

## **Fördert instrumentelles Handeln das Physiklernen in der Primarstufe? – Ergebnisse einer Pilotstudie –**

### **Einleitung, Stand der Forschung und Forschungsfrage**

Für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht wird nach wie vor ein handlungsorientierter Unterricht gefordert. Der Begriff der Handlungsorientierung wird jedoch unscharf verwendet. Die Handlungsorientierung kann im naturwissenschaftlichen Sachunterricht z.B. als ein Lernen durch instrumentelles Handeln bestimmt werden – d.h. ein Lernen durch die zielgerichtete Manipulationen von realen Objekten (vgl. Möller, 2007; Wöll, 2011). Wird das instrumentelle Handeln mit ‚hands-on activities‘ oder ‚practical work‘ gleich gesetzt, so zeigt sich nach dem Stand der Forschung eine positive Wirkung auf Motivation und prozedurales Wissen. Die Wirkung auf das deklarative Wissen ist nicht geklärt (u.a. Bredderman, 1983; Abrahams & Reiss, 2012). Kognitionspsychologische Studien deuten beim Lernen mit realen Objekten im Vergleich zu Bildern auf bessere Behaltensleistungen hin (u.a. Engelkamp & Zimmer, 2006). Diese Wirkung konnte in einer ersten Vorstudie zum Physiklernen in der Primarstufe nicht bestätigt werden, auch wenn dieses Ergebnis aufgrund von methodischen Limitierungen eingeschränkt werden kann (Bullinger & Starauschek, 2015). Beim Lernen mit Gegenständen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht sind letzten Endes die kognitiven Prozesse relevant; die Lerngelegenheiten sollten entsprechend strukturiert und kognitiv aktivierend gestaltet sein (Kleickmann, Hardy, Jone, Blumberg & Möller, 2007). Generell induzieren Selbsterklärungen eine kognitive Aktivierung bei älteren Lernenden (Fonseca & Chi, 2011). Bei Probanden der Primarstufe ist die Wirkung nicht eindeutig belegt (u.a. Mwangi & Sweller, 1998; Calin-Jageman & Ratner, 2005). Erste Studien deuten beim Physiklernen in der Primarstufe auf eine verallgemeinerbare positive Wirkung von Selbsterklärungen an Bildern hin (Starauschek & Dockhorn, 2009; Bullinger & Starauschek, 2015). Damit lässt sich die folgende Forschungsfrage stellen: Unterstützen instrumentelles Handeln und Selbsterklärungen den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe? Die Fragen sollen mit einer experimentellen Laborstudie untersucht werden. Mit der hier vorgestellten Pilotstudie wird insbesondere auf die Erprobung der im Vergleich zur ersten Vorstudie (Bullinger & Starauschek, 2015) weiterentwickelten Lernumgebungen und Instrumente abgezielt.

### **Design, Treatments und Wissenstest**

	<b>Unabhängige Variable Handlungsorientierung</b>	
<b>Unabhängige Variable Selbsterklärung</b>	Bilder ohne Selbsterklärung (N = 15)	Handeln ohne Selbsterklärung (N = 13)
	Bilder mit Selbsterklärung (N = 13)	Handeln mit Selbsterklärung (N = 13)

*Tab. 1: 2x2 Design der Pilotstudie mit Größen der Teilstichproben.*

Abhängige Variable der experimentellen Laborstudie ist der Wissenserwerb zur optischen Abbildung an der Lochkamera (Pre-, Post- und Follow-Up-Testung). Unabhängige Variablen sind ‚Handlungsorientierung‘ (Ausprägungen Lernen mit Bildern/ Lernen mit instrumentellen Handlungen) und ‚Selbsterklärung‘ (Lernen mit Selbsterklärung/ Lernen ohne Selbsterklärung) (vgl. Tab. 1). Die vier Treatments werden als Einzelinterventionen mit computergestützten Lernprogrammen umgesetzt (vgl. Starauschek & Dockhorn 2009). Als Kontrollvariablen wurden u.a. Intelligenz, themenspezifische Motivation und die

Bearbeitungszeit der Lernumgebungen erhoben. Die randomisierte Stichprobe besteht aus 54 Probanden der Klassenstufe vier (Alter in Jahren:  $M = 10.01$ ,  $SD = 0.44$ ).

Die Inhalte sind in allen vier Lernprogrammen gleich: Die Lernprogramme bestehen aus neun aufeinander folgenden Sequenzen zur Phänomenologie der optischen Abbildung mit der Lochkamera. Das Lernprogramm im Treatment ‚Bilder ohne Selbsterklärung‘ besteht aus Bildtexten und ist eine Art Bilderhörbuch: zunächst wird, unterstützt durch eine Betrachtungsinstruktion, ein Bild betrachtet. Danach hören sich die Probanden einen Informationstext zum Bild an. Für die Variable ‚Handlungsorientierung‘ wird nun jedes Bild durch eine Instruktion für eine Handlung an einer realen Lochkamera ersetzt. Die Instruktionen sind so gestaltet, dass in den Handlungen die gleichen Informationen der Bilder wahrgenommen werden können. Bei der Selbsterklärung erfolgt nach jedem Bild bzw. nach jeder Handlung und nach jedem Informationstext ein Prompt zur Selbsterklärung:

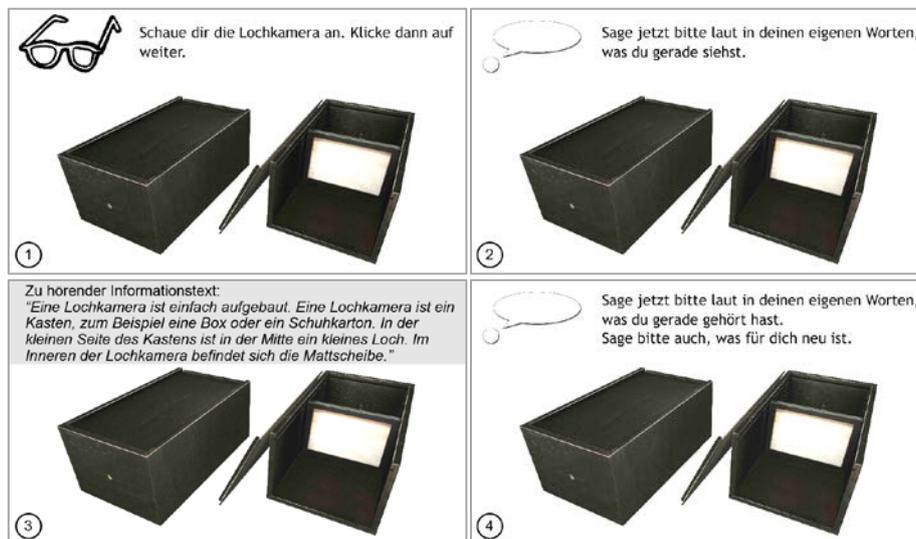


Abb. 1: Beispielsequenz des Lernprogramms im Treatment ‚Bilder mit Selbsterklärung‘; im Original ohne Nummerierung und mit Navigationspfeilen (vor/zurück).

Der Wissenstest besteht aus 18 Items zum Aufbau der Lochkamera und zur Phänomenologie der optischen Abbildung, davon sind drei Items mit offenem und 15 Items mit geschlossenem Antwortformat; es gibt neun Behaltensitems auf Basis von Informationen der Bild- oder Textoberfläche der Lernprogramme und neun nahe bis weite Transferitems.

### Ergebnisse

Der Wissenstest weist gute psychometrische Kennwerte auf:  $\alpha_{Posttest} = .73$ ,  $\alpha_{Follow\ Up} = .75$ ; Lösungswahrscheinlichkeiten  $.24 < x_{Posttest} < .83$  und  $.15 < x_{Follow\ Up} < .87$ ; Trennschärfen  $.15 < r_{it-Posttest} < .48$  und  $.17 < r_{it-Follow-Up} < .56$ ; Retestrelabilität von Posttest zu Follow Up  $r(54) = .84$ ,  $p = .000$ ; mittlere Intercoderreliabilität  $\kappa_{Posttest} = .885$  und  $\kappa_{Follow\ Up} = .861$ .

Die Teilstichproben sind hinsichtlich der Kontrollvariablen (z.B. Intelligenz) vergleichbar. Unterschiede bestehen in der themenspezifischen Motivation im Posttest (ANOVA:  $F(3) = 3.20$ ,  $p = .031$ ) und der Bearbeitungszeit der Lernprogramme (ANOVA:  $F(3) = 61.02$ ,  $p = .000$ ). Die Motivation ist nach Handlungen signifikant größer als an Bildern, korreliert jedoch nicht mit den Wissenszuwächsen. Die Bearbeitungszeit wird nicht weiter diskutiert, da wir Lehr-Lern-Arrangements untersuchen wollen. Tabelle 2 zeigt die Wissenszuwächse:

Treatments	Pretest zu Posttest		Pretest zu Follow Up	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Bilder ohne Selbsterklärung	5.80	3.97	5.27	3.97
Handlungen ohne Selbsterklärung	7.92	2.57	8.08	3.64
Bilder mit Selbsterklärung	7.62	3.99	7.31	4.15
Handlungen mit Selbsterklärung	7.77	3.59	7.92	3.62

Tab. 2: Deskriptive Statistik der Wissenszuwächse in den vier Treatments.

Numerisch zeigt sich unter der Bedingung ‚ohne Selbsterklärung‘ ein größerer Wissenszuwachs an Handlungen als an Bildern. Die Selbsterklärung ist nur an Bildern wirkungsvoll. Für den Wissenszuwachs im Posttest zeigt eine zweifaktorielle Varianzanalyse weder zwischen Bildern und Handlungen ( $F(1) = 1.35$ ,  $p = .250$ ) noch zwischen mit und ohne Selbsterklärung ( $F(1) = 0.72$ ,  $p = .400$ ) einen signifikanten Haupteffekt. Dies gilt auch für den Wissenszuwachs zwischen Pretest und Follow Up Test: Handlungsorientierung  $F(1) = 2.65$ ,  $p = .110$ , Selbsterklärung  $F(1) = 0.81$ ,  $p = .374$ .

### Diskussion

Die themenspezifische Motivation ist nach den Handlungen größer, was zum Stand der Forschung passt. Die Bearbeitungszeit unterscheidet sich für beide unabhängigen Variablen stark. Ursächlich dafür sind die methodischen Unterschiede zwischen den vier Treatments. Der weiterentwickelte Wissenstest zeigt ausreichende Gütekriterien für weitere experimentelle Messungen. Die Treatments unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich der Wissenszuwächse. Numerisch finden sich jedoch die erwarteten Tendenzen für die Wissenszuwächse an Handlungen und bei der Selbsterklärung an Bildern. Die Retestreliabilität ist hoch. Es ist daher anzunehmen, dass die Stichprobe für die in diesem Design zu messenden Effekte zu klein ist. Die Ziele der Pilotierung, Erprobung der neu entwickelten Lernumgebung und des Testinstruments, wurden erreicht.

### Literatur

- Abrahams, I. & Reiss, M. (2012). Practical Work – Its Effectiveness in Primary and Secondary Schools in England. *Journal of Research in Science Teaching*, 49 (8), 1035–1055
- Bredderman, T. (1983). Effects of Activity-based Elementary Science on Student Outcomes: A Quantitative Synthesis. *Review of Educational Research*, 53 (4), 499-518
- Bullinger, M. & Staraschek, E. (2015). Beeinflussen Handlungsorientierung und Selbsterklärung den physikalischen Wissenserwerb in der Primarstufe? In H.-J. Fischer, H. Giest & K. Michalik (Eds.), *Bildung im und durch Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 129-134
- Calin-Jageman, R., & Ratner, H. (2005). The Role of Encoding in the Self-Explanation Effect. *Cognition and Instruction*, 23 (4), 523-543
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. (2006). *Lehrbuch der kognitiven Psychologie*. Göttingen u.a.: Hogrefe
- Fonseca, B. & Chi, M. (2011). Instruction based on self-explanation. In E. Mayer & P.A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction*. New York u.a.: Routledge, 296-321
- Kleickmann, T., Hardy, I., Jonen, A., Blumberg, E. & Möller, K. (2007). Learning environments in primary school science – scaffolding students and teachers processes of conceptual development. In M. Prenzel (Eds.), *Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme*. Münster: Waxmann. 137-156
- Möller, K. (2007). Handlungsorientierung im Sachunterricht. In J. Kahlert (Eds.), *Handbuch Didaktik des Sachunterrichts*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, 411-416
- Mwangi, W., & Sweller, J. (1998). Learning to solve compare word problems: the effect of example format and generating self-explanations. *Cognition and Instruction*, 16 (2), 173-199
- Staraschek, E., & Dockhorn, J. (2009). Physiklernen in der Primarstufe durch Selbsterklärungen mit Bildern. In D. Höttecke (Eds.), *Chemie und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Schwäbisch Gmünd 2008. Berlin: LIT, 110-112
- Wöll, G. (2011). *Handeln: Lernen durch Erfahrung. Handlungsorientierung und Projektunterricht*. Baltmannsweiler: Schneider