

„Säuren & Basen“ in der SEK II – von Key Ideas zur Lerngelegenheit

Eine zentrale Lernhürde in der Chemie ist das Verstehen von und Arbeiten mit den drei Ebenen des chemischen Dreiecks (Johnstone, 1991). Insbesondere bei Themen wie ‚Säuren und Basen‘ fällt es den Lernenden schwer, die Ebenen zu verbinden und so die Thematik in ihrer fachlichen und sprachlichen Komplexität zu erfassen. Säure-Base-Reaktionen sind jedoch sowohl fachinhaltlich als auch curricular ein wesentlicher Bestandteil der Chemie und ihrer Didaktik (Häusler, 1987; Rychtman, 1979). Die Bedeutung des Themas erschließt sich einerseits dadurch, dass Säure-Base-Reaktionen einen der zentralen, auch historisch sehr bedeutsamen, Reaktionstypen darstellen. Andererseits neigen die Lernenden bereits im Alltag dazu, zu ‚Säuren‘ und ‚Basen‘ viele Präkonzepte und alternative Vorstellungen zu entwickeln, wodurch dieses Thema im schulischen Kontext als sehr komplex angesehen wird (z. B. Hoe & Subramaniam, 2016; Jiménez-Liso et al., 2018; Lembens et al., 2019; Oversby, 2000). Gleichzeitig wurden sowohl bei Lehrenden als auch bei zukünftigen Lehrpersonen konzeptuelle Unsicherheiten und Unklarheiten bei dem Thema festgestellt (Alvarado et al., 2015; Barke & Büchter, 2018; Lembens & Becker, 2017). Dementsprechend bedarf es an Untersuchungen, wie das Thema lernwirksam, sprachlich und fachlich angemessen und anschlussfähig unterrichtet werden kann.

Herausforderungen beim Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen

Zusätzlich zur Herausforderung, dass bei Säure-Base-Reaktionen viele unangemessene und veränderungsresistente Vorstellungen bekannt sind, scheint dieser Reaktionstyp vor allem dann anschlussfähig zu anderen Reaktionstypen wie z. B. Redoxreaktionen zu sein, wenn man Säure-Base-Reaktionen nicht nur als einfache Protonenübertragungsreaktionen thematisiert, sondern insbesondere die beteiligten Elektronenpaare in den Blick nimmt (Lembens et al., 2019). Dementsprechend liegt ein Fokus in diesem Projekt neben dem Donator-Akzeptor-Konzept (und insbesondere der Rolle von Donator und Akzeptor) auf den Elektronenverschiebungen sowie einer anschlussfähigeren Definition von Säuren und Basen als Teilchen im Zuge der Reaktion. Auf Basis von grundlegenden, altersadäquaten Konzepten (Key Ideas) wurde ein auf Basis des Brønsted-Lowry-Konzepts (Brønsted, 1923) für Säure-Base-Reaktionen mit Fokus auf das Donator-Akzeptor-Konzept entwickelt und seine Wirkung auf Lernende untersucht.

Designentscheidungen und Key Ideas

Auf Basis der Literatur und früherer Untersuchungen wurden Designentscheidungen getroffen, die zu folgenden Key Ideas führten:

- Key Idea 1: Säure-Base-Reaktionen nach Brønsted sind Protolysereaktionen (Brønsted, 1923). Der heterolytische Bindungsbruch zwischen dem Wasserstoffatom der Säure HA und dem entstehenden A⁻ sowie die Ausbildung einer neuen Bindung zwischen der Base B⁻ und dem Wasserstoffion werden mittels Electron Pushing Formalism (Sieve & Bittorf, 2016) hervorgehoben.

- Key Idea 2: Säuren und Basen werden im Zuge der Säure-Base-Reaktion als Teilchen definiert, um darauf zu fokussieren, dass es keine intrinsische Eigenschaft eines Teilchens ist, als Säure oder Base zu wirken; vielmehr wirken Teilchen in der Reaktion miteinander als Säuren oder Basen (Krebs & Lembens, 2021). Teilchen wie HA, die ein positiv polarisiertes Wasserstoffatom aufweisen, können als Brønsted-Säure reagieren. Teilchen, die zumindest ein freies Elektronenpaar aufweisen, um damit das positiv polarisierte H-Atom zu binden, können als Brønsted-Base reagieren.
- Key Idea 3: Insbesondere Säure-Base-Reaktionen in wässrigen Lösungen sind oft reversibel (Jiménez-Liso et al., 2020). Dieser Aspekt wird hervorgehoben, um in weiterer Folge auf die Säure- und Basenstärke einzugehen.
- Key Idea 4: Für die Betrachtung der Säure- und Basenstärke werden Becherglasmodelle sowie die pKa/pKb-Tabelle herangezogen (Barke, 2015).

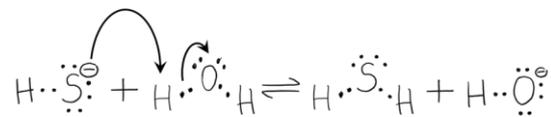


Abb. 1: Beispiel für eine Säure-Base-Reaktion mit Electron Pushing Formalism.

Erprobung mittels Akzeptanzbefragungen

Das Erklärungsangebot wurde in zwei Interviewrunden ($N_1=7$, $N_2=4$) mit Schüler*innen der österreichischen Sekundarstufe II (Schulstufen 10, 11 und 12) erprobt. Die Interviews fanden in Form von Videokonferenzen digital statt. Um die Anonymität der teilnehmenden Schüler*innen zu wahren, wurden nur Audioaufnahmen der Interviews sowie Bildschirmaufnahmen der Notizen der Lernenden angefertigt; die Transkripte wurden anschließend mit von den Lernenden selbst gewählten Namen pseudonymisiert. Die Erprobung der Erklärungen erfolgte in Form von Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992): Hierbei werden Erklärungen aus dem entwickelten Angebot präsentiert, von den Lernenden mit Blick auf ihre Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit bewertet, paraphrasiert und dann von ihnen auf eine oder zwei Aufgaben mit zunehmender Komplexität angewendet. In der ersten Interviewrunde wurden die Schüler*innen zur ersten und zweiten Key Idea befragt, in der zweiten Runde wurde das Erklärungsangebot um die Key Ideas zur Reversibilität (Idee 3) und Säure-/Basenstärke (Idee 4) erweitert. Die Interviewtranskripte wurden anschließend mittels skalierender Strukturierung (Mayring, 2010) ausgewertet.

Erste Ergebnisse

Für eine Schülerin (*Lia*) war die Erklärung zu Säure-Base-Reaktionen mittels Electron Pushing Formalism (Key Idea 1) nicht nachvollziehbar, ansonsten wurde das entwickelte Erklärungsangebot von den teilnehmenden Schüler*innen ($N_1=7$, $N_2=4$) gut bis mäßig gut akzeptiert. Außer *Monkey* und *Severus* konnten alle die beiden Aufgaben zur Darstellung von Säure-Base-Reaktionen mittels Electron Pushing Formalism mäßig erfolgreich oder sogar erfolgreich lösen (siehe Abb. 2).

		L I A	M A R I E	B U T T E R F E L Y	J O	A P P L E	J O N A S	M A X	S E R E N A	M O N K E Y	S E V E R U S	P A U L
Säure-Base-Reaktion mit Electron Pushing Formalism	Bewertung	✗	✓	~	~	✓	~	✓	~	~	✓	✓
	Paraphrase	✓	✓	✓	✓	✓	✓	~	✓	~	~	✓
	Aufgabe 1: Reaktionsgleichung	✓	✓	~	✓	✓	✓	✓	~	✓	✗	~
	Aufgabe 2: Erklärung der Gleichung	~	✓	~	✓	~	✓	✓	~	✗	~	~
	erfolgreich	✓	befriedigend		~	mangelhaft		✗				

Abb. 2: Ergebnisse der Akzeptanzbefragungen

Auch das Erklärungsangebot zur Definition von Säuren und Basen als Teilchen (Key Idea 2) wurde von vier Lernenden gut und von den restlichen sieben mäßig gut akzeptiert. Problematisch für zwei Lernende (*Serena*, *Severus*) war jedoch die Paraphrase unter Einbezug von Partialladungen. Auch die Unterscheidung zwischen positiver Polarisierung und positiver Ladung fiel einigen Lernenden schwer. Die Erklärung zur Reversibilität von Säure-Base-Reaktionen wurde in der zweiten Interviewrunde gut (*Monkey*, *Severus*) bis mäßig gut (*Serena*, *Paul*) angenommen und von allen vier Lernenden mäßig erfolgreich auf eine Aufgabe angewendet. Hier besteht folglich noch Überarbeitungsbedarf bei der Formulierung des Erklärungsangebots und der weiterführenden Aufgaben. Die pK_a -Tabelle wurde von den vier Teilnehmer*innen der Runde 2 gut bis mäßig gut akzeptiert. Im Vergleich dazu wurde die Erklärung zur Säurestärke/Basenstärke mittels Becherglasmodell von *Monkey* als nicht nachvollziehbar erachtet wurde und sowohl *Pauls* Paraphrase als auch seine Bearbeitung der beiden Aufgaben als mangelhaft kategorisiert wurde. Insgesamt legen die Daten der ersten Interviewrunde nahe, dass es sich lohnt, den gewählten Ansatz weiter zu verfolgen, während die Daten der zweiten Interviewrunde großen Überarbeitungsbedarf bei der Formulierung von Erklärungen zur Säure- und Basenstärke nahelegen.

Ausblick

Um die Key Ideas und Erklärungen entsprechend zu überarbeiten, sind genauere qualitative Inhaltsanalysen (Mayring, 2010) der Transkripte und der Schüler*innenartefakte (Notizen bei der Bearbeitung der Aufgabenstellungen) geplant. Die überarbeiteten Erklärungsangebote werden für die Entwicklung von Material verwendet, welches in einer dritten Runde von Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992) erprobt werden soll. Auf dieser Grundlage wird anschließend aus dem Erklärungsangebot und dem Lehr-Lern-Material eine größere Lernumgebung entwickelt, welche in weiterer Folge im Chemieunterricht mehrerer Schulklassen eingesetzt und evaluiert werden soll.

Literatur

- Alvarado, C., Cañada, F., Garritz, A. & Mellado, V. (2015). Canonical pedagogical content knowledge by CoRes for teaching acid–base chemistry at high school. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 16(3), 603–618. <https://doi.org/10.1039/C4RP00125G>
- Barke, H.-D. (2015). Brønsted-Säuren und Brønsted-Basen. *Chemie & Schule*, 30(1), 10–15.
- Barke, H.-D. & Büchter, J. (2018). Laboratory jargon of lecturers and misconceptions of students. *African Journal of Chemistry Education*, 8(1), 28–38.
- Brønsted, J. N. (1923). Einige Bemerkungen über den Begriff der Säuren und Basen. *Recueil des Travaux Chimiques des Pays-Bas*, 42(8), 718–728.
- Häusler, K. (1987). Die historische Entwicklung der Säure-Base-Konzepte. *Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie*, 35(27), 2–6.
- 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. <https://doi.org/10.1039/C5RP00146C>
- Jiménez-Liso, M. R., López-Banet, L. & Dillon, J. (2020). Changing How We Teach Acid-Base Chemistry: A Proposal Grounded in Studies of the History and Nature of Science Education. *Science & Education*, 1–25. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00142-6>
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 2(7), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Jung, W. (1992). Probing acceptance: A technique for investigating. In R. Duit (Hrsg.), *IPN: Bd. 131. Research in physics learning: Theoretical issues and empirical studies* (S. 278–295). IPN.
- Krebs, R. E. & Lembens, A. (2021). Developing Key Ideas to Teach ‘Acids’ & ‘Bases’ in Upper Secondary Schools. In M. Rusek, M. Tóthová & K. Vojtíš (Hrsg.), *PROJECT-BASED EDUCATION AND OTHER ACTIVATING STRATEGIES IN SCIENCE EDUCATION XVIII*, Prague.
- 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. (2019). Textbooks as source for conceptional confusion in teaching and learning ‘acids and bases’ in lower secondary school. *Chemistry Teacher International*, 1(2), 19. <https://doi.org/10.1515/cti-2018-0029>
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Aufl.). Beltz Pädagogik. Beltz.
- Oversby, J. (2000). Models in Explanations of Chemistry: The Case of Acidity. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Hrsg.), *Developing Models in Science Education* (S. 227–251). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0876-1_12
- Rychtman, A. C. (1979). A new view of current acid-base theory: Experimental verification and reconciliation of Brønsted-Lowry, Lewis, and Usanovich theories [Dissertation]. City University of New York, Ann Arbor.
- Sieve, B. F. & Bittorf, R. M. (2016). Protonenübergang oder Elektronenpaarübertragung? Säure-Base-Reaktionen sachgerecht darstellen. *Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie*, 155, 47–48.