

Potenzial alternativer Versuchsprotokoll-Strukturierung Digitale Versuchsprotokolle und schriftsprachliche Kompetenz

Theoretischer Hintergrund

Das Protokollieren ist eine wiederkehrende und zugleich hoch anspruchsvolle Schreibaufgabe im naturwissenschaftlichen Unterricht. Insbesondere das lineare Textformat, in das unterschiedliche Aussagetypen – etwa Ergebnisse und deren Deutung – integriert werden, setzt ein hohes Maß an sprachlichen Kompetenzen voraus (Bayrak et al., 2015; Boubakri et al., 2015). Die übliche Gliederung in klar voneinander getrennte Abschnitte erschwert dabei häufig die argumentative Verknüpfung von Ergebnissen und Interpretation. Diese Verknüpfung bildet jedoch den Kern naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (Köhler & Meisert, 2025). Für Lernende mit Deutsch als Zweitsprache ebenso wie für sprachlich schwächere Erstsprachlernende ist es besonders herausfordernd, sich gleichzeitig in komplexen fachlichen Inhalten und anspruchsvollen Sprachstrukturen zu orientieren (Leisen, 2010; Childs et al., 2015).

Zur Bewältigung dieser Anforderungen sind Unterstützungsmaßnahmen erforderlich, die fachsprachliche, visuelle und strukturelle Elemente kombinieren (Groß & Reiners, 2012; Leisen, 2010, 2022; Schmölzer-Eibinger et al., 2018). Der Einsatz digitaler Medien kann Prozesse der Sprachbildung fördern, indem er die lineare Satzproduktion entlastet und alternative Zugänge zum Schreibprozess eröffnet (Clark & Mayer, 2016; Heinicke & Friedrich, 2023). Flexibel einsetzbare Scaffolds sowie Strukturierungs- und Formulierungshilfen erleichtern zudem die Überarbeitung und Vernetzung fachlicher Zusammenhänge (Clark & Mayer, 2016; Heinicke & Friedrich, 2023).

Eine mögliche Umsetzung der genannten Unterstützungsmaßnahmen besteht in der Fragmentierung und Strukturierung von Protokolltexten durch den Einsatz voneinander abgegrenzter Textfelder. Diese können mittels Pfeilen in Beziehung gesetzt werden. Die Textfragmentierung und die Visualisierung symbolbasierter Verknüpfungen können den Schreibprozess entlasten und zugleich transparenter gestalten. Darüber hinaus kann auf diese Weise die Verbindung zwischen Ergebnissen und deren Interpretation, die eine zentrale kognitive Herausforderung experimenteller Protokollarbeit darstellt, deutlicher herausgestellt werden (vgl. Abbildung 1).

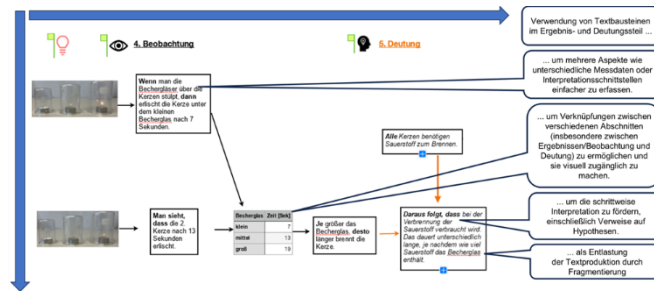


Abb. 1: Ausschnitt aus dem fragmentierten Protokollformat im Bereich Ergebnisse und Deutung am Beispiel des Kerzenversuchs mit didaktisch-methodischen Anmerkungen.

Das fragmentierte Protokolldesign ermöglicht eine unmittelbare Verknüpfung von Ergebnissen und Interpretationen sowie die Darstellung von Beziehungen durch Pfeildarstellungen. Im Unterschied zum klassischen, linearen Protokoll, bei dem Beobachtungen und Deutungen in eigenen Abschnitten getrennt werden, können Zusammenhänge dadurch kleinschrittiger und transparenter nachvollzogen werden (Groß & Reiners, 2012). Die erhöhte Vernetzung erleichtert zudem die Konstruktion argumentativer oder deskriptiver Bezüge (Stein & Stumpf, 2019) und steigert die Übersichtlichkeit. Darüber hinaus schafft sie flexible Optionen für Ergänzungen und Korrekturen während des Schreibprozesses (Clark & Mayer, 2016; Heinicke & Friedrich, 2023). Die Zerlegung in einzelne Bausteine lenkt außerdem die Aufmerksamkeit auf Teilaspekte und sprachliche Marker wie prozedurale Ausdrücke (Feilke & Rezat, 2020). Kontrollfragen, Handlungsformen und prozedurale Sprachmuster verdeutlichen die Anforderungen einzelner Protokollabschnitte und unterstützen die Planung des Schreibprozesses (Feilke & Rezat, 2020; Krabbe, 2023). Prozedurale Sprachmuster bieten Impulse, Kontrollfragen und abschnittsspezifische Ausdrücke, die das Schreiben gezielt leiten. Im Gegensatz zu klassischen Hilfen wie Wortfeldern erfordern sie eine bewusstere Auseinandersetzung mit der Funktion jedes Protokollabschnitts. Da sowohl das ungewohnte Protokollformat als auch die Hilfen selbst zusätzliche Anforderungen stellen, kann sich dadurch die kognitive Belastung erhöhen (Kriegelstein et al., 2023).

Forschungsfragen

F1: Führt ein textfragmentiertes Versuchsprotokoll zu einem höheren *cognitive load* als das Format mit getrennten Abschnitten?

F2: Führen prozedurale Sprachgerüste innerhalb eines Versuchsprotokolls zu einem höheren *cognitive load* als ein klassischer Ansatz?

Forschungsmethode und Design

Die Interventionsstudie folgte einem 2×2-Design, in dem traditionelle und fragmentierte Protokollstrukturen mit klassischen (z. B. Wortfelder, Formulierungshilfen) und prozeduralen Sprachhilfen (Textbausteine mit Kontrollfragen und prozeduralen Ausdrücken) kombiniert wurden. Die Untersuchung wurde mit acht siebten Klassen (n = 169) von zwei Gesamtschulen durchgeführt. Im Physikunterricht zum Thema Bewegung wurde in vier Unterrichtsstunden eine Progression durchlaufen, die von der angeleiteten Modellierung bis zur selbstständigen Protokollarbeit reichte. Zunächst erfolgte eine Einführung anhand eines einfachen Beispiels. Im Anschluss daran wurden Textbausteine vervollständigt. Schließlich wurde die eigenständige Textproduktion angestrebt.

Die Datenerhebung umfasste Prä-/Posttests, *cognitive load-ratings*, Bildschirmaufzeichnungen und Protokolle, die mittels deskriptiver Statistik und qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet wurden (Mayring, 2015).

Ergebnisse

Die Messung der kognitiven Belastung in Bezug auf die Protokollstruktur und die angebotenen Sprachhilfen weist mit Cronbachs $\alpha = 0,913$ ein gutes Reliabilitätsniveau auf. Zwischen der Protokollstruktur und den verschiedenen Sprachhilfen zeigen sich keine signifikanten Unterschiede (vgl. Abbildung 2).

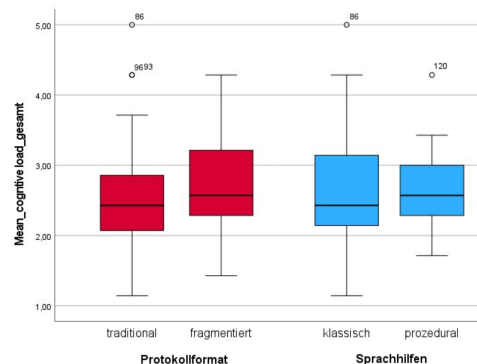


Abb. 2: Cognitive load durch verschiedene Protokollstrukturen und Sprachhilfen im Vergleich.

Diskussion

Die Befunde zeigen, dass das fragmentierte Protokollformat trotz seiner für die Lernenden ungewohnten Struktur keine Erhöhung des *cognitive load* im Vergleich zur traditionellen Protokollform hervorruft. Das führen wir auf zwei Faktoren zurück: Einerseits auf die sorgfältige Einführung des fragmentierten Formats mithilfe einer *Fading-Strategie* und andererseits auf das funktionale Design der Struktur, das eine detailliertere und stärker vernetzte Dokumentation begünstigt. Letzteres zielt insbesondere darauf ab, die argumentative Verknüpfung zwischen Ergebnis- und Deutungsabschnitt zu stärken, da experimentelle Protokolle in diesem Bereich häufig Schwächen aufweisen. Interpretative Aussagen sind oftmals nur unzureichend an die Beobachtungen angebunden. Ob das fragmentierte Format die Lernenden hier unterstützt, soll durch eine weiterführende qualitative Analyse der Protokolle überprüft werden.

Auch die vergleichbaren Ergebnisse zum *cognitive load* bei den beiden Schreib-Scaffolds sind ein Hinweis auf das Potential der angewendeten Hilfen. Während konventionelle Sprachhilfen es den Lernenden ermöglichen, schnell und unkompliziert Texte zu verfassen, erfordert der prozedurale Ansatz eine intensivere Reflexion über die Funktion der einzelnen Textabschnitte und deren spezifische Anforderungen. Dies könnte potenziell zu einer höheren kognitiven Belastung führen. Das Ausbleiben einer solchen Belastung könnte jedoch auch als Hinweis auf die Effektivität des prozeduralen Ansatzes gedeutet werden. Ähnlich wie bei den Ergebnissen zum fragmentierten Protokoll muss auch diese Interpretationshypothese durch vertiefende Analysen der erstellten Protokolle sowie durch zusätzliche Daten abgesichert werden.

Literatur

- Bayrak, C., Hoffmann, L. & Ralle, B. (2015). Sprachliches und fachliches Lernen im Experimentalunterricht. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, (68), 3, 177–182).
- Boubakri, C., Krabbe, H. & Fischer, H. E. (2015). Sprachkompetenz im Versuchsprotokoll. Erste Ergebnisse aus der Pilotierung im Projekt SchriFT. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen—Das Fach in der Fachdidaktik* (S. 205–207). Universität Regensburg.
- Childs, P. E., Markic, S. & Ryan, M. (2015). The role of language in the teaching and learning of chemistry. In J. García-Martínez, E. Serrano-Torregrosa, & P. W. Atkins (Hrsg.), *Chemistry education: Best practices, opportunities and trends*. Wiley-VCH.
- Clark, R. C. & Mayer, R. E. (Hrsg.). (2016). *e-Learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (1. Aufl.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781119239086>.
- Feilke, H. & Rezat, S. (2020). Textprozeduren. Werkzeuge für Schreiben und Lesen. *Praxis Deutsch*, 281(48), 4–13.
- Groß, K. & Reiners, C. S. (2012). Experimente alternativ dokumentieren. Ein Beitrag zur Möglichkeit der Differenzierung und Diagnose im Chemieunterricht. Volker Scharf zur Vollendung seines 70. Lebensjahres gewidmet. *Chemie konkret*, (19)1, 13–20.
- Heinicke, S. & Friedrich, S. (2023). Sammelhefte goes digital: Formen, Chancen und Herausforderungen einer digitalen Heftführung. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 34(195/196), 64–67.
- Krabbe, H. (2023). Schrittweise bessere Versuchsprotokolle verfassen. *Unterricht Physik*, 2023(195+196), 32–36.
- Kriegelstein, F., Beege, M., Rey, G. D., Sanchez-Stockhammer, C. & Schneider, S. (2023). Development and validation of a theory-based questionnaire to measure different types of cognitive load. *Educational Psychology Review*, 35(1), 9. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09738-0>.
- Leisen, J. (2010). *Handbuch Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis. Grundlagenwissen, Anregungen und Beispiele für die Unterstützung von sprachschwachen Lernern und Lernern mit Zuwanderungsgeschichte beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Üben im Fach*. Varus-Verl.
- Leisen, J. (2022). *Handbuch Fortbildung Sprachförderung im Fach. Sprachsensibler Fachunterricht in der Praxis*. (1. Aufl.). Ernst Klett Sprachen.
- Köhler, K.-H. & Meisert, A. (2025). *Welche Erkenntnismethoden sind für den Biologieunterricht relevant?* Berlin: Cornelsen.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Auflage). Beltz.
- Müllner, B., Heidinger, C., Hammerschmid, L., Scheuch, M. & Möller, A. (2024). Kognitive Prozesse beim Schreiben naturwissenschaftlicher Versuchsprotokolle: Eine explorative Studie zum sprachsensiblen Fachunterricht. *ZISU – Zeitschrift für interpretative Schul- und Unterrichtsforschung*, 13(1), Article 1. <https://www.budrich-journals.de/index.php/zisu/article/view/44288>.
- Schmölzer-Eibinger, S., Dorner, M., Helten-Pacher, M.-R. & Langer, E. (2018). *Sprachförderung im Fachunterricht in sprachlich heterogenen Klassen*. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Stein, S. & Stumpf, S. (2019). Muster in Sprache und Kommunikation. Eine Einführung in Konzepte sprachlicher Vorgeformtheit (Grundlagen der Germanistik 63). Berlin: Erich Schmidt. 280 S. *Zeitschrift für Rezensionen zur germanistischen Sprachwissenschaft*, 13(1–2), 25–31. <https://doi.org/10.1515/zrs-2021-2063>.