

Naturwissenschaftliche Problemlöseprozesse von Grundschulern

Theoretischer Hintergrund

Experimentieren als naturwissenschaftlichem Problemlösen wird eine entscheidende Rolle in Bezug auf Lernerfolg im Physikunterricht zugeschrieben (vgl. Hofstein & Lunetta, 2004). Allerdings sind die Befunde für den Zusammenhang zwischen dem Einsatz von Experimenten im Unterricht und Lernerfolg inkonsistent (Hopf & Berger, 2011; Lunetta, 2003). Schülerinnen und Schüler verstehen, dass es beim Experimentieren um die Bedienung von Experimentiermaterial und um das Messen geht, aber sie können daran scheitern, die konzeptuellen oder prozeduralen Ziele zu erfassen (Lunetta, 2003).

Naturwissenschaftliches Problemlösen lässt sich in die Aspekte ‚Problemgenerieren‘, ‚Suche im Hypothesenraum‘, ‚Testen von Hypothesen‘ und ‚Analyse von Evidenzen‘ gliedern. Diese Aspekte können durch detailliertere Prozesselemente beschrieben werden (s. Tab. 1; Heine, Trautmann & Kauertz, 2014).

Tab. 1: Aspekte und Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses

Aspekte des Problemlösens	Elemente des naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses
Problemgenerieren	Problemgenerierung
Suche im Hypothesenraum	Vorwissen aktivieren
	Erklärung in der Realsituation (i. S. eines Modells)
	Analogie zwischen Realsituation und Laborsituation bilden
	Erklärung in Laborsituation (i. S. eines Modells)
Testen von Hypothesen	Idee/Vermutung bilden
	Unabhängige Variable variieren
	Kontrollvariable beachten
Analyse von Evidenzen	Datenerhebung
	Datenauswertung
	Schlussfolgerung in Laborsituation
	Schlussfolgerung in Realsituation

Die Prozesselemente machen es in unterschiedlicher Weise notwendig, sich mit dem Ziel und Zweck des Experimentierens auseinanderzusetzen. Einige Prozesselemente sind in der für diese Studie vorgenommene Operationalisierung eher handlungsorientiert (z. B. Datenerhebung, Vermutungen bilden) und andere stark auf Planungs-, Analyse- und Auswertungsprozesse fokussiert, was eine stärkere kognitive Aktivität bedeutet.

Für die Prozesselemente ist daher eine unterschiedliche kognitive Aktivität erforderlich, sodass sie eine unterschiedliche Schwierigkeit haben. Folglich lassen sich die Prozesselemente hierarchisch im Hinblick auf die erforderliche kognitive Aktiviertheit ordnen. Kognitive Aktiviertheit beschreibt in diesem Zusammenhang das Ausmaß, in dem die Schülerinnen und Schüler darüber nachdenken, was sie beim Experimentieren tun. Auf dieser Grundlage werden folgende Forschungsfragen untersucht:

- Wie lässt sich „kognitive Aktiviertheit“ in videografierten Experimentiersituationen beobachten?
- Wie kognitiv aktiviert sind Grundschulern und -schüler beim naturwissenschaftlichen Problemlösen?
- Welche Zusammenhänge gibt es zwischen „kognitiver Aktiviertheit“ und der Problemstellung, Lehrerintervention und dem Vorwissen?

Bei der dritten Forschungsfrage wird davon ausgegangen, dass Vorwissen als allgemeiner Prädiktor für Problemlösen auch einen Effekt auf die kognitive Aktiviertheit hat und höheres Vorwissen anspruchsvollere kognitive Prozesse begünstigt. Kognitive Aktiviertheit sollte sich zudem durch entsprechende Problemvorgaben und Interaktionen mit der Lehrperson, z. B. als Resultat einer kognitiven Aktivierung, beeinflussen lassen.

Design

An vier Lernstationen zum Thema „Das Fliegen“ wird Grundschülerinnen und -schülern ($N_{\text{Schüler}} = 307$ aus 49 Klassen) der dritten und vierten Jahrgangsstufe zu zweit oder dritt jeweils eine Problemstellung vorgegeben, die mit vorgegebenen Experimentiermaterialien und Hintergrundinformationen bearbeitet werden kann. Diese Bearbeitung wird von der Lehrperson nach eigenem Ermessen begleitet und für die Studie videografiert ($N_{\text{Videos}} = 149$; Dauer Videos: $M = 11.1$ min; $SD = 6.3$ min). Die naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesse der Schülerinnen und Schüler werden mit einem Kategoriensystem erfasst (Heine & Kauertz, 2013). Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler wird mit einem raschskalierten paper-pencil-Test erhoben, der aus den Skalen ‚Fachwissen‘ (10 Items; $.8 < \text{Infit} < 1.2$) und ‚kognitive Aspekte experimenteller Fähigkeiten‘ (12 Items; $.8 < \text{Infit} < 1.2$) besteht.

Kognitive Aktiviertheit der Schülerinnen und Schüler

Die kognitive Aktiviertheit wird durch die Prozesselemente (vgl. Tab. 1) erfasst, die in einem Prozess vorkommen. Hierfür wird auf Grundlage der Videokodierungen dichotomisiert festgehalten, ob und welche Prozesselemente in einem Video beobachtet wurden. Die Raschanalyse der Daten zeigt einen zufriedenstellenden Itemfit ($.7 < \text{MNSQ} < 1.1$) bis auf die Items ‚Problemgenerierung‘ und ‚Datenerhebung‘, die deshalb von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden.

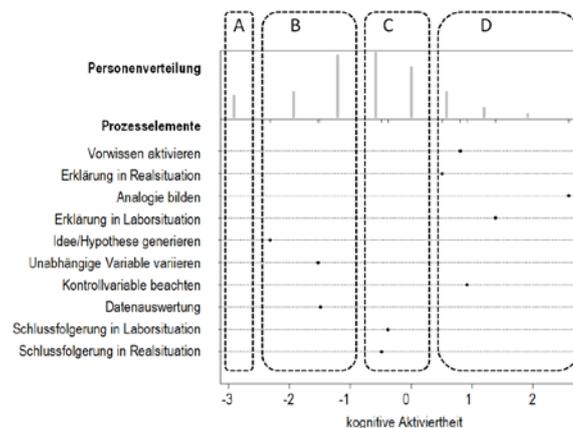


Abb. 1: Person-Item-Map der Prozesselemente

Die Person-Item-Map (Abb. 1) stellt eine Verbindung zwischen der kognitiven Aktiviertheit der Schülerinnen und Schüler und den Prozesselementen, die in unterschiedlicher Weise die kognitive Aktiviertheit notwendig machen, her. Die kognitive Aktiviertheit der Schülerinnen und Schüler und die erforderliche kognitive Aktiviertheit der Prozesselemente werden dabei auf der gleichen logit-Skala dargestellt.

Es zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler (55,7 %, Gruppe C und D) die vier typischen Aspekte naturwissenschaftlichen Problemlösens berücksichtigen (Problemgenerieren, Suche im Hypothesenraum, Testen von Hypothesen, Analyse von Evidenzen). Somit erreichen sie die Ziele der meisten internationalen Curricula für diese Jahrgangsstufe (z. B. AAAS, 2009). Ein Drittel der Schülerinnen und Schüler (33,6 %, Gruppe A und B) berücksichtigen nur zwei bis drei Aspekte.

Gruppe B) ziehen keine Schlussfolgerungen aus ihren Ergebnissen und zeigen so nur einen verkürzten Problemlöseprozess. Lediglich 10,7 % (Gruppe A) der Schülerinnen und Schüler lesen ausschließlich die Problemstellung und produzieren Effekte ohne gezielt zu experimentieren.

Zusammenhang der kognitiven Aktiviertheit mit Aufgabenstellung, Lehrerintervention und Vorwissen

Eine Lehrerintervention während des Problemlöseprozesses führt an jeder einzelnen Station zu einer höheren kognitiven Aktiviertheit. Unterschiede bei der kognitiven Aktiviertheit zwischen den Stationen, die z. B. durch die Problemstellung oder das Material entstehen, werden durch Lehrerinterventionen ausgeglichen ($F(3, 63.1) = 1.7, p = 0.17$) (vgl. Abb. 2).

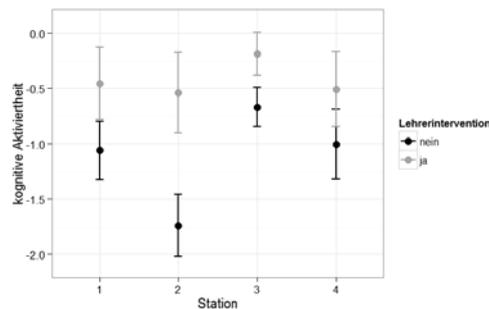


Abb. 2: Person-Item-Map der Prozesselemente

Wenn keine Lehrerintervention stattfindet, gibt es keine signifikanten Zusammenhänge zwischen Vorwissen und kognitiver Aktiviertheit. Erst mit einer Lehrerintervention ergibt sich eine Korrelation zwischen kognitiver Aktiviertheit und dem Vorwissen bezüglich des Fachwissens ($r = .26, p = .004$) und kognitiver Aspekte experimenteller Fähigkeiten ($r = .17, p = .06$). Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass durch das Material und die Problemstellung das Vorwissen nicht gezielt aktiviert wird. Erst durch Intervention der Lehrperson werden die Lernenden zur Aktivierung Ihres Vorwissens angeregt, so dass ein höheres Vorwissen auch zu kognitiv anspruchsvolleren Prozesselementen befähigt.

Ausblick

Durch weitere Untersuchungen wäre zu klären, ob sich der Hinweis auf die Aktivierung von Vorwissen durch die Lehrperson in einer Analyse der Lehrerintervention bestätigen lässt. Darüber hinaus müssten sich die Unterschiede in der kognitiven Aktiviertheit zwischen den Stationen auf Merkmale der Problemstellung und des Materials, z. B. Komplexität oder Inhaltsstruktur, zurückführen lassen.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2009). Benchmarks for science literacy, New York: Oxford University Press.
- Heine, D. & Kauertz, A. (2013): Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschulern. In S. Bernholt (Hg.), Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012. Kiel: Lit Verlag, 701-703.
- Heine, D., Trautmann, A. & Kauertz, A. (2014): Naturwissenschaftliche Lernprozesse von Grundschulern. In S. Bernholt (Hg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in München 2013. Kiel: Lit Verlag, 267-269.
- Hofstein, A. & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54.
- Hopf, & Berger, (2011): Experimentieren. In Hopf, M., Schecker, H. & Wiesner, H. (Hg.) *Physikdidaktik kompakt*. Aulis Verlag.
- Lunetta, V.N. (2003). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (Hg.), *International Handbook of Science Education*. Special Paperback Edition (S. 249-262). Dordrecht, Boston, London: Kluwer.