

Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen – eine videogestützte Analyse

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). 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 experimentbezogener Kompetenzen zu fördern (z. B. Bybee & van Scotter, 2007; Minstrell, 2000; NRC, 2012). Dazu, wie das Experimentieren lernwirksam in den Unterricht eingebettet werden kann, lassen sich jedoch mindestens zwei Ansätze unterscheiden: implizite und explizite Ansätze. Implizite Ansätze gehen davon aus, dass die Schüler/innen experimentbezogene Kompetenzen bereits beim eigenständigen Durchführen von Experimenten entwickeln. Konzepte zum experimentellen Denken und Arbeiten werden hierbei nicht explizit thematisiert, sondern sollen beim (strukturierten) Experimentieren entdeckt werden (z. B. Dean & Kuhn, 2007). Im Gegensatz dazu werden bei expliziten Ansätzen die angestrebten Konzepte explizit thematisiert, während des Experimentierens gezielt angeregt und in der Anwendung geübt (z. B. Chen & Klahr, 1999; für eine vergleichende Beschreibung beider Ansätze s. a. Alfieri et al., 2011; Vorholzer, 2016).

Studien zur Wirkung von expliziter und impliziter Instruktion 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). Trotz ähnlicher methodischer Zugänge fallen die Befunde dieser Studien jedoch unterschiedlich aus: Zwar sind explizite Ansätze häufig effektiver als implizite Ansätze (z. B. Chen & Klahr, 1999; Vorholzer, 2016; s. a. Alfieri et al., 2011), jedoch zeigen auch implizite Ansätze unter bestimmten Bedingungen ähnlich große Wirkung (z. B. Dean & Kuhn, 2007; Vorholzer, 2016). Zudem scheinen explizite und implizite Ansätze für verschiedene prozessbezogene (Teil-)Kompetenzen unterschiedlich wirksam zu sein (Vorholzer, 2016). Eine Schwierigkeit bei der Deutung dieser unterschiedlichen Effekte ist, dass bisherige Studien auf Grund ihres Designs kaum Erkenntnisse darüber liefern, wie die Entwicklung prozessbezogener Kompetenzen bei Schüler/innen verläuft und in welcher Weise unterschiedlich strukturierte Lernangebote diese Entwicklung fördern. Ziel der im Beitrag vorgestellten Videostudie ist es, die *Wirkmechanismen* von expliziter und impliziter Instruktion im Prozess zu untersuchen, um so mögliche Ursachen für die variierenden Effekte zu identifizieren.

Stichprobe und Design

Das dieser Studie zugrundeliegende Forschungsprojekt ist im quasi-experimentellen Design angelegt und wurde mit einer Stichprobe von $N=204$ Schüler/innen der Einführungsphase (Klasse 11, ~17 Jahre) aus 12 Parallelklassen einer Schule durchgeführt. Jeweils sechs Klassen bildeten die Treatmentgruppe (TG) bzw. die Kontrollgruppe (KG).

Die Studie besteht aus vier Phasen: Prätest, Intervention, Posttest und Follow-up-Test. Im Prä- und Posttest sowie im Follow-up-Test wurden die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich des experimentellen Denkens und Arbeitens 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. Die Intervention besteht aus drei Lerneinheiten zu unterschiedlichen Teilkompetenzen des

experimentellen Denkens und Arbeitens 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 Lerneinheiten für die TG und KG umfassen die gleichen fachinhaltlichen Themengebiete und die gleichen Experimente, sie unterscheiden sich ausschließlich bzgl. der Thematisierung experimenteller Denk- und Arbeitsweisen (TG: explizite Instruktion, KG: implizite Instruktion). Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgte in Teams mit je zwei bis drei Schüler/innen und fand über einen Zeitraum von drei Wochen hinweg im Rahmen des regulären Physikunterrichts statt (eine Lerneinheit pro Woche).

Zusätzlich zu den schriftlich erhobenen Prä-Post-Daten wurden $N=95$ Schüler/innen (56,8% weiblich, 24 Teams der TG, 18 Teams der KG) bei der Bearbeitung aller Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet. Die Teams wurden in Abhängigkeit davon ausgewählt, ob sie sich mit der Aufzeichnung einverstanden erklärt haben. 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

Zur Auswertung der Videodaten wurde ein Kategoriensystem entworfen, das u. a. auf Vorarbeiten von Steckenmesser-Sander (2015) und Hägele (2015) aufbaut (Abb. 1). Das Kategoriensystem soll insbesondere erfassen, wann sich Schüler/innen mit fachmethodischen Aspekten befassen, z. B. Kriterien für eine aussagekräftige Untersuchung benennen oder Regeln zur Auswertung von Daten anführen. Nur, wenn fachmethodische Beiträge der Schüler/innen identifiziert und von anderen verbalen Beiträgen (z. B. fachinhaltlichen Äußerungen oder Handlungsanweisungen zum Aufbau eines Versuchs) abgegrenzt werden können, kann beispielsweise untersucht werden, wann und in welcher Weise der betrachtete Instruktionsansatz zur Auseinandersetzung mit diesen Aspekten (und damit möglicherweise auch zum Kompetenzaufbau) geführt haben könnte.

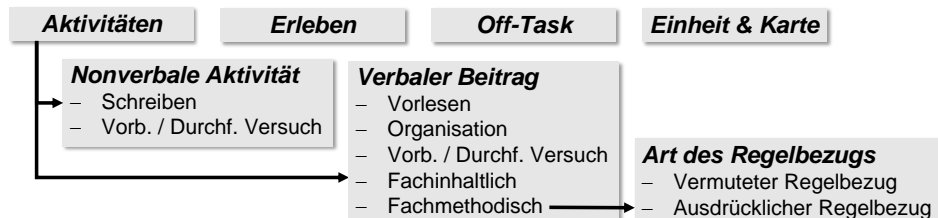


Abb. 1. Schematische Übersicht über die Hauptkategorie des Kategoriensystems und die Subkategorien der Kategorie „Aktivitäten“.

Bei einer ersten Pilotierung des Kategoriensystems hat sich gezeigt, dass gerade die Unterscheidung zwischen versuchsbezogenen Handlungsanweisungen (Kategorie: Vorb. / Durchf. von Versuchen) und fachmethodischen Beiträgen schwierig ist. 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 „nur“ um eine Handlungsanweisung. Die erkennbare Fokussierung auf das Konstanthalten mehrerer Parameter lässt jedoch vermuten, dass der Schüler Regeln für das Planen einer Untersuchung anwendet (hier: Variablenkontrolle). Da es jedoch keinen ausdrücklichen Regelbezug gibt, lässt sich nicht eindeutig klären, welche Überlegungen die Handlungsanweisungen des Schülers leiten. Um diese „Unschärfe“ in der Auswertung abbilden zu können, wurde bei allen fachmethodischen Beiträgen 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. „Ausdrücklich“ 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). Immer, wenn Handlungsanweisungen einen vermuteten Regelbezug aufweisen, wurde zudem eine Doppelkodierung (fachmethodisch *und* Vorb. / Durchf. von Versuchen, z. B. im Beispiel oben) vorgenommen.

Erste Ergebnisse der Videoanalyse

Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse stammen aus der Pilotierung des Kategoriensystems und basieren ausschließlich auf einer grafischen (nicht statistischen) Auswertung der Zeitanteile ausgewählter Aktivitäten (siehe Bsp. in Abb. 2). Ausgewertet wurden die Bearbeitungsprozesse von sechs Teams (4 aus der TG, 2 aus der KG) zu Einheit 2 der Intervention. Die im Folgenden berichteten Ergebnisse sind daher unbedingt als vorläufig und nicht auf die gesamte Stichprobe verallgemeinerbar anzusehen.

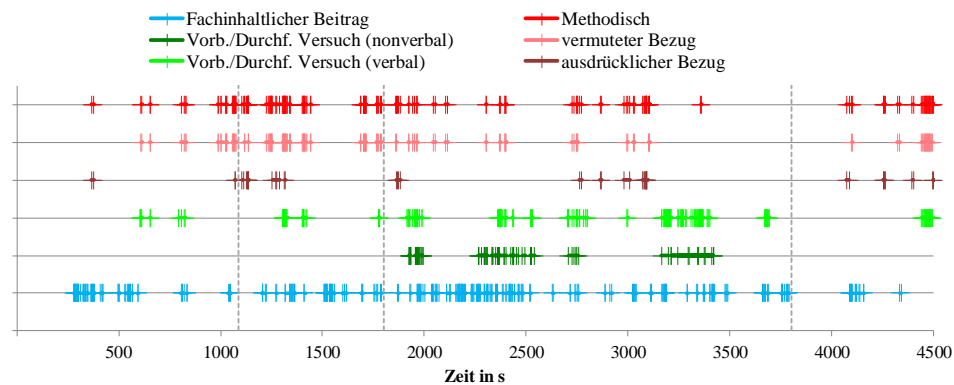


Abb. 2. Exemplarische Auswertung ausgewählter Kategorien eines Teams aus der TG. Dargestellt ist jeweils die Summe aller verbalen bzw. nonverbalen Aktivitäten der drei Schüler/innen des Teams zu einer entsprechenden Kategorie.

Der Vergleich zeigt, dass die Schüler/innen der TG deutlich häufiger fachmethodische Beiträge äußern als die Schüler/innen der Kontrollgruppe; fachmethodische Beiträge mit ausdrücklichem Regelbezug kommen insgesamt selten vor. Für die Kategorie „Vorb. / Durchf. von Versuchen“ ergibt sich ein umgekehrtes Bild. Obwohl sich die Schüler/innen der KG verbal und nonverbal deutlich häufiger mit der Vorbereitung oder Durchführung von Versuchen beschäftigen, finden sich deutlich weniger fachmethodische Beiträge als in der TG. Darüber hinaus zeigen die vorläufigen Ergebnisse, dass ein erheblicher Teil der fachmethodischen Beiträge *nicht* während der Vorbereitung und Durchführung von Versuchen geäußert wird (siehe Abb. 2). Insbesondere scheinen auch solche Teams beim Experimentieren selten über fachmethodische Aspekte zu sprechen, die vor einer „Experimentierphase“ viele Bezüge zu fachmethodischen Regeln hergestellt haben.

Ausblick

Die vorläufigen Ergebnisse legen nahe, dass das Experimentieren *nicht* automatisch zu einer Auseinandersetzung mit fachmethodischen Aspekten führt. Offen ist jedoch u. a. die Frage, welche Aufgaben und Situationen eine Auseinandersetzung „triggern“ und ob dadurch tatsächlich ein Kompetenzzuwachs entsteht. Ein wichtiger nächster Schritt zur Untersuchung dieser Fragen ist die Weiterentwicklung und Validierung des Kategoriensystems.

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.
- 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.
- Dean, D. & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery. The long view. *Science Education*, 91(3), 384–397.
- 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.
- 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.
- Steckenmesser-Sander, K. (2015). Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen. Berlin: Logos Verlag.
- 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.; 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