

Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge in der Chemie

Mathematisierungen dienen in den Naturwissenschaften zur Beschreibung von Zusammenhängen und Regeln (Strubecker, 1969). Damit nehmen sie auch im Chemieunterricht und -Studium eine signifikante Rolle ein. Der Umgang mit Summen- und Verhältnisformeln, Stöchiometrie und das mathematische Modellieren von Sachverhalten scheint hierbei besonders prominent. Aber auch die Arbeit mit den „klassischen“ mathematischen Darstellungsformen wie Formeln (bzw. allgemein algebraischen Ausdrücken), Graphen und Tabellen sind zentral für das Lernen von chemischen Zusammenhängen. Im vorgestellten Projekt werden die Schwierigkeiten von Lernenden beim Umgang mit diesen mathematischen Darstellungsformen in der Chemie untersucht.

Schwierigkeiten mit Mathematisierungen in der Chemie

Bisherige Forschung konnte zeigen, dass bei Lernenden in der Chemie verschiedenartige Probleme bei der Arbeit mit mathematischen Inhalten auftreten, z.B. beim Umgang mit Formeln und Einheiten. Es zeigt sich, dass Lernende weniger algebraische Fehler bei Umformungen und Rechenschritten machen, aber Einheiten falsch anwenden, interpretieren oder validieren (Goldhausen & Di Fuccia, 2021; Kimpel, 2018; Komor et al., 2023; Park & Choi, 2013; Potgieter et al., 2008). Geyer (2020) hat im Bereich der Physikdidaktik bereits die Schwierigkeiten von Lernenden bei Aufgaben erhoben, in denen die mathematische Darstellungsform gewechselt werden müssen. Für die Chemie steht eine qualitative Untersuchung dieser Problematik inklusive Quantifizierung der aufgetretenen Schwierigkeiten noch aus. In diesem Beitrag wird auf die qualitative Teilstudie fokussiert, bei der folgende Forschungsfragen im Vordergrund stehen:

FF1: Treten beobachtbare Schwierigkeiten bei der Bearbeitung von chemischen Aufgaben mit mathematischen Darstellungswechseln auf?

FF2: Lassen sich Bearbeitungsstrategien identifizieren?

FF3: Zeigen sich Beeinflussungen des Vorgehens der Lernenden bei der Bewältigung der Aufgaben durch fachlich determiniertes Denken?

Untersuchungsdesign

Zur Beantwortung wurden drei Aufgaben entwickelt. In einer dieser Aufgaben war es notwendig, die mathematische Darstellungsform zu wechseln. Zum Beispiel mussten die Proband:innen Konzentrationswerte bei unterschiedlichem Volumina berechnen (Arbeit innerhalb einer Darstellungsform) und die Ergebnisse dann in einem Diagramm darstellen (Wechsel in einen Funktionsgraphen). Um Rückgriff auf die Denkstrukturen und Bearbeitungsstrategien der Lernenden zu erhalten (Sandmann, 2014), wurden die Aufgaben in einem Think-Aloud-Setting in Einzelarbeit von N=12 Schüler:innen aus der Kursstufe unterschiedlicher Schularten bearbeitet, was durch nachgeschaltete Rückfragen eines Interviewers ergänzt wurde. Die entstandenen Transkripte wurden mittels inhaltlich-strukturierender qualitativer Inhaltsanalyse nach Kuckartz und Rädiker (2022) ausgewertet.

Ergebnisse

Entlang der Forschungsfragen sollen beispielhaft ausgewählte Ergebnisse in Verbindung mit Ausschnitten des entwickelten Kategoriensystems präsentiert werden. Das Kategoriensystem wurde in Grundzügen zunächst deduktiv erstellt (bspw. auf Basis des Systems von Geyer (2020)) und dann induktiv ergänzt. Die Hauptkategorien differenzieren zwischen darstellungsspezifischen und darstellungsübergreifenden Schwierigkeiten sowie Bearbeitungsstrategien und subjektiven Einschätzungen der Proband:innen.

Beobachtbare Schwierigkeiten (FF1)

In der ersten Teilaufgabe soll zunächst die Konzentration einer Lösung bei vorgegebener Stoffmenge und Volumen berechnet werden. In der darauffolgenden Aufgabe soll dann die Veränderung der Konzentration bei Veränderung des Volumens bildlich dargestellt werden. Proband:in 1 erstellt zunächst unter der Annahme, „wenn das Volumen geringer wird, wird die Konzentration (5s) auch geringer“ (Interview 1, Pos.6) eine Darstellung, in welcher das Lösungsvolumen und die Konzentration als absolute, voneinander getrennte Größen in einem Becherglas dargestellt werden (in Abb. 1 zu erkennen an der gelben (Volumen) und orangenen

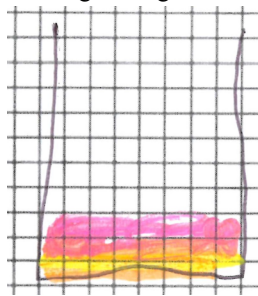


Abb. 1: : Bsp. einer bildlichen Darstellung

(Konzentration) Markierung). Nach der Berechnung der Konzentrationswerte bei Verwendung verschiedener Volumina revidiert diese Person die zuerst getroffenen Aussage und korrigiert die Abbildung mit Hilfe der pinken Farbe. Dabei fällt auf, dass Proband:in 1 die Konzentration wieder als absolute und diskontinuierliche Größe darstellt, und dies über dem skizzierten Volumen. Anhand dieses beispielhaften Auszugs soll verdeutlicht werden, dass viele Proband:innen die Schwierigkeit hatten, auf eine adäquate Vorstellung über Konzentration zurückzugreifen und in einem nächsten Schritt diese bildlich darzustellen. Dazu konsistent ist die Äußerung vieler Proband:innen, dass sie die Überführung des Zusammenhangs in die bildliche Darstellung

subjektiv mit am schwierigsten empfunden haben. Kategorisiert wurden diese Ausschnitte mit der ‚inadäquaten Vorstellung über Konzentration‘ sowie dem ‚Rückgriff auf alternative Konzepte‘ bei der Erstellung von bildlichen Darstellungen.

Bearbeitungsstrategien (FF2)

Beispielhaft wird hier die Bearbeitungsstrategie einer Person analysiert, die Folgendes formuliert, um den Zusammenhang zwischen Volumen und Konzentration nach der Berechnung mehrerer konkreter Werte zu beschreiben: „Die Konzentration kann sich bei gleich viel Volumen erhöhen oder vermindern. Je nachdem wie viel fester Stoff in wie viel Wasser reingetan wird [...]“ (Proband:in 9, schriftlich). Zunächst fällt auf, dass entgegen der Aufgabenformulierung mit einem konstanten Volumen argumentiert wird. Auf Nachfrage begründet Proband:in 9 die verbale Aussage so: „Für mich macht das halt Sinn, dass ähm Wasser Sachen verdünnt. [...] ich hab' das so ein bisschen mit, keine Ahnung, Sirup verglichen. Umso mehr Sirup man im Glas hat, umso ähm (3s) Hä. Umso dunkler wird ja die Farbe quasi.“ (Interview 9, Pos. 78). Hier greift Proband:in 9 zur Bearbeitung der Aufgabe offensichtlich auf alltägliche Vorerfahrungen zurück und stellt nicht den Bezug zu den vorherigen Teilaufgaben bzw. den darin produzierten/enthaltenen mathematischen Darstellungsformen her, die von dem Aufgabenstellenden erwartet wird. Damit fällt die

Aussage in die Kategorie ‚Erstellung der verbalen Aussage mittels Vorerfahrung oder Alltagsvorstellung‘.

Beeinflussung durch fachlich determiniertes Denken (FF3)

Exemplarisch für ein fachlich determiniertes Denken (Kategorie Mathematik determiniert Chemie) steht Proband:in 7. Zu Beginn der chemischen Rechenaufgabe formuliert die Person eine korrekte Annahme, nämlich dass die Konzentration bei steigendem Volumen sinkt. Im weiteren Verlauf der Aufgabe verrechnet sich Proband:in 7 jedoch (Bsp. in Abb. 2). Ausgelöst durch einen danach ermittelten richtigen Rechenwert ($2 \text{ mol} : 1 \text{ L} = 2 \text{ mol/L}$) und den aufkommenden Konflikt zum abgebildeten Rechenfehler (zweimal dasselbe Ergebnis) überführt Proband:in 7 dann zunächst das Volumen von Litern in Milliliter, rechnet dann aber weiterhin den Bruch verkehrtherum.

The image shows handwritten calculations on a grid background. The first row shows the formula $C = \frac{n}{V}$. The second row shows $C = \frac{2 \text{ mol}}{4 \text{ L}}$ and $C = \frac{2 \text{ mol}}{4000 \text{ ml}}$. The third row shows $C = 2 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$ and $C = 2000 \frac{\text{mol}}{\text{ml}}$.

Abb. 2: Rechnung Proband:in 7. Rechts "korrigierte" Form, nach Folgeaufgabe.

Basierend auf dem Vertrauen in die falschen Rechenwerten revidiert Proband:in 7 dann die anfängliche (richtige) Annahme über den antiproportionalen Zusammenhang von Volumen und Konzentration hin zu einem proportionalen. Eine latente Begründung hierfür findet sich in kurzen Äußerungen wie zum Beispiel „Jetzt hab‘ ich natürlich keine Ahnung, was das für eine Einheit ist.“ (Interview 7, Pos. 53). Proband:in 7 verlässt sich aufgrund der großen Unsicherheit gegenüber der chemischen Einheit auf die vermeintlich vorhandene Sicherheit in der Mathematik. Dass die Rechenwerte falsch sind, fällt ihr hier jedoch nicht auf. Sie werden als sicherer Anhaltspunkt genutzt, um die verbale Aussage über den mathematischen Zusammenhang der Größen neu zu formulieren. Insofern kann hier von einem Denken gesprochen werden, welches stark durch die Mathematik und ihre vermeintliche Sicherheit beeinflusst wird.

Zusammenfassung und Ausblick

Die ausgewählten Ergebnisse dieses Beitrags können nur als punktuelle Einblicke in die Datenlage gesehen werden. Neben der thematisierten Unsicherheit mit Einheiten kann festgehalten werden, dass kein:e einzige:r der Studienteilnehmer:innen auf sichere naturwissenschaftliche Konzepte zurückgegriffen hat. Selten nutzten sie Alltagsvorstellungen viel häufiger aber die produzierten mathematischen Darstellungsformen als Anhaltspunkte. Ein fehlender reflektierter Umgang mit diesen führt letztendlich zur dominierenden Kalkülvorstellung über die mathematischen Darstellungsformen. Diese werden also eher isoliert von ihrer chemischen Bedeutung betrachtet. Begleitet wird die Kalkülvorstellung allerdings von Rechenfehlern, die möglicherweise aufgrund der Unsicherheiten mit den verwendeten chemischen Konzepten und Einheiten nicht identifiziert werden.

Weitere Schwierigkeiten, wie beispielsweise die Produktion eines Koordinatensystems mit Funktionsgraph, wurden hier nicht thematisiert. Auch hierbei treten Unsicherheiten beim Umgang mit den entsprechenden Größen und ihren Einheiten auf.

Um endgültige Ergebnisse darstellen zu können, wird das entwickelte Kategoriensystem im Interkodierprozess finalisiert. Darüber hinaus zeigte die inhaltlich-strukturierende Inhaltsanalyse, dass sich bestimmte Schwierigkeiten und Vorgehensweisen ähneln. Deshalb soll eine typenbildende Inhaltsanalyse angeschlossen werden.

Literaturverzeichnis

- Geyer, M.-A. (2020). *Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 291*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832587277
- Goldhausen, I. & Di Fuccia, D.-S. (2021). Mathematical Modelling in Chemistry Lessons. *CHEMKON*, 28(7), 282–293. <https://doi.org/10.1002/ckon.201900075>
- Kimpel, L. (2018). *Aufgaben in der Allgemeinen Chemie: Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 249*. Logos Verlag. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783832590833
- Komor, I., van Vorst, H. & Sumfleth, E. (2023). Students' difficulties arising from mathematical modelling in Physical Chemistry. *CHEMKON*, 30(5), 176–185. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100046>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung: Grundlagentexte Methoden* (5. Auflage). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783779955337
- Park, E.-J. & Choi, K. (2013). ANALYSIS OF STUDENT UNDERSTANDING OF SCIENCE CONCEPTS INCLUDING MATHEMATICAL REPRESENTATIONS: pH VALUES AND THE RELATIVE DIFFERENCES OF pH VALUES. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 683–706. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9359-7>
- Potgieter, M., Harding, A. & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 197–218. <https://doi.org/10.1002/tea.20208>
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37827-0_15
- Strubecker, K. (1969). *Die Mathematisierung der Wissenschaften*.