

Liebigs Elementaranalyse im Kontext des Erwerbs von Wissen über NoS

Liebigs Fünf-Kugel-Apparat im Chemieunterricht? Die Elementaranalyse organischer Verbindungen nach Justus von Liebig gehört seit geraumer Zeit zu den Klassikern des Faches Chemie, gerät in den Vorgaben für den Unterricht in der Sekundarstufe II aber zunehmend in den Hintergrund und wird zumeist nur in Form eines kurzen theoretischen Abrisses betrachtet. Hier soll ein Ansatz vorgestellt werden, Liebigs Untersuchungen im Kontext des Wissenserwerbs über Nature of Science gewinnbringend im Chemieunterricht näher zu beleuchten.

Im Zentrum des Projektes stehen dabei die Durchführung der Elementaranalyse organischer Festkörper unter Verwendung der Liebigschen Original-Apparatur sowie die Verortung der Untersuchungen im naturwissenschaftlichen und gesellschaftlichen Bezugsrahmen. Das Projekt wird von einer Studie begleitet, mit der das Potenzial eines solchen historisch-chemischen Projektes für den NoS-Wissenserwerb analysiert werden soll.

Theoretische Leitlinie

Zahlreiche Studien, insbesondere aus dem nordamerikanischen Raum (z. B. Lederman et al., 2002), zeigen Erfolge von Interventionsmaßnahmen in Form von historisch-philosophischen Zugängen zu naturwissenschaftlichen Fragestellungen. Höttecke et al. betonen darüber hinaus die besondere Bedeutung experimenteller Arbeiten und verweist auf curriculare Vorgaben in den naturwissenschaftlichen Fächern, welche die Entwicklung von Problemlösefähigkeiten und Reflexionskompetenz von Schülerinnen und Schülern intendieren. Dabei könne ein historisch-philosophisch orientiertes Projekt durchaus Unterstützung leisten: *„Ideas and actions of past scientists can be used as guidelines for the design of learning activities like open-ended inquiry.”* (Höttecke et al., 2012).

Projektkurs Chemie

Wie lässt sich ein solches Projekt nun im Rahmen von Chemieunterricht in der Sekundarstufe II verorten? Die klassischen Chemiestunden bieten aufgrund der Fülle obligatorischer Themenstellungen in den beiden Jahren der Qualifikationsphase praktisch keinerlei Raum. Statt dessen können sich Schulen in Nordrhein-Westfalen seit 2011 eines neuen Unterrichtsformates bedienen. Der sog. „Projektkurs“ im ersten Jahr der Qualifikationsphase ist wissenschaftspropädeutisch ausgerichtet und ermöglicht Räume für eine projektorientierte, tiefgründigere Betrachtung von naturwissenschaftlichen Problemstellungen, gerade auch in Form experimenteller Arbeiten.

Die Liebigsche Elementaranalyse im Projektkurs

Das Projekt zur Liebigschen Elementaranalyse gliedert sich in drei Phasen. Qualitativen Analysen eines unbekanntes Festkörpers (welche von den Schülerinnen und Schülern eigenständig geplant und durchgeführt werden) zur Gewinnung erster Erkenntnisse über die Natur der zu untersuchenden Substanz folgt die Vorbereitung der quantitativen Elementaranalyse mithilfe der Liebigschen Apparatur. Die Erstellung eines Experimentierleitfadens erfolgt dabei durch die Kursteilnehmer selbst. Grundlage sind die Original-Aufzeichnungen Liebigs in seiner *„Anleitung zur Analyse organischer Körper“*, aus denen arbeitsteilig wichtige Informationen zur Vorbereitung der Proben, zum Aufbau der Apparatur sowie zur Steuerung des Verbrennungsvorgangs extrahiert werden. Auf diese Weise gelingt eine ausführliche Vorbereitung der experimentellen Arbeiten; die

Schülerinnen und Schüler setzen sich im Detail mit der Untersuchungsmethodik auseinander.

Der eigentlichen Durchführung der Analysen mit Kohleofen, Calciumchlorid-Rohr und Fünf-Kugel-Apparat folgt die Auswertung der Ergebnisse vor dem Hintergrund der Frage nach der Verhältnisformel des eingesetzten organischen Feststoffs. Als Substanz wählt man praktischerweise den Zuckeralkohol Mannit, zu dessen Elementaranalyse auch einschlägige Aufzeichnungen Liebig's vorliegen. Diese fördern Erstaunliches zu Tage: Trotz sauberer experimenteller Arbeit gelingt es Liebig nicht, die heute bekannte Verhältnisformel des Mannits ($C_3H_7O_3$) herzuleiten. Liebig greift neben den experimentellen Befunden auf ein Theoriegebäude zurück, welches zur damaligen Zeit in einer raschen Entwicklung – und damit auch Veränderung – begriffen war. Da man noch keine molekularen Strukturen bei chemischen Verbindungen kannte, wurden aus den sog. „Äquivalentmassen“ aus heutiger Sicht fehlerhafte Atommassen hergeleitet. An dieser Stelle wird die Bedeutung von Theorien für die Entwicklung naturwissenschaftlichen Wissens deutlich; mit den Kursteilnehmern kann hier eine – mit Blick auf NoS sinnstiftende – Diskussion zum Wechselspiel von Empirie und Theorie erfolgen.

Im Anschluss an die Auswertung der Analysen richten die Schülerinnen und Schüler im Rahmen von Projektthemen den Blick auf Details des naturwissenschaftlichen und gesellschaftlich-kulturellen Kontextes. Neben eher fachwissenschaftlich orientierten Themenstellungen – beispielsweise zur Optimierung des Verbrennungsvorganges – befassen sich Gruppen auch mit der gesellschaftspolitischen Lage in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts sowie mit der Person Liebig's. Darüber hinaus wird die Kontroverse zwischen Liebig und seinem Kollegen Eilhard Mitscherlich beleuchtet. Die Ergebnisse der Projektarbeit werden in Anschluss präsentiert und im Plenum diskutiert.

Methodik der Begleituntersuchung

Zur Erfassung der Schülerperspektiven auf NoS wird ein offenes Fragebogeninstrument, basierend auf Lederman (VNOS-C, 2002) und Höttecke & Henke (2013), genutzt. Es schließen sich Interviews mit Gewinnerkandidaten an. Sie verfolgen das Ziel, mögliche Gelenkstellen für den NoS-Wissenserwerb im Laufe des Projektes zu eruieren. Die Auswertung der Fragebögen erfolgt nach einem vorgegebenen Codierleitfaden, wobei die Schüleraussagen den Kategorien „eher elaboriert“ und „eher naiv“ zugewiesen werden. Aufgrund von geringer Trennschärfe strittige Zuordnungen werden im Gespräch zwischen den Codierern entschieden.

Der Fragebogen wird von den Schülerinnen und Schülern des Projektkurses (n=19) zunächst vor Beginn des Projektes bearbeitet. Parallel dazu wird auch die NoS-Perspektive in einem Vergleichskurs erfasst. Es handelt sich dabei um einen Chemie-Grundkurs, dessen Mitglieder nicht gleichzeitig am Projektkurs teilnehmen. Nach Abschluss des Projektes wird der Fragebogen in beiden Kursen ein weiteres Mal ausgegeben.

Die Auswertung der Ergebnisse geschieht auf verschiedenen Ebenen. Neben einer Betrachtung der Summe aller Ergebnisse in den beiden Kursen werden auch Einzelfallanalysen durchgeführt. Darüber hinaus ist zu prüfen, ob sich Unterschiede zwischen den NoS-Zielbereichen ergeben und bestimmte Bereiche ggf. besonders profitieren.

Erste Ergebnisse der Untersuchung: Auswertung der Fragebögen

Die Ergebnisse der ersten Runde erweisen sich als durchaus bemerkenswert. So konnte bei den Probanden des Projektkurses eine deutliche Zunahme der nach „eher elaboriert“ codierten Schüleraussagen festgestellt werden. Betrug der Anteil im pre-Test noch 28,1 % (89 Aussagen), so konnten im post-Test 36,6 % (119) ermittelt werden (Vergleichsgruppe: 24,7 % und 26,6 %). Dennoch bleibt der Anteil eher naiver Schüleraussagen auch im

Projektkurs recht hoch (leichter Rückgang von 196 auf 176 Aussagen). Es fällt bei allen Fragebögen des post-Tests eine hohe Inkonsistenz zwischen naiven und elaborierten Aussagen auf – einer elaborierten Aussage folgt im Rahmen anderer Fragen oftmals eine naive Antwort, in vielen Fällen auch innerhalb desselben NoS-Zielbereiches. Der Erhalt naiver Denkmuster bei gleichzeitigem Anstieg der Anzahl elaborierter Schülerperspektiven ist demnach eine wesentliche Erkenntnis der ersten Untersuchungen.

Blickt man in die einzelnen Zielbereiche, so stellt man Unterschiede fest. Während es im Zielbereich „Status von Beobachtungen, Deutungen und Denkmodellen“ markante Zuwächse elaborierter Aussagen zu verzeichnen gibt (von 27,0 % auf 36,3 %), zeigen sich im Bereich „Empirische Basis“ nahezu keine Entwicklungen. Dies ist möglicherweise auf den dort verankerten, stark wissenschaftlich orientierten Naturwissenschaftsbegriff zurückzuführen, während Diskussionen über die Funktion von Experimenten oder das Wechselspiel von Empirie und Theorie im Bereich „Beobachtungen, Deutungen, Denkmodelle“ Entwicklungen induzieren können. So fällt u. a. auf, dass im post-Test häufig Bezug zur Modellebene genommen wird. In diesem Kontext ist auch der Zuwachs an elaborierten Antworten im Zielbereich „Status von Theorien und naturwissenschaftlichen Gesetzen“ zu diskutieren. Während im pre-Test lediglich 11,1 % der Aussagen als „eher elaboriert“ einzuordnen sind, gilt dies im post-Test bereits für 28,1 % der Antworten. So werden Theorien nun vermehrt als Denkgebäude gesehen, welche einen Forschungsrahmen bieten und auch Vorhersagen ermöglichen. Dennoch findet sich in nahezu allen Fragebögen auch eine eher alltagssprachliche Verwendung des Theoriebegriffs im Sinne einer Idee/einer Hypothese (vgl. auch Hofheinz, 2008). Gleichzeitig werden Gesetze auch im post-Test zumeist als bewiesen charakterisiert. Das Ziel des Beweisens in den Naturwissenschaften erweist sich als eines der häufigsten naiven Denkmuster.

Vor dem Hintergrund des Projektziels, die genetische, prozessuale Dimension der Naturwissenschaften sichtbar werden zu lassen, ist darüber hinaus der Zuwachs des Anteils an elaborierten Antworten im Zielbereich „Vorläufigkeit naturwissenschaftlichen Wissens“ bemerkenswert (von 28,0 % auf 42,3 %). Dabei fallen insbesondere Schüleraussagen ins Gewicht, welche sinngemäß auf die „Änderung von Theorien bei neuen Belegen“ oder das „Hervorbringen von neuen Erkenntnissen durch die Naturwissenschaften“ hinweisen.

Folgerungen

Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass es mithilfe eines historisch-chemischen Projektes wie der Liebig'schen Elementaranalyse gelingen kann, eine Entwicklung der NoS-Schülerperspektive anzustoßen. Die Untersuchung soll durch Interviews einiger Schülerinnen und Schüler sowie eine weitere Runde des Projektes in einem neuen Kurs (Teilnehmerzahl n=25) vertieft werden.

Literatur

- Höttecke et al. (2012). Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project. Springer Science+Business Media B.V., veröffentlicht online in 12/2010
- Hofheinz, V. (2008). Erwerb von Wissen über "Nature of Science" – eine Fallstudie zum Potenzial impliziter Aneignungsprozesse in geöffneten Lehr-Lern-Arrangements am Beispiel von Chemieunterricht, Dissertationsschrift
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521
- Liebig, J. (1853). Anleitung zur Analyse organischer Körper, zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage, Vieweg Verlag Braunschweig