

Lina Boyer  
Anita Stender  
Hendrik Härtig

Universität Duisburg-Essen

## **Einfluss des Experimentiermaterials auf das Experimentieren im Physikunterricht**

### **Theoretischer Hintergrund**

Das Experimentieren im Physikunterricht kann als eine Interaktion der Schülerinnen und Schüler (im Folgenden SuS) mit dem Experimentiermaterial aufgefasst werden. Die SuS müssen das von der Lehrkraft zur Verfügung gestellte Material nutzen, um die vorgesehenen Experimente praktisch durchzuführen. Bei der praktischen Durchführung haben SuS vielfältige Probleme (z.B. Hammann 2004; Arnold, Kremer & Mayer, 2013). Diese Probleme sind gerade im Anfangsunterricht wenig verwunderlich, da das Experimentieren zunächst gelernt werden muss und als Unterrichtsziel das Erlernen von experimentellen Fähig- und Fertigkeiten im Vordergrund steht. Doch neben dem Erlernen experimenteller Fähigkeiten ist das Experimentieren im Physikunterricht auch ein Mittel, um Fachwissen zu generieren. Steht das fachliche Wissen im Vordergrund, sind die Probleme der SuS hinderlich, weil sie dazu führen können, dass das fachliche Lernziel nicht erreicht wird, da die SuS bei der praktischen Umsetzung der Experimente zu große Schwierigkeiten haben. Vor dem Hintergrund, dass die SuS dazu in die Lage versetzt werden sollen, einfache Experimente selbstständig planen, durchführen und auswerten zu können (KMK, 2004), sollte die Lehrperson in diesem Fall das Experimentiermaterials so auswählen, dass die Schwierigkeit der Experimente an die entsprechenden Fähigkeiten der SuS angepasst wird, um eine Über- bzw. Unterforderung zu vermeiden. Damit dies realisiert werden kann, muss zunächst analysiert werden, welche Merkmale des Experimentiermaterials zur gezielten Variation genutzt werden können, um die Schwierigkeit eines Experimentes zu verändern. Ausgehend von einem Review (Boyer, Stender & Härtig, 2018) wurden Physiklehrkräfte befragt, welche Merkmale der Experimente sie im Physikunterricht als besonders relevant erachten (Boyer, Stender & Härtig, 2019). Die Anzahl der Kontrollvariablen und Wahlmöglichkeiten bezüglich der Messgeräte wurden als am relevantesten von den Lehrkräften erachtet. Ob diese Annahme zutrifft und die Anzahl der Kontrollvariablen und die Wahlmöglichkeiten die SuS tatsächlich bei der Planung und Durchführung von Experimenten und bei der Nutzung von Experimentierstrategien beeinflussen, wird in Forschungsfrage 1 untersucht.

Aufgrund des angenommenen Interaktionsprozesses zwischen der Person und dem Experimentiermaterial sind auch die Personenfähigkeiten relevant für das Experimentieren. Neben dem Vorwissen (Schraagen 1993; Lazonder, Wilhelm & van Lieburg, 2008; Simmons & Lunetta, 1993) und den kognitiven Fähigkeiten (u.a. Veenman & Spaans, 2005; Pedaste & Sarapuu, 2006) haben auch die Fähigkeit zur Variablenkontrolle (Vollmeyer, Bruns & Holyoak 1996; Chen & Klahr 1999) sowie andere metakognitive Strategien (Künsting 2007) nachweislich einen Einfluss auf das Experimentieren. Zusätzlich sind motivationale Aspekte, wie die Motivation, das Selbstkonzept, das Fach- und Sachinteresse, für die Bearbeitung von Experimenten bedeutsam (u. a. Nehring et al., 2015; Künsting, 2007). Mit Blick auf die mögliche Interaktion wird untersucht, inwiefern sich spezifische Effekte zwischen angebotenen Experimentiermaterial und personenbezogenen Merkmalen finden lassen (Forschungsfrage 2).

## Method

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde eine quasiexperimentelle Studie mit 13 Klassen der neunten Klassenstufe an Gymnasien im Ruhrgebiet durchgeführt. Insgesamt nahmen 257 SuS teil. Die Testung fand an zwei Testtagen statt. Am ersten Testtag (45 min) haben die SuS einen Paper-Penciltest ausgefüllt, der die personenbezogenen Fähigkeiten und allgemeine Informationen erfasst. Es wurde das Fachwissen (Eigenentwicklung;  $\alpha_{\text{cron}}=.65$ ), die Fähigkeit zur Variablenkontrolle (Eigenentwicklung, angelehnt an Schwichow 2015;  $\alpha_{\text{cron}}=.58$ ), die kognitive Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000;  $\alpha_{\text{cron}}=.80$ ) und das Fachinteresse (Engeln, 2004;  $\alpha_{\text{cron}}=.84$ ) erfasst. Im Abstand von einer Woche fand der Haupttesttag (90 min) statt. Es wurden ausgehend vom Vorwissen pseudorandomisiert vier Gruppen gebildet, die sich hinsichtlich des Vorwissens nicht unterscheiden. Die vier Gruppen bekamen unterschiedliches Experimentiermaterial, das sich hinsichtlich der Merkmale Anzahl der Kontrollvariablen und Wahlmöglichkeiten in einer niedrigen (-) oder hohen (+) Ausprägung unterscheidet (Tab. 1). Alle Personen haben jeweils drei Mechanik Experimente (Federn, Auftrieb, schiefe Ebene) praktisch durchgeführt. Zur Dokumentation des Experimentierens wurden die SuS dazu aufgefordert, ein vorstrukturiertes Experimentierheft auszufüllen und Fotos von ihrer Durchführung aufnehmen zu lassen.

Tab.1: Einteilung anhand des Experimentiermaterials in vier verschiedene Gruppen.

	Anzahl der Kontrollvariablen	Wahlmöglichkeiten
Gruppe 1	-	-
Gruppe 2	+	-
Gruppe 3	-	+
Gruppe 4	+	+

## Testinstrument: Experimentierheft

Das Experimentierheft wurde angelehnt an die Experimentierumgebung von MEKLSA (Theyßen et al. 2013) entwickelt. Je Experiment besteht das Experimentierheft aus 4 Seiten, die sich strikt nach Teilprozessen gliedern (Benennung der Variablen, Planung, Durchführung und Auswertung). Dabei wurde durch logische Abschnitte Folgefehler ausgeschlossen. Es wird nur auf die Phase der Planung und Durchführung eingegangen.

Tab.2: Kategorien Auswertung der Experimentierhefte.

Kategorien	Durchführung $\alpha_{\text{cron}}=.68$	Planung $\alpha_{\text{cron}}=.68$	Strategien $\alpha_{\text{cron}}=.76$
Grundaufbau	x	x	
Bestimmung aV & uV	x	x	
Qualität der Bestimmung aV	x	x	
Qualität der Bestimmung uV	x	x	
Auswahl Messgerät	x	x	
Messgenauigkeit*	x		
Beantwortung der FF *	x		
Variablenkontrolle			x
Messwiederholungen			x
Ablesefähigkeit			x
qualitative/quantitative Untersuchungen			x

\*diese Kategorie gab es nur in der Durchführung

Für die Auswertung der Experimentierhefte und Fotos wurde ein Kodiermanual entwickelt. Tabelle 2 zeigt die kodierten Kategorien. Insgesamt wurden 12 % der Experimente doppelkodiert ( $\kappa_{\text{cohen}}=.73-1$ ). Anschließend wurden die Kategorien zur Planung, Durchführung und den genutzten Strategien zusammengefasst (s. Tab. 2).

## Vorläufige Ergebnisse und Diskussion

Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage, wurde zunächst erfolgreich überprüft, dass sich die Gruppen hinsichtlich der Kontrollvariablen nicht signifikant unterscheiden. Daraufhin wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse gerechnet. Die Gruppen unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Qualität der Planung ( $F(3,256)=7.3$ ,  $p=.000$ ,  $\eta^2=.08$ ), in der

Durchführung ( $F(3,256)=3.0$ ,  $p=.032$ ,  $\eta^2=.03$ ) sowie in der Nutzung von Strategien ( $F(3,256)=35.1$ ,  $p=.000$ ,  $\eta^2=.40$ ) voneinander. Für die Planung ergibt sich ein mittlerer, für die Durchführung ein kleiner und für die Strategien ein großer Effekt. Anschließend wurde eine Kontrastanalyse gerechnet, um zu überprüfen, ob die Gruppe 1 (einfachste Ausprägung) signifikant besser abgeschnitten hat, als die anderen Gruppen. Die Berechnung dieses Kontrastes zeigt, dass erneut sowohl bei der Planung ( $t(257)=-3.35$ ,  $p<.001$ ), der Durchführung ( $t(257)=-2.68$ ,  $p<.001$ ) sowie bei der Nutzung von Strategien ( $t(257)=-6.97$ ,  $p<.001$ ) ein signifikanter Unterschied vorliegt. In allen drei Fällen schneidet die Gruppe 1 erfolgreicher ab als die anderen Gruppen. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass das Experimentiermaterial Auswirkungen auf das Experimentieren der SuS hat. In einem zweiten Schritt wird überprüft, ob Gruppe 4 (schwierigste Ausprägung) schlechter abschneidet als die Gruppen 2 und 3, in denen jeweils nur ein Merkmal in einer hohen Ausprägung vorliegt. Für die Planung ( $t(257)=-3.77$ ,  $p=.03$ ) und für die Strategien ( $t(257)=-4.20$ ,  $p<.001$ ) findet sich ein signifikanter Unterschied, nicht aber für die Durchführung ( $t(257)=-.33$ ,  $p=.76$ ). Es scheint für die Durchführung keinen Unterschied zu machen, ob ein oder zwei Merkmale des Experimentiermaterials in einer schwierigen Ausprägung vorliegen, wohl aber für die Planung und die Nutzung von Experimentierstrategien.

Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, inwiefern sich die Einflüsse der personenbezogenen Fähigkeiten in Abhängigkeit der Auswahl des Experimentiermaterials für die Planung und Durchführung sowie für die Nutzung von Experimentierstrategien unterscheiden, wurde ein Mehrgruppenpfadanalyse gerechnet (s. Abb.1). Es zeigt sich, dass nicht alle personenbezogene Fähigkeiten für alle Gruppen die gleiche Relevanz besitzen. Beispielsweise zeigt sich für Gruppe 2 die Variablenkontrolle als starker Prädiktor für die Nutzung von Experimentierstrategien. Dieser Zusammenhang ist erwartungskonform, da in dieser Variante zusätzliche Variablen kontrolliert werden müssen. Erwartet wurde auch ein signifikanter Zusammenhang für Gruppe 4, der sich nicht zeigt. Für Gruppe 1 und 3 spielen die Variablenkontrolle für die Strategien keine Rolle, wohl aber entweder für die Planung oder Durchführung der Experimente. Dies könnte daran liegen, dass bei einem Verständnis der Variablenkontrolle den SuS bewusst ist, das für die gezielte Untersuchung eines Zusammenhanges sowohl die Bestimmung der abhängigen als auch unabhängigen Variablen gemessen werden muss.

Insgesamt kann eine Variation des Experimentiermaterials dafür genutzt werden, die Schwierigkeit von Experimenten zu beeinflussen. Je mehr Merkmale verändert werden, desto schwieriger werden die Planung eines Experimentes und die Nutzung von Experimentierstrategien. Auch konnte gezeigt werden, dass verschiedene personenbezogene Fähigkeiten für unterschiedliche Materialvarianten unterschiedlich ausschlaggebend sind. In einer anschließenden Studie sollte überprüft werden, inwiefern eine Zuteilung der Gruppen anhand der personenbezogenen Fähigkeiten zu einer Verbesserung beim Experimentieren führt.

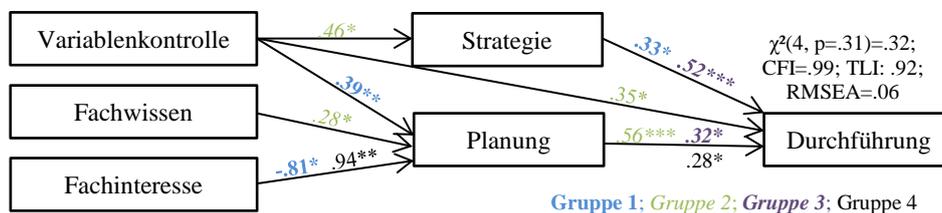


Abb.1: Mehrgruppenpfadanalyse für die Planung und Durchführung sowie Nutzung von Experimentierstrategien durch unterschiedliche personenbezogene Fähigkeiten.

**Literaturverzeichnis**

- Arnold, J., Kremer, K. & Mayer, J. (2013). Wissenschaftliches Denken beim Experimentieren. Kompetenzdiagnose in der Sekundarstufe II. In: Erkenntnisweg 11, S. 7–20
- Boyer, L., Stender, A. & Hendrik H. (2018). Schwierig? Einschätzung von Experimentiersituationen durch Lehrkräfte. In: C. Maurer (Hrsg.), Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 828). Universität Regensburg
- Boyer, L., Stender, A. & Härtig, H. (2019). Schwierigkeit von Experimenten - Eine Lehrerbefragung. 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. 309). Universität Regensburg
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. In: Child Development 70 (5)
- Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos Verlag
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. In: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 57 (4), S. 196–203
- Heller, K.A. & Perleth, C. (2000). KFT 4-12+ R. Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision (3., revidierte Aufl. des KFT 4-13+). Göttingen: Beltz
- Kultusministerkonferenz (2004). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. München, Neuwied: Luchterhand.
- Künsting, J. (2007). Effekte von Zielqualität und Zielspezifität auf selbstreguliert-entdeckendes Lernen durch Experimentieren
- Lazonder, A. W., Wilhelm, P. & Hagemans, M. G. (2008). The influence of domain knowledge on strategy use during simulation-based inquiry learning. In: Learning and Instruction 18 (6), S. 580–592
- Nehring, A., Nowak, K. H., Upmeyer zu Belzen, A. & Tiemann, R. (2015). Predicting Students' Skills in the Context of Scientific Inquiry with Cognitive, Motivational, and Sociodemographic Variables. In: International Journal of Science Education 37 (9), S. 1343–1363
- Pedaste, M.; Sarapuu, T. (2006). The factors influencing the outcome of solving story problems in a web-based learning environment. In: Interactive Learning Environments 14 (2), S. 153–176.
- Schraagen, J. M. (1993). How Experts Solve a Novel Problem in Experimental Design. In: Cognitive Science 17 (2), S. 285–309
- Schwichow, M. (2015). Förderung der Variablen-Kontroll-Strategie im Physikunterricht. Dissertation.
- Simmons, P. E. & Lunetta, V. N. (1993). Problem-Solving Behaviors during a Genetics Computer Simulation Beyond the Expert/Novice Dichotomy. In: Journal of Research in Science Teaching 30 (2), S. 153–173
- Theyßen, H., Schecker, H., Neumann, K., Dickmann, M. & Eickhorst, B. (2013). Messung experimenteller Kompetenz in Large Scale Assessments. In S. Bernholt (Hrsg.): Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen. Kiel: IPN, 596 – 598.
- Veenman, M. & Spaans, M. A. (2005). Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences. In: Learning and Individual Differences 15 (2), S. 159–176
- Vollmeyer, R., Burns, Bruce D. & Holyoak, Keith J. (1996). The impact of goal specificity on strategy use and the acquisition of problem structure. In: Cognitive Science 20 (1), S. 75–100