

Learning Progressions – Erwerb von fachlichen Kompetenzen im Fach Chemie

Ein großer Teil der Schülerinnen und Schüler in Deutschland schneiden in Vergleichsstudien im Fach Chemie schlechter ab als es erwünscht ist. Die Ergebnisse des IQB-Ländervergleichs von 2012 haben gezeigt, dass 69,7 % der Schülerinnen und Schüler, die den mittleren Schulabschluss an einer nicht gymnasialen Schule anstreben, im Fach Chemie nicht die Kompetenzstufe III erreichen (Pant et al., 2013, S. 216). Möglicherweise gelingt es insbesondere leistungsschwachen Schülerinnen und Schülern nur in geringem Maß vernetztes Wissen zu entwickeln. Die vergleichsweise hierarchische Struktur des Faches Chemie könnte ein Anwachsen der Defizite über die Zeit noch begünstigen. Schülerinnen und Schüler, die im Chemieunterricht einmal den Anschluss verloren haben, haben kaum noch die Möglichkeit im weiteren Verlauf des Unterrichts wieder einen Zugang zu finden. Um diese Schülerinnen und Schüler zukünftig besser unterstützen zu können, ist es wichtig zu untersuchen, inwieweit zentrale chemische Ideen und Konzepte voneinander abhängen, welche Ideen Voraussetzungen für das Verständnis anderer sind und welchen Beitrag die Ideen zu der hierarchischen Struktur leisten, um so eine inhaltliche Strukturierung abzubilden und eine systematische Kompetenzentwicklung zu ermöglichen. Deshalb wurden im Rahmen dieser Studie Learning Progressions zu den chemischen Basiskonzepten „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ (MSW, 2011) für die ersten beiden Unterrichtsjahre entwickelt. Das Ziel ist es, die angenommene logische Reihenfolge und die Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch zu überprüfen.

Theoretischer Hintergrund

Theoretisch wird diese Studie gerahmt durch das Konzept der Learning Progression, welches potentielle Lernwege der systematischen Entwicklung von fachlichen Kompetenzen beschreibt und eine bestimmte Abfolge von Fähigkeiten und Wissenselementen annimmt, die von den Schülerinnen und Schülern innerhalb eines bestimmten Zeitabschnittes erworben werden sollen (Abbott, 2014; Corcoran, Mosher & Rogat, 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Diese Sequenzierung wird in einer sogenannten Strand Map dargestellt, welches die Beziehungen zwischen den Kernideen präsentiert.

Forschungsfrage

Können die in den Learning Progressions angenommenen hypothetischen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch nachgewiesen werden?

Vorgehen

Entwicklung einer vorläufigen Strand Map und eines geeigneten Testinstruments

Im Rahmen eines SINUS-Projekts wurden in einem gemeinsamen Arbeitsprozess, an dem neun Lehrkräfte unter fachdidaktischer und ministerieller Mitwirkung gearbeitet haben, eine Strand Map (Wissensnetz) entwickelt, welche die Beziehungen zwischen den Kernideen innerhalb eines Basiskonzeptes, aber auch die Beziehungen zwischen den Kernideen der drei Basiskonzepten darstellt. Auf der Grundlage des Kernlehrplans (MSW, 2011), der Bildungsstandards für das Fach Chemie (KMK, 2005) und Schulbüchern wurden sogenannte fachliche „Kernideen“ beschrieben, die - analog zu AAAS (2007) - in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge angeordnet und miteinander vernetzt wurden. Kernideen sind

fachliche Kompetenzbeschreibungen, die die Schülerinnen und Schüler erwerben und anwenden sollen. Insgesamt wurden 57 Kernideen identifiziert, die jeweils durch fachliche Mindesterwartungen weiter ausdifferenziert, von nicht benötigtem Wissen abgegrenzt und durch typische Schülervorstellungen beschrieben wurden.

Pilotstudie

In der Pilotstudie wurde die Reliabilität der Items unter Berücksichtigung der Itemschwierigkeiten und der Itemfit-Werte überprüft. Das Hauptziel der Pilotstudie war es, problematische Items zu identifizieren. Dazu wurden die Items an Gesamtschulen in NRW im ersten und zweiten Unterrichtsjahr im Fach Chemie eingesetzt. Ein Fachwissenstest mit 330 Items im Multiple-Choice single-select Format wurde in einem Quasi-Längsschnitt 787 Schülerinnen und Schülern (50.3 % weiblich) im Multi-Matrix-Design zur Bearbeitung vorgelegt. Zu jeder Kernidee wurden mindestens fünf Items konstruiert. In einem über vollständige Itemsätze zu den Kernideen balancierten Incomplete Block Design wurden durchschnittlich 32 Antworten pro Item erzielt. Die IRT-Analysen zeigen sehr gute Personen- (.828) und Itemreliabilitäten (.911). Die Items sind für die Schülerinnen und Schüler des ersten Unterrichtsjahres signifikant schwieriger als für Schülerinnen und Schüler des zweiten Unterrichtsjahres, $t(328) = -6.798$, $p \leq .001$, $d = .751$. Innerhalb eines Unterrichtsjahres sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Basiskonzepten vorzufinden. Die Itemschwierigkeiten und die Personenfähigkeiten sind normalverteilt, jedoch ist die mittlere Itemschwierigkeit höher als die mittlere Personenfähigkeit, welches erwartungskonform ist, da die Items die Kernideen abbilden sollten und nicht die erreichten Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler darstellen soll.

Hauptstudie

In der Hauptstudie wird der überarbeitete Fachwissenstest zu zwei Messzeitpunkten eingesetzt, um die hypothetischen Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Kernideen zu untersuchen. Es werden pro Beziehung zwischen zwei Kernideen Testdaten von ca. 100 Schülerinnen und Schülern erhoben. Die Daten der Hauptstudie sollen es ermöglichen, belastbare Aussagen über die angenommenen Abhängigkeiten zu machen, um so auch Defizite diagnostizieren und insbesondere leistungsschwache Schülerinnen und Schülern bei der Aufarbeitung ihrer Defizite unterstützen zu können. Die erstellte Strand Map kann dabei als Orientierungs- und Strukturierungshilfe genutzt werden, um Schülerinnen und Schüler an für den weiteren Wissensaufbau relevanten Schlüsselstellen gezielter fördern zu können.

Für die Auswertung werden die Lösungswahrscheinlichkeiten benachbarter Kernideen im Zusammenhang betrachtet. Geht man davon aus, dass zwischen den Kernideen „A“ und „B“ eine Abhängigkeit besteht (A ist nötig zum Verständnis von B), dann ist zu erwarten, dass idealerweise alle Schülerinnen und Schüler, die die Aufgaben zur Kernidee B richtig lösen, auch die Aufgaben zu Kernidee A korrekt bearbeitet haben. Je größer der Anteil der B-Löser ist, die nicht die Aufgaben zur Kernidee A gelöst haben, desto stärker wird die angenommene Beziehung zwischen den Kernideen widerlegt. Da es kein standardisiertes Verfahren zur Analyse dieser angenommenen Beziehungen gibt, sollen Methoden mit unterschiedlichen Foki, wie der cross-lagged panel Analyse, dem McNemar-Test, der Guttman-Skala und den Bayesschen Netzen zur Auswertung herangezogen werden. Die ersten beiden Methoden sollen das Wissen der Personen über die Kernideen überprüfen. Die cross-lagged panel Analyse ermöglicht es auf Basis des ersten Messzeitpunktes Vorhersagen über das Antwortverhalten zum zweiten Messzeitpunkt zu treffen (Kenny, 1975; Bortz & Döring, 2006). Der McNemar-Test untersucht, ob das Lösen der Items zu Kernidee A zu mehreren Messzeitpunkten schwieriger zu lösen sind als die Items zu Kernidee B (Eid, Gollwitzer & Schmitt, 2013; Field, 2014). Mit Hilfe der Guttman-Skala können die Items

nach ihrer Lösungswahrscheinlichkeit geordnet werden. Zudem kann aufgezeigt werden, welche Schülerinnen und Schüler auf Grundlage ihrer Personenfähigkeit die Items lösen können (Bortz & Döring, 2006). Die Bayesschen Netze überprüfen die gesamte Strand Map. Sie analysiert, ob die Kernideen aufeinander aufbauen, in dem die bedingten Wahrscheinlichkeiten berechnet werden (Mislevy & Gitomer, 1996 in West et al., 2012).

Fazit und Ausblick

Ziel der Studie ist es, die in den Learning Progressions abgebildeten hypothetischen Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch zu überprüfen, um Wissens Elemente, die für die Entwicklung des Verständnisses von chemischem Fachwissen ausschlaggebend sind von solchen zu unterscheiden, die für das weitere Verständnis weniger bedeutsam sind. Deshalb sollen mögliche Lernwege in den drei Basiskonzepten der Chemie „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ strukturiert und validiert werden, um so den Lehrkräften die Möglichkeit zu geben, den Chemieunterricht zu optimieren, in dem die Strand Map als Strukturierungs- und Orientierungshilfe genutzt wird, sodass Schülerinnen und Schüler Defizite abbauen und ihr Fachwissen ausbauen können. Die Ergebnisse des Fachwissenstests können daher als Hinweis dafür verwendet werden, um Aussagen über die notwendige oder hinreichende Voraussetzung des Verständnisses einer Kernidee für das Verständnis der nächsten zu treffen. Darüber hinaus erlauben die Ergebnisse Schlüsse über die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler zu ziehen und Defizite zu diagnostizieren, sodass sie gezielter gefördert werden können.

Literatur

- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS.
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation*. Heidelberg: Springer.
- 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.
- Eid, M., Gollwitzer, M., & Schmitt, M. (2013). *Forschungsmethoden*. Weinheim: Beltz.
- Field, A. (2014). *Discovering Statistics using IBM SPSS Statistics*. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage Publications.
- 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) (2011). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften. Biologie, Chemie, Physik*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- 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.
- West, P., Wise Rutstein, D., Mislavy, 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.