

Mathematikfähigkeiten fürs Chemielabor mit vorstrukturierten Selbstlernphasen stärken

In allen Phasen der chemischen Laborarbeit ist Mathematik essenziell – sowohl in der Vorbereitung (z. B. Stöchiometrie, Verdünnungen), in der Durchführung (z. B. Konzentrations- und Massenberechnungen) als auch in der Auswertung (z. B. Ausbeuten, Fehlerabschätzung). Gleichzeitig treffen Studierende im ersten Semester mit heterogenen mathematischen Vorkenntnissen ein (Klostermann, 2014; Williamson et al., 2020), und relevante Inhalte werden in Vorlesungen zeitlich nicht immer synchron zur Praktikumstätigkeit vermittelt. Laborpraktika können manchmal Monate vor oder nach der Vermittlung von relevanten mathematischen Inhalten stattfinden (Taber, 2000). Daher ist es unerlässlich, Chemiestudierende in der Studieneingangsphase innerhalb der Laborpraktika zu unterstützen. Nur so können sie sich auf ihre Labortätigkeiten konzentrieren, ohne durch das nachträgliche Erarbeiten fehlender mathematischer Grundlagen zusätzlich belastet zu sein. Dennoch haben bestehende Praktika einen engen Zeitrahmen, um solche Kenntnisse zusätzlich zu thematisieren. Um diesen (Präsenz-)Zeitraum nicht zu überschreiten, kann hier stärker die obligatorische Selbstlernzeit strukturierter genutzt werden. Denn die Forschung zeigt, dass die erwartete Selbstlernzeit häufig unterschritten wird (Müller, 2024; Chiteng Kot, 2019). Im Fach Chemie nutzen Studierende in ihrer Selbstlernzeit bevorzugt von Dozierenden bereitgestellte Materialien, primär aus Gründen der Passung und Zugänglichkeit (Kaldewey & Schwedler, 2024; Keenan et al., 2025). Daher bietet es sich an, den Studierenden im Praktikum Materialien wie selbstkorrigierende Arbeitsblätter zur Verfügung zu stellen, mit welchen sie ihre Fähigkeiten einerseits erweitern und andererseits auch überprüfen können. Solcherlei Arbeitsblätter konnten bereits zeigen, dass die Studierenden sie als hilfreich wahrnehmen und sie zu einer besseren Vorbereitung der Studierenden geführt haben (Shallcross et al., 2025). Hierbei ist zu beachten, dass das selbstregulierte Lernen (SRL), besonders in solch offenen Lernsettings, von grundlegender Bedeutung ist, da die Studierenden bei ihren Lernaktivitäten in der Lage sein müssen, Lernstrategien auszuwählen und anzuwenden, die ihren individuellen Bedürfnissen bzw. Zielen entsprechen und die dabei Feedback zu ihren Fortschritten berücksichtigen (Manalo et al., 2023; Zimmerman, 2000). Ohne ausreichende Selbstregulationsfähigkeiten erbringen Lernende in offenen Lernsettings selten gute Leistungen (Stebner et al., 2022). Sie können zwar die Aufgaben bearbeiten, haben dann jedoch Schwierigkeiten, Strategien auszuwählen, produktiv weiterzuarbeiten oder aus Feedback zu lernen und sich selbst zu reflektieren. Diesem Defizit wird mit einer kompakten, praktikumseingebetteten Intervention begegnet: zwei verpflichtende Sitzungen zu (1) selbstreguliertem Lernen (SRL) und (2) Labor-Mathematik, ergänzt um einen Pool selbstkorrigierender Übungsarbeitsblätter zur Vorstrukturierung der Selbstlernphasen.

Forschungsziel

Ziel war es, etwaige mathematisch-stöchiometrische Hürden im Praktikum zu reduzieren, indem notwendige Mathematik-Kompetenzen zielgerichtet aufgebaut und die Nutzung der Selbstlernzeit durch SRL gefördert wird. In einer ersten Pilotierung wurde die Akzeptanz der

Studierenden zu den Sitzungen untersucht (Richter et al., 2026). Dabei wurde auch analysiert, inwiefern die Intervention das wahrgenommene SRL erhöht und die Nutzung kursrelevanter Materialien in Selbstlernphasen anstößt.

Methode

Entwicklung der Unterstützungssitzungen. Die Sitzungen liegen zu Semesterbeginn parallel zur Einführungsveranstaltung und ersten Labortagen, also vor der Hauptpraktikumsphase (vgl. Abb. 1). Inhaltliche Leitplanken der SRL-Sitzung: Einstieg mit Neuroplastizität (Lernen als biologischen Wachstumsprozess; growth mindset); explizite Instruktion effektiver Strategien (z. B. Abrufstrategien, Gemisches und Intervall-Lernen; Diederich et al., 2024) und Ressourcenmanagement (Zeit-/Zielsetzung, Priorisierung, Lernumgebung); unmittelbare Anwendung in Kurzübungen; Planung des Einsatzes der Lernstrategien für die nächste Woche (das KBCP-Framework bildete die didaktische Rahmung dieser Sitzung; McDaniel & Einstein, 2020). In der Labor-Mathematik-Sitzung: kompakte Erläuterungen zu zentralen Themen (z. B. Mittelwert, Ausbeute, molare Masse, Konzentration, Massenberechnung, Verdünnung, Titration), gefolgt von angeleitetem Start mit einem Arbeitsblatt aus dem selbstkorrigierenden PDF-Pool für die weitere Selbstlernphase (vgl. Abb. 1, unten links). Die Themen für die Wiederholung und Thematisierung zentraler mathematischer und stöchiometrischer Konzepte wurden auf Basis von Voruntersuchungen (Richter et al., 2025) sowie der Sichtung des Praktikumsskripts generiert. Zu jeder Sitzung wurde ein Advance Organizer erstellt (vgl. Abb. 1, mittig unten). Dieser strukturiert die Inhalte vor und kann als Notizzettel genutzt werden.

Studiendesign und Instrumente. Die Studie fand im Erstsemester-Laborpraktikum „Experimentelle Techniken“ an der RPTU in Kaiserslautern statt (Gesamtkohorte $N = 35$). Zu Semesterbeginn wurde mit dem MQIC (Mathematics Questionnaire for Introductory Chemistry), einem curricular validen und angepassten Fragebogen basierend auf Richter et al. (2025), die mathematischen Rechenfertigkeiten erhoben (bestehend aus 49 dichotomen Items; $\alpha = .91$; auswertbare Fälle $n = 33$; Richter et al., 2026). Die SRL-Sitzung wurde unmittelbar mit einer 19-Item-SRL-Skala vor und nach der Sitzung begleitet ($\alpha = .69/.77$; $n = 23$; Benick et al.,

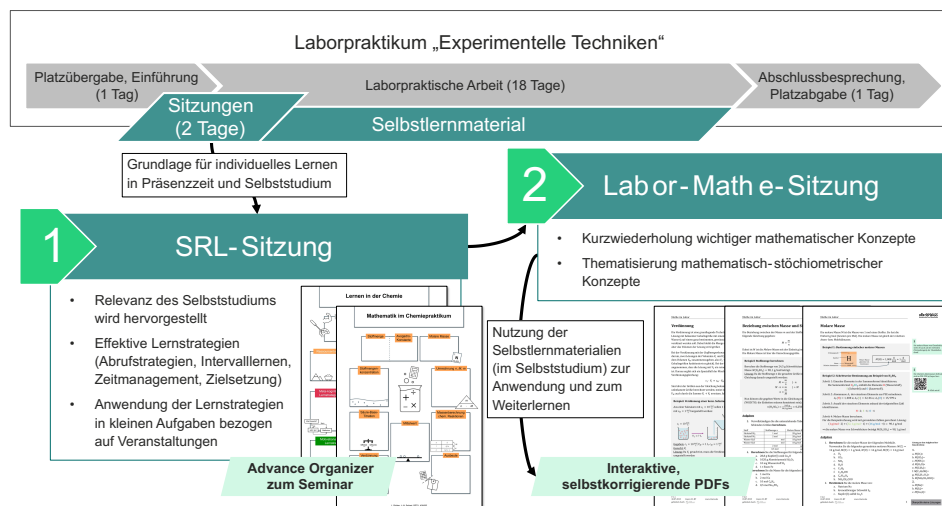


Abbildung 1. Kurszeitplan mit den zwei Sitzungen inkl. Verbindungen und Material

2021; Dörrenbächer & Perels, 2016). Nach beiden Sitzungen erfolgte eine kurze Seminar-evaluation (Likert-, dichotome und Freitext-Items; Thielsch & Hirschfeld, 2010); vier Wochen nach der Labor-Mathematik-Sitzung wurde die Nutzung der Arbeitsblätter im Selbststudium erfasst. Alle Teilnehmenden gaben informierte Einwilligung; Daten wurden anonymisiert und ausschließlich zu Forschungszwecken genutzt.

Ergebnisse

Die mittlere Lösungshäufigkeit des MQIC lag bei ca. 50 %. Einige Themen waren erwartbar schwerer (kombinierte Einheitenrechnungen, Logarithmen/Exponentialumstellungen, wissenschaftliche Notation, Integrale) als andere (einfache Einheitenrechnung, Lösen einfacher Gleichungen). Ein zweiseitiger Student's t -Test für abhängige Stichproben zeigt, dass wahrgenommenes SRL der Studierenden im Prä-/Postvergleich signifikant mit großer Effektstärke anstieg, $t(22) = -4,99$; $p < .001$; $d = 1.04$.

In der Seminarevaluation bewerteten die Studierenden beide Sitzungen hinsichtlich Struktur, Relevanz und Verständlichkeit überwiegend positiv. Zudem empfanden sie die Sitzungen weder als überfordernd noch als zu schnell oder zeitaufwendig. Die Advance Organizer empfanden sie hilfreich für das Mitschreiben während der Sitzungen. Bereits vier Wochen nach der Labor-Mathematik-Sitzung berichteten 20 von 23 Studierenden, die mathematischen Inhalte der Sitzung aktiv im Praktikum genutzt zu haben. Im Mittel wurden drei Arbeitsblätter bearbeitet (von einigen Studierenden alle sechs).

Diskussion und Ausblick

Die derzeitige Intervention adressiert zwei Engpässe in der Studieneingangsphase: heterogene Labor-Mathematik-Kenntnisse und fehlende/inkonsistente SRL-Fähigkeiten (in offenen Lernsettings). Das Sequenzprinzip – zuerst SRL direkt fördern, dann Labor-Mathematik anwenden, mit indirekter SRL-unterstützung durch selbstkorrigierende Arbeitsblätter – funktionierte in dieser ersten Pilotierung wie intendiert: signifikante Steigerung der SRL-Selbsteinschätzung; aktive Weiternutzung kursrelevanter, von Dozierenden bereitgestellter Materialien in Selbstlernphasen; positive Akzeptanz ohne Mehrbelastung an Kontaktzeit. Die selbstkorrigierenden PDFs bieten unmittelbares Feedback und passen zur Präferenz der Studierenden für leicht zugängliche Materialien. Wie erwartet und in der Literatur dargestellt (Shallcross et al., 2025), wurden sie von den Studierenden in ihrer Selbstlernzeit genutzt. Studierende nutzen im Praktikum die angebotenen Inhalte, was auf Anwendungsrelevanz und Anschlussfähigkeit der Materialien hinweist. Mit der Intervention wurde die Selbstlernzeit gezielt auf kursrelevante Anforderungen ausgerichtet. Das mathematische Vorwissen der Studierenden ist, den Ergebnissen des MQIC nach, unzureichend. Dies bestätigt Ergebnisse vorheriger Studien (Klostermann, 2014; Richter et al., 2025; Williamson et al., 2020) und zeigt die Notwendigkeit auf, den Studierenden dabei zu helfen, ihre Wissenslücken zu schließen.

Die Aussagekraft ist jedoch begrenzt durch das Ein-Kohorten-Design mit kleinen Teilstichproben sowie den Erhebungsinstrumenten (SRL-Fragebogen basiert auf Selbstberichten; kein Posttest zur (Labor-)Mathematik; kein Follow-up-Test zu SRL).

In künftigen Semestern soll die Intervention wiederholt durchgeführt werden mit angepasstem Studiendesign, mehreren Kohorten sowie Post-/Follow-up-Messungen (SRL-Fähigkeiten, (Labor-)Mathematik). Daneben soll die Materialnutzung kleinschrittiger verfolgt werden und ein Test zur Labor-Mathematik erstellt werden, um gezielt das Vorwissen und den Anstieg des Wissens zu erfassen. Mit den Ergebnissen dieses Tests kann die Labor-Mathematik-Sitzung stärker auf die Bedürfnisse der Studierenden zugeschnitten werden.

Danksagung: Wir bedanken uns bei der *Stiftung Innovation in der Hochschullehre* für die Förderung des KiWiSS-Projekts, in welchem diese Intervention stattfand.

Anmerkung: Die Labor-Mathematik-PDFs sind als OER hier zu finden: <https://openedu-rlp.de/edu-sharing/components/collections?id=3f9c3cef-38a8-4198-9c3c-ef38a8a1982a>

Literatur

- Benick, M., Dörrenbächer-Ulrich, L., Weißenfels, M. & Perels, F. (2021). Fostering self-regulated learning in primary school students. *Psychology Learning & Teaching*, 20(3), 324–347.
- Chiteng Kot, F. (2019). Gap between actual and expected time allocation to academic activities and its impact on undergraduate academic performance. *Tertiary Education and Management*, 25(1), 65–82.
- Diederich, M., Rehberg, J., Spatz, V. & Wilhelm, T. (2024). Navigating the STEM university transition: Effects of a combined mindset and learning strategy online intervention. *Eproceedings ESERA 2023*.
- Dörrenbächer, L. & Perels, F. (2016). More is more? Evaluation of interventions to foster self-regulated learning in college. *International Journal of Educational Research*, 78, 50–65.
- Kaldewey, M. & Schwedler, S. (2024). Selbstreguliertes Lernen in der Physikochemie – eine Interviewstudie. In H. van Vorst (Hrsg.), *Frühe naturwissenschaftliche Bildung, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hamburg 2023* (S. 206–209). GDGP.
- Keenan, K., Baquero, A., Alsharabi, E. & Pratt, J. M. (2025). Understanding the reasons and cues that guide general chemistry students' studying decisions. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 26(4), 884–908.
- Klostermann, M. (2014). *Lehr-/Lern Überzeugungen von Studierenden und Lehrenden im Fach Chemie im ersten Studienjahr*. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.
- Manalo, E., Uesaka, Y. & Chinn, C. A. (2023). Cultivating greater spontaneity in learning strategy use. In C. E. Overson, C. M. Hakala, L. L. Kordonowy, & V. A. Benassi (Hrsg.), *In Their Own Words* (S. 395–406). Division 2, American Psychological Association.
- McDaniel, M. A. & Einstein, G. O. (2020). Training learning strategies to promote self-regulation and transfer. *Perspectives on Psychological Science*, 15(6), 1363–1381.
- Müller, S. (2024). *Zur Bedeutung von Workload im Studienprozess: Workloadeerhebung zur Unterstützung individueller und institutioneller Aspekte im Studium*. RPTU Kaiserslautern-Landau.
- Richter, L., Müller, S., Riemer, N., Gómez Tutor, C. & Seibert, J.-N. (2025). Erhebung zu mathematischen Fähigkeiten und Workload im Projekt KiWiSS. In H. van Vorst (Hrsg.), *Entdecken, lehren und forschen im Schülerlabor. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bochum 2024* (S. 728–731). GDGP.
- Richter, L., Müller, S. & Seibert, J.-N. (2026). Mathematical and self-regulation skills for laboratory work through integrated in-class and self-study elements. *Journal of Chemical Education*. 103(5), 2469–2478.
- Shallcross, D. E., Davies-Coleman, M. T., Lloyd, C., Dennis, F., McCarthy-Torrens, A., Heslop, B., Eastman, J., Baldwin, T. & Thistlethwaite, I. (2025). Smart worksheets and their positive impact on a first-year quantitative chemistry course. *Journal of Chemical Education*, 102(3), 1062–1070.
- Stebner, F., Schuster, C., Weber, X.-L., Greiff, S., Leutner, D. & Wirth, J. (2022). Transfer of metacognitive skills in self-regulated learning. *Metacognition and Learning*, 17(3), 715–744.
- Taber, K. S. (2000). Chemistry lessons for universities?: A review of constructivist ideas. *University Chemistry Education*, 4(2), 63–72.
- Thielsch, M. T. & Hirschfeld, G. (2010). Münsteraner Fragebogen zur Evaluation von Seminaren—Revidiert (MFE-Sr). *Zusammenstellung sozialwissenschaftlicher Items und Skalen (ZIS)*.
- Williamson, V. M., Walker, D. R., Chuu, E., Broadway, S., Mamiya, B., Powell, C. B., Shelton, G. R., Weber, R., Dabney, A. R. & Mason, D. (2020). Impact of basic arithmetic skills on success in first-semester general chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 21(1), 51–61.
- Zimmerman, B. J. (2000). Attaining self-regulation. In *Handbook of Self-Regulation* (S. 13–39). Elsevier.