

### **Vorstellungen von Lehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen‘ – Eine Herausforderung für die LehrerInnenbildung**

Dieser Artikel gibt Einblicke in die Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden zum Thema ‚Säuren und Basen‘ und zeigt die Veränderungsresistenz ihrer in die Lehrveranstaltung mitgebrachten Vorstellungen. Anhand ausgewählter Daten auf der Basis eines Erhebungsbogens wird gezeigt, wie fragil das neu erworbene Wissen der Studierenden ist. Mögliche Gründe für die offensichtlichen Schwierigkeiten der Studierenden werden im Anschluss kurz angerissen.

#### **Die Ausgangslage**

Das Kapitel ‚Säuren und Basen‘ ist im österreichischen Chemielehrplan für die Sekundarstufe fest verankert. Der Lehrplan definiert Säure-Base-Reaktionen als Protonenübertragungsreaktionen und bettet sie in das Basiskonzept ‚Donator-Akzeptor-Konzept‘ ein. Dementsprechend werden in allen Chemieschulbüchern Säuren und Basen nach dem Modell von Brønsted definiert. Konsequenterweise ist dies auch Gegenstand fachdidaktischer Auseinandersetzungen in der Lehramtsausbildung an der Universität Wien. Aufgabe des Lehramtsstudiums ist es, angehenden LehrerInnen zu ermöglichen, eine belastbare Brücke zwischen ihrem chemischen Fachwissen zu diesem und anderen Themen und ihrem Wissen über angemessene Unterrichtsstrategien aufzubauen, um diese erfolgreich in der Schule unterrichten zu können. Die Lehrveranstaltung ‚Einführung in die Didaktik der Chemie‘ bietet eine Gelegenheit, erste Schritte zum Aufbau eines angemessenen Pedagogical Content Knowledge (PCK) (vgl. Gess-Newsome, 2015) zu gehen.

#### **Die Lehrveranstaltung**

Um mit den Studierenden in die Diskussion über die Bedeutung von SchülerInnenvorstellungen für das Lehren und Lernen einzusteigen, wird zu Beginn der Lehrveranstaltung ein Erhebungsbogen, der typische SchülerInnenvorstellungen zu ‚Säuren und Basen‘ adressiert, eingesetzt und diskutiert. Ziel ist es, die Studierenden für ihre eigenen (Fehl-)Vorstellungen zu sensibilisieren und dadurch einen Conceptual Change zu initiieren. Anschließend werden ausgewählte Artikel aus wissenschaftlichen Journals und LehrerInnen-zeitschriften bearbeitet, die sich mit SchülerInnenvorstellungen im Allgemeinen und in Bezug auf ‚Säuren und Basen‘ beschäftigen (z. B. Garnett et al. 1995; Kind 2004; Barke 2015). Die Problematiken einer unklaren Sprache, der Vermischung von Phänomen- (Stoff-) und Teilchen- (Submikro-)ebene sowie der Vermischung verschiedener Säure-Base-Modelle und die unausweichlich daraus folgende Verwirrung der Lernenden werden explizit in der Diskussion mit den Studierenden thematisiert. Nach der gemeinsamen Formulierung von Big Ideas zum Thema ‚Säuren und Basen‘ und der Ausarbeitung von didaktischen Überlegungen in Form von CoRes (Content Representations) nach Loughran et al. (2012) planen die Studierenden 15-minütige Lerngelegenheiten (Mikroteachings). Diese Mikroteachings, die auf eine ausgewählte Big Idea und eine zu erwerbende Kompetenz zielen, werden videographiert. Die Videos sind Grundlage für die Erstellung einer schriftlichen Reflexion über eine gelungene und eine verbesserbare Sequenz durch die Studierenden unter Hinzuziehung von Argumenten aus der im Seminar bearbeiteten Literatur.

Nach den Erfahrungen mehrerer Semester wurde zunehmend klarer, dass viele Studierende am Ende des Semesters nach wie vor mit ihren unangemessenen Vorstellungen kämpfen. Es gelingt ihnen oft noch nicht im angemessenen Maße, sich einer klaren Sprache zu bedienen,

außerdem vermischen sie nach wie vor die Phänomen- mit der Teilchenebene sowie das Modell von Arrhenius mit dem von Brønsted. Trotz der intensiven Auseinandersetzungsmöglichkeiten im Seminar erweisen sich die mitgebrachten (Fehl-)Vorstellungen der Studierenden als äußerst veränderungsresistent. Diese Beobachtung war Ausgangspunkt für eine vertiefte Literaturrecherche und damit zu beginnen, die Mikroteachingvideos zu analysieren. Letzteres mit dem Ziel, die Hauptprobleme der Studierenden zu identifizieren und herauszuarbeiten, wie genau sich diese Probleme manifestieren, um im nächsten Schritt wirksamere Lerngelegenheiten für die Lernenden in Schule und Hochschule zu entwickeln.

### Ein Beispiel für fachliche und sprachliche Irritationen

Dem Brønsted'schen Modell folgend ist die Eigenschaft eines bestimmten Teilchens, als Säure reagieren zu können, untrennbar mit seiner potentiellen Fähigkeit verknüpft, ein Proton an einen Reaktionspartner abzugeben. Das Ausmaß dieser Fähigkeit zur Ionisierung wird als Säurestärke bezeichnet. Vielfach wird jedoch fälschlich die Stärke einer Säure mit einem besonders niedrigen pH-Wert gleichgesetzt. Hierbei werden mehrere zentrale Punkte übersehen: erstens kann der pH-Wert nur in wässrigen Lösungen bestimmt werden – in diesem Falle handelt es sich dann um eine saure Lösung (Phänomen-/Stoffebene) und nicht um eine Säure (Submikro-/Teilchenebene). Zweitens ist der pH-Wert abhängig von der Konzentration der Wasserstoffionen/Protonen (bzw. Oxoniumionen) in der Lösung, somit kann auch eine starke Säure bei niedriger Konzentration eine schwach saure Lösung bilden, die einen relativ hohen pH-Wert in der Nähe von pH 7 aufweist. Ein zusätzlicher Faktor der Verwirrung ist die unterschiedliche Bedeutung des Wortes ‚stark‘ in der Alltagssprache und in der chemischen Fachsprache. Diese Irritationen werden in den Antworten der Studierenden auf die Frage „Was ist der Unterschied zwischen einer starken und einer schwachen Säure?“ im Erhebungsbogen sichtbar. Vier Antwortmöglichkeiten stehen dabei zur Auswahl: a) *Starke Säuren haben einen höheren pH-Wert als schwache Säuren.*

b) *Starke Säuren enthalten mehr Wasserstoffatome als schwache Säuren.*

c) *Starke Säuren sind konzentrierter als schwache Säuren.*

d) *Starke Säuren ionisieren mehr als schwache Säuren.*

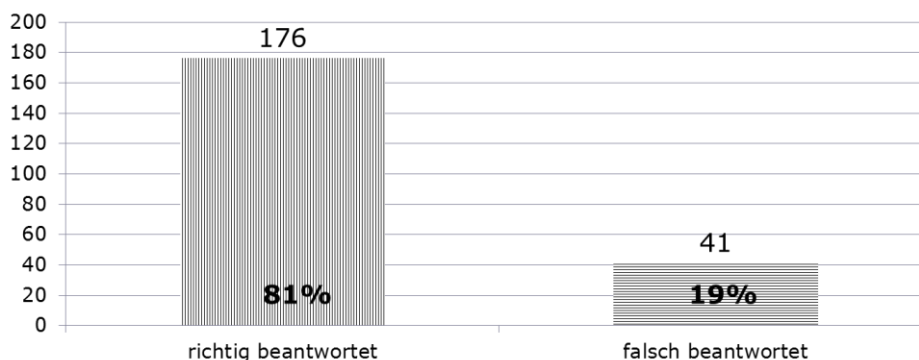


Abb. 1: Antworten der Studierenden (N=217) auf die Frage „Was ist der Unterschied zwischen einer starken und einer schwachen Säure?“

Fast einem Fünftel der Studierenden ist nicht klar, dass sich starke und schwache Säuren ausschließlich in ihrer potentiellen Fähigkeit zur Ionisierung unterscheiden. Die unangemessenen Antworten der Studierenden verteilen sich relativ gleichmäßig auf die Antwortmöglichkeiten a) b) und c). Dieses Ergebnis scheint auf den ersten Blick nicht allzu beunruhigend zu sein, immerhin beantworten rund 80% der Studierenden die Frage angemessen. Betrachtet man die Antworten auf die Frage „Was muss bekannt sein, um eine

Aussage über die Stärke einer Säure machen zu können?<sup>66</sup>, so relativiert sich dieser Eindruck. Es stehen wieder vier Antwortmöglichkeiten zur Auswahl:

- a) Die Konzentration.
- b) Die Anzahl der Wasserstoffatome in der Verbindung.
- c) Der prozentuelle Ionisierungsgrad.
- d) Der pH-Wert.

Nur etwa die Hälfte der Studierenden erkennt, dass ausschließlich die Kenntnis des potentiellen Ionisierungsgrades eine Aussage über die Stärke einer Säure ermöglicht. Die Inkonsistenz in der Beantwortung dieser beiden Fragen zum Thema ‚Stärke von Säuren‘ zeigt deutlich die tiefe Verunsicherung der Studierenden.

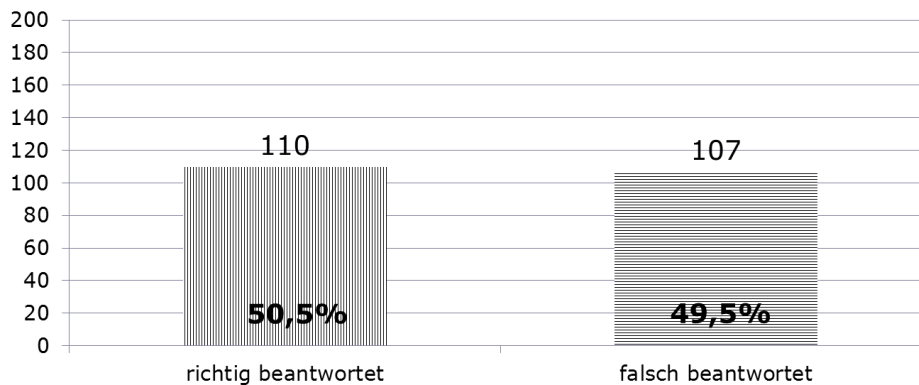


Abb. 2: Antworten der Studierenden (N=217) auf die Frage „Was muss bekannt sein, um eine Aussage über die Stärke einer Säure machen zu können?“

In der weiteren Arbeit mit den Studierenden, wenn sie eine Lerngelegenheit zum Thema ‚Säuren und Basen‘ planen und durchführen, zeigt sich ebenfalls, dass ein Großteil mit erheblichen fachlichen und sprachlichen Unsicherheiten kämpft. So wird immer wieder versucht, mit einem pH-Indikator zu demonstrieren, was eine schwache und eine starke Säure ist oder es wird argumentiert, dass starke Säuren konzentrierter seien als schwache. Dieses Problem ist nicht allein eine Folge der unterschiedlichen Bedeutungen des Wortes „stark“ in der Alltags- und der Fachsprache. Auch in vielen Schulbüchern finden sich falsche Aussagen (z. B. „Starke Säuren haben einen niedrigen pH-Wert.“), die dann sowohl von den Lernenden als auch von den Lehrenden unreflektiert weitergegeben werden. Studien zeigen, dass auch die Vorstellungen von erfahrenen Lehrenden über (Säure-Base-)Modelle vielfach wenig elaboriert und inkonsistent sind (Drechsler & Schmidt 2005, Van Driel & Verloop 1999, 2002). Justi & Gilbert (2000) konnten zeigen, dass LehrerInnen oft Eigenschaften eines Modells auf ein anderes transferieren, was dazu führt, dass Hybridmodelle gelehrt werden, die bei den Lernenden zwangsläufig zu Konfusion führen. Wir stellen fest, dass das Denken vieler Lehramtsstudierender noch vom Arrheniusmodell dominiert ist und sich deren Beschreibung von Säuren auf „Säuren haben einen pH-Wert < 7“ beschränkt. Sie unterscheiden nicht zwischen Säuren und sauren Lösungen, und vermischen dabei die Phänomen- mit der Teilenebene. In den fachdidaktischen Lehrveranstaltungen gelingt es noch zu wenig, die mitgebrachten (Fehl-)Vorstellungen zu verändern. Auch die fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen am Anfang des Studiums bieten offenbar nicht genügend Gelegenheiten, wissenschaftlich angemessene Vorstellungen zu entwickeln.

Ziel der weiteren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es, Lerngelegenheiten zu entwickeln und zu erproben, die geeignet sind, konsistente und angemessene Vorstellungen zum Säure-Base-Thema aufzubauen und diese in die LehrerInnenbildung zu implementieren.

**Literatur**

- Barke, H.-D. (2015). Brönsted-Säuren und Brönsted-Basen: es sind nicht Stoffe, sondern Moleküle oder Ionen! *Chemie & Schule*, 30 (1), 10-15.
- Drechsler, M. & Schmidt, H.-J. (2005). Textbooks' and teachers' understanding of acid-base models used in chemistry teaching, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 6, 19-35.
- Garnett, P., Garnett, P. & Hackling, M. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning *Studies in Science Education*, 25: 69-95.
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK. In: A. Berry, P. Friedrichsen & J. Loughran (Eds.)(2015). *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*. Routledge. 28-42.
- Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2000). History and philosophy of science through models: some challenges in the case of "the atom", *Int. J. Sci. Educ.*, 22, 993-1009.
- Kind (2004). *Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas*. School of Education, Durham University, UK.
- Loughran, J.; Berry, A. & Mulhall, P. (2012). *Understanding Science Teachers' Pedagogical content knowledge* (2nd edition). Rotterdam: Sense publishers
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (1999). Teachers' knowledge of models and modelling in science, *Int. J. Sci. Educ.*, 21, 1141-1153.
- Van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education, *Int. J. Sci. Educ.*, 24, 1255-1272.