellung!

### **Kraftmesser bauen**

Baue einen möglichst empfindlichen Kraftmesser mit einer geeigneten Skala. Du hast folgende Materialien zur Verfügung:

Büroklammern, Trinkhalme, Lineal, Pappstreifen, Wäscheklammern, Papier, Klebstoff, Wägestücke, Bindfaden, Gummibänder

Gib an, in welchem Bereich man damit Kräfte messen kann und wie vertrauenswürdig die Messergebnisse sind.

### **Anmerkung 1:**

Ich arbeite als Fachleiter für das Fach Physik am Staatlichen Studienseminar für das Lehramt an Regelschulen in Erfurt und habe seit 1991 nach organisatorischen und inhaltlichen Möglichkeiten gesucht, experimentelle Aufgaben auch in Tests, schriftlichen Leistungskontrollen und Klassenarbeiten bis hin zu mündlichen und schriftlichen Prüfungen für den Realschulabschluss einzusetzen. Wesentlichen Anteil an den hier dargestellten Ergebnissen haben auch die kritischen Diskussionen und Anregungen mit und durch meine Lehramtsanwärter. Ihnen sei an dieser Stelle ausdrücklich dafür gedankt.

### **Anmerkung 2:**

Ich lasse seit vielen Jahren häufig Tests mit eingeschränkten Wahlmöglichkeiten schreiben. Die Logik des Verfahrens ist einfach. Wird z. B. eine bestimmte Aufgabe von fast allen Schülern der Klasse nicht gewählt, dann liegt sicher ein prinzipielles Problem vor (z. B. zu wenig geübt oder eine unglückliche Fragestellung). Der Fehler könnte also auch bei mir liegen, die Aufgabe ist für den Test unter Umständen ungeeignet. Bei einem Wahltest fällt diese Aufgabe aus der Wertung heraus. Ein weiterer Grund für Tests mit Wahlaufgaben ist die mögliche Vermeidung des so genannten Black out - Effektes, der häufiger Schülerinnen und Schüler betrifft, die sehr fleißig gelernt haben. Werden diese mit einer unerwarteten Aufgabe konfrontiert,

tiert, dann kann dies zu einer Blockade im Gehirn führen, sie wissen dann gar nichts mehr. Näheres hierzu siehe /1/.

### **Anmerkung 3:**

Ich bin mir bewusst, mit der Veröffentlichung meines, in meinem Unterricht erprobten Bewertungsmodells viel Angriffsfläche für Kritik zu bieten. Betrachten Sie es aber als Beispiel, dass in jeder Weise variiert und verändert werden kann und teilen Sie mir Ihre Kritik, aber auch Ihre Verbesserungsvorschläge mit! Die in der Literatur vorgeschlagenen differenzierten Bewertungsschemata, mit dem Ziel, jeweils die Eigenleistung der partnerschaftlich arbeitenden Schülerinnen und Schüler zu erfassen, haben meinen Praxistest nicht bestanden. Während des Experimentierens der Schülerinnen und Schüler bin ich vollauf damit beschäftigt, die elektrischen Schaltungen abzunehmen und Probleme zu beheben, fehlende Materialien bereitzustellen, den Experimentieraufbau zu begutachten und auf Fehler hinzuweisen. Da bleibt keine Zeit für eine Bewertung.

### **Literatur:**

- /1/ Vogelsberger, Kurt: Kompendium der Leistungsmessung und –beurteilung. Manuskript, Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Realschulen, Kaiserslautern, 1989.
- /2/ Dennler, W., Wolff, M.: Zum Einsatz experimenteller Aufgaben in schriftlichen Leistungskontrollen. In: Physik in der Schule, 26, 1988, S. 355 – 361.
- /3/ Dennler, W., Wolff, M.: Hinweise und Empfehlungen zum Einsatz eines Schülerexperimentes in einer Wahlaufgabe der schriftlichen Abschlussprüfung. In: Physik in der Schule, 26, 1988, S. 296 - 301.
- /4/ Schecker, H.: Neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht. Neue Aufgaben? Oder neue Kultur? Tagungsmaterialien, Zentrale BLK-Tagung „Sinus“, Bremen 2001.
- /5/ Duit, R.: Vielfalt und Anregung statt Routine – Der Physikunterricht braucht eine andere Aufgabenkultur. In: Zeitschrift NiU Physik, 13 (2002), H. 67, S. 7.
- /6/ Hepp, R.: Experimente im Unterricht bewerten – Ein langfristiges Konzept. In: Zeitschrift NiU Physik, Experimente als Lernerfolgskontrolle, 13 (2002), H. 71/ 72. S. 50 ff.