

Rita Krebs<sup>1</sup>  
Anja Lembens<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Wien

## **Säure-Base-Reaktionen in der SEK II – Evaluierung einer Lernumgebung**

Säure-Base-Reaktionen begegnen einem im alltäglichen Leben und sind ein klassisches Beispiel für Reaktionen, die nach dem Donator-Akzeptor-Prinzip ablaufen. Daher werden sie als ein zentrales Thema im Chemieunterricht behandelt. Es ist jedoch eine Herausforderung, das Thema so zu unterrichten, dass Lernende ein anwendbares und anschlussfähiges Wissen erwerben (Krebs et al., 2022; Reiners, 1997). Zu den Ursachen für diese Herausforderung zählen unter anderem historisch gewachsene Konzepte und Termini (Häusler, 1987; Krebs & Hofer, 2022), die kontextabhängig und aus heutiger Sicht verwirrend und wenig anschlussfähig sind. Dies spiegelt sich in zahlreichen Lernendenvorstellungen zum Thema wider, die im Widerspruch zu fachlich angemessenen Konzepten stehen (Hoe & Subramaniam, 2016). Um zu einer kohärenten, fachlich angemessenen und anschlussfähigen Einführung von Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II beizutragen, verfolgt das hier vorgestellte Design-Based Research (DBR) Projekt (Haagen-Schützenhöfer & Hopf, 2020) das Ziel, eine mittels didaktischer Rekonstruktion entwickelte Lernumgebung (LU) für die Sekundarstufe II zum Säure-Base-Konzept nach Brønsted zu evaluieren.

### **Die entwickelte Lernumgebung**

Wie bereits erwähnt, birgt das Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II einige Herausforderungen. Um diesen konstruktiv zu begegnen, wurden folgende Design-Entscheidungen getroffen:

- Der Electron Pushing Formalism wird verwendet, um den Reaktionsmechanismus zu verdeutlichen (Ghosh & Berg, 2014; Sieve & Bittorf, 2016) und auf das Donator-Akzeptor-Konzept im Zuge der Reaktion fokussiert.
- „Säure“ und „Base“ werden als an der Reaktion beteiligte Teilchen eingeführt; es wird deutlich gemacht, dass es sich dabei um keine inhärente Teilcheneigenschaft, sondern um ein „Verhalten“ im Zuge der Reaktion handelt.
- Becherglasmodelle (Barke, 2015) und Simulationen (Watson et al., 2020) werden eingesetzt, um Aspekte wie Säure- und Basenstärke zu verdeutlichen.

Insgesamt soll so eine bessere Anschlussfähigkeit an das Lewis-Konzept sowie andere Reaktionstypen (Redox-Reaktionen, organische Reaktionsmechanismen) ermöglicht werden.

### **Forschungsdesign und Methoden**

Das hier vorgestellte DBR-Projekt wurde in zwei Phasen durchgeführt, einer Vor- und Hauptstudie (*Abb. 1*). Im Zuge der Vorstudie ( $N=18$ ) wurde ein einfaches mehrteiliges Erklärungsangebot zum Thema Säure-Base-Reaktionen in der Sekundarstufe II entwickelt (Krebs et al., 2022) und evaluiert. In der Hauptstudie ( $N=52$ ) wurde aus dem Erklärungsangebot eine größere Lernumgebung für die Zielgruppe entworfen und in Form einer Interventionsstudie überprüft. Um zu evaluieren, ob der Zielgruppe das entwickelte Erklärungsangebot angemessen und plausibel (Posner et al., 1982) erscheint, wurden in einer

Vorstudie mehrere Runden Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992) mit Schüler\*innen ( $N_1=7$ ,  $N_2=4$ ,  $N_3=7$ ) durchgeführt. Hierbei wurde den Teilnehmenden eine Erklärung aus dem Erklärungsangebot präsentiert (1). Diese Erklärung wurde dann von den Lernenden bezüglich Nachvollziehbarkeit und Verständlichkeit evaluiert (2), paraphrasiert (3) und abschließend auf eine oder mehrere Aufgaben steigender Schwierigkeit angewendet (4). Die gewonnenen Daten wurden mittels skalierender Inhaltsanalyse (Kuckartz, 2018) ausgewertet.



Abb. 1: Überblick über das Forschungsdesign (Reeves, 2006; Zloklikovits & Hopf, 2018).

Im Zuge der Interventionsstudie ( $N=52$ ) kam schließlich ein selbstentwickelter, Rasch-skaliertes Multiple-Choice-Wissenstest zu Säure-Base-Reaktionen nach Brønsted und sechs offene Fragen zum Säure-Base-Konzept nach Brønsted sowie drei Fragen zum Interesse für die Lernumgebung und drei Items zum akademischen Selbstkonzept aus der PISA-Studie 2000 (Kunter et al., 2002) zum Einsatz. Die Interventionsstudie lief in vier Phasen ab: Zunächst wurden drei Chemielehrerinnen der Sekundarstufe II darin unterwiesen, wie sie die Lernumgebung in ihrem Chemieunterricht einsetzen sollen, anschließend absolvierten die teilnehmenden Schüler\*innen ( $N = 85$ ) den Pretest (11 Multiple-Choice-Aufgaben, sechs offene Fragen zu zentralen Aspekten des Themas, drei Items zum akademischen Selbstkonzept). In einem dritten Schritt wurde die Lernumgebung von den Lehrerinnen im Unterricht eingesetzt. Abschließend bearbeiteten die Schüler\*innen den Posttest (verbleibende 11 Multiple-Choice-Aufgaben sowie dieselben sechs offenen Fragen wie im Pretest und drei Fragen zum Interesse). Die mittels thematischer Analyse (Braun & Clarke, 2019) auszuwertenden Antworten auf die offenen Fragen sollen in weiterer Folge die quantitativen Daten aus dem Rasch-skalierten Wissenstest ergänzen.

### Ergebnisse

In den ersten beiden Interviewrunden konnte eine gute bis befriedigende Akzeptanz des Erklärungsangebotes erzielt werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurde das Konzept weitreichend umgestaltet und teilweise vereinfacht. In der Folge konnten die Ergebnisse der dritten Runde Akzeptanzbefragungen als sehr erfolgreich gewertet werden (siehe Abb. 2 als Beispiel).

		LA	MARIE	BITTERBEY	JO	APLE	KONAS	MAX	SERENA	MONKEY	SOPHIE	PAUL	ANSTROM	BIRNBAUM	PAT	LEA	SEN	KANAK	JAKE	
Säure-Base-Reaktion	Bewertung	+	✓	✓	-	-	-	✓												
	Paraphrase	+	✓	✓	-	-	-	✓												
	Aufgabe 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
	Aufgabe 2	+	✓	✓	✓	✓	✓	✓												
Säure-Base-Reaktion mit EPF	Bewertung	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Paraphrase	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Aufgabe 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Aufgabe 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Säuren und Basen als Teilchen definieren	Bewertung	✓	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Paraphrase	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Aufgabe 1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Aufgabe 2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	erfolgreich	✓	befriedigend	+	-	-	mangelhaft	+												

Abb. 2. Ergebnisse für die Erklärungen 1 und 2 aus den Akzeptanzbefragungen (Jung, 1992).

In einem nächsten Schritt wurde eine größere Lernumgebung auf Basis des oben angeführten Erklärungsangebots evaluiert. Mit einem Rasch-skalierten Fachwissenstest wurde der Lernzuwachs der teilnehmenden Schüler\*innen nachverfolgt. So konnte beispielsweise bei den Personenfähigkeiten der Lernenden im Gruppenvergleich mittels robusten t-Tests im Durchschnitt ein signifikanter Anstieg festgestellt werden (Abb. 3).

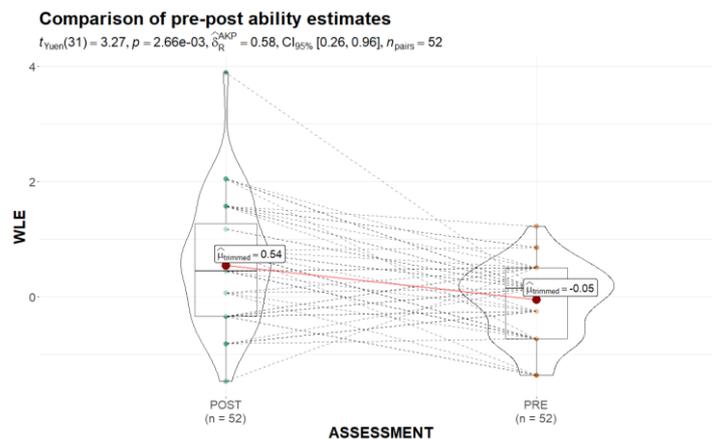


Abb. 3. Vergleich von Personenfähigkeiten der Lernenden ( $N=52$ ) im Prä- und Post-Test.

### Zusammenfassung und Ausblick

In Anbetracht der geringen Stichprobengröße können wir nur vorsichtige Aussagen über die Akzeptanz des Erklärungsangebotes sowie der Korrelation zwischen einem Punktezuwachs im Post-Test und dem Unterricht zum Thema treffen. Insgesamt bietet der entwickelte Ansatz zum Unterrichten von Säure-Base-Reaktionen jedoch ein lernendenorientiertes und praxistaugliches Setting, welches zumindest bei der Stichprobe zu einem guten Lernzuwachs geführt hat. Um Aussagen über die Entwicklung des Wissens der Lernenden auf konzeptueller Ebene treffen zu können, werden im nächsten Schritt die quantitativen Daten aus der Interventionsstudie mit den Antworten auf die offenen Fragen aus der laufenden thematischen Analyse kontrastiert. Diese sollen dann in weiterer Folge in eine neue Überarbeitungs- und Evaluationsschleife münden, um das Konzept in einem größeren Rahmen zu testen.

### Literatur

- Barke, H.-D. (2015). Brønsted-Säuren und Brønsted-Basen. *Chemie & Schule*, 30(1), 10–15.
- Braun, V. & Clarke, V. (2019). Reflecting on reflexive thematic analysis. *Qualitative Research in Sport, Exercise and Health*, 11(4), 589–597. <https://doi.org/10.1080/2159676X.2019.1628806>
- Ghosh, A. & Berg, S. (2014). *Arrow pushing in inorganic chemistry: A logical approach to the chemistry of the main-group elements*. John Wiley & Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118924525>
- Haagen-Schützenhöfer, C. & Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
- 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>
- 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. & Hofer, E. (2022). Von den „scharfen Wässern“ zu den „harten Säuren“ – ein Streifzug durch die Geschichte der Säure-Base-Modelle. *Plus Lucis*(3), 8–11.
- Krebs, R. E., Hofer, E. & Lembens, A. (2022). „Protonen bei chemischen Reaktionen?“ – didaktische Rekonstruktion des Säure-Base-Konzepts nach Brønsted für die Sekundarstufe II. *CHEMKON*, 29, 1–7. <https://doi.org/10.1002/ckon.202200045>
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). *Grundlagentexte Methoden*. Beltz Juventa.
- Kunter, M., Schümer, G., Artelt, C., Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W., Stanat, P., Tillmann, K.-J. & Weiß, M. (2002). *PISA 2000: Dokumentation der Erhebungsinstrumente*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W. & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211–227. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660207>
- Reeves, T. C. (2006). Design research from a technology perspective. In J. J. H. van den Akker, K. Gravemeijer, S. McKenny & N. Nieven (Hrsg.), *Educational design research* (S. 52–66). Routledge.
- Reiners, C. S. (1997). Systemische Aspekte und Säure-Base-Konzepte. *MNU*, 50(3), 135–141.
- Sieve, B. F. & Bittorf, R. M. (2016). Protonenübergang oder Elektronenpaarübertragung? Säure-Base-Reaktionen sachgerecht darstellen. *Naturwissenschaften im Unterricht / Chemie*, 155, 47–48.
- Watson, S. W., Dubrovskiy, A. V. & Peters, M. L. (2020). Increasing chemistry students' knowledge, confidence, and conceptual understanding of pH using a collaborative computer pH simulation. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 21(2), 528–535. <https://doi.org/10.1039/c9rp00235a>
- Zloklikovits, S. & Hopf, M. (2018). *Elektromagnetische Strahlung in der Sek. I unterrichten* [Poster]. GDCCP. [https://homepage.univie.ac.at/sarah.zloklikovits/Poster\\_Zlo\\_GDCCP2018.pdf](https://homepage.univie.ac.at/sarah.zloklikovits/Poster_Zlo_GDCCP2018.pdf)