

## Rolle des Experiments im Wissenschaftsprozess

- Vorstellung einer Masterarbeit -

Janina Dierkes\*, Torsten Franz\*

\* Technische Universität Braunschweig, IFdN, Abt. Physik & Physikdidaktik  
j.dierkes@tu-bs.de, torsten.franz@tu-braunschweig.de

### Kurzfassung

Die Natur der Naturwissenschaften spielt in der Naturwissenschaftsdidaktik eine entscheidende Rolle. Die epistemologischen Überzeugungen von Schülerinnen und Schülern sowie Studierenden und Lehrkräften wurden bereits in zahlreichen Studien untersucht. Zum anderen sind Experimente ein wesentliches Element des heutigen Physikunterrichts. Aber welche Vorstellungen werden von der Rolle des Experiments im Wissenschaftsprozess vermittelt? Die vorgestellte Masterarbeit stellt eine Fragebogenuntersuchung von 133 Studierenden naturwissenschaftlicher Fächer in den ersten Studiensemestern dar und beschäftigt sich mit der Frage, welches Bild die Studierenden von der Natur der Naturwissenschaften und der Rolle des Experiments haben.

### 1. Einleitung

Im Zuge zahlreicher Diskussionen ist mit „Learning about the Nature of Science“ (Solomon 1991, McComas 1998 zitiert nach [1, S.6]) ein komplexer Themenbereich in den Fokus der Naturwissenschaftsdidaktik gerückt. Um Schülerinnen und Schülern ein adäquates Bild von Wissenschaftstheorie zu vermitteln, sollen Diskussionen über das Wesen und die Methoden der Naturwissenschaften in den Unterricht eingebaut werden.

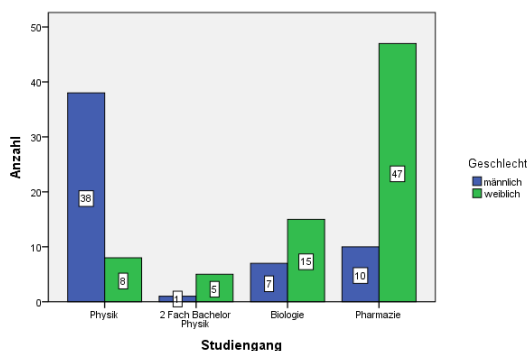
Es gibt eine Reihe von Studien, die sich mit dem Wissenschaftsverständnis von Schülerinnen und Schülern beschäftigen. Auch die Vorstellungen von Lehrkräften wurden untersucht. Einen guten Überblick bietet [2]. Die Vorstellungen von Studierenden hingegen sind verhältnismäßig wenig untersucht. Daher soll sich die Masterarbeit [3] mit dem Wissenschaftsverständnis von Studierenden beschäftigen. Dazu wurden Studierende verschiedener naturwissenschaftlicher Fächer befragt. Ziel der Arbeit war eine Art Bestandsaufnahme der epistemologischen Überzeugungen der Studierenden. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Bedeutung des Experiments gelegt. Welche Rolle schreiben die Studierenden ihm im wissenschaftlichen Prozess zu? Was kann es leisten? Lassen sich die Studierenden von ihrem praktischen Wissen über das Experimentieren leiten oder ziehen sie kognitives Wissen heran? (vgl. [2]) Eine Schüleräußerung sagt über das Experiment im Schulunterricht: „There is really no thinking involved. We haven't ever experimented in the true sense of the word.“ (Hughes-McDonell, 1996, zitiert nach [2]). Dies unterstreicht die Vermittlung eines realitätsfernen Bilds von Experimenten im Unterricht. Wie lassen sich die Studierenden dort einordnen? Welchen Zweck sprechen sie Experimenten zu? Dies wurde in der Masterarbeit [3] untersucht, um ein Bild vom Wissenschaftsverständnis Studierender naturwissenschaftlicher Fächer zeichnen zu können.

### 2. Beschreibung der Studie

Als Erhebungsinstrument der empirischen Untersuchung dient ein Fragebogen, der sich aus drei Frageblöcken mit insgesamt 25 Items und einem Komplex offener Fragen zusammensetzt. Block I behandelt die Rechtfertigung naturwissenschaftlichen Wissens. Er geht auf die Frage ein, wie naturwissenschaftliches Wissen entsteht und auf welchen Grundlagen es aufbaut (Beispielitem: „Experimente in der Wissenschaft dienen zur Entdeckung von Neuem.“). Im Block II werden allgemein Vorstellungen von Theorien und Gesetzen sowie deren Eigenschaften und -arten abgefragt (Beispiel: „Die Gesetze der Physik werden entdeckt.“). Block III beschäftigt sich mit der Herkunft naturwissenschaftlichen Wissens und enthält Fragen zu Eigenschaften naturwissenschaftlichen Arbeitens und naturwissenschaftlicher Erkenntnis selbst (Beispiel: „Naturwissenschaftler/-innen interpretieren ihre Beobachtungen objektiv.“).

Die Probandinnen und Probanden drücken mithilfe einer vierstufigen Likert-Skala den Grad ihrer Zustimmung bzw. Ablehnung der in den Items formulierten Statements aus. Eine vierstufige Skala wurde gewählt, um die Entscheidung für eine Seite zu forcieren. Die Items lassen sich drei übergeordneten inhaltlichen Themengebieten zuordnen. Der erste Themenbereich lautet „Zweck von Experimenten / Experimentverständnis“. Darin sind das naturwissenschaftliche Experiment und seine Rolle im Wissenschaftsprozess enthalten. Das Theorieverständnis wird im zweiten Themenbereich „Theorien und Gesetze / Theorieverständnis“ zusammengefasst, in dem Eigenschaften physikalischer Theorien und Gesetze behandelt werden. Der dritte Themenbereich „Messvorgänge“ umfasst die Problematik von Messprozessen und der Interpretation von Beobachtungen. Der abschließende Komplex besteht aus drei offenen Fragen, die sich jeweils einem dieser drei Themenbereiche zuordnen lassen. Die erste Frage lautet: „Worin liegt für Sie der Unterschied zwischen einem Gesetz

und einer Theorie?“ und zielt auf die zahlreichen empirischen Ergebnisse ab, nach denen Schülerinnen und Schülern sowie Studierenden der unterschiedliche Charakter einer physikalischen Theorie und eines physikalischen Gesetzes nicht bewusst ist. Es sollte untersucht werden, inwiefern dies auch auf Studierende verschiedener naturwissenschaftlicher Fächer zutrifft. Die zweite Frage „Was verstehen Sie unter dem Begriff Experiment?“ sollte durch selbstständig formulierte Definition des Begriffs Rückschlüsse auf das Verständnis der Studierenden vom Zweck von Experimenten ermöglichen. Schließlich sollte die letzte Frage „Wie lässt sich die Aussagekraft von Experimenten steigern?“ die Einstellungen und Auffassungen zu Messprozessen abfragen. Dabei ist anzunehmen, dass die Antworten durch den Rahmen der Umfrage in physikalischen Praktika beeinflusst werden.



**Abb. 1:** Verteilung der Studiengänge

Die Fragebögen wurden im Rahmen von Physikpraktika verschiedener Studiengänge (Physik, Physik 2-Fächer-Bachelor, Biologie und Pharmazie, vgl. Abbildung 1) an der TU Braunschweig verteilt. Insgesamt wurden 133 von 180 ausgeteilten Fragebögen ausgefüllt zurückgegeben.

### 3. Auswertung der Fragebögen

Halloun konnte mithilfe seines Tests „Views about Science Survey“ [4] einen nachweisbaren Zusammenhang zwischen epistemologischen Überzeugungen und Lernerfolgen im Physikunterricht feststellen. Dieser VASS-Test lässt sich in zwei inhaltliche Gebiete aufteilen, drei naturwissenschaftliche Dimensionen (Struktur, Methoden und Gültigkeit) sowie drei kognitive Dimensionen (Lernbarkeit, reflektiertes Denken und persönliche Relevanz). Zur Auswertung zog Halloun ein System von vier Typen heran: Experte („expert“), oberer und unterer Übergangstyp („high and low transitional“) und Laie („folk“). Für den deutschsprachigen Raum hat Priemer [5] den Test weiterentwickelt und im Rahmen eines Pre-Post-Designs eingesetzt, in dem die Nutzung des Internets als Informationsquelle untersucht werden sollte. Analog zur Auswertung dieser Untersuchungen soll auch die vorliegende Stichprobe betrachtet werden und so die Probandinnen und Probanden in vier Gruppen eingeteilt werden.

Typ	Punktebereich
Experte	$3,5 \leq q \leq 4,0$
Oberer Übergangstyp	$2,5 < q < 3,5$
Unterer Übergangstyp	$1,5 < q \leq 2,5$
Laie	$1,0 \leq q \leq 1,5$

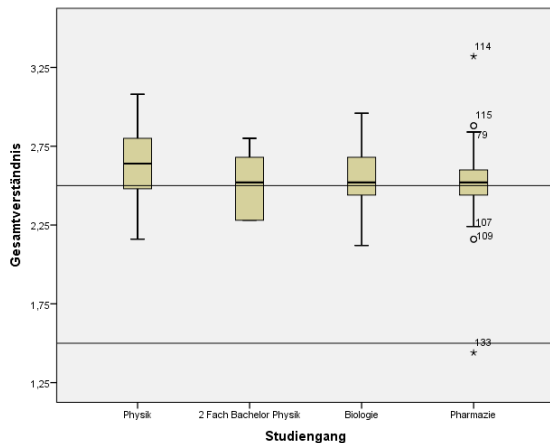
**Tab. 1:** Punktebereiche für die Gruppeneinteilung

Bei der anschließenden Interpretation der Ergebnisse ist zu beachten, dass im Rahmen dieser Masterarbeit Studierende naturwissenschaftlicher Fächer befragt wurden, während in der Originalstudie sowie der deutschen Version Schülerinnen und Schüler die Teilnehmendengruppe bildeten. Außerdem behandelt der verwendete Test lediglich die naturwissenschaftliche Dimension, während VASS zusätzlich die kognitive Dimension untersucht, bei der es um Lernbarkeit und persönliche Relevanz der Inhalte sowie reflektiertes Denken geht. Um die Items der vorliegenden Untersuchung im Sinne einer Einteilung in Niveaugruppen auszuwerten, wurden sie umcodiert. Die Antwortmöglichkeiten werden dabei so bepunktet, dass die dem Konsens (vgl. [1, S. 33f.]) gemäß „Expertenantwort“ mit vier Punkten die höchste Punktzahl erreicht, die zweitadäquateste Antwort drei Punkte, die nächste zwei. Die am wenigsten adäquate Antwort erhält nur noch einen Punkt. Schließlich wird der Quotient aus Gesamtpunktzahl und Anzahl der Items gebildet, um einen Index für die Einteilung in die vier Gruppen zu ermöglichen. Die Ergebnisse sind mit denen aus [4] und [5] in Tabelle 2 dargestellt.

	VASS	Priemer	vorliegende Studie
	N > 2000	N = 45	N = 133
Experte	8%	67%	0%
oberer	25%	27%	63,2%
unterer	36%	4%	36,1%
Laie	31%	2%	0,8%

**Tab. 2:** Verteilung der Typen im Vergleich

Wie bereits in [5] diskutiert, müssen die Ergebnisse der zweiten Studie mit Vorsicht interpretiert werden, weil es sich um keine repräsentative Stichprobe handelt. Dies gilt auch für die in dieser Masterarbeit untersuchte Gruppe. Es wurden nur Studierende naturwissenschaftlicher Fachrichtung befragt. Diesen kann man per se ein Interesse am Thema und durch entsprechende Lehrveranstaltungen im Studium womöglich auch eine höhere Sensibilisierung für den Themenkomplex „Natur der Naturwissenschaft“ unterstellen. Dies könnte die Verschiebung der Verteilung in positive Richtung erklären. Wenn diese vermutete Abhängigkeit vom naturwissenschaftlichen Studium besteht, könnten verschiedene Studiengänge möglicherweise verschiedene Ausprägungen des Verständnisses aufweisen. Im Diagramm 2 soll dies veranschaulicht werden.



**Abb. 2:** Gesamtverständnis nach Studiengang

Leicht zu erkennen ist, dass die Mediane aller vier Studiengänge im unteren Teil des Bereichs „oberer Übergangstyp“ zu finden sind. Lediglich die Streuung der Werte unterscheidet sich. Unter den Physikstudierenden lassen sich etwas mehr als 25 % im „unteren Übergangstyp“ einordnen, während dies bei den Studierenden der anderen Fächer knapp die Hälfte betrifft. Einzig unter den Pharmaziestudierenden tauchen Ausreißer in Form von besonders großen und besonders kleinen Werten auf, während der Bereich zwischen 25%- und 75%-Perzentil verglichen mit den anderen Studiengängen sehr klein ist. Statistisch ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Studiengängen. Ein mithilfe von IBM SPSS durchgeführte Chi-Quadrat-Test zum Zusammenhang von Studiengang und Typenzugehörigkeit nimmt einen Wert von 0,687 an. Demnach kann eine Gleichheit der Verteilungen nicht ausgeschlossen werden. Allerdings ist hier zu beachten, dass die Stichprobe für eine statistische Aussage noch recht klein ist.

#### 4. Auswertung der offenen Fragen

Der zweite Teil des Fragebogens bestand aus den drei oben genannten offenen Fragen, die zur Vertiefung der Ergebnisse des ersten Teils des Fragebogens dienen sollen. Betrachten wir die Bearbeitung der ersten Frage (N=106), fällt auf, dass mit fünf nur sehr wenige der Probandinnen und Probanden den Zusammenhang von Theorie und Gesetz adäquat beschreiben: „Eine Theorie ist ein umfassendes Konstrukt, welches eine Reihe von Vorhersagen und Modellierungen ermöglicht. Ein Gesetz ermöglicht die Beschreibung eines Zusammenhangs.“ Der Großteil der Studierenden (60 von 106) beantwortet die Frage auf die Weise, welche die empirischen Befunde vorheriger Studien induziert. Sie verstehen Gesetze als bewiesene Theorien und weisen den beiden Begriffen damit einen unterschiedlichen Geltungsanspruch zu, indem sie die wissenschaftlichen Begriffe „Gesetz“ und „Theorie“ mit den alltagssprachlichen Bedeutungen identifizieren. Hier werden Theorien als „Vorläufer eines Gesetzes“ und ein Gesetz als „allgemein anerkannte Theorie“ verstanden. Häufig wird nicht der

direkte Bezug hergestellt, dass Gesetze bewiesene Theorien seien, sondern beiden Begriffen nur die Attribute „bewiesen“ und „(noch) nicht bewiesen“ zugeschrieben. Lediglich ein Studierender erfasst die Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens, seine Antwort weist falsifikationistische Motive auf: „Ein Gesetz gilt als bewiesen bis einer das Gegenteil zeigt.“ Insgesamt zeigt sich in der Auswertung der ersten Frage, dass viele der Studierenden sich nicht bewusst sind, dass naturwissenschaftliche Theorien und Gesetze als Allaussagen nicht im herkömmlichen Sinne beweisbar sind, sondern sich lediglich Indizien für Ihre Gültigkeit finden lassen.

Die zweite offene Frage behandelt den Begriff des Experiments (N=97). Die meisten Probandinnen und Probanden gehen bei der Frage, was sie unter einem Experiment verstehen lediglich auf den Zweck von Experimenten ein. Der Prozess selbst und welche Eigenschaften dieser erfüllen muss, wird kaum aufgenommen. Dabei sind zwei Antwortmuster zu erkennen. Ein Teil der befragten Studierenden nennt als Zweck von Experimenten die „praktische Überprüfung einer Theorie“. Sie beschreiben, dass das erklärte Ziel eines Experiments der „Beweis“ einer Theorie sei. Der andere Teil sieht auch die Entdeckung neuer Zusammenhänge als Ziel von Experimenten an. Eine weitere Gruppe deutet den Begriff des Experiments als Veranschaulichung eines Zusammenhangs. Experimente dienen dazu, „wissenschaftliches theoretisches Wissen in eine praktische Form zu bringen“. Hier spiegelt sich die Prägung von Experimenten als Lehrmethode, wie sie im Physikunterricht sowohl an der Schule als auch an der Universität eingesetzt werden, wider. Eine kleine Gruppe (N=14) beschreibt auch den Vorgang des Experiments und seine Eigenschaften. So erkennen zumindest einige Studierende Reproduzierbarkeit und Kontrolle als Kriterium der Wissenschaftlichkeit von Phänomenen. Die Versuche werden unter „kontrollierten“ bzw. „bestimmten“ Bedingungen „systematisch“ durchgeführt. Auch ein Hinweis auf die Möglichkeit von Scheinzusammenhängen findet sich unter den Antworten.

Die dritte Frage beschäftigt sich mit Möglichkeiten, die Aussagekraft von Experimenten zu steigern. 108 von 133 Probandinnen und Probanden haben diese beantwortet. Unter diesen Antworten lassen sich drei Hauptargumente identifizieren. Der größte Teil argumentiert über die häufige Wiederholung des Experiments bzw. des Messvorgangs. Viele nennen zusätzlich die Minimierung von Fehlerquellen und Störfaktoren. Dies könnte durch den Rahmen der Umfrage beeinflusst worden sein, da die Studierenden in den Praktika lernen, wie man aus Experimenten sinnvolle Ergebnisse extrahieren kann, wozu meist Wiederholung und eine Fehlerbetrachtung notwendig sind. Eine zweite Gruppe argumentiert über die Veränderung des Experiments bzw. seiner Rahmenbedingungen. Durch die Veränderung einiger Komponenten

des Experiments soll demnach ein breites Feld an Beobachtungen ermöglicht werden. Diese Einstellung ist eng mit der Eliminierung von Störfaktoren verwandt. Es findet sich allerdings auch eine Art Gegenposition unter den Antworten. So ließe sich die Aussagekraft von Experimenten durch eine „Verallgemeinerung der Aussage“ steigern. Einer der Studierenden betont das „Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment“. Die dritte Gruppe nennt die Objektivität als Möglichkeit, die Aussagekraft eines Experiments zu steigern. Hier spielt sowohl häufige Wiederholung des Experiments als auch – etwas weniger ausgeprägt – die Durchführung des Experiments durch möglichst viele voneinander unabhängige Personen eine Rolle. Mit diesen Antworten wird eine Subjektivität von Naturwissenschaftlern/-innen bei der Auswertung von Experimenten eingeräumt und so mit dem Mythos vom objektiven Naturwissenschaftler gebrochen. Beim Vergleich mit den entsprechenden Fragen aus dem ersten Teil des Fragebogens zeigt sich jedoch, dass nur ein Bruchteil derjenigen, die über die Objektivität durch voneinander unabhängige Personen argumentierten, auch bei den Item-Fragen die Subjektivität hoch einschätzten. Dies lässt auf ein widersprüchliches Verständnis in diesem Bereich schließen.

### 5. Ergebnisse / Diskussion

Nach den Ergebnissen unserer Studie lässt sich vermuten, dass sich die befragten Studierenden einiger grundsätzlicher Prinzipien der Wissenschaftstheorie nicht bewusst waren. Besonders auffällig ist die Position zur Beweisbarkeit physikalischer Aussagen: In über 80% der Antworten wird der Aussage, dass man durch ein entsprechend aussagekräftiges Experiment physikalische Theorien beweisen könne, zumindest eher zugestimmt. Auch bei den offenen Fragen wurde häufig von einer Beweisbarkeit von Theorien ausgegangen. In Übereinstimmung mit anderen Studien lässt sich vermuten, dass die verwendeten Begriffe von den Studierenden in ihrer umgangssprachlichen Bedeutung verwendet wurden; so wird häufig angegeben, aus einer Theorie würde durch Beweis ein physikalisches Gesetz. Des Weiteren ist die Herkunft physikalischer Gesetze ein interessanter Punkt: Die Studierenden geben mehrheitlich die Auffassung an, dass Gesetze entdeckt werden und somit unabhängig vom Menschen sind.

Die Ergebnisse der vorgestellten Fragebogenstudie induzieren die Notwendigkeit einer weiteren Untersuchung. Im Zuge der Auswertung zeigte sich, dass eine größere Stichprobe weitaus aussagekräftigere Resultate zutage bringen würde. So sind die gewonnenen Ergebnisse eher als Tendenzen aufzufassen. Außerdem ist eine weitere Arbeit mit dem verwendeten Fragebogen vonnöten, um eine ausreichende Reliabilität und Validität des Erhebungsinstruments zu erreichen. Des Weiteren wäre eine anschließende Interviewstudie wünschenswert. Halbstrukturierte In-

terviews wurden zum Thema der Natur der Naturwissenschaften bereits erfolgreich eingesetzt und können helfen, die Motive hinter den Sichtweisen zu identifizieren. Die Ergebnisse dieser Masterarbeit können dabei vorbereitend dienen und zur Entwicklung der Interviews herangezogen werden. Um eine mögliche Fachsemesterabhängigkeit von epistemologischen Überzeugungen Studierender aufzudecken, wäre eine Längsschnittstudie wünschenswert. Ein weiterer Ansatz zur weiteren Untersuchung wäre die Ausdehnung der Stichprobe. So könnte man zunächst noch andere Studienfächer, die nicht notwendigerweise naturwissenschaftlich geprägt sein müssen, untersuchen. Man könnte auch weiter gehen: eine Befragung unter Absolventinnen und Absolventen könnten einen Zusammenhang von Wissenschaftsverständnis und Fachsemesterzahl aufdecken und neue Ergebnisse zutage fördern.

### 6. Zusammenfassung

Die vorgestellte Masterarbeit stellte eine Fragebogenstudie mit 133 Teilnehmenden dar. Mithilfe von 25 Auswahlfragen und drei offenen Fragen sollten die epistemologischen Überzeugungen Studierender naturwissenschaftlicher Fächer untersucht werden. Ziel der vorgestellten Masterarbeit war ein Einblick in das Wissenschaftsverständnis Studierender naturwissenschaftlicher Fächer. Dabei sollte besonderes Augenmerk auf die Rolle des Experiments im Wissenschaftsprozess gelegt werden. Insgesamt kann man festhalten, dass eine bloße Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Inhalten offenbar nicht automatisch zu einem adäquaten Wissenschaftsverständnis führt. Eine explizite Thematisierung der Natur der Naturwissenschaften ist vonnöten, um die Studierenden für diese Disziplin zu sensibilisieren.

### 7. Literatur

- [1] Günther, J. (2006): Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften – Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften. Berlin: Logos Verlag.
- [2] Höttecke, D. (2001): Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der „Natur der Naturwissenschaften“. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, Jg. 7, S. 7-23
- [3] Dierkes, J. (2015): Die Rolle des Experiments im Wissenschaftsprozess. Masterarbeit TU Braunschweig.
- [4] Halloun, I. A. (2001): Student Views about Science – A Comparative Survey. Beirut Libanon. <http://modeling.asu.edu/R&E/IHalloun/VASS-2001Monograph.pdf> [letzter Zugriff: 27.05.2016]
- [5] Priemer, B. (2003): Ein diagnostischer Test zu Schüleransichten über Physik und Lernen von Physik – eine deutsche Version des Tests „Views about Science Survey“. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften Jg. 9, S. 160 – 178.