

ChemApro – Ein Tool zum Unterstützen von Lernenden im Chemieunterricht

Das selbstregulierte Lernen (SRL) ist von entscheidender Bedeutung für den Bildungserfolg und die Befähigung zum lebenslangen Lernen (Deing, 2019). Angesichts dieser Erkenntnis überrascht es kaum, dass die Kultusministerkonferenz (2016) die Förderung des selbstregulierten Lernens als Aufgabe und zugleich als zentrales Ziel von Schule formuliert.

Verschiedene Definitionen von SRL betonen seinen strategischen und zielorientierten Charakter (u. a. Deing, 2019; Götz & Nett, 2017). SRL wird demnach als aktiver Prozess des Wissenserwerbs verstanden, bei dem die Lernenden eigenständig darüber entscheiden, ob, was, wie und warum sie lernen (Deing, 2019). Somit gilt Selbstregulation als die Fähigkeit, die eigenen Handlungen, Emotionen und Gedanken unter Einsatz verschiedener Strategien zu steuern, zu überwachen und zu bewerten, was eine grundlegende Voraussetzung für eine erfolgreiche Zielerreichung im Lernprozess darstellt (Götz & Nett, 2017). Allerdings haben Studien gezeigt, dass Lernende oft Schwierigkeiten haben, ihre Lernprozesse zu regulieren, auf geeignete Strategien zurückzugreifen und diese anzuwenden (z. B. Ohtani & Hisasaka, 2018). Somit können geeignete Unterstützungsmaßnahmen hilfreich sein.

Theoretischer Hintergrund

Metakognition als zentraler Bestandteil von SRL

Ein zentraler Aspekt des SRL umfasst den Einsatz von (Lern-)Strategien. Diese Strategien lassen sich unterschiedlichen Kategorien zuordnen. Kognitive Strategien dienen beispielsweise der unmittelbaren Informationsaufnahme, -verarbeitung und -speicherung (Klingsieck, 2018). Im Gegensatz dazu trägt die Anwendung metakognitiver Strategien dazu bei, Handlungs- bzw. Lernprozesse selbstständig zu planen, zu überwachen und zu bewerten. Sie fungieren dabei als übergeordnete Strategien, die die Steuerung und Kontrolle der kognitiven Strategien ermöglichen und so den Lernenden helfen, ihre Lernaktivitäten effektiv zu gestalten (Götz & Nett, 2017). Studien haben gezeigt, dass die Nutzung metakognitiver Strategien das Lernen unterstützt und verbessert (u. a. Zumbach, Ortler, Deibl & Moser, 2020; Winne & Azevedo, 2014). Eine Förderung wird besonders in Situationen relevant, in denen Lernende Schwierigkeiten haben, ihre Lernaktivitäten zu regulieren, wie beispielsweise beim Lösen von Problemen (Graulich, Langner, Vo & Yuriev, 2021; Zumbach, Ortler, Deibl & Moser, 2020).

Exekutive Funktionen und ihre Rolle beim SRL

Exekutive Funktionen spielen eine wichtige Rolle beim SRL, denn sie gelten als Voraussetzung für eine "gute Selbstregulation" (Brunsting, 2011). Unter exekutiven Funktionen wird eine Reihe kognitiver Fähigkeiten höherer Ordnung verstanden, auf die in neuen, komplexen oder schwierigen Situationen zurückgegriffen wird, in denen ein Abweichen von Handlungs-routinen erforderlich ist (Diamond, 2013; Diamond & Ling, 2016). Die exekutiven Funktionen lassen sich auf drei voneinander unabhängige Basisfunktionen zurückführen (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howarter & Wager, 2000). Das Arbeitsgedächtnis ermöglicht die Speicherung und den Zugriff auf relevante Informationen, während die Inhibition dazu dient, Ablenkungen zu minimieren, die der Zielerreichung entgegenstehen. Als dritte Basisfunktion

gilt die kognitive Flexibilität, die es Lernenden ermöglicht, sich an verschiedene Herausforderungen anzupassen und flexibel zu reagieren. Lernende haben jedoch häufig Schwierigkeiten bei exekutiven Funktionen, wodurch ihr selbstreguliertes Lernen beeinträchtigt wird (z. B. Vasquez & Marino, 2021).

Problemlösen im Chemieunterricht

Entscheidend für ein erfolgreiches Problemlösen ist die Nutzung metakognitiver Strategien, da sie alle relevanten kognitiven Prozesse regulieren und steuern (Zumbach, Ortler, Deibl & Moser, 2020). Gleichzeitig sind gute exekutive Funktionen unerlässlich für erfolgreiches Problemlösen (z. B. Diamond, 2013; Zelazo, Blair & Willoughby, 2017). Insbesondere im Kontext des Chemieunterrichts bieten sich geeignete Anknüpfungspunkte zur Förderung des SRL durch Problemlösen. Das selbstständige Lösen von Problemen ist essentieller Bestandteil naturwissenschaftlichen Unterrichts, wie bei der Bearbeitung von anspruchsvollen Aufgaben oder beim Experimentieren im Sinne der Erkenntnisgewinnung (z. B. KMK, 2005).

Ziel des Forschungsprojekt

Vor diesem Hintergrund dieser Erkenntnisse verfolgt das hier beschriebene Projekt das Ziel, ein inhaltsunabhängiges Instrument zu entwickeln und zu evaluieren, das als Additum im Fachunterricht eingesetzt werden kann, um die Schüler:innen in ihrem selbstregulierten Vorgehen im Problemlöseprozess zu unterstützen.

Das Tool ChemApro

Das inhaltsunabhängige Tool ChemApro (*Chemistry Approach*) wurde als webbasiertes Scaffold mit *drop-down*-Bedienung entwickelt, um Lernenden dabei zu helfen, Strategien im Problemlöseprozess effektiv zu nutzen. Die Struktur dieses Instruments entspricht dabei einer Zweiteilung.

Unter dem „WAS muss ich tun?“ werden die Schritte beschrieben, die die Lernenden selbstreguliert im Problemlöseprozess durchlaufen. Um dieses Tool vielseitig im Chemieunterricht nutzbar zu machen, wurde eine allgemein-psychologische Problemlösestrategie eingesetzt (Brunsting, 2011). Zu den Phasen der ausgewählten Problemlösestrategie zählen die Problemidentifikation, die Ziel- und Situationsanalyse, die Planerstellung und -ausführung, die Ergebnis- und Prozessbewertung (Betsch, Funke & Plessner, 2011) und schließlich die Reflexion des Inhalts. Im Sinne eines *Scaffolding* wird hier Defiziten bei exekutiven Funktionen mit Hilfe einer Planungsvorlage begegnet. So kann die Aufmerksamkeit der Lernenden auf die zur Erfüllung der Aufgabe erforderlichen Schritte gelenkt werden (u. a. Vostal & Mrachka, 2021).

Im zweiten Teil, unter der Überschrift "WIE kann ich es tun?", können Lernende Leitfragen und Handlungshinweise im Sinne eines SRL selbstständig abrufen. Auf diese Weise erhalten sie Informationen darüber, wie einzelne Schritte im Problemlöseprozess adäquat umgesetzt werden können. Die Konzeption basiert auf der Methode des *Prompting*. Unter Prompts werden kurze Hinweise verstanden, die als Abruf- bzw. Ausführungshilfe von Strategien dienen. Diese können z. B. allgemeine Fragen oder explizite Handlungshinweise beinhalten (Herold-Blasius, Rott & Leuders, 2017). Bei der Entwicklung von ChemApro wurden diese beiden Formen miteinander kombiniert und im Sinne eines *Feed Forward* eingesetzt, um so gezielt

kognitive und metakognitive Aktivitäten der Lernenden im Problemlöseprozess anzuregen (Bannert, 2009).

Forschungsziel

Das Interesse der Studie besteht darin, u. a. die Auswirkungen des Instruments auf die wahrgenommene Selbstregulation der Schüler:innen in den Sekundarstufen I und II zu untersuchen. Hierbei werden Daten mit Hilfe eines Fragebogens (übersetzt und adaptiert nach Cooper & Sandi-Urena, 2009) zu verschiedenen Zeitpunkten (pre, post, follow up) erfasst, um mögliche Veränderungen zu analysieren. Darüber hinaus wird die Nutzung des Instruments im Problemlöseprozess z. B. anhand von Logfile-Daten untersucht. Zusätzlich werden Einschätzungen der Lernenden zur Attraktivität und *Usability* des Instruments sowie weitere Faktoren wie kognitive Fähigkeiten und Geschlecht erfasst und in die Auswertung einbezogen.

Ausgewählte Ergebnisse der Pilotierungsstudie

Um u. a. einen ersten Eindruck bezüglich der Lernendeneinschätzungen hinsichtlich des entwickelten Instruments zu erhalten, wurde dieses im Rahmen einer Pilotierungsstudie mit $N = 38$ Schüler:innen schulform- und inhaltsübergreifend (zwei Gymnasien, EF, $n_1 = 18$ und eine Gesamtschule, 9. Klasse, E-Kurs, $n_2 = 20$) im Chemieunterricht eingesetzt. Dabei wurden die Lernenden aufgefordert, die Fachinhalte einer durch die Lehrkraft durchgeführten problemorientierten Unterrichtsstunde unter Verwendung von ChemApro selbstständig zu erarbeiten. Mit Hilfe von Fragebögen wurden Lernendeneinschätzungen hinsichtlich der Attraktivität (10 Items, Likert-Skala (1 = niedrig, 6 = hoch), $\alpha = .814$; adaptiert nach Tepner, Roeder & Melle, 2009; Greitemann, 2022) sowie der *Usability* (10 Items, Likert-Skala (1 = niedrig, 5 = hoch), $\alpha = .798$; übersetzt und adaptiert nach Brooke, 1996; Greitemann, 2022) von ChemApro erhoben. Obwohl die Schüler:innen sowohl die Attraktivität ($M_{\text{Insgesamt}} = 4.01$ mit $SD = .794$) als auch die *Usability* ($M_{\text{Insgesamt}} = 3.52$ mit $SD = .679$) des Tools tendenziell hoch einschätzen, erscheint der Umgang mit dem Tool zu Beginn relativ komplex. Aus diesem Grund wurden mit Blick auf die Hauptstudie Erklärvideos mit zwei Beispielen zur Anwendung von ChemApro sowie eine Übungseinheit entwickelt.

Literatur

- Bannert, M. (2009). Promoting Self-Regulated Learning Through Prompts. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 23 (2), 139-145
- Betsch, T., Funke, J. & Plessner, H. (2011). *Denken – Urteilen, Entscheiden, Problemlösen*. Berlin, Heidelberg: Springer
- Brooke, J. (1996). SUS: A 'Quick and Dirty' Usability Scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester & I. I. McElland (Hrsg.), *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor and Francis, 189-194
- Brunsting, M. (2011). *Lernschwierigkeiten – Wie exekutive Funktionen helfen können: Grundlagen und Praxis für Pädagogik und Heilpädagogik* (2. Aufl.). Bern: Haupt Verlag
- Cooper, M. M. & Sandi-Urena, S. (2009). Design and Validation of an Instrument To Assess Metacognitive Skillfulness in Chemistry Problem Solving. *Journal of Chemistry Education*, 86 (2), 240-245
- Deing, P. (2019). Selbstreguliertes Lernen. Theoretische Grundlagen und Förderempfehlungen. In S. Rietmann & P. Deing (Hrsg.), *Psychologie der Selbststeuerung*. Wiesbaden: Springer, 319-346
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168
- Diamond, A. & Ling, D. S. (2016). Conclusions about interventions, programs, and approaches for improving executive functions that appear justified and those that, despite much hype, do not. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 18, 34-48
- Götz, T. & Nett, U. E. (2017). Selbstreguliertes Lernen. In T. Götz (Hrsg.), *Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen* (2. aktual. Aufl.). Paderborn: Ferdinand Schöningh, 144-185
- Graulich, N., Langner, A., Vo, K. & Yuriev, E. (2021). Scaffolding Metacognition and Resource Activation During Problem Solving: A Continuum Perspective. In G. Tsaparlis (Hrsg.), *Problems and Problem Solving in Chemistry Education: Analysis Data, Looking for Patterns and Making Deductions* (Bd. 7), United Kingdom: The Royal Society of Chemistry, 38-67
- Greitemann (2022). *Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung. Studien zum Physik- und Chemielernen*, Bd. 347
- Herold-Blasius, R., Rott, B. & Leuders, T. (2017). Problemlösen lernen mit Strategieschlüsseln. Zum Einfluss von flexiblen heuristischen Prompts bei Problemlöseprozessen von Dritt- und Viertklässlern. *Mathematica didactica*, 40, 1-23
- Klingsieck, K. N. (2018). Kurz und knapp – die Kurzskaala des Fragebogens „Lernstrategien im Studium“ (LIST). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 32 (4), 249-259.
- KMK (Hrsg.) (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. Luchterhand
- KMK (Hrsg.) (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. Online verfügbar unter: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf. Letzter Zugriff am 31.10.2023.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. & Wager, T. D. (2000). The Unity and Diversity of Executive Functions and Their Contributions to Complex „Frontal Lobe“ Tasks: A Latent Variable Analysis. *Cognitive Psychology*, 41 (1), 49-100
- Ohtani, K. & Hisasaka, T. (2018). Beyond intelligence: a meta-analytic review of the relationship among metacognition, intelligence, and academic performance. *Metacognition Learning*, 18, 179-212
- Tepner, M., Roeder, B. & Melle, I. (2009). Effektivität des Gruppenpuzzles im Chemieunterricht in der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 7-29
- Vasquez, E. & Marino, M. T. (2021). Enhancing Executive Function While Addressing Learner Variability in Inclusive Classrooms. *Intervention in School and Clinic*, 56 (3), 179-185
- Vostal, B. R. & Mrachka, A. A. (2021). Using the „Universal Design Für Learning“ Framework to Plan For All Students in the Classroom: Encouraging Executive Functions. *The Elementary STEM Journal*, 32-36
- Zelazo, P. D., Blair, C. B. & Willoughby, M. T. (2017). *Executive Function: Implications for Education*. Washington, DC: National Center for Education Research (NCER 2017-2000)
- Zumbach, J., Ortler, C., Deibl, I. & Moser, S. (2020). Using Prompts to Scaffold Metacognition in Case-Based Problem Solving within the Domain of Attribution Theory. *Journal of Problem Based Learning*, 7 (1), 21-31