

# Protokolle schreiben

## Anregungen zur Auseinandersetzung mit einer problematischen Textsorte

Von Martin Ernst Kraus und Sebastian Stehlik

Das Protokoll ist eine dominante Textsorte im Physikunterricht. Es gehört nach dem Verständnis der meisten Physiklehrer und -lehrerinnen vermutlich zu denjenigen Texten, auf die man im Physikunterricht am wenigsten verzichten kann. Eine Didaktik des Protokolls gibt es indes für den Physikunterricht unseres Wissens bis auf [1] nicht, und in den allgemeinen Didaktiken findet sich überhaupt kein Stichwort zum Protokollieren (vgl. [2]–[4]). Nur in der Chemiedidaktik gibt es Ansätze dazu (z. B. [5]).

Es bleibt also zu klären, welche didaktische Funktion man dem Protokoll zuweisen kann, welche Probleme diese Textsorte mit sich bringt und wie sich der Einsatz von Protokollen im Unterricht optimieren lässt. Dabei erweist es sich als notwendig, zwei Formen des Protokolls voneinander abzugrenzen:

- klassisches Versuchsprotokoll und
- sog. Leitfragenprotokoll als Sonderform des Unterrichtsprotokolls.

### Funktionen des Protokolls

#### Protokolle in der Forschung

Das Protokoll soll Abbild einer gewissenhaften Forschung sein, die zwischen

- dem Vorgehen,
- der Beobachtung und
- der Deutung

trennt. Allerdings werden die Kriterien der Dokumentationsform bis auf Vorworte in universitären Physik-Praktikum-Anleitungen (vgl. u. a. [6], S. 1 f.) kaum erwähnt. Das Verfahren lässt sich auf bestimmte Ansprüche an wissenschaftliches Vorgehen zurückführen: Das *Vorgehen* – also der Versuchsaufbau und die Versuchsdurchführung – soll eindeutig und reproduzierbar sein. Die *Beobachtung* des Versuchs soll isoliert ausgewiesen werden, damit sie gerade nicht

mit subjektiven Anteilen vermengt wird. Diese eher subjektiven Anteile finden sich stattdessen in der *Deutung* und den Schlussfolgerungen, die der Experimentator an die Beobachtungen knüpft.

Damit einher gehen bestimmte sprachlich-stilistische Kriterien, die für alle Protokollarten gelten. So wird beispielsweise beim Versuchsprotokoll aufgrund des standardisierten Aufbaus auf Überleitungen zwischen einzelnen Punkten verzichtet, es werden unpersönliche, passive Ausdrucksformen sowie die Zeitform Präsens verwendet und auf eine ausgeprägte sprachliche und begriffliche Präzision geachtet.

#### Protokolle in der Schule

Protokolle werden bereits in der 5. Klasse geübt, primär als eine propädeutische Form wissenschaftlichen Arbeitens. Mit dem Protokollieren wird die Erwartung verknüpft, Schülerinnen und Schüler könnten so die aufklärerische Funktion von Protokollen als Element wissenschaftlichen Arbeitens lernen, nämlich den Anspruch auf Objektivität.

Sowohl in den Bildungsstandards Physik für den mittleren Abschluss ([7], S. 11 f.), den Konkretisierungen wie beispielsweise dem Niedersächsischen Kerncurriculum Physik ([8], S. 21 f.) als auch in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Abitur ([9], S. 3 f.) wird das Protokollschreiben implizit als Dokumentationsform des Versuchs genannt. So berührt das Protokollschreiben in seinen einzelnen Elementen eine Vielzahl der zu fördernden Kompetenzen (s. **Tab. 1**).

#### Kritische Bestandsaufnahme

Der Lernerfolg ist beim klassischen Protokollieren eher bescheiden; üblicherweise kann man nicht erwarten, dass Schülerinnen und Schüler am Ende der

<b>KLASSENSTUFE:</b>	8–10
<b>SCHULFORM:</b>	alle Schulformen
<b>ZEITUMFANG:</b>	4 Unterrichtsstunden
<b>THEMA:</b>	Elektrizitätslehre
<b>METHODEN:</b>	Leitfragenprotokoll

10. Klasse bzw. beim Eintritt in die Sekundarstufe II die o. g. Kriterien für das Verfassen wissenschaftlicher Protokolle erfüllen.

Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit [10] wurden Schülerinnen und Schüler der Jahrgänge 7, 9, 11 und 12 eines niedersächsischen Gymnasiums schriftlich zu ihren Assoziationen zum Begriff „Protokoll“, zu dessen vermeintlichen Zielen und Formalia befragt. Die Befragung ergab, dass die Schülerinnen und Schüler über alle Jahrgänge hinweg primär mit dem Begriff „Protokoll“ dessen strukturellen Aufbau verbinden sowie seine Funktion, Beobachtungen zu beschreiben bzw. das Geschehene zu dokumentieren ([10], S. 14). Für einen Teil der Befragten ist der Begriff ausgesprochen negativ belegt. Insbesondere in der 9. Klasse stellte gut ein Viertel der Befragten beim Begriff „Protokoll“ einen Bezug zu den Hausaufgaben her. Das weist darauf hin, wie sehr die Schülervorstellungen zum Protokoll von der Art und Weise seines Einsatzes im Unterricht abhängig sind. Die meisten Schülerinnen und Schüler sehen bestenfalls einen persönlichen Nutzen im Protokollieren, u. a. um noch einmal nachzuschlagen und damit für die Klassenarbeit lernen zu können ([10], S. 14).

Nur jeweils ein bis zwei Schüler pro Jahrgang gaben an, man könne so „mit

Bildungsstandards (vgl. [7], S. 11 f.): Die Schülerinnen und Schüler ...	
Bereich Erkenntnisgewinnung	E 4 wenden einfache Formen der Mathematisierung an E 8 planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse E 9 werten gewonnene Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen
Bereich Kommunikation	K 2 unterscheiden zwischen alltagssprachlicher und fachsprachlicher Beschreibung von Phänomenen K 5 dokumentieren die Ergebnisse ihrer Arbeit
EPAs ([9], S. 3 f.): Die Prüflinge ...	
Kompetenzbereich Fachmethoden: Erkenntnismethoden der Physik sowie Fachmethoden beschreiben und nutzen	haben eigene Erfahrungen mit Methoden des Experimentierens ([...], Dokumentation, Auswertung, Fehlerbetrachtung, [...])
Kompetenzbereich Kommunikation: In Physik und über Physik kommunizieren	verfügen über Methoden der Darstellung physikalischen Wissens und physikalischer Erkenntnisse in unterschiedlichen Formen (z. B. Sprache, Bilder, Skizzen, Tabellen, Graphen, Diagramme, Symbole, Formeln)
Niedersächsisches Kerncurriculum ([8], S. 20 f.): Die Schülerinnen und Schüler ...	
Bereich „Planen, experimentieren, auswerten“ (am Beispiel für Jahrgang 8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>legen unter Anleitung geeignete Messtabellen an</li> <li>erkennen abhängige und unabhängige Größen und fertigen lineare Diagramme an</li> <li>ziehen zur Beschreibung zunehmend die Fachsprache heran</li> <li>fertigen bei Bedarf Versuchsprotokolle selbstständig an</li> </ul>
Mathematisieren (am Beispiel für Jahrgang 10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>wechseln zwischen sprachlicher und grafischer Darstellungsform</li> <li>fertigen Ausgleichskurven zu Messdaten an und schätzen dabei Messfehler in einfachen Zusammenhängen begründet ab</li> <li>fertigen Graphen zu beliebigen Zusammenhängen an</li> <li>ermitteln funktionale Zusammenhänge aus Messdaten – auch mithilfe des GTR</li> <li>dokumentieren ihre Arbeitsschritte und begründen ihre Entscheidungen</li> <li>wechseln zwischen sprachlicher, grafischer und algebraischer Darstellung eines Zusammenhanges</li> </ul>

Tab. 1: Unterschiedliche Elemente des Protokollierens bilden einen wesentlichen Kern verschiedener Vorgaben

Ergebnissen anderer [Experimente] vergleichen“ bzw. nur so eine „genaue Wiederholung unter gleichen Bedingungen [er]möglich“ ([10], Anhang S. 4–16). Zwei Schüler (Kl. 11) vermuteten, man wolle „ggfs. etwas beweisen“. Zudem ist es nur wenigen Schülerinnen und Schülern gelungen, neben der Protokollstruktur noch weitere formale Kriterien für das Protokollschreiben und deren Sinn anzugeben.

Bei der Frage, ob die Schülerinnen und Schüler beim Schreiben eines Protokolls viel oder kaum etwas lernen, ergab sich ein recht heterogenes Bild. Ein Teil bejahte dies mit Begründungen wie „Man denkt so über das eigene Tun noch mal nach“ (Kl. 7), „Ich merke mir so besser, worauf es beim Versuch wirklich ankam“ (Kl. 9) oder mit der „Gewöhnung an wissenschaftliches Arbeiten“ (Kl. 12). Andere Schülerinnen und Schüler gaben an, sie lernten durch Protokolle kaum etwas, da ihrer Ansicht nach „nur die Deutung wichtig [ist] – den Rest brauch[t] nicht“ (Kl. 11), „der Inhalt schon beim Versuch erkannt und gelernt wurde“ (Kl. 12) oder „ein [selbstgeschriebe-

nes] unvollständiges und eventuell fehlerhaftes Protokoll nichts bringt“ (Kl. 12) (s. [10], Anhang S. 4–16).

Ähnliche Beobachtungen kann man übrigens auch im Philosophie-Unterricht zum Thema Wissenschaftstheorie machen: „Wir beschreiben einen Versuchsaufbau und das, was bei diesem Versuch passiert. Und dann werten wir aus. Darüber schreiben wir ein Protokoll. Das reicht“ ([11], S. 452).

Die Befragungen machen deutlich, dass die Anforderungen eines Protokolls nicht als Ausdruck eines wissenschaftlichen Anspruchs verstanden, sondern fälschlich als Lernnotwendigkeit angenommen werden.

#### Didaktische Probleme des Protokollierens

Neben den vorherrschenden Schülervorstellungen zum Protokoll im Physikunterricht muss man sich im Klaren sein, welche weiteren didaktischen Probleme mit dem klassischen Protokollieren verbunden sind, z. B.:

- *Hoher Zeitaufwand:* Der naturwissenschaftliche Unterricht steht in der

Kritik, dass zu viel Unterrichtszeit für Inhalte verschwendet werde, die nicht zum Lernen beitragen. Dies gilt auch für das Protokollieren, wie sogar im niedersächsischen Kerncurriculum (vgl. [8], S. 24) kritisiert wird: Es besteht die Gefahr eines leeren Rituals. Seitenlange Materiallisten mit einer umfangreichen Benennung von Kreuzmuffen, Tonnenfüßen und Operationsverstärkern oder ein Insistieren auf Fachsprachlichkeit, ohne dass die Fachinhalte durchdrungen worden wären, sind eben nur in geringem Maße verständnisfördernd.

- *Mangelnde Beliebtheit:* Die Unbeliebtheit des Protokollierens (insbesondere im Oberstufenunterricht) könnte sich auch auf die Beliebtheit des Schulfachs Physik niederschlagen. Die Schülerinnen und Schüler sprechen dem Protokollieren in der Regel zwar durchaus einen Wert zu (s. o.), viele verbinden damit aber einen hohen Arbeitsaufwand und wenig Motivation.
- *Mangelnde Funktionalität beim Lernen:* Der Einzelfall in Form eines ausge-

wählen, besonders aussagekräftigen Experiments wird zu Gunsten eines einheitlichen Protokolls verallgemeinert, statt anhand von verschiedenen Experimenten die Erkenntnis zu entwickeln und zu festigen. So könnte beispielsweise ein Lernen an Stationen, bei dem der Versuch in verschiedenen Repräsentationsformen angeboten wird, für unterschiedliche Lerntypen deutlich anschaulicher sein.

Schließlich sollte man nicht vergessen, dass auch aus wissenschaftlicher Sicht bedeutende Kritikpunkte offen bleiben:

- *Kein adäquates Bild von Wissenschaft:* Ein einziger, im Protokoll niedergeschriebener Fall soll häufig ein ganzes Gesetz belegen – statt dass viele Fälle verglichen werden und über Ähnlichkeiten Plausibilitäten entwickelt werden.
- *Pseudogenauigkeit:* Das Streben nach genauen Messergebnissen mit Abweichungen von unter 5 % oder 10 % vom Literaturwert ist zwar ein Aspekt wissenschaftlichen Arbeitens, zugleich aber auch ein Zerrbild. Denn der Literaturwert wird aus Gründen der Zeitökonomie verabsolutiert, die zur Gewinnung vorgenommenen vielfachen Versuchsoptimierungen werden unterschlagen, ebenso die charakteristische Suche nach verborgenen Parametern etc.

## Leitfragenprotokolle als Abbild des Lernprozesses

Für die Darstellung eines Experimentes aus dem Unterrichtsgeschehen scheint das wissenschaftliche Protokoll aus den o. g. Gründen ungeeignet. Seine starre Form unterbindet tendenziell die sachgemäße Abbildung der Irrwege, Fehler und ausgeräumten Alltagsvorstellungen sowie der Entwicklung einer physikalisch angemessenen Vorstellung. Diese Elemente zu dokumentieren, erscheint uns aber unerlässlich – sowohl aus lerntheoretischen Überlegungen als auch als Konsequenz aus den Vorstellungen und damit gewissermaßen Forderungen der Schülerinnen und Schüler (s. o.), „mit und aus Protokollen lernen zu können“.

So muss das Protokoll unseres Erachtens als Abbild des Unterrichtsgangs

	Konventionelles Protokoll	Leitfragenprotokoll
1	Überschrift: <i>Reflexion am ebenen Spiegel</i>	Nachgetragene Überschrift wie links, zusätzlich die Leitfrage: <i>In welchem Winkel wird ein Lichtstrahl am Spiegel zurückgeworfen?</i>
2	Versuchsaufbau: Skizze mit mehreren reflektierten Strahlen	Vermutungen: 1. <i>Der Lichtstrahl prallt wie ein Ball vom Spiegel ab.</i> 2. <i>Der Lichtstrahl wird im rechten Winkel reflektiert.</i> [Die 2. Vermutung wird den Lernenden nahe gelegt, wenn man immer im 45°-Winkel einstrahlt.]
3	Versuchsdurchführung: <i>Die Lichtbox strahlt auf den Spiegel; der eingestrahlte Lichtstrahl und der reflektierte Lichtstrahl werden aufgezeichnet und die Winkel werden gemessen.</i>	<i>Beim Messen muss man darauf achten, dass der Nullpunkt des Geodreiecks dort liegt, wo der Lichtstrahl auftrifft (mit Skizze).</i>
4	Versuchsbeobachtung: <i>Der Einfallswinkel ist gleich dem Ausfallswinkel.</i> Messreihe mit Einfallswinkel und Ausfallswinkel	Experimentelle Überprüfung ohne Notieren der Messergebnisse <i>Die zweite Vermutung ist falsch, ein flacher Lichtstrahl wird auch flach reflektiert.</i>
5	Versuchsauswertung: <i>Am ebenen Spiegel ist der Winkel zwischen Lot und einfallendem Strahl gleich dem Winkel zwischen Lot und ausfallendem Strahl.</i>	<i>Ergebnis: Der Lichtstrahl wird im gleichen Winkel zurückgeworfen, in dem er einstrahlt. Verabredung: Man zeichnet an die Stelle, an der der Lichtstrahl auftrifft, einen senkrechten Strich. Dann misst man den Winkel zwischen diesem Strich, dem sogenannten Lot, und dem Lichtstrahl.</i>

Tab. 2: Gegenüberstellung eines konventionellen Protokolls und eines Leitfragenprotokolls (die kursiv gesetzten Teile sind der angeschriebene Text)

umfunktioniert werden, also zu einer Mischform zwischen wissenschaftlichem Protokoll und einem Gesprächsprotokoll. Diese Form des Protokolls bezeichnen wir als *Leitfragenprotokoll*, um die besondere Charakteristik naturwissenschaftlichen Arbeitens zu unterstreichen, nämlich Fragen aufzuwerfen, die sich mit den Methoden der Naturwissenschaften beantworten lassen und somit das Vorgehen leiten. Zudem stellt eine Dokumentation anhand einer von den Schülerinnen und Schülern mitentwickelten Leitfrage sicher, dass an deren Vorwissen und Interessen angeknüpft wird.

**Tabelle 2** skizziert, wie sich die Arten der Protokollierung unterscheiden: Schon die Überschrift des Leitfragenprotokolls orientiert sich nicht nach einer Fach-, sondern an einer Lernsystematik. Auch werden hier im Allgemeinen nicht die einzelnen Elemente (Versuchsaufbau/-durchführung, -beobachtung und -auswertung) protokolliert, sondern zentrale Fragen, Antworten und auch Teilerkenntnisse. Das Leitfragenprotokoll trägt folgende Kennzeichen:

- Das Protokoll enthält erarbeitete Fragen, vor allem die Leitfrage der Unterrichtsstunde, aber auch die Niederschrift von Fragen, die die Schülerinnen und Schüler während der Erarbeitung selbst aufgeworfen und bearbeitet haben.
- Das Protokoll ist nicht grundsätzlich fehlerfrei, sondern Fehler werden im Laufe der Erarbeitung korrigiert und die Korrektur wird auch abgebildet. Dies gilt insbesondere auch für den fachsprachlichen Ausdruck.
- Das Protokoll kennzeichnet Irrwege, hauptsächlich durch widerlegte Hypothesen und durch ausgewiesene typische Fehlvorstellungen, aber auch durch Exkurse, wenn beispielsweise Vorwissen wiederholt werden muss.
- Das Protokoll nimmt in den Ergebnissen auf die Fragen Bezug.
- Sprachkonventionen werden bei passender Gelegenheit explizit gemacht.

Unterstützt wird diese Betrachtung durch die Technik des Protokollierens, wie sie auch im Deutschunterricht ver-

## Allgemeine Funktionen des Protokolls

- Weitervermittlung von Wissen
- wahrheitsgetreue Darstellung, ein objektives Abbild als verbindliche Wissensgrundlage für alle am Diskurs Beteiligten (aber nicht: wahr im Sinne von physikalisch korrekt)
- Grundlage zur Nacharbeit, auch für abwesende Schülerinnen und Schüler
- Lerngrundlage für Klausuren
- Nachweis der Progression (auch für die Lehrkraft)
- Übung von Schreibtechniken: Gewichten, Strukturieren, Umformulieren

Aus der Deutschdidaktik nach: [12], S. 75.

## Kontrollfragen bei der Entwicklung eines Leitfragenprotokolls

- Was war das Thema?
- Welche Gesichtspunkte/Unterthemen wurden angesprochen?
- Welche Thesen wurden vertreten? (Welche Hypothesen entwickelt?)
- Wie werden sie begründet? (Argumente)
- Wie werden sie veranschaulicht? (Beispiele, Belege, Experimente)
- Welche Gesprächsphasen lassen sich unterscheiden?
- Zu welchen Ergebnissen bzw. Zwischenergebnissen ist man gekommen?

In Anlehnung an: [13], S. 110.

mittelt wird (s. **Kasten 1**). Für die Anfertigung eines Leitfragenprotokolls können die Fragen in **Kasten 2** hilfreich sein.

Die Entwicklung eines Leitfragenprotokolls kann an der Tafel geschehen. Eine Erarbeitung auf einer Folie bietet aber insbesondere die Möglichkeit, in der Folgestunde noch offene Fragen aufzugreifen bzw. die Dokumentation zu ergänzen. Diese Form des Leitfragenprotokolls unterscheidet auch von der Methode des Labortagebuchs (vgl. [16]), da nämlich einzelne Abschnitte des Protokolls verschiedene Unterrichtsphasen widerspiegeln, in denen auch verschiedene Sozialformen möglich sind (z. B. Erarbeitung der Leitfrage im Plenum, Notieren der Einzelergebnisse in Einzel- oder Partnerarbeit, fachsprachliche Verabredung als Lehrerinfo).

## Protokollschreiben explizit fördern

### Förderung durch Reflexion

Für uns ergibt sich als weitere Konsequenz aus den o. g. Schülervorstellungen und didaktischen Problemen die Forderung, beim Einsatz des klassischen Versuchsprotokolls als wissenschaftli-

cher Textsorte auch seine Funktion und seine Eigenarten explizit zu thematisieren (s. a. [5], S. 54). Die Deutschdidaktik ist diesbezüglich deutlich weiter fortgeschritten, hier wird das Protokollieren als ein „Lerngegenstand“ ([13], S. 108) gefordert, indem dessen kommunikative Funktion geklärt wird. Es bietet sich deshalb durchaus eine Kooperation mit dem Fach Deutsch an, wenn dort im Doppeljahrgang 7/8 die verschiedenen Textsorten behandelt werden ([14], S. 20; s. a. S. 44–45). Unabhängig davon muss das Protokollieren geübt werden, um Schülerinnen und Schüler in den ausgewiesenen Kompetenzen auszubilden (s. o.). Dazu bieten sich zwei Verfahren an:

- Den Schülerinnen und Schülern muss formelhaft verständlich sein, dass das Protokoll drei wesentliche Elemente aufweist. Diese Elemente lassen sich mit den drei Grundfragen: *Was tut man?* *Was sieht man?* *Wie kann man es deuten?* bereits in unteren Jahrgangsstufen üben. Eine mögliche Vorgehensweise findet man im hier vorgestellten Protokolltraining (s. **Tab. 3** und **Arbeitsblätter**) oder in [16], S. 22.
- Nötig sind eine effiziente Übung einzelner Elemente und eine explizite Re-

flexion. In Reflexionsphasen können erläuternde Kommentare auf der Metaebene dazu dienen, ein angemessenes Bild von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen aufzubauen ([17], S. 5). Schülerinnen und Schülern muss beispielsweise klar werden, *warum* man die drei Elemente trennen muss und welche Regeln dabei gelten. Gerade das „Sprechen über ...“ ermöglicht es, aus dem Vergleich von Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler allgemeine Regeln für die jeweilige Arbeitsmethode abzuleiten bzw. das Ergebnis des eigenen Handelns an angemessenen Kriterien zu überprüfen (vgl. [8], S. 6). Als Verfahren bietet sich dafür die 1-2-4-Methode (vgl. [5], S. 56) an, in der sich die Lernenden paar- bzw. gruppenweise über die Einhaltung der Kriterien verständigen.

### Ein Unterrichtsgang zum Protokolltraining

Der hier vorgestellte Unterrichtsgang wurde ursprünglich für die 10. Klassen der Integrierten Gesamtschule Garben entwickelt, wo es üblich ist, dass Kandidatinnen und Kandidaten für den Übergang in die Sekundarstufe II einen Vorbereitungskurs für die Oberstufe erhalten. In diesem Kurs geht es darum, elementare wissenschaftliche Techniken zu üben. Da der gesamte Jahrgang recht groß war, wurden vier Teilgruppen gebildet, die nacheinander den (sukzessive optimierten) vierstündigen Vorbereitungskurs durchliefen.

Die Zeitplanung des Kurses (s. **Tab. 3**) macht deutlich, welche Arbeitsschritte möglich bzw. nötig sind. Einen besonderen Stellenwert hatten dabei die Reflexionen, die auf den drei **Arbeitsblättern** in Form von Fragen angelegt sind, und die zur Diskussion gestellten **Varianten A–C** für verschiedene Protokollteile. Mögliche Antworten und weiterführende Hinweise finden sich in im **Kasten 3**.

Der hier vorgeschlagene Zeitrahmen sprengt üblicherweise die Möglichkeiten des Zwei-Stunden-Fachs Physik. In einer Adaption sollte man daher entweder einzelne Elemente nacheinander in den Unterricht integrieren, insbesondere die Fragen zur Reflexion, oder beispielsweise einen Block von mehreren Stunden kurz vor den Ferien im Umfeld von Zeugniskonferenzen nutzen.

1. Unterrichtsstunde	5 min	Das Programm der nächsten vier Stunden erläutern; Versuchsgeräte und Verkabelung selbst in Worten darstellen (Versuchsaufbau s. <b>Arbeitsblatt 1</b> ).
	15 min	Versuchsaufbau zeichnen lassen, dabei die Zeit stoppen (erfahrungsgemäß ca. 10 min).
	5 min	Versuch zunächst nur qualitativ durchführen mit 1–2 Beispielmesswerten (an der Tafel notieren). Versuchsdurchführung schreiben lassen.
	10 min	<b>Arbeitsblatt 1</b> verteilen; Schaltskizze und Durchführung kritisieren lassen (s. u.); ein Musterprotokoll erstellen. Die Schaltskizze selbst innerhalb von ca. 1,5 min an der Tafel entwerfen (um den Lernenden die Zeitökonomie nachzuweisen).
	5 min	Reflexionen auf dem <b>Arbeitsblatt 1</b> .
2. Unterrichtsstunde	10 min	Versuchsbeobachtung formulieren lassen.
	20 min	Messung durchführen, dabei alle Schülerinnen und Schüler ablesen lassen; Parallaxe-Fehler besprechen. Während des Ablesens die anderen Schülerinnen und Schüler bereits den Graphen zeichnen lassen, deswegen zuvor die extremen Werte aufnehmen.
	15 min	Graph zeichnen lassen, Rest evtl. als Hausaufgabe; während des Zeichnens einzelnen Schülern helfen, damit sie weder die Achsen vertauschen noch zu ungünstige Skalierungen wählen.
3. Unterrichtsstunde	5 min	Versuch erneut qualitativ vorführen.
	5 min	Auf <b>Arbeitsblatt 2</b> die Versuchsbeobachtung korrigieren lassen; dabei auf die fachsprachliche Unterscheidung von Größe-Einheit-Formelzeichen eingehen.
	15 min	Graph korrigieren; Reflexion zu <b>Arbeitsblatt 2</b> .
	10 min	Versuchsdeutung entwickeln lassen; Einstieg über eine unsinnige Deutung, etwa: <i>Die Krokodilklemme und der Zeiger des Strommessgeräts führen eine wechselhafte Beziehung, mal bewegen sie sich aufeinander zu, mal entfernen sie sich voneinander.</i>
	10 min	<b>Arbeitsblatt 3</b> verteilen, die Versuchsdeutungen sprachlich überarbeiten lassen. Reflexion auf diesen Teil durchführen.
4. Unterrichtsstunde	10 min	Nach der Wertetabelle auf <b>Arbeitsblatt 3</b> einen Länge-Widerstand-Graphen zeichnen lassen; dabei die Achsen vorgeben, um Zeit zu sparen.
	5 min	Diskussion der Ausgleichsgeraden mit Lineal anstelle einer Annäherung durch Freihandzeichnung.
	5 min	Steigung bestimmen lassen.
	5 min	Ergebnisformulierung durch eine Proportionalitätskonstante als <i>Folgerung</i> aus dem Zusammenhang $R \sim l$ . In das Musterprotokoll übertragen lassen.
	20 min	Reflexion des Versuchsergebnisses auf <b>Arbeitsblatt 3</b> .

Tab. 3: Zeitplanung des 4-stündigen Kurses zum Protokolltraining

## Literatur

- [1] Brüning, H.-G.: Das Versuchsprotokoll. In: *Physica didactica* 17 (1990), Heft 3–4, S. 101–109.
- [2] Bleichroth, W. et al.: *Fachdidaktik Physik*. Köln: Aulis, 1991.
- [3] Mikelskis, H. (Hrsg.): *Physikdidaktik. Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II*. Berlin: Cornelsen, 2006.
- [4] Kircher, E.; Girwidz, R.; Häußler, P. (Hrsg.): *Physikdidaktik. Eine Einführung in Theorie und Praxis*. Braunschweig: Vieweg, 2000.
- [5] Witteck, T.; Eilks, I.: Versuchsprotokolle kooperativ erstellen. In: *Unterricht Chemie* 15 (2004), Heft 82/83, S. 54–56.
- [6] Becker, J.; Jodl, H.-J.: *Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler und Ingenieure*. Düsseldorf: VDI, 1991.
- [7] KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand, 2005.
- [8] Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.): *Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5–10, Naturwissenschaften*. – Unter: [http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc\\_gym\\_nws\\_07\\_nib.pdf](http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_gym_nws_07_nib.pdf) [18.3.08]
- [9] KMK – Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.): *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik. 2004*. Unter: <http://www.kmk.org/doc/beschl/EPA-Physik.pdf> [18.3.08]
- [10] Stehlik, S.: Didaktische Rekonstruktion der Fachmethode Versuchsauswertung am Beispiel der Zentripetalkraft im Physikunterricht der Klasse 11. Schriftliche Arbeit im Rahmen der zweiten Staatsexamensprüfung. Göttingen: Studienseminar Göttingen für das Lehramt an Gymnasien, 2007.
- [11] Witzleben, F.: Helfen wissenschaftstheoretische Fragen beim Verständnis der Naturwissenschaften? In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht* 55 (2002), Heft 8, S. 452–458.
- [12] Moll, Melanie: Protokollieren heißt auch Schreiben lernen. In: *Der Deutschunterricht* 55 (2003), Heft 3, S. 71–80.
- [13] Fritzsche, J.: *Zur Didaktik und Methodik des Deutschunterrichts. Bd. 2: Schriftliches Arbeiten*. Stuttgart: Klett, 1994.
- [14] Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.): *Kerncurriculum für das Gymnasium Schuljahrgänge 5–10, Deutsch*. – Unter: [http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc\\_gym\\_deutsch\\_nib.pdf](http://db2.nibis.de/1db/cuvo/datei/kc_gym_deutsch_nib.pdf) [18.3.08]
- [15] Leisen, J.: Muss ich jetzt auch noch Sprache unterrichten? In: *Unterricht Physik* 16 (2005), Heft 87, S. 4–9.
- [16] Kiss-Scherle, M.; Lorbeer, W.: Schülerinnen und Schüler führen ein Labortagebuch. In: *Unterricht Physik* 14 (2003), Heft 74, S. 21–25.
- [17] Stäudel, L.: *Naturwissenschaftliches Arbeiten. Erläuterungen zu Modul 2*. 2007. – Unter: [http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/Modul\\_2\\_Staedel.pdf](http://sinus-transfer.uni-bayreuth.de/fileadmin/MaterialienBT/Modul_2_Staedel.pdf) [18.3.08]

1

## Protokolle schreiben

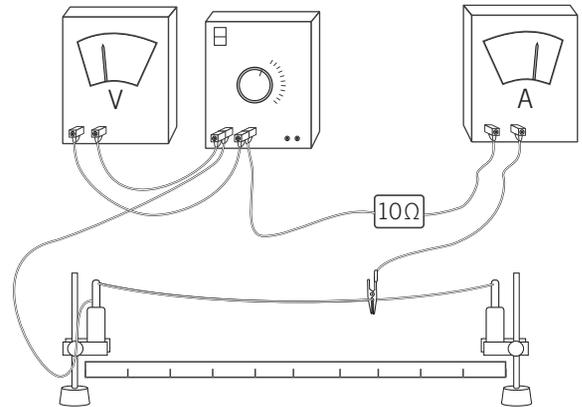
### I. VERSUCHSAUFBAU

#### Reflexion

- 1 Wieso verwenden Physiker besondere Zeichen?
- 2 Wie erreicht man in einem Versuchsaufbau Übersichtlichkeit?

### II. Versuchsdurchführung

- A** Wenn ich das Netzgerät einschalte und das Kabel hin- und herschiebe, bleibt die Anzeige des Spannungsmessgeräts gleich, aber das Stromstärkemessgerät zeigt verschiedene Werte an. Nun schreibe ich die Werte auf.
- B** Das Netzgerät wurde eingeschaltet. Dann nahm ich das Kabel, an dem die Krokodilklemme ist, und klemmte es am Kanthal-Draht fest. Das Messgerät änderte sich. Dann verschob ich die Krokodilklemme. So änderte sich der Widerstand, was man am Anzeigergerät sehen konnte.



#### Reflexion

- 1 Welche sprachlichen Besonderheiten hat die Beschreibung einer Versuchsdurchführung?
- 2 Warum legen Physiker auf diese Form besonderen Wert?
- 3 Wieso trennen Physiker die Versuchsdurchführung scharf von der Versuchsdeutung?

© Unterricht Physik\_19\_2008\_Nr. 104

2

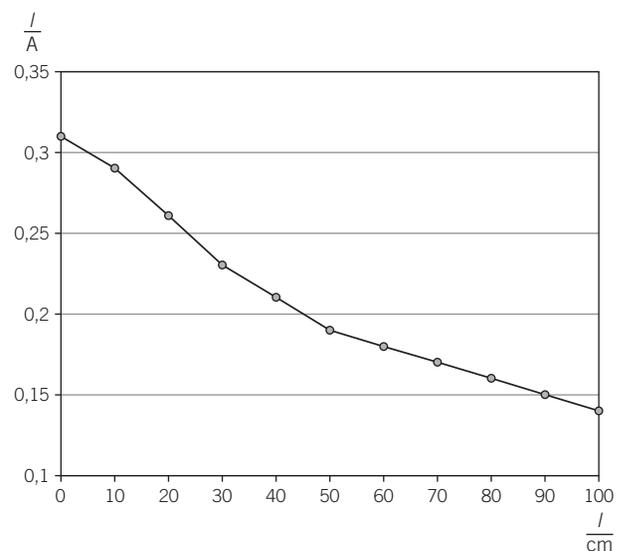
## Protokolle schreiben

### III. DIE VERSUCHSBEOBSACHTUNG

- A** Durch das Verschieben der Krokodilklemme wird die Amperezahl verändert. Je länger die Strecke ist, umso kleiner ist die Stromstärke. Die Voltzahl bleibt aber gleich: 4,6 V.
- B** Immer, wenn man den Spannungsabnehmer am Draht nach rechts verschiebt, wird die Stromstärke geringer. Die Spannung ist dagegen konstant. Ich kriege eine Wertetabelle, die im folgenden Graphen dargestellt ist.

#### Reflexion

- 1 Welche Größe trägt man auf der x-Achse auf, welche auf der y-Achse?
- 2 Wie beschriftet man die Achsen?
- 3 Wie verbindet man die Punkte miteinander?



Graph aus der Wertetabelle

© Unterricht Physik\_19\_2008\_Nr. 104

## Protokolle schreiben

### IV. DIE VERSUCHSDEUTUNG

**A** Durch das Verschieben der Krokodilklemme wird der Widerstand anders. Den Widerstand berechne ich nach dem Ohm'schen Gesetz  $U = R \cdot I$ . Damit komme ich zur folgenden errechneten Reihe:

//cm	10	20	30	40	50	60	70	80	90
//A	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,18	0,17	0,16	0,15
R/ $\Omega$	15,9	17,7	20,0	21,9	24,2	25,6	27,1	28,8	30,7

Daran sieht man, dass der Widerstand nicht konstant ist.

**B** Die Stromstärke nimmt im Laufe der Zeit ab, weil der Draht länger wird. Das liegt daran, dass der Widerstand zunimmt. Das sieht man am folgenden Länge/Widerstand-Graphen: ...

#### Reflexion

- 1 Welche Rolle spielt das bisher im Unterricht erarbeitete Wissen für die Versuchsdeutung?
- 2 Warum muss man manchmal einen neuen Graphen erstellen?

### V. DAS VERSUCHSERGEBNIS

**A** Das Verhältnis von Spannung und Stromstärke ist konstant.

**B** Der Widerstand hängt von der Stromstärke ab. Ändert man die Länge eines Drahts, sinkt die Stromstärke.

**C** Der Widerstand eines Drahts hängt von seiner Länge ab. Die Proportionalitätskonstante ist  $k = 0,19 \Omega/\text{cm}$ .

#### Reflexion

- 1 Wann kann man sagen, dass das Versuchsergebnis vollständig formuliert ist?
- 2 Warum spielen Proportionalitätskonstanten in der Physik eine große Rolle?
- 3 Was leistet die Physik als Wissenschaft?
- 4 Welche Rolle spielt die Mathematik in der Physik?

#### I Versuchsaufbau

- Der vorliegende Versuchsaufbau ist unübersichtlich – man verwendet standardisierte Schaltzeichen und senkrechte/waagerechte Linien für die Verkabelung. Die Beschriftung fehlt.
- Ein einheitliches System garantiert Eindeutigkeit.
- Die detaillierte Zeichnung dauert zu lang (Zeit stoppen) – dadurch verlieren Schüler wertvolle Bearbeitungszeit.

#### II Versuchsdurchführung

- Sprache: (a) im Passiv, (b) in der Gegenwart, (c) ohne „ich“ (nicht personalisiert) und mit Fachsprache.
- Physikalische Experimente haben kein handelndes Subjekt.
- Eine Versuchsbeschreibung muss ohne Wertung sein.
- Die Durchführung muss erfassen, was gemessen wird, d. h., welche Größe  $y$  in Abhängigkeit von der Veränderung der Variablen  $x$  gemessen wird (hier: Stromstärke und Länge).

#### III Beobachtung und Graph

- Die Darstellung muss beschreiben, wie die Messwerttabelle zu lesen ist; sie betont die Abhängigkeit zunächst qualitativ. Man muss Orientierungen wie rechts/links vermeiden.
- Die Fachsprache muss eingehalten werden (Spannung, Stromstärke, Ampere, Volt), weil sie knapp, eindeutig und präzise ist. Schülergemäße Paraphrasen: *Größe* – allg. Bezeichnung, Fachbegriff; *Formelzeichen* – einheitliche Abkürzung; *Zahlenwert* – Wert; *Einheit* – „in was etwas gemessen wird“

- Die während des Versuchs veränderte Größe gehört auf die  $x$ -Achse, die sich verändernde Größe auf die  $y$ -Achse.
- In der Beschriftung der Achsen wird die Einheit mit aufgenommen, damit man sie nicht mehrfach schreiben muss.
- Ein Graph muss übersichtlich sein, z. B. indem er im  $45^\circ$ -Winkel zu den Achsen liegt (wichtig für Fehlerbestimmung).
- Ein Graph darf im Bereich der klassischen Physik keine Knicke enthalten, weil sich die Natur nur kontinuierlich ändert.
- Die Achsenbeschriftung beginnt üblicherweise bei 0/0 und nicht – wie in der Darstellung – bei einem anderen Wert.

#### IV Deutung

- Oft werden Größen und ihre Einheiten durcheinandergeworfen: Die Größe hat eine Bezeichnung und ein Formelzeichen.
- Schüler überrascht, dass sie Werte noch errechnen müssen. Ihnen ist unklar, dass Messgrößen manchmal nur indirekt erschlossen werden können.

#### V Versuchsergebnis

- Das Versuchsergebnis hält den Erkenntnisgewinn fest.
- Proportionalitätskonstanten sind Natur- oder Materialkonstanten.
- Die physikalische Methode objektiviert Naturerkenntnis.
- Die Mathematisierung abstrahiert einen experimentell erkannten Zusammenhang. Die Formel erlaubt Extrapolationen und die Verknüpfung mit anderen Zusammenhängen.