

Entwicklung und Anwendung einer Conceptual Coherence Map zur Analyse von Schulbüchern anhand des Themas ‚Säuren und Basen‘

Das Lehren und Lernen von Chemie birgt besondere fachspezifische Herausforderungen. Um chemische Phänomene deuten und erklären zu können, die auf der makroskopischen Ebene des Johnstone-Dreiecks wahrgenommen werden, ist es notwendig, die Vorgänge auf der submikroskopischen Ebene der Teilchen zu verstehen. Zur Erklärung und Verdeutlichung dieser Vorgänge werden Repräsentationen verschiedenster Art verwendet: Symbole, Formeln, Modelle, Schemata, Fachtermini etc. Je klarer und konzeptuell kohärenter diese Repräsentationen eingesetzt werden, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass chemische Konzepte in einer fachlich angemessenen Art und Weise verstanden und angewendet werden können. Einer von vielen Faktoren, die das konzeptuelle Lernen beeinflussen, sind Schulbücher. Sie werden von Lernenden in der Schule und zuhause verwendet. Lehrende nutzen Schulbücher für ihre Unterrichtsplanung, -vorbereitung und -durchführung. Bei der Auswahl dessen, was und wie sie unterrichten, vertrauen sie auf die fachliche Korrektheit und fachdidaktische Angemessenheit dieser Schulbücher. Daher ist es entscheidend, dass Schulbücher die naturwissenschaftlichen Inhalte korrekt und in einer für die Zielgruppe angemessenen Art und Weise präsentieren (vgl. Harsh et al., 2012; Lembens et al., 2019a, 2019b; Oelkers, 2010).

Fokus auf den Themenkomplex ‚Säuren und Basen‘

Ein Themenkomplex, zu dem besonders viele unangemessene und veränderungsresistente Konzepte bei Lernenden wie auch Lehrenden dokumentiert sind, ist das Thema ‚Säuren und Basen‘ (vgl. Barke, 2015; Drechsler et al., 2008; Hoe et al., 2016; Jenkins, 2013; Lembens, 2017; Lembens et al., 2017; Lembens et al., 2018a, 2018b; Van Driel et al., 1999, 2002). Es ist ein zentrales Beispiel für chemische Reaktionen, die dem Donator-Akzeptor Konzept folgen. Dementsprechend sollten ‚Säuren und Basen‘ in Chemieschulbüchern für die Sekundarstufe I nach dem Konzept von Brønsted definiert werden. Dieses Konzept ist zudem anschlussfähig an das vielfach in der Sekundarstufe II verwendete Lewis Konzept. Des Weiteren ermöglicht der Themenkomplex vielfältige Querverbindungen zu Alltagserfahrungen und -phänomenen. Aus diesen Gründen wurde der Themenkomplex ‚Säuren und Basen‘ als Fokus für die Schulbuchanalyse gewählt.

Conceptual Coherence Map (CCM) und Codierleitfaden

Inwiefern wird das Thema ‚Säuren und Basen‘ fachlich angemessen, konzeptuell kohärent und adressatengerecht in Österreichischen Schulbüchern für die Sek I dargestellt? So lautet unser Erkenntnisinteresse. Um dem nachzugehen, wurden zunächst Big Ideas (vgl. Loughran et al., 2006; Loughran et al., 2004) zum Thema ‚Säuren und Basen‘ formuliert und daraus eine Conceptual Coherence Map (CCM) (vgl. Roseman et al., 2010) entwickelt (zur genaueren Beschreibung des Entwicklungsprozesses siehe Lembens et al., 2019a, 2019b). Auf dieser Basis wurde ein Codierleitfaden mit sechs Haupt- und drei Subkategorien erstellt und validiert (siehe Tabelle). Als minimale Codiereinheit wurde ein Satz, als maximale Einheit drei Sätze, ein Kasten oder eine Abbildung inkl. Beschreibung festgelegt. Um als Einheit codiert zu werden, ist ein direkter Zusammenhang der Inhalte Voraussetzung. Der Codierleitfaden beschreibt die Kategorien und Subkategorien genau und grenzt sie voneinander ab. Ist eine Zuordnung zu einer (Sub-)Kategorie nicht eindeutig möglich, so sind die vorausgehenden oder nachfolgenden Textstellen im Kontext zu berücksichtigen. Wenn beispielsweise aus einer

Formulierung nicht hervorgeht, ob die Stoff- oder die Teilchenebene gemeint ist, kann keine eindeutige Zuordnung zu „CCM konform“ bzw. „Arrhenius“ erfolgen. Allerdings wird meist durch die Betrachtung der Textstellen in der Nähe deutlich, auf welcher Ebene jeweils argumentiert wird. Wird im Kontext durchgängig die Stoffebene angesprochen, wird eine nicht eindeutige Formulierung als „Arrhenius“ codiert, sofern alle anderen Kriterien dieser Kategorie erfüllt sind.

Hauptkategorien	Sub- und Subsubkategorien	
- Definition Säure / Base	I Conceptual Coherence Map konform (Brønsted)	
- Saure und basische Lösungen	II Nicht Conceptual Coherence Map konform	
- Protonenübertragungsreaktionen		A. Arrhenius
- Stärke von Säuren / Basen		B. Vermischte Konzepte
- Teilchen in Wasser	C. Fachlich nicht angemessen	
- Neutralisationsreaktion	III D. Nicht zuordenbar	

In die Analyse wurden zwölf österreichische Chemieschulbücher für die Sekundarstufe I mit Erscheinungsdaten von 2011 bis 2017 einbezogen. In allen zwölf Büchern wurde das Kapitel zum Thema ‚Säuren und Basen‘ analysiert, wobei zunächst die Anzahl der jeweils codierten Fundstellen quantifiziert wurde. Aufgrund des sehr unterschiedlichen Seitenumfanges der Kapitel, können diese Zahlen nur erste Hinweise geben. Für vier ausgewählte Bücher wird derzeit zusätzlich eine umfassende charakterisierende Beschreibung der jeweiligen Kapitel erstellt. Die Kriterien für die Auswahl dieser Bücher waren: a) ein Buch, das in hohem Maße CCM-konform ist, b) ein Buch, das in hohem Maße vermischte Konzepte aufweist, c) ein Buch, das auf eine Definition von ‚Säuren und Basen‘ verzichtet und sich auf saure und basische Lösungen beschränkt, d) ein Buch, das als einziges die unterschiedlichen Konzepte von Boyle bis Brønsted thematisiert.

Ergebnisse im Überblick

Der Seitenumfang der ‚Säure-Base‘-Kapitel in den analysierten Büchern liegt zwischen drei und 16 Seiten. Gemittelt über alle Schulbücher und alle Hauptkategorien wurden 20% aller Codiereinheiten der Subkategorie ‚CCM-konform‘ zugeordnet. 65% aller Codiereinheiten wurden der Subkategorie ‚nicht CCM-konform‘ zugeordnet: in der Subsubkategorie ‚Arrhenius‘ finden sich 34%, in der Subsubkategorie ‚vermischte Konzepte‘ 8% und in der Subsubkategorie ‚fachlich nicht angemessen‘ 23%. 15% aller Codiereinheiten konnten nicht eindeutig zugeordnet werden. Keines der analysierten Schulbücher zeigt vollständige konzeptuelle Kohärenz über alle Kategorien hinweg. Darüber hinaus ist Folgendes hervorzuheben:

- Säure-Base-Reaktionen werden nur in zwei Büchern als Protonenübertragungsreaktionen im Sinne des Donator-Akzeptor-Konzepts angesprochen, wobei die Darstellung nur in einem Buch als fachlich angemessen codiert werden konnte.
- Die Stärke von Säuren und Basen wurde in keinem der Bücher CCM-konform dargestellt. In vielen Büchern wird in diesem Zusammenhang lediglich auf Säuren eingegangen; in anderen wird von starken Säuren oder Basen gesprochen, ohne dass diese Eigenschaft näher erklärt wird.
- Die Teilchen in Wasser werden in vier Büchern angemessen dargestellt, wobei in jedem dieser Bücher gleichzeitig fachlich nicht angemessene Darstellungen zu finden sind.

Betrachtet man beispielsweise die Kategorie ‚Definition Säure / Base‘, dann zeigt sich, dass nur in einem Schulbuch konsequent mit dem Brønsted-Konzept gearbeitet wird. Neun Schulbücher verwenden Definitionen, die dem Arrhenius-Konzept zugeordnet werden

können. Zusätzlich zeigen fünf dieser Bücher vermischte Konzepte und zwei enthalten fachlich nicht angemessene Darstellungen. Insgesamt finden sich in neun Schulbüchern nicht eindeutig zuordenbare Darstellungen. Eines der Schulbücher bietet den Lernenden gar keine Definition von ‚Säuren und Basen‘ an.

Wenn es um die konzeptuelle Kohärenz der Definition von ‚Säuren und Basen‘ in den Büchern geht, muss man differenzierter hinsehen. Eines der analysierten Bücher definiert ‚Säuren und Basen‘ im Sinne der Conceptual Coherence Map, also nach dem Brønsted-Konzept. Betrachtet man die übrigen elf Bücher, so ist festzustellen, dass in fünf Büchern ‚Säuren und Basen‘ konzeptuell kohärent nach dem Arrhenius-Konzept definiert werden. In fünf weiteren Büchern wird ebenfalls das Arrhenius-Konzept verwendet, jedoch nicht in konzeptuell kohärenter Art und Weise und in einem Buch gibt es gar keine Definition von ‚Säuren und Basen‘.

Fazit

Insgesamt ergibt sich bei dieser Schulbuchanalyse ein sehr heterogenes Bild. Angefangen beim Umfang der untersuchten Kapitel über die verwendeten Konzepte, die konzeptuelle Kohärenz, die fachliche Angemessenheit bis zur Eindeutigkeit der Repräsentationen. Obwohl Erkenntnisse aus der fachdidaktischen Forschung nahelegen, bei der Einführung in den Themenkomplex ‚Säuren und Basen‘ darauf zu verzichten, das Arrhenius-Konzept einzuführen und gleich das Brønsted-Konzept zu verwenden, haben diese Erkenntnisse noch kaum Eingang in die Schulbücher gefunden. Da Lehrkräfte sich vielfach bei der Planung und Durchführung von Unterricht an Schulbüchern orientieren, ist es kaum verwunderlich, dass Studierende des Unterrichtsfaches Chemie mit wenig belastbaren Konzepten zum Themenkomplex ‚Säuren und Basen‘ in die fachdidaktischen Lehrveranstaltungen kommen und es ihnen außerordentlich schwerfällt, sich fachlich angemessen und konzeptuell kohärent innerhalb des Themas ‚Säuren und Basen‘ auszudrücken (vgl. Lembens, 2017; Lembens et al., 2017; Lembens et al., 2018a, 2018b). Das alte und für ein Studium der Chemie unzureichende Arrhenius-Konzept kann nicht einfach zum tragfähigeren und erklärungsmächtigeren Brønsted-Konzept weiterentwickelt werden. Erschwerend kommt noch hinzu, dass die Studierenden in fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen an der Universität kaum Gelegenheit erhalten, ihre mitgebrachten Vorstellungen zu reflektieren (vgl. Barke et al., 2018). Ein schrittweiser Konzeptwandel reicht also nicht aus, um zu einem fachlich angemessenen Verstehen zu kommen, vielmehr ist ein mühevoller Konzeptwechsel notwendig. Dieser Konzeptwechsel wird von den angehenden Lehrkräften in vielen Fällen nicht vollständig vollzogen, was dazu führt, dass im Unterricht inkonsistente Erklärungen geliefert werden. Dies hat wiederum zur Folge, dass Schüler*innen nicht zum nachvollziehenden und verstehenden Lernen, sondern zum Auswendiglernen von – für sie nicht nachvollziehbaren – Merksätzen verleitet werden.

Ausblick

Die hier kurz vorgestellte Schulbuchanalyse zum Thema ‚Säuren und Basen‘ ist Teil des Forschungs- und Entwicklungsprojektes ‚Säuren und Basen – Stolpersteine für Schüler*innen, Studierende und Lehrende‘, das darauf zielt, rund um den Themenkomplex ‚Säuren und Basen‘ ein sinnvolles Kontinuum von der Elementar- über die Primar- bis zur Sekundarstufenbildung zu entwickeln und zu implementieren. In mehreren aufeinander bezogenen Teilschritten soll eine evidenzbasierte Grundlage für die Entwicklung und Implementierung geeigneter Inhalte, Methoden, Materialien und Fortbildungen entstehen. Die auf der Basis von Forschungserkenntnissen zu entwickelnden Lerngelegenheiten sollen dazu beitragen, Lernenden ein in sich konsistentes und anschlussfähiges Konzept im ‚Säure-Base‘-Kontext mit auf den Weg zu geben und damit einen Beitrag zum Aufbau einer angemessenen naturwissenschaftlichen Grundbildung zu leisten.

Literatur

- Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! *Chemie & Schule*, 30(1).
- Barke, H.-D. & Büchter, J. (2018). Der Laborjargon bei Lehrenden und Fehlvorstellungen bei Studierenden. *Chemie & Schule*, 33(3), 12-15.
- Drechsler, M. & Van Driel, J. (2008). Experienced Teachers' Pedagogical Content Knowledge of Teaching Acid-base Chemistry. *Research in Science Education*, 38(5), 611-631. doi:10.1007/s11165-007-9066-5
- Harsh, J. A., Maltese, A. V. & Tai, R. H. (2012). A Perspective of Gender Differences in Chemistry and Physics Undergraduate Research Experiences. *Journal of Chemical Education*.
- Hoe, K. Y. & Subramaniam, R. (2016). On the prevalence of alternative conceptions on acid-base chemistry among secondary students: insights from cognitive and confidence measures. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(2), 263-282. doi:10.1039/C5RP00146C
- Jenkins, E. W. (2013). The "nature of science" in the school curriculum: the great survivor. *Journal of Curriculum Studies*, 1-20.
- Lembens, A. (2017). "Säuren und Basen" - Sprache und Konzeptwechsel als Herausforderung für den Chemieunterricht. *Chemie & Schule*, 32(4), 28-29.
- Lembens, A. & Becker, R. (2017). "Säuren und Basen" – Stolpersteine für SchülerInnen, Studierende und Lehrende. *Chemie & Schule*, 32(1), 12-15.
- Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farther, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019a). Conceptual Coherence Maps als Instrument zur Analyse von Schulbüchern. Paper presented at the Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe Kiel.
- Lembens, A., Hammerschmid, S., Jaklin-Farther, S., Nosko, C. & Reiter, K. (2019b). Textbooks as source for conceptual confusion in teaching and learning 'acids and bases' in lower secondary school. *Chemistry Teacher International*.
- Lembens, A. & Reiter, K. (2018a). Pre-service Chemistry Teachers' Conceptions of How to Teach 'Acids and Bases'. Paper presented at the ESERA 2017 Conference: Research, Practice and Collaboration in Science Education, Dublin.
- Lembens, A. & Reiter, K. (2018b). Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema 'Säuren und Basen' – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung. Paper presented at the GDCP Qualitätsvoller Chemie- und Physikunterricht - normative und empirische Dimensionen, Regensburg.
- Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2006). *Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In search of pedagogical content knowledge in science: Developing ways of articulating and documenting professional practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 370-391.
- Oelkers, J. (2010). Lehrmittel: Rückgrat des Unterrichts. *Folio. Zeitschrift des BCH |FPS*, 1, 18-21.
- Roseman, J. E., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 47-70. doi:10.1002/tea.20305
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science. *International Journal of Science Education*, 21(11), 1141-1153. doi:10.1080/095006999290110
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education. *International Journal of Science Education*, 24(12), 1255-1272.