Johann Manthey Universität Siegen
Martin Gröger

Mathematische Darstellung bei der Messwertauswertung

Theoretischer Hintergrund

Experimentelle Ergebnisse mit Modellvorstellungen zu verknüpfen ist Forderung der Bildungsstandards der KMK. Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung umfasst dabei beispielsweise die qualitative sowie quantitative Auswertung von Daten oder Messwerten und die Analyse mathematisch zu formulierender Gesetzmäßigkeiten, der Kompetenzbereich Kommunikation das Dokumentieren und Veranschaulichen von Daten in gebräuchlichen Darstellungsformen wie Tabellen, Grafiken und Diagrammen. Ebenso besteht die Forderung die Kompetenzen, die im Mathematikunterricht erworben werden, aktiv im Chemieunterricht anzuwenden.

Die im Mathematikunterricht erworbenen Kompetenzen können jedoch nicht automatisch im Chemieunterricht angewendet werden. Die Lösungswahrscheinlichkeit von Aufgaben durch Umformulieren in einen chemischen Kontext sinkt stark (Kimpel & Sumfleth, 2016). Dies kann unter anderem daran liegen, dass SchülerInnen ein mangelndes Verständnis der dahinterliegenden chemischen Zusammenhänge zeigen, da beispielsweise Molberechnungen den üblichen Rechenregeln widersprechen (Marohn, 2013) oder dass bei Übersetzungen unterschiedlicher Darstellungsformen (Graph → Formel bzw. Formel → Graph) verschiedene Übersetzungsproblematiken entstehen (Bossé, 2011), was durch einen chemischen Kontext weiter verkompliziert wird (Mevarech & Kramarsky, 1997). Darstellungswechsel erfordern das Durchdenken und Durchdringen der Gesamtsituation und stellen dadurch eine hohe kognitive Anforderung dar. Technische Grundfertigkeiten müssen entwickelt werden, um u.a. einen sinnvollen Umgang mit Messergebnissen zu ermöglichen und diese zu interpretieren (Pospiech, 2016).

Ausgegangen wird bei diesen Arbeitsschritten von einem idealtypischen Muster in Form eines Kreislaufprozesses (Abb. 1) nach Goldhausen und DiFuccia (Goldhausen & DiFuccia, 2015).

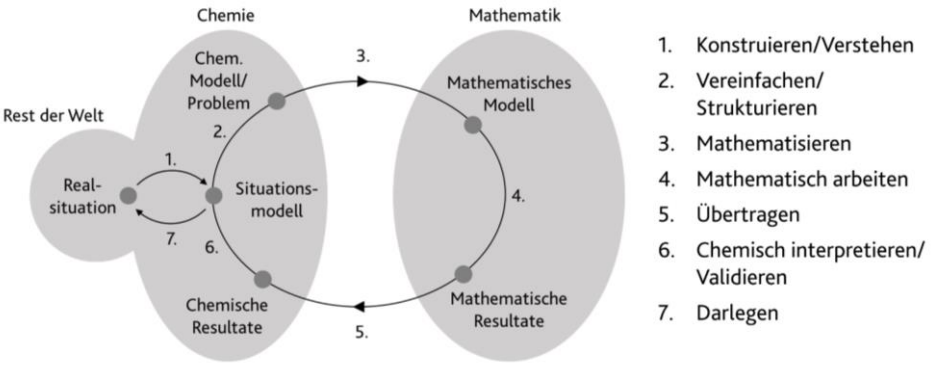

Abb. 1: Kreislaufmodell zur mathematischen Problemlösung im Chemieunterricht nach Goldhausen (Goldhausen & DiFuccia, 2015)

Die Realsituation mit chemischem Kontext muss zunächst mithilfe chemischer Modelle berechenbar gemacht werden, um sie mathematisch zu lösen. Diese Resultate wiederum werden übertragen, chemisch interpretiert und anschließend auf die Realsituation zurückgeführt. Je nach Aufgabenstellung wird dieser Kreislauf mehrfach durchlaufen und im Vorfeld einzelne Bearbeitungsschritte den Kreislaufschritten zugeordnet. Zuvor wird von Experten (StudentInnen) ein idealtypischer Verlauf generiert und als optimal vorgegeben. Anschließend wird mit SchülerInnen identifiziert, bei welchen Schritten Arbeitshilfen erforderlich sind, um die Aufgabe zu lösen, wodurch automatisch die Arbeitsschritte festgestellt werden, bei denen die meisten Probleme entstehen.

Diese Probleme entstehen im Regelfall dadurch, dass Diagramme hoch konventionalisierte Darstellungsformen sind, deren Verständnis intuitiv kaum möglich ist. So werden Liniendiagramme zur Geschwindigkeit häufig als „Rennstrecke“ interpretiert, als Bild des Parcours mit Höhenunterschieden oder Kurven (Lachmeyer, 2008). Gerade Wechsel der Darstellungsformen (unterschiedliche Diagrammformen) sowie das eigene Erstellen eines Diagramms ohne Vorkenntnisse erweisen sich als besonders anspruchsvoll. So werden z.B. bei der Bearbeitung unbekannter Aufgabentypen mehrere Graphen konstruiert, jeweils nur mit einer x-Achse beschriftet und einem einzelnen Punkt - statt einer Geraden oder Kurve - versehen, die dann miteinander in Verbindung stehen. Ein Graph wird dadurch also nur mit einer einzelnen Eigenschaft verknüpft. Erst die Verbindung der Einzelgraphen schafft dann ein Gesamtkonstrukt, was zusätzlich durch erklärende Anmerkungen wie Pfeile ergänzt wird, wodurch jegliche Übersicht verloren geht (Mevarech & Kramarsky, 1997).

Studiendesign

Die Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie an der Universität Siegen bietet seit einigen Jahren das Projekt „ChemTrucking“ an (Spitzer, Krischer & Gröger, 2015). Mit dem mobilen Labor sind umweltanalytische Untersuchungen direkt vor Ort am außerschulischen Lernort möglich. Dabei generieren SchülerInnen mithilfe von Photometern und Messsonden Messdaten, die anschließend ausgewertet und graphisch dargestellt werden. Während dieser Arbeit werden verschiedene Teilschritte mit unterschiedlichen Mathematisierungsgraden durchlaufen, von rein phänomenologischen Betrachtungen bis hin zu (teilweise logarithmischen) Konzentrationsberechnungen, um Messergebnisse interpretieren und verwerten zu können oder Umrechnungen der aufgenommenen Messdaten in verwertbare und vergleichbare Konzentrationen anhand von Kalibrierkurven.

Bei dieser Arbeit treten immer wieder Schwierigkeiten an unterschiedlichen Bearbeitungsschritten auf. Mithilfe einer Think-aloud-Studie mit Smartpen-Aufnahme und Screen-capturing sollen Teilschritte und mögliche Probleme bei dieser Bearbeitung identifiziert werden. SchülerInnen sollen in Zweiergruppen eine Aufgabe mit umweltanalytischem Kontext lösen, bei der sowohl chemische wie auch mathematische Kompetenzen erforderlich sind. Basierend auf dem Kreislaufprozess nach Goldhausen und DiFuccia (Abb. 1) werden zu jedem Bearbeitungsschritt sowohl eine helfende Erklärung wie auch eine Lösung in Form von Hilfekarten bereitgestellt, deren Nutzung auf ein Problem hinweist und zeigen soll, ob an bestimmten Bearbeitungsschritten gehäuft Hindernisse entstehen. Die Aufnahme mittels Smartpen ermöglicht den SchülerInnen eine gewohnte und vertraute Arbeitsumgebung ohne Videoaufzeichnung, wobei die einzelnen Arbeitsschritte im Folgenden als Video ausgegeben werden können und zusätzlich zu einer Audioaufzeichnung die Identifizierung der Arbeitsschritte ermöglichen. Die Diskussionen der Schüler während dieser Arbeit werden analog zu Interviewstudien nach Mayring bzw. Kuckartz ausgewertet (Mayring, 2015 & Kuckartz, 2016).

Die Studie soll zeigen, an welchen Stellen es für Schüler zu Schwierigkeiten in einem idealtypischen Verlauf kommt, ob dieser beispielsweise auf der Seite der chemischen, der Seite der mathematischen Bearbeitung oder den Verknüpfungsbereichen liegt.

Pilotierung und Ausblick

Paramater wie die Konzentration von Schwermetallen in einem Gewässer werden mittels einer ionenselektiven Elektrode gemessen. Da die Messsonden an ein Multimeter angeschlossen werden, wird die Potentialänderung der Sonde als Spannung bzw. Spannungsdifferenz angezeigt und muss anschließend in die tatsächliche Konzentration umgerechnet und graphisch dargestellt werden. Dieser Schritt bedarf einer vorherigen Kalibrierung der Messsonde anhand von Proben mit bekannten Schwermetallkonzentrationen. Der obige Kreislauf wird von den SchülerInnen dabei also zweimal durchlaufen, einmal zur Kalibrierung und einmal zur anschließenden Messung der unbekannten Proben. Indem für jeden Einzelschritt sowohl eine verdeckte Hilfe wie auch eine verdeckte Lösung bereitgestellt wird, zusätzlich zu der Gesprächsaufzeichnung und deren anschließender Analyse, können probleminduzierende Schritte während der Arbeit identifiziert werden.

Für das obige Messprinzip ergeben sich folgende Einzelschritte bei einem doppelten Kreislaufdurchgang, wobei der Schritt von und zur Realsituation nur einmal zu Beginn und zum Ende vollzogen wird:

Kalibrierung:

1. Darstellung der Problem-situation und Messmethode
2. Struktur einer Elektroden-kalibrierung
3. Messwerterfassung
4. math. Darstellung in einem Diagramm
5. Übertrag in chem. Kontext
6. chem. Interpretation im analytischen Kontext
7. -

Messung:

1. -
2. Funktion der Kalibrierung
3. Messwerterfassung
4. math. Umwandlung der Messwerte in Konzentrationen
5. Übertrag in chem. Kontext
6. chem. Interpretation im analytischen Kontext
7. Darlegung und Bewertung der Ergebnisse im Kontext

Eine Pilotierung mit Studierenden des Lehramtes, bei der mithilfe einer Blei-Messsonde die Konzentration gelöster Blei-Ionen in einer Gewässerprobe ermittelt werden soll, zeigt, dass die Vorgehensweise erfolgsversprechend ist und nach Überarbeitung mit SchülerInnen durchgeführt werden kann. Auch ist die Messung von pH-Werten und deren Darstellung geplant, um den mathematischen Anspruch von einem linearen Gleichungssystem auf ein logarithmisches zu erhöhen unter gleichzeitiger Anpassung des chemischen Anspruches der gestellten Aufgabe.

Literatur

Bossé, M. et al. (2011). Assessing the Difficulty of Mathematical Translations. IΣJMΣ Vol. 6 No. 3. S. 113-133

Goldhausen, I., DiFuccia, D. (2015). Mathematische Modelle im Chemieunterricht. Dissertation. S. 83

Kimpel, L., Sumfleth, E. (2016). Chemieaufgaben – Mathematisierung als schwierigkeitserzeugender Faktor. GDCP Tagungsband. S. 521-523

Kuckartz, U. (2016). Qualitative Inhaltsanalyse. 3. Auflage

Lachmeyer, S. (2008). Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht. Dissertation. S. 3

Marohn, A. (2013). Chemische Mathematik - Mathematisierungen im Chemieunterricht verstehen lernen. Unterricht Chemie. S. 8-14

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. 12. Auflage

Mevarech, Z., Kramarsky, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representation. Educational Studies in Mathematics. S. 229-263

Pospiech, G. (2016). Formeln, Tabellen und Diagramme. Unterricht Physik. S. 14-21

Spitzer, P., Krischer, D. & Gröger, M. (2015). Out and about chemistry – Chemie lernen an außergewöhnlichen Orten draußen. In: Nachrichten aus der Chemie, 63/1. S. 93-95.