

Evaluation einer Lerneinheit zur Redoxchemie für Studienanfänger:innen

Motivation

Das im ersten Studiensemester vermittelte Grundlagenwissen der Allgemeinen Chemie bildet die Basis für die vertiefte Auseinandersetzung mit fortgeschrittenen Inhalten und determiniert den Studienerfolg in weiterführenden Teilbereichen der Chemie (Averbeck, 2021). Zu diesen Grundlagen gehört die Redox- und Elektrochemie, welche von Studierenden als schwierig empfunden wird (Childs & Sheehan, 2009), wie auch die zahlreichen in der Literatur dokumentierten nicht tragfähigen Vorstellungen hierzu zeigen (siehe Übersichten von z. B. Duit, 2009; Horton, 2007). Aufbauend auf einer Erhebung der fachlichen Schwierigkeiten aktueller Erstsemesterstudierender (Kneuper et al., 2025) wurde eine Lerneinheit entwickelt, die Studienanfänger:innen beim Verständnis der Redox- und Elektrochemie unterstützen soll. Im Folgenden werden diese sowie ausgewählte Ergebnisse der Evaluation vorgestellt.

Lerneinheit

Die Lerneinheit zur Redox- und Elektrochemie umfasst zwei Phasen: eine **Lernvideo-Phase** und daran anschließend eine **Übungsphase**. Im Rahmen der entwickelten Lernvideos werden zentrale Inhalte kompakt und strukturiert erklärt, sodass die Studierenden diese Grundlagen im Selbststudium erarbeiten können. Die Gestaltung der Lernvideos orientiert sich an Empfehlungen zur Maximierung des Lernerfolgs (z. B. Kulgemeyer, 2020), sodass beispielsweise Single-Choice Fragen integriert wurden.

In der zweiten Phase absolvieren die Studierenden zwei Übungstermine (insgesamt 135 min) an der Universität, in denen sie mithilfe von Übungsaufgaben ihr zuvor erworbenes Wissen anwenden, vertiefen und festigen. Hierbei erhält jede:r Studierende eine von drei verschiedenen Unterstützungsmaßnahmen: *Flowcharts*, *Worked Examples* oder Kurzlösungen.

Worked Examples (WE) können auf Basis verschiedener Definitionen als Lernaufgaben beschrieben werden, die den Lernenden eine Expert:innen-Lösung zu einer formulierten Aufgabe inklusive der finalen Antwort zeigen, sodass sie diese nachvollziehen und an diesem Modell lernen können (z.B. Atkinson et al., 2000; Ayres & Sweller, 2013; Kölbach et al., 2015). Für jeden thematischen Teilbereich erhalten die Studierenden zunächst ein vollständig ausgearbeitetes WE mit Aufforderungen zu Selbsterklärungen, welche insbesondere jene Lösungsschritte fokussieren, die in der vorausgegangenen qualitativen Teilstudie als Fehlerquellen identifiziert wurden (Kneuper et al., 2025). Ziel ist es, dass sich die Studierenden vertieft mit den jeweiligen Schritten auseinandersetzen, da sich dies als lernförderlich erwiesen hat (*self-explanation effect*; z.B. Atkinson et al., 2003). Jedem vollständigen WE folgt ein unvollständiges, in welchem die Studierenden einzelne Lösungsschritte selbst erarbeiten müssen (*back-fading*, siehe Atkinson et al., 2003). Abschließend erhalten sie Übungsaufgaben, wobei sie die zuvor bearbeiteten WE jederzeit zur Unterstützung aufrufen können. Diese Progression soll den Übergang vom Lernen mit WE hin zum eigenständigen Lösen von Übungsaufgaben unterstützen (z.B. Atkinson et al., 2000).

Flowcharts (FC) visualisieren als strukturelle Unterstützungsmaßnahmen Arbeitsabläufe, die zur Lösung verschiedener Probleme bzw. zur Aufgabenbearbeitung nötig sind und den Lernenden somit Prozeduren sowie strategische Ansätze als generelle Richtung aufzeigen (z. B. Gencer, 2023; Işık et al., 2024; Yuriev et al., 2017). Diese werden nach Zwischenzielen strukturiert. Außerdem werden die Studierenden an geeigneten Stellen zu *Procedural Checks* (Ye et al., 2024) aufgefordert, das heißt zur eigenständigen Überprüfung ihres bisherigen Lösungsprozesses, um eine vertiefte Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt anzuregen. Optional können die Studierenden zudem Erklärungen konzeptueller Grundlagen oder beispielsweise Hinweise auf typische Fehler (Kneuper et al., 2025) und Möglichkeiten zu deren Vermeidung aufrufen.

Kurzlösungen (KL) zeigen den Studierenden die finale Lösung, jedoch ohne Hinweise zum Lösungsprozess, sodass diese ihre Lösung kontrollieren können, aber keine prozessbezogene Unterstützung erfolgt.

Forschungsinteresse

Im Rahmen der Evaluation der Lerneinheit steht in einem ersten Schritt die Betrachtung der Attraktivität und *Usability* im Fokus:

Wie schätzen die Studierenden (a) die Lernvideos und (b) die Übungsphase, abhängig von der zugewiesenen Unterstützungsmaßnahme, hinsichtlich Attraktivität und Usability ein?

Weitere zentrale Forschungsinteressen, die hier nicht dargestellt werden, beziehen sich auf die Einschätzung der Studierenden bezüglich *Cognitive Load* sowie auf den Fachwissenserwerb, Zusammenhänge dessen mit personenbezogenen Variablen und die Arbeit der Studierenden mit den Unterstützungsmaßnahmen.

Studiendesign

Zur Beantwortung obiger Forschungsfrage und der weiteren Forschungsinteressen wurde eine experimentelle Feldstudie im Pre-Mid-Post-Test-Design mit drei Gruppen gewählt (vgl. Abb. 1). Da Grundlagenwissen des ersten Semesters aufgegriffen wird, wird die Lerneinheit dort im Anschluss an die Vorlesungstermine zur Redox- und Elektrochemie durchgeführt.

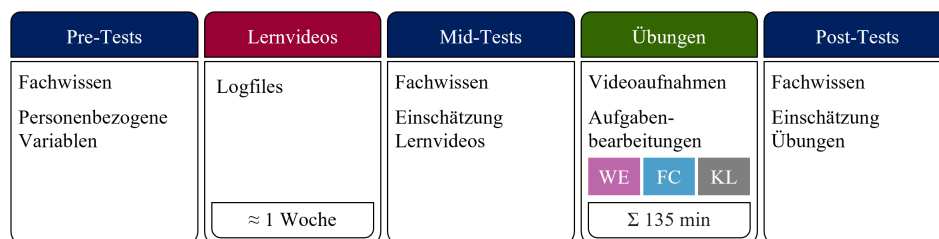


Abb. 1: Studiendesign

Zum Mid- und Post-Testzeitpunkt schätzen die Studierenden unter anderem die Attraktivität (adaptiert nach Tepner et al., 2009; 10 Items, 6-stufige Likert-Skala von 1 = nicht attraktiv bis 6 = attraktiv, $\alpha = .876$) und die *Usability* (adaptiert nach Brooke, 1996; 10 Items, 5-stufige Likert-Skala von 1 = niedrige *Usability* bis 5 = hohe *Usability*, $\alpha = .772$) der Lernvideos bzw. der Unterstützungsmaßnahmen ein. Während die Lernvideos für alle Studierenden identisch sind, werden sie in der Übungsphase in drei Gruppen (FC, WE oder KL) aufgeteilt, welche auf Basis des Vorwissens und der angegebenen Geschlechtsidentität parallelisiert wurden.

Ausgewählte Ergebnisse

Im Wintersemester 2024/2025 wurde die Lerneinheit mit $N = 90$ Studierenden des ersten Semesters der Studiengänge Chemie, Chemische Biologie, Lehramt Chemie GyGe und Wissenschaftsjournalismus in der Grundlagenvorlesung *Allgemeine und anorganische Chemie 1* an der TU Dortmund durchgeführt. Für 77 Studierende (43 weiblich, 34 männlich) liegen vollständige Datensätze vor, sodass diese in die dargestellte Analyse einbezogen wurden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Resultate bezüglich Attraktivität und *Usability*.

Tab. 1: Einschätzung der Studierenden zur Lernvideo- und Übungsphase sowie zu den einzelnen Unterstützungsmaßnahmen in der Übungsphase (Attraktivität: Likert-Skala von 1 bis 6, Usability: Likert-Skala von 1 bis 5; jeweils hohe Werte positiv; vgl. Studiendesign).

	<i>n</i>	Attraktivität		Usability	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Lernvideos	77	4.71	0.67	4.42	0.45
Übungsphase	77	3.89	1.03	3.96	0.69
<i>Worked Examples</i> (WE)	25	4.07	1.06	4.26	0.57
<i>Flowcharts</i> (FC)	26	3.73	0.83	3.78	0.71
Kurzlösungen (KL)	26	3.87	1.19	3.86	0.70

Insgesamt schätzen die Studierenden die Lernvideos und die Übungsphase (gemittelt über alle drei Gruppen) als attraktiv ein. Auch die *Usability* wird für beide Phasen positiv bewertet. Hierbei werden die Lernvideos stets positiver eingeschätzt als die Übungsphase (gepaarte *t*-Tests, Attraktivität: $t(76) = 7.16, p < .001$, Cohen's $d = .82$; Usability: $t(76) = 5.23, p < .001$, Cohen's $d = .60$). Ein Vergleich der drei Gruppen der Übungsphase zeigt, dass die WE am attraktivsten eingeschätzt werden, gefolgt von den KL und den FC. Dieser Trend zeigt sich auch hinsichtlich der *Usability*. Eine einfaktorielle ANOVA zeigt einen statistischen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen bezüglich der *Usability* ($F(2, 74) = 3.89, p = .03, \eta^2 = .095$), nicht jedoch bezüglich der Attraktivität ($F(2, 74) = .70, p = .50, \eta^2 = .019$). Der Tukey-Kramer Post-hoc-Test zeigt einen signifikanten Unterschied ($p = .03$) in der *Usability* zwischen der WE und der FC Gruppe.

Fazit und Ausblick

Die hier dargestellten Ergebnisse zeigen, dass die Lerneinheit für Studienanfänger:innen attraktiv mit einer hohen *Usability* ist, wobei die Lernvideos stets positiver bewertet werden als die Übungsphase. Dies zeigte sich auch im Projekt von Hauck et al. (2021), wenngleich der thematische Fokus wie auch die konkrete Ausgestaltung dort grundlegend verschieden zu der hier vorgestellten Lerneinheit war. Studierende scheinen die eigenständige, häusliche Arbeit mit Lernvideos also arbeitsintensiveren Übungsphasen, die aktiv-elaborierendes Lernen stärker einfordern, vorzuziehen (Bebermeier & Nussbeck, 2014).

Bezüglich der *Usability* der Unterstützungsmaßnahmen zeigten sich positivere Einschätzungen der WE im Vergleich zu den FC, wobei sich auch bei letzteren positive Einschätzungen zeigen. Da sich hinsichtlich der Attraktivität keine signifikanten Unterschiede zeigen, scheinen alle drei Unterstützungsmaßnahmen insgesamt gut angenommen zu werden.

Im Wintersemester 2025/2026 wird eine zweite Iteration zur Erhöhung der Stichprobengröße durchgeführt. Analysen des erhobenen Fachwissens und der Prozessdaten sollen zudem Aufschluss über die Arbeit der Studierenden liefern und damit Einblicke in die Entwicklung effektiver Lernangebote für komplexe Themenbereiche im tertiären Bildungsbereich geben.

Literatur

- 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>
- Averbeck, D. (2021). *Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums: Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 308.*
- 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.
- Bebermeier, S. & Nussbeck, F. W. (2014). Heterogenität der Studienanfänger/innen und Nutzung von Unterstützungsmaßnahmen. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung (ZFHE)*, 9(5), 83–100.
- Brooke, J. (1996). SUS: A 'quick and dirty' usability scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & I. L. McClelland (Hrsg.), *Usability evaluation in industry* (First edition, S. 189–194). Taylor and Francis.
- Childs, P. E. & Sheehan, M. (2009). What's difficult about chemistry? An Irish perspective. *Chemistry Education Research and Practice*, 10(3), 204–218. <https://doi.org/10.1039/B914499B>
- Duit, R. (2009). *Students' and teachers' conceptions and science education: Bibliography - STCSE.* Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).
- Gencer, S. (2023). Development and use of flowchart for preservice chemistry teachers' problem solving on the first law of thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 100(9), 3393–3401. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00224>
- Hauck, D., Melle, I. & Steffen, A. (2021). Molecular orbital theory—Teaching a difficult chemistry topic using a CSCL approach in a first-year university course. *Education Sciences*, 11(9), 485. <https://doi.org/10.3390/educsci11090485>
- Horton, C. (2007). *Student alternative conceptions in chemistry.* Arizona State University.
- Işık, B., Ekici, F., Kadayıfçı, H. & Akkuş, H. (2024). Development and use of a flowchart as a scaffolding tool for isomeric relationships in organic chemistry. *Journal of Chemical Education*, 101(6), 2458–2465. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00119>
- Kneuper, J., Henke, S. & Melle, I. (2025). Redox- & Elektrochemie in der Studieneingangsphase. In H. van Vorst (Hrsg.), *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Bd. 45, Entdecken, lehren und forschen im Schülerlabor* (S. 501–504). Universität Duisburg-Essen.
- Kölbach, E., Maier-Richter, A. & Sumfleth, E. (2015). Lösungsbeispiele – Eine besondere Form von Lernaufgaben zur Unterstützung individuellen Lernens in den Naturwissenschaften. *CHEMKON*, 22(1), 7–14. <https://doi.org/10.1002/ckon.201410232>
- Kulgemeyer, C. (2020). A framework of effective science explanation videos informed by criteria for instructional explanations. *Research in Science Education*, 50(6), 2441–2462. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9787-7>
- Tepner, M., Roeder, B. & Melle, I. (2009). Effektivität des Gruppenpuzzles im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 7–29.
- Ye, S., Elmgren, M., Jacobsson, M. & Ho, F. M. (2024). How much is just maths? Investigating problem solving in chemical kinetics at the interface of chemistry and mathematics through the development of an extended mathematical modelling cycle. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 242–265. <https://doi.org/10.1039/d3rp00168g>
- Yuriev, E., Naidu, S., Schembri, 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>