

Aufbau prozessbezogener Kompetenzen – Ergebnisse einer Interventionsstudie

Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens sind ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und gehören neben dem Aufbau fachinhaltlicher Kompetenzen zu den zentralen Zielen des Physikunterrichts (u. a. KMK, 2005). Insbesondere im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen gibt es jedoch bisher nur wenige Untersuchungen dazu, wie entsprechende Fähigkeiten aufgebaut werden können. Grundsätzlich wird angenommen, dass der Aufbau von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens durch praktisch-experimentelles Arbeiten gefördert werden kann (u. a. Hof & Mayer, 2008; Rieß & Robin, 2012). Weitgehend unklar ist jedoch, ob Schüler/innen bereits durch das eigenständige Experimentieren die angestrebten Kompetenzen aufbauen oder erst die Verknüpfung mit expliziter Instruktion einen entsprechenden Kompetenzaufbau bewirkt. In der diesem Beitrag zu Grunde liegenden Studie wird der Aufbau von Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens auf zweifache Weise untersucht: Zum einen wird mit einem Pre-Post-Design die Wirkung einer expliziten Adressierung von zugehörigen Konzepten mit einem impliziten Ansatz verglichen. Zum anderen werden Videoaufzeichnungen von Schüler/innen bei der Bearbeitung der Lernmaterialien genutzt, um die Bearbeitungsprozesse analysieren und den Verlauf des Kompetenzaufbaus untersuchen zu können.

Dieser Beitrag fokussiert die Ergebnisse der Pre-Post-Testung. Neben dem Vergleich der Wirkung des expliziten mit der des impliziten Ansatzes wird auch der Einfluss des fachinhaltlichen Vorwissens auf die Entwicklung der prozessbezogenen Kompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens untersucht.

Design und Stichprobe

Die Studie besteht aus insgesamt vier Phasen: Pretest, Intervention, Posttest und Follow-up Test (siehe Abb. 1). Im Pre- und Posttest sowie im Follow-up Test werden die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens erhoben. Im Pretest werden außerdem weitere Instrumente eingesetzt, um u. a. das fachinhaltliche Vorwissen und die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Schüler/innen zu erfassen.

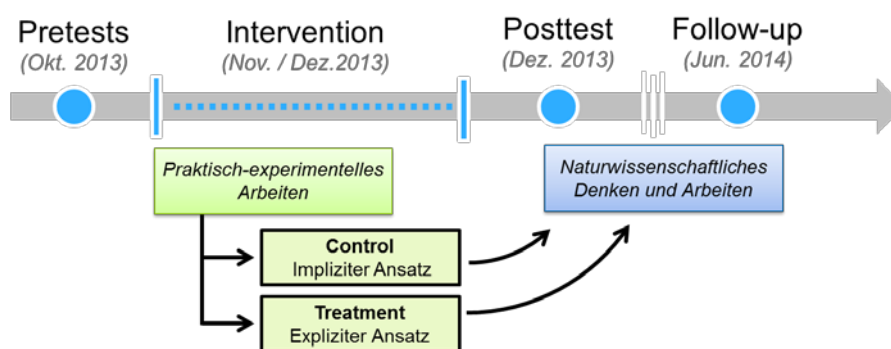


Abbildung 1: Studiendesign

Die Intervention besteht aus drei Lerneinheiten zu unterschiedlichen Teilkompetenzen des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens mit einem Gesamtumfang von ca. 225

Minuten. Die Durchführung erfolgte über einen Zeitraum von drei Wochen (eine Einheit pro Woche) im Rahmen des regulären Physikunterrichts.

An der Intervention nahmen insgesamt $N=204$ Schüler/innen (65,2 % weiblich) der Einführungsphase (Klasse 11) teil. Die Bearbeitung der Lerneinheiten erfolgt in Gruppen von zwei bis drei Schüler/innen. In den Lerneinheiten der Treatment-Klassen wurden die angestrebten Konzepte aus dem Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen explizit adressiert. Die Lerneinheiten der Kontroll-Klassen enthielten die gleichen fachlichen Inhalte und Experimente, vermeiden jedoch eine explizite Adressierung von Konzepten aus dem Bereich des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens.

Sowohl in den Treatment- als auch in den Kontroll-Klassen wird ein Teil der Schülergruppen bei der Bearbeitung der Lerneinheiten auf Video aufgezeichnet, um eine Analyse der Bearbeitungsprozesse zu ermöglichen.

Methoden

Für die Erfassung der im Pretest erhobenen Personenmerkmale konnte auf eine Reihe erprobter Testinstrumente zurückgegriffen werden (vgl. Tab 1.). Lediglich um die Fähigkeiten der Schüler/innen im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen zu erfassen, musste im Rahmen der Studie ein neues Testinstrument entwickelt und pilotiert werden (vgl. Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, in Vorbereitung). Dies lag unter anderem daran, dass bereits vorliegende Testinstrumente häufig nicht für die Sekundarstufe II konzipiert sind, prozessbezogene Fähigkeiten nur bedingt losgelöst von fachinhaltlichem Wissen erfassen können und zudem inhaltlich keine ausreichende Passung zu den in der Intervention adressierten Fähigkeiten und Konzepten aufweisen (ebd.).

Tabelle 1: Eingesetzte Testinstrumente und zugehörige Kennwerte

<i>Instrument</i>	<i>Dauer</i>	<i>Item Fit</i>	<i>DIF</i>	<i>Person Reliability</i>
Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Vorholzer, von Aufschnaiter & Kirschner, in Vorbereitung)	35 Minuten	✓	✓**	.81
Fachwissen Physik (FCI) (nach Hestenes, Wells, & Swackhamer, 1992)	20 Minuten	✓	✓**	.74
Kognitive Fähigkeiten (KFT N2) (Heller & Perleth, 2000)	10 Minuten	✓*	✓**	.80
Fachinteresse Physik (nach Schiefele, Krapp, Wild, & Winteler, 1993)	5 Minuten	✓*	✓**	.83
Selbstwirksamkeit (nach Jerusalem & Satow, 1999)	5 Minuten	✓*	✓**	.95

✓: $0.7 > \text{Infit MNSQ} > 1.3$; $0.7 > \text{Outfit MNSQ} > 1.3$

✓*: $0.5 > \text{Infit MNSQ} > 2.0$; $0.5 > \text{Outfit MNSQ} > 2.0$

✓**: $\text{DIF-Contrast} < 0.64$ bzw. $\text{DIF-Contrast} > 0.64$ $p < 0.05$

Vor der Auswertung wurden die Daten mit dem Programm Winsteps (Linacre, 2014) Raschskaliert. Anschließend wurden die eingesetzten Instrumente bezüglich ihrer Fit-Statistiken, des Differential Item Functioning (DIF) und der Person Reliability unter Verwendung der von Linacre (2014) (Jerusalem & Satow, 1999) vorgeschlagenen Grenzwerte geprüft (vgl. Tab. 1). Aufgaben mit unzureichender Fit-Statistik wurden aus der Analyse ausgeschlossen; Aufgaben mit erkennbarem DIF wurden wie getrennte Aufgaben behandelt. Die Auswertung der Rasch-skalierten Daten erfolgte in SPSS mittels einfacher Varianzanalyse mit Messwiederholung und linearer Regression (Field, 2013).

Ergebnisse

Bei dem Vergleich der Testergebnisse in Pre- und Posttest zeigen sich sowohl in den Treatment- als auch in der Kontroll-Klassen eine Steigerung der Fähigkeiten des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens; die Intervention hat insgesamt einen signifikant positiven Effekt großer Stärke auf den Fähigkeitsaufbau ($F(1,128)=78.93$, $p<0.01$, $d_{Cohens}=1.57$). Insbesondere im Hinblick auf die Effektstärke ist jedoch unklar, welchen Einfluss die mehrfache Testung mit teilweise gleichen Testaufgaben auf das Ergebnis nimmt.

Der Fähigkeitszuwachs ist in den Treatment-Klassen deutlich größer als in den Kontroll-Klassen; die explizite Adressierung prozessbezogener Konzepte hat einen signifikant positiven Effekt mittlerer Größe auf den Kompetenzaufbau ($F(1,128)=9.46$, $p<0.01$, $d_{Cohens}=0.54$). Das Fachwissen hingegen hat, zumindest in der hier eingesetzten Lernumgebung, keinen signifikanten Effekt auf den Fähigkeitszuwachs ($\beta=0.016$, $p=.806$) und scheint somit keine notwendigen Voraussetzung für den Aufbau prozessbezogener Kompetenzen zu sein.

Eine internationale Veröffentlichung, in der die hier vorgestellten Befunde umfangreicher dargestellt und diskutiert werden, befindet sich zurzeit in Vorbereitung.

Ausblick

Die Ergebnisse der hier vorgestellten Studie deuten darauf hin, dass eine explizite Adressierung von Konzepten im Bereich der naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen einen wesentlich Beitrag zum Kompetenzaufbau leistet. Wie Schüler/innen solche explizierten Konzepte nutzen und mit zugehörigen Übungs- und Experimentieraufgaben umgehen, soll in einem nächsten Schritt mit Hilfe der erhobenen Videodaten analysiert werden.

Literatur

- Field, A. P. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics: And sex and drugs and rock 'n' roll* (4th edition).
- Heller, K., & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen, Revision: KFT 4-12+R*. Weinheim: Beltz Test GmbH.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141–158.
- Hof, S., & Mayer, J. (2008). Förderung von wissenschaftsmethodischen Kompetenzen durch forschendes Lernen. Krüger et al. (Hrsg.). *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*, 7, 69–84.
- Jerusalem, M., & Satow, L. (1999). *Schulbezogene Selbstwirksamkeitserwartung*. In R. Schwarzer & M. Jerusalem (Hrsg.), *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- KMK. (2005). *Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz*. München: Luchterhand.
- Linacre, J. M. (2014). *A User's Guide to Winsteps Ministep Rasch-Model Computer Programs: Program Manual 3.81.0*. Abgerufen unter <http://www.winsteps.com/winman/>
- Rieß, W., & Robin, N. (2012). Befunde aus der empirischen Forschung zum Experimenteier im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. In W. Rieß, M. Wirtz, B. Barzel, & A. Schulz (Hrsg.), *Experimentieren im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht. Schüler lernen wissenschaftlich denken und arbeiten* (pp. 129–152). Münster, New York, NY, München, Berlin: Waxmann.
- Schiefele, U., Krapp, A., Wild, K.-P., & Winteler, A. (1993). Der "Fragebogen zum Studieninteresse"(FSI). *Diagnostika*, 39(4), 335–351.
- Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Kirschner, S. (in Vorbereitung). *Entwicklung und Erprobung eines Tests zur Erfassung des Verständnisses naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen*. In Vorbereitung zur Wiedereinreichung bei der Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften.