

Vernetzung von fachlichen Konzepten im Fach Chemie

Mit der Einführung von Bildungsstandards für das Fach Chemie wurden Kompetenzen beschrieben, die die Schülerinnen und Schüler zu einer bestimmten Jahrgangsstufe erworben haben sollen (KMK, 2005). Ergebnisse von nationalen Studien wie die des IQB-Ländervergleichs 2012 haben gezeigt, dass viele Schülerinnen und Schüler, die an einer nicht gymnasialen Schulform den mittleren Schulabschluss anstreben, insbesondere in Nordrhein-Westfalen nicht die Regelstandards (Kompetenzstufe III) im Kompetenzbereich Fachwissen erreichen. Ein erheblicher Teil der Schülerschaft erfüllt sogar nicht die Mindeststandards (Kompetenzstufe II) (Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Pöhlmann, 2013). Die Schülerinnen und Schüler weisen daher fachliche Defizite in unterschiedlichem Umfang auf, die den Kompetenzerwerb im weiteren Verlauf des Chemieunterrichts erschweren. Eine mögliche Ursache hierfür kann die systematisch-hierarchische Struktur des Faches sein, die sich durch die Vernetzung von logisch aufeinander aufgebauten fachlichen Ideen, hier als Kernideen bezeichnet, ergibt. Neue Ideen und Konzepte, die auf anderen Kernideen aufbauen, können nur dann verstanden werden, wenn die vorangehende Kernidee bereits verstanden und internalisiert wurde. Die systematische Vernetzung der Kernideen ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern kumulativ zu lernen, d. h. neue Ideen und Konzepte an bereits vorhandene anzuknüpfen.

Um insbesondere Lernende zu fördern, die den Anschluss im Chemieunterricht verlieren und die Defizite aufgrund der vernetzten Struktur nur schwer aufholen können, ist es von wesentlicher Bedeutung zu untersuchen, welche Kernideen grundlegend für das weitere Verständnis im Chemieunterricht sind und wie die Beziehungen zwischen den Kernideen sowohl innerhalb eines Basiskonzepts als auch zwischen den Basiskonzepten sind. Learning Progressions bieten hier eine mögliche Ansatzstelle um die Vernetzung darzustellen und zu untersuchen.

Theoretischer Hintergrund

Learning Progressions beschreiben hypothetische Lernwege und zeigen eine Abfolge von bestimmten Fähigkeiten und Kompetenzen auf, die Schülerinnen und Schüler über einen längeren Zeitraum erwerben sollen (Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Diese hypothetischen Lernwege werden in einer sogenannten strand map, einem Beziehungsnetz, dargestellt, in dem die Kernideen in einer systematisch-hierarchischen Reihenfolge abgebildet werden (AAAS, 2007).

Es gibt bereits einige Learning Progressions in unterschiedlichen Bereichen. Die American Association for the Advancement of Science hat im „Project 2061“ mehrere Learning Progressions für unterschiedliche Domänen wie „Life Science“ und „Physical Science“ entwickelt (AAAS, 2007). Ebenfalls gibt es eine Learning Progression zum Energiekonzept (Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013) und für die „Chemische Reaktion“ (Weber, 2018). Bisher gibt es jedoch noch keine Learning Progression, die die drei Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ vereint und die Abhängigkeiten der Kernideen innerhalb eines Basiskonzepts und zwischen den Basiskonzepten untersucht.

Forschungsfrage

Können die in einer strand map systematisierten hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen empirisch nachgewiesen werden?

Design und Methode

Im Rahmen dieser Studie wurden Learning Progressions für die drei Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ (MSW NRW, 2011) für die ersten beiden Lernjahre des Chemieunterrichts entwickelt. Dazu wurden zunächst Kernideen für die drei Basiskonzepte formuliert. Diese beschreiben fachliche Kompetenzen, indem sie die Kernideen durch Erwartungen weiter ausdifferenzieren, von Wissen abgrenzen, die für das Verständnis der jeweiligen Kernidee nicht benötigt wird und typische Schülervorstellungen beschreiben. Insgesamt wurden 57 Kernideen identifiziert, die analog zu AAAS (2007), in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge angeordnet und in einer strand map miteinander vernetzt wurden. Pro Kernidee wurden mindestens 5 Testaufgaben entwickelt. Ziel ist es, die angenommenen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen in der strand map empirisch zu überprüfen, um hinreichende (hilfreiche) und notwendige Wissens Elemente für die fachliche Kompetenzentwicklung zu identifizieren, sodass Lehrkräfte diejenigen Kernideen erkennen, die den Schülerinnen und Schülern Probleme beim Verstehen bereiten und diese gezielter fördern und unterstützen können. Zur Überprüfung der Map wurden Schülerinnen und Schüler in den ersten beiden Lernjahren des Chemieunterrichts an Gesamtschulen und Gymnasien in Nordrhein-Westfalen getestet. Dazu wurde ein Fachwissenstest mit 348 Items im Multiple-Choice Single-Select Format entwickelt und im Quasi-Längsschnitt 1234 Schülerinnen und Schülern zum ersten (Schulhalbjahresende 02/2018) und 1186 Schülerinnen und Schülern zum zweiten Messzeitpunkt (Schuljahresende 07/2018) vorgelegt. Aufgrund der hohen Itemanzahl wurden die Items über einen balancierten Incomplete Block Design im Multi-Matrix-Design eingesetzt. Dabei wurden die Beziehungen der Kernideen in der strand map berücksichtigt, sodass in einem Testheft die Items zu der Kernidee vorkommen, die direkt miteinander verbunden sind. Für einige Auswertemethoden war es sinnvoll, dass die Schülerinnen und Schüler zu beiden Messzeitpunkten die gleichen Testaufgaben vorgelegt bekommen haben.

Ergebnisse

Die IRT-Analysen für beide Messzeitpunkte zeigen sehr gute Personen- (.834) und Itemreliabilitäten (.931 für den 1. Messzeitpunkt und .918 für den 2. Messzeitpunkt). Die Reliabilität des kognitiven Fähigkeitstests (Heller & Perleth, 2000) ist ebenfalls zufriedenstellend. Die Itemschwierigkeit ist für den zweiten Messzeitpunkt für die drei Basiskonzepte „Chemische Reaktion“ ($t(71) = 11.373, p \leq .001, d = 0.623$), „Energie“ ($t(68) = 18.262, p \leq .001, d = 0.504$) und „Struktur der Materie“ ($t(206) = 10.305, p \leq .001, d = 0.575$) signifikant geringer als zum ersten Messzeitpunkt. Innerhalb eines Basiskonzepts ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Itemschwierigkeiten für den ersten Messzeitpunkt ($F(2,345) = 1.565, p = .211, \eta^2 = .009$) und den zweiten Messzeitpunkt ($F(2, 345) = 1.410, p = .246, \eta^2 = .008$). Da es keine standardisierte Methode gibt, um die angenommenen Abhängigkeiten der Kernideen in der strand map zu untersuchen, werden hier verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Foki eingesetzt, um Aussagen über notwendige oder hinreichende Beziehungen der Kernideen treffen zu können.

Für die Analysen der Abhängigkeit muss ein Grenzwert gesetzt werden, ab dem man die Kernidee für verstanden erklärt. Bei der nachfolgenden Berechnung ist die Kernidee verstanden, wenn die Schülerinnen und Schüler mindestens drei von fünf Items richtig beantwortet haben. Wurden weniger als drei Items zu der Kernidee falsch beantwortet, so ist die Kernidee nicht verstanden. Die exemplarische Überprüfung der Abhängigkeit zweier Kernideen (Kernidee 2 ist abhängig von Kernidee 1 bzw. Kernidee 1 muss verstanden

werden, damit Kernidee 2 verstanden werden kann) mit dem Mc-Nemar Test legt nahe, dass im Vergleich zum ersten Messzeitpunkt die Anzahl der Schülerinnen und Schüler zunimmt, die die vorausgesetzte Kernidee verstanden haben müssen, bevor sie die nachfolgende Kernidee verstehen. Auffällig ist dabei, dass die Anzahl der Schülerinnen und Schüler, die die Kernidee 2 zum zweiten Messzeitpunkt verstanden haben, bevor sie die Kernidee 1 verstanden haben, relativ konstant bleibt.

Tabelle 1: Kreuztabelle zum ersten Messzeitpunkt

		Kernidee2		Gesamt
		.00	1.00	
Kernidee1	.00	46	7	53
	1.00	10	19	29
Gesamt		56	26	82

Struktur der Materie: Kernidee 2
Stoffe können aufgrund messbarer Eigenschaften unterschieden und identifiziert werden.

Tabelle 2: Kreuztabelle zum zweiten Messzeitpunkt

		Kernidee2		Gesamt
		.00	1.00	
Kernidee1	.00	28	8	36
	1.00	23	23	46
Gesamt		51	31	82

Struktur der Materie: Kernidee 1
Stoffe besitzen charakteristische Eigenschaften.

Abbildung 1: Abhängigkeit zwischen Kernidee 1 und Kernidee 2

Fazit und Ausblick

Learning Progressions werden in dieser Studie verwendet um die Vernetzung von fachlichen Kernideen darzustellen und diese empirisch zu überprüfen. Die noch hypothetische Learning Progression kann als Orientierungs- und Strukturierungshilfe von Lehrkräften verwendet werden, um den Unterricht zu planen oder um die fachliche Vernetzung transparent zu machen. So kann außerdem gezielter an den Defiziten der Schülerinnen und Schüler gearbeitet werden und ihnen die Möglichkeit gegeben werden, Kompetenzen systematisch zu erwerben.

Es stehen Analysen der weiteren angenommenen Beziehungen mit dem McNemar-Test an. Außerdem folgen u. a. cross-lagged-panel Analysen über beide Messzeitpunkte (Kenny, 1975) sowie Analysen mit den Bayesschen Netzen (West et al., 2012).

Literatur

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS.
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (Eds.) (2009). Learning Progressions in Science. An Evidence-based Approach to Reform. Philadelphia, PA: CPRE.
- Duncan, R. G., & Hmelo-Silver, C. (2009). Editorial – Learning Progressions: Aligning Curriculum, Instruction, and Assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 606-609.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.) (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: The National Academies Press.
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klasse. Revision (KFT 4-12+R). Göttingen: Beltz Test.
- Kenny, D. A. (1975). Cross-Lagged Panel Correlation: A Test for Spuriousness. *Psychological Bulletin*, 82 (6), 887-903.
- KMK, Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2005c). Bildungsstandards für das Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. München: Luchterhand.
- Ministerium Für Schule und Weiterbildung NRW (MSW NRW) (2011). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Neumann, K., Viering, T., Boone, W. J. & Fischer, H. E. (2012). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162-188.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). The IQB National Assessment Study 2012. Competencies in Mathematics and the Sciences at the End of Secondary Level I. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Weber, K. (2018). Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I. Berlin: Logos.
- West, P., Wise Rutstein, D., Mislevy, R. J., Liu, J., Levy, R., Dicerbo, K. E., Crawford, A., Choi, Y., Chapple, K., & Behrend, J. T. (2012). A Bayesian Network Approach to modelling Learning Progressions. In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Eds.). *Learning Progressions in Science, Current Challenges and Future Directions* (pp. 257-292). Rotterdam: Sense Publishers.