

## **Ein chemisches Wissensnetz – Analyse von möglichen Lernwegen**

### **Projekthintergrund und –ziele**

Die Veröffentlichung der Ergebnisse von internationalen Schulleistungsstudien wie z. B. PISA, in denen die unter den Erwartungen zurückbleibenden Leistungen von Schülerinnen und Schülern in den naturwissenschaftlichen Fächern aufgedeckt wurden (Baumert et al., 2001), war mit einer bildungspolitischen Diskussion verbunden, Bildungsstandards u. a. für die naturwissenschaftlichen Fächer zu initiieren. Diese wurden folglich als Regelstandards (Kompetenzstufe III) in das Schulwesen eingeführt (Klieme et al., 2007). Auch nationale Studien wie z. B. der IQB-Ländervergleich 2012 haben gezeigt, dass vor allem Schülerinnen und Schüler in Nordrhein-Westfalen, die an einer nicht gymnasialen Schulform den mittleren Schulabschluss anstreben, nicht die geforderten fachlichen Kompetenzen im Kompetenzbereich *Fachwissen* erreichen, sodass grundlegendes Chemiewissen fehlt (Pant, Stanat, Schroeders, Roppelt, Siegle & Pöhlmann, 2013) und diese Defizite unter Umständen nicht mehr in den weiteren Lernjahren aufgeholt werden können. Möglicherweise ist die systematische, hierarchisch aufgebaute Struktur des Faches Chemie, die sich aus der logischen Vernetzung von fachlichen Konzepten – hier Kernideen – ergibt, die Ursache dafür. Fehlt solch eine systematisch vernetzte Struktur, erschwert es den kumulativen Aufbau einer vernetzten Wissensstruktur (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007; Fischer, Glemnitz, Kauertz & Sumfleth, 2007). Durch die hier im Projekt verfolgte systematische Vernetzung wird den Schülerinnen und Schülern ermöglicht kumulativ zu lernen, indem sie neue Ideen und Konzepte in ihr bestehendes Wissen integrieren. Vorangehende Kernideen müssen somit verstanden werden, um darauf aufbauende Kernideen verstehen zu können. Den theoretischen Rahmen bilden dabei *Learning Progressions*, die mögliche Lernwege aufzeigen, die die Schülerinnen und Schüler im Laufe eines bestimmten Zeitraums erworben haben sollen (Abbott, 2014; Corcoran, Mosher, & Rogat, 2009; Duncan & Hmelo-Silver, 2009). Ziel der Studie ist es daher, die inhaltliche Strukturierung von chemischen Fachinhalten für die ersten beiden Lernjahre der Sekundarstufe I zu untersuchen. Dazu wurden grundlegende chemische Konzepte (Kernideen) beschrieben und miteinander in einer strand map – einem Verfahren bzw. einer Darstellungsform zur Vernetzung des fachlichen Wissens – vernetzt, um mögliche Lernwege aufzuzeigen und die Abhängigkeiten zwischen den Kernideen empirisch zu überprüfen.

### **Forschungsfrage und Design**

Die folgende Forschungsfrage soll in dieser Studie beantwortet werden: Können die in der strand map systematisierten hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen empirisch nachgewiesen werden?

Als Grundlage für die Entwicklung der Learning Progressions wurden die drei Basiskonzepte *Struktur der Materie*, *Chemische Reaktion* und *Energie* (MSW NRW, 2011) gewählt. Dazu wurden Kernideen für die genannten drei Basiskonzepte für die ersten beiden Chiemielernjahre formuliert. Die formulierten 57 Kernideen wurden analog zum AAAS Projekt (AAAS, 2007) in einer strand map innerhalb eines Basiskonzept und zwischen den Basiskonzepten so miteinander vernetzt, dass – in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge – hypothetische Lernwege eingezeichnet wurden. Zu jeder Kernidee wurden in der Regel fünf Items im Multiple-Choice Single-Select entwickelt, in einer Pilotstudie in Bezug auf

ihre Testgüte überprüft und in der Hauptstudie in einem Multi-Matrix-Design quasi-längsschnittlich über die ersten drei Lernjahre hinweg zu zwei Messzeitpunkten eingesetzt, um die Abhängigkeiten empirisch zu untersuchen.

### Ergebnisse

Die IRT-Analysen wurden mit ConQuest® berechnet und weisen gute Fit-Statistiken auf (siehe Tab. 1).

Tab. 1: Fit-Statistiken für die Items für den Kompetenzbereich Fachwissen

Messzeitpunkt	Itemanzahl	Itemreliabilität	EAP/PV Reliabilität	wMNSQ- Werte	t-Werte
1	348	.931	.834	.79 – 1.35	-3.4 – 3
2	348	.929	.831	.72 – 1.33	-3.7 – 6.4

Da es kein einheitliches Verfahren gibt, um die hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen zu überprüfen, werden hier zwei verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Foki kombiniert: Der McNemar-Test und die Bayesschen Netze. Die untersuchten Abhängigkeiten werden exemplarisch für den in Abb. 1 dargestellten Ausschnitt aufgezeigt. Die eingezeichneten Pfeile bedeuten, dass die Kernidee, von dem der Pfeil abgeht, die Voraussetzung für den Erwerb der Kernidee ist, zu dem der Pfeil hinführt.

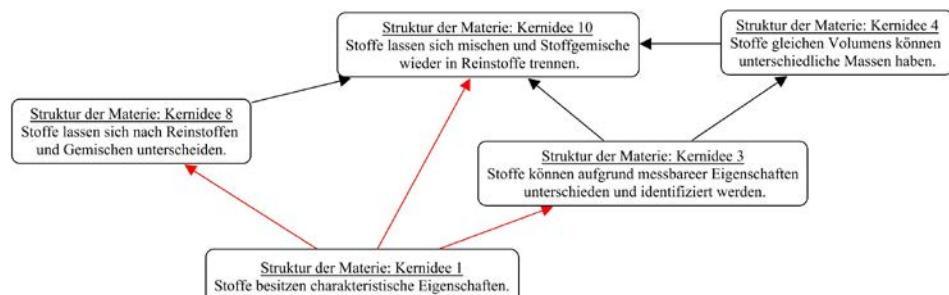


Abb. 1. Ausschnitt aus der strand map für das Basiskonzept Struktur der Materie des 1. Lernjahres

Um Aussagen darüber treffen zu können, ab welchem Wert eine Kernidee als verstanden gilt, wurde zunächst ein Binomialtest gerechnet, um so die Ratewahrscheinlichkeit beim Ausfüllen des Tests ausschließen zu können (Bühl, 2016). Für fünf Items bedeutet dies, dass mindestens vier von fünf Aufgaben richtig beantwortet werden müssen.

Für die Überprüfung der Abhängigkeiten zwischen zwei Kernideen wurde der McNemar-Test eingesetzt. Dieser gibt an, ob sich das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler für einen bestimmten Zeitpunkt (einem Messzeitpunkt) innerhalb zweier verschiedener Kernideen und über einen Zeitraum (zu zwei Messzeitpunkten) zwischen den gleichen Kernideen verändert hat oder nicht (Field, 2013; Wirtz & Caspar, 2002). Für die rot gekennzeichneten Abhängigkeiten in Abb. 1 konnte eine signifikante Abhängigkeit festgestellt werden. Die schwarzen Pfeile zeigen hier an, dass nach dem McNemar-Test keine signifikante Abhängigkeit vorliegt.

Die Überprüfung der Abhängigkeiten von größeren Ausschnitten des Wissensnetzes erfolgt mit den Bayesschen Netzen. Die Analysen wurden mit der Software Netica® durchgeführt. Dieser gibt die konditionalen Wahrscheinlichkeiten für die untersuchten Kernideen in einer Tabelle (*Conditional Probability Table* (CPT) aus (Wei, 2014), anhand derer man Aussagen darüber treffen kann, welche Kernidee möglicherweise einen größeren Einfluss auf das

Verständnis einer anderen Kernidee hat. Für den in Abb. 1 dargestellten Ausschnitt, genauer für Kernidee 10, wurde eine *Conditional Probability Table* (Abb. 2) ausgegeben. Rechts in der Tabelle sind die prozentualen Anteile der Schülerinnen und Schüler, die in Abhängigkeit von den anderen, mit der Kernidee 10 verbundenen Kernideen, die Kernidee 10 beherrschen (*state 1*) oder nicht beherrschen (*state 0*), dargestellt. Hier wird deutlich, dass Kernidee 1 den größten Einfluss auf Kernidee 10 hat, denn ca. 66.7 % der Schülerinnen und Schüler, die Kernidee 10 verstanden haben, haben auch Kernidee 1 verstanden, während etwa 33.3 % dieser Schülerinnen und Schüler diese Kernidee nicht verstanden haben. Diese Erkenntnis deckt sich mit den im McNemar-Test dargestellten Ergebnis, das zumindest zwischen Kernidee 1 und 10 eine Abhängigkeit besteht.

SDM7_K1	SDM7_K3	SDM7_K4	SDM7_K8	state0	state1
state0	state0	state0	state0	86.667	13.333
state0	state0	state0	state1	50	50
state0	state0	state1	state0	50	50
state0	state0	state1	state1	50	50
state0	state1	state0	state0	75	25
state0	state1	state0	state1	50	50
state0	state1	state1	state0	50	50
state0	state1	state1	state1	50	50
state1	state0	state0	state0	33.333	66.667
state1	state0	state0	state1	66.667	33.333
state1	state0	state1	state0	50	50
state1	state0	state1	state1	50	50
state1	state1	state0	state0	50	50
state1	state1	state0	state1	66.667	33.333
state1	state1	state1	state0	66.667	33.333
state1	state1	state1	state1	33.333	66.667

Abb. 2. Conditional Probability Table für Kernidee 10 (erstellt mit Netica®)

### Fazit und Ausblick

Learning Progressions bieten die Möglichkeit die fachlichen Kernideen hypothetisch zu vernetzen und die dargestellten Lernwege empirisch zu überprüfen. Die untersuchten Abhängigkeiten konnten zum Teil bestätigt werden, wobei es einen Anteil gibt, der nicht signifikant abhängig zu sein scheint. Inhaltlich gesehen ist dies an einigen Stellen recht plausibel, da im Unterricht z. B. die Stofftrennung in einigen Unterrichtsstunden behandelt wird, ohne dass weitere elementare Konzepte an diesen angeknüpft sind. Die Festlegung des Grenzwertes bei dem Binomialtest ist vor dem Hintergrund der vorgefundenen Testwerte, dass – wie auch internationale und nationale Studien gezeigt haben – viele Schülerinnen und Schüler nicht die erforderlichen Kompetenzen erreichen, zu streng gesetzt und führt vermutlich zu einer Unterschätzung der tatsächlichen Abhängigkeiten bzw. dazu, dass über viele angenommenen Beziehungen keine Aussagen getroffen werden können. Für die Diskussion der strand map mit den Lehrkräften wurde daher die Grenze des Binomialtests (auf drei von fünf Items) herabgesetzt und in ein „Ampelsystem“ überführt, die beide Analysen berücksichtigt: Wenn mindestens vier Items gelöst wurden, liegt empirisch gesichert eine Abhängigkeit zwischen zwei Kernideen vor, deren Beziehung grün gekennzeichnet wird. Ist sie orange, so liegt vermutlich eine Abhängigkeit vor (mindestens drei korrekte Antworten). Wurden weniger als drei Items gelöst, wird keine Abhängigkeit angenommen, sodass diese Verbindung rot dargestellt wird.

Die vorliegenden Ergebnisse sollten mit Vorsicht interpretiert werden. Aufgrund des Studiendesigns konnten nicht alle Schülerinnen und Schüler die gleichen Aufgaben beantworten. Daher liegen zu den Items einiger Kernideen nicht viele Schülerantworten vor, sodass dies möglicherweise die Analyse der Abhängigkeiten beeinflusst.

Cross-lagged-panel Analysen über beide Messzeitpunkte stehen noch aus.

**Literatur**

- Abbott, S. (2014). The Glossary of Education Reform. Learning Progression. Abgerufen unter: <http://edglossary.org/learning-progression/> [27.09.2016].
- American Association for the Advancement of Science (AAAS) (2007). Atlas of Science Literacy. Volume 2. Washington, DC: AAAS.
- Bühl, A. (2016). SPSS 23. Einführung in die moderne Datenanalyse. Hallbergmoos: Pearson.
- Corcoran, T., Mosher, F. A., & Rogat, A. (Hrsg.) (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. (Hrsg.) (2007). Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8. Washington, DC: The National Academies Press.
- Field, A. (2013). Discovering statistics using IBM SPSS statistics. Los Angeles, London, New Delhi, Singapore, Washington DC: Sage Publications.
- Fischer, H. E., Glemmtz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen – kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer, 657-678.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Ricquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2007). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards - Expertise. Bonn, Berlin: BMBF.
- 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.
- Norsys Software Corp. (2016). Netica Application for Windows. Vancouver, BC.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., Siegle, T., & Pöhlmann, C. (Hrsg.) (2013). IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann.
- Wei, H. (2014). Bayesian Networks for Skill Diagnosis and Model Validation. Annual Meeting of the National Council on Measurement in Education, Philadelphia, PA. Verfügbar unter: <https://pdfs.semanticscholar.org/7a6e/522e4f308d761074ae9d5566e106bb859817.pdf> [27.05.2019].
- Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen, Bern, Toronto, Seattle: Hogrefe.
- Wu, M. L., Adams, R. J. & Wilson, M. R. (2007). ACER ConQuest version 2.0: Generalized Item Response Modeling Software. Camberwell, Victoria: ACER Press.