

Analyse vernetzungsfördernder Prompts im Chemieunterricht – Eine explorative, qualitative Einzelfallstudie

Einleitung

Die Fähigkeit, Fachinhalte angemessen miteinander zu vernetzen, gilt als zentrale Voraussetzung für nachhaltiges Lernen und in der Folge eine umfassende Kompetenzentwicklung in den Naturwissenschaften. Aus bildungspolitischer Sicht wird daher ein Unterricht gefordert, der Fachinhalte zunehmend auf einem jeweils höheren Abstraktionsniveau über die Schuljahre hinweg wiederholt (KMK, 2024; MSB NRW, 2019; Neumann et al., 2008). Dadurch sollen Lernende die Möglichkeit erhalten, neue Wissens Elemente mit bereits bestehendem Vorwissen aktiv zu verknüpfen, wodurch komplexe Wissensstrukturen gebildet werden können (Harms & Bünder, 1999). Vorteile solcher komplexen Wissensstrukturen sind eine höhere Behaltensfähigkeit, eine flexiblere Anwendung und ein geringerer kognitiver Aufwand beim Abruf des Wissens (Fischer et al., 2007). Trotz dieser curricularen Vorgaben zeigen empirische Befunde sinkende Leistungen der Schüler:innen in den Naturwissenschaften (Holtmann et al., 2019; Köller, 2024), sodass davon ausgegangen werden kann, dass Schüler:innen Schwierigkeiten haben, solche komplexen Wissensstrukturen (durch den Unterricht) aufzubauen. Ursachen hierfür liegen in einem fragmentierten Wissensaufbau, der Wahrnehmung isolierter Fakten sowie der unzureichenden kognitiven Aktivierung der Schüler:innen (Bernholt et al., 2020; Rother & Walpuski, 2020; Köller, 2024). Studien weisen zudem darauf hin, dass naturwissenschaftlicher Unterricht häufig durch die Reproduktion von Wissen geprägt ist und somit nur begrenzte Möglichkeiten zur Wissensvernetzung bietet (vgl. Neumann et al., 2008; Podschuweit et al., 2016).

Instruktionale Prompts im Unterrichtsgespräch

Ein vernetzungsorientierter Unterricht kann durch kognitiv aktivierende Unterrichtsformen unterstützt werden. Zentral hierfür ist das Unterrichtsgespräch, das als Methode zur gemeinsamen Wissenskonstruktion gilt (Mercer & Hodgkinson, 2008). Durch verbale Äußerungen im Rahmen des Unterrichtsgesprächs werden Denkprozesse der Schüler:innen sichtbar, wodurch Lehrpersonen mithilfe von instruktionalem Prompts das Denken gezielt unterstützen können (Kim & Lim, 2025; Lipowsky et al., 2021). Instruktionale Prompts stellen kurze, inhaltsorientierte Hinweise, Fragen oder Aufforderungen dar, die kognitive und metakognitive Prozesse bei Schüler:innen anregen, ohne dabei neues Wissen zu vermitteln. Sie unterstützen die Aktivierung vorhandenen Wissens und lenken die Aufmerksamkeit auf fachinhaltlich relevante Aspekte (Bannert, 2009; Current & Kowalske, 2016). Trotz ihres Potenzials bleibt bisher offen, inwiefern solche Prompts über längere Unterrichtseinheiten hinweg tatsächlich zur fachlichen Vernetzung beitragen können.

Untersuchungsdesign

Das Forschungsprojekt zielt darauf ab, kognitiv aktivierende Interaktionen in Unterrichtsgesprächen als Einflussfaktor auf die fachinhaltliche Vernetzung von schulischen Chemieinhalten zu analysieren. Grundlage bildet eine explorative qualitative Einzelfallstudie, in der eine neunte Klasse eines Gymnasiums in Nordrhein-Westfalen über ein gesamtes Schuljahr begleitet wurde (vgl. Yin, 2018). Im Fokus steht eine Unterrichtsreihe zum Thema Redoxreaktionen,

die vollständig auf Video aufgezeichnet wurde (vgl. MSB NRW, 2019). Ziel der Untersuchung ist die Analyse der im Unterricht eingesetzten Strategien zur Förderung fachinhaltlicher Vernetzung im Rahmen des Unterrichtsgesprächs. Leitend ist die Forschungsfrage: Welche instruktionalen Prompts werden im Unterrichtsgespräch verwendet und zu welchen Vernetzungsniveaustufen der Schüler:innenantworten führen sie?

Für die Erhebung wurden 18 Unterrichtsstunden von jeweils 45 Minuten aus zwei Kameraperspektiven aufgezeichnet. Zur Identifikation und Selektion relevanter Interaktionen wurden die Unterrichtssequenzen markiert, in denen klassenöffentliche Unterrichtsgespräche jeweils in den Einstiegs- und Ergebnissicherungsphasen stattfanden. Diese wurden anschließend transkribiert und in sogenannte Instruktionssequenzen gegliedert. Eine Instruktionssequenz bildet dabei eine inhaltlich geschlossene Einheit, die dem *Initiation-Response-Evaluation*- bzw. *Feedback*-Muster folgt (Mehan, 1979). Insgesamt wurden $N = 184$ Instruktionssequenzen identifiziert. Die jeweiligen Antworten wurden mithilfe eines Kategoriensystems, basierend auf Bernholt et al. (2009) und Dietz & Bolte (2022), einer von fünf Vernetzungsniveaustufen zugeordnet. Diese reichen vom Erfahrungswissen (1) und Faktenwissen (2), die übergeordnet zum additiven Wissenserwerb beitragen, über Zusammenhänge innerhalb des Themas, die ohne (3) oder mit Begründung (4) dargelegt werden können, bis hin zur höchsten Vernetzungsniveaustufe der Abstraktion (5), die die Vernetzung zu übergeordneten Konzepten darstellt. Zur Bestimmung der Interraterreliabilität wurden etwa 40 % des Materials von zwei unabhängigen Ratern kodiert, bei dem ein Wert von $\kappa = 0,84$ erreicht wurde und auf eine zufriedenstellende Übereinstimmung hinweist (vgl. Altman, 1990).

Anschließend wurde das methodische Vorgehen durch eine sequenzielle Interaktionsanalyse nach Deppermann (2008) ergänzt. Hierfür wurden die Initiations-, Feedback- und Evaluationsprompts sowohl deduktiv als auch induktiv abgeleitet (vgl. Chin, 2006; Chin, 2007; Current & Kowalske, 2016). Diese Vorgehensweise ermöglicht eine detaillierte Betrachtung der interaktiven Prozesse, die im Unterrichtsgespräch zur potenziellen Förderung fachinhaltlicher Vernetzung beitragen können.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen der Untersuchung konnten unterschiedliche Initiationsprompts identifiziert werden, die zu unterschiedlichen Vernetzungsniveaustufen der Schüler:innenantworten führen. 44 % der Instruktionssequenzen beginnen mit dem Initiationsprompt „Benennen“ oder „Beschreiben“. Diese führen überwiegend zu niedrigeren Vernetzungsniveaustufen, was darauf hindeutet, dass diese instruktionalen Prompts vor allem reproduktives Wissen aktivieren. Dagegen wurden 22 % der Instruktionssequenzen durch Schüler:innen initiiert. Diese schülerseitigen Initiationen zeigen nicht nur eine größere Spannbreite an erreichten Vernetzungsniveaustufen, sondern auch häufiger höhere Vernetzungsniveaustufen. Dies lässt sich darauf zurückzuführen, dass schüler:inneninitiierte Prompts auf dem eigenen Vorwissen und selbst generierten Fragestellungen basieren und somit einen höheren kognitiven Anspruch aufweisen (vgl. Kim & Lim, 2025). Weitere Ergebnisse sind in *Tab. 1* dargestellt.

Tab. 1: Initiationsprompts und erreichte Vernetzungsniveaustufe der Antworten.

Vernetzungsniveaustufen (Bernholt et al. 2009)	Erfahrungswissen 1	Faktenwissen 2	Zusammenhang ohne Begründung 3	Zusammenhang mit Begründung 4	Abstraktion 5	Anzahl Initiations- prompts
Benennen	11 %	66 %	16 %	7 %	0 %	24 %
Beschreiben	49 %	14 %	27 %	11 %	0 %	20 %
Aufstellen (Reaktionsgleichung)	0 %	7 %	87 %	7 %	0 %	8 %
Vergleichen	0 %	25 %	75 %	0 %	0 %	2 %
Vermuten	13 %	40 %	27 %	13 %	7 %	8 %
Begründen	0 %	0 %	0 %	100 %	0 %	3 %
Erklären	10 %	15 %	30 %	35 %	10 %	11 %
Kognitiver Konflikt	0 %	0 %	100 %	0 %	0 %	1 %
Bewerten	0 %	0 %	0 %	0 %	100 %	1 %
Schülerinitiiertender Prompt	2 %	39 %	29 %	17 %	12 %	22 %

Neben den Initiationsprompts wurden auch Feedback- und Evaluationsprompts analysiert. Insgesamt weisen 14 % der betrachteten Instruktionssequenzen ein zweischrittiges Muster aus Initiation und Antwort auf. Meist trat dies bei schüler:inneninitiierten

Prompts bzw. Fragen auf, die von der Lehrperson beantwortet, jedoch nicht abschließend durch einen Lernenden evaluiert wurden. 34 % der Instruktionssequenzen folgten dem IRE-Muster (Initiation-Response-Evaluation), bei dem eine Evaluation, meist durch die Lehrperson, die Instruktionssequenz abschließt. Die abgeleiteten Evaluationsprompts sind aus Abb. 1 zu entnehmen. Diese Struktur kann zwar Orientierung bieten, kann jedoch dazu führen, dass die Denkprozesse der Schüler:innen mit dem Abschluss der Instruktionssequenzen beendet werden und damit das Potenzial für vertiefte inhaltliche Auseinandersetzung ungenutzt bleibt (vgl. Chin, 2007).

In mehr als der Hälfte der Instruktionssequenzen (52 %) wurden die Instruktionssequenzen durch ein Feedbackprompt erweitert. Dies tritt auf, wenn die gegebene Antwort nicht mit der erwarteten Antwort übereinstimmt und die Lehrperson eine Symmetrie zwischen der Initiation und der Antwort durch weitere (Feedback-)Prompts erreichen möchte, beispielsweise durch das Einfordern einer konkreteren Antwort oder einer Begründung der Antwort (vgl. Naujok et al., 2008). In 72 % dieser Fälle blieb die Vernetzungsniveaustufe der nachfolgenden Antwort unverändert. In 28 % der Instruktionssequenzen, die durch ein Feedbackprompt erweitert wurden, stieg die Vernetzungsniveaustufe an. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass durch Feedbackprompts eine inhaltliche Tiefe trotz überwiegend gleichbleibender Vernetzungsniveaustufe angeregt werden kann, indem beispielsweise die Instruktionssequenz um weitere Antworten der Schüler:innen ergänzt oder korrigiert wird. Damit bestimmen die Initiationsprompts im Wesentlichen das Ausgangsnetzungs-niveau einer gesamten Instruktionssequenz, während Feedbackprompts die Möglichkeit bieten, Denkprozesse länger aufrechtzuerhalten und die inhaltliche Tiefe zu steigern (vgl. Chin, 2006).

Zusammenfassung und Implikationen

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das Potenzial zur Förderung fachinhaltlicher Vernetzung insbesondere dann ausgeschöpft wird, wenn die Unterrichtsgespräche offen gestaltet sind und die Schüler:innen zu komplexeren Denkprozessen anregt. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz instruktionaler Prompts zu unterschiedlichen Vernetzungsniveaustufen der Antworten führen. Ein bewusster Wechsel zwischen unterschiedlichen Prompttypen kann dazu beitragen, Lernende auf verschiedenen Vernetzungsniveaustufen anzusprechen und sie gezielt zur Reflexion und Vernetzung von Fachinhalten anregen. Während geschlossene Fragen die Wissensreproduktion begünstigen, fördern Prompts, die eine Begründung oder Erklärung anregen, die Verknüpfung von Wissen auf höherer Vernetzungsniveaustufen (vgl. Chin, 2006). Besonders effektiv erweisen sich Feedbackprompts, die zur Präzisierung, Begründung oder Erweiterung von Antworten auffordern. Eine vorzeitige Evaluation hingegen kann den Denkprozess unterbrechen und sollte daher in Phasen, die auf Wissensvernetzung abzielen, zurückhaltend eingesetzt werden (vgl. Chin, 2007).

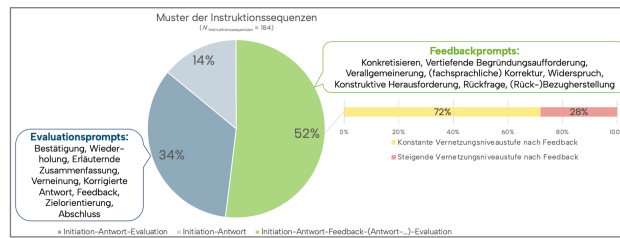


Abb. 1: Anteil der Interaktionsmuster, Evaluations- und Feedbackprompts sowie erreichte Vernetzungsniveaustufe nach Feedbackprompt.

Literatur

- Altman, D. G. (1990). *Practical statistics for medical research*. Chapman and Hall/CRC.
- Bannert, M. (2009). Promoting self-regulated learning through prompts. *Zeitschrift Für Pädagogische Psychologie*, 23(2), 139–145.
- 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.
- Bernholt, S., Parchmann, I. & Commons, M. (2009). Kompetenzmodellierung zwischen Forschung und Unterrichtspraxis. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 219–245.
- Chin, C. (2006). Classroom interaction in science: Teacher questioning and feedback to students' responses. *International Journal of Science Education*, 28(11), 1315–1346.
- Chin, C. (2007). Teacher questioning in science classrooms: Approaches that stimulate productive thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(6), 815–843.
- Current, K. & Kowalske, M. G. (2016). The effect of instructional method on teaching assistants' classroom discourse. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(3), 590–603.
- Deppermann, A. (2008). *Gespräche analysieren: Eine Einführung* (4. Aufl.). Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dietz, D. & Bolte, C. (2022). Multidimensional Analysis of Knowledge-Linking within the Concept of Energy in Student Essays. *Nordic Studies in Science Education*, 18(3), 353–368.
- 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. & Bünder, W. (1999). Zuwachs von Kompetenzen erfahrbar machen: Kumulatives Lernen. <https://www.schulportal-thueringen.de/get-data/26634e9f-e013-4747-bb69-04cb3c03d937/modul5.pdf>
- 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* (S. 213–236). Waxmann.
- Kim, H. & Lim, W. (2025). Discussion patterns in a middle school mathematics classroom: A case of implementing formative assessment lessons. *Instructional Science*, 53(4), 679–704.
- Köller, O. (2024). Keine Erfolgsgeschichte. MINT-Bildung an deutschen Schulen. *Forschung & Lehre*, 7, 508–509.
- Lipowsky, F., Reusser, K. & Pauli, C. (2021). Unterrichtsgespräche kognitiv aktivierend gestalten. *Pädagogik*, 11, 17–23.
- Mehan, H. (1979). *Learning lessons: Social organization in the classroom*. Harvard University Press.
- Mercer, N. & Hodgkinson, S. (2008). *Exploring Talk in School*. SAGE Publications Ltd.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSB NRW). (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen. Chemie (1. Aufl.).
- Naujok, N., Brandt, B. & Krummheuer, G. (2008). Interaktion im Unterricht. In W. Helsper & J. Böhme (Hrsg.), *Handbuch der Schulforschung* (S. 779–799). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- 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.
- Podschatweit, S., Bernholt, S. & Brückmann, M. (2016). Classroom learning and achievement: How the complexity of classroom interaction impacts students' learning. *Research in Science & Technological Education*, 34(2), 142–163.
- Rother, A. & Walpuski, M. (2020). Vernetztes Lernen im Chemieunterricht. In J. Roß (Hrsg.), *SINUS. NRW: Motivation durch kognitive Aktivierung* (S. 83–100). wbv Media GmbH & Co. KG.
- Yin, R. K. (2018). *Case study research and applications: Design and methods* (6. Aufl.). SAGE.