

### **Adaptives Lernen beim Experimentieren im Chemieunterricht**

Lernen im Chemieunterricht ist durch ein Spannungsfeld zwischen Zielgleichheit und Individualität geprägt. Verbindliche Vorgaben, wie die Festlegung von Bildungsstandards heben die gesellschaftliche Bedeutsamkeit naturwissenschaftlicher Grundbildung als Teil von Allgemeinbildung hervor (KMK, 2004; NRC, 2012). Gleichzeitig werden dadurch Kompetenzen festgelegt, über die jeder Mensch am Ende der Sekundarstufe I verfügen soll. Für den Chemieunterricht sind hier sowohl das Wissen über grundlegende Konzepte als auch über die fachspezifischen Denk- und Arbeitsweisen zu nennen (KMK, 2004). Besonders letztere stehen im Chemieunterricht in einem engen Zusammenhang zum Experimentieren (Wahser & Sumfleth, 2008). Bezüglich dieser erwarteten Kompetenzen im Bereich naturwissenschaftlicher Grundbildung zeigen große Schulleistungsstudien wie PISA 2015 und der IQB-Ländervergleich 2012 jedoch weniger ein einheitliches Niveau naturwissenschaftlicher Kompetenz als vielmehr eine große Varianz in den naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern innerhalb der Sekundarstufe I (Reiss, Sälzer, Schiepe-Tiska, Klieme, & Köller, 2016; Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siege, & Pöhlmann, 2013). Letztlich ergibt sich daraus besonders im Fachunterricht die Notwendigkeit, eine optimale Passung zwischen den individuellen Lernvoraussetzungen und den verbindlichen Bildungszielen zu erreichen (Helmke, 2013; Wischmann & Dietrich, 2014). Für den Chemieunterricht ist dies beim Experimentieren umso bedeutungsvoller, da hier ein wesentlicher Zugang zur Entwicklung konzept- und prozessbezogener Kompetenzen gleichermaßen liegt. Einen vielversprechenden Ansatz bietet an dieser Stelle der Einsatz von Interaktionsboxen (u.a. Walpuski & Sumfleth, 2007; Habig, van Vorst, & Sumfleth, 2018). Die Schülerinnen und Schüler arbeiten hierbei in Kleingruppen an einer vorgegebenen Problemstellung, die sie eigenständig mit Hilfe selbstständig geplanter Experimente lösen müssen. Dabei werden durch die hohe Schülerorientierung, die Offenheit der Lernaufgabe und die kooperative Lernprozessgestaltung bereits zentrale Forderungen für individualisiertes Lernen umgesetzt (vgl. Altrichter, Trautmann, Wischer, Sommerauer, & Doppler, 2009). Zusätzlich liegen Erkenntnisse über mögliche Unterstützungsmaßnahmen vor (Walpuski & Sumfleth 2007; Wahser & Sumfleth, 2008; Knobloch, Sumfleth, & Walpuski, 2013). In einer bereits abgeschlossenen Untersuchung konnten für den Einsatz verschiedener Unterstützungsangebote (Strukturierungshilfen, Feedback, Kommunikationsanregung) in gymnasialen Lerngruppen keine differentiellen Effekte dieser gefunden werden (Kirstein, Habig, & Walpuski, 2018). Unabhängig vom Leistungsvermögen und der Art der Zusammensetzung einer Kleingruppe zeigte sich ein deutlicher Vorteil für eine Unterstützung durch Feedback. Der Einsatz des Feedbacks unterlag dabei festgelegten Rahmenbedingungen und wurde nicht adaptiv an einzelne Gruppen angepasst (vgl. Walpuski & Sumfleth, 2007). Somit liegen bisher keine Erkenntnisse darüber vor, wie Unterstützungs- und Differenzierungsmaßnahmen gestaltet sein müssen, um adaptives Unterstützung beim eigenständigen Experimenten zu ermöglichen. Da sich besonders beim eigenständigen Experimentieren eine Vielzahl zum Teil individueller Schwierigkeiten beobachten lassen (Kechel, 2016; Baur, 2018; Wahser & Sumfleth, 2008), kann hier ein Ansatzpunkt für gezielte Unterstützungsangebote gesehen werden. Dazu ist es jedoch

zunächst notwendig, themenübergreifend zentrale Schwierigkeiten herauszuarbeiten und diese mit den individuellen Lernvoraussetzungen in Beziehung zu setzen.

Die dargestellte Ausgangslage stellt den Bezugsrahmen für ein Projekt dar, in dem der übergeordneten Frage nachgegangen wird, welche Maßnahmen notwendig sind, um eine adaptive Lernprozessgestaltung beim kooperativen Experimentieren zu erreichen. Dazu wird in einer Teilstudie zunächst geklärt, welche Schwierigkeiten Schülerinnen und Schüler beim kooperativen Experimentieren haben und wie diese von den individuellen Lernvoraussetzungen abhängen. Dazu wurde der Einsatz von jeweils zwei aufeinander aufbauenden Interaktionsboxen zu unterschiedlichen Themen (Batterien, Ozeanversauerung, Mineralwasser) mit Hilfe quantitativer und qualitativer Forschungsmethoden untersucht. Unmittelbar vor der Bearbeitung der Interaktionsboxen wurden für das kompetenzorientierte Experimentieren bedeutsame Lernvoraussetzungen mit Hilfe passender Tests zu den Skalen „Fachwissen“ (eigene Entwicklung für die eingesetzten Themen; Celik & Walpuski, 2018), „kognitive Fähigkeiten“ (Heller & Perleth, 2000) und „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ (Mannel, Walpuski & Sumfleth, 2015; Koenen, Emden, & Sumfleth, 2017) erfasst. Die Zusammensetzung der Kleingruppen beim Experimentieren mit den Interaktionsboxen wurde systematisch auf der Grundlage der Testergebnisse und angegebener Schülerwünsche vorgenommen. Zusätzlich wurden einige Kleingruppen während der Bearbeitung videographiert.

Die untersuchte Stichprobe umfasst 150 Schülerinnen und Schüler (38 Kleingruppen) des dritten Lernjahres im Fach Chemie an unterschiedlichen Schulformen in Nordrhein-Westfalen. Von 25 Kleingruppen liegen zusätzlich Videodaten über jeweils zwei Arbeitsphasen vor, die mit Hilfe des Verfahrens der qualitativen Inhaltsanalyse (vgl. Mayring, 2010) ausgewertet wurden. Die Auswertung der Tests erfolgte IRT-basiert.

*Tab.1 Teststatistiken zu den eingesetzten Testskalen*

	<b>Skala</b>		
	<i>Fachwissen (Themen 1/2/3)</i>	<i>Kognitive Fähigkeiten</i>	<i>naturwissenschaftliche Arbeitsweisen</i>
EAP/PV-Rel.	.616/.443/.565	.703	.685
$r_{it}$	.14 - .59	.17 - .65	.24 - .61
wMNSQ-Werte	0.89 - 1.12	0.83 - 1.10	0.87 - 1.19
t-Werte	-0.5 - 1.0	-1.3 - 1.4	-1.2 - 2.3

Die eingesetzten Tests zu den Skalen „kognitive Fähigkeiten“ und „naturwissenschaftliche Arbeitsweisen“ zeigen zufriedenstellende Reliabilitäten und Teststatistiken (Boone, Staver, & Yale, 2014). Für die Tests zur Erfassung des Fachwissens in den einzelnen Themenbereichen liegen die Reliabilitäten unterhalb eines akzeptablen Bereichs (Boone, Staver, & Yale, 2014). Aus Gründen der inhaltlichen Validität wurde hier jedoch auf eine Selektion von Items mit niedriger Trennschärfe verzichtet. Für die Folgeuntersuchung wird der Test überarbeitet.

Für die anschließende Videoanalyse konnten von jeder videographierten Kleingruppe zwei Arbeitsphasen zu je 25 Minuten herangezogen werden. In Vorbereitung zur Auswertung des Videomaterials wurden bestehenden Forschungsergebnisse (Kechel, 2016; Baur, 2018; Wahser & Sumfleth, 2008) zunächst dazu genutzt, um deduktiv Kategorien zur Beschreibung der Teilbereiche „Schülertätigkeiten“ und „Schülerschwierigkeiten“

herauszuarbeiten. Diese wurden im Anschluss an eine systematische Sichtung des Videomaterials durch induktive Kategorienbildung zu einem Kodiermanual zur themenübergreifenden Erfassung beider Teilbereiche zusammengefasst. Das Manual umfasst insgesamt 13 Kategorien zur Beschreibung aufgabenbezogener Schülertätigkeiten und 14 Kategorien zur Beschreibung themenunabhängiger Schwierigkeiten. Ein Teil der Kategorien lässt sich den Phasen der Planung, Durchführung und Auswertung zuordnen.

Die Kodierung des Videomaterials erfolgte in zwei Durchgängen zeitbasiert in 10-Sekunden-Intervallen. In einem ersten Durchgang wurden zunächst die Schülertätigkeiten kodiert, die als Grundlage für einen zweiten Kodierdurchgang zur Erfassung der Schülerschwierigkeiten dienen. Die Kodierung des Teilbereichs „Schülerschwierigkeiten“ wurde dabei ebenfalls für jedes Intervall vorgenommen. Intervalle, in denen keine Schwierigkeiten zu beobachten sind, wurden mit der entsprechenden Kategorie „keine Schwierigkeiten“ kodiert. Darüber hinaus war es möglich, eine durch die Schülerinnen und Schüler eigenständige vorgenommene Klärung von Schwierigkeiten mit einer entsprechenden Kategorie zu kodieren. Eine Schwierigkeit wurde insgesamt solange kodiert, wie diese innerhalb aufeinander folgender Intervalle zu beobachten war.

Tab. 2 Ausschnitt aus dem Kodiermanual (Teilbereich „Schülerschwierigkeiten“)

Phase			übergeordnet
<i>Planung</i>	<i>Durchführung</i>	<i>Auswertung</i>	
falscher Ansatz	ungeeignete Verwendung des Materials	keine zielführenden Ergebnisse	fehlerhafte Vorstellungen
	unvollständiges Experiment	unerwartete Ergebnisse	Passungsprobleme
	nicht zielführendes Experiment	Probleme bei der Schlussfolgerung	Unsicherheiten
	fehlende/fehlerhafte Variablenkontrolle		Planlosigkeit
			fehlende Nachvollziehbarkeit
			inhaltliche Probleme

Eine erste Evaluation des Kodiermanuals liefert für das entwickelte Kodiermanual eine Interrater-Reliabilität von  $\kappa = .457$ , was ausgehend von anerkannten Bewertungskriterien (vgl. Wirtz & Caspar, 2002) als unzureichend zu werten ist ( $\kappa < .60$ ). Eine Optimierung des Kodiermanuals unter Anwendung geeigneter Strategien (vgl. Wirtz & Caspar, 2002) ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeit.

Im weiteren Verlauf des Projekts werden die Videodaten mit Hilfe des optimierten Kodiermanuals ausgewertet und die daraus gewonnenen Ergebnisse mit den Leistungsdaten in Beziehung gesetzt. Die Erkenntnisse aus dieser korrelativen Analyse werden anschließend dazu genutzt, um Maßnahmen zur gezielten Förderung zu entwickeln. Die Lernwirksamkeit dieser Differenzierungsmaßnahmen wird abschließend mit Hilfe quantitativer Forschungsstrategien in einem Interventionsgruppendesign an einer größeren Stichprobe unterschiedlicher Schulformen ( $N \approx 500$ ) evaluiert.

## Literatur

- Altrichter, H., Trautmann, M., Wischer, B., Sommerauer, S., & Doppler, B. (2009). Unterrichten in heterogenen Gruppen: Das Qualitätspotential von Individualisierung, Differenzierung und Klassenschülerzahl. In W. Specht (Hrsg.), *Fokussierte Analysen bildungspolitischer Schwerpunktthemen* (S. 341-369). Graz: Leykam.
- Baur, A. (2018). Fehler, Fehlkonzepte und spezifische Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern beim Experimentieren. Ergebnisse einer videogestützten Beobachtung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Juli 2018.
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht [u.a.]: Springer.
- Celik, K. & Walpuski, M. (2018). Learning Progressions-Erwerb von fachlichen Kompetenzen im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 134). Universität Regensburg
- Habig, S., van Vorst, H., & Sumfleth, E. (2018). Merkmale kontextualisierter Lernaufgaben und ihre Wirkung auf das situationale Interesse und die Lernleistung von Schülerinnen und Schülern. *Zeitschrift Für Didaktik Der Naturwissenschaften*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40573-018-0077-8>
- Helmke, A. (2013). Individualisierung: Hintergrund, Missverständnisse, Perspektiven. In *Pädagogik* 02/13, Individualisierung im Fachunterricht (S. 34-37).
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hook'schen Gesetz*. Berlin: Logos Verlag.
- Kirstein, D., Habig, S. & Walpuski, M. (2018). Umgang mit Leistungsheterogenität beim Experimentieren im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht- normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017. (S. 780). Universität Regensburg
- Knobloch, R., Sumfelth, E., & Walpuski, M. (2013). Förderung der Qualität fachinhaltlicher Schüleräußerungen in experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 19, 2013.
- Koenen, J., Emden, M., & Sumfleth, E. (2017). Naturwissenschaftlich-experimentelles Arbeiten Potenziale des Lernens mit Lösungsbeispielen und Experimentierboxen. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, März 2017.
- Mannel, S., Walpuski, M., & Sumfelth, E. (2015). Erkenntnisgewinnung: Schülerkompetenzen zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, April 2015.
- Mayring, P. (2010). Qualitative Inhaltsanalyse. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie*. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften (S. 601-613).
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015 - Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.
- Ständige Konferenz der Kulturlminister (KMK). (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Luchterhand.
- Trautmann, M., & Wischer, B. (2011). *Heterogenität in der Schule - Eine kritische Einführung*. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.
- Wahser, I., & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 14, 2008.
- Walpuski, M. & Sumfleth, E. (2007). Strukturierungshilfen und Feedback zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Chemieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Jg. 13, 2007.
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Göttingen: Hogrefe.
- Wischmann, A., & Dietrich, C. (2014). *Genese von Heterogenität im Fachunterricht. Ein Beitrag zur Kontextualisierung von Differenzierungspraktiken*. *Bildungsforschung* 11 (1), S. 1-13.