

## Diagrammkompetenz von Schüler:innen im Chemieunterricht

### Theoretischer Hintergrund und übergeordnetes Forschungsvorhaben

Diagramme haben eine zentrale Bedeutung aus verschiedenen Perspektiven. Aus schulischer Perspektive zeichnet sie eine ambivalente Rolle aus: Einerseits haben sie eine hohe Bedeutsamkeit zur Visualisierung fachlicher Zusammenhänge (Bowen & Roth, 2002), andererseits zeigen naturwissenschaftsdidaktische Studien, dass der Umgang mit ihnen herausfordernd für Schüler:innen ist (Bowen & Roth, 1998; Glazer, 2011; Jahnke, 2020). Aus diesem Grund bedarf es auf Seiten der Schüler:innen Diagrammkompetenz. Diagrammkompetenz umfasst allgemein die Fähigkeit, Diagramme in ihrer gesamten Komplexität und Abstraktheit zu verstehen. Dies bedeutet konkret, diagrammbezogene Aufgaben eigenständig lösen zu können, die die drei Dimensionen *Informationsentnahme* aus Diagrammen, *Diagrammkonstruktion* sowie *Integration* von Diagramm und Text betreffen (Lachmayer, 2008; von Kotzebue, 2014). Im Rahmen der Informationsentnahme aus Diagrammen lässt sich die Diagrammkompetenz weiterführend in zwei Ebenen ausdifferenzieren: die formal-strukturelle (z.B. Verständnis der Achsen oder des Kurvenverlaufs) sowie die inhaltlich-fachliche Ebene (Verständnis des zugrundeliegenden Fachinhalts). Ein kompetenter Umgang mit einem Diagramm bedeutet demnach auch die angemessene Verknüpfung beider Ebenen.

Trotz der hohen Bedeutsamkeit der Diagrammkompetenz für das Fach Chemie gibt es bisher kaum fachspezifische Erkenntnisse. An diesem Forschungsdesiderat setzt das Forschungsvorhaben an. Das übergeordnete Ziel ist, die Diagrammkompetenz von Schüler:innen im Fach Chemie zu diagnostizieren und bei festgestellten Herausforderungen langfristig Fördermaßnahmen zu entwickeln. Um ein grundlegendes Verständnis des Diagrammeinsatzes im Fach Chemie zu erhalten, wurde bereits eine Schulbuchanalyse durchgeführt ( $N = 8$ ), die eine hohe Bedeutsamkeit von Diagrammen insbesondere in der Sekundarstufe II verdeutlicht (Fichtner & Groß, 2025). Zudem wurde ein Diagrammkompetenzmodell aus der Biologiedidaktik an das Fach Chemie adaptiert, das die Diagrammkompetenz operationalisiert (Lachmayer, 2008; Bernholt & Parchmann, 2011). Ausgehend von der hohen Bedeutsamkeit von Diagrammen im Fach Chemie ergibt sich nun die Forschungsfrage: Welche potenziellen Herausforderungen haben Schüler:innen im Umgang mit Diagrammen im Chemieunterricht?

### Untersuchungsdesign

Um potenzielle Herausforderungen der Schüler:innen im Umgang mit Diagrammen zu identifizieren, wird im Rahmen einer qualitativen Untersuchung (bisher:  $N = 23$ ) eine schriftliche Erhebung durchgeführt. Die Grundlage der Materialentwicklung bilden die Ergebnisse der Schulbuchanalyse, die belegen, dass Diagramme häufiger in der Sekundarstufe II vorkommen und dort insbesondere im Inhaltsfeld „Reaktionsgeschwindigkeit und chemisches Gleichgewicht“ (MSB NRW, 2022) eingesetzt werden

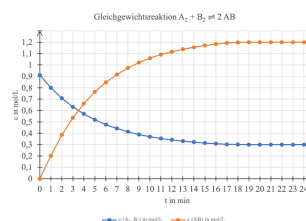


Abb. 1: In dem Material eingesetztes Diagramm

(Fichtner & Groß, 2025). Typische Diagrammaufgaben entsprechen der Dimension „Informationsentnahme“ (ebd.). Vor diesem Hintergrund werden im Material ein typisches Diagramm zum chemischen Gleichgewicht sowie vier darauf aufbauende Aufgaben eingesetzt, die den Kompetenzleveln der Dimension „Informationsentnahme“ des Diagrammkompetenzmodells entsprechen und in ihrer Komplexität ansteigend sind. Die jeweiligen Kompetenzlevel und die zugehörigen Aufgaben zu dem in Abb. 1 dargestellten Diagramm sind in Tab. 1 aufgeschlüsselt.

Tab. 1: Kompetenzlevel des Diagrammkompetenzmodells und zugehörige Aufgaben

| Kompetenzlevel | Bezeichnung des Kompetenzlevels                                                 | Aufgabe                                                                                           |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Level 1        | Identifikation eines/mehrerer Funktionswerts, -e                                | <i>Bestimme</i> die Stoffmengenkonzentration von AB bei $t = 11$ .                                |
| Level 2        | Beschreibung eines/mehrerer Graphen                                             | <i>Beschreibe</i> das Diagramm möglichst genau.                                                   |
| Level 3        | Fachinhaltliche Interpretation und Begründung eines/mehrerer Funktionswerts, -e | <i>Begründe</i> , zu welchem Zeitpunkt sich das chemische Gleichgewicht ungefähr eingestellt hat. |
| Level 4        | Fachinhaltliche Interpretation und Begründung eines Graphen                     | -                                                                                                 |
| Level 5        | Fachinhaltliche Interpretation und Begründung von mehr als einem Graphen        | <i>Erkläre</i> den chemischen Hintergrund des Kurvenverlaufs im Diagramm möglichst genau.         |

Zur Identifikation allgemeiner (fach-)inhaltlicher Herausforderungen werden die Schüler:innenbearbeitungen auf Grundlage eines Bepunktungsrasters analysiert und anschließend deskriptiv ausgewertet. Zur Erfassung individueller Herausforderungen werden die einzelnen Schüler:innenbearbeitungen im Rahmen einer typenbildenden qualitativen Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2024) untersucht. Die wahrgenommene Schwierigkeit der Schüler:innen beim Bearbeiten der Diagrammaufgaben wird nach jeder Aufgabe mittels einer fünfstufigen Likert-Skala erfasst. Um die Gründe für die wahrgenommene Schwierigkeit zu identifizieren, begründen die Lernenden ihre Einschätzungen zusätzlich in Freitextfeldern, die Antworten werden im Rahmen einer inhaltlich strukturierenden qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (ebd., 2024). Die Pilotierung des Materials erfolgt mit Bachelorstudierenden ( $N = 22$ ) und Schüler:innen eines Gymnasiums ( $N = 8$ ).

### Erste Ergebnisse

Die Auswertung der Schüler:innenbearbeitungen zeigt, dass bei den ersten beiden Aufgaben (Identifikation eines Funktionswerts (Level 1) und Beschreibung des Diagramms (Level 2)) vergleichsweise wenige Herausforderungen auftreten. Die identifizierten Fehler entsprechen Flüchtigkeitsfehlern oder sind bedingt durch unvollständige Bearbeitungen. Demgegenüber erreichen die Lernenden bei der Begründung des Funktionswerts (Level 3) und bei der Erklärung des Diagramms (Level 5) vergleichsweise niedrigere Punktzahlen. Das Erklären des Diagramms stellt dabei die größte Herausforderung dar.

Trotz der Heterogenität der identifizierten Herausforderungen bei Level 3 und 5 zeigen sich Gemeinsamkeiten. Erstens belegen die Ergebnisse, dass die Herausforderungen primär auf fehlendes Fachwissen zurückzuführen sind. Im Rahmen von Level 3 fehlen häufig Begründungen oder sie sind fachlich inkorrekt, z.B. wenn der Schnittpunkt der Graphen als der Moment der Einstellung des chemischen Gleichgewichts gedeutet wird (s. Abb. 1). Bei Level 5 spiegeln sich fachinhaltliche Herausforderungen in fachlich inkorrekten und/oder verkürzten Erklärungen wider. Die Schüler:innenantwort „Zu Beginn fängt es an zu re[a]gieren, doch irgendwann hört die Reaktion auf [...]“ (BAHA26) zeigt beispielsweise neben der Unvollständigkeit der Erklärung ein unzureichendes fachliches Konzeptwissen bezüglich des *dynamischen* chemischen Gleichgewichts: Es wird ein Endpunkt der Gleichgewichtsreaktion angenommen, ohne zu berücksichtigen, dass Hin- und Rückreaktion im Gleichgewichtszustand weiterhin ablaufen. Zweitens zeigen sich bei den Bearbeitungen beider Level Herausforderungen hinsichtlich der Verbindung beider Ebenen der Diagrammkompetenz. Zum Beispiel beziehen sich die Schüler:innen bei der Begründung der Einstellung des chemischen Gleichgewichts (Level 3) entweder allein auf die formal-strukturelle (z.B. paralleler Verlauf beider Graphen) oder allein auf die inhaltlich-fachliche Ebene (z.B. keine Konzentrationsänderung der Edukte und Produkte). Ebengleiches zeigt sich bei der Erklärung des Diagramms (Level 5): Nur wenige Schüler:innen integrieren bei ihrer Erklärung beide Ebenen miteinander, in der Regel erklären sie nur auf der inhaltlich-fachlichen Ebene und nehmen keinen Bezug auf das Diagramm, sodass die Erklärung unabhängig vom Diagramm ist. Dass bei den höheren Kompetenzniveaus die größten Herausforderungen auftreten, steht im Zusammenhang mit der Verknüpfung der beiden Ebenen der Diagrammkompetenz. Die Lernenden müssen sowohl die abstrakte Diagrammform als auch den abstrakten chemischen Inhalt des chemischen Gleichgewichts (Hackling & Garnett, 1985; Barke, 2006) verstehen und in Beziehung setzen. Die kognitive Verarbeitung und mentale Integration dieser doppelten Abstraktion geht mit einem erhöhten Cognitive Load einher und bedingt die Herausforderungen (Sweller et al., 1998; Rau, 2017).

### **Fazit und Ausblick**

Die ersten Ergebnisse zeigen die methodische Passung des Erhebungsinstruments zur Identifizierung der Herausforderungen, denen Schüler:innen bei der Informationsentnahme aus Diagrammen begegnen. Ebenso wird deutlich, dass diese Herausforderungen aufgabenabhängig sind. Besonders bei Aufgaben, die das Begründen eines Funktionswerts oder die Erklärung eines Diagramms erfordern, treten Schwierigkeiten auf, die sich vor allem auf fachinhaltliche Defizite und die Verknüpfung von Diagrammform und -inhalt zurückführen lassen. Die Ergebnisse stehen im Einklang mit Ergebnissen aus anderen naturwissenschaftsdidaktischen Studien (z.B. Lai et al., 2016; Brockmüller & Ropohl, 2025) und verdeutlichen die Verbindung der formal-strukturellen und der inhaltlich-fachlichen Ebene der Diagrammkompetenz. Das unterstreicht die Notwendigkeit, Diagrammkompetenz gezielt und spezifisch im Fach Chemie zu fördern. Aus diesem Grund ist weitere Forschung nötig, um zu erschließen, wie die Schüler:innen im Chemieunterricht im kompetenten Umgang mit Diagrammen unterstützt werden können. Aktuell wird die Studie mit einer größeren Stichprobe durchgeführt und weiteres Material zum Inhaltsfeld „Säuren, Basen und analytische Verfahren“ (MSB NRW, 2022) entwickelt, um inhaltsfeldspezifische und -übergreifende Herausforderungen betreffend der Informationsentnahme von Diagrammen zu erfassen.

## Literatur

- Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik: Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin, Heidelberg: Springer. <https://doi.org/10.1007/3-540-29460-0>
- Bernholt, S. & Parchmann, I. (2011). Assessing the complexity of students' knowledge in chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 12 (2), 167-173. <https://doi.org/10.1039/C1RP90021H>
- Bowen, G. M. & Roth, W.-M. (1998). Lecturing graphing: What features of lectures contribute to student difficulties in learning to interpret graph? *Research in Science Education*, 28(1), 77-90. <https://doi.org/10.1007/BF02461643>
- Bowen, G. M. & Roth, W.-M. (2002). Why students may not learn to interpret scientific inscriptions. *Research in Science Education*, 32, 303-327. <https://doi.org/10.1023/A:1020833231966>
- Brockmüller, S. & Ropohl, M. (2025). Lernende werten Versuchsdaten aus. *MNU*, 78, 47-54
- Fichtner, B. & Groß, K. (2025). Wie werden Diagramme im Chemieschulbuch eingesetzt? Eine qualitative Analyse. In H. van Vorst (Hrsg.), *Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bochum 2024, 273-276
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science Education*, 47(2), 183-210. <https://doi.org/10.1080/03057267.2011.605307>
- Hackling, M. W. & Garnett, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7(2), 205-214. <https://doi.org/10.1080/0140528850070211>
- Jahnke, L. (2020). *Diagrammverstehen in der Biologie – Förderung des Diagrammverstehens durch Anregung zur Bildung translationaler Kohärenz*. Dissertation. Münster: Westfälische Universität
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2024). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Umsetzung mit Software und künstlicher Intelligenz* (6. Aufl.). Weinheim, Basel: Beltz Juventa
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. Dissertation. Kiel: Christian-Albrechts-Universität
- Lai, K., Cabrera, J., Vitale, J. M., Madhok, J., Tinker, R. & Linn, M. C. (2016). Measuring graph comprehension, critique, and construction in science. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 665-681. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9621-9>
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2022). Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen. Chemie
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing STEM learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717-761. <https://doi.org/10.1007/s10648-016-9365-3>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Von Kotzebue, L. (2014). *Diagrammkompetenz als biologiedidaktische Aufgabe für die Lehrerbildung: Konzeption, Entwicklung und empirische Validierung eines Strukturmodells zum diagrammspezifischen Professionswissen im biologischen Kontext*. Dissertation. München: Technische Universität