

Probleme bei der Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben

Ausgangslage

Es zeigt sich, dass vor allem die Klausuren zur Allgemeinen Chemie in der Studieneingangsphase für Chemiestudierende ein großes Problem darstellen. Schaut man jedoch auf die Ergebnisse der Abiturklausuren in Nordrhein-Westfalen, so ist festzustellen, dass hier lediglich 12 bis 17 % der Schülerinnen und Schüler im Fach Chemie im defizitären Bereich liegen und der Notendurchschnitt im guten befriedigenden Bereich liegt (QUA-LiS NRW, 2014). Auch wenn die Chemiestudierenden sich nicht lediglich aus ehemaligen Grund- bzw. Leistungskursschülern des Fachs Chemie zusammensetzen, lohnt sich ein Vergleich der Abituraufgaben für das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen (2009-2014) mit den Aufgaben aus den Klausuren zur Allgemeinen Chemie (1. Fachsemester; Universität Duisburg-Essen; 2012-2014). Hierbei zeigt sich, dass der Anteil der Punkte, die durch Rechenoperationen erlangt werden können, in den Abiturklausuren bei etwa 8 bis 12 % liegt, während er in den Klausuren zur Allgemeinen Chemie bei durchschnittlich 55 % liegt. Eine Befragung von Erstsemesterstudierenden bestätigte, dass vor allem die Mathematisierung ein Problem darstellt. So seien deutlich mehr Rechnungen im Vergleich zur gymnasialen Oberstufe notwendig und insgesamt sehr viele Formeln auswendig zu lernen.

Theoretischer Hintergrund

Die Rolle der Mathematik sowie der quantitativen Methoden wird in der Chemie immer größer (Atkins, 1998). Mustafa und Bangash (2002) sprechen sogar davon, dass Chemie ohne Mathematik nicht möglich sei, auch wenn sie dadurch schwerer werde. Die Funktion der Mathematik in der Chemie kann zweierlei sein: einerseits kann sie durch ihre Symbole, Zeichen und Begriffe ein Werkzeug sein sowie andererseits durch die „Sprache der Mathematik“ ein strukturbildendes Element (Trump et al., 2014). An den Schulen wird demgegenüber jedoch die abschreckende Wirkung der Mathematisierung beklagt (Schanze & Parchmann, 2013). Sollen mathematische Fähigkeiten im Chemieunterricht angewendet werden, führt dies häufig zu Unverständnis bei den Schülerinnen und Schülern (Schmidt, Bell & Wainwright, 1975). Aktuelle Untersuchungen zeigen jedoch, dass Mathematik grundsätzlich ein beliebtes Schulfach ist und die Abneigung somit auf andere Ursachen zurückzuführen sein muss (Pant et al., 2013).

Für die Chemie wurden die Probleme der Schülerinnen und Schüler sowie der Studierenden, die mit der Mathematisierung einhergehen, bislang wenig untersucht. Höner (1996) konnte zeigen, dass das Einbetten einer Rechenaufgabe in einen chemischen Kontext zu einer starken Reduktion der Lösungswahrscheinlichkeit führt. Weiterhin kann man aus vorangegangenen Studien von Kienast (1995) und Schmidt (1990, 1992a, 1992b) den Schluss ziehen, dass nicht die Rechenoperation sondern mangelndes Verständnis chemischer Größen und Zusammenhänge zum Scheitern führen. Eine aktuelle Studie bestätigt diese Vermutung. Augenscheinlich gibt es einen Mangel an qualitativem Verständnis: die Schülerinnen und Schüler versuchen nicht eine Aufgabe zu verstehen, sondern durchsuchen sie nach Stichwörtern, um anschließend bekannte Verfahren anwenden zu können. Schlussendlich suchen sie so meistens nur eine Formel, in die die gegebenen Werte passen (Goldhausen & Di Fuccia 2014). Problematisch ist außerdem, dass Schülerinnen und Schüler die Inhalte, die sie im Mathematikunterricht lernen, nicht auf außermathematische Situationen übertragen. So fällt es ihnen teilweise schwer den Unterschied zwischen Variablen und Konstanten in einer chemischen Gleichung zu identifizieren (Witten, 2005).

Forschungsvorhaben

Hauptziel der Studie ist die Identifikation von Voraussetzungen zur Bearbeitung chemischer Rechenaufgaben. Vermutet wird, dass mathematische Fähigkeiten und Formelkenntnis Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben sind. Sie sind jedoch allein nicht ausreichend. Hierzu soll eine Querschnittsstudie mit Studierenden des ersten Semesters durchgeführt werden. Ausgehend von typischen Klausuraufgaben der Allgemeinen Chemie wurden verschiedene Aufgabentypen entwickelt:

Formelkenntnis	Ist die Formel bekannt?
Benötigte Formel auswählen	Wird aus der Aufgabenstellung erkannt, welche Formel zur Lösung der Aufgabe herangezogen werden muss?
Mathematikaufgabe	Wird die Rechenoperation beherrscht?
Chemische Rechenaufgabe	Kann die Rechenoperation im chemischen Kontext durchgeführt werden?
Qualitatives Verständnis	Ist das benötigte chemische Verständnis vorhanden?

Jeder Studierende hat alle fünf Aufgabentypen bearbeitet. Hierdurch ist es möglich, Problempunkte und gegebenenfalls Lösungsmuster zu identifizieren.

Die entwickelten Testinstrumente wurden zuvor in einer Pilotstudie an Lehramtsstudierenden überprüft und überarbeitet.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Hauptstudie wurde mit 173 Bachelorstudierenden der Studiengänge B. Sc. Chemie, B. Sc. Water Science und B. Sc. Lehramt Chemie zum Ende des ersten Semesters durchgeführt, sodass alle Studierenden während des ersten Semesters die Vorlesung und Übung zur Allgemeine Chemie und das dazugehörige Praktikum durchlaufen hatten.

Die Auswertung zeigte zwei große Problemfelder auf, wobei das erste die Auswahl der benötigten Formel zur Lösung der Aufgabe ist. Die Ergebnisse zu den Aufgabentypen Formelkenntnis, Benötigte Formel auswählen und chemische Rechenaufgabe wurden verglichen. Die ANOVA ergab, dass das Auswählen der benötigten Formel anhand der Aufgabenstellung signifikant schwerer ist als das Kennen der Formel und das Rechnen im chemischen Kontext ($F(2,168) = 130.975$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .438$). So konnten 78 % der Studierenden die benötigte Formel nicht identifizieren, während die Aufgabe, sobald die Formel vorgegeben war, gelöst werden konnte.

Das zweite Problemfeld umfasst den Einsatz mathematischer Fähigkeiten in einem chemischen Kontext. Hier wurden die Resultate der chemischen Rechenaufgaben sowie der Mathematikaufgaben mittels t-Test verglichen. Es zeigte sich, dass die Mathematikaufgaben signifikant häufiger als die entsprechenden chemischen Rechenaufgaben gelöst wurden ($t(150) = 10.004$; $p < .001$; $d_{Cohen} = .947$). 38 % der Studierenden konnten die chemische Rechenaufgabe nicht lösen, obwohl die entsprechende Rechenoperation in der Mathematikaufgabe durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus war ein Drittel der Studierenden, die die chemische Rechenaufgabe gelöst haben, nicht in der Lage die korrekte Einheit anzugeben.

Zusatzstudie

Basierend auf dem Ergebnis der Hauptstudie, in der 38 % der Studierenden nicht in der Lage waren die chemischen Rechenaufgaben zu lösen, obwohl sie die entsprechenden Mathematikaufgaben gelöst haben, wurde eine Zusatzstudie angeschlossen. Hierdurch sollten schwierigkeiterzeugende Merkmale chemischer Rechenaufgaben gegenüber Mathematikaufgaben identifiziert werden. Erwartete Einflussfaktoren waren veränderte Variablen (p und V anstatt x und y), die hinzukommende chemische Bedeutung der

Variablen und ein möglicherweise komplexer Aufgabentext. Zur Überprüfung der schwierigkeiterzeugenden Merkmale wurden SuS von Gymnasien in NRW, die Chemie als Leistungs- oder Grundkurs gewählt hatten, getestet. Hierzu wurden vier Aufgabentypen entwickelt. Darin enthalten waren die chemischen Rechenaufgaben und die Mathematikaufgaben. Zusätzlich wurden noch zwei weitere Typen entwickelt:

Mathematikaufgabe	Wird die Rechenoperation beherrscht?
Chemietypische Variablen	Kann die Rechenoperation mit veränderten, chemietypischen Variablen durchgeführt werden?
Chemische Bedeutung	Kann die Rechenoperation innerhalb eines chemischen Zusammenhangs durchgeführt werden?
Chemische Rechenaufgabe	Kann die Rechenoperation im chemischen Kontext mit komplexerem Aufgabentext (z.B. mit Reaktionsgleichung) durchgeführt werden?

Alle Aufgaben wurden von allen SuS bearbeitet.

Ausgewählte Ergebnisse

Diese Studie wurde mit 120 SuS von Gymnasien in NRW am Ende der Q2 durchgeführt, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Inhalte der gymnasialen Oberstufe weitestgehend behandelt wurden. Außerdem sollte der Wissensstand der SuS annähernd vergleichbar mit dem Wissensstand von Studienanfängern sein.

Die Auswertung ergab für die SuS aus Leistungs- und Grundkursen ein sehr unterschiedliches Bild. Während bei den SuS mit einem Leistungskurs Chemie zwischen den Aufgabentypen kein Unterschied in der Lösungshäufigkeit festgestellt wurde ($F(3,102) = .386$; $p = .764$; $\eta_p^2 = .011$), nimmt für die SuS aus dem Grundkurs die Lösungshäufigkeit stark ab, sobald die chemische Bedeutung hinzukommt. Die Aufgabentypen chemische Bedeutung und chemische Rechenaufgabe zeigten keine unterschiedlichen Lösungshäufigkeiten ($F(3,253) = 22.058$; $p < .001$; $\eta_p^2 = .208$). Die Einführung der chemietypischen Variablen in die Rechenaufgaben hat keinen Einfluss auf die Lösungshäufigkeit im Vergleich zu den reinen Mathematikaufgaben.

Zusammenfassung

Abschließend kann festgehalten werden, dass die mathematischen Fähigkeiten der Studierenden und der SuS für die Anforderungen der Allgemeinen Chemie ausreichend sind. Manche Studierende haben Probleme im Umgang mit Einheiten, während andere Probleme im Umgang mit Formeln haben: Sie kennen die Formel nicht oder erkennen nicht, welche Formel zur Lösung einer Aufgabe benötigt wird. Ein großes Problem stellt der Einsatz mathematischer Fähigkeiten in einem chemischen Zusammenhang dar. Diese Probleme gehen jedoch hauptsächlich auf die SuS zurück, die keinen Leistungskurs in Chemie gewählt haben. Die Zusatzstudie konnte außerdem zeigen, dass die Probleme nicht auf veränderte Variablen zurückgeführt werden können, sondern auf die zusätzliche chemische Bedeutung, die in den Variablen der Chemieaufgaben stecken.

Ziel sollte es sein, sowohl auf Schulebene die SuS dazu zu bewegen, einen Leistungskurs in Chemie zu wählen, wenn sie Chemie studieren möchten, als auch auf Universitätsebene denjenigen Studierenden, die mit Defiziten das Studium beginnen, adäquate Hilfe zukommen zu lassen.

Literatur

- Atkins, P.W. (1998). Physical chemistry. Oxford: Oxford University Press.
- Bangash, F.K., & Mustafa, S. (2002). Essentials of mathematics in teaching chemistry. Proceedings of 10th IOSTE Symposium, Vol. 2, Foz do Iquaso, Parana, Brazil, July 2002.
- Goldhausen, I., & Di Fuccia, D. (2014). Mathematical Models in Chemistry Lessons. Paper presented at the ISEC 2014, Singapur.
- Höner, K. (1996). Mathematisierung im Chemieunterricht - ein Motivationshemmnis? Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 2(2), 51-70.
- Kienast, S. (1995). Schwierigkeiten von Schülern bei der Anwendung der Gleichgewichtsvorstellung in der Chemie. Dortmund: Shaker.
- Pant, H. A., Stanat, P., Schroeders, U., Roppelt, A., & Siegle, T. (2013). IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I (C. Pöhlmann Hrsg.). Münster/New York/München/Berlin: Waxmann.
- Schanze, S., & Parchmann, I. (2013). Mathematisierung im Chemieunterricht. Grundlagen und Umsetzung anhand von Basiskonzepten. Unterricht Chemie, 24(134), 2-7.
- Schmidt, H.-J., Bell, H.-J., & Wainwright, M. (1975). Mathematische Probleme im Chemieunterricht. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 24, 85.
- Trump, S., Brandenburger, M., Schmidt, I., & Mikelskis-Seifert, S. (2014). Mathematik in den Naturwissenschaften Inhalte, Anwendung und Folgen. In S. Bernholt (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013 (S. 285-287). Kiel: IPN.
- QUA-LiS NRW. (2014). Zentralabitur an Gymnasien und Gesamtschulen. Ergebnisse 2014. Verfügbar unter <https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/abitur/upload/download/Zentralabitur-Gymnasiale-Oberstufe-2014.pdf>
- Schmidt, H.-J. (1990). Stolpersteine im Chemieunterricht: empirische Untersuchungen über Schülerfehler beim stöchiometrischen Rechnen. Frankfurt a.M.: Diesterweg.
- Schmidt, H.-J. (1992). Harte Nüsse im Chemieunterricht: empirische Untersuchungen über Schülervorstellungen. Frankfurt a.M.: Diesterweg.
- Schmidt, H.-J. (1992). Stöchiometrischen Rechnen - ein Plädoyer für ein unbeliebtes Thema im Chemieunterricht. [Stoichiometric Calculation – Plea for a Disliked Topic in Chemistry Lessons]. Praxis der Naturwissenschaften - Chemie in der Schule, 41(4), 8-13.
- Witten, G.Q. (2005). Designing a mathematics course for chemistry and geology students. Educational Studies in Mathematics, 58, 1–19.