

Schwierig? Einschätzung von Experimentiersituationen durch Lehrkräfte

Theoretischer Hintergrund und Forschungsfrage

Ein wesentliches Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist, dass die Schülerinnen und Schüler selbstständig experimentieren können (KMK, 2005). Doch das selbstständige Experimentieren fällt den Schülerinnen und Schülern oft schwer und ist ohne explizite Förderung kaum zu realisieren (u.a. Zimmermann, 2000; Hammann, 2007; Grube, 2010). Um Schülerinnen und Schüler zum eigenständigen und vor allem erfolgreichen Experimentieren anzuleiten, wäre eine mögliche Strategie, dass Lehrkräfte die Schwierigkeit von Experimenten gezielt an Schülerfähigkeiten anpassen. Aus Untersuchungen von Kechel (2016) und Draude (2016) ist für ein Experiment zum Hooke'schen Gesetz aber inzwischen belegt, dass Lehrkräfte die Schwierigkeiten, die ein Experiment an Schülerinnen und Schüler stellt, nur bedingt adäquat einschätzen. Gleichzeitig sind diese Herausforderungen aber sehr vielfältig und heterogen im Experimentierprozess (vgl. Härtig, Neumann & Erb, 2016) und unter Umständen auch für unterschiedliche Experimente unterschiedlich. Deswegen stellt es sowohl aus Forschungs- als auch aus Praxissicht eine Herausforderung dar, die Schwierigkeit von Experimenten einzuschätzen und anzupassen. Mögliche Optionen für eine Veränderung der Schwierigkeit eines Experimentes lassen sich durch verschiedene Merkmale beschreiben, die in drei Kategorien eingeteilt werden können: *Variable*, *Lösungen* und *Material*.

Unter der Kategorie *Variable* können verschiedene Merkmale subsummiert werden, die sich mit der Art und Anzahl von Variablen auseinandersetzen. Die Anzahl der abhängigen und unabhängigen sowie der Kontrollvariablen haben einen Einfluss darauf, inwiefern eine Hypothese einfacher oder schwieriger richtig getestet wird (u. a. Stadler, Niepel & Greiff, 2016; Griffiths, 1993; Franz, Steib, Fire & Strahl, 2015; Arnold, Kremer & Mayer, 2013; Gut-Glanzmann, 2012). Darüber hinaus soll auch die Anzahl der Beziehungen zwischen den zu untersuchenden Variablen einen Einfluss darauf haben, ob bestimmte Zusammenhänge erfolgreich untersucht werden können oder nicht (Arnold et al., 2013; Griffiths, 1993).

Unter der Kategorie *Lösungen* werden Merkmale zusammengefasst, die die Art der möglichen Lösungswege für einen zu untersuchenden Zusammenhang beschreiben. Darunter fallen Anzahl der theoretisch möglichen und praktisch durchführbaren Lösungswege (Kaller, Rahm, Köstering & Unterrainer, 2011; Berg, Byrd, McNamara & Case, 2010). Zusätzlich hat auch die Anzahl der Lösungen, die Anzahl der Lösungsschritte (Gut-Glanzmann, 2012; OECD, 2013) sowie die Operationalisierung von Variablen (Arnold, Kremer et al., 2013) einen Einfluss. Außerdem kann es auch einen Einfluss auf die Schwierigkeit haben, ob es sich dabei auch um quantitative oder qualitative Untersuchungen handelt.

Unter der Kategorie *Material* werden die Punkte zusammengefasst, die für die praktische Untersuchung notwendig sind, sich aber nicht auf die theoretische Lösung des Problems beziehen. Darunter fällt zum Beispiel, ob es sich bei den Materialien um Alltagsgegenstände oder Lehrmittelfabrikate handelt. Außerdem zählt dazu, wie viele verschiedene Einstellungsoptionen mit dem Material möglich sind, wie viele Wahlmöglichkeiten die Schülerinnen und Schüler haben und wie viele Materialien zur Bearbeitung zur Verfügung stehen. Zusätzlich können Merkmale sein, wie gut die Materialien aufeinander abgestimmt sind oder ob es sich um digitale oder analoge Messgeräte handelt. Ein weiterer Einfluss auf

die Schwierigkeit von Experimenten in dieser Kategorie kann der händische Anspruch beim Verwenden der Materialien sein. Kechel (2016) zeigte am Beispiel des Hooke'schen Gesetzes, dass das Material einen Einfluss auf die Schwierigkeiten beim Experimentieren von Schülerinnen und Schülern haben können, wenn diese zum Beispiel nicht wissen, wie sie bestimmte Gerätschaften (Stativ, Kreuzmuffen oder Tischklemmen) verwenden sollen oder sie sehr lange dafür benötigen, sich die Funktion zu erschließen.

Die beschriebenen Merkmale könnten alle einen Einfluss darauf haben, ob ein Experiment einfacher oder schwieriger wird. Langfristig soll in einer Studie untersucht werden, welche der oben beschriebenen Merkmale einen Einfluss auf die Schwierigkeit beim praktischen Experimentieren bei Schulexperimenten haben. Da es aus ökonomischen Gründen nicht möglich ist, alle Merkmale beim praktischen Experimentieren einzeln zu testen, wurde in einem ersten Schritt Draude (2016) und Kechel (2016) folgend eine Lehrerbefragung durchgeführt. Das Ziel dieser Befragung ist es, aus den theoretisch möglichen Merkmalen, diejenigen zu identifizieren, welche allgemein von den Lehrkräften auch im Unterricht als relevant eingestuft werden, um diese Merkmale anschließend beim praktischen Experimentieren einzusetzen. In diesem Beitrag steht die Befragung der Lehrkräfte im Fokus und wird durch die folgende Fragestellung geleitet: Inwiefern nutzen Lehrkräfte die oben beschriebenen Merkmale, um zu beurteilen, ob Experimente einfach oder schwierig sind?

Testinstrument und Methode

Um dieser Frage nachzugehen, wurde ein Online-Fragebogen für Lehrkräfte entwickelt. Dieser Fragebogen besteht aus 36 Items, die sich alle mit Experimenten aus der Mechanik der Sekundarstufe I befassen (Hooke'sches Gesetz, schiefe Ebene, Dichte, Auftrieb und Flaschenzug). Jedes Item ist nach dem gleichen Schema aufgebaut. Zunächst wird eine Fragestellung vorgegeben, welche von Schülerinnen und Schülern der Lehrkraft untersucht werden soll. Im Unterschied zu Draude (2016) folgen zwei unterschiedliche Varianten der Materialauswahl. Die Items unterscheiden sich dabei in den oben aufgeführten Kategorien und darin veränderten Merkmalen. Beispielsweise wird in der einen Variante mehr Material aufgeführt als in der anderen Variante, bei der nur das nötigste vorhanden ist. In der umfangreichen Materialvariante könnten die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten haben, das benötigte Material auszuwählen. Die Lehrkräfte werden nach der Präsentation der zwei unterschiedlichen Varianten danach gefragt, welche Variante sie für schwieriger halten. Dies mussten sie in einem geschlossenen Antwortfeld angeben. Anschließend wurden sie in einem offenen Antwortfeld gefragt, wieso sie die gewählte Variante für schwieriger halten. An der Pilotierung des Fragebogens haben 21 Lehrkräfte teilgenommen. Zunächst wurden Items, bei denen mehr als die Hälfte der Lehrkräfte kein Merkmal erkannt haben, ausgeschlossen. Dieses Vorgehen führt dazu, dass der Fragebogen auf 20 Items reduziert werden konnte.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage wurden die offenen Antworten mit Hilfe eines Kodierleitfadens den einzelnen Merkmalen zugeordnet. Das mittlere Cohens κ lag für alle Kategorien im zufriedenstellenden Bereich (Variable: $\kappa=.72$; Lösungen: $\kappa=.74$ und Material: $\kappa=.78$). Anschließend wurden diese Daten deskriptiv ausgewertet, indem gezählt wurde, wie viele Lehrkräfte durchschnittlich die intendierten Merkmale erkennen und dann zu einer theoriekonformen oder nicht theoriekonformen Schlussfolgerung für die Schwierigkeit der Experimente kommen.

Pilotierungsergebnisse

In der Studie soll untersucht werden, welche Merkmale Lehrkräfte nutzen, um zu beurteilen, ob ein Experiment schwierig ist oder nicht. Die deskriptiven Ergebnisse der Pilotierung sind in Abb. 1 dargestellt. Zu sehen ist, welche einzelnen Merkmale im Durchschnitt von

Lehrkräften für die Begründung genannt wurden. Es zeigt sich, dass bestimmte Merkmale von den Lehrkräften kaum zur Begründung herangezogen werden (z.B. Messbarkeit der Variablen) im Gegensatz zu anderen (z.B. Anzahl der Variablen). Außerdem zeigt sich, dass die Lehrkräfte, die ein bestimmtes Merkmal anführen, meistens auch zu einer theoriekonformen Entscheidung darüber gelangen, welche Variante des Materials schwieriger ist.

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Lehrkräfte für das Einschätzen der Schwierigkeit hauptsächlich Merkmale heranziehen, welche sich abzählen lassen. Dies sind beispielsweise die Anzahl der Variablen (Kontroll- und unabhängige Variable), die Anzahl der Lösungsschritte und das Vorhandensein von Wahlmöglichkeiten. Dies zeigt sich auch unabhängig von der Kategorie. Außerdem werden öfter Merkmale erwähnt, die sich mit den zur Verfügung gestellten Geräten auseinandersetzen, wie der händische Anspruch und das Ablesen von analogen oder digitalen Messgeräten. Merkmale, die weniger offensichtlich sind, wie beispielsweise die Art der Variablen und Zusammenhänge, die Passung der Variablen aneinander, die Anzahl unterschiedlicher Lösungswege als auch die Anzahl der möglichen Lösungen, sind für die Lehrkräfte weniger ausschlaggebend. Diese Merkmale haben gemeinsam, dass sie weniger augenscheinlich sind. Außerdem setzen sie voraus, dass neben der theoretischen Lösung des Problems auch die Versuchsdurchführung und die Auswertung des Versuchs mit einbezogen werden müssen.

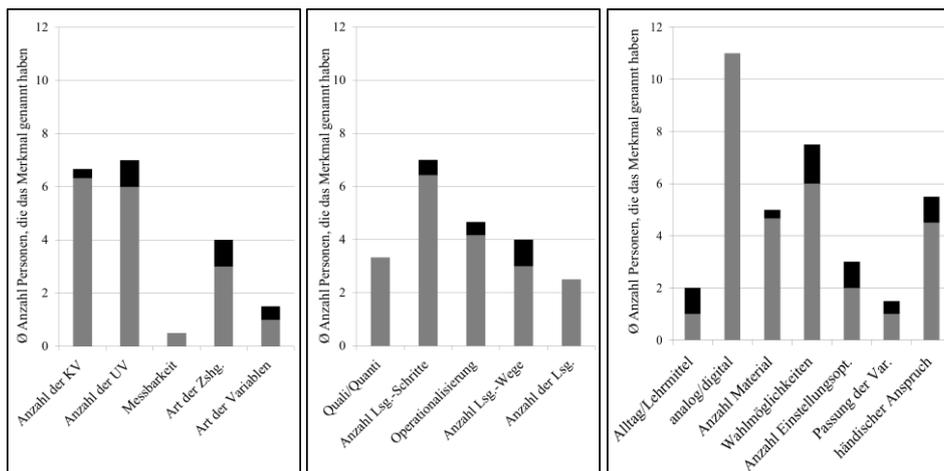


Abb. 1: Auswertung der Items für die Kategorien Variablen (links), Lösungen (mittig) und Material (rechts) (grau: genannt und Theoriekonform; schwarz: genannt und nicht Theoriekonform).

Ausblick

Nachdem sich in den Pilotierungsergebnissen bereits einige Trends für Merkmale andeuten, die von mehreren Lehrkräften als relevant für die Schwierigkeit erachtet werden, soll dieser Fragebogen in der Haupterhebung NRW-weit mit einer größeren Stichprobe eingesetzt werden. Ziel ist es, die Merkmale zu identifizieren, die sowohl aus unterrichtspraktischer als auch aus fachdidaktischer Sicht als relevant für die Veränderung der Schwierigkeit von Experimenten betrachtet werden können. In einer anschließenden Studie wird dann überprüft werden, ob diese zur Binnendifferenzierung geeignet sind, um die Schülerinnen und Schüler beim Erwerb von Fachwissen durch selbständiges Experimentieren unterstützen zu können.

Literatur

- Arnold, J.C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36 (16), 2719–2749
- Berg, W.K., Byrd, D. L., McNamara, J. P. H. & Case, K. (2010). Deconstructing the tower: parameters and predictors of problem difficulty on the Tower of London task. *Brain and cognition* 72 (3), 472–482
- Draude, M. (2016). Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren. Berlin: Logos Berlin.
- Franz, T., Steib, C., Fire, T. & Strahl, A. (2015). Arbeitsgedächtnis und Physikaufgaben. *PhyDidB*.
- Griffiths, A.K. & Thompson, J. (1993). Secondary School Students' Understandings of Scientific Processes. An interview study. *Research in Science & Technological Education*, 11 (1), 15–26
- Grube, C.(2010). Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Untersuchung der Struktur und Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens bei Schülerinnen und Schülern der Sekundarstufe I.
- Gut-Glanzmann, C. (2012). Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. Analyse eines large-scale Experimentiertests. Berlin: Logos-Berlin
- Hamann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M. & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei Experimentieren. *Mathematischer naturwissenschaftlicher Unterricht* 59 (5), 292–299.
- Härtig, H., Neumann, K. & Erb, R.(2017). Experimentieren als Interaktion von Situation und Person: Ergebnisse einer Expertenbefragung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1-10
- Kaller, C.P., Rahm, B., Kosterling, L. & Unterrainer, J.M. (2011). Reviewing the impact of problem structure on planning: a software tool for analyzing tower tasks. *Behavioural brain research* 216 (1), 1–8
- Kechel, J.H. (2016). Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz. Berlin: Logos Berlin
- Kultusministerkonferenz (2005). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss. Beschluss vom 16.12.2004.
- OECD (2013), PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy, OECD Publishing, 129
- Stadler, M., Niepel, C. & Greiff, S. (2016). Easily too difficult. Estimating item difficulty in computer simulated microworlds. *Computers in Human Behavior* 65, 100–106
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review* 20 (1), 99–149