

### **Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren am Beispiel Hebel**

Die Fähigkeit von Lehrkräften, mögliche Schülerschwierigkeiten beim Experimentieren zu antizipieren und bei der Planung und Gestaltung von Phasen des eigenständigen Experimentierens zu berücksichtigen, wird als eine wichtige Facette diagnostischer Kompetenz angesehen (Draude, 2016). Die Bandbreite möglicher Schwierigkeiten stellt dabei eine besondere Herausforderung dar. Um die Förderung dieser Kompetenz auf möglichst realitätsnahe Daten aufzubauen, wird im Rahmen eines Promotionsprojekts unter anderem untersucht, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler beim eigenständigen Experimentieren haben (Kurth & Wodzinski, 2019). Dazu werden Videoaufnahmen mit Schülergruppen bei der Bearbeitung verschiedener Experimentieraufträge erstellt und qualitativ im Hinblick auf auftretende Schwierigkeiten ausgewertet. Ergebnisse einer Teilstudie zu einem Experimentierauftrag zum Thema Hebelgesetz werden im Folgenden vorgestellt. Der Beitrag möchte darüber hinaus die Einordnung der Teilstudie in das Gesamtkonzept des Promotionsvorhabens verdeutlichen.

#### **Forschungsfragen & theoretischer Rahmen**

In einer Untersuchung von Draude (2016) zeigte sich überraschenderweise kein Zusammenhang zwischen der Lehrerfahrung der untersuchten Lehrkräfte und der Fähigkeit, Schülerschwierigkeiten auf Grundlage eines Experimentierauftrags vorherzusagen. Um zu klären, wie eine Förderung dieser Kompetenz im Studium gelingen kann, wird im Promotionsprojekt der Frage nachgegangen, welche Ursachen einer ge- bzw. misslungenen Diagnose von Schülerschwierigkeiten zugrunde liegen. Die Untersuchungsgruppe bilden dabei Lehramtsstudierende. Die Beurteilung der Diagnosen setzt wiederum voraus, dass Kenntnisse über real auftretende Schwierigkeiten vorliegen.

Entsprechend geht es in der hier referierten Teilstudie um die Frage, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung eines spezifischen Experimentierauftrags zum Thema Hebelgesetz haben (**FF1**). Erste Anhaltspunkte dazu liefern allgemeine Kategorisierungen von Schwierigkeiten beim Lernen von Physik bzw. beim Experimentieren. Die vorliegende Studie knüpft an Vorarbeiten von Kechel (2016) an, der ein Kategoriensystem zur Auswertung von beobachteten Schülerschwierigkeiten bei einem Experiment zum Hookeschen Gesetz entwickelt hat. Neben typischen Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren werden dabei auch zahlreiche für das Experiment spezielle Schwierigkeiten deutlich. Im Hinblick auf die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ist von Bedeutung, inwiefern die empirisch erhobenen Schwierigkeiten zum Hebelgesetz vom speziellen Experiment unabhängig bzw. experimentspezifisch sind (**FF2**).

#### **Untersuchungsdesign und Auswertungsmethodik**

Zur Erhebung der Schülerschwierigkeiten wurde der Experimentierprozess von Schülerinnen und Schülern videographiert. Um eine dem Experimentieren im realen Physikunterricht vergleichbare Situation herzustellen, arbeiten die Schülerinnen und Schüler in Zweierteams. Das im Gegensatz zur Einzelarbeit vorhandene Gespräch zwischen den Schülerinnen und Schülern stellt neben den Handlungen eine weitere zentrale Informationsquelle dar. Zum Ausschluss von Einflüssen des Unterrichts wird das Experiment nicht im Klassenverband, sondern von jeder Gruppe in einem separaten Raum durchgeführt.

Im Kern geht es bei dem eingesetzten Experimentierauftrag um das Formulieren einer möglichst allgemeinen Regel zur Beschreibung der Bedingungen für eine Gleichgewichtslage eines zweiseitigen Hebels. Der Hebel wird in der Aufgabenstellung als „Wippenmodell“ bezeichnet, da der Experimentierauftrag mit Hilfe einer Wippenanalogie eingeleitet wird.

Die konkreten Arbeitsaufträge lauten:

- Baut das Wippenmodell wie in der Abbildung oben auf.
- Findet mehrere Möglichkeiten, zwei Massestücke so anzuordnen, dass das Wippenmodell in Waage bleibt. Protokolliert euer Vorgehen.
- Findet mehrere Möglichkeiten, drei Massestücke so anzuordnen, dass das Wippenmodell in Waage bleibt. Protokolliert euer Vorgehen.
- Versucht, eine allgemeine Regel zu formulieren, welche beschreibt, wann das Wippenmodell in Waage ist.

Den Abschluss des Auftrags bildet die Frage, wie sich drei Mädchen mit bekannten Massen auf einer Wippe positionieren können, so dass sich diese im Gleichgewicht befindet.

Die im Videomaterial und auf den Protokollbögen sichtbaren Schwierigkeiten wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse induktiv kategorisiert (Kuckartz, 2018). Um die Ergebnisse mit der Studie von Kechel (2016) zum Hookeschen Gesetz vergleichen zu können, wurde das Abstraktionsniveau analog zu Kechels Vorgehen so gewählt, dass durch „konkrete Formulierungen der Kategorien [...] das Herstellen von Bezügen zum vorliegenden Experiment ermöglicht werden [soll]“ (Kechel 2016, S. 116). Das Selektionskriterium wurde ebenfalls in Anlehnung an Kechel (2016) wie folgt definiert: Eine Schwierigkeit beim Experimentieren liegt dann vor, wenn mindestens eine Schülerin oder ein Schüler ein für das erfolgreiche Bearbeiten der Experimentieraufgabe erforderliches Teilziel nicht, in unbefriedigendem Maße oder nur mit großer Mühe erreicht. Teilziele stellen dabei Ziele dar, welche die Schülerinnen und Schüler für das erfolgreiche Bearbeiten der Aufgabe in jedem Fall erfüllen müssen. Diese wurden auf Grundlage eines Erwartungshorizontes formuliert, welcher in einer Expertenrunde erarbeitet wurde. Ein Teilziel aus der Phase „Beobachten/Messen/Dokumentieren“ lautet beispielsweise: „Die SuS befestigen zwei Massestücke so an dem Wippenmodell, dass sich dieses in Waage befindet. Dabei verwenden sie sowohl Massestücke mit gleicher als auch mit unterschiedlicher Masse.“ Sollten die Schülerinnen und Schüler also lediglich Massestücke mit gleicher Masse verwenden, wird das Teilziel nur in unbefriedigendem Maße erfüllt und es liegt eine Schwierigkeit vor.

Die Gelegenheitsstichprobe umfasst sechs Experimentiergruppen, bestehend aus jeweils zwei Schülerinnen der achten Klasse. Die Experimentierphasen umfassen im Mittel 27 Minuten und 30 Sekunden ( $SD = 4,8$  min). Zwei Gruppen beendeten die Bearbeitung auf Grund des Zeitlimits von 30 Minuten. Die restlichen Gruppen schlossen ihre Bearbeitung innerhalb des vorgegeben Zeitrahmens ab.

### **Ergebnisse**

Insgesamt wurden 35 Kategorien für Schwierigkeiten herausgearbeitet. Die Zweitkodierung von drei Schülergruppen ergab eine Interrater-Reliabilität von 0.91.

Fünf Kategorien wurden bei mindestens fünf der Gruppen kodiert, während neun Kategorien bei jeweils einer Gruppe vorkommen. Dies deutet darauf hin, dass es sowohl für den Experimentierauftrag typische Schwierigkeiten als auch individuelle Schwierigkeiten der einzelnen Gruppen gibt.

Ein konkreter Einblick in die Arten von Schwierigkeiten wird im Folgenden an Hand von drei Situationen gegeben. Dabei wird deutlich, dass vermeintliche Kleinigkeiten den gesamten Experimentierprozess zum Erliegen bringen können.

Kleine Abweichungen von der Horizontalen werden nicht als Lösung angesehen (6 Gruppen)

Zwei Schülerinnen sind während des gesamten Experimentierprozesses irritiert, dass sie das Wippenmodell nicht vollständig in Waage bringen können. Obwohl sie die Massestücke so anordnen, dass ein Gleichgewichtszustand vorliegt, führen wenige Grad Abweichung des Hebelarms von der Horizontalen dazu, dass die Schülerinnen die Anordnung nicht als Lösung ansehen und somit keine allgemeine Regel formulieren. Hintergrund der Abweichung ist dabei die Reibung in der Befestigung des Hebelarms, die im Gleichgewichtszustand eine Positionierung des Hebelarms abweichend von der Horizontalen ermöglicht.

Ratlosigkeit über den Aufbau des Stativmaterials (3 Gruppen)

Eine Gruppe ist sich unsicher, wie der Hebelarm am Stativmaterial befestigt werden kann. Dies führt zu einer achtminütigen Phase, in der lediglich der Versuch aufgebaut wird. Erst im Anschluss werden Messungen vorgenommen. Der Zeitverlust führt zu einer unvollständigen Bearbeitung des Auftrags.

Formulierung einer allgemeinen Regel ohne Versuchsdurchführung (1 Gruppe)

Zwei Schülerinnen haben mehrere Möglichkeiten zur Anordnung von zwei Massestücken gefunden. Im Anschluss versuchen sie eine allgemeine Regel zu formulieren, die sowohl die Anordnung von zwei als auch drei Massestücken beschreibt.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden die Kategorien in experimentenspezifisch, experimentunspezifisch und teilweise experimentenspezifisch eingeteilt. In jeden Bereich fallen etwa ein Drittel der 35 Schwierigkeitenkategorien. Experimentenspezifische Kategorien beinhalten Schwierigkeiten, die nicht auf andere Experimente übertragbar sind, wie beispielsweise die zuvor beschriebene Irritation über die Abweichungen des Hebelarms von der Horizontalen. Teilweise experimentenspezifische Kategorien beinhalten Schwierigkeiten, die auf ähnliche Experimenttypen – in diesem Fall Experimente, mit denen eine Gesetzmäßigkeit erarbeitet werden soll – übertragen werden können, wie beispielsweise die „Ratlosigkeit über das Formulieren einer allgemeinen Regel“. Experimentunspezifische Kategorien sind solche, die im Prinzip auf alle physikalischen Schulexperimente übertragen werden können, wie z.B. die „fehlerhafte Fachsprache“ oder die „Unklarheit über den Experimentierauftrag“.

**Ausblick**

Die Ergebnisse zeigen, dass Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren sehr facettenreich sein können und ein genauer Blick auf mögliche Schwierigkeiten lohnend erscheint. Im Hinblick auf die Fragestellung des Promotionsprojekts, welche Ursachen einer ge- bzw. misslungenen Diagnose von Schülerschwierigkeiten durch Lehramtsstudierende zu Grunde liegen, liefern die Ergebnisse einen wichtigen Beitrag. Im Rahmen von Interviews, in denen Studierende mögliche Schülerschwierigkeiten beim Experiment zum Hebelgesetz diagnostizieren, werden die Schwierigkeitenkategorien und Häufigkeiten als Maßstab für die studentischen Diagnosen herangezogen. Insbesondere wird dabei analysiert, ob sich Muster in den studentischen Diagnosen bezüglich der Kategorienmerkmale finden lassen, wie beispielsweise der Experimentenspezifität oder dem Zusammenhang zu bestimmten Bedingungsfaktoren für Schwierigkeiten (Jung et al., 1977; Wiesner, 1992; Wodzinski, 2006). Darüber hinaus wird untersucht, inwiefern eigene Schwierigkeiten der Studierenden die Diagnosen beeinflussen (Kurth & Wodzinski, 2018), welche Situationen die Studierenden überhaupt als Schwierigkeit wahrnehmen und wie sie dies begründen (Kurth & Wodzinski, 2019).

## Literatur

- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning with Computer Simulations of Conceptual Domains. *Review of Educational Research*, 68 (2), 179–201.
- Draude, Martin (2016): Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren (Studien zum Physik- und Chemielernen).
- Hellwig, J. (2012). Messunsicherheiten verstehen –Entwicklung eines normativen Sachstrukturmodells am Beispiel des Unterrichtsfaches Physik.  
Dissertation: <http://www-brs.ub.ruhr-unibochum.de/netahtml/HSS/Diss/HellwigJulia>
- Jung, W., Reul, H. & Schwedes, H. (1977). Untersuchungen zur Einführung in die Mechanik in den Klassen 3-6 (Beiträge zur Methodik und Didaktik der Physik, 1. Aufl.). Frankfurt a.M., Berlin, München: Diesterweg.
- Kechel, Jan-Henrik (2016): Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin (Studien zum Physik- und Chemielernen, 214).
- Kuckartz, Udo (2018): Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung. 4. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Juventa (Grundlagentexte Methoden). Online verfügbar unter [http://www.content-select.com/index.php?id=bib\\_view&ean=9783779946830](http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779946830).
- Kurth, Christopher & Wodzinski, Rita (2018). Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten zu diagnostizieren. Erste Ergebnisse am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 920). Universität Regensburg
- Kurth, Christopher & Wodzinski, Rita (2019). Perspektiven von Studierenden auf Schwierigkeiten beim Experimentieren. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018. (S. 173). Universität Regensburg
- Wiesner, H. (1992). Lernschwierigkeiten von Schülern im Physikunterricht unter besonderer Berücksichtigung des Unterrichts über Optik, Mechanik und Quantenphysik. Habilitationsschrift zur Erlangung der Lehrbefugnis (venia legendi) im Fach Didaktik der Physik an der Pädagogischen Hochschule Halle-Köthen. Frankfurt a. M.
- Wodzinski, R. (2006). Lernschwierigkeiten erkennen - verständnisvolles Lernen fördern. Modulbeschreibungen des Programmes SINUS-Transfer Grundschule. Kiel: IPN.