

Jan-Martin Österlein¹
Mathias Ropohl¹
Sebastian Habig²
Miriam Morek¹

¹Universität Duisburg-Essen
²Universität Erlangen-Nürnberg

Förderung der Textqualität von Versuchsprotokollen im Fach Chemie

Theoretischer Hintergrund

In den Naturwissenschaften ist das Lernen der Sprache eng mit dem Lernen fachlicher Konzepte verknüpft (Wellington & Osborne, 2001). Die naturwissenschaftliche Fachsprache ist auf der Wortebene durch eine Vielzahl von Fachbegriffen geprägt. Auf der Satzebene wird von Lernenden beispielsweise erwartet, konditionale und kausale Zusammenhänge durch entsprechende Satzstrukturen auszudrücken. Die wichtigste Textsorte im Chemieunterricht ist das Versuchsprotokoll. Es bildet den naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozess ab und folgt dabei einer weitgehend einheitlichen Struktur aus Fragestellung, Hypothese, Durchführung, Beobachtung und Auswertung (Beese & Roll, 2015; Müllner et al., 2022). Beim Schreiben eines Versuchsprotokolls müssen Lernende unterschiedliche Textgenres sprachlich umsetzen. Während die Durchführung deskriptiv-berichtend angelegt ist, sind in der Beobachtung und Auswertung konditionale bzw. kausale Satzmuster gefordert. Die Auswertung ist für Lernende dabei sowohl sprachlich als auch inhaltlich der anspruchsvollste Abschnitt des Versuchsprotokolls, da die Lernenden die Beobachtungen des Experiments mit ihrem bereits vorhandenen Wissen verknüpfen müssen (Berland & Reiser, 2009; Busch & Ralle, 2013).

Zur Modellierung der Auswertung eines Versuchsprotokolls wird das Modell von Park et al. (2021) herangezogen. Im Zentrum des Modells steht der *claim*, welcher für das Versuchsprotokoll als *Antwort auf die Fragestellung* operationalisiert wird. Park et al. (2021) unterscheiden eine evidenzbasierte Antwort, welche sich unmittelbar aus den gewonnenen Daten ableitet und eine explanativ-theoriebasierte Antwort, welche relevantes theoretisches Wissen heranzieht. Um die Trennung von Beobachtung und Auswertung stärker hervorzuheben, wurde die evidenzbasierte Antwort in zwei Teilschritte unterteilt: (1) Die Interpretation der Beobachtung und (2) die evidenzbasierte Schlussfolgerung, welche zur Antwort auf die Fragestellung führt. Diese bilden gemeinsam mit (3) dem Einbezug theoretischen Wissens die drei Hauptschritte der Auswertung im Versuchsprotokoll.

Grundlegend können zwei Ansätze unterschieden werden, um Schreibprozesse in den Unterricht zu integrieren und die Textqualität zu fördern: Bei *Learning to Write* steht das Produzieren disziplintypischer Textsorten unter Berücksichtigung der Fachsprache im Vordergrund (Graham et al., 2015; Sampson et al., 2013). *Writing to Learn* verfolgt demgegenüber das Ziel, fachliches Lernen zu unterstützen. Häufig wird im Rahmen dieses Ansatzes auf Textsorten wie Essays zurückgegriffen, mit der Konsequenz, dass die Nutzung von Fachsprache in den Hintergrund tritt (z. B. Sampson et al., 2013).

Ziele und Forschungsfragen

Das Versuchsprotokoll bietet Lernenden die Möglichkeit den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg zu reflektieren und sich mit den fachlichen Inhalten auseinanderzusetzen. Es zeigt sich jedoch, dass Lernende Schwierigkeiten haben, qualitativ hochwertige Versuchsprotokolle anzufertigen. Vor diesem Hintergrund verfolgt das vorliegende Vorhaben

das Ziel, Lernende beim Schreiben von Versuchsprotokollen zu unterstützen. Außerdem soll durch die Unterstützung des Schreibprozesses fachliches Lernen initiiert werden. Dazu sind Schreibfördermaßnahmen entwickelt worden, die fachsprachliche (*Learning to Write*) und/oder epistemische Hilfen (*Writing to Learn*) beinhalten. Folgende Forschungsfragen sollen beantwortet werden:

Wie beeinflussen unterschiedliche Kombinationen fachsprachlicher und epistemischer Schreibfördermaßnahmen ...

1. die Qualität von Versuchsprotokollen von Lernenden im Chemieunterricht?
2. den fachwissensbezogenen Lernzuwachs von Lernenden im Chemieunterricht?

Methode und Studiendesign

Die entwickelten Schreibfördermaßnahmen sind im Rahmen einer Interventionsstudie im Prä-Post-Testdesign evaluiert worden. Im Prä-Test wurden die allgemeinen sprachlichen (C-Test) und figuralen kognitiven Fähigkeiten (Heller & Perleth, 2000) als Kontrollvariablen erhoben. Das Fachwissen zum Thema *Salze* und die Qualität eines Versuchsprotokolls zum Thema *Leitfähigkeit* bilden die abhängigen Variablen, die auch im Post-Test erhoben wurden. Im Anschluss an den Prä-Test erhielten die Lernenden eine Instruktion bezüglich des naturwissenschaftlichen Erkenntniswegs und der Rolle von Versuchsprotokollen. In den darauffolgenden drei Interventionssitzungen fertigten die Lernenden unter Nutzung der ihnen randomisiert zugeteilten Fördermaßnahmen je ein Versuchsprotokoll auf Basis von zwei Experiment-Videos an. Die sprachlichen und epistemischen Hilfen wurden dazu in einem 2x3-Design inkl. Kontrollgruppe kombiniert. Als sprachliche Hilfen wurden einerseits Wort- und Satzhilfen sowie andererseits ein Beispielprotokoll eines anderen Experiments eingesetzt (Graham et al., 2015; Leisen, 2010). *Writing to Learn* wurde nicht durch typischerweise in diesem Ansatz genutzte Schreibaufgaben (z. B. Lerntagebücher) realisiert, sondern in Form epistemischer Hilfen an das Versuchsprotokoll angepasst. Die Hilfen enthalten Informationen über die Struktur und wichtige Merkmale des Protokollabschnitts. Dadurch erhalten die Lernenden die Möglichkeit, sich mit fachlichen Inhalten auseinanderzusetzen, ohne an fachsprachliche Vorgaben gebunden zu sein (vgl. Sampson et al., 2013). Insgesamt liegen von $N = 317$ Lernenden Datensätze vor, die sich weitestgehend gleichmäßig auf die sechs Interventionsgruppen verteilen ($49 \leq n \leq 58$). Die Versuchsprotokolle wurden anhand eines Kodiermanuals hinsichtlich epistemischer (dichotom) und fachsprachlicher Kriterien (trichotom) bewertet. Die Kodierung wurde anschließend in Qualitätsstufen für die epistemische und fachsprachliche Qualität von 0 bis IV überführt, wobei die fachsprachliche Qualität die fachliche Korrektheit beinhaltet.

Ergebnisse

Im Folgenden werden nur die Ergebnisse des Protokollabschnitts *Auswertung* berichtet. Da es sich bei den Qualitätsstufen um ein ordinales Maß handelt, wurden für den Prä-Post-Vergleich der Protokollqualität Wilcoxon-Tests herangezogen. Es zeigt sich, dass die epistemische Qualität (also die strukturelle Vollständigkeit) der Auswertung nur in der Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, signifikant zunimmt ($z = -2.032, p = .042$). Insgesamt erreichen in allen Gruppen nur wenige Lernende die Qualitätsstufen III und IV. Zur Beurteilung der fachsprachlichen Qualität der Auswertung wurden die drei beschriebenen Hauptschritte (1) Interpretation, (2) Schlussfolgerung und (3) Einbezug von theoretischem Wissen einzeln betrachtet. Für die (1) Interpretation können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die Gruppe, die mit epistemischen Hilfen in Kombination mit dem

Beispielprotokoll gearbeitet hat, zeigt deskriptiv einen Zuwachs, der jedoch nicht signifikant wird ($z = -1.850, p = .064$). Für die (2) Schlussfolgerung können ebenfalls keine signifikanten Unterschiede berichtet werden. Jedoch zeigen die Gruppen, die mit Wort- und Satzhilfen ($z = -1.724, p = .085$) bzw. dem Beispielprotokoll ($z = -1.616, p = .11$) gearbeitet haben, einen tendenziellen Qualitätszuwachs. Beim Einbezug theoretischen Wissens (3) kann die Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, einen signifikanten Zuwachs in der Qualität vorweisen ($z = -2.388, p = .017$). Auch die Kontrollgruppe zeigt tendenziell eine Verbesserung ($z = -1.741, p = .082$). Für die ersten beiden Teilschritte der Auswertung erreichen, ähnlich wie bei der epistemischen Qualität, nur wenige Lernende die Qualitätsstufen III und IV. Beim dritten Teilschritt erreichen die meisten Lernenden die Qualitätsstufe 0.

Hinsichtlich des Fachwissens zeigt eine rmANOVA, dass zwischen den Gruppen keine Unterschiede bezüglich des Lernzuwachses vorliegen, $F(5, 250) = .605, p = .696$. Einzelne Prä-Post-Vergleiche zeigen jedoch, dass die Gruppe, die nur mit epistemischen Hilfen gearbeitet hat, einen signifikanten Lernzuwachs verzeichnen kann, $F(1, 37) = 8.934, p = .005, \eta_p^2 = .195$. Auch die Gruppe, welche epistemische Förderung in Kombination mit dem Beispielprotokoll erhalten hat, lernt signifikant dazu, $F(1, 46) = 5.266, p = .026, \eta_p^2 = .103$. Die Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, zeigt deskriptiv einen Fachwissenszuwachs, der nicht signifikant ist, $F(1, 45) = 3.825, p = .057$.

Diskussion und Limitationen

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse, dass die Qualität der Versuchsprotokolle in der Auswertung als gering einzustufen ist. Es ist zu berücksichtigen, dass eine geringe fachsprachliche Qualität der einzelnen Teilschritte mitunter darin begründet ist, dass die Qualitätsstufe 0 aufgrund des Fehlens des entsprechenden Teilschritts vergeben wurde. Dies ist vor allem beim (3) Einbezug von theoretischem Wissen der Fall, da dieser Schritt vom überwiegenden Teil der Lernenden nicht berücksichtigt wurde.

Hinsichtlich der ersten Forschungsfrage zeigt sich, dass die Gruppe, die mit Wort- und Satzhilfen gearbeitet hat, als einzige einen Zuwachs in der epistemischen Qualität verzeichnen kann. Dies könnte darauf hindeuten, dass Lernende aufgrund eines geringen Fachwortschatzes Schwierigkeiten beim Formulieren der einzelnen Teilschritte der Auswertung haben. Dass diese Gruppe sich auch in der fachsprachlichen Qualität tendenziell verbessert, ist mit dem *Learning to Write*-Ansatz im Einklang (Graham et al., 2015). Es lässt sich darüber hinaus festhalten, dass die Kombination epistemischer und sprachlicher Hilfen für die Auswertung nicht zu einem Mehrwert hinsichtlich der Qualitätsverbesserung führt.

Mit Blick auf die zweite Forschungsfrage zeigen sich nur geringe Veränderungen des Fachwissens. Die Gruppen, die einen Fachwissenszuwachs verzeichnen können, haben (anteilig) mit epistemischen Hilfen gearbeitet. Dieser Befund ist vor dem Hintergrund des *Writing to Learn*-Ansatzes erwartungskonform (z. B. Klein & Boscolo, 2016).

Die nur gering ausgeprägten Effekte der Intervention können möglicherweise auf die geringe Interventionsdauer zurückgeführt werden. Eine ähnliche Studie aus der Physikdidaktik mit einer vergleichbaren Interventionsdauer zeigt ähnlich geringe Effekte (vgl. Krabbe & Timmerman, 2022). Weiterhin können eine geringe Schreib- und Testmotivation als Effektivitätsmindernd angenommen werden. Es bleibt zu prüfen, weshalb Lernende vor allem in der Auswertung nur wenig Text produzieren. Neben der Schreibmotivation könnte die fehlende Passung zwischen Material und Lernenden eine Rolle spielen. Dieser Aspekt ist vor allem vor dem Hintergrund des insgesamt schwachen Leistungsniveaus der Lernenden hinsichtlich der Protokollqualität und des Fachwissens von Bedeutung.

Literatur

- Beese, M. & Roll, H. (2015). Textsorten im Fach - zur Förderung von Literalität im Sachfach in Schule und Lehrerbildung. In C. Benholz, M. Frank & E. Gürsoy (Hrsg.), *Sprachbildung in allen Fächern: Konzepte für Lehrerbildung und Unterricht* (S. 51–72). Fillibach bei Klett.
- Berland, L. K. & Reiser, B. J. (2009). Making sense of argumentation and explanation. *Science Education*, 93(1), 26–55. <https://doi.org/10.1002/sce.20286>
- Busch, H. & Ralle, B. (2013). Diagnostik und Förderung fachsprachlicher Kompetenzen im Chemieunterricht. In M. Becker-Mrotzek, K. Schramm, E. Thürmann & H. J. Vollmer (Hrsg.), *Fachdidaktische Forschungen: Bd. 3. Sprache im Fach: Sprachlichkeit und fachliches Lernen* (S. 277–294). Waxmann.
- Graham, S., Harris, K. R. & Santangelo, T. (2015). Research-Based Writing Practices and the Common Core. *The Elementary School Journal*, 115(4), 498–522. <https://doi.org/10.1086/681964>
- Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4.-12. Klassen: Revision (KFT 4-12 + R). Hogrefe.
- Klein, P. D. & Boscolo, P. (2016). Trends in Research on Writing as a Learning Activity. *Journal of Writing Research*, 7(3), 311–350. <https://doi.org/10.17239/jowr-2016.07.03.01>
- Krabbe, H. & Timmerman, P. (2022). Beschreiben und Erklären im Versuchsprotokoll des Physikunterrichts: Empirische Ergebnisse einer textsortenbasierten Schreibförderung. In H. Roll (Hrsg.), *Schreibförderung im Fachunterricht der Sekundarstufe I: Interventionsstudien zu Textsorten in den Fächern Geschichte, Physik, Deutsch und Türkisch* (S. 251–282). Waxmann Verlag GmbH.
- 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-Verlag.
- Müllner, B., Bachler, T. & Möller, A. (2022). Herausforderungen und Chancen der Textsorte „Versuchsprotokoll“ im Biologieunterricht für Schüler:innen mit Deutsch als Erst- und Zweitsprache. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.11576/ZDB-4347> (54-74 / Zeitschrift für Didaktik der Biologie (ZDB) - Biologie Lehren und Lernen, Bd. 26 (2022)).
- Park, J., Yoon, H.-G., Kim, M. & Jho, H. (2021). The Nature of scientific evidence and its implications for teaching science. *Journal of Baltic Science Education*, 20(5), 840–856. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.840>
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J. & Witte, S. (2013). Writing to Learn by Learning to Write During the School Science Laboratory: Helping Middle and High School Students Develop Argumentative Writing Skills as They Learn Core Ideas. *Science Education*, 97(5), 643–670. <https://doi.org/10.1002/sce.21069>
- Wellington, J. & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education* (Repr). Open Univ. Press.