

Unterstützen elektronische Laborjournale das Protokollieren im Fach Chemie?

Theoretischer Hintergrund

Das Protokollieren und Dokumentieren von Experimenten ist nicht zuletzt im Fach Chemie in den Kernlehrplänen aller Schulformen fest verankert und dient vor allem der Förderung der Kompetenzbereiche Kommunikation und Erkenntnisgewinnung (z. B. Ministerium für Schule und Bildung NRW, 2019). In der fachdidaktischen Literatur ist jedoch seit Langem bekannt, dass Schüler/-innen diverse Defizite beim Protokollieren von Versuchen haben (z. B. Groß, 2013), sodass es das Ziel von Lehrpersonen sein sollte, die Kompetenzen beim Protokollieren gezielt zu fördern. Damit dies gelingen kann, müssen (angehende) Lehrpersonen jedoch selbst über entsprechende Kompetenzen verfügen, „um verlässliche Vorbilder (‘Modellschreiber’) für ihre SchülerInnen [zu sein], die [...] Förderbedarfe bei SchülerInnen frühzeitig erkennen und geeignete Fördermaßnahmen ergreifen können“ (Scholten-Akoun & Bauer, 2012, S. 208). Bisherige Studien deuten allerdings drauf hin, dass Chemie-Lehramtsstudierende selbst große Schwierigkeiten beim Verfassen von Versuchsprotokollen haben. In einer Studie von Bayrak (2020) gelingt es beispielsweise vergleichsweise wenigen Studierenden ein Protokoll ohne offensichtliche inhaltliche Fehler anzufertigen oder eine sachgerechte Auswertung der Ergebnisse vorzunehmen. Herausfordernd gestaltet sich für die Studierenden zudem die Trennung von verschiedenen Gliederungspunkten, wie z. B. der Beobachtung und der Versuchsdurchführung oder der Beobachtung und der Deutung (Bayrak, 2020; Rautenstrauch, 2017). Die Verschriftlichung der Beobachtungen und die korrekte Verwendung der Fachsprache stellt für viele Studierende ebenfalls eine Hürde dar (Bayrak, 2020; Rautenstrauch, 2017), da Experimente bereits durchgeführt sind und die Abfolge der Beobachtungen ggf. nicht mehr hinreichend präsent ist. Ferner müssen die Beobachtungen beim Protokollieren mit eigenen Worten umschrieben werden, was eine Übersetzungsleistung erfordert.

Vor dieser Ausgangslage stellt ein elektronisches Laborjournal (z. B. eLabFTW, Google Docs, etc.) eine vielversprechende Möglichkeit dar, um den beschriebenen Schwierigkeiten beim Protokollieren zu begegnen. Gegenüber der traditionellen papierbasierten Dokumentation von Versuchen bietet ein elektronisches Laborjournale den Mehrwert, dass z. B. Beobachtungen zusätzlich durch Fotos, Videos oder Audiodateien in das Protokoll eingebunden werden können. Zentrale Phänomene können dadurch wiederholt betrachtet und Beobachtungen präzisiert und veranschaulicht werden. Darüber hinaus ermöglicht eine individuelle Zugriffskontrolle die kollaborative Zusammenarbeit, wodurch Ergebnisse von verschiedenen Gruppen in einem Dokument zusammengeführt werden können. Ebenfalls können Hilfestellungen, wie z. B. in Form von weiterführenden Links zur Erstellung der Auswertung, digital zur Verfügung gestellt werden (Russek & Sommer, 2020). Bisher werden elektronische Laborjournale aber überwiegend in der Fachwissenschaft eingesetzt und finden in der Lehramtsausbildung selten Verwendung. Aus Studien zum Einsatz von elektronischen Laborjournalen ist bekannt, dass Studierende digitale Laborbücher den traditionellen Notizbüchern aus Papier vorziehen (Van Dyke & Smith-Carpenter, 2017; Weibel, 2016) und die Nutzung für die Dokumentation von Versuchen und die Erstellung von Berichten als

hilfreich empfinden (Bromfield-Lee, 2018). Ungeklärt ist bisher, inwiefern der Einsatz von elektronischen Laborjournalen die Dokumentation von Versuchen tatsächlich unterstützt und die Protokolle fachinhaltlich wie fachsprachlich verbessert. Neben den bereits bekannten Herausforderungen beim Einsatz eines elektronischen Laborjournals, wie z. B. einem zuverlässigen Internetzugang und angemessener Hardware (Badiola et al., 2015; Kanza et al., 2017), ist insbesondere bei der Nutzung durch Lehramtsstudierende ferner zu berücksichtigen, dass diese im Vergleich zu Studierenden anderer Studiengänge eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien haben (Vogelsang et al., 2018).

Ziel und Forschungsfragen

Ziel des Projekts ist es daher, exemplarisch Einsatzmöglichkeiten für ein elektronisches Laborjournal in einem fachdidaktischen Laborpraktikum für Chemie-Lehramtsstudierende zu erproben und zu evaluieren, mit denen den beschriebenen Schwierigkeiten seitens der Studierenden beim Protokollieren begegnet werden kann. Dabei sollen insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

FF1 Über welche fachsprachliche und fachinhaltliche Qualität verfügen die durch ein elektronisches Laborjournal erstellten Dokumente?

FF2 Wie geeignet empfinden die Studierenden ein elektronisches Laborjournal für die Dokumentation von klassischen Schulversuchen?

FF3 Inwiefern können durch die Nutzung eines elektronischen Laborjournals die Selbstwirksamkeitserwartungen der Studierenden im Umgang mit digitalen Medien im Verlauf eines Praktikums gefördert werden?

Studiendesign und Methodik

Im Rahmen einer Evaluationsstudie im Pre-Post-Design wurde der Einsatz eines elektronischen Laborjournals zur Dokumentation von klassischen Schulversuchen in einem fünfzügigen Laborpraktikum erprobt. Im Rahmen des Praktikums wurden 29 Schulversuche durchgeführt und mit einem elektronischen Laborjournal protokolliert, wobei die Studierenden vor Praktikumsbeginn eine kurze Einführung in das elektronische Laborjournal erhielten und während des ersten Tages Unterstützung in der Nutzung des Tools und Tablets im Labor bekamen. An der Studie nahmen im Sommersemester 2022 insgesamt $N = 48$ Chemie-Lehramtsstudierende (50 % weiblich, $M = 21.62$ Jahre) aller Schulformen (außer Förderschule) im 2. Fachsemester der Universität Duisburg-Essen teil. Zur Beantwortung der ersten Forschungsfrage wurde die fachsprachliche und fachinhaltliche Qualität der mit Hilfe eines elektronischen Laborjournals erstellten Dokumente anhand eines deduktiv erstellten Kriterienkatalogs (u. a. zur Verschriftlichung der Beobachtung, fachlichen Richtigkeit, korrekten Verwendung der Fachsprache) beurteilt. Um die Zuordnungen der Textstellen aus den Dokumenten zu den oben angeführten Kategorien zu überprüfen, wurden 31 % der erstellten Protokolle doppelt codiert und als Maß der Interrater-Reliabilität die prozentuale Übereinstimmungshäufigkeit berechnet, die mit 85 % die Eignung des Kategoriensystems bestätigt. Zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage wurden leitfadengestützte Interviews mit 7 Studierenden am Ende der Veranstaltung durchgeführt. Anschließend wurden die Interviews transkribiert und mit der Software MAXQDA codiert. Mittels qualitativer Inhaltsanalyse (Mayring, 2010) wurden die Aussagen der Studierenden anhand eines induktiv und deduktiv erstellten Kategoriensystems in Bezug auf die Kategorien *wahrgenommenen Nützlichkeit*, *Usability*, *Optimierungsmöglichkeiten* und *Akzeptanz* untersucht, wobei innerhalb der Kategorien zwischen positiven und negativen Emotionen unterschieden wurde. Um die Reliabilität der Codierungen zu überprüfen, wurden zwei der Interviews durch eine(n) zweite(n) Rater/-in codiert. Anschließend wurde die Interrater-Reliabilität als prozentuale Übereinstimmungshäufigkeit bestimmt, die mit 61 % bzw. 69 % in einem akzeptablen bis zufriedenstellenden Bereich liegt. Zur Beantwortung der dritten Forschungsfrage wurde ein

selbst entwickelter Fragebogen zur Erfassung der Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien (adaptiert nach Vogelsang et al., 2018) am Anfang und Ende der Veranstaltung eingesetzt. Die Reliabilität der Skala liegt zu beiden Messzeitpunkten mit Cronbachs $\alpha = .833$ bzw. $\alpha = .869$. im guten Bereich (Cronbach, 1951).

Material

Zur Erstellung eines elektronischen Laborjournals wurde das digitale Tool „eLabFTW“ (<https://www.uni-due.de/rds/elb.php>) genutzt, das den Studierenden der Universität Duisburg-Essen kostenlos zur Verfügung steht. In dem Tool wurde für jeden Versuch eine spezifische Protokollvorlage angefertigt, die einerseits fachsprachliche Hilfestellungen (z. B. Satzmuster) enthielt, um die Studierenden in der sachgerechten Beschreibung von Beobachtungen und der korrekten Verwendung der Fachsprache zu unterstützen. Andererseits wurden fachinhaltlichen Hilfestellungen (z. B. Leitfragen) und Strukturierungshilfen in Form von Tabellen und Koordinatensystemen integriert, die eine Hilfestellung in Bezug auf die Trennung von Beobachtung und Deutung sowie der korrekten Auswertung der Ergebnisse bieten können. Ferner wurden weitere Materialien (z. B. Sicherheitsdatenblätter, Praktikumsskript) im elektronischen Laborjournal bereitgestellt, um dem vielfachen Kladdenchaos im Labor ein Ende zu setzen.

Ergebnisse und Diskussion

Am Ende des Praktikums liegen 183 „bearbeitete“ Laborjournale vor, die für die Analysen genutzt werden können. Als „bearbeitet“ wurden dabei Laborjournale gewertet, die unter mindestens einem Gliederungspunkt (z. B. Beobachtungen, Deutung, etc.) eine Eintragung enthielten. In Bezug auf die erste Forschungsfrage zeigen die Ergebnisse, dass 45.9 % der Studierenden über alle Versuche hinweg vollständige und angemessene Beobachtungen notieren und weitere 35 % zumindest in Teilen adäquate Beobachtungen festhalten. Trotz diverser Hilfestellungen schaffen es aber 64.3 % derjenigen Studierenden, die die Beobachtungen vollständig korrekt protokollieren, nicht, eine sachgerechte Trennung von Beobachtung und Deutung vorzunehmen, da in der Beobachtung z. B. schon Bezüge zur submikroskopischen Ebene hergestellt werden, die einer Deutung entsprechen. Für die Dokumentation anderer versuchsrelevanter Aspekte, wie der verwendeten Chemikalien und Materialien sowie der Versuchsdurchführung und -skizze, wurde das elektronische Laborjournal während der Laborzeit mehrheitlich nicht genutzt. Bzgl. der zweiten Forschungsfrage belegen die Interviews unter anderem, dass die Studierenden die vorgegebene Struktur in den Laborjournalen generell positiv empfinden und insbesondere die exemplarischen Satzstrukturen und Strukturierungshilfen in Form von Tabellen als nützlich ansehen. Vereinzelt werden die Hinweise und Hilfestellungen jedoch auch als verwirrend wahrgenommen, sodass zukünftig die Passung zwischen dem Vorwissen der Studierenden und den Unterstützungsmaßnahmen überprüft werden sollte. In Bezug auf die dritte Forschungsfrage liefern die Ergebnisse erste Hinweise darauf, dass der Einsatz des elektronischen Laborjournals zu signifikanten Verbesserungen der Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf den Umgang mit digitalen Medien führt ($t(40) = 7.841, p \leq .001$). Während sich vor dem Praktikum noch 59.6 % der Studierenden nicht in der Lage fühlten, Lernenden zu erklären, wie man mit Hilfe elektronischer Laborjournale Versuche dokumentiert, sahen sich nach dem Praktikum hingegen 90.7 % der Studierenden dazu in der Lage. Trotz dieser positiven Entwicklung machen die Angaben der Studierenden in den Interviews aber auch deutlich, dass die Nutzung eines unbekanntes Tools mit einer als sehr hoch empfundenen Arbeitsbelastung einhergeht, die z. T. zu einer Ablehnung des Tools führt. Perspektivisch bleibt daher weiterhin zu überprüfen, wie Studierende in der Nutzung eines elektronischen Laborjournals noch besser unterstützt werden können.

Literatur

- Badiola, K. A., Bird, C., Brocklesby, W. S., Casson, J., Chapman, R. T., Coles, S. J., ... Ylloja, P. M. (2015). Experiences with a researcher-centric ELN. *Chemical Science*, 6(3), 1614-1629.
- Bayrak, C. (2020). *Vom Experiment zum Protokoll. Versuchsprotokolle schreiben lernen und lehren*. Münster, New York: Waxmann.
- Bromfield-Lee, D. (2018). Implementation and Student Perceptions on Google Docs as an Electronic Laboratory Notebook in Organic Chemistry. In *Journal of Chemical Education*, 95, 1102-1111.
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16(3), 297-334.
- Groß, K. (2013). *Experimente alternativ dokumentieren. Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*. Berlin: Logos.
- Mayring, P. (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (11. Auflage). Basel: Beltz.
- Kanza, S., Willoughby, C., Gibbins, N., Whitby, R., Frey, J G., Erjavec, J., ... Kovač, K. (2017). Electronic lab notebooks: can they replace paper? *Journal of Cheminformatics*, 9(1), 31.
- Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (Hrsg.) (2019). Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasien in Nordrhein-Westfalen Chemie.
- Rautenstrauch, H. (2017). *Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie*. Berlin: Logos.
- Russek, A. & Sommer, K. (2020). Protokolle – Vielfalt statt Einfalt: Ein Beitrag zum Kompetenzbereich Kommunikation. In *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 31(180), 2-8.
- Scholten-Akoun, D. & Baur, R. S. (2012). Der C-Test als ein Instrument zur Messung der Schriftsprachkompetenzen von Lehramtsstudierenden (auch) mit Migrationshintergrund – eine Studie. In *Sprachstand erheben – Spracherwerb erforschen: Beiträge aus dem 6. Workshop Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund*. Freiburg im Breisgau: Fillibach, 307–330.
- Van Dyke, A. R. & Smith-Carpenter, J. (2017). Bring Your Own Device: A Digital Notebook for Undergraduate Biochemistry Laboratory Using a Free, Cross-Platform Application. *Journal of chemical education*, 94(5), 656-661.
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115-129.
- Weibel, J. D. (2016). Working toward a Paperless Undergraduate Physical Chemistry Teaching Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 93(4), 781-784.