

Chemie vernetzt vermitteln – Diagnose aufgabenbasierter Lernanlässe

Theoretischer Hintergrund

Im IQB-Bildungstrend 2018 wird deutlich, dass sich die Leistungen im Unterrichtsfach Chemie im Vergleich zu 2012 tendenziell verschlechtert haben und die Kompetenzwerte im Bereich Fachwissen nordrhein-westfälischer Schüler:innen signifikant unter dem bundesweiten Mittelwert liegen (Holtmann et al., 2019). Als Herausforderung wird der hierarchische Aufbau des Fachwissens im Chemieunterricht genannt, sodass „Defizite aus früheren Lernphasen ein späteres Lernen nahezu unmöglich machen“ (Rother & Walpuski, 2020). Des Weiteren fehlt Schüler:innen die Sichtbarkeit eines roten Fadens im Lernprozess, was dazu führt, dass „naturwissenschaftlicher Unterricht durch die Schülerinnen und Schüler als eine Abfolge von ‚Fakten‘ wahrgenommen wird, die schlichtweg auswendig gelernt, aber nicht zwangsläufig verstanden werden müssen“ (Bernholt et al., 2020).

Aus lernpsychologischen Erkenntnissen geht hervor, dass vernetzte Wissensstrukturen eine Voraussetzung für die nachhaltige Informationsaufnahme sowie Kompetenzentwicklung darstellen, sodass die bildungspolitische Forderung nach einem Unterricht, der vernetzungsorientiert gestaltet ist, deutlich wird (KMK, 2005; Rother & Walpuski, 2020). Eine mögliche Form der Förderung des vernetzten Lernens von Schüler:innen stellen aufgabenbasierte Lernanlässe dar d. h. Lerngelegenheiten, in denen Aufgaben für die Erarbeitung von Wissensinhalten eingesetzt werden. Als ein aufgabenbasierter Lernanlass wird hier eine Einheit aus den Phasen der Aufgabenentwicklung und -stellung (Instruktionsphase), der Aufgabenwahrnehmung und -bearbeitung durch die Schüler:innen (Konstruktionsphase) und der gemeinsamen Sicherung der Ergebnisse aus der Aufgabebearbeitung verstanden (vgl. Jatzwauk et al., 2008). Der Einsatz von so verstandenen aufgabenbasierten Lernanlässen bietet grundsätzlich das Potential, fachliche Lernprozesse von Schüler:innen zu initiieren und so zu strukturieren, dass sie zu einem vernetzten Wissenserwerb auf Seiten der Schüler:innen führen (Kleinknecht, 2019; Leuders, 2015). Obwohl der Einsatz aufgabenbasierter Lernanlässe im Schulkontext allgegenwärtig ist, deuten Studien darauf hin, dass Vernetzungsphasen selten im Unterricht stattfinden oder diese einen geringen kognitiven Anspruch aufweisen und nicht zwangsläufig zu einem vernetzten (Chemie-)Lernen der Schüler:innen beitragen (Jatzwauk et al., 2008; Wackermann & Hater, 2016).

Zur Bedeutung eines vernetzten Chemielernens

Aus lerntheoretischen Ansätzen geht hervor, dass ebenjene hierarchisch aufgebaute Wissensstrukturen für das erfolgreiche und nachhaltige Lernen jedoch von hoher Bedeutung sind (vgl. Gagné, 1970; Ausubel, 1974). Der Aufbau einer Wissensstruktur erfolgt durch kognitive Verarbeitungsprozesse der Lernenden, bei denen sie verschiedene Wissens-elemente (Begriffe) miteinander verknüpfen oder bestehende Verknüpfungen reorganisieren (Harms & Bündler, 1999). Durch Vernetzung soll eine hierarchische Gesamtstruktur aufgebaut werden, indem bekannte Wissens-elemente schrittweise zu Einheiten höherer Ordnung zusammengeführt und mit untergeordneten Begriffen verknüpft sowie beschrieben werden. Dies führt zur Abstraktion des Wissens, wodurch die Komplexität des verarbeiteten Wissens gesteigert wird und damit auch die Behaltensfähigkeit von vernetzten Fachinhalten im Vergleich zum isolierten

Faktenwissen größer ist (Fischer et al., 2007; Wackermann & Hater, 2016). Der Vernetzungsbegriff wird in zwei Arten ausdifferenziert: Horizontale Vernetzung beschreibt die fächerübergreifende Verknüpfung, wohingegen die vertikale Vernetzung die fachimmanente Verknüpfung von Unterrichtsinhalten ausdrückt (Neumann et al., 2008). Im *Modell der vertikalen Vernetzung* (Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008) wird weiter zwischen dem Vernetzungsniveau (Komplexität) und der Vernetzungsaktivität (kognitive Aktivität) unterschieden.

Die Implementation vertikaler Vernetzungsphasen in den Unterricht kann u.a. mittels aufgabenbasierter Lernanlässe erfolgen (Kleinknecht, 2019; Kleinknecht et al., 2014; Leuders, 2015). Auf den Chemieunterricht übertragen bedeutet das, dass Chemielehrende in Abhängigkeit von dem Vorwissen der Schüler:innen Aufgaben (entwickeln und) stellen, die die Schüler:innen zum selbstständigen und systematischen Auseinandersetzen mit chemischen Fachinhalten anregen. Dadurch wird das chemische Fachwissen für die Lernenden zum einen erweitert – Verknüpfung des neuen Wissens mit dem Vorwissen – und zum anderen flexibel nutzbar (Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008; Raguse & Weber-Peukert, 2018).

Diagnose aufgabenbasierter Lernanlässe in der Chemieunterrichtspraxis

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojekts ist es, aufgabenbasierte Lernanlässe in der Chemieunterrichtspraxis tiefgehend zu untersuchen, sowohl im Hinblick auf den vernetzungsorientierten Einsatz durch die Lehrenden im Verlauf einer gesamten Unterrichtsreihe (Erkenntnisse zu den Instruktionsphasen) als auch im Hinblick auf die Möglichkeit der Förderung des vernetzten Chemielernens von Schüler:innen (Erkenntnisse zu den Konstruktionsphasen). Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse sollen langfristig konkrete aufgabenbasierte Lernanlässe, die in ihrer Ausgestaltung das Potential zur Förderung eines fachinhaltlich vernetzten Chemielernens bergen, entwickelt, erprobt und evaluiert werden (Abb. 1).

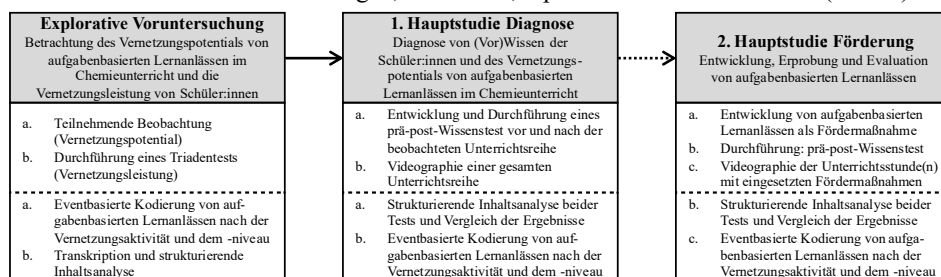


Abb. 1: Ablauf des Forschungsprojektes.

Ergebnisse der explorativen Voruntersuchung

Im Rahmen der durchgeführten explorativen Voruntersuchung wurden aufgabenbasierte Lernanlässe im Chemieunterricht teilnehmend beobachtet, um die Passung dieser Erhebungsmethodik zur Erfassung der Phasen aufgabenbasierter Lernanlässe zu prüfen. Durch die teilnehmende Beobachtung sollen zum einen Einblicke in die konkrete chemieunterrichtliche Praxis gewonnen und zum anderen Erkenntnisse zu einem möglichen methodischen Vorgehen gesammelt werden, die zur Erhebung von fachinhaltlicher Vernetzung innerhalb von Instruktions-, Konstruktions- sowie Sicherungsphasen im Rahmen von aufgabenbasierten Lernanlässen geeignet sind. Insgesamt wurden $N = 27$ aufgabenbasierte Lernanlässe in 10 beobachteten Doppelstunden dreier Chemielehrender der Jahrgangsstufen 8 und 9 erhoben und hinsichtlich des Modells der vertikalen Vernetzung (vgl. Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008) ausgewertet. Es zeigt sich, dass das Abstraktionsniveau der aufgabenbasierten Lernanlässe im

Verlauf der jeweiligen Chemieunterrichtsstunden durch den Einsatz von zunehmend komplexeren, kognitiv aktivierenderen Aufgaben ansteigt (Pfeil in Tab. 1). Damit weisen die beobachteten Lernanlässe ein sukzessiv steigendes Vernetzungspotential auf. Dieses Ergebnis deckt sich nicht mit Ergebnissen anderer Studien (vgl. Jatzwauk et al. 2008, Podschuweit et al. 2016, Wackermann & Hater, 2016), sodass die Eignung der teilnehmenden Beobachtung für dieses Vorhaben überdacht werden muss.

Im beobachteten Unterrichtsgeschehen wurden die Schüler:innen zudem selten explizit durch die Aufgabenstellung oder im Unterrichtsgespräch auf die Vernetzungs- bzw. Abstraktionsmöglichkeiten der Inhalte hingewiesen (vgl. Wackermann & Hater, 2016). Um deshalb Erkenntnisse zu erhalten, ob Schüler:innen, trotz fehlender expliziter Vernetzung durch die Lehrperson, Inhalte miteinander verknüpfen können, wurde im Rahmen der explorativen Voruntersuchung ein Triadentest (in Anlehnung an Sumfleth, 1987) mit einer der beobachteten Klassen durchgeführt ($n_{\text{Schüler:innen}} = 20$).

Die Vernetzungsleistung der Schüler:innen wurde durch Formulierungen von Zusammenhängen zwischen drei vorgegebenen Begriffen (Triade) erhoben. Insgesamt wurden zwei Triaden zum Thema *Wasser und Polarität* durch die Schüler:innen gebildet. Die Schülerantworten wurden hinsichtlich ihrer fachlichen Angemessenheit im Sinne des Begriffsverständnisses und in Bezug auf die angemessene Darstellung des Zusammenhanges der gewählten Begriffe ausgewertet.

Die Ergebnisse des Triadentests (Tab. 2) zeigen, dass überwiegend fachlich unangemessene Zusammenhänge ($K_{2a/b}$) formuliert wurden (T1.17: „Die Dipol-Ionen-Wechselwirkung wirkt sich auf die Polarität aus. Das führt zum Lösen von Salzen“), was daraufhin deutet, dass Schüler:innen ein geringes zusammenhängendes Wissen besitzen. Einen möglichen Grund können Fachwissenslücken darstellen, da die Hälfte der Schüler:innen durch Unterstreichen der vorgegebenen Begriffe angaben, dass diese Begriffe unklar bzw. unbekannt sind oder ein falsches Verständnis bezüglich der Begriffe in den Formulierungen aufweisen (K_{2a} : Lücken im Faktenwissen).

Ausblick

Auf Grundlage dieser Erkenntnisse soll so das Vorwissen, das als Grundlage für das fachinhaltlich vernetzte Lernen gilt (vgl. Rother & Walpuski, 2020), näher betrachtet werden. Gleichzeitig soll die Datengrundlage zur Erhebung des Vernetzungspotentials von aufgabenbasierten Lernanlässen im Chemieunterricht um eine Videodokumentation einer gesamten Unterrichtsreihe erweitert werden (vgl. Tab. 1). So soll es möglich sein, die fachliche Progression und Vernetzung innerhalb einer Unterrichtsreihe zu erfassen und dabei gleichzeitig die einzelnen Phasen explizit zu dokumentieren.

Tab. 1: Kodierung aufgabenbasierter Lernanlässe ($N = 27$) hinsichtlich ihres Vernetzungsniveaus und ihrer Vernetzungsaktivität – Modell der vertikalen Vernetzung – (vgl. Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008).

Vernetzungsaktivität	Erinnern	Strukturieren	Elaborieren
Vernetzungsniveau			
Übergeordnetes Konzept	0	1	14
Verbundene Zusammenhänge	0	1	1
Unverbundene Zusammenhänge	0	2	0
Zusammenhang	1	2	1
Mehrere Fakten	3	1	0
Fakt	0	0	0

Tab. 2: Kodierung der Schüleraussagen des Triadentests.

Kategorien ($N_{\text{Schüler:innen}} = 20$)	1. Triade	2. Triade
	Fachlich angemessen	0
Fachlich unangemessen	9	12
	8	5
	3	0

Literatur

- Ausubel, D. P. (1974). *Psychologie des Unterrichts*. Beltz.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00065-4>
- Bruder, R., Hefendehl-Hebeker, L., Schmidt-Thieme, B., & Weigand, H.-G. (Hrsg.). (2015). *Handbuch der Mathematikdidaktik*. Springer.
- 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 (Hrsg.), *Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (S. 657–678). Springer.
- Gagné, R. M. (1970). *Conditions of learning*. Holt, Rinehart & Winston.
- Harms, U., & Bündler, W. (1999). *Zuwachs von Kompetenzen erfahrbar machen: Kumulatives Lernen*. <https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/26634e9f-e013-4747-bb69-04cb3c03d937/modul5.pdf> (Zugriff am 11.10.2023).
- Holtmann, M., Becker, B., & Weirich, S. (2019). Mittelwerte und Streuungen der in den naturwissenschaftlichen Fächern erreichten Kompetenzen. In P. Stanat, S. Schipolowski, N. Mahler, S. Weirich, S. Henschel, & R. A. Lorz (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2018: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich* (S. 213–236). Waxmann.
- Jatzwauk, P., Rumann, S., & Sandmann, A. (2008). Der Einfluss des Aufgabeneinsatzes im Biologieunterricht auf die Lernleistung der Schüler – Ergebnisse einer Videostudie. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 14, 263–282.
- Kircher, E., Girwidz, R. & Häußler, P. (Hrsg.). (2007). *Physikdidaktik. Theorie und Praxis*. Springer.
- Kleinknecht, M. (2019). Aufgaben und Aufgabenkultur. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 12(1), 1–14.
- Kleinknecht, M., Bohl, T., Maier, U., & Metz, K. (2014). Aufgaben und Aufgabenkulturen. *Unterricht Chemie*, 142, 10–13.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Luchterhand.
- Lankes, E.-M. (Hrsg.) (2008). *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*. Waxmann.
- Leuders, T. (2015). Aufgaben in Forschung und Praxis. In R. Bruder, L. Hefendehl-Hebeker, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 435–460). Springer.
- Neumann, K., Fischer, H. E., & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung*, (S. 141–151). Waxmann.
- Raguse, K., & Weber-Peukert, G. (2018). Lernaufgaben. In K. Sommer, J. Wambach-Laicher, & P. Pfeifer, *Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht* (S. 414–426). Aulis.
- Roß, J. (Hrsg.). (2020). *SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung. Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern*. wbv Media GmbH & Co. KG.
- Rother, A., & Walpuski, M. (2020). Vernetztes Lernen im Chemieunterricht. In J. Roß (Hrsg.), *SINUS.NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung: Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern* (S. 83–100). wbv Media GmbH & Co. KG.
- Sommer, K., Wambach-Laicher, J., & Pfeifer, P. (Hrsg.). (2018). *Konkrete Fachdidaktik Chemie. Grundlagen für das Lernen und Lehren im Chemieunterricht*. Aulis.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S., Henschel, S., & Lorz, R. A. (Hrsg.). (2019). *IQB-Bildungstrend 2018: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. 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.
- Wackermann, R., & Hater, J. (2016). Der Einfluss der Stundenlänge (45 vs. 60 Minuten) auf ausgewählte Aspekte der Unterrichtsqualität im Physikunterricht am Gymnasium. *Perspectives in Science*, 10, 1–12.