

Chemieaufgaben – Mathematisierung als schwierigkeiterzeugender Faktor

Ausgangslage

Die Studienabbruchquoten Chemiestudierender fallen in den Anfangssemestern besonders hoch aus. Als Einflussfaktoren konnten die Abiturgesamtnote, das Vorwissen, die Studienbedingungen sowie die Tatsache, ob es sich um das Wunschstudienfach handelt, identifiziert werden. Ein Großteil der Varianz blieb hier jedoch unerklärt (Freyer, 2013).

Im Gegensatz zu den Klausuren der Studieneingangsphase liegt der Anteil der defizitären Abiturklausuren im Fach Chemie (QUA-LiS NRW, 2014) deutlich niedriger. Aufgrund dieser Diskrepanz wurden zunächst die Abituraufgaben für das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen (2009-2014) sowie die Klausuraufgaben zur Allgemeinen Chemie (1. Fachsemester, Universität Duisburg-Essen, 2012-2014) analysiert. Es zeigte 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 großes Problem darstellt.

Theoretischer Hintergrund

Die Mathematik fungiert in den Naturwissenschaften einerseits als Werkzeug (Symbole, Zeichen und Begriffe) sowie andererseits als strukturbildendes Element (Trump et al., 2014). Für die Chemie wird an den Schulen 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). Bislang wurden die Probleme durch die Mathematisierung in der Chemie jedoch insgesamt nur wenig erforscht. Höner (1996) konnte beispielsweise zeigen, dass die inhaltliche Umformulierung einer Aufgabe in einen chemischen Kontext zu einer starken Reduktion der Lösungswahrscheinlichkeit führt. So konnten 63 % der Studierenden eine Aufgabe zur Prozentrechnung in Bezug auf Mietpreise durchführen, während die gleiche Rechnung im Kontext der Zusammensetzungen einer chemischen Substanz nur noch von 18 % gelöst werden konnte. Ein Fehlen von chemischem Verständnis stellten Goldhausen und Di Fuccia (2014) fest. In ihrer Videostudie zeigten die Studierenden in Modellierungsaufgaben mit gestuften Lernhilfen im Bereich des chemischen Wissens die größten Defizite während das Aufstellen und Lösen von Gleichungen keine Probleme bereitete.

Für die Physik stellten Rebello et al. (2007) fest, dass die Verwendung mathematischer Fähigkeiten in einem physikalischen Kontext schwierig ist, da die Aufgabenstellungen mathematisch deutlich weniger strukturiert sind. Unterschiede bezüglich der Bedeutung von Variablen und Buchstaben sowie die Verwendung vieler verschiedener Variablen verursachen ebenfalls Probleme (Pospiech, 2013; Redish, 2006). Darüber hinaus ist bekannt, dass besonders die Mathematisierung einer Problemstellung sowie die Interpretation eines Ergebnisses problematisch sind (Uhdén 2012). Oft spielt hierbei der Umgang mit Formeln eine große Rolle. Bagno (2008) konnte dazu zwei Probleme identifizieren: Die Studierenden können die einzelnen Komponenten einer Formel nicht erklären und die Bedingungen, unter denen die Formel benutzt werden kann, sind nicht bekannt.

Forschungsprojekt

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 Untersuchung mit Studierenden des ersten Semesters durchgeführt werden. Ausgehend von typischen Klausuraufgaben der Allgemeinen Chemie wurden vier verschiedene Aufgabentypen entwickelt:

Formelaufgabe 1	Ist die Formel bekannt?
Formelaufgabe 2	Können die einzelnen Komponenten der Formel erklärt werden?
Formelaufgabe 3	Wird aus der Aufgabenstellung erkannt, welche Formel zur Lösung der Aufgabe herangezogen werden muss?
Mathematikaufgabe	Wird die Rechenoperation beherrscht?
Quantitative Chemieaufgabe	Kann die Rechenoperation im chemischen Kontext durchgeführt werden?

Die vier verschiedenen Aufgabentypen werden zu Item-Clustern zusammengefasst, sodass eine Person stets alle Aufgaben bearbeitet. Hierdurch soll es nachher möglich sein Problempunkte und gegebenenfalls Muster zu identifizieren.

Ausgewählte Ergebnisse

Die Pilotstudie wurde mit 73 Bachelorstudierenden des Studiengangs Lehramt Chemie zu Beginn des zweiten Semesters durchgeführt, sodass alle Studierenden während des ersten Semesters die Vorlesung und Übung zur Allgemeine Chemie und das dazugehörige Praktikum durchlaufen hatten.

Die Auswertung der Pilotstudie zeigte zwei Problemfelder auf, wobei das erste die Auswahl der benötigten Formel zur Lösung der Aufgabe ist. Die Ergebnisse von Formelaufgabe 1 (Formel kennen), Formelaufgabe 3 (benötigte Formel identifizieren) und der quantitativen Chemieaufgabe 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 ($F(1.378,97.643) = 8.553; p < .001; \eta_p^2 = .108$). So konnten 22 % der Studierenden die benötigte Formel nicht identifizieren, während die Aufgabe, sobald die Formel vorgegeben war, gelöst werden konnte. Weiterhin korreliert das Erkennen der benötigten Formel signifikant mit der Fähigkeit die einzelnen Elemente einer Formel erklären zu können ($r = .544; p < .001$).

Das zweite Problemfeld umfasst den Einsatz mathematischer Fähigkeiten in einem chemischen Kontext. Hier wurden die Resultate der quantitativen Chemieaufgabe sowie der Mathematikaufgabe mittels t-Test verglichen. Es zeigte sich, dass die Mathematikaufgaben signifikant häufiger als die entsprechenden quantitativen Chemieaufgaben gelöst wurden ($t(71) = 6.198; p < .001; d_{Cohen} = .75$). Es zeigte sich, dass 30 % der Studierenden die quantitative Chemieaufgabe nicht lösen konnten, obwohl die entsprechende Rechenoperation in der Mathematikaufgabe durchgeführt werden konnte.

Rückschlüsse aus der Pilotstudie und Ausblick

Die Pilotstudie hat die Annahme bestätigt, dass mathematische Fähigkeiten und Formelkenntnis allein nicht ausreichen, um chemische Rechenaufgaben lösen zu können. Das Formelverständnis (Formelaufgabe 2) kann die Probleme nur teilweise erklären, sodass es in der Hauptstudie um inhaltliches Verständnis ergänzt wird. In Kombination sollen sie qualitatives Verständnis messen. Hiervon ausgehend wurde ein Modell, das die Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben in der Chemie beschreibt,

entwickelt. Zunächst wird von drei Voraussetzungen zur Lösung chemischer Rechenaufgaben ausgegangen: Formelkenntnis, mathematische Fähigkeiten und qualitatives Verständnis (Formelverständnis und inhaltliches Verständnis). Diese Fähigkeiten müssen nun miteinander verknüpft werden: Die Studierenden müssen einerseits ihr Formelverständnis und qualitatives Verständnis nutzen, um die benötigte Formel auszuwählen als auch andererseits ihre mathematischen Fähigkeiten mit dem qualitativen Verständnis kombinieren, um in einem chemischen Kontext rechnen zu können. Um die chemische Rechenaufgabe lösen zu können, müssen die Studierenden diese beiden Schritte logisch hintereinander durchführen können.

In der Hauptstudie, an der alle Erstsemesterstudierenden der Studiengänge Chemie, Water Science und Lehramt Chemie der Universität Duisburg-Essen teilnehmen, soll dieses Modell überprüft werden. In einer weiteren Studie soll untersucht werden, woraus die erhöhte Schwierigkeit chemischer Rechenaufgaben im Vergleich zu Mathematikaufgaben resultiert. Dazu sollen beispielsweise Mathematikaufgaben mit abgewandelten, chemietypischen Variablen bearbeitet werden.

Literatur

- Bagno, E., Berger, H., & Eylon, B.-S. (2008). Meeting the challenge of students' understanding of formulae in high-school physics: a learning tool. *Physics Education*, 43(1), 75-82.
- Freyer, K. (2013). *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Berlin: Logos.
- Goldhausen, I., & Di Fuccia, D. (2014). *Mathematical Models in Chemistry Lessons*. Paper presented at the ISEC 2014, Singapur.
- Heublein, U., Richter, J., Schmelzer, R., & Sommer, D. (2012). *Die Entwicklung der Schwund- und Studienabbruchquoten an den deutschen Hochschulen. Statistische Berechnungen auf der Basis des Absolventenjahrgangs 2010*. Hannover: HIS.
- Höner, K. (1996). Mathematisierung im Chemieunterricht - ein Motivationshemmnis? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 2(2), 51-70.
- 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.
- Pospiech, G. (2007). Argumentieren und Mathematisieren - im Gleichschritt? In D. Höttke (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Berlin 2006*. Münster: LIT.
- Pospiech, G. (2013). Mathematisierung aus Sicht von Schülern der Sekundarstufe I. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Oldenburg 2012* (S. 326-328). Kiel: IPN-Verlag.
- Rebello, N., Cui, L., Benett, A., Zollmann, D., & Ozimek, D. (2007). Transfer of learning in problem solving in the context of mathematics and physics. In D. H. Jonassen (Hrsg.), *Learning to solve complex scientific problems* (S. 223-246). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Redish, E. F. (2006). *Problem Solving and the Use of Math in Physics Courses*. Paper presented at the World View on Physics Education in 2005: Focusing on Change, New Delhi.
- 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.
- Uhden, O. (2012). *Mathematisches Denken im Physikunterricht. Theorieentwicklung und Problemanalyse*. Berlin: Logos.
- 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>