

Experimentieren lernen – Aktivitätsprofile von Schülern

Der Aufbau von prozessbezogenen Kompetenzen, z. B. zum experimentellen Denken und Arbeiten, gehört national wie international zu den zentralen Zielen des naturwissenschaftlichen Unterrichts (z. B. KMK, 2005; NRC, 2012). Schülerinnen und Schüler sollen am Ende der Sekundarstufe I beispielsweise u. a. Experimente planen und durchführen können oder in der Lage dazu sein, Daten auszuwerten und zu interpretieren (KMK, 2005). Zur Entfaltung solcher prozessbezogenen Kompetenzen, benötigen Schülerinnen und Schüler ein mindestens intuitives Verständnis zugehörige prozessbezogene Konzepte (z. B. „Bei einem Versuch sollte immer nur eine Variable gleichzeitig verändert und alle anderen Variablen konstant gehalten werden“; vgl. von Aufschnaiter & Hofmann, 2014; Vorholzer, 2017). Sowohl in der Forschungsliteratur als auch in Bildungsvorgaben herrscht weitgehend Einigkeit darüber, dass eigenständiges praktisch-experimentelles Arbeiten (inquiry-based teaching) ein geeigneter methodischer Zugang ist, um im Unterricht den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen und zugehöriger Konzepte zu fördern (z. B. Bybee & van Scotter, 2007; Minstrell, 2000; NRC, 2012). Befundlagen zeigen jedoch, dass praktisch-experimentelles Arbeiten alleine nicht (oder nur sehr langsam) automatisch zum Kompetenzaufbau führt. Vielmehr scheint es erforderlich, die angestrebten prozessbezogenen Konzepte im Unterricht explizit zu thematisieren, deren Nutzung während des Experimentierens gezielt anzuregen und in der Anwendung zu üben (vgl. z. B. Alfieri et al., 2011; Lazonder & Harmsen, 2016; Vorholzer, 2016). Studien zur Wirkung von solchen sog. expliziten Instruktionsansätzen nutzen in der Regel ein (quasi-)experimentelles Design und basieren auf schriftlichen Prä-Post-Vergleichen (z. B. Chen & Klahr, 1999; Lazonder & Egberink, 2014; Lorch et al., 2010). Sie fokussieren somit primär auf die Ergebnisse des Lernens; über die Lernprozesse, die zu diesen Ergebnissen führen, und darüber, in welcher Weise Elemente expliziter Lernangebote das Lernen der Schülerinnen und Schüler unterstützen, ist bisher hingegen vergleichsweise wenig bekannt. Hier setzt das dem Beitrag zugrundeliegende Projekt an. Die Forschungsfragen lauten:

- FF 1 Wie nutzen SuS Lernangebote, die einem expliziten Instruktionsansatz folgen?
- FF 2 Was unterscheidet die Bearbeitungsprozesse von SuS mit hohem / niedrigem Kompetenzzuwachs?

Stichprobe und Design

Das dieser Studie zugrundeliegende Forschungsprojekt ist im quasi-experimentellen Design angelegt und wurde mit einer Stichprobe von $N=204$ Schülerinnen und Schüler der Einführungsphase (Klasse 11, ~17 Jahre) aus 12 Parallelklassen einer Schule durchgeführt. Sechs dieser 12 Klassen bearbeiteten drei entlang eines expliziten Instruktionsansatzes angelegte Lerneinheiten zu unterschiedlichen prozessbezogenen Kompetenzen mit einem Gesamtumfang von ca. 225 Minuten (Einheit 1: Fragen und Hypothesen formulieren, 45 Min.; Einheit 2: Untersuchungen planen, 90 Min.; Einheit 3: Daten auswerten und interpretieren, 90 Min.). Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgte in Teams mit je zwei bis drei Schülerinnen oder Schülern und fand über einen Zeitraum von drei Wochen hinweg im Rahmen des regulären Physikunterrichts statt (eine Lerneinheit pro Woche).

Vor (Prätest) und unmittelbar nach der dreiwöchigen Intervention (Posttest) wurden die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Bereich der drei angestrebten prozessbezogenen Kompetenzen (s. o.) mit einem schriftlichen Testinstrument erhoben

(Vorholzer et al., 2016). Im Prätest wurden außerdem weitere Instrumente eingesetzt, um u. a. das fachinhaltliche Vorwissen und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen zu erfassen.

Zur Analyse der Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler wurden zusätzlich zu den schriftlich erhobenen Prä-Post-Daten 24 Teams ($N=71$, ca. 66% weiblich) bei der Bearbeitung aller Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet. Die Schülerinnen und Schüler wurden in Abhängigkeit davon ausgewählt, ob sie sich mit der Aufzeichnung einverstanden erklärt haben. Die Teams wurden nach den Präferenzen der Schülerinnen und Schüler gebildet. Die im Beitrag vorgestellte Studie fokussiert auf die Auswertung der Prozessdaten dieser Teilstichprobe. Für eine umfassende Darstellung der Ergebnisse des Prä-Post-Vergleichs siehe Vorholzer (2016).

Methoden

Um die Bearbeitungsprozesse der Schülerinnen und Schüler zu untersuchen (FF 1) und im Hinblick auf Aktivitätsprofile besonders (wenig) erfolgreicher Schülerinnen und Schüler analysieren zu können (FF 2), wurde eine eventbasierte Kodierung der Videodaten vorgenommen. Das für die Kodierung verwendete Kategoriensystem (Abb. 1) basiert auf u. a. auf Vorarbeiten von Hägele (2015), wurde jedoch um induktiv aus den Daten abgeleitete Kategorien zur Beschreibung ergänzt. Die Kategorien Aktivitäten, Erleben und Off-Task wurde für jede/n Schüler/in einzeln, die bearbeitete Einheit und Karte des Lernmaterials gruppenweise kodiert. Innerhalb der verbalen Aktivitäten wurde zwischen fünf verschiedenen Arten von Schüleräußerungen unterschieden. Neben „Vorlesen“, organisatorischen Äußerungen (z. B. „Wir haben noch ca. 10 Minuten Zeit“) oder Handlungsanweisung zur Vorbereitung und Durchführung von Versuchen (z. B. „Gib mir mal das Lineal“ oder „Auf die Plätze. Fertig. Los!“) bildet die Unterscheidung zwischen fachinhaltliche und fachmethodischen Beiträgen das Kernelement dieser Hauptkategorie. Als *fachinhaltlich* wurden alle Äußerungen kodiert, die sich auf inhaltliche Aspekte des Lernmaterials beziehen (z. B. Nennung von während eines Experiments gemachte Beobachtungen). Im Gegensatz dazu wurden Beiträge als *fachmethodisch* kodiert, wenn sich die Äußerungen der Schülerinnen und Schüler auf methodische Aspekte eines Versuchs beziehen (z. B. Regeln zur Unterscheidung von Beobachtung und Deutung).



Abbildung 1. Schematische Übersicht über die Hauptkategorie des Kategoriensystems und die Subkategorien der Kategorie „Aktivitäten“.

Bei allen fachmethodischen Beiträgen wurde zusätzlich die Art des Regelbezugs unterschieden: „Vermutet“ bildet Fälle ab, in den Schüler/innen keine auf die Regeln bezogenen Begriffe verwenden, ihre Äußerungen aber die Nutzung einer Regel nahelegen. So handelt es sich z. B. bei der Aussage: „Wir müssen die Kegel von der gleichen Höhe, gleichzeitig und mit der Spitze nach unten fallen lassen“, zunächst um eine Handlungsanweisung (Kodierung: Vorbereitung und Durchführungen von Versuchen verbal). Die erkennbare Fokussierung auf das Konstanthalten mehrerer Parameter lässt

jedoch vermuten, dass der Schüler Regeln für das Planen einer Untersuchung anwendet (hier: Variablenkontrolle). Die Subkategorie „ausdrücklicher Regelbezug“ bildet Fälle ab, in denen die Regel expliziert wird oder durch die Nutzung von für die Regel relevanten Begriffen (z. B. „Das ist eine *Kontrollvariable*“) ein Bezug erkennbar ist (vgl. Abb. 1).

Zur Bestimmung der Interkoderreliabilität wurden ca. 10% der analysierten Videodaten von zwei Kodieren unabhängig voneinander kodiert. Die Prüfung der Übereinstimmung ergab einen Kappa-Wert von .61 (Berechnung nach Brennan & Prediger, 1981). Dieser Wert kann u. a. wegen der überwiegend hochinferenten Kategorien als zufriedenstellen angesehen werden.

Erste Ergebnisse der Videoanalyse

Die im Beitrag vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Analyse der Bearbeitungsprozesse zu Einheit 2 von sechs Teams ($N=16$). Hierbei wurden jeweils drei Teams mit einem besonders hohen und drei Teams mit einem besonders niedrigen Prä-Post-Zuwachs bzgl. der prozessbezogenen Kompetenzen ausgewählt, um einen Maximalkontrast zu erzeugen und so Unterschiede bzgl. der Aktivitäten sichtbar zu machen. Zur Auswertung der Daten wurde für jede/n Schüler/in (schülerbezogen) und für die gesamte Gruppe (vgl. gruppenbezogen) der relative zeitliche Anteil der einzelnen Codes bezogen auf die gesamte Bearbeitungszeit berechnet und untersucht, inwiefern der zeitliche Anteil einzelner Codes mit dem Prä-Post-Zuwachs korreliert ist. Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1

Korrelationen (Pearson's r) zwischen Prä-Post-Zuwachs und Häufigkeit ausgewählter Kodierung

	<u>Schülerbezogen</u>	<u>Gruppenbezogen</u>
Non-verbale Aktivitäten		
Vorb. / Durchf. Versuch	.154 ($p=.615$)	.198 ($p=.480$)
Verbale Aktivitäten		
Vorb. / Durchf. Versuch	.470 ($p=.105$)	.323 ($p=.240$)
Fachinhaltlich	.128 ($p=.676$)	-.118 ($p=.674$)
Fachmethodisch (vermutet)	.555 ($p=.049$)	.121 ($p=.668$)
Fachmethodisch (ausdrücklich)	.261 ($p=.390$)	-.080 ($p=.776$)

Die Ergebnisse in Tabelle deuten darauf hin, dass explizite Instruktionsansätze von Lernenden in sehr heterogener Weise genutzt werden, da nur die Häufigkeit vermuteter fachmethodischer Beiträge einen signifikanten Zusammenhang mit dem Prä-Post-Zuwachs aufweist. Es ist aus anderen Untersuchungen bekannt, dass Lernende selten und insbesondere nur dann, wenn sie dazu aufgefordert werden, Regeln und Verallgemeinerungen explizieren (z. B. Mestad & Kolstø, 2017, von Aufschneider & Rogge, 2010). Es scheint daher durchaus plausibel, dass es im Hinblick auf das Lernen der Schülerinnen und Schüler besonders relevant ist, unter welchen Umständen solche Bezüge auch ohne Aufforderung durch entsprechende Aufgaben gelingen. In weiteren Analysen soll deshalb u. a. untersucht werden, welche Aufgaben und Situationen vermutete fachmethodische Beiträge „triggern“. Der Vergleich der Schüler- und der Gruppenebene deutet zudem darauf hin, dass es für das Lernen der Schüler mehr auf individuelle als auf gruppenspezifische Aktivitäten ankommt, da die gruppenbezogenen Korrelationen im Mittel deutlich kleiner sind als die schülerbezogenen.

Das im Beitrag vorgestellte Projekt wird von der DFG gefördert (AU 155/11-1).

Literaturverzeichnis

- Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J. & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1–18.
- Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa. Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687–699.
- Bybee, R. W. & van Scotter, P. (2007). Reinventing the Science Curriculum. *Educational Leadership*, 64(4), 43–47.
- Chen, Z. & Klahr, D. (1999). All other things being equal. Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child development*, 70(5), 1098–1120.
- Hägele, J. (2015). *Prozesse des Kompetenzaufbaus von Schülerinnen und Schülern zum „Planen naturwissenschaftlicher Untersuchungen“ – eine videogestützte Analyse*. Wissenschaftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt an Gymnasien, Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland [KMK]. (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. München: Luchterhand.
- Lazonder, A. W. & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy. Effects of explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science*, 42(2), 291–304.
- Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C. & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms. Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 90–101.
- Mestad, I. & Kolstø, S. D. (2017). Characterizing Students' Attempts to Explain Observations from Practical Work. Intermediate Phases of Understanding. *Research in Science Education*, 47(5), 943–964.
- Minstrell, J. (2000). Implications for teaching and learning inquiry: A summary. In J. Minstrell & E. van Zee (Hrsg.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (S. 471–496). Washington, D.C: American Association for the Advancement of Science.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education. Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, D.C: National Academies Press.
- von Aufschnaiter, C. & Hofmann, J. (2014). Kompetenz und Wissen. Wechselseitige Zusammenhänge und Konsequenzen für die Unterrichtsplanung. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67(1), 10–16.
- von Aufschnaiter, C. & Rogge, C. (2010). Wie lassen sich Verläufe der Entwicklung von Kompetenz modellieren? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 95–114.
- Vorholzer, A. (2016). *Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? Eine empirische Untersuchung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*. Berlin: Logos Verlag.
- Vorholzer, A. (2017). Lernaufgaben zu fachmethodischen Kompetenzen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 70(2), 83–89.
- Vorholzer, A.; von Aufschnaiter, C.; Kirschner, S. (2016): Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses experimenteller Denk- und Arbeitsweisen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 1–17. doi:10.1007/s40573-015-0039-3