

Vernetztes Lernen im Chemieunterricht

Mit einer Strukturierungs-Map den Lernerfolg erhöhen

ALEXANDER ROTHER, MAIK WALPUSKI

Die Ergebnisse des Ländervergleichs 2012 und des Bildungstrends 2018 zeigen, dass viele Schülerinnen und Schüler im Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen* noch nicht einmal die Mindeststandards im Fach Chemie (Kompetenzstufe II) erreichen. Eine Hypothese zur Deutung dieser Befunde ist, dass Konzeptwissen vor allem deshalb nicht erworben wird, weil wichtige fachliche Ideen und Zusammenhänge schon früh im Unterricht nicht verstanden werden, was einen weiteren Wissensaufbau erschwert. Das Ziel dieses Projekts ist daher eine gezielte Darstellung der Zusammenhänge fachlich bedeutsamer Ideen und deren hierarchischer Zusammenhänge, um eine Förderung dieser Schülerinnen und Schüler besser zu ermöglichen. Dazu werden ihnen und den Lehrkräften eine logisch aufeinander aufbauende Netzstruktur der grundlegenden Kernideen für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I und entsprechende Diagnoseaufgaben zur Verfügung gestellt.

Diese Strukturierungs-Map folgt den Prinzipien der Learning Progressions – ähnlich der Konzeptionen der American Association for the Advancement of Sciences (AAAS, 2007) – und kann sowohl als Unterrichtsplanungshilfe, als Strukturierungshilfe bzw. Advance Organizer im Unterricht als auch als Diagnoseinstrument zur Überprüfung des Lernerfolgs eingesetzt werden. Diese Einsatzmöglichkeiten mit konkreten Beispielen werden im Rahmen dieser Arbeit vorgestellt.

Die Entwicklung der Strukturierungs-Map und der zugehörigen Diagnoseaufgaben sowie deren Erprobung und Evaluierung erfolgte in enger Kooperation mit der Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen (Arbeitsgruppe Prof. Dr. Walpuski).

Zu diesem Projekt gab es in der Veröffentlichung „SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten“ von 2018 einen Zwischenbericht mit dem Titel: „Eine Landkarte des Lernens im Chemieunterricht – Vernetztes Lernen anlegen und mit Diagnoseaufgaben sichern“ (QUA-LiS NRW, 2018).

1 Projektbeschreibung und Zielsetzung

Ausgangslage

Den Ausgangspunkt für das hier vorgestellte Projekt bildeten die Ergebnisse des IQB-Ländervergleichs 2012 (Pant et al., 2013), die im Fach Chemie insbesondere für das Land NRW erhebliche Defizite aufzeigen.

Außerhalb der Gymnasien erreichten zu diesem Zeitpunkt sehr viele Schülerinnen und Schüler in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie nicht die Regelstandards (Kompetenzstufe III); in NRW waren es ca. zwei Drittel aller Schülerinnen und Schüler (Fachwissen: NRW 69,7%, bundesweit 62,1%; Erkenntnisgewinnung: NRW 65,1%, bundesweit 55,1%). Selbst die *Mindeststandards* (Kompetenzstufe II) wurden von 32,1% der Schülerinnen und Schüler in NRW (bundesweit 26,1%) im Bereich

Fachwissen und von 26,9% in NRW (bundesweit 19,1%) im Bereich Erkenntnisgewinnung – außerhalb des Gymnasiums – nicht erreicht. Der aktuelle IQB-Bildungstrend 2018 (Stanat et al., 2019) weist zwar keine nach Schulformen differenzierten Leistungen mehr aus, insgesamt haben sich die Leistungen der Schülerinnen und Schüler bundesweit im Fach Chemie aber tendenziell verschlechtert. In NRW sind die Leistungen annähernd unverändert auf niedrigem Niveau, sodass davon ausgegangen werden kann, dass das Problem nach wie vor aktuell ist.

Auch wenn die Gründe für diese auffälligen Defizite bisher nicht eindeutig ermittelt sind, so ist doch offensichtlich, dass Maßnahmen erforderlich sind, um den Erwerb der in den Standards geforderten Kompetenzen für einen wesentlichen Teil der Lernenden zu ermöglichen. Der – im Vergleich zu einigen anderen Fächern – stark hierarchische Aufbau des Fachwissens im Fach Chemie kann hier eine besondere Herausforderung sein, da Defizite aus frühen Lernphasen ein späteres Lernen nahezu unmöglich machen. Bekannt ist z. B., dass viele Schülerinnen und Schüler Probleme haben, wenn von der Kontinuumsebene (Stoffebene) auf die Diskontinuumsebene (Teilchenebene) gewechselt wird (Johnstone, 1991). Außerdem konnte eine aktuelle Studie mit Schülerinnen und Schülern in Schleswig-Holstein zeigen, dass innerhalb der Basiskonzepte die Kompetenzentwicklung im Chemieunterricht hinter den Erwartungen zurückbleibt (Bernholt, Höft & Parchmann, 2020).

Eine Ursache für diese Schwierigkeiten – und dies ist die Grundannahme des Projekts – ist vermutlich die fehlende Sichtbarkeit eines „roten Fadens“ im Lernprozess bzw. das Fehlen einer vernetzten Struktur grundlegender fachlicher Ideen und Konzepte bei vielen Schülerinnen und Schülern. So konnte eine aktuelle Studie aus den USA zeigen, dass ein Unterricht, der eine Progression fachlicher Konzepte explizit berücksichtigt, förderlich für den Lernerfolg der Schülerinnen und Schüler ist (Shin et al., 2019). Vor dem Hintergrund, dass kumulatives Lernen für anschlussfähiges Wissen in den Naturwissenschaften unabdingbar ist (Fischer et al., 2007) und Kompetenzen aus dem Bereich Fachwissen zum Erwerb von Kompetenzen in anderen Kompetenzbereichen benötigt werden (Hostenbach & Walpuski, 2013), war es erklärtes Ziel dieses Projekts, eine Unterstützungsmaßnahme zum Erwerb entsprechend *vernetzten Wissens* zu entwickeln.

Dabei fiel die Wahl auf die Entwicklung einer hierarchischen Wissens-Map, da diese auf vielfältige Art im Unterricht eingesetzt werden kann (siehe unter 3.). Darüber hinaus haben sich solche Wissens-Maps an unterschiedlichen Stellen bereits als hilfreich erwiesen. In Netzen organisierte Sachstrukturanalysen helfen bei der Wissensvermittlung (Niedderer, 1974) und können u. a. als Advance Organizer dienen (Holländer & Melle, 2012). Insbesondere im angloamerikanischen Raum werden sogenannte *Strand Maps* bereits zur Strukturierung von Unterricht eingesetzt (AAAS, 2007). Hier liegen auch für ausgewählte Teilbereiche, wie z. B. das Energiekonzept, positive Befunde für deren Lernwirksamkeit vor (Fortus et al., 2015).

Auch Lernpsychologen (Seel, 2000) schlagen vor, dass zum Zweck des Lernens sogenannte „Ankerideen“ in den Prozess der Wissensaneignung eingebracht werden sollen, die im Idealfall zum kumulativen Aufbau neuer Wissensstrukturen beitragen können. Das Vorhandensein entsprechend vernetzter Strukturen ist nach lernpsychologischen Erkenntnissen die Voraussetzung dafür, in einem Lernprozess neue Informationen aufzunehmen und Kompetenzen entwickeln zu können. Dabei werden neue Ideen an bereits vorhandene

Wissensstrukturen angebunden. Kumulatives Lernen ist folglich für ein anschlussfähiges und flexibel anwendbares Wissen in den Naturwissenschaften unabdingbar, wobei die hierarchische Funktion bestehender Lernelemente für den Erwerb neuer Elemente besonders zu beachten ist. Entsprechend muss auch der Unterricht an einem solchen Vernetzungsgedanken orientiert sein.

Auch neuere fachdidaktische Forschung greift die oben beschriebenen Ideen zum kumulativen Lernen in sogenannten „Learning Progressions“ auf. Learning Progressions beschreiben mögliche Wege der Kompetenzentwicklung und geben eine bestimmte Abfolge von Fähigkeiten und Kernideen vor, die die Schülerinnen und Schüler im Laufe einer längeren Zeitspanne erworben haben sollen, indem sie den gestellten Anforderungen gerecht werden und die erforderlichen Kompetenzen schrittweise durch die verschiedenen Progressionsstufen durchschreitend entwickeln (Abbott, 2014).

Vorgehensweise

Analog zur Vorgehensweise der American Association for the Advancement of Sciences (AAAS) wurden im hier vorgestellten Projekt zunächst *Kernideen* beschrieben, die die Basiskonzepte im Fach Chemie für das erste, zweite und dritte Lernjahr strukturieren. Diese wurden durch detaillierte *Beschreibungen* und *Diagnoseaufgaben* ergänzt. Die Kernideen wurden innerhalb der Basiskonzepte in einer sachlogischen Reihenfolge angeordnet, dabei wurden auch Zusammenhänge zu Kernideen anderer Basiskonzepte aufgezeigt. Das Ergebnis ist ein Überblick über hierarchisch gegliederte und miteinander verbundene Kernideen, die Strukturierungs-Map. Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang der vier Strukturelemente des Projekts.

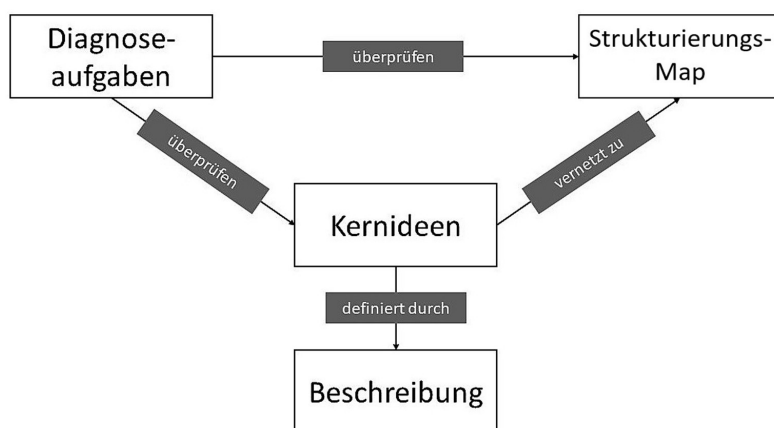


Abbildung 1: Zusammenhang der Strukturelemente des Projekts

Für den Aufbau einer vernetzten Struktur des Gelernten sind in einem ersten Schritt einzelne Kernideen zu definieren. Kernideen beschreiben grundlegende Vorstellungen bzw. Konzepte im Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen*, die zum Verständnis eines Themenfeldes beitragen. Kernideen gehen damit deutlich über die Abbildung einfacher Fakten hinaus, weil sie zentrale Annahmen der Chemie darstellen, die zur Erklärung verschiedener Phänomene und Zusammenhänge genutzt werden können. Eine dieser Kernideen im Basiskonzept Struktur der Materie lautet beispielsweise: „Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden“. Die Kernideen sollen durch die strukturierte Verknüpfung ein anschlussfähiges Lernen ermöglichen und stellen somit die Voraussetzung für die Bewältigung weiterer

Aufgaben sowohl im Kompetenzbereich *Umgang mit Fachwissen* als auch in den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* dar.

Die vernetzte Übersicht der Kernideen wird als Strukturierungs-Map bezeichnet und zeigt eine sinnvolle Reihenfolge der grundlegenden Kernideen des Faches Chemie und ihrer Abhängigkeiten auf. Selbstverständlich bewegen sich die Inhalte der Strukturierungs-Map innerhalb des Rahmens des Kernlehrplans. Wenngleich die Strukturierungs-Map Kernideen abbildet, die sich auf den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ beziehen lassen, können dadurch aber auch andere Kompetenzbereiche des Faches Chemie gefördert werden. So lässt sich bspw. die Kernidee SdM-II.7, „Im PSE sind alle Elemente in einer festgelegten Reihenfolge angeordnet“, konkret mit Kompetenzen aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation verknüpfen, indem die Schülerinnen und Schüler bspw. im Bereich der *Erkenntnisgewinnung* „[...] besondere Eigenschaften von Elementen der 1., 7. und 8. Hauptgruppe mit Hilfe ihrer Stellung im Periodensystem erklären (E7)“ oder im Bereich der *Kommunikation* „[...] sich im Periodensystem anhand von Hauptgruppen und Perioden orientieren und hinsichtlich einfacher Fragestellungen zielgerichtet Informationen zum Atombau entnehmen (K2)“, Inhaltsfeld 5 „Elemente und ihre Ordnung“ aus dem Kernlehrplan für Gesamtschulen (MSW, 2013).

Eine Verknüpfung der oben genannten Kernidee mit dem Kompetenzbereich *Kommunikation* lässt sich beispielsweise im Unterricht realisieren, indem die Schülerinnen und Schüler die Reaktivität der Alkalimetalle recherchieren. Darüber hinaus können die Schülerinnen und Schüler im Bereich der *Erkenntnisgewinnung* das Periodensystem der Elemente nutzen, um Voraussagen darüber zu machen, dass mit zunehmender Schalenanzahl das Außenelektron leichter abgegeben wird oder wenn Schülerinnen und Schüler die Reaktivität der Alkalimetalle experimentell erfahren.

In diesem Projekt wurde die Strukturierungs-Map im Rahmen der Zusammenarbeit mit der Universität Duisburg-Essen (Fachdidaktik Chemie) untersucht, sodass die zunächst vermuteten Abhängigkeiten empirisch geprüft werden konnten. Außerdem wurde die Map ein Jahr im Regelunterricht eingesetzt und eine Auswertung über Schülerdaten und Schülerfragebogen durchgeführt, aus denen erste Hinweise auf die Wirksamkeit der Methode abgeleitet werden können.

Aufbau der Strukturierungs-Map

Die Kernideen wurden von einer Expertengruppe aus Schulpraxis, Schuladministration und Fachdidaktik formuliert und unter der Annahme strukturiert, dass die vorausgehende Kernidee notwendig ist, um die darauffolgende verstehen zu können. Diese Beziehungen sind in der Map durch Pfeile gekennzeichnet. Anschließend wurden diese Annahmen mithilfe entsprechender Diagnoseaufgaben durch die Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen wissenschaftlich geprüft. Dazu haben die Schülerinnen und Schüler fünf Diagnoseaufgaben pro Kernidee bearbeitet (siehe 3. Ergebnisse und Erfahrungen). Auf Basis der empirischen Ergebnisse wurden die nachgewiesenen Beziehungen mit grünen Punkten auf den Pfeilen gekennzeichnet. Bei den nicht gekennzeichneten Pfeilen konnte entweder keine Abhängigkeit evaluiert werden, beispielsweise weil die Eingangsidee schon nicht verstanden worden ist (häufigste Ursache), oder weil sich die angenommene Abhängigkeit in den Daten nicht zeigte (seltene Ursache). Die Pfeile zwischen den Kernideen des dritten Lernjahres sind ebenfalls nicht durch zusätzliche Punkte gekennzeichnet, da

eine empirische Prüfung dieser Abhängigkeiten in der vorgegebenen Projektlaufzeit nicht vorgesehen war.

Diagnoseaufgaben

Zu jeder Kernidee gibt es fünf Diagnoseaufgaben, die als Multiple-Choice-Aufgaben konzipiert sind, d. h. sie bestehen aus vier Antwortmöglichkeiten mit einer richtigen Antwortmöglichkeit (Attraktor) und drei falschen Antworten (Distraktoren). Diese Diagnoseaufgaben können im Unterricht eingesetzt werden, um zu klären, inwieweit die Kernidee von den Lernenden bereits beherrscht wird oder nicht. Sie beziehen sich explizit auf die mit einer Kernidee verbundenen Erwartungen. Die vollständige Sammlung der Diagnoseaufgaben kann über die Internetseite des SINUS-Projekts¹ abgerufen werden.

Ziele

Die in diesem Projekt entwickelte Strukturierungs-Map kann für den Unterricht auf verschiedene Arten genutzt werden. Sie kann eine *Planungshilfe* für Lehrerinnen und Lehrer sein, mit der die Lehrkräfte logisch abgestimmte Unterrichtsschritte entwickeln können. Grundsätzlich könnte sie daher auch bei der Erstellung von Lehrplänen (z. B. schulinterne Curricula) eine wichtige Rolle spielen. Die Funktion einer Planungshilfe kann auch im Unterricht als *Advance Organizer* angewandt werden. Zusammen mit den Diagnoseaufgaben ist die Map zugleich ein *Diagnoseinstrument*, um den Lernfortschritt der Schülerinnen und Schüler zu begleiten und zu kontrollieren.

Als *Strukturierungshilfe* für die Schülerinnen und Schüler kann die Map die Zusammenhänge der Kernideen veranschaulichen. *Selbstdiagnose* und Einsatz der Map im Sinne einer eigenen Kontrolle der Wissenszusammenhänge können zudem eigenständigeres Lernen unterstützen. Ausführlichere Beschreibungen der Einsatzmöglichkeiten mit konkreten Beispielen finden sich unter 3. „Ergebnisse und Erfahrungen“.

2 Materialien

Jede Kernidee wird innerhalb des Projekts nach einem einheitlichen Schema beschrieben (siehe Abbildung 2). Die Kernideen sind den in den Curricula formulierten Basiskonzepten *Chemische Reaktion* (CR), *Struktur der Materie* (SdM) und *Energie* (E) eines Lernjahres zugeordnet und werden fortlaufend nummeriert (1). Sie werden durch eine aussagekräftige Beschreibung definiert (2). Erwartungen beschreiben, welche Erkenntnisse und Fähigkeiten die Schülerinnen und Schüler besitzen müssen, um die Kernidee im zu diesem Zeitpunkt erforderlichen Umfang verstanden zu haben und anwenden zu können (3). Zugleich wird bei den Grenzen aber auch angegeben, welche fachlichen Aspekte im Zusammenhang mit dieser Kernidee noch nicht bekannt sein müssen (4). Für diese Einschränkung kann es verschiedene Gründe geben, z. B. dass diese Aspekte Teil einer späteren Kernidee sind, oder ihre Behandlung in der Sekundarstufe I generell nicht sinnvoll erscheint. Überlegungen zu bekannten fehlerhaften Schülervorstellungen beschließen die Ausführungen zu den Kernideen (5). Sie geben Hinweise auf mögliche Lernschwierigkeiten und sollten folglich

¹ www.sinus.nrw.de.

einen Einfluss auf die Gestaltung des Unterrichts haben, können aber auch zur Konstruktion von Diagnoseaufgaben verwendet werden.

Basiskonzept: Struktur der Materie	Lernjahr II	(1)
Idee 4		(2)
Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden.		
Erwartungen		(3)
Schülerinnen und Schüler wissen, dass nach dem Schalenmodell...		
<ul style="list-style-type: none"> • sich die Elektronen in der Atomhülle nur in bestimmten Bereichen bewegen. • Schalen gedachte Aufenthaltsbereiche für Elektronen sind. • Elektronen die Schalen nach bestimmten Prinzipien besetzen (innerste Schale max. 2 Elektronen, äußere Schale max. 8 Elektronen). • die Elektronen von innen nach außen aufgefüllt werden. • eine vollbesetzte Außenschale der Edelgaskonfiguration entspricht. 		
Grenzen		(4)
Schülerinnen und Schüler müssen – bezogen auf diese Kernidee – nicht wissen, ...		
<ul style="list-style-type: none"> • dass es die Besetzungsregel nach der Formel $2n^2$ gibt. • dass den Schalen entsprechende Energieniveaus zuzuordnen sind. • dass sich das Schalenmodell ausgehend von den Ionisierungsenergien herleiten lässt. • dass sich der Aufbau des PSE aus dem Schalenmodell ableiten lässt. • dass bestimmte Schalen auch mit mehr als 8 Elektronen besetzt werden können. 		
Gängige fehlerhafte Schülervorstellungen		(5)
<ul style="list-style-type: none"> • Schalen werden materiell (wie z. B. beim Zwiebelaufbauprinzip) verstanden. 		

Abbildung 2: Beschreibung einer Kernidee am Beispiel der Kernidee SdM-II.4

Der folgende Ausschnitt aus der Strukturierungs-Map (Abbildung 3) zeigt die Vernetzung einiger Kernideen aus dem Basiskonzept Struktur der Materie.

Ohne die Kenntnis der Kernidee SdM-II.4 „Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden“ kann die Idee SdM-II.8 „Atome können unter Beteiligung von Außenelektronen Bindungen eingehen“ nicht verstanden werden. Hier liegt eine unmittelbare Abhängigkeit vor, die das Vorhandensein und die Einhaltung einer Reihenfolge der Lernschritte beschreibt. Der angenommene Zusammenhang wurde empirisch bestätigt (siehe 3.), was durch die Zuordnung des grünen Punkts verdeutlicht wird.

Dabei können auch Kernideen aus unterschiedlichen Basiskonzepten miteinander verbunden sein (siehe Abbildung 4).

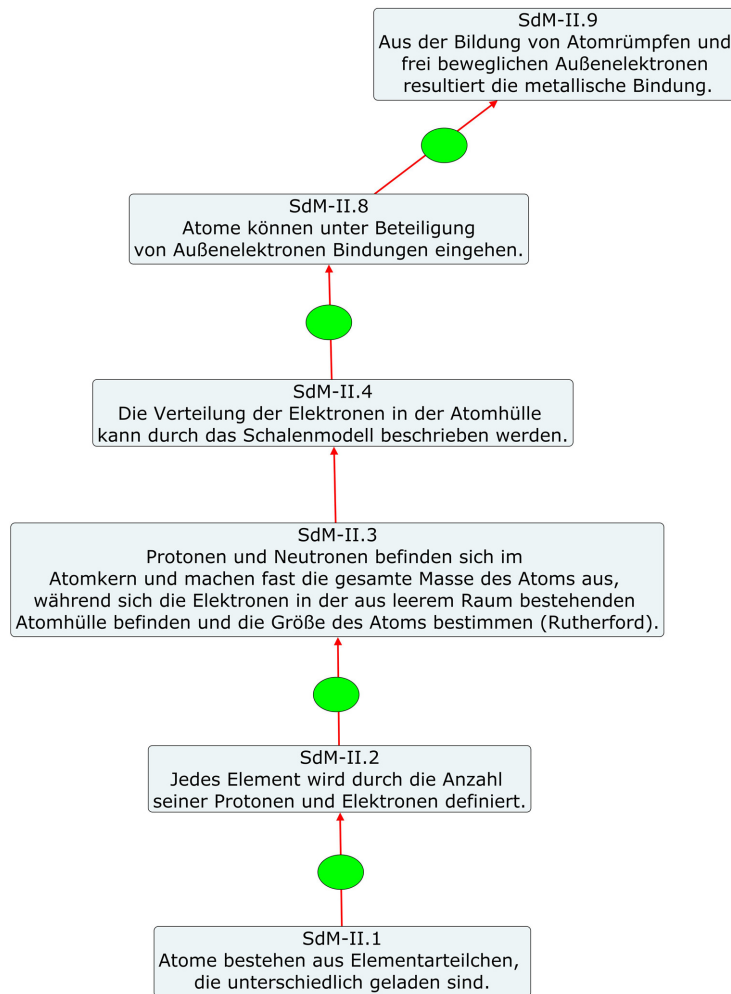


Abbildung 3: Ausschnitt aus der Strukturierungs-Map (Basiskonzept Struktur der Materie, Lernjahr II)

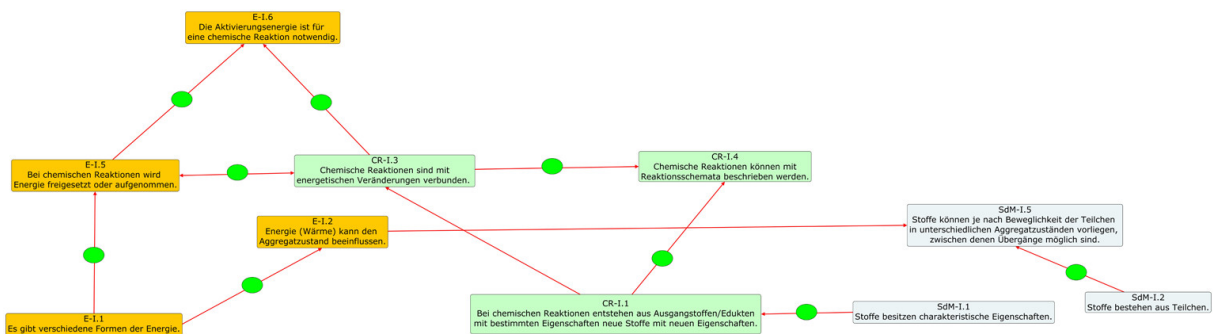


Abbildung 4: Vernetzung zwischen den Basiskonzepten

Digitale Version der Strukturierungs-Map

In Kooperation mit dem „Web-Team“ der QUA-LiS NRW wird eine digitale Version der Strukturierungs-Map erstellt, die die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit erhöht. Die vielen dargestellten Zusammenhänge, besonders auch die Verbindungen zwischen den Basiskonzepten, sorgen in der zweidimensionalen Papierdarstellung für ein schwieriges Erkennen der Zusammenhänge. Mit der digitalen Map kann man einfacher arbeiten, da direkte Verknüpfungen angezeigt werden. So besteht die Möglichkeit, sich schrittweise durch die Strukturierungs-Map durchzuarbeiten, da bei einer Kernidee die di-

rekt damit verknüpfen und alle nächstumliegenden Kernideen eingeblendet werden.

Außerdem besteht ein Zugriff von der Kernidee auf die zugehörige Beschreibung der Kernidee und die entsprechenden Diagnoseaufgaben, damit ein Arbeiten mit dem gesamten Material erleichtert wird.

Diagnoseaufgaben

Für eine sinnvolle Diagnose der Schülerfähigkeiten wird mehr als eine Aufgabe pro Kernidee benötigt. Auf der einen Seite kann man sagen, dass möglichst viele Aufgaben wünschenswert wären, um alle Erwartungen ggf. auch mehrfach abbilden zu können; auf der anderen Seite kann den Schülerinnen und Schülern eine Bearbeitung von Tests mit extrem vielen Aufgaben nicht zugemutet werden, sodass für dieses Projekt fünf Aufgaben je Kernidee entwickelt wurden. Diese Vorgehensweise bildet einen guten Kompromiss zwischen inhaltlicher Breite (Validität) und statistischer Sicherheit sowie akzeptabler Testzeit. Um den Einfluss des Aufgabenformats (Walpuski & Ropohl, 2011) auf die Schwierigkeit der Aufgabe bzw. die Leistung der Lerner zu minimieren, wurden alle Aufgaben als Multiple-Choice-Single-Select-Aufgaben gestaltet. Dabei wurde gezielt darauf geachtet, nur mit der Kernidee verbundene Erwartungen abzufragen. Neben kontextfreien (siehe Abbildung 5) gibt es auch kontextualisierte Aufgaben (siehe Abbildung 6).

SdM II Idee 4: Die Verteilung der Elektronen in der Atomhülle kann durch das Schalenmodell beschrieben werden.

Erwartung: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass ...

- Elektronen die Schalen nach bestimmten Prinzipien besetzen (innerste Schale max. 2 Elektronen, äußere Schale max. 8 Elektronen).

Diagnoseaufgabe:

Ein Natrium-Atom besitzt 11 Elektronen. Wie verteilen sich die Elektronen auf die Schalen?

	1. Schale	2. Schale	3. Schale
<input type="checkbox"/>	8	3	0
<input type="checkbox"/>	2	8	1
<input type="checkbox"/>	2	9	0
<input type="checkbox"/>	8	2	1

Abbildung 5: Kontextfreie Diagnoseaufgabe

E I Idee 2: Energie (Wärme) kann den Aggregatzustand beeinflussen.

Erwartung: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass ...

- durch Zufuhr oder Abgabe von Energie sich der Aggregatzustand eines Stoffes verändern kann.

Diagnoseaufgabe:

Du willst Speiseeis selber herstellen. Der Großteil deiner Zutaten ist flüssig, nämlich Milch und Schlagsahne. Wenn du die Mischung für längere Zeit ins Eisfach stellst, erhältst du festes Eis. Was passiert im Eisfach?

- Die Milch und Sahneteilchen bewegen sich schneller und werden dadurch fest.
- Der Mischung wird Energie entzogen, dadurch wird sie fest.
- Der Mischung wird Energie zugeführt, dadurch wird sie fest.
- Sahne reagiert mit Milch und wird dadurch fest.

Abbildung 6: Kontextualisierte Diagnoseaufgabe

3 Ergebnisse und Erfahrungen

Ergebnisse der Testungen

Evaluation der Gültigkeit der formulierten Abhängigkeiten

Als Grundlage für die Überprüfung der fachlichen Abhängigkeiten dienten die in der Map angeordneten 57 Kernideen für die ersten beiden Lernjahre. Die Kernideen wurden analog zum AAAS-Projekt (AAAS, 2007) in einer *Strand Map* innerhalb eines Basiskonzepts und zwischen den Basiskonzepten so miteinander vernetzt, dass in einer hierarchisch-logischen Reihenfolge hypothetische Lernwege erkennbar werden. Um diese hypothetischen Abhängigkeiten zu prüfen, wurden Diagnoseaufgaben entwickelt, in einer Pilotstudie in Bezug auf ihre Testgüte überprüft und in der Hauptstudie in einem Multi-Matrix-Design zu zwei Messzeitpunkten eingesetzt.

Für die Datenanalyse standen Testdaten von Schülerinnen und Schülern von 7 Schulen zur Verfügung. Diese wurden in einem Abstand von ca. 6 Monaten zweimal getestet. Zum ersten Messzeitpunkt haben 1.234 Schülerinnen und Schüler teilgenommen, zum zweiten Messzeitpunkt 1.137 Schülerinnen und Schüler. In einem ersten Schritt wurde die psychometrische Qualität der Testaufgaben mittels IRT-Analysen geprüft. Hier zeigt sich, dass die Testaufgaben als reliabel angenommen werden können und zur Ermittlung der Kompetenzen der Lernenden geeignet sind (Celik & Walpuski, 2018).

Da es kein einheitliches Verfahren gibt, um die hypothetischen Abhängigkeiten zwischen Kernideen zu überprüfen, wurde in einem ersten Schritt der McNemar-Test zur Untersuchung einzelner Abhängigkeiten eingesetzt. Dieser gibt an, ob das Antwortverhalten der Schülerinnen und Schüler für einen bestimmten Zeitpunkt dem angenommenen Muster entspricht. Hier liegt die Annahme zugrunde, dass eine Kernidee, die von einer vorangegangenen Kernidee abhängig ist, nur dann beherrscht werden kann, wenn die vorangegangene Kernidee ebenfalls beherrscht wird. In der Verteilung sollten also kaum Schülerinnen und Schüler vorhanden sein, die die Aufgaben zur höheren Kernidee lösen können, die zur niedrigeren aber nicht. Da die Schülerinnen und Schüler fünf Diagnoseaufgaben zu einer Kernidee bearbeitet haben, ist festzulegen, ab wann eine Kernidee als „beherrscht“ angesehen werden kann. Auf Basis statistischer Signifikanz müssten mindestens vier Antworten korrekt sein, um zufällige Ergebnisse auszuschließen. Diese Abhängigkeiten sind in der Map mit einem grünen Symbol gekennzeichnet. Insgesamt konnten 60 Abhängigkeiten nachgewiesen werden.

Evaluation eines Lernerfolgs durch den Einsatz der Strukturierungs-Map

Um zu prüfen, ob ein an der Map orientierter Unterricht erfolgreich ist, wurde diese in einem Zeitraum von einem Schuljahr in Interventionsklassen eingesetzt (siehe auch „Erfahrungen im Unterricht“). Die Leistung dieser Klassen im Fachwissenstest wurde mit der Leistung von Parallelklassen an denselben Schulen verglichen. Außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler befragt, ob sie den Unterricht als strukturiert im Hinblick auf fachliche Konzepte wahrnehmen. Dazu wurde ein standardisierter Fragebogen mit 9 Items eingesetzt (siehe Abbildung 7). Es ist kritisch anzumerken, dass im Rahmen des Projekts keine weiteren Kontrollvariablen erhoben werden konnten und die Ergebnisse daher mit gewissen Unsicherheiten behaftet sind. Außerdem ließen sich aus organisatorischen Gründen nur recht kleine Stichproben realisieren.

Bitte kreuze an, in welchem Umfang die untenstehenden Aussagen auf deinen Chemieunterricht im **letzten Schuljahr** zutreffen.

	trifft völlig zu	trifft weit- gehend zu	trifft teil- weise zu	trifft kaum zu	trifft nicht zu
Der Chemieunterricht besteht aus vielen Einzelfakten, die für mich keinen erkennbaren Zusammenhang haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Der Chemieunterricht hat eine logische Struktur. Dinge, die ich am Anfang lerne, benötige ich später noch.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wenn wir im Chemieunterricht neue Dinge lernen, verdeutlicht mein Lehrer/meine Lehrerin, wie diese mit vorherigen Inhalten zusammenhängen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es gibt wichtige Ideen/Erklärungen, die im Chemieunterricht bei verschiedenen Themen immer wieder auftauchen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich habe im Chemieunterricht oft das Gefühl, dass ich die Zusammenhänge und Erklärungen <u>nicht</u> verstehe.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chemieunterricht besteht aus vielen kleinen und abgeschlossenen Themen, die kaum etwas miteinander zu tun haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Im Chemieunterricht habe ich einen guten Überblick darüber, was wir bereits Wichtiges gelernt haben.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ich weiß, was man unter <i>Basiskonzepten</i> versteht.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mein Lehrer/meine Lehrerin nutzt <i>Basiskonzepte</i> , um die Unterrichtsinhalte einzuordnen.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 7: Selbsteinschätzungsbogen für Schülerinnen und Schüler

Für den Leistungstest im ersten Lernjahr liegen Daten von 61 Schülerinnen und Schülern in der Kontrollgruppe und von 76 Schülerinnen und Schülern in der Interventionsgruppe vor. Für das zweite Lernjahr konnten die Daten von 50 Schülerinnen und Schülern in der Kontrollgruppe und von 56 Schülerinnen und Schülern in der Interventionsgruppe analysiert werden. Daten zur Unterrichtswahrnehmung liegen von insgesamt 72 Schülerinnen und Schülern vor; aufgrund der kleinen Stichprobe wurden für die Analyse beide Lernjahre zusammengefasst.

Während sich die Leistungen im ersten Lernjahr noch nicht voneinander unterschieden (siehe Abbildung 8), lässt sich im zweiten Lernjahr ein Unterschied zugunsten der Interventionsgruppe erkennen. Dieser ist aufgrund der relativ kleinen Stichprobe zwar nicht signifikant ($p=.158$), lässt aber vermuten, dass der Unterricht mit der Map den Lernerfolg erhöht (siehe Abbildung 9). Insgesamt sind die Leistungen in der Interventionsgruppe homogener als in der Kontrollgruppe.

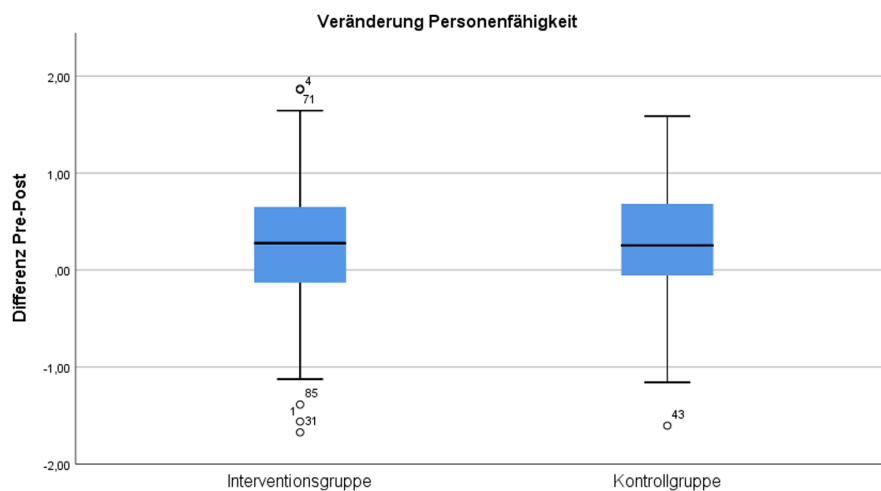


Abbildung 8: Vergleich Fachwissen 1. Lernjahr (Box-Plot-Darstellung)

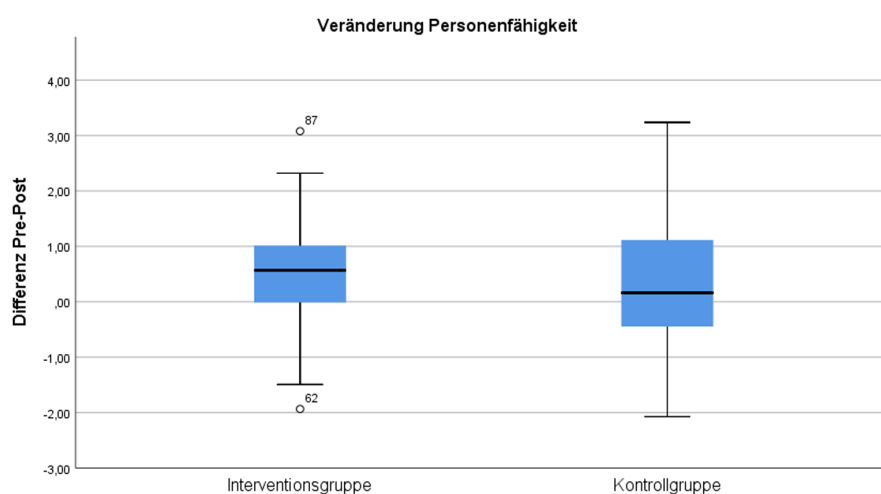


Abbildung 9: Vergleich Fachwissen 2. Lernjahr (Box-Plot-Darstellung)

Bezogen auf die Wahrnehmung der fachlichen Strukturen im Unterricht lässt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zugunsten der Interventionsgruppe beobachten (siehe Abbildung 10), dieser ist statistisch auch signifikant ($p < .05$).

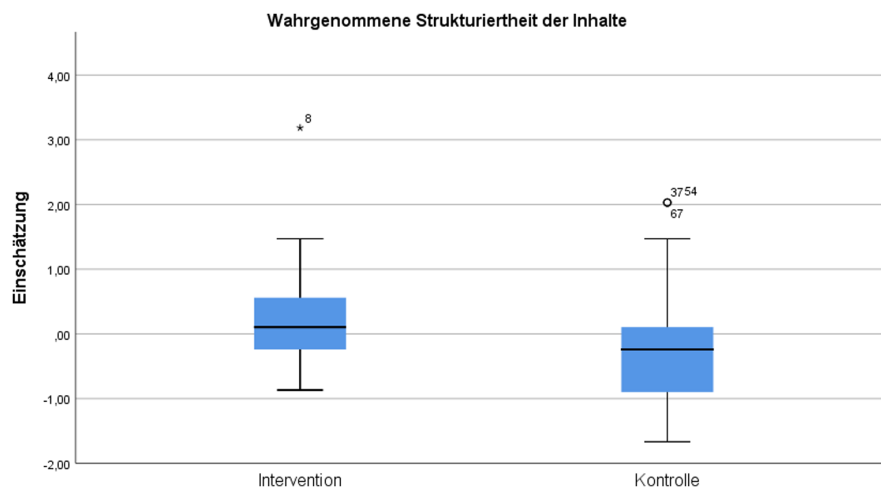


Abbildung 10: Wahrgenommene Strukturiertheit der Inhalte (Box-Plot-Darstellung)

Trotz methodischer Einschränkungen aufgrund der relativ kleinen Stichprobe und der begrenzten Kontrollmöglichkeiten lassen sich aus der Evaluation des Projekts positive Schlüsse ableiten. In beiden Jahrgangsstufen ist der Unterricht mit der Map in Bezug auf den Wissenserwerb dem konventionellen Unterricht nicht unterlegen. Im zweiten Lernjahr, in dem vernetztes Wissen zunehmend bedeutsamer wird, lässt sich ein Vorteil für die Interventionsgruppe erkennen. In Bezug auf die Wahrnehmung sind die Ergebnisse sogar noch eindeutiger. Hier lässt sich ein statistisch signifikanter Vorteil der Interventionsgruppe feststellen.

Erfahrungen zum Einsatz der Strukturierungs-Map

Im Laufe des Projekts wurden für die Strukturierungs-Map verschiedene Einsatzmöglichkeiten im Unterricht entwickelt.

Tabelle 1: Einsatzmöglichkeiten der Strukturierungs-Map im Unterricht

Einsatzmöglichkeit	Beschreibung/Beispiele
1. Einsatz zum Wiederholen, Üben und Festigen der Fachinhalte (Kernideen)	<ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung einer Kernidee-Formulierung, die zum vorangegangenen Unterricht gehört, daraufhin eigenständige Entwicklung der dazugehörigen Erwartungen als Mind-Map durch die Schülerinnen und Schüler • Reflexion des Lernertrags hinsichtlich einer bestimmten Kernidee, z. B. durch Vorgabe von drei Begrifflichkeiten zu dieser Kernidee zwecks Triadenbildung (siehe Abbildung 11) • ...
2. Einsatz zur Strukturierung der Fachinhalte einer Unterrichtseinheit (Verdeutlichung von Zusammenhängen)	<ul style="list-style-type: none"> • Sortieren mehrerer Kernideen am Ende einer Unterrichtseinheit bspw. als „Puzzle“ oder Fließdiagramm, um eine logische Reihenfolge festzulegen, Abhängigkeiten zu veranschaulichen und ggf. Abgleich der erarbeiteten Anordnung mit der Strukturierungs-Map • Präsentation eines Ausschnitts der Strukturierungs-Map (z. B. für ein Lernjahr oder Halbjahr) als Überblick mit einer Liste der Erwartungen und Fehlvorstellungen zum Abhaken für die Schülerinnen und Schüler (z. B. durch das Hineinschreiben des Datums) im Sinne eines Advance Organizers • Auflistung und Ordnung aller Fachinhalte, die einer bestimmten Kernidee vorgeschaltet sein müssen (ggf. Arbeit mit einem „Begriffspool“, evtl. auch inklusive falscher Begrifflichkeiten, siehe Abbildung 11) • ...
3. Einsatz zur Diagnose	<ul style="list-style-type: none"> • Die zur Strukturierungs-Map gehörenden Diagnoseaufgaben in Form von Multiple-Choice-Aufgaben können mit wenig Zeitaufwand regelmäßig eingesetzt werden, um den Schülerinnen und Schülern Rückmeldung über ihr Verständnis der Kernideen und ihren Lernfortschritt zu geben. • Vorgabe einer lückenhaften Strukturierungs-Map zwecks Vervollständigung der Kernideen • Erwartungen von Kernideen in offenen Aufgabenformaten abfragen • Zuordnung konkreter Kompetenzen aus dem KLP zu bestimmten Kernideen der Strukturierungs-Map durch die Schülerinnen und Schüler vornehmen lassen • ...
4. Einsatz zum Erschließen neuer Fachinhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Antizipation möglicher Erwartungen einer direkt folgenden Kernidee auf der Basis des vorhandenen Vorwissens von den Schülerinnen und Schülern, um die Verknüpfung und die Abhängigkeit von Fachinhalten bewusst zu machen (in Anlehnung an die Methode des reziproken Lesens) • Planung von Experimenten durch die Schülerinnen und Schüler ausgehend von vorgelegten Kernideen • ...

Beispiel 1 zum Einsatz der Map

Zum Üben und Festigen der Kernideen Struktur der Materie, Lernjahr II, Idee 11 und 14: „Aus der Bildung der Ionen resultiert die Ionenbindung“ und „Salze sind aus Ionen aufgebaut“ wurde den Schülerinnen und Schülern der Auftrag gegeben, aus den vorgegebenen drei Begriffen jeweils einen Satz zu bilden. Es handelt sich hierbei um eine Triaden-Bildung. Der Triaden-Test erfragt Zusammenhangswissen, indem zwei Begriffe im Kontext eines dritten Begriffs in Beziehung gesetzt werden müssen. Er dient im Wesentlichen der Erfassung von Zusammenhangswissen und wurde von Sumfleth (1987) entwickelt.

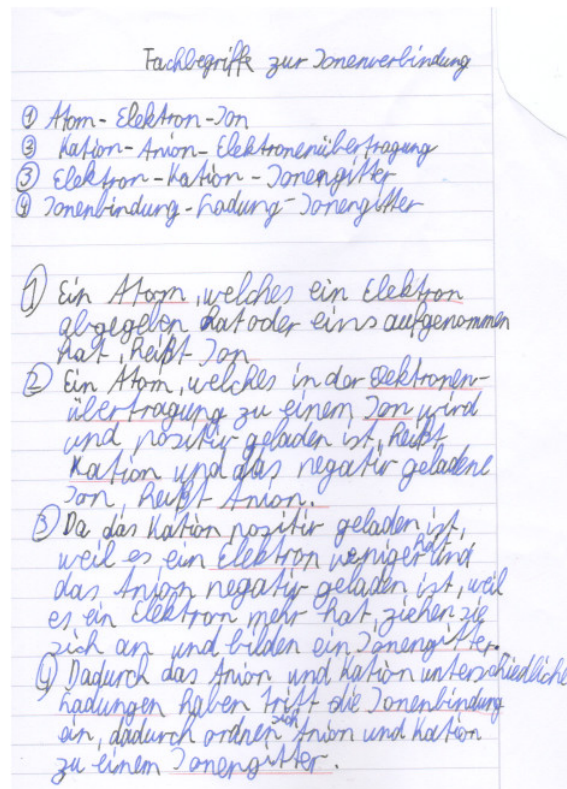


Abbildung 11: Beispiel eines Schüler-Ergebnisses zum Einsatz der Map als Übung und Festigung

Beispiel 2 zum Einsatz der Map

An einer Gesamtschule wurde die Strukturierungs-Map im zweiten Lernjahr in einem Chemie-E-Kurs eingesetzt. Hierbei wurden die Strukturierungs-Map und die Kernideen zum Wiederholen, Üben und Festigen der Inhalte des ersten Lernjahres eingesetzt. Die Absicht bestand darin, den Schülerinnen und Schülern die Map als Unterrichtsinstrument vertraut zu machen. Als Erstes wurde die Map im Übersichtsformat vorgestellt. Jede Schülerin und jeder Schüler erhielt ein persönliches Exemplar. Die zu den Kernideen gehörenden Schülererwartungen und -vorstellungen wurden erläutert. Den Schülerinnen und Schülern wurde jeweils eine Zusammenstellung der Kernideen mit Erwartungen und Vorstellungen gruppiert nach den Basiskonzepten des ersten und zweiten Lernjahres an die Hand gegeben. Bei der Wiederholung wurden zuerst die Kernideen der Basiskonzepte *Struktur der Materie*, danach die der *Chemischen Reaktion* und zum Schluss die Kernideen des Basiskonzepts *Energie* besprochen. Die Schülerinnen und Schüler kennzeichneten selbstständig in ihrer eigenen Map die bereits erarbeiteten Kernideen mit Datum der Fertigstellung.

Den Kernideen wurden die im ersten Lernjahr durchgeführten Versuche zugeordnet.

Motivierend für die Schülerinnen und Schüler war die Vielzahl der gekennzeichneten Kernideen in der Map. Diese vermittelten ihnen eine positive Rückmeldung über ihren Wissenszuwachs im Verlauf des ersten Lernjahres.

Bei den neuen Themen des zweiten Lernjahres wurden die Map und die Kernideen mit ihren Erwartungen und Fehlvorstellungen wiederum zur Reflexion des Gelernten eingesetzt und der Wissensstand der Schülerinnen und Schüler in der Map mit Datum der Fertigstellung der erarbeiteten neuen Kernideen eingetragen. Bei der Erarbeitung der neuen Unterrichtsinhalte diente die Map nicht nur als roter Faden durch den Unterricht, sondern vielmehr als vernetztes Leitgerüst. Hierbei ließ sich beobachten, dass die Schülerinnen und Schüler sehr schnell miteinander ins Gespräch kamen und rege Fachdiskussionen führten, wobei sie sich sicher in den Inhalten der Chemie bewegten. Sie nahmen die Sachverhalte schneller auf und erkannten die chemischen Zusammenhänge besser als im Unterricht ohne Einbinden der Map.

Beispiel 3 zum Einsatz der Map

Zur Strukturierung der Fachinhalte einer Unterrichtseinheit bekamen die Schülerinnen und Schüler den Auftrag, aufzuschreiben und zu sortieren, welche Inhalte für das Verständnis eines Ionengitters notwendige Voraussetzungen sind: „Was muss vorher im Chemieunterricht behandelt worden sein, damit man das Ionengitter verstehen kann? Sortiert diese Inhalte in einer Reihenfolge“ (siehe Abbildung 12).

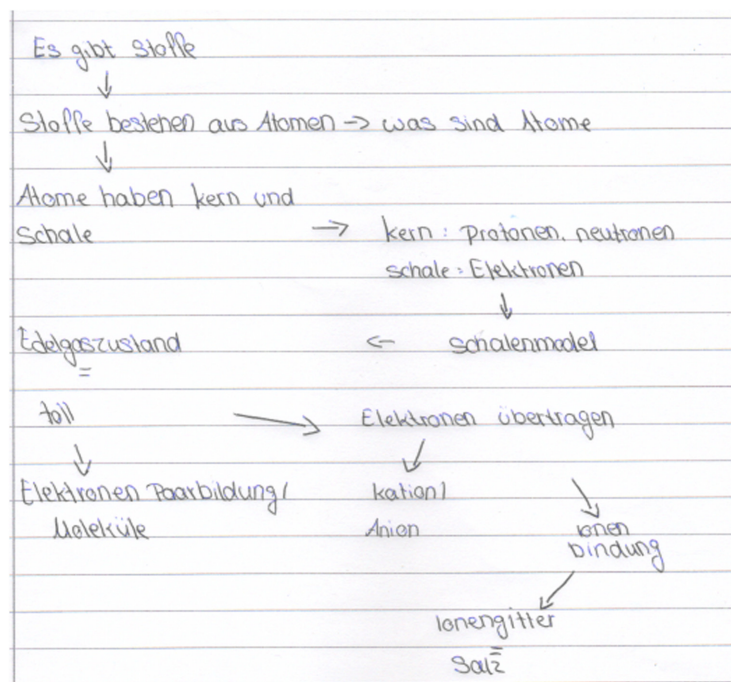


Abbildung 12: Beispiel eines Schülerinnen-Ergebnisses zum Einsatz der Map als Strukturierung

Für die Strukturierungs-Map und das Begleitmaterial können vermutlich noch weitere Einsatzmöglichkeiten gefunden werden. So könnten die Lernenden mit der Map mittels Selbstreflexion ihren Lernzuwachs mithilfe eines Ampelsystems überprüfen (grün: alles verstanden, gelb: kleinere Schwierigkeiten, rot: größere Schwierigkeiten). Ebenso ist es auch möglich, nicht mittels eines Am-

pelsystems, sondern anhand von ausgewählten Diagnoseaufgaben Fachinhalte zu überprüfen.

4 Fazit

Die empirischen Untersuchungen der Fachdidaktik Universität Duisburg-Essen haben viele der von der Arbeitsgruppe postulierten Abhängigkeiten in der Strukturierungs-Map bestätigen können. Die Untersuchung dieser Abhängigkeiten lag im Fokus der wissenschaftlichen Begleitung. Ausgehend von den hier erzielten Ergebnissen lässt sich sagen, dass diese Map eine gesicherte Arbeitsgrundlage zum Einsatz im Unterricht und zur Planung von Unterricht darstellt.

Die Auswertung des Selbsteinschätzungsbogens zum Chemieunterricht (siehe Abbildung 7) ergab statistisch signifikant, dass die Schülerinnen und Schüler den Chemieunterricht mit dem Einsatz der Map strukturierter erfahren und sich einen guten Überblick und ein besseres Verständnis zusprechen. Der häufig von Lernenden geäußerte subjektive Eindruck „Zusammenhänge und Erklärungen würden nicht verstanden“ oder die Einschätzung, „Chemieunterricht bestehe aus vielen Einzelfakten, die keinen erkennbaren Zusammenhang aufweisen“, haben sich nach dem Einsatz der Strukturierungs-Map deutlich hin zu Aussagen, „der Chemieunterricht habe eine logische Struktur und Sachverhalte, die sie am Anfang gelernt haben, benötigten sie später noch“ oder „sie hätten einen guten Überblick darüber, was sie bereits Wichtiges gelernt hätten“ sowie „es gäbe wichtige Erklärungen, die im Chemieunterricht bei verschiedenen Themen immer wieder auftauchen“ entwickelt. Dies zeigt, dass die Schülerinnen und Schüler eine veränderte Wahrnehmung für die Struktur des Faches Chemie gegenüber ihren Lernerfahrungen vor dem Einsatz der Strukturierungs-Map entwickelt haben.

Wenngleich aufgrund der kleinen Stichprobe eingebundener Lerngruppen ein signifikanter Nachweis einer offensichtlichen Erhöhung des Lernertrags knapp verfehlt wurde, ist auf der Grundlage des erzielten Ergebnisses dennoch eine klare Tendenz hinsichtlich einer Verbesserung des Fachwissens zu verzeichnen.

Vielfältige Einsatzmöglichkeiten der Strukturierungs-Map für den Unterricht wurden in diesem Artikel vorgestellt und die von der Arbeitsgruppe praktisch ausprobierten Unterrichtsanswendungen dokumentiert. Aufgrund der aufgezeigten Verknüpfungsmöglichkeiten der Strukturierungs-Map mit Kompetenzen auch aus allen anderen Kompetenzbereichen lässt sie sich für die konkrete Unterrichtsplanung und -durchführung sinnvoll nutzen.

In der Unterrichtsvorbereitung kann die Strukturierungs-Map zukünftig nicht nur Referendarinnen und Referendaren, Berufseinsteigenden und Seiteneinsteigenden ein unterstützendes Instrument sein. Auch erfahrene Fachkolleginnen und -kollegen können davon profitieren, indem sie die Strukturierungs-Map und das zugehörige Material in den Bereichen Diagnose, Wiederholung und Übung einsetzen.

Literatur

- Abbott, S. (2014). *The Glossary of Education Reform. Learning Progression*. Verfügbar unter <https://www.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.
- Bernholt, S., Höft, L. & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht – Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft* 48 (1), 35–59.
- Celik, K. & Walpuski, M. (2018). Learning Progression – Erwerb von fachlichen Kompetenzen in Chemie. In C. Maurer (Hrsg.), *Qualitätvoller Chemie- und Physikunterricht – normative und empirische Dimensionen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Regensburg 2017 (S. 142). Regensburg: Universität Regensburg.
- Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen – kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler. *Physikdidaktik* (S. 657–678). Berlin/Heidelberg/New York: Springer.
- Fortus, D., Sutherland Adams, L. M., Krajcik, J. S. & Reiser, B. J. (2015). Assessing the role of curriculum coherence in student learning about energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 52 (10), 1408–1425.
- Holländer, M. & Melle, I. (2012). Die Effektivität des Advance Organizers im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 65 (1), 44–52.
- Hostenbach, J. & Walpuski, M. (2013). Untersuchung der Einflussfaktoren auf die Bewertungskompetenz im Fach Chemie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 19, 129–157.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7 (2), 75–83.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW) (2011). *Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I. Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Düsseldorf. Verfügbar unter https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/130/KLP_GE_NW.pdf [22.07.2020].
- Niedderer, H. (1974). *Grundbegriffe, Funktionen und Abgrenzung der Sachstrukturanalyse im Curriculumprozess*. IPN-Materialien. Kiel: IPN.
- 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: Waxmann.
- Qualitäts- und UnterstützungsAgentur – Landesinstitut für Schule des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2018). *SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten. Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (Beiträge zur Schulentwicklung Praxis). Münster: Waxmann.
- Seel, N. M. (2000). *Psychologie des Lernens*. Stuttgart: UTB.
- Shin, N., Choi, S.-Y., Stevens, S. Y. & Krajcik, J. S. (2019). The impact of using coherent curriculum on students' understanding of core ideas in chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17 (2), 295–315.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (2019). *IQB-Bildungstrend 2018. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Sumfleth, E. (1987). Über den Zusammenhang zwischen Schulleistung und Gedächtnisstruktur. Eine Untersuchung zu Säure-Base-Theorien. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie* 21, 29–35.
- Walpuski, M. & Ropohl, M. (2011). Einfluss des Testaufgabendesigns auf Schülerleistungen in Kompetenztests. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 124/125 (22), 82–86.

Projektgruppe

Prof. Dr. Maik Walpuski, Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen

Kübra Celik, Fachdidaktik Chemie der Universität Duisburg-Essen

Ines Op de Hipt, Ministerium für Schule und Bildung des Landes NRW

Jens Austermann, QUA-LiS NRW

Christin Theyßen, ZfsL Duisburg

Veronika Wolters, Gesamtschule Nettetal

Marc Lomberg, Franz-Haniel-Gymnasium Duisburg

Alexander Rother, Robert-Schuman-Europaschule Willich

Angelika Schwarz, Anne-Frank-Gesamtschule Rheinkamp / Moers

Michael Schön, Anne-Frank-Gesamtschule Rheinkamp / Moers

Sarah Schiemenz, Gesamtschule Duisburg Meiderich

Christoph Mentrup, Gesamtschule Duisburg Meiderich

Ein besonderer Dank gilt Hartmut Melzer, der das Projekt initiiert hat.