

Vanessa Schad  
 Eva Cauet  
 Jochen Scheid  
 Alexander Kauertz

Universität Koblenz-Landau

## Physikalisches Fachwissen in Experimentierumgebungen nutzen

### Theoretischer Hintergrund

Die Fähigkeit des Problemlösens wird als Teil der *experimentellen Kompetenz* verstanden und ist eine wichtige Schlüsselkompetenz der Lernenden für den Schulalltag im Physikunterricht, aber auch für das spätere Berufsleben (OECD, 2004).

Durch mehrere Studien wird jedoch belegt, dass die Lernenden beim Experimentieren nicht systematisch und strategisch vorgehen (de Jong & van Joolingen, 1998, Hamman, 2004; Walpuski & Sumfleth, 2007) und sie ihr Fachwissen nicht zur Erklärung neuer Sachverhalte nutzen (Klauer, 1992). Somit bleiben der Umfang und die Qualität des erworbenen Fachwissens der Lernenden aus Experimenten hinter den Erwartungen zurück (Hofstein & Lunetta, 1982, Hucke & Fischer, 2002).

Selbstreguliertes Lernen (SRL) in interaktiven Lernumgebungen, wie zum Beispiel in Schülerexperimenten im Physikunterricht fördert zum einen systematisches und strategisches Vorgehen beim Experimentieren und zum anderen auch die Anwendung und den Erwerb von Fachwissen (Wirth & Leutner, 2006). SRL durch Experimentieren umfasst zwei Teilziele: das Identifizieren und Integrieren von Informationen (Wirth & Leutner, 2006). Zum Identifizieren neuer Informationen sollen die Lernenden hypothesengeleitet vorgehen und somit einen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess nach dem SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) durchlaufen. Die Integration stellt einen mentalen Verarbeitungsprozess von Informationen dar. Dieser umfasst, unter Verwendung kognitiver Strategien, die Anknüpfung neuer Informationen an das eigene Vorwissen. Für erfolgreiches Lernen ist es entscheidend, dass beide Teilziele erreicht werden. Zuerst werden neue Informationen durch Experimente generiert, die in einem nächsten Schritt in die eigene Wissensbasis integriert werden (Wirth & Leutner, 2006). Das Erreichen der Teilziele setzt Vorwissen über domänenspezifisches Fachwissen und domänenübergreifendes Strategiewissen voraus (Wirth & Leutner, 2006). Für jedes Teilziel sollen spezifische, geeignete kognitive Strategien genutzt werden. Eine geeignete Strategie zum Identifizieren neuer Informationen ist die Strategie der *Isolierende Variablenkontrolle* (Klahr, Dunbar & Fay, 1991). Zum Integrieren von Informationen eignen sich vor allem Elaborations- und Organisationsstrategien (Weinstein & Mayer, 1986).

Aufgrund der Bedingung beide Teilziele zu erreichen, erfordert das SRL durch Experimentieren, hohe strategische und regulative Fähigkeiten von den Lernenden (Schmitz, 2001). Die Notwendigkeit von effektiven und effizienten Unterstützungsmethoden werden daher in zahlreichen Studien hervorgehoben (Azevedo & Hadwin, 2005, Thillmann, Künstig, Wirth & Leutner, 2009). Strategietrainings als Unterstützungsmethode sind vor allem dann lernförderlich, wenn die Lernenden die trainierte Strategie noch nicht kennen, jedoch sichern sie die spätere Nutzung der trainierten Strategien nicht (vgl. Friedrich & Mandl, 1992). Um die Nutzung von Strategien zu fördern, können Prompts als Unterstützungsmethode eingesetzt werden. Sie aktivieren potenzielles Wissen, Fertigkeiten oder Strategien in Form von Tipps oder Fragen (Marschner, 2011). Bislang konnten durch den Einsatz von SRL-Prompts die Nutzung von, den Lernenden bereits bekannten, Strategien zum Identifizieren gefördert werden, während die Förderung von, den Lernenden weniger bekannten, Strategien zum Integrieren von Informationen nicht gelungen ist (Thillmann, 2008).

Eine Kombination von Strategietraining und Prompts zur Förderung der Nutzung von Strategien zum Integrieren erscheint daher aussichtsreich, wurde aber bislang noch nicht untersucht. An dieser Forschungslücke setzt das hier vorgestellte Forschungsprojekt an, denn Strategien zum Integrieren von Informationen spielen insbesondere für die Aktivierung der eigenen Wissensbasis und für die Anknüpfung an diese eine Rolle. Dies ist zum einen Voraussetzung für die Anwendung von Fachwissen, und zum anderen, im Sinne eines konstruktivistischen Lernverständnisses, Voraussetzung für einen Fachwissensaufbau der Lernenden (Schreiber, 1998).

Aus der beschriebenen Forschungslücke ergibt sich folgende Fragestellung: Wie wirkt eine Kombination von Strategietraining und Prompting auf die adäquate Nutzung von physikalischem Fachwissen in Schülererklärungen zu einem physikalischen Phänomen?

### **Design und Methoden**

Die Forschungsfrage soll mit 85 Kleingruppen von 3-4 Lernenden ( $N= 255$ ) der 10. Klasse (Gymnasium), untersucht werden. Die Lernenden durchlaufen im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau eine experimentelle Lernumgebung mit 3 Experimenten zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016) und werden dabei videographiert.

Als abhängige Variable wird die Strukturierung des Problemlöseprozesses und damit verbunden die sachlogische Anbindung der einzelnen Prozesselemente, sowie das Einbringen von physikalischem Fachwissen in den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess betrachtet (adaptiertes Kategoriensystem nach Emden, 2011).

Variiert werden soll die Strategie, die die Gruppen jeweils in dem Strategietraining lernen. Während die Experimentalgruppe eine Strategie zum Identifizieren von Informationen (*Isolierende Variablenkontrollstrategie*) erlernt, trainiert die Kontrollgruppe eine Strategie zum Integrieren von Informationen (*Wissensschemata; jeweils 45 min Dauer*).

Als Kontrollvariablen werden im Prä-Post-Test-Design Fachwissen (Eigenentwicklung) und Strategiewissen (Thillmann, 2008) erhoben (zusammen 35 min Testzeit). Unmittelbar vor dem Durchlaufen der Lernumgebung werden zusätzlich einmalig Motivation und Interesse der Lernenden für das Fach Physik (Blumberg, 2008), sowie kognitive Fähigkeiten (Baudson & Preckel, 2015) und *Need for cognition* (Preckel, 2016) erhoben (zusammen 30 min Testzeit). Eine Erhebung erfolgt für diese Kontrollvariablen nur einmalig, da durch die Intervention keine Änderungen dieser Merkmale zu erwarten sind. Anschließend präsentieren die Lernenden die Ergebnisse zur Frage „Warum fliegen Flugzeuge“ (30 min. Dauer).

Um sicherzustellen, dass die Lernenden ihr physikalisches Fachwissen im Problemlöseprozess nutzen und so hypothesengeleitet arbeiten können, werden die zum Verständnis des Phänomens „Warum fliegen Flugzeugen“ notwendigen Fachkonzepte in einer von der Autorin durchgeführten fachlichen Einführung vor Beginn der Studie im Rahmen des Physikunterrichts erarbeitet (45 min Dauer). Die Erhebung soll an vier Erhebungsterminen stattfinden, die jeweils nur einen zeitlichen Abstand von einer Woche zueinander haben sollen. Die zentralen Elemente der Erhebungstermine werden im Folgenden genauer erläutert.

#### *1. Termin: Fachliche Einführung:*

Mit den Lernenden werden die drei Fachkonzepte des Wechselwirkungsgesetzes, des Bernoulli-Gesetzes und dem Gesetz der Drehimpulserhaltung erarbeitet. Dies erfolgt über Kontextualisierung und Dekontextualisierung von Fachinhalten im Sinne der Handlungssequenzierung der Konzeptbildung nach Oser & Baeriswyl (2001).

#### *2. Termin: Strategietraining:*

Die Lernenden erarbeiten anhand von drei Expertenvideos die Strategienutzung der Experten. Zu jedem der drei Fachkonzepte gibt es ein Expertenvideo, in dem Experten einen

Versuch durchführen. Die Experimentalgruppe fokussiert dabei auf eine Strategie zum Integrieren von Informationen, während die Kontrollgruppe sich mit den gleichen Videos auf eine Strategie zum Identifizieren konzentriert. Die Nützlichkeit dieser Strategien wird explizit erläutert, um die Lernenden zu deren Nutzung anzuregen.

### 3. Termin: Pretest:

Das Fach- und Strategiewissen der Lernenden wird in einem Fragebogen mit Multiple Choice Aufgaben erhoben.

### 4. Termin: Lernumgebung „Warum fliegen Flugzeuge?“:

Die Lernumgebung besteht aus insgesamt drei Experimenten (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016). Die Lernenden werden vor drei Teilprobleme gestellt, die zur Lösung des Hauptproblems „Warum fliegen Flugzeuge?“ beitragen. Zur Lösung des übergeordneten Problems müssen die Erkenntnisse aus den drei Experimenten sinnvoll aufeinander bezogen werden. Dadurch wird das Aktivieren von physikbezogenem Wissen zusätzlich nötig.

#### Prompts zum SRL durch Experimentieren:

Experimentalgruppen und Kontrollgruppe erhalten während dem Experimentieren identische Prompts zum Identifizieren und Integrieren. Der erste Prompt zum Identifizieren lautet: „Finde heraus, in welcher Beziehung die Variablen zueinander stehen.“, während der zweite Prompt zum Integrieren von Informationen wie folgt lautet: „Erinnere Dich daran, was Du im Strategietraining gelernt hast. Wie kann Dir dies zur Lösung des Problems weiterhelfen?“ Die Prompts werden nacheinander während dem Experimentierprozess dargeboten. Im Anschluss an die Lernumgebung wird das Fachwissen und das Strategiewissen der Lernenden ein zweites Mal erhoben.

#### Präsentation der Ergebnisse zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“:

Die Lernenden sollen auf Grundlage der drei Experimente eine Erklärung zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ präsentieren und werden dabei videographiert.

Die ersten drei Termine werden in der Schule durchgeführt, der letzte findet im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau statt.

## Ergebnisse der Vorstudien

Es haben bereits zwei Vorstudien mit insgesamt 87 Lernenden stattgefunden. Im Rahmen dieser Vorstudien wurden das Videokodiermanual, sowie die fachliche Einführung präpilotiert. Zur Präpilotierung des Videokodiermanuals wurden mit dem adaptierten Videokodiermanual 32 Videos eventbasiert kodiert. Diese Kodierung wurde von zwei Ratern vorgenommen (Masterstudentin, Doktorandin). Mit einer zeitlichen Übereinstimmung der kodierten Sequenzen von mindestens 80% pro Video wurde eine zufriedenstellende Interrater-Übereinstimmung erreicht (*Cohens*  $\kappa = 0,82$ ).

Die fachliche Einführung wurde ebenfalls im Rahmen einer Vorstudie mit dem Fachwissenstest präpilotiert. Insgesamt nahmen 19 Lernenden an der fachlichen Einführung teil. Das Fachwissen der Schüler und Schülerinnen wurde im Prä-post-Design erhoben. Im Schnitt haben die Lernenden im Prätest 4,58 von insgesamt 11 Items richtig beantwortet, während im Posttest 8,05 von 11 Items richtig beantwortet wurden. Ein Vergleich des Fachwissens von Prä-zu Postzeitpunkt zeigt eine signifikante Verbesserung ( $p < .001$ ) mit einem großen Effekt ( $d = 2.9$ ). Die Lernenden haben im Schnitt 3,47 Items mehr richtig beantwortet. Somit kann ein Lerneffekt durch die fachliche Einführung bestätigt werden.

## Ausblick

Im weiteren Verlauf soll eine Überarbeitung und Erprobung des Fachwissenstests stattfinden. Das Strategietraining wird zurzeit noch entwickelt und soll zeitnah präpilotiert werden. Weiterhin soll eine Pilotierung des vollständigen Settings wie im Text beschrieben pilotiert werden. P104\_Schad

## Literatur

- Azevedo, R. & Hadwin, A.F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition- Implications for design of computer-based scaffolds. *Instructional Science*, 33, 367- 379.
- Baudson, T. & Preckel, F. (2015). Mini-q: Intelligenzscreening in drei Minuten. *Diagnostica*, 62 (3), 182-197.
- Blumberg, E. (2008). *Multikriteriale Zielerreichung im naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht der Grundschule. Eine Studie zum Einfluss von Strukturierung in schülerorientierten Lehr-Lernumgebungen auf das Erreichen kognitiver, motivationaler und selbstbezogener Zielsetzungen*, Dissertationsschrift. Westfälische Wilhelms-Universität. Münster.
- De Jong, T. & van Joolingen, W.R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68, 179-201.
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen
- Friedrich, H.F. & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien- Ein Problemaufriss. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S.3-54). Göttingen: Hogrefe.
- Hamman, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle: Merkmale und ihre Bedeutung-dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*. 57/4, 196-203.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217
- Hucke, L., & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Springer Netherlands.
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988). Dual Space Search During Scientific Reasoning, *Cognitive Science* 12, 1- 48.
- Klahr, D., Dunbar, K. & Fay, A.L. (1991). Designing good experiments to test bad hypotheses. In J. Shrager & P. Langley (Eds.), *Computational models of discovery and theory formation*. (pp. 355-401). San Mateo, CA: Morgan-Kaufman.
- Klauer, K.J. (1992). Problemlösestrategien im experimentellen Vergleich: Effekte einer allgemeinen und einer bereichsspezifischen Strategie. In H. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Intervention* (S.3-54). Göttingen: Hogrefe
- Kopp, B. & Mandl, H. (2006). Wissensschemata. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 127-134). Göttingen: Hogrefe.
- Marschner, J. (2011). *Adaptives Feedback zur Unterstützung des selbstregulierten Lernens durch Experimentieren* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- OECD. (2004). Problem solving for tomorrow's world. First measurements of cross-curricular competencies from PISA 2003. Paris: OECD.
- Oser, F. K. & Baeriswyl, F. J. (2001). Choreographies of teaching: Bridging instruction to learning. In V. Richardson (Eds.), *Handbook of Research on Teaching* (4th Edition) (pp.1031-1065). Washington: American Educational Research Association.
- Schmitz, B. (2001). Self-Monitoring zur Unterstützung des Transfers einer Schulung in Selbstregulation für Studierende. In: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* 15, H. 3/4, S. 179–195.
- Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Thillmann, H., Künsting, J., Wirth, J. & Leutner, D. (2009). Is it merely a question of “what” to prompt or also “when” to prompt? The role of point of presentation time of prompts in self-regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23, 105-115.
- Wagner, K. (2016). *Unterstützende und hemmende Faktoren für den Einsatz eines mobilen Lernarrangements* (Dissertationsschrift). Pädagogische Hochschule Weingarten, Weingarten.
- Walpuski, Maik & Sumfleth, Elke (2007): Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *ZfDN* 13, 181-198
- Weinstein, C.E. & Mayer, R.E. (1986). The teaching of learning strategies. In: M. C. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (3.Ed., pp. 315-327). New York: Macmillan.
- Wirth, J. & Leutner, D. (2006). Selbstregulation beim Lernen in interaktiven Lernumgebungen. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 172-184). Göttingen: Hogrefe.