

Forschendes Lernen mit Visualisierungen im inklusiven Chemieunterricht

Theoretischer Hintergrund

Für das Fach Chemie stellt das forschende Lernen einen schüler:innenzentrierten Ansatz dar, der auch den Anforderungen eines inklusiven Unterrichts gerecht wird. Lernende führen naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Sinne des Erkenntnisgewinnungsprozesses aus, die anspruchsvolle kognitive Prozesse und komplexe Handlungsschritte erfordern, etwa das Planen und Durchführen von Untersuchungen (Rönnebeck et al., 2016). Die verschiedenen Denk- und Arbeitsweisen können unterschiedlich stark angeleitet und vorstrukturiert werden, je nachdem, wie selbstständig die Schüler:innen arbeiten sollen (z. B. Vorholzer & von Aufschnaiter, 2019). Dadurch wird eine Individualisierung des Lernprozesses ermöglicht (Satilmis, 2019). Beim strukturierten forschenden Lernen bearbeiten Schüler:innen bspw. eine vorgegebene Fragestellung mit einem vorstrukturierten Experiment, analysieren Daten anhand vorgegebener Aufgaben und begründen ihre Schlussfolgerungen (Blanchard, 2010). Insbesondere in offenen Formen des Ansatzes kann der Cognitive Load aufgrund der vielen zu treffenden Planungs- und Entscheidungsschritte für Lernende zu hoch sein (z. B. Kirschner et al., 2006). Gerade in inklusiven Lerngruppen gilt es daher, Überforderung zu vermeiden und Teilhabe zu sichern. Insbesondere Schüler:innen mit den Förderschwerpunkten *Lernen* oder *Emotionale soziale Entwicklung* profitieren von einer Reduktion der Komplexität, etwa durch gezielten Einsatz von Visualisierungen (Asghar et al., 2017). Diese können bspw. makroskopische und submikroskopische Zusammenhänge darstellen (Johnstone, 2000; Gilbert & Treagust, 2009) und in dynamisierter Form prozedurales Wissen fördern (Höffler & Leutner, 2007). Wenige Forschungsarbeiten befassen sich bisher mit der Gestaltung und Nutzungsweise verschiedener Visualisierungstypen im strukturierten forschenden Lernen für Schüler:innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf. Obwohl z. B. auf Basis der Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML; Mayer, 2005) bereits Gestaltungsprinzipien für Visualisierungen auf einer allgemeinen Ebene beschrieben werden (z. B. Khan, 2010), besteht daher Forschungsbedarf, auch spezifisch für den inklusiven Chemieunterricht.

Ziel und Forschungsfragen

Ziel des Vorhabens ist vor diesem Hintergrund die Analyse der Nutzungsweise zweier systematisch variiert Visualisierungen – statische Bilder und dynamisches Video – in einer Lerngelegenheit des strukturierten forschenden Lernens mittels explorativer Videostudie.

FF1: Wie nutzen Kleingruppen, in denen Schüler:innen mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf zusammen arbeiten, Visualisierungen in experimentellen Lerngelegenheiten des strukturierten forschenden Lernens?

FF2: Wie strukturieren die Kleingruppen den Prozess forschenden Lernens in experimentellen Lerngelegenheiten mit und ohne Visualisierungen?

Methode und Studiendesign

Die Datenerhebung erfolgte von April bis Juli 2024 in neun Klassen der siebten und neunten Jahrgangsstufe an Förder- und Gesamtschulen in NRW. Insgesamt nahmen $N = 155$ Lernende teil (Alter $MD = 14,04$; $SD = 1,05$), von denen $n = 94$ einen ausgewiesenen Förderbedarf in den Förderbereichen *Lernen* oder *Emotionale und soziale Entwicklung* hatten. Die Lernenden arbeiteten in einer Lerngelegenheit des strukturierten forschenden Lernens in insgesamt vier Unterrichtsstunden in Kleingruppen und wurden in drei Stunden bei der Bearbeitung videografiert. Die Lerngelegenheit befasst sich mit dem Thema *Wasser und seine Eigenschaften* und ist im Kernlehrplan der Sekundarstufe I verankert (Ministerium für Schule und Weiterbildung NRW, 2013). Stunde A diente als Dummy-Stunde, um die Schüler:innen an das strukturierte forschende Lernen und die Lernumgebung heranzuführen. Außerdem wurden Kontrollvariablen erhoben. Als Visualisierungen wurden in dieser und auch in Stunde B typische Schulbuchskizzen im Material eingesetzt. Die Stunden C und D wurden um zusätzliche Visualisierungen zur Veranschaulichung der Einzelschritte des Experimentes ergänzt. In Stunde C wurden die Visualisierungen als statische Bilder der Einzelschritte des Experimentes mit den zur Verfügung stehenden realen Versuchsmaterialien umgesetzt, wohingegen in Stunde D ein dynamisches Video der Versuchsschritte in das Material eingebettet war (Abbildung 1).

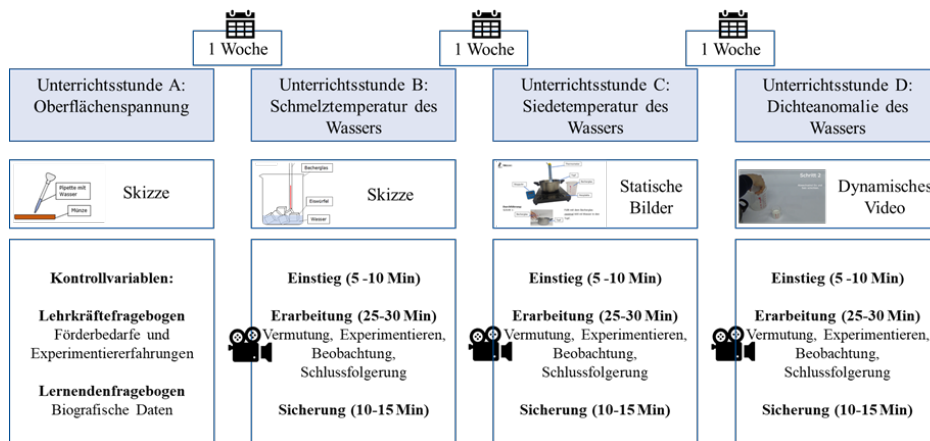


Abb. 1. Design der Videostudie.

Es wurden $n = 25$ Gruppen à zwei bis drei Lernende mit gleichbleibender Zusammensetzung analysiert. Insgesamt liegen $n = 75$ Videos vor, da je Gruppe ein Video in Stunde B, C und D aufgenommen wurde. In $n = 20$ Gruppen arbeiteten Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf, in $n = 5$ Gruppen nur Schüler:innen ohne sonderpädagogischem Förderbedarf. Die Kodierung und Auswertung der Videodaten erfolgte in MAXQDA mittels event-basierten Kodierens und eines hierarchisch aufgebauten, deduktiv-induktiv entwickelten Kategoriensystems mit einer qualitativen und quantitativen Inhaltsanalyse, in der u.a. die Verlaufsdiagramme aus MAXQDA und die relativen Codehäufigkeiten ausgewertet wurden. Die Oberkategorien des Kategoriensystems bilden die naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, die die Schüler:innen anwenden (vermuten, experimentieren, beobachten, schlussfolgern) sowie die Nutzung der Visualisierungen und sonstige (bspw. organisatorische) Kategorien ab. Die Oberkategorien wurden um Unterkategorien ergänzt, um den

Arbeitsprozess der Gruppen möglichst genau abbilden zu können. Die Kodierung wurde mittels Intercoder-Reliabilität in Form eines Agreement-Verfahrens abgesichert (Fleiss' Kappa, $.48 \leq \kappa \leq .85$; Landis & Koch, 1977).

Ergebnisse

Mit Blick auf FF1 zeigt sich, dass die Kleingruppen die Visualisierungen nutzen ($n = 25$ in Stunde C und $n = 21$ in Stunde D). Dabei nutzen Gruppen mit Schüler:innen mit Förderbedarf beide Visualisierungsformen länger als Gruppen ohne Schüler:innen mit Förderbedarf ($M = 90$ s, $SD = 74$ s im Vergleich zu $M = 50$ s, $SD = 40$ s für die Bilder in Stunde C und $M = 10$ Minuten, $SD = 5$ Minuten im Vergleich zu $M = 7$ Minuten, $SD = 2$ Minuten für das Video in Stunde D). Für die Gruppen, die die Visualisierungen nutzen, lassen sich für beide Visualisierungsformen Nutzungstypen ableiten. Für die statischen Bilder ist bspw. der „initiale Typ“ ($n = 12$) zu nennen, der die Bilder nur zu Beginn des Prozesses nutzt und danach nicht mehr. Außerdem führt dieser Typ das Experiment eher richtig durch. Der „kontinuierliche Typ“ ($n = 12$) betrachtet die Bilder immer wieder über den gesamten Prozess hinweg. Für das dynamische Video zeigen sich bspw. der „abwechselnde Typ“ ($n = 6$), der das Video abwechselnd mit der Durchführung der Einzelschritte des Experimentes nutzt und der „begleitende Typ“ ($n = 8$), der das Video wie ein Tutorial begleitend zur Durchführung einsetzt. Es ist jedoch festzustellen, dass die Korrektheit der Durchführung während des Experimentierprozesses unabhängig vom Nutzungstyp in Stunde D ist. Nutzen die Lernenden das Video, ist die Durchführung in allen Fällen korrekt.

Da es sich um eine explorative Videostudie handelt, wurden auf Basis der Ergebnisse weiterführende Hypothesen abgeleitet:

H1: Die Nutzungsdauer von statischen Bildern und dynamischen Videos ist bei Lernenden mit Förderbedarf länger als bei Lernenden ohne Förderbedarf.

H2: Die Art der Visualisierung beeinflusst die Art der Nutzung durch die Lernenden, d. h. es gibt unterschiedliches Nutzungsverhalten je nach Visualisierung.

H3: Ein dynamisches Video unterstützt die erfolgreiche Durchführung des Experimentes effektiver als statische Bilder.

In Hinblick auf FF2 zeigt sich, dass sich zwar $n = 15$ Gruppen über den gesamten Zeitraum in Bezug auf die Richtigkeit des Experimentierens verbessern oder gleichbleibend richtig arbeiten, $n = 8$ gemischt arbeiten und $n = 2$ sich verschlechtern, es bestehen jedoch keine Zusammenhänge zwischen der Nutzung der Visualisierungen bzw. dem Nutzungstyp und der Strukturierung des gesamten Prozesses des forschenden Lernens während einer Unterrichtsstunde. Auch hier lässt sich eine Hypothese ableiten:

H4: Visualisierungen, die lediglich konkrete Aktivitäten fördern, unterstützen genau diese, aber nicht eine allgemein strukturiertere Herangehensweise beim forschenden Lernen.

Diskussion

Fraglich ist, in welchem Umfang Visualisierungen tatsächlich zur Vereinfachung komplexer Tätigkeiten beitragen. Insbesondere Lernende mit Schwierigkeiten bei der Ausführung abstrakter Handlungsschritte nutzen Visualisierungen häufig länger (Adesokan & Reiners, 2015; Ainsworth, 2006). Unklar bleibt jedoch, ob dies auf eine tiefere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand oder kompensatorische Strategien hinweist. Im Sinne des Angebot-Nutzungs-Modells (z. B. Helmke, 2012) hängt die Nutzung von Visualisierungen von

individuellen Voraussetzungen ab, die sich auch durch Förderbedarfe ausdrücken. Es ist daher notwendig, Visualisierungen adaptiv zu gestalten, um unterschiedlichen Lernendenvoraussetzungen gerecht zu werden. Befunde zeigen zudem, dass dynamische Videos den Erwerb prozeduralen Wissens stärker unterstützen als statische Bilder (Höffler & Leutner, 2007). Dies unterstreicht die Bedeutung der prozessualen Dimension visueller Informationen, wirft aber die Frage auf, inwiefern dieser Vorteil von bspw. kognitiven Voraussetzungen der Lernenden abhängt. Schließlich sollte neben der Unterstützung der Aktivitäten auch das epistemische Wissen über forschendes Lernen gefördert werden, da die Visualisierungen nur die Aktivitäten unterstützen, für die sie konzipiert sind (z. B. Pedaste et al., 2012; Wahser & Sumfleth, 2008).

Literatur

- Adesokan, A. & Reiners, C., (2015). Lehr- und Lernmaterialien zur Einführung naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen bei Schülerinnen und Schülern mit Hörbeeinträchtigung – ein Beitrag zur Entwicklung eines inklusiven Chemieunterrichts, *CHEMKON*, 22(4), 162–172.
- Ainsworth, S., (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations, *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198, <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>.
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A. & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616.
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key Models in Chemical Education. In J. K. Gilbert & D. F. Treagust (Eds.), *Multiple Representations in Chemical Education (Models and Modeling in Science Education)* (vol. 4, pp. 1–8). Springer Netherlands.
- Johnstone, A. (2000). Teaching of Chemistry-Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 9–15. DOI: 10.1039/A9RP90001B
- Helmke, A., (2012). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Seelze: Klett Kallmeyer.
- Höffler, T. N. & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 17(6), 722–738. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013>
- Landis, J. R. & Koch, G. G., (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159, <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning*, pp. 31–48, Cambridge University Press, <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.004>
- Khan, T. M. (2010). The effects of multimedia learning on children with different special education needs. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2, 4341–4345.
- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes NRW (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen.
- Pedaste, M., Mäeots, M. & Leijen, Ä. & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9, 81-95.
- Rönnebeck, S., Bernholt, S. & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197.
- Satilmis, A. (2019). Inquiry-based learning and heterogeneity. In H. A. Mieg (Hrsg.), *Inquiry-based learning – Undergraduate research* (S. 383–391). Cham: Springer Open.
- Vorholzer, A. & von Aufschnaiter, C. (2019). Guidance in inquiry-based instruction – An attempt to disentangle a manifold construct. *International Journal of Science Education*, 41(11), 1562–1577.
- Wahser, I. & Sumfleth, E. (2008). Training experimenteller Arbeitsweisen zur Unterstützung kooperativer Kleingruppenarbeit im Fach Chemie, *ZfDN*, 14, 219–241, DOI: 10.25656/01:31642