

Der Prozess des mathematischen Modellierens im Chemieunterricht

Zur Erklärung naturwissenschaftlicher Probleme sowie zur Problemlösung in den Naturwissenschaften ist es häufig nötig, mathematische Modelle (wie z. B. Gleichungen, Funktionen, Graphen, etc.) zu nutzen, um naturwissenschaftliche Sachverhalte zu mathematisieren und mathematische Formulierungen inhaltlich zu deuten. Im Chemieunterricht können chemische Resultate mithilfe von gegebenen mathematischen Modellen im Rahmen von *Rechnungen und Anwendungen* ermittelt werden. Außerdem können Schülerinnen und Schüler selbst mathematische Modelle zur Beschreibung und Klärung eines chemischen Sachverhaltes entwickeln und nutzen. Hierbei wird ein Prozess durchlaufen, der fortan als *mathematisches Modellieren* bezeichnet werden soll. Eine detailliertere Betrachtung der theoretischen Grundlagen kann unserem Beitrag zum Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2012 entnommen werden (Schmidt & Di Fuccia, 2013).

Der Prozess der mathematischen Modellierung bzw. dessen idealtypischen Verlauf lässt sich nach Borromeo, Leiß und Blum (2006) mit Hilfe eines Kreislaufmodells beschreiben, welches zur Erläuterung von Lehr-Lern- und Denkprozessen in aufgabengesteuerten Lernumgebungen eingesetzt werden kann. Im Zuge einer Anpassung des Modells an den bei einer mathematischen Modellierung im Chemieunterricht ablaufenden Prozess wurde von den Autoren ein Kreislaufmodell entwickelt (Schmidt & Di Fuccia, 2013; vgl. Abb. 1).

In der Literatur wird dem bewussten Umgang mit mathematischen Modellen zur Beschreibung chemischer Sachverhalte die Möglichkeit zur Erleichterung und Vertiefung des Verständnisses zugeschrieben (Harisch, 1979), sodass der Einsatz von Modellierungsaufgaben für den Chemieunterricht sinnvoll erscheint, wenngleich das Übertragen und Anwenden mathematischer Kompetenzen auf chemische Sachverhalte Probleme verursacht (Beck et al., 2010). Derartige Probleme mit der Bildung und Nutzung mathematischer Modelle bzw. mit mathematischen Modellierungen im Chemieunterricht wurden jedoch bislang nicht näher untersucht, klassifiziert oder gar gelöst.

Schülerprobleme mit mathematischen Modellierungen

Im Rahmen einer Videostudie konnte eine detaillierte Betrachtung des Modellierungsprozesses zur Erhebung von Schülerschwierigkeiten innerhalb der einzelnen Modellierungsschritte vorgenommen werden. Als Analyseinstrument wurde hierbei eine Aufgabe eingesetzt, bei der die einzelnen Modellierungsschritte durch gestufte Lernhilfen (nach Hänze et al., 2010) abgebildet wurden. Dies erlaubte eine klare Abgrenzung der entsprechenden Modellierungsschritte sowie eine gezielte Identifizierung der problematischen Aspekte im Modellierungsprozess. Zudem konnte eine Kategorisierung von Problembereichen erfolgen, die sich auf mathematische, chemische und/oder lernstrategische Schwierigkeiten zurückführen lassen.

Im Rahmen der Videostudie haben 20 Schüler aus fünf verschiedenen Kursen (E1 Chemie) eine Modellierungsaufgabe zur quantitativen Elementaranalyse nach Liebig in einer Laborsituation in Partnerarbeit bearbeitet. In der Aufgabenstellung wurde ein Experiment zur Ermittlung der Summenformel von Campinggas als „Realsituation“ beschrieben, d. h. es wurden die Apparatur und Beobachtungen dargelegt, wobei nicht nur Details aufgeführt wurden, die zur Lösung des Problems von Bedeutung sind. Ein exemplarischer Modellierungsverlauf ist in Abb. 1 dargestellt.

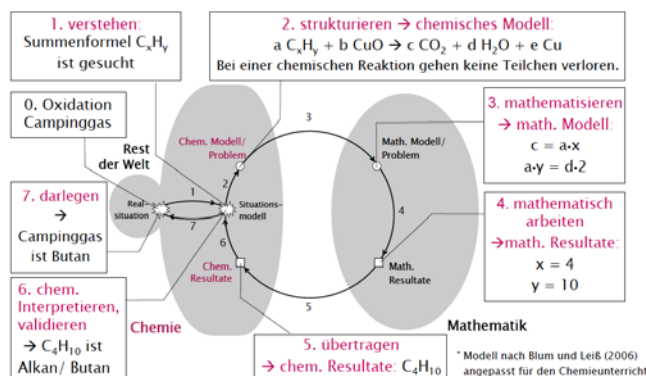
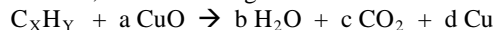


Abb. 1: Modellierungsprozess zur Ermittlung der Summenformel von Campinggas

Zum Zeitpunkt der Erhebung war den Schülerinnen und Schülern die quantitative Elementaranalyse unbekannt. Die Bearbeitungszeit betrug 90 Minuten. Zur Validierung der Ergebnisse haben alle nicht bei der Bearbeitung videografierten Schüler der jeweiligen Kurse (N=90) zur gleichen Zeit ebenfalls die Aufgabe bearbeitet, wobei der Zugriff auf die Lernhilfen durch Aufkleber an der entsprechenden Stellen der Aufzeichnungen nachvollzogen werden kann.

Ausgewählte Ergebnisse

In den meisten Fällen hatten die Schülerinnen und Schüler keine Schwierigkeiten, den Aufbau und die Durchführung des Experiments nachzuvollziehen. In manchen Fällen (N=4) waren die Schülerinnen und Schüler nicht in der Lage festzustellen, dass die Summenformel von Campinggas gesucht ist, sodass sie eine Reaktionsgleichung aufgestellt haben, die sich in keiner Weise als zielführend erwies, wie z. B.: $\text{CH}_4 + 4 \text{CuO} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + 4 \text{Cu}$. Zur Erstellung eines tragfähigen chemischen Modells fehlte den Schülerinnen und Schülern häufig chemisches Grundwissen. So war der Zusammenhang zwischen den stöchiometrischen Koeffizienten und den Indices in einer Reaktionsgleichung häufig unklar. Zudem war in vielen Fällen die Stoffmenge als physikalisch-chemische Größe unbekannt bzw. unklar. Für die stöchiometrischen Koeffizienten wurden häufig Massen oder die Anzahl der übertragenen Elektronen eingesetzt. Darüber hinaus bereiteten den Schülerinnen und Schülern die Unterscheidung von Masse und Volumen, sowie die Zuordnung der entsprechenden Einheiten Schwierigkeiten. In einigen Fällen wurde zudem die Stoffmenge nur berechnet, wenn eine Masse eines Stoffes gegeben war. Da bzgl. des eingesetzten Campinggases eine Volumenangabe gegeben war, wurde somit die folgende Reaktionsgleichung verwendet, die zur Lösung des Problems nicht zielführend ist:



Anstelle der Summenformel C_xH_y verwendeten manche Schülerinnen und Schüler die allgemeine Summenformel der Alkane $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ (N=5), wobei die Aufgabenstellung die Lösungsmöglichkeiten nicht auf die Alkane beschränkte und die Schülerinnen und Schüler keine Begründung für diesen Ansatz lieferten. Zudem verwendeten 2 Schülerpaare eine fehlerhafte Version der allgemeinen Summenformel für Alkane „ C_nH_{n+2} “. Weiterhin hatten die Schülerinnen und Schüler bei der Entwicklung des chemischen Modells (bzw. beim Aufstellen der Reaktionsgleichung) Schwierigkeiten, die Stoffe zu identifizieren, die an der Reaktion beteiligt waren. So versuchten die meisten, Natronkalk und Calciumchlorid, welche zur Bindung des entstandenen Kohlenstoffdioxids bzw. Wassers eingesetzt wurden, in die Reaktionsgleichung einzubauen, wenngleich ihre eigentliche Verwendung in der

Aufgabenstellung genau beschrieben worden ist. Ein weiteres Problem ergab sich daraus, dass einige Schülerpaare (N=10) im Falle fehlender Informationen, wie stöchiometrischen Koeffizienten und Indices in der Reaktionsgleichung keine Variablen einsetzten, so dass die bestehenden Zusammenhänge in der Darstellung nicht offensichtlich wurden. In vielen Fällen versuchten die Schüler statt der Entwicklung eines chemischen Modells vielmehr, direkt ihnen bekannte Lösungsstrategien anzuwenden, so dass beispielsweise die Bestimmung der Oxidationszahlen und das Einsetzen gegebener Werte in bekannte Formeln durchgeführt wurde, ohne hiermit ein konkretes Ziel zu verfolgen. Das benötigte mathematische Grundwissen hingegen bereitete den Schülerinnen und Schülern kaum Schwierigkeiten. So waren sie alle in der Lage, die entsprechenden mathematischen Gleichungen aufzustellen und zu lösen, sobald die chemischen Zusammenhänge erfasst wurden.

Fazit und Ausblick

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Schülerschwierigkeiten insbesondere in den Bereichen der Wahl der Lösungsstrategie, der eigenständigen Wahl oder Entwicklung eines Modells, dem chemischen Grundwissen und dem Herausfiltern wesentlicher Informationen bzgl. der Realsituation verortet sind. Vergleicht man dies mit der herrschenden Aufgabenkultur, die von den Autoren mit Hilfe einer Sichtung von Schulbüchern, Zentralabituraufgaben und Fachlehrerinterviews beschrieben werden konnte (Ergebnisse können unserem Beitrag zum Tagungsband der GDCP-Jahrestagung 2013 entnommen werden), so lässt sich feststellen, dass in den Aufgabenformaten kleinschrittige Vorgaben zum Durchlaufen des Modellierungskreislaufs zu finden sind, sodass die Schülerinnen und Schüler keine eigenen Lösungsstrategien entwickeln müssen. Die Rechnungen sind hierbei von der Einbettung in die Realsituationen abgetrennt, zudem lassen sich ausschließlich Anwendungsaufgaben und keinerlei Aufforderungen zu Herleitungen von Modellen finden. Die Informationen in den Aufgabenstellungen sind auf das Wesentlichste reduziert. Weiterhin erfolgen viele Rechenbeispiele nach einem gegebenen Schema, sodass ein Schwerpunkt der Übungen auf den Berechnungen liegt.

Die hier identifizierten Problembereiche hinsichtlich des Modellierungsprozesses spielen also in den eigentlich darauf bezüglichen Aufgaben eine untergeordnete Rolle, wenngleich gerade diesen Aspekten des Modellierens eine Förderung des Verständnisses zugesprochen wird. Bislang gibt es jedoch noch keine Untersuchungen zum Einfluss der Unterrichtskultur bzw. der eingesetzten Aufgabenstrukturen auf das Verständnis im Bereich der Modellierungsprozesse in der Chemie. Insbesondere ist unbekannt, inwieweit sich die Schülerkompetenzen im Bereich mathematischer Modellierungen im Chemieunterricht durch den vermehrten Einsatz von Modellierungsaufgaben beeinflussen lassen. Diese Fragen sollen im Rahmen einer Anschlussstudie geklärt werden.

Literatur

- Beck, U., Markic, S., Eilks, I. (2010): Modellierungsaufgaben im Chemieunterricht. In: PdN Chemie in der Schule 6/59, 5 – 7
- Borromeo, R., Leiß, D., Blum, W. (2006): Der Modellierungskreislauf unter kognitionspsychologischer Perspektive. In: Beiträge zum Mathematikunterricht 2006, Vorträge auf der 40. Tagung für Didaktik der Mathematik. Hildesheim und Berlin: Franzbecker
- Hänze, M., Schmidt-Weigand, F., Stäudel, L. (2010): Gestufte Lernhilfen. In: Boller, S., Lau, R. (Hrsg.) (2010): Innere Differenzierung in der Sekundarstufe II – Ein Praxishandbuch für Lehrer/innen. Weinheim, Basel: Beltz
- Harisch, F. (1979): Mehr rechnen im Chemieunterricht! In: NiU Physik / Chemie 2/27, 57 - 60
- Schmidt, I., Di Fuccia, D.-S. (2013): Mathematisches Modellieren im Chemieunterricht, In: Bernholt, S. (Hrsg.), Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), Tagungsband z. Jahrestagung in Hannover 2012 - Inquiry-based learning – Forschendes Lernen, IPN Kiel, 338-340