

Selbstreguliertes Lernen in einer komplexen Experimentierumgebung

Theoretischer Hintergrund

Die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern (SuS) wird nach den Beschlüssen der Kultusministerkonferenz (2004) in den Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung eingeordnet. Studien belegen, dass Lernende beim Experimentieren nicht systematisch und strategisch vorgehen (de Jong & van Joolingen, 1998; Hamman, 2004). Auch der Umfang und die Qualität des erworbenen Fachwissens aus Experimenten erfüllt nicht die Erwartungen (Hofstein & Lunetta, 1982).

Eine Möglichkeit systematisches Vorgehen beim Experimentieren und den Erwerb von flexibel anwendbarem Fachwissen gleichzeitig zu fördern, stellt das selbstregulierte Lernen (SRL) dar. Selbstreguliertes Lernen in interaktiven Lernumgebungen, wie zum Beispiel in Schülerexperimenten im Physikunterricht, beschreibt einen vollständigen Lernprozess und umfasst zwei Teilziele: das Identifizieren und Integrieren von Informationen (Wirth & Leutner, 2006). Zum Identifizieren neuer Informationen sollen die SuS hypothesengeleitet Strategien der Erkenntnisgewinnung einsetzen und somit einen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess nach dem SDDS-Modell von Klahr und Dunbar (1988) durchlaufen. Dies setzt ein Mindestmaß an domänenspezifischem Wissen voraus (Wirth & Leutner, 2006). Die Integration stellt einen Verarbeitungsprozess von Informationen dar, der die Aktivierung der eigenen Wissensbasis und die Anknüpfung neuer Informationen an diese erfordert. Entscheidend für erfolgreiches Lernen ist das Erreichen beider Teilziele (Wirth & Leutner, 2006). Hierzu sollen geeignete kognitive Strategien genutzt werden. Geeignete Strategien zum Identifizieren neuer Informationen im Rahmen naturwissenschaftlich-experimenteller Settings stellen die isolierende Variablenkontrolle, Experimentierserien und Extremwertzuweisungen dar (Klahr, Dunbar & Fay, 1991). Zum Integrieren eignen sich Reduktions-, Elaborations-, Organisations- und Wiederholungsstrategien (Weinstein & Mayer, 1986).

Die bisherige Forschung zeigt, dass SRL durch Experimentieren, aufgrund der Bedingung beide Teilziele zu erreichen, hohe Anforderungen an die Lernenden stellt (Wirth & Leutner, 2006). Lernende zeigen ein Produktionsdefizit, d.h. sie verfügen zwar über Strategiewissen zum Identifizieren und Integrieren, können dieses aber nicht spontan nutzen (Flavell, 1971; Veenman, Kerseboom & Imthorn, 2000). Klauer (1992) konnte zudem zeigen, dass SuS ihr Fachwissen zur Erklärung neuer Sachverhalte beim Problemlösen nicht anwenden.

Die Notwendigkeit der Unterstützung von Selbstregulation in Lernumgebungen, um zum Beispiel das Produktionsdefizit zu überwinden, wird daher in zahlreichen Studien hervorgehoben (Azevedo & Hadwin, 2005). Der Experimentierprozess wird als eine Interaktion zwischen äußerer Unterstützung und interner Regulation beschrieben. Neben Strategietrainings als direkter äußerer Unterstützungsform (vgl. Friedrich & Mandl, 1992), können Prompts, die potenzielles Wissen, Fertigkeiten oder Strategien in Form von Tipps oder Fragen aktivieren, als indirekte äußere Unterstützungsform eingesetzt werden (Marschner, 2011). Bislang wurden Effekte von SRL-Prompts lediglich in Bezug auf die Nutzung von Strategien untersucht, nicht aber auf das Einbringen von Fachwissen in den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess. An dieser Forschungslücke setzt das hier vorgestellte Forschungsprojekt an. Studien zur Wirkung von Prompts auf die Strategienutzung zeigen, dass Prompts einen positiven Effekt auf die Nutzung von bereits bekannten Strategien zum Identifizieren haben und daher helfen können ein diesbezügliches

Produktionsdefizit zu überwinden (Thillmann, 2008). Effekte auf weniger bekannte Strategien zum Integrieren konnten allerdings nicht nachgewiesen werden (Thillmann, 2008). Letztere spielen aber insbesondere für die Aktivierung der eigenen Wissensbasis und für die Anknüpfung an diese eine Rolle, was zum einen Voraussetzung für die Anwendung von Fachwissen, und im Sinne eines konstruktivistischen Lernverständnisses Voraussetzung für einen Fachwissensaufbau auf Seite der Lernenden ist (Schreiber, 1998). Weniger bekannte Strategien können in Strategietrainings vermittelt werden. Da Strategietrainings zwar förderlich sind, die Strategienutzung aber nicht sicherstellen (Friedrich & Mandl, 1992), bietet sich zur Förderung des SRL durch Experimentieren eine Kombination aus Strategietraining und Prompting an.

Forschungsfrage

Aus der beschriebenen Forschungslücke ergibt sich folgende Fragestellung: Wie wirkt eine Kombination von Prompting und Strategietraining auf das Einbringen von Fachwissen in einem gemeinsamen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess von Kleingruppen beim Experimentieren?

Design und Methoden

Die Forschungsfrage soll im Rahmen eines 2x2-faktoriellen Designs in einer Stichprobe von SuS der 10. Klasse (Gymnasium) untersucht werden. Die Lernenden durchlaufen in Kleingruppen aus 3-4 SuS im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau eine experimentelle Lernumgebung zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016) und werden dabei videographiert. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der SuS auf die Experimentalgruppen.

		Strategietraining	
		nein	ja
Prompting	nein	Experimentalgruppe 1	Experimentalgruppe 2
	ja	Experimentalgruppe 3	Experimentalgruppe 4

Abb. 1 Einteilung der Experimentalgruppen

Als abhängige Variable wird die Strukturierung des Problemlöseprozesses (adaptiertes Kategoriensystem nach Heine & Kauertz, 2013), das Einbringen des Fachwissens in den naturwissenschaftlichen Problemlöseprozess (Knobloch, 2011), sowie die Komplexität der Wissensstruktur (Knobloch, 2011) zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge“ nach Durchlaufen der Lernumgebung betrachtet.

Die Experimentalgruppen 3 und 4 prüfen den Effekt von Prompts in Kombination mit und ohne Strategietraining auf die abhängigen Variablen, während die Experimentalgruppen 1 und 2 der Validierung des Strategietrainings dienen.

Als Kontrollvariablen werden im Rahmen eines Prä-Post-Designs Fachwissen (Bachelorarbeit Ritzmann), Strategiewissen (Thillmann, 2008) und unmittelbar vor dem Durchlaufen der Lernumgebung Motivation und Interesse der SuS (Blumberg, 2008) erhoben. Um sicherzustellen, dass die SuS physikalisches Fachwissen in den Problemlöseprozess einbringen und so hypothesengeleitet arbeiten können, werden die zum Verständnis des Phänomens „Warum fliegen Flugzeuge“ notwendigen Fachinhalte in einer von der Autorin durchgeführten fachlichen Einführung im Rahmen des Physikunterrichts erarbeitet. Die Erhebung soll an zwei im Abstand von 1-2 Wochen aufeinanderfolgenden Erhebungsterminen stattfinden (vgl.: Abbildung 2). Der erste Termin wird in der Schule

durchgeführt, der zweite findet im Schülerlabor der Universität Koblenz-Landau statt. Die zentralen Elemente beider Erhebungstermine werden im Folgenden genauer erläutert.

1. Termin Schule /90 min	2. Termin Campus Landau /180 min
Konzeptbildung durch Erarbeitung verallgemeinerter Wechselwirkungs- und Systemaspekten mittels Kontextualisierung und Dekontextualisierung (Oser & Baeriswyl, 2001) (30min)	Fragebogen zu Motivation und Interesse (15 min)
Strategietraining (30min) 1. Strategieinstruktion im Kontext 2. Bewusstmachen über die Nützlichkeit der Strategie 3. Einübung der trainierten Strategie	Videographie der Lernumgebung „Warum fliegen Flugzeuge?“ (90min) 1. Station: Schräger Flügel 2. Station: Flügelformen 3. Station: Strömungsmodell
Pretest (30 min)	Prompts zum SRL durch Experimentieren
	Posttest (30 min)
	Präsentation der Ergebnisse zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“ (30min)

Abb. 2 Ablauf der Datenerhebung

Fachliche Einführung

Mit den SuS werden verallgemeinerte Wechselwirkungs- und Systemaspekte erarbeitet. Dies erfolgt über Kontextualisierung und Dekontextualisierung von Fachinhalten zum Kraft-Gegenkraft-Prinzip, dem Bernoulli-Prinzip und der Drehimpulserhaltung im Sinne der Handlungssequenzierung der Konzeptbildung nach Oser & Baeriswyl (2001).

Strategietraining

Anhand eines prototypischen Kontextes werden die SuS der Experimentalgruppen 1 und 3 in die Strategie Wissensschemata (Kopp & Mandl, 2006) eingeführt. Ihnen wird die Nützlichkeit dieser Strategie explizit erläutert, um sie zu deren Nutzung anzuregen. Die Einübung der neuen Strategie erfolgt anhand mehrerer Übungsbeispiele (Veenmann, van Hout-Wolters & Afflerbach, 2006).

Lernumgebung „Warum fliegen Flugzeuge?“

Die Lernumgebung besteht aus drei Experimenten (adaptiert aus dem Projekt INTeB, Wagner, 2016). Die SuS werden hier vor drei Teilprobleme gestellt, die zur Lösung des Hauptproblems „Warum fliegen Flugzeuge?“ beitragen und sinnvoll aufeinander bezogen werden müssen

Prompts zum SRL durch Experimentieren

Experimentalgruppen 1 und 2 erhalten während dem Experimentieren Prompts zum Integrieren. Es handelt sich dabei um metakognitive Prompts, die zur Reflexion des eigenen Handelns anregen sollen (z.B. „Erinnere Dich an das Prinzip der Wechselwirkung und die Systemaspekte aus der Einführung. Wie können Dir diese zur Lösung des Problems weiterhelfen?“) (Lin & Lehman, 1999).

Präsentation der Ergebnisse zum Thema „Warum fliegen Flugzeuge?“

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

Eine erste Präpilotierung mit 67 SuS hat bereits stattgefunden und wird derzeit ausgewertet.

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.
- 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.
- Flavell, J.H. (1971). First discussant´s comments: What is memory development the development of? *Human Development*, 14, 272-278.
- 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.
- Heine, D. & Kauertz, A. (2013). Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschulern. In: S. Bernholt (Eds.), *Inquiry-based Learning- Forschendes Lernen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: Lit Verlag, S. 701-703.
- 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
- Klahr, D. & Dunbar, K. (1988), Dual Space Search During Scientific Reasoning, *Cognitive Science* 12, S. 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
- Knobloch, R. (2011). Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen. Fakultät für Chemie, Essen
- Kopp, B. & Mandl, H. (2006). Wissensschemata. In F. Mandl & H.F. Friedrich (Hrsg.), *Handbuch Lernstrategien*. (S. 127-134). Göttingen: Hogrefe.
- Lin, X. & Lehman, J.D. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 837-858.
- 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.
- Schreiber, B. (1998). *Selbstreguliertes Lernen*. Münster: Waxmann.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Thillmann, H. (2008). *Selbstreguliertes Lernen durch Experimentieren: Von der Erfassung zur Förderung* (Dissertationsschrift). Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Bildungswissenschaften, Essen.
- Veenman, M.V.J., Kerseboom, L. & Imthorn C. (2000). Test anxiety and metacognitive skillfulness: Availability versus production deficiencies. *Anxiety, Stress and Coping*, 13, 391-412.
- Veenman, M.V.J., van Hout-Wolters, B.H.A.M. & Afflerbach, P. (2006). Metacognition and learning: conceptual and methodological considerations. *Metacognition and Learning*, 1, 3-14.
- Wagner, K. (2016). *Unterstützende und hemmende Faktoren für den Einsatz eines mobilen Lernarrangements* (Dissertationsschrift). Pädagogische Hochschule Weingarten, Weingarten.
- 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.