

Untersuchung von Vernetzung im Chemieunterricht

Ausgangspunkt

Aus lernpsychologischen Erkenntnissen geht hervor, dass vernetzte Wissensstrukturen eine Voraussetzung für die Informationsaufnahme sowie Kompetenzentwicklung darstellen. Aus bildungspolitischer Sicht wird daher ein vernetzungsorientierter Unterricht gefordert, in dem die Schüler:innen die Möglichkeit erhalten, ihr neu erworbenes Wissen mit ihrem bestehenden Vorwissen zu verknüpfen und dieses so in eine eigene, übergeordnete Wissensstruktur zu implementieren. Dadurch soll das chemische Fachwissen langfristig nicht nur additiv, sondern kumulativ erweitert werden, um dieses flexibel in unterschiedlichen Anforderungssituationen nutzen zu können (vgl. KMK, 2024; Neumann et al., 2008).

Schulleistungstests, wie die beispielsweise des IQB zeigen, dass sich die Ergebnisse im Fach Chemie in den letzten Jahren verschlechtert haben (Holtmann et al., 2019). Des Weiteren ist bei den PISA-Ergebnissen ein konstanter Abstieg der naturwissenschaftlichen Kompetenz seit 2009 zu verzeichnen (Köller, 2024). Als mögliche Ursachen dieser Diskrepanz zwischen den curricularen Vorgaben, die Vernetzung im Chemieunterricht zu berücksichtigen versuchen und den Schülerleistungen werden neben dem hierarchischen Fachwissensaufbau und dem Fehlen eines roten Fadens für den Lernprozess der Schüler:innen noch weitere unterrichtsspezifische Aspekte genannt, wie z.B. das mangelnde Angebot an vernetzendem Unterricht oder die geringe kognitive Aktivierung der Schüler:innen, sich vertieft mit einem Lerngegenstand auseinanderzusetzen. Damit „[...] kumulativ gelernt werden kann, [muss] vernetzt unterrichtet werden.“ (Neumann et al., 2008). Daher wird im Rahmen des Forschungsvorhabens das Unterrichtsgespräch als Interaktionsform näher untersucht, das zu einer am häufigsten realisierten Unterrichtsmethode zählt, um einen Einblick in die Vernetzung von schulischen Chemieinhalten innerhalb sprachlicher Interaktionen zu erhalten (vgl. Lipowsky et al., 2021).

Zielsetzung: Inhaltliche Vernetzung durch kognitiv anregende Unterrichtsgespräche

Unterrichtsgespräche stellen einen sichtbaren Rahmen für Interaktions- und die dadurch angeregten Lernprozesse dar (Lipowsky et al., 2021). Für das Lernen und Verstehen sind allerdings Merkmale der Tiefenstruktur entscheidender. Bezogen auf das Unterrichtsgespräch rückt damit die Betrachtung der Qualität der Unterrichtskommunikation hinsichtlich der kognitiven Aktivierung und der Art und Weise, wie die Schüler:innen durch die Lehrperson dazu angeregt werden, in den Vordergrund (Lipowsky et al., 2021; Reusser et al., 2021, Ufer et al., 2023). Kognitive Aktivierung, eine Basisdimension der Unterrichtsqualität, umfasst alle Maßnahmen, die zur Anregung einer vertieften Auseinandersetzung mit einem Unterrichtsgegenstand und damit zur Ausbildung (über-)fachlicher Kompetenzen sowie zur Förderung einer gut vernetzten und transferfähigen Wissensstruktur beitragen (Helmke & Weinert, 2022; Klieme, 2022; Kunter & Trautwein, 2018; Lipowsky, 2021; Reusser et al., 2021). Dabei zeigen Lipowsky et al. (2021) sowie Pauli und Reusser (2015), dass eine ko-konstruktive Gesprächsgestaltung in Korrelation zur kognitiven Aktivierung steht.

Vernetztes Lernen beschreibt die Verknüpfung verschiedener Wissens Elemente in einer Wissensstruktur, die durch kumulative Lernprozesse erfolgt (Harms & Bänder, 1999). Mit der

sukzessiven Steigerung der Komplexität der Wissensstruktur geht zum einen die höhere Behaltensfähigkeit im Vergleich zum isolierten Faktenwissen und zum anderen der geringere kognitive Aufwand beim Aufrufen von vernetzten Fachinhalten einher (Fischer et al., 2007; Mietzel, 2017; Kunter & Trautwein, 2018). Vernetzung kann dabei entweder horizontal (fächerübergreifend) oder vertikal (innerfachlich und zeitlich aufeinander aufbauend) erfolgen (Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008). Neumann et al. (2008) sowie Podschuweit et al. (2016) zeigen, dass das Vernetzungsniveau des Unterrichts mit den Schülerleistungen korreliert. Allerdings zeigen Studien, die verbale und schriftliche Lehrer-/ Schüleräußerungen sowie den Aufgabeneinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht untersucht haben, dass ein geringes (vertikales) Vernetzungsniveau vorliegt (vgl. Brückmann & Bernholt, 2013; Dietz, 2023; Jatzwauk et al., 2008; Neumann et al., 2008; Podschuweit et al., 2016; Wadouh, 2007). Aus diesem Grund zielt das Forschungsvorhaben darauf ab, kognitiv aktivierende Interaktionen im Unterrichtsgespräch als möglichen Einflussfaktor auf den vernetzten Wissensaufbau von schulischen Chemieinhalten zu untersuchen. Dabei sollen sowohl das Niveau der fachhaltlichen Vernetzung in Unterrichtsgesprächen als auch die vernetzungsorientierten Interaktionen zwischen Lehrperson und Schüler:innen diagnostiziert werden.

Methodisches Vorgehen

Es handelt sich um eine qualitative Einzelfallstudie einer auf Video aufgezeichneten Unterrichtsreihe zum Thema Elektrochemie (vgl. MSB NRW, 2019) einer neunten Klasse des Gymnasiums (NRW). Für die videographische Erhebung wurden zwei Kameraperspektiven, im vorderen (gerichtet auf die Schüler:innen) und hinteren Teil des Raumes (gerichtet auf die Lehrperson), gewählt. Zusätzlich wurde die Lehrperson mit einem tragbaren Diktiergerät ausgestattet. Insgesamt wurden 18 Unterrichtseinheiten je 45 Minuten aufgezeichnet (in Abb. 1 als A–R gekennzeichnet).

Der Fokus der Auswertung liegt auf den sprachlichen Interaktionen im Plenum, sodass die Auswertung auf Basis der Unterrichtsgesprächstranskripte erfolgt. Für die Kodierung der Unterrichtsgespräche wurden die aufgezeichneten Unterrichtseinheiten in mehreren Strukturierungsprozessen zusammengefasst, sodass relevante Unterrichtsgespräche selektiert, weiter strukturiert und kodiert wurden. Dieser Auswertungsablauf inklusive Kategoriensystem ist in Abbildung 1 dargestellt.

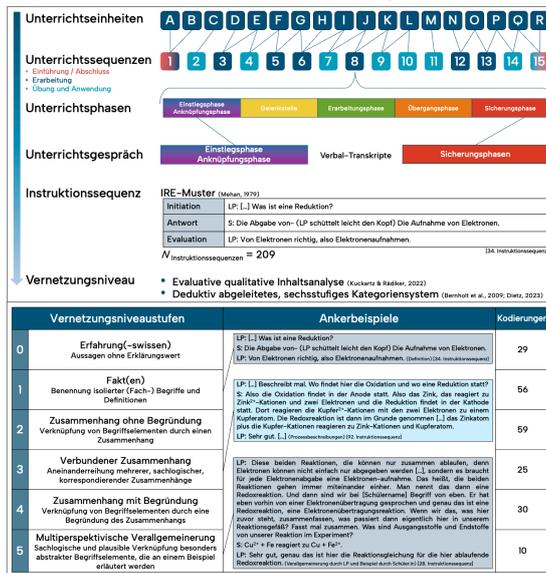


Abb. 1: Selektion, Strukturierung und Kodierung der Unterrichtsgespräche (eigene Darstellung).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt entsprechen die meisten Instruktionen der ersten bzw. zweiten Vernetzungsniveaustufe, die mehr als die Hälfte der gesamt kodierten Instruktionen ausma-

chen (n_1 , Fakt(en) = 56; n_2 , Zusammenhang ohne Begründung = 59 von $N = 209$). Die beobachteten Unterrichtsinteraktionen bleiben überwiegend auf einem geringen Vernetzungsniveau und erreichen selten die höchste Stufe (n_5 , Multiperspektivische Verallgemeinerung = 10), das sich mit den Ergebnissen anderer Studien deckt (vgl. Brückmann & Bernholt, 2013; Dietz, 2023; Jatzwauk et al., 2008; Neumann et al., 2008; Podschuweit et al., 2016; Wadouh, 2007).

Des Weiteren wurden die Instruktionen hinsichtlich ihrer Initiation und der Ausführung (Reply) betrachtet. Dabei konnten fünf vernetzungsorientierte Interaktionsformen identifiziert werden, die in Abbildung 2 dargestellt sind.

	I Lehrergesteuerte Vernetzung	II Schülergelenkte Vernetzung	III Ko-konstruktive Vernetzung	IV Schülergestützte Vernetzung	V Schülergesteuerte Vernetzung
Initiierung durch	Lehrperson	Schüler:innen	Lehrperson	Lehrperson	Schüler:innen
Ausführung durch	Lehrperson	Lehrperson	Schüler:innen mit Lehrperson	Schüler:innen	Schüler:innen
Lehrerlenkung			Schülerlenkung		
kognitiver Anspruch der Lernaktivität					

Abb. 2: Vernetzungsorientierte Interaktionsformen (eigene Darstellung).

Von Typ 1 (Lehrergesteuerte Vernetzung) zu Typ 5 (Schülergesteuerte Vernetzung) nimmt das Potential der kognitiven Aktivierung kontinuierlich zu. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Schüler:innen zunehmend aktiver in den Lernprozess einbezogen werden und dadurch die Verarbeitungstiefe gesteigert wird. Während Typ 1 eher auf Reproduktion von Wissen ausgerichtet ist, bieten Typ 4 und Typ 5 das Potential der Förderung einer tieferen, selbstständigeren kognitiven Auseinandersetzung mit dem Fachinhalt an, was langfristig zu einem besseren Verständnis und einer höheren Kompetenz der Lernenden führen kann (vgl. Fischer et al., 2007; Kunter & Trautwein, 2018; Lipowsky, 2021; Mietzel, 2017; Reusser et al., 2021).

Implikationen, Limitationen und Ausblick

Trotz dem geringen Vernetzungsniveau in der beobachteten Unterrichtsreihe konnten fünf potenzielle Interaktionsformen für den vernetzten Wissenserwerb im Chemieunterricht abgeleitet werden, die als mögliches Diagnoseinstrument zur Erhebung und Untersuchung kognitiver Aktivierungspotentiale in Unterrichtsinteraktion herangezogen werden können. Die Diagnoseergebnisse können dann zur Steigerung der kognitiven Lernaktivität durch die Übernahme der Initiierung sowie Ausführung fachinhaltlicher Vernetzung durch die Schüler:innen beitragen, um damit den Aufbau einer gut vernetzten und transferfähigen Wissensstruktur zu fördern (vgl. Kunter & Trautwein, 2018).

Mit der Betrachtung der Unterrichtsgespräche innerhalb einer Unterrichtsreihe ergeben sich auch Limitationen. Zum einen ist das Ergebnis nur auf das untersuchte Inhaltsfeld beschränkt und zum anderen wird versucht durch die sichtbaren Unterrichtsaktivitäten auf die inneren Denkkategorien der Lernenden zu schließen. Des Weiteren werden nicht alle Denkkategorien durch das Gespräch im Plenum sichtbar, da sich nicht alle Schüler:innen gleichermaßen am Unterrichtsgespräch beteiligen (vgl. Reusser et al., 2021).

Auf Grundlage der vernetzungsorientierten Interaktionsformen soll nun die Perspektive der Schüler:innen näher betrachtet werden, um den Einfluss der Interaktionsformen auf den vernetzten Wissensaufbau von schulischen Chemieinhalten zu untersuchen. Hierfür wurde die beobachtete Klasse nicht nur während der videographischen Erhebung begleitet und beobachtet, sondern über ein gesamtes Schuljahr. Insgesamt wurden in dem Schuljahr zwischen den Inhaltsfeldern drei Wissenstests sowie ein Interview in Form des lauten Denkens durchgeführt, die nun umfassend ausgewertet werden.

Literatur

- Bernholt, S., Parchmann, I., & Commons, M. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *ZfDN*, 15, 219–245.
- Brückmann, M., Bernholt, S. (2013). Videobasierte Erfassung der Komplexitätsentwicklung im Chemie- und Physikunterricht. In U. Riegel, K. Macha, & Zentrum für Lehrerbildung und Bildungsforschung (Hrsg.), *Videobasierte Kompetenzforschung in den Fachdidaktiken* (S. 79–96). Waxmann.
- Dietz, D. (2023). *Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie: Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“*. Logos Verlag Berlin.
- 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.
- 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> [10-11-23].
- Helmke, A., & Weinert, F. E. (2022). *Unterrichtsqualität und Professionalisierung: Diagnostik von Lehr-Lern-Prozessen und evidenzbasierte Unterrichtsentwicklung* (1. Aufl.). Klett, Kallmeyer.
- Holtmann, M., Becker, B., & Weirich, S. (2019). Mittelwerte und Streuungen der in den naturwissenschaftlichen Fächern erreichten Kompetenzen. In P. Stanat, S. Schipolowski, N. Mahler, et al. (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2018* (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. *ZfDN*, 14, 263–282.
- Klieme, E. (2022). Unterrichtsqualität. In M. Haring, C. Rohlf, & M. Gläser-Zikuda (Hrsg.), *Handbuch Schulpädagogik* (2., Aufl., S. 411–426). Waxmann.
- Kölller, O. (2024). Keine Erfolgsgeschichte. MINT-Bildung an deutschen Schulen. *Forschung & Lehre*, 7, 508–509.
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- Kultusministerkonferenz. (2024). Weiterentwickelte Bildungsstandards in den Naturwissenschaften für das Fach Chemie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.12.2004 i.d.F. vom 13.06.2024).
- Kunter, M., & Trautwein, U. (2018). *Psychologie des Unterrichts*. Ferdinand Schöningh.
- Lipowsky, F., Reusser, K., & Pauli, C. (2021). Unterrichtsgespräche kognitiv aktivierend gestalten. *Pädagogik*, 11, 17–23.
- Lipowsky, F. (2021). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 69–118). Springer.
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Harvard University Press.
- Mietzel, G. (2017). *Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens* (9. Aufl.). Hogrefe.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Chemie* (1. Aufl.).
- Neumann, K., Fischer, H. E., & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes & Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaft (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 141–151). Waxmann.
- Pauli, C., & Reusser, K. (2015). *Discursive Cultures of Learning in (Everyday) Mathematics Teaching: A Video-Based Study on Mathematics Teaching in German and Swiss Classrooms*.
- Podschatweit, S., Bernholt, S., & Brückmann, M. (2016). Classroom learning and achievement: How the complexity of classroom interaction impacts students' learning. *Res. Sci. Technol. Educ.*, 34(2), 142–163.
- Reusser, K., Lipowsky, F., & Pauli, C. (2021). Eine kognitiv aktivierende Lernumgebung gestalten. *Pädagogik*, 11, 8–13.
- Ufer, S., Heinze, A., Lipowsky, F. (2023). Unterrichtsqualität und Instruktionsstrategien. In R. Bruder, A. Büchter, H. Gasteiger, B. Schmidt-Thieme, & H.-G. Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (2. Aufl., S. 465–492). Springer Spektrum.
- Wadouh, J. (2007). *Vernetzung und kumulatives Lernen im Biologieunterricht der Gymnasialklasse 9*. Dissertation. Universität Duisburg-Essen.