

Redox- & Elektrochemie in der Studieneingangsphase

Motivation

Naturwissenschaftliche Studiengänge weisen vielfältige Hürden auf, welche nicht selten zum Studienabbruch führen (Heublein et al., 2017; 2022). Insbesondere mathemathikhaltige Inhaltsbereiche stellen Studierende hierbei vor große Herausforderungen (u. a. Hoban et al., 2013; Potgieter et al., 2008; Tsapalis, 2019). Beispielsweise im Rahmen der Redox- und Elektrochemie sind mathematische Kompetenzen für ein tiefergehendes Verständnis chemischer Zusammenhänge jedoch unerlässlich.

Vor diesem Hintergrund werden Maßnahmen entwickelt, die Studierende im ersten Fachsemester beim Verständnis mathematisch-chemischer Inhalte und bei der Bearbeitung mathemathikhaltiger Aufgaben unterstützen sollen. Um die Unterstützungsangebote möglichst passgenau zu gestalten, wurden zunächst Schwierigkeiten der Erstsemesterstudierenden im Bereich der Redox- und Elektrochemie erhoben.

Qualitative Teilstudie

Ablauf

- Literaturrecherche & Aufgabenkonzeption**
 - Fehlvorstellungen aus der Literatur berücksichtigt
 - Konzeptuelles und prozedurales Wissen aufgegriffen
 - Aufgaben erfordern z. T. Mathematisierungsprozesse
- Datenerhebung**
 - Modul „Allgemeine und Anorganische Chemie 1“
 - N = 94 Studienanfänger:innen (Chemie, Chemische Biologie, LA Chemie, Wissenschaftsjournalismus)
 - 249 schriftliche Aufgabenbearbeitungen
- Datenanalyse: Qualitative Inhaltsanalyse** (Mayring, 2014)
 - Deduktiv abgeleitete Oberkategorien repräsentieren die idealen Lösungsschritte je Aufgabentyp
 - Induktiv gewonnene Unterkategorien beschreiben die tatsächlich aufgetretenen Fehler

Icons entworfen von Freepik, Prosymbols Premium und verry purnomo von flaticon.com

Ausgewählte Studierendenschwierigkeiten (u. a. Tebbe, 2024)

Reaktionsgleichungen nicht balanziert $\text{MnO}_4^- \rightleftharpoons \text{Mn} + 2\text{O}_2$ $\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+} + e^-$	Redoxsysteme falsch der Ox./Red. zugewiesen $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}^{4+}, \text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+} \Rightarrow \Delta E^\circ = 0,71 - 0,15 > 0$ $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}, \text{Sn}^{4+}/\text{Sn}^{2+} \Rightarrow \Delta E^\circ = 0,15 - 0,71 < 0$	Oxidierte Form wird „oxidiert“ b) $\text{Fe}^{2+} + \text{Mn}^{2+}$ Reduktion: $\text{Fe}^{3+} + e^- \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ Oxidation: $\text{MnO}_4^- + 5e^- + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$ $\text{Fe}^{2+} + \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$
Kein Ausgleich übertragener Elektronen Reduktion: $\text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightarrow \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$ Oxidation: $\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + e^-$ Redox: $\text{Ag} + \text{NO}_3^- + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$	Ladungsausgleich: H^+ im Alkalischen c) (nass) ox: $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^-$ 1:3 red: $\text{MnO}_4^- + 4\text{H}^+ + 3e^- \rightarrow \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ 1:2	
Bedeutung der Variablen in der Nernst-Gleichung unklar, insbesondere im Reaktionsquotienten $E = 0,31\text{V} + 0,076\text{V} \cdot \frac{2,303}{n} \ln \left(\frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Zn}^{2+}]} \right)$ $E(\text{Cu}^{2+}) = 0,76\text{V} - \frac{0,05916\text{V}}{2} \lg \left(\frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Cu}]} \right)$ $E = E^\circ - \frac{\pi}{nF} \ln \left(\frac{c(\text{Ox}^n)}{c(\text{Red}^n)} \right)$		

Bilder: Ausschnitte von schriftlichen Studierendearbeitungen der qualitativen Teilstudie. Die Markierungen wurden durch die Autorin des Posters ergänzt.

Maßnahmen

Worked Examples

- Schritt-für-Schritt-Lösungen für Problemstellungen → optimaler Schema-Erwerb (Wittwer & Renkl, 2010)
- Randomisierte Kontrollexperimente zeigen:
 - Hohe Effektivität (Atkinson et al., 2000)
 - Expertise reversal effect (Ayres & Sweller, 2013)
- Daher: Kombination von *fading-Strategie* und *self-explanation-prompts* (Atkinson et al., 2003)



Flowcharts

- Problemlöseaktivitäten: u. a. von kognitiven Faktoren beeinflusst
→ Fehlendes Wissen, Fehlvorstellungen, „leere“ Algorithmen oder falsche Strategien können dazu führen, dass Lernende scheitern: sog. *dead ends* oder *false starts* (Yuriev et al., 2017)
- Flowcharts bieten ein Ablaufschema an, die diese *dead ends* und *false starts* vermeiden sollen.

Quantitative Teilstudie

Studiendesign

Studienanfänger:innen (Chemie, Chemische Biologie, LA Chemie, Wissenschaftsjournalismus)	Grundlagenmodul des 1. Semesters „Allgemeine und Anorganische Chemie 1“	Lernvideos und Übungen zu den Themenbereichen Redox- und Elektrochemie
Fragebögen & Aufgaben	Lernvideos	Schriftliche Übungsaufgaben
Pretests <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Personenbezogene Angaben Akademisches Selbstkonzept (Dickhäuser et al., 2002) Selbstwirksamkeit (Abele et al., 2000) 	Lernvideos <ul style="list-style-type: none"> Einzelarbeit Themengebiete: <ul style="list-style-type: none"> Redoxchemie Elektrochemie, insb. Nernst-Gleichung 	Midtests <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Einschätzung der Lernvideos: <ul style="list-style-type: none"> Attraktivität (Tepner et al., 2009) Usability (Brooke, 1996) Cognitive Load (Leppink et al., 2013)
	Übungen <ul style="list-style-type: none"> Einzelarbeit Gruppenvergleich: <ol style="list-style-type: none"> Worked Examples Flowcharts Kurzlösungen 	Posttests <ul style="list-style-type: none"> Fachwissen Einschätzung der Übungen: <ul style="list-style-type: none"> Attraktivität (Tepner et al., 2009) Usability (Brooke, 1996) Cognitive Load (Leppink et al., 2013)

Icons entworfen von Dreamstime, Prosymbols Premium, Freepik, surang, alkhalfi und Euclalyd von flaticon.com.

Literatur

Abele, A. E., Stief, M. & Andrá, M. S. (2000). Zur ökonomischen Erfassung beruflicher Selbstwirksamkeitserwartungen: Neukonstruktion einer BSW-Skala. *Arbeits- und Organisationspsychologie A&O*, 44(3), 145–151. <https://doi.org/10.1026/10932-4089.44.3.145>

Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. & Wortham, D. (2000). Learning from Examples: Instructional Principles from the Worked Examples Research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181–214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>

Atkinson, R. K., Renkl, A. & Merrill, M. M. (2003). Transitioning From Studying Examples to Solving Problems: Effects of Self-Explanation Prompts and Fading Worked-Out Steps. *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 774–783. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.774>

Ayres, P. & Sweller, J. (2013). Worked Examples. In J. Hattie & E. M. Anderman (Hrsg.), *Educational psychology handbook series. International guide to student achievement* (S. 408–410). Routledge.

Brooke, J. (1996). SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & L. McClelland (Hrsg.), *Usability evaluation in industry* (First edition). Taylor and Francis.

Dickhäuser, O., Schöne, C., Spinath, B. & Stiensmeier-Pelster, J. (2002). Die Skalen zum akademischen Selbstkonzept: Konstruktion und Überprüfung eines neuen Instrumentes. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie*, 23(4), 393–405. <https://doi.org/10.1024/0170-1789.23.4.393>

Heublein, U., Ebert, J., Hutzsch, C., Isleib, S., König, R., Richter, J. & Woisch, A. (2017). Zwischen Studierenerwartungen und Studienwirklichkeit: Ursachen des Studienabbruchs, beruflicher Verbleib der Studienabbrüchlerinnen und Studienabbrüchler und Entwicklung der Studienabbruchquote an deutschen Hochschulen. *Forum Hochschule*: 2017, 1. DZHW Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung.

Heublein, U., Hutzsch, C. & Schmelzer, R. (2022). Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. (DZHW Brief 05/2022). DZHW. https://doi.org/10.34878/2022.05.dzhw_brief

Hoban, R. A., Finlayson, O. E. & Nolan, B. C. (2013). Transfer in chemistry: a study of students' abilities in transferring mathematical knowledge to chemistry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 44(1), 14–35. <https://doi.org/10.1080/00207179.2012.690905>

Leppink, J., Paas, F., van der Vlieten, C. P. M., van Gog, T. & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Development of an instrument for measuring different types of cognitive load. *Behavior research methods*, 45(4), 1058–1072. <https://doi.org/10.3758/s13428-013-0334-1>

Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ss0ar-395173>

Potgieter, M., Harding, A. & Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 197–218. <https://doi.org/10.1002/tea.20208>

Tebbe, A. (2024). *Analyse der Aufgabenbearbeitungen von Studienanfänger:innen zu Redoxprozessen* [unveröffentlichte Masterarbeit]. Technische Universität Dortmund, Dortmund.

Tepner, M., Roeder, B. & Melle, I. (2009). Effektivität des Gruppenpuzzles im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 7–29.

Tsapalis, G. (2019). Teaching and Learning Electrochemistry. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6–7), 478–492. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800071>

Wittwer, J. & Renkl, A. (2010). How Effective are Instructional Explanations in Example-Based Learning? A Meta-Analytic Review. *Educational Psychology Review*, 22(4), 393–409. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9136-5>

Yuriev, E., Naidu, S., Schemm, L. S. & Short, J. L. (2017). Scaffolding the development of problem-solving skills in chemistry: guiding novice students out of dead ends and false starts. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(3), 486–504. <https://doi.org/10.1039/c7rp00009j>



Kontakt
 Jasmin Kneuper
 Otto-Hahn-Straße 6
 44227 Dortmund
 jasmin.kneuper@tu-dortmund.de

ccb fakultät für chemie und chemische biologie
 Chemie und ihre Didaktik
 Prof. Dr. Insa Melle