

Individuelles Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht

Ziel aller am naturwissenschaftlichen Unterricht beteiligten Fächer ist es, dass jede Schülerin und jeder Schüler am Ende der Sekundarstufe I über eine naturwissenschaftliche Grundbildung verfügt (KMK, 2004). Eine Schlüsselrolle zur Entwicklung dafür notwendiger Kompetenzen nimmt im Chemieunterricht das Experiment ein (Lederman et al., 2013; Wirth et al., 2008). In heterogenen Lerngruppen kann der Einsatz kooperativer Experimentieraufgaben (Kirstein, Habig, & Walpuski, 2019) als besonders geeignet angesehen werden, da hierdurch bereits im Vorfeld wesentliche Voraussetzungen für das Lernen in heterogenen Lerngruppen durch eine offene und kooperative Aufgabenstellung umgesetzt werden (vgl. Altrichter et al., 2009). Die Schülerinnen und Schüler arbeiten dabei in Kleingruppen an einer chemischen Fragestellung, die sie mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Materials bearbeiten müssen. Dabei werden die Schülerinnen und Schüler sowohl beim Erwerb konzeptbezogener als auch prozessbezogener Kompetenzen gefördert (u. a. Knobloch, 2012). Dass Schülerinnen und Schüler über unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Kompetenzen verfügen, ist aus Schulleistungsstudien wie PISA 2015 (Reiss et al., 2016) und dem IQB-Ländervergleich 2012 (Pant et al., 2013) bereits hinlänglich bekannt. Neben dem Fachwissen stellen auch die kognitiven Grundfähigkeiten und das Wissen über naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen wichtige Voraussetzungen für erfolgreiches Fachlernen insbesondere im Zusammenhang mit dem Experimentieren dar (u.a. van Riesen et al., 2018; Stender et al., 2018). In der Konsequenz muss individuelle Förderung auch im Chemieunterricht stattfinden, was sich insbesondere in der Passung zwischen den Lernangeboten und den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler ausdrücken muss (Wagner, 2016). In diesem Zusammenhang zeigen die Ergebnisse aus PISA 2015 jedoch, dass Schülerinnen und Schüler für das individuelle Lernen notwendige Maßnahmen wie Differenzierung und Unterstützung als unzureichend wahrnehmen (Reiss et al., 2016). Konkrete Maßnahmen zur Differenzierung und zur individuellen Förderung in heterogenen Lerngruppen im Chemieunterricht sind bereits untersucht worden (Kallweit, 2015; Anus, 2015). Zur individuellen Förderung beim Experimentieren liegen jedoch nur wenige Erkenntnisse vor (Groß, 2013). Insgesamt fehlt es hier bisher an Forschung, wie bereits vorliegende Erkenntnisse über die experimentelle Aktivitäten (u. a. Emden, 2011) und auftretende Schwierigkeiten (u. a. Kechel, 2016; Baur, 2018) beim eigenständigen Experimentieren mit den individuellen Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler in Beziehung zu setzen sind.

Vor diesem Hintergrund wird in diesem Projekt am Beispiel des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I untersucht, welche individuellen Bearbeitungsstrategien und Schwierigkeiten beim Lernen mit kooperativen Experimentieraufgaben auftreten und wie diese mit den Lernvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler und der Zusammensetzung einer Kleingruppe zusammenhängen. In einer ersten Studie wurde hierfür zunächst geklärt, ob sich die entwickelten Experimentieraufgaben sowie die eingesetzten Leistungstests als Grundlage für die Untersuchung eignen. Darüber hinaus wurden Strategien zur Auswertung individueller Bearbeitungsstrategien und Schwierigkeiten entwickelt und erprobt.

Dazu wurde der Einsatz kooperativer Experimentieraufgaben zu den Themen *Batterien*, *Ozeanversauerung* und *Mineralwasser* in der Jahrgangsstufe 9 an allen allgemeinbildenden Schulformen der Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen mit Hilfe qualitativer und quantitativer Forschungsstrategien untersucht (vgl. Kirstein et al., 2018). An der Untersuchung nahmen 146 Schülerinnen und Schüler aus vier unterschiedlichen Schulen der Metropolregion Rhein-Ruhr im Schuljahr 2017 teil. Mit Hilfe von Leistungstests mit Items im Multiple-Choice-Single-Select-Format wurden das chemische Fachwissen (Celik & Walpuski, 2019; Kirstein et al., 2019), die kognitiven Grundfähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) sowie das Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen (Mannel, 2009; Koenen, 2014) erhoben. Das chemische Fachwissen wurde darüber hinaus auch nach der Bearbeitung der Experimentieraufgaben erfasst, um den inhaltsbezogenen Lernerfolg untersuchen zu können. Die Auswertung der Leistungsdaten erfolgte IRT-basiert (Boone et al., 2014) mit Hilfe des Test-Analysis-Modules (TAM) in R (Robitzsch, Kiefer, & Wu, 2019) unter Verwendung von EAP-Schätzern. Für die Testskalen zu den kognitiven Grundfähigkeiten und dem Wissen über naturwissenschaftliche Arbeitsweisen besteht eine hinreichend hohe Testgüte (vgl. Kirstein et al., 2019). Die Testgüte zu den Testskalen zum chemischen Fachwissen fällt deutlich geringer aus (vgl. Kirstein et al., 2019) und wurde daher im Rahmen einer Zwischenstudie optimiert und evaluiert. Insgesamt lässt sich für alle Experimentieraufgaben ein signifikanter Lernzuwachs beobachten (Thema ‚Batterien‘: $t(36) = 6.39$, $p < .001$, $d = 1.02$; Thema ‚Ozeanversauerung‘: $t(53) = 5.97$, $p < .001$, $d = 1.01$; Thema ‚Mineralwasser‘: $t(54) = 13.63$, $p < .001$, $d = 1.92$). Da sich aus dieser Betrachtung lediglich durchschnittliche Tendenzen ableiten lassen, wurde in einem weiteren Schritt der individuelle Lernerfolg absolut (absolute Differenz zwischen den Fähigkeiten zu beiden Messzeitpunkten) und residual (Abweichung vom regressierten Lernzuwachs in Abhängigkeit der Fähigkeiten zum ersten Messzeitpunkt) betrachtet. Von den 146 Schülerinnen und Schülern bleiben 76 Lernende hinter den Erwartungen zurück, 20 Lernende können sich überhaupt nicht verbessern.

Zusätzlich zu den Leistungsdaten wurden die Arbeitsphasen von 23 Kleingruppen (93 Schülerinnen und Schüler) videographiert. Diese Lernprozessdaten wurden im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse (Mayring, 2015) ausgewertet. Das Kodieren erfolgte zeitbasiert in 10-Sekunden-Intervallen mit Blick auf die experimentellen Aktivitäten der Kleingruppe. Konkret wurden dabei aufgabenspezifische Indikatoren (unmittelbar beobachtbare Schülerhandlungen und Äußerungen) übergeordneter und aufgabenunabhängiger Aktivitäten (Phasen beim Experimentieren) kodiert. Die Beobachterübereinstimmungen für dieses Vorgehen fällt je nach Kleingruppe unterschiedlich hoch aus ($0.43 < \kappa_{Cohen} < 0.72$) und kann insgesamt als akzeptabel bis gut interpretiert werden (Wirtz & Caspar, 2002). Eine objektive und damit zuverlässige Beschreibung der experimentellen Aktivitäten scheint damit nicht für jede Kleingruppe gleich gut möglich zu sein. Für die weiteren Analysen wurden die Häufigkeiten des Auftretens der übergeordneten Aktivitäten über die Dauer der Bearbeitung standardisiert. In Bezug auf die Heterogenität innerhalb einer Kleingruppe (absoluter Unterschied zwischen dem leistungsstärksten und dem leistungsschwächsten Lernenden) zeigen sich nur bezüglich des Fachwissens signifikante Zusammenhänge. So nehmen Aktivitäten zum Planen ($r = .469$; $p = .024$) und Auswerten ($r = .691$; $p = .000$) mit steigender Heterogenität in einer Kleingruppe zu, während experimentelle Tätigkeiten ($r = -.358$; $p = .093$) und das Beobachten ($r = -.470$; $p = .024$) an Bedeutung für den Gruppenprozess verlieren. Unberücksichtigt bleibt in diesem Zusammenhang das Leistungsniveau der Kleingruppe, da heterogene Kleingruppen mit einem im Mittel hohen Leistungsniveau über andere verfügen als heterogene Kleingruppen mit einem im Mittel niedrigen Leistungsniveau.

Im Rahmen einer kommunikativen Validierung (Austausch zwischen den Kodieren über nicht trennscharfe Kategorien oder Indikatoren) nach Abschluss der Kodierung konnte

herausgearbeitet werden, dass die experimentellen Aktivitäten einzelner Schülerinnen und Schüler innerhalb einer Kleingruppe nicht immer eindeutig dem übergeordneten Ziel der kooperativen Aufgabenbearbeitung zugeordnet werden können. Darüber hinaus scheinen insbesondere in sehr heterogenen Kleingruppen einzelne Schülerinnen und Schüler den Bearbeitungsprozess zu dominieren.

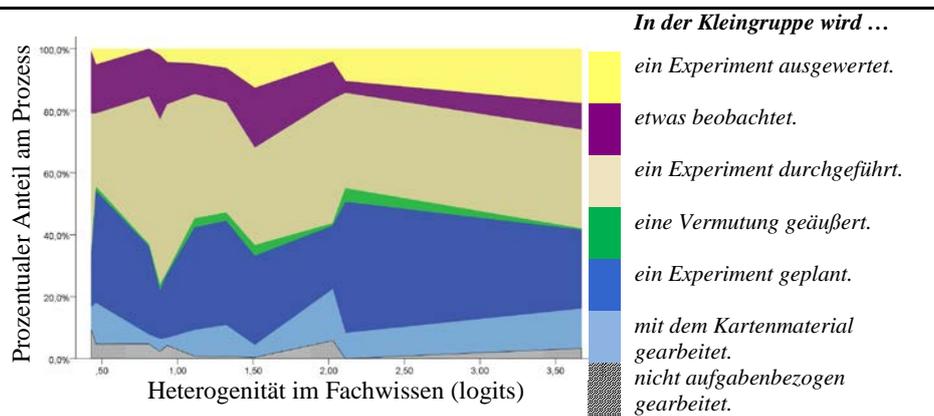


Abbildung 1 Gruppenspezifische Ausprägungen individueller Aktivitäten

Daher wurden in einem zweiten Ansatz die experimentellen Tätigkeiten auf der Einzelschülerebene kodiert. Dieses Verfahren liefert in allen Fällen deutlich bessere Beobachterübereinstimmungen ($0.74 < \kappa_{Cohen} < 0.89$), die mit $\kappa_{Cohen} > 0.70$ in einem für qualitative Unterrichtsbeobachtungen idealen Bereich liegen (Wirtz & Caspar, 2002; Frick & Semmel, 1978). Für eine erste Analyse wurden die individuellen Tätigkeiten von zwölf Schülerinnen und Schülern aus drei verschiedenen Kleingruppen näher untersucht. Zur Analyse der individuellen Beteiligung am Gruppenprozess wurde κ_{Fleiss} als Übereinstimmungsmaß zwischen den individuellen Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler bestimmt. Hierbei zeigt sich, dass mit zunehmender Heterogenität innerhalb einer Kleingruppe die Beteiligung am Gruppenprozess zunehmend individueller und unterschiedlich ausfällt (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1 Gruppenspezifische Übereinstimmung individueller Beteiligung

	Kleingruppe 1	Kleingruppe 2	Kleingruppe 3
Mittleres Leistungsniveau (logits)	-0.433	-0.236	-0.149
Heterogenität (logits)	0.094	0.386	0.811
κ_{Fleiss}	0.658	0.412	0.362

Insgesamt liefern die Analysen aufgrund der kleinen Datengrundlage nur Hinweise auf mögliche Zusammenhänge. Inwieweit das der Experimentieraufgabe zugrunde liegende Thema einen Einfluss auf die Bearbeitung hat, kann anhand der bisherigen Ergebnisse ebenfalls nicht beantwortet werden. Ebenso deuten sich in den Prozessdaten individuelle Schwierigkeiten an, die den Erfolg der Kleingruppenarbeit maßgeblich zu beeinflussen scheinen. In einer abschließenden Studie soll daher der Zusammenhang zwischen den individuellen Lernvoraussetzungen, den individuellen Bearbeitungsstrategien und Schwierigkeiten mit einer größeren Stichprobe aus 179 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 9 in Nordrhein-Westfalen untersucht werden.

Literatur

- Anus, S. (2015). Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht. Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion. Berlin: Logos Verlag
- 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. *ZfDN*.
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht [u.a.]: Springer.
- Celik, K. & Walpuski, M. (2019). Vernetzung von fachlichen Konzepten im Fach Chemie. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. (S. 472). Universität Regensburg
- Emden, M. (2011). *Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens: Eine Vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*. Berlin: Logos Verlag
- Frick, T., & Semmel, M. I. (1978). Observer Agreement and Reliabilities of Classroom Observational Measures. *American Educational Research Association*. Vol. 48. pp. 157-184
- Groß, K. (2013). *Experimente Alternativ Dokumentieren : Eine Qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*. Berlin: Logos Verlag
- Heller, K. A., & Perleth, C. (2000). *KFT 4-12+R-Kognitiver Fähigkeits-Test für 4. bis 12. Klassen, Revision*. Göttingen: Beltz.
- Kallweit, I. (2015). *Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I - Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*. Berlin: Logos Verlag
- Kechel, J.-H. (2016). *Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*. Berlin: Logos.
- Kirstein, D., Habig, S. & Walpuski, M. (2019). *Adaptives Lernen beim Experimentieren im Chemieunterricht*. In: C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018*. (S. 624). Universität Regensburg
- Knobloch, R. (2011). *Analyse der fachlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg*. Berlin: Logos Verlag.
- Koenen, J. (2014). *Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen*. Berlin: Logos Verlag
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 1(3), 138-147
- Mannel, S. (2011). *Assessing Scientific Inquiry: Development and Evaluation of a Test for the Low-performing Stage*. Berlin: Logos Verlag
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12., überarb. Aufl. ed.). Weinheim [u.a.]: Beltz.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (2013). *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I*. Münster: Waxmann.
- Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., & Köller, O. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation*. Münster: Waxmann.
- Robitzsch, Kiefer, & Wu (2019). *Manual für das Package „Test Analysis Modules (TAM)“* in R. Ständige Konferenz der Kultusminister (KMK). (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. München: Wolters Kluwer.
- Stender, A., Schwichow, M., Zimmerman, C., & Härtig, H. (2018). Making inquiry-based science learning visible: the influence of CVS and cognitive skills on content knowledge learning in guided inquiry.
- Wagner, L. (2016). *Adaptive und evidenzbasierte Förderung im Unterricht-Wozu braucht man das?* Potsdamer Zentrum für empirische Inklusionsforschung (ZEIF). 11.
- Wirth, J., Thillmann, H., Künsting, J., Fischer, H. E., & Leutner, D. (2008). *Das Schülerexperiment im naturwissenschaftlichen Unterricht. Bedingungen der Lernförderlichkeit einer verbreiteten Lehrmethode aus instruktionspsychologischer Sicht*. *Zeitschrift für Pädagogik* 54 (3), S. 361-375
- Wirtz, M., & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität*. Göttingen: Hogrefe.