

Sascha Bernholt¹
 Christine Köhler¹
 Karolina Broman²

¹IPN Kiel
²Umeå University

Die Verständnientwicklung zentraler Fachkonzepte im Chemieunterricht der Sekundarstufe

Der Fachunterricht in der Sekundarstufe soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, ein breites Spektrum schulischer Lernziele zu erreichen: dazu gehören grundlegende Konzepte und Methoden des Faches, das Interesse an fachbezogenen Themen und Zusammenhängen oder das Erkennen und Verfolgen beruflicher Perspektiven. Wenngleich das Unterrichtsfach Chemie eine hohe Alltagsrelevanz aufweist und gute Karrierechancen bietet, wird es von Schülerinnen und Schülern häufig als nur wenig nützlich und relevant sowie als sehr abstrakt und schwierig wahrgenommen. Entsprechend umfangreich ist auch die Forschungsliteratur bezüglich der Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Verständnis und in der Anwendung selbst grundlegender chemischer Konzepte.

Das Projekt *Development of Learning in Science (DoLiS¹)* setzt an dieser Stelle an und zielt darauf ab, Schülerinnen und Schüler der Klassenstufen 5 bis 12 hinsichtlich ihrer kognitiven, metakognitiven und motivationalen Entwicklung zu untersuchen. Das Projekt wird in Kooperation zwischen der Universität Umeå (Schweden) und dem IPN Kiel parallel in Deutschland und Schweden durchgeführt. Der binationale Vergleich soll dabei unterrichtsbezogene und strukturelle Unterschiede zwischen beiden Schulsystemen hinsichtlich ihres Effekts auf die Entwicklung der Schülerinnen und Schüler untersuchen.

Das Design der Studie sieht zum einen eine quantitative Querschnitterhebung über die Jahrgangsstufen 5 bis 12 in beiden Ländern vor. Zum anderen sollen die Schülerinnen und Schüler der beiden Jahrgangsstufen 5 und 9 in einem Zwei-Kohorten-Längsschnittdesign über einen Zeitraum von drei Jahren begleitet werden. Dieser Längsschnitt soll detaillierte Einblicke in individuelle Entwicklungsverläufe während der Sekundarstufe I und der Sekundarstufe II liefern (Abb. 1).

Jahrgang	Querschnitts- studie	Längsschnittstudie			
		2015	2016	2017	2018
12	x				x
11	x			x	
10	x	x			
9	x				
8	x				x
7	x			x	
6	x	x			
5	x				

Abb. 1: Design der Quer- und Längsschnittuntersuchung

Die Querschnitterhebung wurde im Zeitraum Februar bis April 2015 durchgeführt. Dabei wurden die Schülerinnen und Schüler hinsichtlich ihres Konzeptverständnisses in den Bereichen Materie, Energie und Chemische Reaktionen sowie grundlegender kognitiver Fähigkeiten getestet. Zudem wurden Befragungen bezüglich ihrer Interessen, Motivation, Überzeugungen, Selbstkonzepte und ihrer Wahrnehmung des Fachunterrichts durchgeführt.

Theoretischer Hintergrund

Hinsichtlich des Konzeptverständnisses wurden vor dem Hintergrund der binationalen Vergleichsstudie die übergeordneten Lehrpläne der beiden Länder verglichen (KMK, 2004; SKOLFS, 2011). Aus diesem Vergleich konnten drei Schwerpunkte herauskristallisiert werden: Energie, Materie und Chemische Reaktion. Dabei umfasst das Konzept Materie die

¹ <http://www.ipn.uni-kiel.de/de/forschung/projekte/dolis>

beiden Basiskonzepte Stoff-Teilchen-Konzept und Struktur-Eigenschafts-Beziehungen, wie sie in den deutschen Bildungsstandards (KMK, 2004) ausgewiesen werden.

Mit Blick auf diese drei Konzepte wurde die Forschungsliteratur gesichtet, die sich insbesondere mit der Entwicklung dieser Konzepte über den Verlauf der Sekundarstufe auseinandersetzt. So fassen Neumann et al. (2013) empirische Forschungsergebnisse aus der Literatur und aus eigenen Untersuchungen zur Verständnisenwicklung des Energiekonzepts anhand der Sequenz von (1) Quellen und Formen, (2) Transfer und Umwandlung, (3) Entwertung und (4) Erhaltung zusammen. Hadenfeldt et al. (2013) postulieren für das Materiekonzept eine Entwicklung innerhalb von vier Schlüsselkonzepten ((1) Struktur und Zusammensetzung, (2) Physikalische Eigenschaften und Veränderungen, (3) Chemische Reaktion und (4) Erhaltung) entlang von fünf Verständnisebenen ((1) Alltagsvorstellungen, (2) Hybridvorstellungen, (3) Einfache Teilchenvorstellungen, (4) Differenzierte Teilchenvorstellungen und (5) Systemische Teilchenvorstellungen). Entsprechend wird ein Verständnis der Chemischen Reaktion häufig als ein Unterpunkt des Materiekonzepts aufgefasst. Lernprogressionen oder Entwicklungsmodelle, die ausschließlich die Chemische Reaktion fokussieren, konnten in einem Literaturreview von Hadenfeldt, Liu und Neumann (2014) nicht identifiziert werden.

Hinsichtlich der in der Literatur publizierten Lernprogressionen oder Entwicklungsmodelle lässt sich festhalten, dass diese oft nur fragmentarisch untersucht wurden (bspw. nur für einzelne Jahrgangsstufen) und den meisten Untersuchungen querschnittlich erhobene Leistungsdaten von Schülerinnen und Schülern zugrunde liegen. Damit stellt sich die Frage, welche individuellen Entwicklungsverläufe längsschnittlich identifizierbar sind.

Studiendesign

Aufbauend auf die Literaturrecherche wurden 114 Aufgaben (d.h. 38 zu jedem der drei Konzeptbereiche) entwickelt, adaptiert oder aus publizierten Beiträgen übernommen. Aufgrund der begrenzten Testzeit von einer Stunde (insbesondere mit Blick auf die zahlreichen weiteren Konstrukte, die im Gesamtprojekt erhoben werden), wurden zu etwa gleichen Teilen klassische Multiple-Choice-Aufgaben und Ordered-Multiple-Choice-Aufgaben verwendet. Bei letzteren werden die Antwortalternativen entlang der theoretisch angenommenen Konzeptstufen entwickelt, so dass die Auswahl einer bestimmten Antwortoption auf eine korrespondierende Konzeptvorstellung zurückgeführt werden kann (Briggs et al., 2006; Hadenfeldt et al., 2013). Für die Konstruktion der Testhefte wurde ein Ankerdesign verwendet, das für einzelne Testhefte eine Zusammensetzung von 2/3 jahrgangsübergreifend eingesetzten Aufgaben und 1/3 jahrgangsspezifischen Aufgaben vorsieht. Jede Schülerin bzw. jeder Schüler bearbeitete somit letztlich 30 Aufgaben (10 pro Konzeptbereich).

Im Sinne einer Validitätsprüfung wurden die Fachinhalte der Aufgaben gemäß curricularer Vorgaben (Lehrplan SH, 1997), eines gängigen Schulbuchs (Chemie heute SI/SII: Barke et al., 2010; Förster et al., 2009) sowie der o.g. theoretisch-empirischen Modelle des Konzeptaufbaus (Hadenfeldt et al., 2014; Neumann et al., 2013) zugeordnet. Dabei wurden gute bis sehr gute Codierer-Übereinstimmungen erreicht (2 Rater, Cohens κ zwischen .75 und .91).

Erste Ergebnisse

Am ersten Messzeitpunkt im Frühjahr 2015 nahmen insgesamt 5096 Schülerinnen und Schüler in beiden Ländern teil. Die personenstärkste Teilgruppe bildete dabei die deutsche Gymnasialstichprobe ($n = 2722$). Vorläufige Auswertungen deuten darauf hin, dass in dieser Teilgruppe das zweidimensionale Partial-Credit-Modell auf Basis gängiger Fit-Kriterien am besten zu passen scheint. Bei diesem Modell fallen die beiden Konzeptbereiche Chemische Reaktion und Energie auf eine Dimension zusammen, die zweite Dimension wird durch die Aufgaben zum Konzept Materie gebildet. Beide Dimensionen korrelieren hoch miteinander

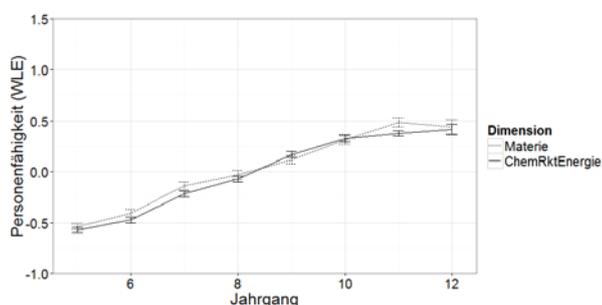


Abb. 2: Verlauf der Mittelwerte (mit Standardfehler) der beiden Fähigkeitsdimensionen über die Jahrgangsstufen 5 bis 12

geringe Korrelationen der unterschiedlichen Codierungen zur empirischen Aufgabenschwierigkeit ($.11 < r_s < .25$). Die Zusammenhänge steigen jedoch deutlich, wenn nur einzelne Inhaltsbereiche betrachtet werden (bspw. Aufgaben zum Thema Verbrennungen). Hinsichtlich der curricularen Validität, aber auch mit Blick auf die Messinvarianz des Tests in den unterschiedlichen Teilstichproben (Jahrgangsstufen, Schulformen, Deutschland/Schweden) müssen weitere Analysen folgen. Für den weiteren Verlauf stellt sich zudem die Frage, inwieweit die längsschnittliche Entwicklung des Konzeptverständnisses „synchron“ zur aktuell ausgewerteten Entwicklung auf Basis der Querschnittsdaten verläuft. Gleichmaßen sollen Zusammenhänge zu den weiteren erhobenen Daten in den Blick genommen werden. Darüber hinaus sind umfangreiche Schulrückmeldungen geplant, die im Idealfall eine „2. Welle“ in Form von Fortbildungen und Unterrichtsentwicklungsansätzen für jede Jahrgangsstufe im Folgejahr der Längsschnitterhebung nach sich ziehen.

Danksagung

Wir danken den beteiligten Schulen, Lehrkräften sowie den Schülerinnen und Schülern für ihr Engagement. Das Projekt wird gefördert von der schwedischen Forschungsgemeinschaft (Vetenskapsrådet, grant number 721-2013-2180).

Literatur

- Barke, H.-D., Dräger, G., Görtz, M., Kuhn, T., Radau, E., Seym-Born, P., ... Walory, M. (2010). *Chemie heute*. Braunschweig: Schroedel.
- Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, C., & Wilson, M. (2006). Diagnostic Assessment with Ordered Multiple-Choice Items. *Educational Assessment*, 11(1), 33–63.
- Förster, R., Haas, L., Kallfelz, M., Kampf, M., Kirsch, W., König, A., ... Zemann, W. (2009). *Chemie heute III: Gesamtband*. Braunschweig: Schroedel.
- Hadenfeldt, J. C., Bernholt, S., Liu, X., Neumann, K., & Parchmann, I. (2013). Using Ordered Multiple Choice Items to Assess Students' Understanding of the Structure and Composition of Matter. *Journal of Chemical Education*, 90(12), 1602-1608.
- Hadenfeldt, J. C., Liu, X., & Neumann, K. (2014). Framing students' progression in understanding matter: A review of previous research. *Studies in Science Education*, 50(2), 181–208.
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss*. Luchterhand Verlag GmbH.
- Lehrplan SH (1997). *Chemie: Lehrplan für die Sekundarstufe I der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen Hauptschule, Realschule, Gymnasium*. Glückstadt: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.
- SKOLFS (2011). *Curriculum for the compulsory school, preschool class and the recreation centre 2011*. Stockholm: National Agency of Education.

(latente Korrelation: $r = .85$). Zudem deutet sich über die Jahrgangsstufen eine (im Mittel) nahezu parallele Entwicklung beider Dimensionen an (Abb. 2).

Hinsichtlich der Aufgabencodierungen zeigen sich hohe Zusammenhänge der Codierungen untereinander (bspw. korrelieren die Zuordnungen gemäß curricularen Vorgaben und des Schulbuchs mit $r_s = .71$), es zeigen sich aber nur