

Victoria Telser (geb. Enzmann)
 Arno Pfitzner
 Oliver Tepner

Universität Regensburg

Erfassung experimenteller Kompetenz von Chemielehrkräften

Theoretischer Hintergrund

Die Förderung experimenteller Kompetenz ist ein bedeutender Aspekt des Chemie- und Physikunterrichts (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz 2005; National Research Council 2012). Zur experimentellen Kompetenz werden alle Kompetenzen gezählt, die notwendig sind, um ein naturwissenschaftliches Experiment erfolgreich durchführen und die Erkenntnisse interpretieren zu können (Schreiber, Theyßen & Schecker 2016). Die Einteilung in Planungs-, Durchführungs- und Auswertungsphase wird in vielen Modellierungen vorgenommen (Dickmann et al. 2014; Hammann 2004). Die Operationalisierung im Bereich Planung erfolgt über das Klären der Fragestellung, das Formulieren von Erwartungen, dem Bilden von Hypothesen und dem Entwerfen eines Versuchsplans, beziehungsweise die Wahl der Materialien. Hinsichtlich der Durchführung wird der Umgang mit Experimentiermaterialien, die Beachtung von Sicherheitsaspekten, das Durchführen und Protokollieren von Messungen und der Umgang mit Problemen angeführt. Die Auswertung umfasst dann die Datenaufbereitung, Berechnungen und Ergebnisinterpretation (Kechel 2016; Meier & Mayer 2014; Schreiber 2012).

Die experimentelle Kompetenz von Schülerinnen und Schülern wurde schon mehrfach auf unterschiedliche Weise untersucht (Eickhorst, Dickmann, Schecker, Theyssen & Neumann 2015; Hammann 2004; Kechel 2016; Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt 2003; Schreiber 2012). Empirische Untersuchungen zeigen, dass Schülerinnen und Schüler zentrale Aspekte wissenschaftlichen Denkens nicht beherrschen, wie beispielweise das systematische Vorgehen bei der Planung, Variablenkontrolle und korrekte Datenanalyse (Kechel 2016; Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt 2003). Für Lehrkräfte liegen im Fach Chemie keine vergleichbaren Befunde vor, sodass in dieser Studie die experimentelle Kompetenz von Gymnasiallehrkräften mit Unterrichtsfach Chemie untersucht wird.

Zentrale Fragestellung und Hypothese

Fragestellung: Inwiefern kann die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften durch eine zweitägige Fortbildung gesteigert werden?

Hypothese: Lehrkräfte, die an einer zweitägigen Fortbildung mit Schwerpunkt Erkenntnisgewinnungsprozesse teilgenommen haben, weisen nach der Fortbildung größere praktische Fertigkeiten und höhere spontane Performanz bei Erkenntnisgewinnungsprozessen auf als zu Beginn der Fortbildung.

Konzeption der Studie

Im Rahmen einer zweitägigen Lehrerfortbildung wurde die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften im Prä-Post-Design erhoben. Zwischen den beiden Fortbildungstagen hatten die Lehrkräfte etwa zwei Wochen normalen Unterrichtsalltag. Die Fortbildung thematisierte als fachwissenschaftlichen Schwerpunkt zentrale Inhalte zur Photo- und Photoelektrochemie. Fachdidaktisch lag der Fokus auf Erkenntnisgewinnungsprozessen. Zu beiden Themen wurden mögliche Experimente für den Unterricht vorgestellt und von den Teilnehmenden selbst erprobt. Details zur Fortbildung sind in Enzmann, Pfitzner und Tepner (2018) nachzulesen.

Neben weiteren Evaluationsaspekten wurde die experimentelle Kompetenz der Lehrkräfte erfasst, siehe Enzmann et al. (2018). Bezüglich der Videographie zur Erfassung der praktischen Experimentierfähigkeiten und der spontanen Performanz in Bezug auf Erkenntnisgewinnung hatten die Lehrkräfte keine Kenntnis bezüglich der kodierten Aspekte. Sie hatten keine Information über das während der Fortbildung videographierte Experiment und keine Gelegenheit zur Vorbereitung. Der Arbeitsauftrag umfasste den Aufbau des Experiments mit gegebenen Materialien und anschließend die Durchführung von mindestens einem Manipulationsexperiment. Die Lehrkräfte wurden gebeten, so zu experimentieren und dokumentieren, wie sie es im Idealfall von ihren Schülerinnen und Schülern erwarten würden. An beiden Messzeitpunkten wurden Experimente aus dem Themenkomplex galvanische Zellen durchgeführt (MZP 1: Zink-Wasserstoff-Zelle, MZP 2: Daniell-Element). Die Lehrkräfte erhielten keinen zur Photo- und Photoelektrochemie ergänzenden fachlichen Input zur Elektrochemie. Zu Experimentierfähigkeiten gab es abgesehen von einer kurzen Ansprache von Strukturierungshilfen und Flussdiagrammen zur Hilfe für Schülerinnen und Schüler ebenfalls keinen Input. Ferner wurde ihnen kein Feedback gegeben und sie konnten ihre Videos nicht einsehen.

Für die Hauptstudie konnten Daten zu 40 Lehrkräften an Gymnasien mit Fach Chemie ausgewertet werden. Diese meldeten sich zu der kostenlosen Fortbildung an, wobei diese sowohl als regionale Lehrerfortbildung (an den Universitäten München, Regensburg und Würzburg) als auch als schulinterne Lehrerfortbildungen (vier Gymnasien in Bayern) stattfanden. Zeitlich wie thematisch wurde der Ablauf standardisiert und die Veranstaltungen von der gleichen Fortbildungsleitung durchgeführt. Alle Fortbildungen fanden zwischen Januar 2017 und Januar 2018 statt.

Operationalisierung

Die Basiskodierung erfolgte in 10-Sekunden-Abschnitten, wobei die Handlungen der Lehrkräfte in folgende Kategorien eingeteilt wurden: Nicht kodierter Bereich, Vorbereitung, Aufbau, Durchführung, Abbau, Gespräch zum Experiment, Protokoll, Sonstiges.

Die Nennung und experimentierbezogene Ausführung von Erkenntnisgewinnungsphasen wurde folgendermaßen kodiert: Fragestellung, Hypothese, Planung, Erwartung, Durchführung, Beobachtung, Hypothesenprüfung, Erkenntnis, Erklärung. Des Weiteren wurden die genannten Manipulationsmöglichkeiten und ausgeführten Manipulationsexperimente dokumentiert.

Die Fehlerkodierung umfasste für jeden Fehler die in den Tabellen 1 und 2 angegebenen Kodierungsaspekte.

Tabelle 1: Kodierungsaspekte für die Fehlerkodierung

Kodierungsaspekt	Erläuterung
Gruppennummer, Personencode	Identifizierung der Person
Erfasster Fehler	Jeder Fehler wurde erfasst, unmittelbar korrigierte Fehler wurden allerdings mit der Kodierung 0 nicht in die Wertung miteinbezogen.
Quelle	Audio, Video, Protokoll
Zeit	Zeitpunkt
Fehlercode	Oberkategorie
Fehlertyp	Unterkategorie
Fehlerpunkte	Punktevergabe je nach Schwere des Fehlers
Korrekturpunkte	Punktevergabe bei nachträglicher Selbstkorrektur, so dass die für diesen Fehler vergebenen Fehlerpunkte wieder ausgeglichen wurden.
Phase der Basiskodierung	Für weiterführende Analysen
Notizen	Genaue Fehlerbeschreibung

Tabelle 2: Kategorisierung von Fehlern

Fehlercode	Beispiel für einen zugehörigen Fehlertyp	Fehlerpunkte
41x: Fachwissensdefizit	Zink sei im Daniell-Element die Kathode	4
44x: Fachsprache	Das Zinkblech werde oxidiert.	4
3xx: Unsauberes Arbeiten	Instabilität des Aufbaus, inkorrekte Polung, fehlende Messung, Sauberkeit-/Sicherheitsaspekte	3
2xx: Versehrtes unsauberer Arbeiten	Verschütten von Chemikalien, fallen lassen kontaminierten Materials	2
5xx: Unsauberer Arbeiten mit Fachwissensdefizit	Kurzschluss, Variablenkontrolle	5

Näheres zur Operationalisierung siehe Telser, Stündl, Pfitzner und Tepner (Unveröffentlicht).

Ergebnisse der Hauptstudie

Die Lehrkräfte bereiteten ihr Experiment am zweiten Messzeitpunkt 27 % schneller vor (Vorbereitung + Aufbau) als am ersten Messzeitpunkt ($Z = -4,750, p < ,001$). Für die Nennung und Ausführung von Erkenntnisgewinnungsphasen und Manipulationen ergab sich keine signifikante Veränderung.

Für die insgesamt begangenen Fehler, ebenso für die insgesamt begangenen Ursprungsfehler (Wiederholungsfehler nicht berücksichtigt) konnte bei den Lehrkräften eine signifikante Abnahme mit geringer bis mittlerer Effektstärke im Prä-Post-Vergleich festgestellt werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Testergebnisse für den Prä-Post-Vergleich der begangenen Fehler

	MZP	M	SD	Wilcoxon-Test		T-Test			Effektstärke
				Z	p	T	df	p	
Fehler	Prä	27,08	11,59	-2,775	,006	2,393	39	,027	0,334
	Post	22,93	9,47						
Ursprungsfehler	Prä	13,58	4,29	-3,598	< ,001	4,213	39	< ,001	0,588
	Post	10,90	2,97						
Fachwissensfehler	Prä	6,90	5,30	-2,653	,008	3,025	39	,004	0,378
	Post	4,25	2,40						
Unsauberer Arbeiten mit Fachwissensfehler	Prä	2,13	1,32	-3,766	< ,001	4,639	39	< ,001	0,732
	Post	1,33	1,31						

Aufgeschlüsselt nach Fehlercodes zeigt sich eine signifikante Abnahme in der Kategorien Fachwissensdefizit und unsauberer Arbeiten mit Fachwissensdefizit (Variablenkontrollfehler, Aufbau eines Kurzschlusses). Für die drei anderen Fehlercodes (unsauberer Arbeiten, versehrtes unsauberer Arbeiten und Fachsprache) zeigen sich keine signifikanten Veränderungen im Prä-Post-Vergleich. Die Fortbildung hat somit einen positiven Einfluss auf Fehler, denen ein Fachwissensdefizit zugrunde liegt.

Für die Auswertung hinsichtlich der Fehlerpunkte im Prä-Post-Vergleich ergibt sich ebenfalls eine signifikante Abnahme, auch wenn Korrekturen berücksichtigt wurden.

Ausblick

Aktuell werden die Daten der Gesamtstudie ausgewertet. Diese sollen 2019 publiziert werden. Im Anschlussprojekt wird in vergleichbarem Studiendesign mit Treatment und Feedback die experimentelle Kompetenz von Lehrkräften in Form einer Interventionsmaßnahme gefördert und näher untersucht.

Literaturverzeichnis

- Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. Educational standards in chemistry for the secondary school leaving certificate: Resolution of 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Dickmann, M., Eickhorst, B., Theyßen, H., Neumann, K., Schecker, H. & Schreiber, N. (2014). Measuring Experimental Skills in Large-Scale Assessments: Developing a Simulation-Based Test Instrument. In C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Hrsg.), *Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning. Proceedings of the ESERA 2013 Conference* (Strand, 1-16, S. 1993–2001). Nicosia: European Science Education Research Association.
- Eickhorst, B., Dickmann, M., Schecker, H., Theyssen, H. & Neumann, K. (2015). Messung experimenteller Kompetenz im Large-Scale: Bewertung experimenteller Aufgaben. In S. Bernholt (Hrsg.), *Heterogenität und Diversität - Vielfalt der Voraussetzungen im naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 169–171). Kiel: IPN.
- Enzmann, V., Pfitzner, A. & Tepner, O. (2018). Entwicklung einer Lehrerfortbildung zur experimentellen Kompetenz. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen* (Bd. 38, S. 911–914).
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung - dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 57 (4), 196–203.
- Kechel, J.-H. (10.2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Dissertation, Universität Kassel. Kassel.
- Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung von Sachsen-Anhalt. (2003). *Zur systematischen Entwicklung experimenteller Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Unterricht. "Naturwissenschaftliches Arbeiten" Modul 2*. Dresden: Polydruck Dresden.
- Meier, M. & Mayer, J. (2014). Selbstständiges Experimentieren. Entwicklung und Einsatz eines anwendungsbezogenen Aufgabendesigns. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 67 (1), 4–10.
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Schreiber, N. (2012). *Diagnostik experimenteller Kompetenz. Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 139). Berlin: Logos.
- Schreiber, N., Theyßen, H. & Schecker, H. (2016). Process-Oriented and Product-Oriented Assessment of Experimental Skills in Physics: A Comparison. In N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou & C. P. Constantinou (Hrsg.), *Insights from Research in Science Teaching and Learning* (Bd. 2, S. 29–43). Cham: Springer International Publishing.
- Telser, V., Stündl, S., Pfitzner, A. & Tepner, O. (Unveröffentlicht). *Kodiermanual zur Analyse der videographierten Lehrkräftefortbildung „Elektro- und Photochemie für den Unterricht“*. Experimentierphasen zum Thema Galvanische Zellen. Universität Regensburg.