

Potenziale und Grenzen von Unterstützungsmaßnahmen zum wissenschaftlichen Schreiben im Paderborner Physik Praktikum 3P

Anna B. Bauer^{*+}, Simon Z. Lahme^{*}, Marc D. Sacher⁺

^{*}Arbeitsgruppe Didaktik der Physik, Universität Paderborn, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn,

⁺Physikalisches Anfängerpraktikum, Universität Paderborn, Warburger Str. 100, 33098 Paderborn
anna.bauer@uni-paderborn.de

(Eingegangen: 13.12.2021; Angenommen: 12.10.2022)

Kurzfassung

Eines der Lernziele des Physikstudiums stellt der Erwerb literaler Fähigkeiten für das Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten dar. Die Student:innen werden allerdings im Rahmen ihres Studiums bisher kaum systematisch beim Erwerb dieser Fähigkeiten unterstützt. Eine Übungsgelegenheit für das Verfassen von Texten nach wissenschaftlichem Vorbild stellt das Laborpraktikum dar, in dem die Student:innen zu den absolvierten Experimenten Laborberichte verfassen. Im *Paderborner Physik Praktikum 3P* wurden in den letzten Jahren vier unterschiedliche Unterstützungsangebote für das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens entwickelt und mittels Zufriedenheitswerten evaluiert. In dem Beitrag werden die vier Angebote auf inhaltlicher Ebene hinsichtlich der Lernwirksamkeit mittels einer schriftproduktbasierten Evaluation analysiert. Durch die vergleichende Analyse können Potenziale und Grenzen der Angebote diskutiert und Implikationen für die Gestaltung von Unterstützungsangeboten zum Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens in der Physik abgeleitet werden.

Abstract

One of the learning objectives in undergraduate physics studies is the acquisition of literal abilities for academic writing. So far, the students rarely get specific support during the undergraduate program. Laboratory courses offer the opportunity to exercise academic writing when the students write their lab reports about the experiments they carried out. In the lab course program *Paderborner Physik Praktikum 3P*, we have developed four different scaffolding approaches for the acquisition of literal abilities which we have evaluated with a questionnaire on the students' satisfaction.

In this paper, we discuss the four different scaffolding approaches on the content level regarding the learning success. For this, we have analyzed the lab reports written by the students using a qualitative research method. Based on the results of this comparative study, we discuss potentials and limitations of the different scaffolding approaches. Furthermore, we deduce implications for the design of scaffolding approaches for the acquisition of literal abilities.

1. Einleitung

Student:innen der Physik sollen zum Ende ihres Bachelorstudiums in der Lage sein, „sich unter Anleitung in einen Teilbereich eines Fachgebietes ein[zuarbeiten“ und „eine wissenschaftliche Arbeit zu verfassen“ (Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik 2010, S.12f.). Im Curriculum typischer Physikbachelorstudiengänge ist das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens vor allem in den Laborpraktika verankert. Die Student:innen verfassen in diesen Lehrveranstaltungen, die sie typischerweise in fast allen Semestern belegen, Laborberichte zu den durchgeführten Experimenten. Dabei wird eher der Ansatz *Learning by Doing* angewendet: Die Student:innen erlernen nicht schrittweise bzw. systematisch begleitet das wissenschaftliche Schreiben, sondern sammeln eher implizit und unreflektiert Erfah-

rungen (Riewerts 2016), was sowohl die Student:innen als auch die Dozent:innen vor große Herausforderungen stellt.

Mittlerweile sind an deutschen Universitäten vermehrt Schreibzentren implementiert worden, die die Student:innen u. a. mit Angeboten zum Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens unterstützen. Die Angebote werden meist von Wissenschaftler:innen schreibintensiver Fächer entwickelt und oftmals für alle Fächer geöffnet (Riewerts 2016). Mittlerweile entstehen immer mehr Forschungsarbeiten im Rahmen der Fachschreibdidaktik MINT (Czapla, Loesch, Segerer, 2021), sodass von einer steigenden Relevanzwahrnehmung des Themas Schreiben in MINT-Fächern gesprochen werden kann.

Im neu entwickelten, kompetenzorientierten, viersemestrigen *Paderborner Physik Praktikum 3P* (Sacher und Bauer 2021) stellt der Einstieg in das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens in der Physik eines der Lernziele dar. In den vergangenen Jahren sind schrittweise vier unterschiedliche Unterstützungsangebote für den Einstieg in das wissenschaftliche Schreiben entwickelt und bisher hinsichtlich der Zufriedenheit der Student:innen evaluiert worden. In diesem Beitrag soll nun anhand von Schriftprodukten auf inhaltlicher Ebene untersucht werden, welche Potenziale und Grenzen die unterschiedlichen Unterstützungsangebote beim Erlernen des Schreibens in der Physik aufweisen.

2. Wissenschaftliches Schreiben in der Physik

Naturwissenschaftliche Fächer wie z. B. die Physik sind trotz des ersten Eindrucks, dass die eigentliche Laborarbeit im Vordergrund steht, „schreibintensive“ Fächer (Riewerts 2016, S.109; Hoehn und Lewandowski 2020). Dies ist darauf zurückzuführen, dass Forschung in der Physik, wie auch andere Forschungsrichtungen, ein soziales Konstrukt darstellt: Für die Generierung neuen Wissens werden Forschungserkenntnisse innerhalb der Fachcommunity zur Diskussion gestellt, um Gültigkeit zu erlangen. Dazu ist es notwendig, dass das Wissen hinsichtlich der Geltung, also objektiv und intersubjektiv überprüft wird. Dies wird erreicht, indem in der Wissenschaft mit standardisierten Erkenntnismethoden gearbeitet und die Erkenntnisse z. B. in wissenschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht sowie auf Tagungen vorgestellt und diskutiert werden. Schlussendlich können durch dieses Vorgehen andere Wissenschaftler:innen in einem Aushandlungsprozess die Erkenntnisse überprüfen, beurteilen und weiterentwickeln (u. a. Höttecke 2001).

Eine der Forschungsmethoden in der Physik stellt das Experimentieren dar. Beim Experimentieren handelt es sich um eine hochkomplexe Methodik (Höttecke 2001), da nicht nur fachliche und überfachliche Fähigkeiten in kompetente Handlungen transferiert werden, sondern diese auch noch bei jedem vollzogenen Prozessschritt vor dem Hintergrund anderer Forschungsarbeiten und der Experimentspezifika reflektiert werden müssen, um die erhaltenen Ergebnisse beurteilen und präsentieren zu können. Das fachliche Handeln ist also eng mit dem wissenschaftlichen Denken, dem stringenten, evidenzbasierten sowie plausiblen Argumentieren verbunden. Strukturell folgen Veröffentlichungen durch Forscher:innen der IMRaD-Struktur: *Introduction, materials and methods, results, and discussion* (u. a. Riewerts 2016; Sollaci 2004).

In den Bachelorstudiengängen Physik ist der systematische Erwerb literaler Fähigkeiten nur selten curricular angelegt (u. a. Bornschein 2016, Riewerts 2016, Frank und Lahm 2016). Die Verantwortlichen für den Studiengang sind meist Fachphysiker:innen und haben das Schreiben implizit durch jahrelanges

Learning by Doing und kontinuierliches Feedback durch die Fachcommunity (Review-Verfahren) erlernt (u. a. Riewerts 2016; Frank und Lahm 2016). Ihnen fehlt somit eine „Arbeits- und Vermittlungssprache“ (Frank und Lahm 2016, S. 17), um die Student:innen beim Erlernen des Schreibens zu unterstützen. Dies hemmt bzw. verkompliziert die Gestaltung des Schreiblernprozesses deutlich. Weiterhin kann nur auf wenige deutschsprachige Angebote zurückgegriffen werden, da die Schreibforschung bezogen auf naturwissenschaftliche und technikaffine Fächer bis in die 2010er Jahre in Deutschland noch in den Kinderschuhen steckte (Hirsch-Weber und Scherer 2016).

Eine Übungsgelegenheit für das Erlernen wissenschaftlichen Schreibens im Verlauf des Studiums stellen Laborberichte in physikalischen Laborpraktika dar. Traditionelle Laborpraktika sind typischerweise kontinuierlich in den Studienverlauf naturwissenschaftlicher Studiengänge (Bachelor und Master) integriert. Sie sind die einzigen Lehrveranstaltungen mit Praxisanteilen, in denen die Student:innen ihre theoretisch erworbenen, fachlichen Fähigkeiten in realen Situationen anwenden und dabei methodische Fähigkeiten erwerben können. Im Anschluss an die Experimente verfassen die Student:innen typischerweise einen Laborbericht zum durchgeführten Experiment. Die Anforderungen an die Schreibprodukte (Umfang, Komplexität, ...) variieren abhängig vom Universitätsstandort stark zwischen einem stichpunktartigen Protokollieren von Ergebnissen des Experimentes und ausführlichen Laborberichten. In letzteren wird das gesamte Experiment dargestellt und beurteilt, was grundsätzlich den Anforderungen einer Bachelorarbeit entspricht, jedoch im Rahmen des Praktikums eine deutlich geringere Komplexität aufweist. Strukturell weisen sie meist die IMRaD-Struktur auf.

3. Schreibdidaktische Unterstützungsansätze

In der Schreibforschung, die seit rund 150 Jahren vor allem in den USA betrieben wird, konkurrieren zwei unterschiedliche Ansätze für die Entwicklung von Unterstützungsangeboten zum wissenschaftlichen Schreiben an Universitäten: Erstens der Ansatz *writing across the disciplines* (WAC), dem alle Angebote zuzuordnen sind, die sich auf die Vermittlung fachunabhängiger Schreibkompetenzen wie die Steuerung und Strukturierung des Schreibprozesses sowie von Schreibstrategien oder Konventionen im Sinne guter wissenschaftlicher Praxis beziehen. Die Kurse werden für alle Fächer geöffnet und meist von Dozent:innen aus schreibintensiven Fächern geleitet. Der zweite schreibdidaktische Ansatz, *writing in the disciplines* (WiD), verfolgt das Ziel, dass Student:innen lernen sollen, wie Expert:innen in ihrem Fach zu kommunizieren und zu denken (Carter, Ferzli und Wiebe 2007), sodass das Schreiben als fachliches Handeln verstanden wird. Angebote zum Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens werden nicht mehr

extracurricular (siehe WAC), sondern eng verzahnt innerhalb der Lehrveranstaltungen angeboten (Frank und Lahm 2016). Der WiD-Ansatz ist als Reaktion auf diverse Studien zur Wirksamkeit der WAC-Ansätze entstanden, durch die deutlich wurde, dass jedes Fach andere Schreibanforderungen und Methoden besitzt, die von den jeweiligen fachspezifischen Denk- und Handlungsweisen abhängig sind (Russel, Lea, Parker, Street und Donahue 2009). Zusätzlich begünstigen WAC-Ansätze eine Trennung von Inhalt und Textprodukt bei den Dozent:innen und Lerner:innen, sodass die Gefahr besteht, dass das wissenschaftliche Schreiben lediglich auf das Verschriftlichen reduziert wird (Lehnen 2009).

In Deutschland sind seit den 1990er Jahren an den Universitäten vermehrt Schreibzentren nach dem WAC-Ansatz entstanden (Riewerts 2016). Dies hat u. a. dazu geführt, dass eine Sensibilisierung der Dozent:innen für die Komplexität des Erlernens des wissenschaftlichen Schreibens sowie für die Notwendigkeit expliziter und begleitender Lerngelegenheiten stattgefunden hat (Frank und Lahm 2016). Für das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens in der Physik sind in den vergangenen Jahren einzelne Projekte (*LabWrite* (Bielefeld), Riewerts 2016; *Schreiblabor* (Karlsruhe), Bornschein 2016; *BiNaturE* (Bielefeld), Lenger, Weiss und Kohse-Höinghaus 2013)) nach dem WiD-Ansatz entstanden, implementiert und evaluiert worden, da sich der Ansatz *Lernen durch Schreiben* langsam deutschlandweit durchsetzt (Frank und Lahm 2016).

Für die systematische Implementierung von Schreibaufgaben innerhalb einer Lehrveranstaltung unter Nutzung des WiD-Ansatzes kann z. B. das empirisch fundierte Schreibkompetenzmodell von Beaufort (2007) genutzt werden: Neben inhaltlichen Kompetenzen stellen auch rhetorische Fähigkeiten, übergreifende Kenntnisse zur Diskursgemeinschaft und zum Genre sowie Fähigkeiten zur Gestaltung des Schreibprozesses die literalen Fähigkeiten dar, die unter dem Konstrukt „Schreibkompetenz“ subsumiert werden (Beaufort 2007).

4. Didaktischer Ansatz des Paderborner Physik Praktikums 3P

Im kompetenzorientierten *Paderborner Physik Praktikum 3P* (Sacher und Bauer 2021) erlernen die Student:innen in den ersten vier Semestern ihres Studiums schrittweise die experimentellen, kommunikativen und sozialen Kompetenzen, die sie für das Experimentieren auf universitärem Niveau mit Blick auf die Qualifikationsarbeiten benötigen.

Die Lehr-Lernumgebung folgt dem Ansatz des *Cognitive Apprenticeship* (Collins, Brown und Newman 1989), der dem *Meister-Lehrlings-Prinzip* entspricht. Zielsetzung des didaktischen Ansatzes ist das Transparentmachen der kognitiven Prozesse, die einer Handlung durch Expert:innen unterliegen.

Für die Implementation des didaktischen Ansatzes können verschiedene Methoden bzw. Phasen genutzt werden (Collins et al. 1989), die im Folgenden skizziert werden. Bei der Einführung eines neuen Inhalts modellieren die Lehrenden zunächst den Lösungsweg eines Problems mit Hilfe von Handlungsmustern (*modeling*) und machen dabei ihre Denk- und Handlungsprozesse beim Lösen des Problems transparent (*articulation*). Die Lerner:innen wenden diese Muster zunächst schrittweise, unter Anleitung, auf das gleiche Problem an und vollziehen die Muster damit nach. Im Anschluss werden die Lerner:innen mit auf ihren Lernstand angepassten Hilfsgerüsten (*scaffolding*) angeregt, das gelernte Muster auf neue, komplexer werdende Situationen zunehmend selbstständiger anzuwenden (*exploration*). Ziel ist, die erworbenen Fähigkeiten und Fertigkeiten zu generalisieren. Unterstützt werden die Lerner:innen dabei, indem die Lehrenden mit ihnen zusammen Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Handlungsmuster diskutieren und reflektieren (*reflection*). Die Lehrenden ziehen sich mit steigender Selbstständigkeit der Lerner:innen zunehmend zurück (*fading*) und nehmen eine eher moderierende Rolle im Lernprozess ein (*coaching*).

Übertragen auf das viersemestrige Laborpraktikum bedeutet dies, dass die Student:innen zunächst eng begleitet einzelne experimentelle Fähigkeiten vertieft erlernen und diese Fähigkeiten in den nächsten Semestern auf schrittweise komplexer werdende experimentelle Situationen anwenden. Die Lernbegleitung durch die Dozent:innen wird dabei schrittweise ausgeschlichen, stattdessen werden kontinuierlich die Gruppenarbeitsfähigkeiten der Student:innen erhöht, sodass sie im vierten Semester ein experimentelles Projekt in eigenverantwortlicher Gruppenarbeit erfolgreich bewältigen können.

Für das gesamte Laborpraktikum sind differenzierte *Learning Outcomes* mit den jeweils zu erreichenden kognitiven Anforderungen (Anderson und Krathwohl 2001) festgelegt worden, die zusammen mit den Methoden des *Cognitive-Apprenticeship*-Ansatzes die Grundlage für die Strukturierung passgenauer Unterstützungsangebote darstellen.

Als Einstieg in das 3P durchlaufen die Student:innen im ersten Semester zunächst eine sechswöchige Einführungsphase. Ziel ist der schrittweise Erwerb grundlegender experimenteller Fähigkeiten bis zum Komplexitätsniveau „Anwenden“ (Anderson und Krathwohl 2001) sowie der Erwerb grundlegender literaler Fähigkeiten beim Verfassen des ersten Laborberichts in Teamarbeit. Dazu ist eine dreigliedrige, stark miteinander verschränkte Struktur bestehend aus Vorlesungen, Übungen und Workshops entwickelt worden, um den Erwerb dynamisch vernetzter und dadurch handlungsfähiger experimenteller und kommunikativer Kompetenzen zu unterstützen. Im Folgenden wird die grundlegende Struktur der Einführungsphase, die seit dem Wintersemester 2018/19 besteht, vorgestellt.

In der Vorlesung lernen die Student:innen jede Woche einen neuen experimentellen Prozessschritt kennen sowie das damit verbundene Inhalts- und Methodenwissen. Die Lehrenden zeigen z. B. die Schritte des Planens eines Experimentes mit Hilfe mehrerer wenig komplexer Experimente auf (*modeling*), explizieren dabei, aus welchem Grund sie die jeweiligen Handlungen machen (*articulation*) und reflektieren mit den Student:innen Möglichkeiten und Limitationen der Handlungsschritte (*reflection*). Die bei diesem Prozess abgeleiteten Handlungsschritte werden schrittweise zu handlungsorientierten Leitfäden weiterentwickelt, die den Student:innen als Ergebnissicherung und Hilfestellung für die Anwendung der erlernten Inhalte (*scaffolding*) auf eine neue Situation dienen. In der jeweils anschließenden Übung wenden die Student:innen das erworbene Wissen eng begleitet sowie schrittweise auf ein wenig komplexes Experiment an, sodass sie am Ende der Einführungsphase ein gesamtes Experiment durchgeführt haben. Den Übungen schließt sich ein Workshop an, in dem die Student:innen die Inhalte der Übungen schrittweise verschriftlichen. Die Student:innen geben die Laborberichtsteile wöchentlich ab und sie erhalten ein differenziertes Feedback. Nach sechs Wochen haben die Student:innen so ihren ersten Laborbericht verfasst.

Die Einführungsphase stellt die Student:innen erfahrungsgemäß vor große Herausforderungen, da sie in der Schule weder die experimentellen noch die literalen Fähigkeiten auf dem erforderlichen Niveau erlernt haben. Weiterhin haben Student:innen in der Schule außer vielleicht in einer Facharbeit keine längeren Texte (10-15 Seiten) im Fach Physik geschrieben, sodass hier kaum auf Vorerfahrungen zurückgegriffen werden kann.

5. Unterstützungsangebote zum wissenschaftlichen Schreiben im 3P

Während die Vorlesungs- und Übungsstruktur der Einführungsphase in den letzten Jahren lediglich auf Detailebene überarbeitet wurde, sind die Workshops

zum Schreiben jährlich (insgesamt viermal) evidenzbasiert weiterentwickelt worden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass bei der Neuentwicklung des 3P zu Beginn zunächst die Entwicklung der Lernumgebung für den Erwerb der experimentellen Fähigkeiten und Fertigkeiten im Fokus standen. Nach erfolgreicher Implementation der experimentellen Lernumgebung rückte in den letzten vier Jahren der systematische Erwerb der literalen Fähigkeiten in den Fokus. Im 3P werden von den Student:innen keine Kurzprotokolle, sondern ausführliche Laborberichte zu den jeweiligen Experimenten geschrieben, damit sie das Argumentieren in der Physik, die Strukturierung und auch die Konventionen physikalischer Schreibprodukte erlernen. Das Schreiben des ersten Berichtes in der Einführungsphase ist für alle Student:innen obligatorisch.

Bis zum Wintersemester 2016/17 erhielten die Student:innen keine explizite Begleitung beim Schreiben ihres ersten Laborberichtes. Es wurde eher der Ansatz *Learning by Doing* praktiziert, in dem die Student:innen die einzelnen Kapitel ohne zusätzliche Hilfe verfassten und je Kapitel durch unterschiedliche Dozent:innen Feedback erhielten. Dazu ist ein differenzierter Feedbackbogen entwickelt worden, mit dem die Dozent:innen die elementaren Bestandteile eines Laborberichtes hinsichtlich ihrer Qualität mittels einer fünfstufigen Skala einschätzen konnten. Zusätzlich schrieben die Dozent:innen Korrekturhinweise in den Laborbericht und gaben diesen in einem Feedbackgespräch zurück.

In den Experimenten, die sich der Einführungsphase anschlossen, ist jedoch deutlich geworden, dass den Student:innen elementare literale Fähigkeiten fehlten. Konkret werden folgende Aspekte als besonders herausfordernd empfunden und deshalb bei der Entwicklung der vier Unterstützungsangebote beachtet:

- a) **Strukturunterschiede:** „Übersetzung“ der experimentellen Handlungen in ein schriftliches Produkt (Prozess- versus Produktorientierung);

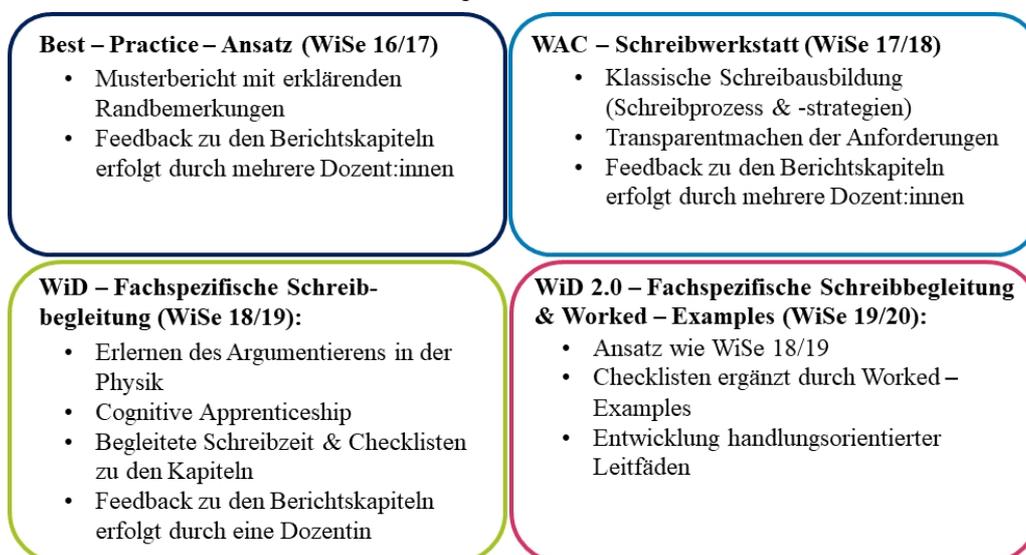


Abb. 1: Überblick über die vier Unterstützungsangebote zum Erlernen des Schreibens in der Physik.

- b) **Argumentationslinie:** Entwicklung eines roten Fadens mittels plausibler, physikalischer Argumentation;
- c) **Fachkultur:** Erlernen der fachimmanenten Konventionen (Zitationsstil, Ergebnisdarstellung, ...);
- d) **Genrespezifika:** Funktion und Zielsetzung von Laborberichten;
- e) **Selbstregulation:** Schreiben eines Laborberichtes unter Zeitdruck;
- f) **Präkonzepte:** Überwindung inadäquater Vorstellungen zum wissenschaftlichen Schreiben (z. B.: Wissenschaftliches Schreiben zeichnet sich durch eine hohe Komplexität und Fachbegriffsdichte oder eine poetisch wirkende Wortwahl aus.).

Die vier Unterstützungsangebote für das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens sind auf Basis von Ergebnissen aus der Veranstaltungskritik, eigenen Beobachtungen sowie Rückmeldungen durch die Dozent:innen und Student:innen entwickelt, erprobt und evaluiert worden (Abb. 1).

5.1 Best-Practice-Ansatz im Wintersemester 2016/17

Ab dem Wintersemester 2016/17 ist ein Musterbericht mit Randbemerkungen, in denen die Funktionen der einzelnen Textbausteine erläutert werden, im Sinne eines *Best-Practice-Beispiels* eingesetzt worden. Die Randbemerkungen sind auf den Feedbackbogen für Laborberichte abgestimmt worden, damit die Student:innen sich an der Argumentationsstruktur, an der Wortwahl und an den Konventionen eines schriftlichen Produkts in der Physik im Sinne einer Vorlage orientieren konnten. Die Student:innen erhielten zu den einzelnen Kapiteln ein schriftliches Feedback durch wechselnde fachwissenschaftliche Dozent:innen.

5.2 WAC – Schreibwerkstatt im WiSe 17/18

Im Wintersemester 2017/18 wurde eine Schreibwerkstatt als ergänzendes Angebot zu den Vorlesungen und Übungen entwickelt und durchgeführt. Die Schreibwerkstatt wurde von einer Wissenschaftlerin geleitet, die im *Kompetenzzentrum Schreiben* der Universität Paderborn eine Ausbildung zur Schreibberaterin absolviert, jedoch keinen physikalischen Hintergrund hatte. Im Rahmen der Schreibwerkstatt beschäftigten sich die Student:innen mit der Struktur wissenschaftlicher Texte (Genrewissen), den Grundlagen von Schreibprozessen (schreibtheoretisches Wissen und heuristische Schreib- und Feedbackstrategien (z. B. Peer-Feedback) sowie dem Verfassen der Laborberichtsteile (Transparenz der jeweiligen Anforderungen und Strukturierungshinweise). Die Schreibwerkstatt ist aufgrund der inhaltlichen Gestaltung eher dem WAC-Ansatz zuzuordnen: Die Inhalte sind auf physikalische Laborberichte zugeschnitten, fokussieren jedoch Fähigkeiten, die den Schreibprozess auf Metaebene und nicht das physikalische Argumentieren betreffen. Nach der Schreibwerkstatt verfassten die Student:innen die Kapitel im Selbststu-

dium. Das schriftliche Feedback zu den einzelnen Kapiteln erfolgte durch wechselnde fachwissenschaftliche Dozent:innen.

5.3 WiD – Fachspezifische Schreibbegleitung im Wintersemester 2018/19

Im Wintersemester 2018/19 wurde eine fachspezifische Schreibbegleitung im Sinne des WiD-Ansatzes durch eine Fachdidaktikerin der Physik implementiert. Bei der Entwicklung wurden folgende Gestaltungsprinzipien angewendet:

- a) Für einen systematischen Kompetenzerwerb (Rottlaender 2017) werden Schreibaufgaben systematisch und schrittweise komplexer werdend implementiert.
- b) Die Aufgaben werden mit formativem (Peer-) Feedback verknüpft (Sadler 2010; Frank und Lahm 2016).
- c) Den Student:innen werden die Strukturen und inhaltlichen Anforderungen der Aufgaben und Produkte transparent gemacht (Hunter und Tse 2013; Frank und Lahm 2016).
- d) Für eine höhere Akzeptanz der Schreibgelegenheiten sind die Schreibaufgaben bedeutungsgenerierend gestaltet (Frank und Lahm 2016).
- e) Für eine Steigerung der Lernwirksamkeit werden interaktive Schreibaktivitäten (Frank und Lahm 2016) implementiert, die den Austausch mit den Kommiliton:innen fördern.

Neben einer Einführung in das wissenschaftliche Schreiben im Fach Physik wurden die Funktionen und argumentativen Strukturen der entsprechenden Berichtskapitel zunächst anhand der Inhalte des Musterberichts erarbeitet sowie die Bewertungsstandards vorgestellt und diskutiert. Die Student:innen erhielten weiterhin Checklisten für die einzelnen Kapitel, die bei der Analyse des Musterberichts bzw. beim Schreiben des Kapitels genutzt werden konnten. Während des Workshops begannen die Student:innen, das jeweilige Kapitel zu schreiben, was ihnen die Möglichkeit gab, sich während des Schreibprozesses mit ihren Kommiliton:innen oder der Dozentin auszutauschen. Zu den Textbausteinen bekamen die Student:innen im Nachgang differenziertes Feedback von der Dozentin.

5.4 WiD 2.0 – Fachspezifische Schreibbegleitung und Worked-Examples im Wintersemester 2019/20

Im vierten Unterstützungsangebot wurde der Ansatz der fachspezifischen Schreibbegleitung um *Worked-Examples* ergänzt. Diese werden ergänzend zu den Checklisten im Rahmen der Workshops benutzt. Besonders komplexe Aspekte des Laborberichts (Beschreiben von Rechenwegen und Diagrammen, Interpretation von Ergebnissen) werden intensiver unterstützt, indem die Student:innen anhand guter und schlechter Beispiele Bestandteile, Aufbau und Charakteristika argumentativer Strukturen in der Physik analysieren. Hierzu werden anonymisierte Teile aus

Laborberichten der vorangegangenen Jahrgänge genutzt, um möglichst situationsnahe, authentische Texte als bedeutungsgenerierende Schreibaufgaben einzusetzen. Zur Ergebnissicherung werden daraus gemeinsam handlungsorientierte Leitfäden für das Verfassen der einzelnen Kapitel abgeleitet.

6. Untersuchungsdesign der vergleichenden Produktanalyse

Die vier Unterstützungsangebote für das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens wurden in den vergangenen Jahren auf Basis der Rückmeldungen aller Beteiligten (weiter-)entwickelt. Es wird in diesem Beitrag wird eine systematische Untersuchung der Produktqualität diskutiert, die einen Einblick in die erworbenen Fähigkeiten ermöglicht. Die Analyse folgt der Frage, welche Potenziale und Grenzen die einzelnen Ansätze aufweisen und welche Qualitätskriterien daraus für die Gestaltung von Unterstützungsangeboten für das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens in der Physik abgeleitet werden können.

Grundlage für die Analyse der Potenziale und Grenzen der vier Angebote stellen die ersten Laborberichte dar, die im direkten Anschluss an die Einführungsphase in Teamarbeit geschrieben werden. Mit Hilfe eines schriftproduktbasierten Auswertungsansatzes werden die literalen Fähigkeiten der Student:innen rekonstruiert. Schriftproduktbasierte Evaluationen sind für die Einschätzung der Wirksamkeit von Interventionen in der Schreibforschung in den USA gängige Praxis (Frank und Lahm 2016) und erscheinen deswegen auch für die vorliegende Studie geeignet. Für die Rekonstruktion der literalen Fähigkeiten wird eine qualitative Dokumentenanalyse mit Hilfe eines normativ-deduktiv entwickelten Kategoriensystems durchgeführt. Auf Basis der Codierungen wird analysiert, welche Aspekte auf Oberflächen- und Tiefenebene in welchem Jahrgang besonders gelungen bzw. verbesserungswürdig sind.

Das Kategoriensystem wird auf Basis des differenzierten Feedbackbogens für Laborberichte entwickelt, der seit dem Wintersemester 2014/15 unverändert genutzt wurde. Im Feedbackbogen sind die Aspekte, die typischerweise in physikalischen Veröffentlichungen beschrieben und diskutiert werden (siehe Kap. 2 & Tab. 2), systematisiert. Für das Kategoriensystem werden diese Aspekte induktiv angereichert.

Für das Kategoriensystem werden alle Kriterien des Feedbackbogens als Hauptkategorien genutzt, sodass sich insgesamt 13 Hauptkategorien ergeben (Abb. 3). Die Hauptkategorien wurden für eine trennscharfe Einschätzung der Ausprägung jeweils durch Subkategorien präzisiert, die hinsichtlich der Vollständigkeit bzw. dem Vernetzungsgrad der Inhalte untereinander gestuft sind. Die Stufung ist über alle Kategorien nach dem gleichen Schema angelegt worden: *Fehlend/unvollständig* (0), *Zentrale Aspekte isoliert bearbeitet* (0,5), *Zentrale Aspekte vernetzt bearbeitet* (1). Bei ei-

nigen Hauptkategorien wurde für eine differenziertere Analyse die mittlere Subkategorie *Zentrale Aspekte isoliert bearbeitet* in zwei Subkategorien (0,33 und 0,67) unterteilt.

Die Qualität des Kategoriensystems (Reliabilität) ist mit einem Interratingverfahren an sechs Berichten, die auf Basis subjektiver Kriterien deutlich unterschiedlich in ihrer Produktqualität waren, geprüft worden. Im Rahmen des Interratingverfahrens ergab sich zwischen den beiden Ratern ein Kappa von $\kappa = 0,89$ über alle Kategorien. Die Trennschärfe der einzelnen Haupt- und Subkategorien kann daher als sehr gut eingeschätzt werden.

Als Datengrundlage dienten 89 Laborberichte aus den vier untersuchten Jahrgängen (siehe Tab. 1). Hier ist anzumerken, dass jeweils alle verfügbaren Laborberichte der Jahrgänge in die Auswertung mit eingeflossen sind. In dem betrachteten Zeitraum von vier Jahren wurden von den Student:innen zehn Berichte nicht abgegeben und konnten dementsprechend nicht in der Auswertung genutzt werden.

	WiSe	WiSe	WiSe	WiSe
	16/17	17/18	18/19	19/20
N	25	21	17	26

Tab. 1: Auflistung der Anzahl der analysierten Laborberichte pro Semester. Die Berichte werden in Teamarbeit angefertigt.

7. Vergleichende Analyse und Diskussion der Unterstützungsangebote

Der vergleichenden inhaltlichen Analyse der Unterstützungsangebote auf Ebene der Codierungen schließt sich eine Analyse der Akzeptanz der Angebote durch die Student:innen an. Basierend auf den Ergebnissen werden Implikationen für die Entwicklung von Angeboten zum Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens in der Physik abgeleitet. Aus Platzgründen können keine Beispielauszüge aus den Laborberichten oder der Feedbackbogen angeführt werden. Bei Interesse wenden Sie sich bitte an die Autor:innen.

7.1 Analyse auf Ebene der Codierungen

Im ersten Schritt werden die Unterstützungsangebote hinsichtlich der Verteilung der Subkategorien pro Semester analysiert. In Abb. 2 ist je Unterstützungsangebot der prozentuale Anteil der drei Subkategorien über alle Hauptkategorien dargestellt. Insgesamt kann gesagt werden, dass mit Hilfe der Weiterentwicklung der Unterstützungsmaßnahmen eine schrittweise Steigerung der Qualität der Laborberichte innerhalb der Hauptkategorien erreicht werden konnte. Ab der Einführung der WiD-Ansätze im Wintersemester 2018/19 sind jeweils über die Hälfte der Hauptkategorien in der höchsten Stufe und weniger als 20% in der niedrigsten Stufe codiert worden.

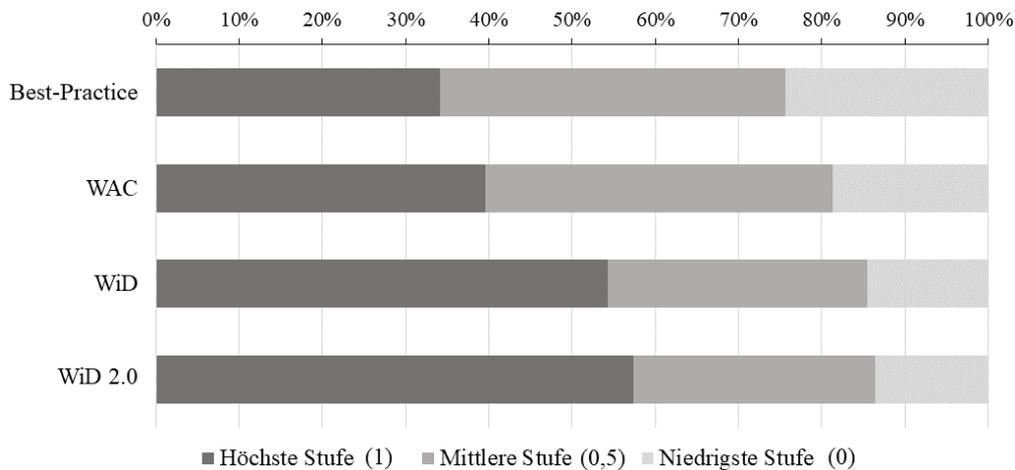


Abb. 2: Vergleichende Darstellung der prozentualen Verteilung der insgesamt pro Semester erreichten Stufen.

Im nächsten Schritt werden die vier Unterstützungsangebote aufgeschlüsselt nach den einzelnen Hauptkategorien vergleichend analysiert. Für den Vergleich der Jahrgänge wurde mittels exaktem, zweiseitigem Mann-Whitney-U-Test paarweise überprüft, ob die Veränderungen der Ausprägungen je Hauptkategorie zwischen den einzelnen Semestern im Bezug zum Wintersemester 2016/17 – als es noch keine curricular verankerte Unterstützung, sondern lediglich ein Best-Practice-Beispiel gab – signifikant unterschiedlich sind. Es wurde auf einen Mann-Whitney-U-Test zurückgegriffen, weil die zur Einstufung je Hauptkategorie genutzten drei bzw. vier Subkategorien eine Ordinalskala bilden. Zur Visualisierung der Ergebnisse (Abb. 3) wurden abweichend hiervon Mittelwerte (skaliert auf das Intervall null bis eins) anstelle von Medianen verwendet, da es bei der geringen Anzahl an Abstufungen sonst zu optischen Verzerrungen käme. Alle Mittelwerte und Standardabweichungen sind in Tabelle 2 zu finden.

Die Ergebnisse (Abb. 3) zeigen, dass die unterschiedlichen Unterstützungsmaßnahmen bei der qualitativen Ausprägung der einzelnen Aspekte eines Laborberichtes im Mittel unterschiedlich lernwirksam waren. Hoch bis höchst signifikante Verbesserungen im Vergleich zum *Best-Practice-Ansatz* sind für die WiD-Ansätze in den Kategorien *Fragestellung*, *Anwendung der Messmethodik*, *Beschreibung der Rechenwege*, *Erstellung von Diagrammen* sowie *Diskussion der Ergebnisse* zu verzeichnen. Diese Kategorien stellen beim Schreiben eines Laborberichtes die Aspekte dar, bei denen die Student:innen selbstständig physikalisch argumentieren müssen und nicht auf vorgefertigte Materialien aus dem 3P bzw. ihre Experimentierhandlungen, bei denen sie Hilfestellung durch die Dozent:innen erhalten, zurückgreifen

können. Hier bewährte sich der didaktische Ansatz des *Cognitive Apprenticeships*, bei dem die Dozentin ihre kognitiven Prozesse beim physikalischen Argumentieren explizit macht (*modeling & articulation*), mit den Student:innen reflektiert (*reflection*) und die Student:innen mittels Worked-Examples, die ein Gerüst für das physikalische Argumentieren beinhalten, beim Schreiben unterstützt (*scaffolding*). Weiterhin hat sich aufgrund einer hohen Konsistenz bewährt, dass nur die Dozentin des Workshops eine Rückmeldung zu den ersten Schreibprodukten der Student:innen gibt.

Die Ergebnisse für die anderen Kategorien legen nahe, dass Aspekte des Laborberichtes, die eine möglichst präzise Beschreibung verlangen (*Beschreibung der physikalischen Grundlagen* und *Beschreibung der Messdatenaufnahme*) mit dem WAC-Ansatz besser unterstützt wurden. Genau diese Aspekte wurden von der Dozentin vertieft behandelt, indem u. a. die Notwendigkeit der präzisen Beschreibung einer Situation für die Argumentation verdeutlicht und geübt wurde. Dieser Aspekt wurde in den WiD-Unterstützungsmaßnahmen nicht tiefergehend thematisiert, da davon ausgegangen wurde, dass das Beschreiben von Experimenten im schulischen Physikunterricht im Gegensatz zu umfangreichen Auswertungs- und Interpretationsschritten trainiert wird und dieser Aspekt den Student:innen dementsprechend weniger Schwierigkeiten bereiten sollte.

Auf Basis der Analyse müsste die Kategorie *Beschreiben der Messmethodik* ebenfalls durch den WAC-Ansatz am meisten unterstützt werden, stattdessen waren hier die WiD-Ansätze wirksamer. Der WAC-Ansatz fällt sogar leicht, jedoch nicht signifikant hinter den *Best-Practice-Ansatz* zurück.

Kategorie	WiSe 16/17 ^a		WiSe 17/18 ^b		WiSe 18/19 ^c		WiSe 19/20 ^d	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Fragestellung	.20	.32	.14	.36	.50	.35	.65	.39
Einleitung	.36	.41	.45	.38	.59	.36	.54	.47
Beschreibung Grundlagen	.78	.33	.88	.22	.74	.36	.73	.29
Verknüpfung Grundlagen	.60	.41	.60	.34	.62	.49	.60	.40
Beschreibung Messmethodik	.64	.27	.60	.30	.74	.26	.79	.25
Anwendung Messmethodik	.82	.41	.98	.11	.91	.26	1	.00
Skizze	.51	.35	.63	.42	.71	.41	.47	.39
Beschreibung Messdatenaufnahme	.88	.22	.98	.11	.91	.20	.83	.31
Beschreibung Messeinflüsse	.64	.34	.62	.38	.85	.29	.77	.35
Beschreibung Rechenwege	.54	.32	.60	.30	.71	.36	.85	.27
Erstellung Diagramme	.15	.19	.44	.35	.65	.40	.73	.39
Diskussion Ergebnisse	.63	.32	.57	.28	.75	.32	.86	.21
Optimierung & Reflexion	.45	.33	.52	.31	.53	.41	.60	.40

Anmerkungen. ^a n = 25. ^b n = 21. ^c n = 17. ^d n = 26.

Tab. 2: Übersicht über die Mittelwerte und Standardabweichungen je Kategorie und Jahrgang. Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind auf die je unterschiedlichen Anzahlen an Subkategorien skaliert.

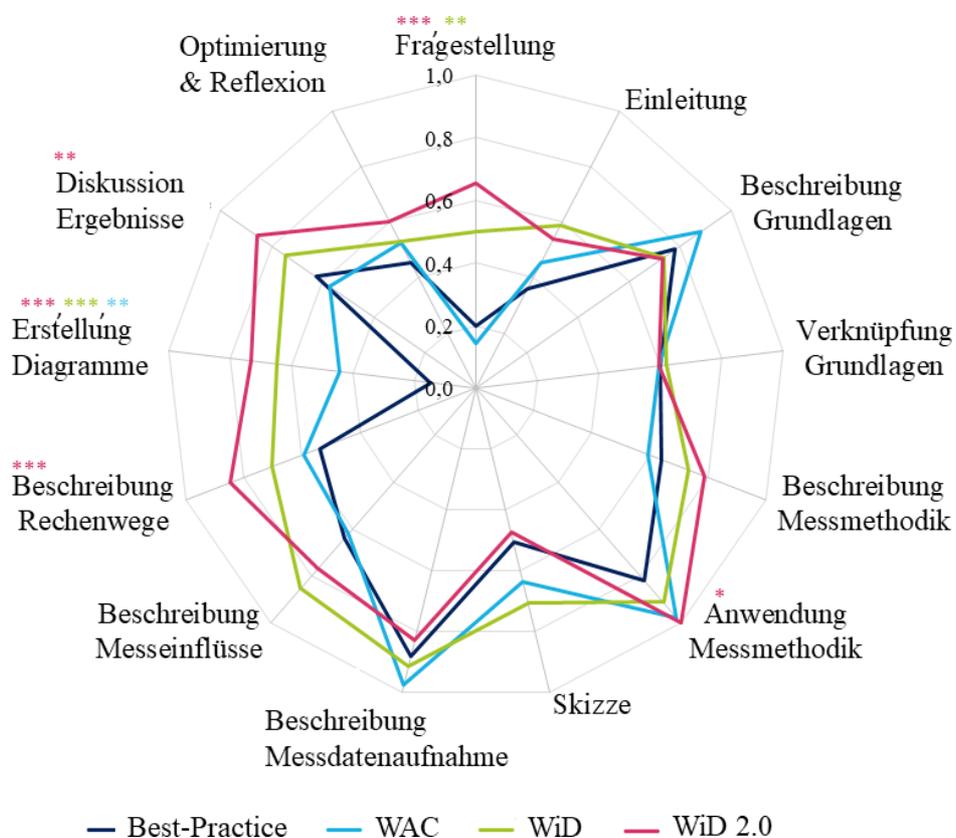


Abb. 3: Die Mittelwerte der Hauptkategorien sind für die vier Semester vergleichend dargestellt. Die Sternchen geben die Ergebnisse des zweiseitigen Mann-Whitney-U-Tests an. Die Farbe und Anzahl der Sternchen zeigen an, für welchen Jahrgang der Unterschied im Vergleich zum Wintersemester 2016/17 auf welchem Niveau signifikant wird (* < .05, ** ≤ .01, *** ≤ .001).

Analysiert man diese Kategorie auf inhaltlicher Ebene, so wird deutlich, dass es sich an dieser Stelle nicht um eine beschreibende Tätigkeit handelt. Bei diesem Aspekt können die Student:innen also nicht das, was sie im Experiment getan haben, beschreiben. Vielmehr müssen sie auf einer abstrakteren Ebene die Messmethodik auf Basis der physikalischen Grundlagen begründen. In den WiD-Ansätzen wurde auch dieser Aspekt ausführlich behandelt und mit den Student:innen eine Strukturierungshilfe entwickelt, was das bessere Abschneiden dieses Ansatzes erklärt.

Bei der Kategorie *Erstellen einer hilfreichen Skizze* fällt der WiD-2.0-Ansatz hinter den *Best-Practice-Ansatz* zurück, während der WiD-Ansatz und der WAC-Ansatz die Student:innen besser unterstützt haben. Im Wintersemester 2019/20 wurde beim WiD-2.0-Ansatz aufgrund von Zeitmangel durch den zusätzlichen Einsatz von *Worked Examples* das Erstellen einer hilfreichen Skizze nur kurz angesprochen.

Die Student:innen haben eine Liste mit Merkmalen erhalten, die sie beim Erstellen beachten sollen. Beim *Best-Practice-Ansatz* haben die Student:innen ein Beispiel für das Erstellen einer hilfreichen Skizze erhalten. Im WAC-Ansatz und WiD-Ansatz wurde hingegen das Erstellen der Skizze ausführlich anhand positiver und negativer Beispiele diskutiert.

In den Kategorien *Fragestellung*, *Einleitung* sowie *Optimierung und Reflexion des Experimentes* erreichen die Student:innen im Mittel bei allen Unterstützungsangeboten nur die niedrige bis mittlere Subkategorie. Die höheren Ausprägungen für die WiD-Ansätze bei den ersten beiden Kategorien sind darauf zurückzuführen, dass diese Punkte in den WiD-Ansätzen ausführlich angeleitet werden. Bei den drei Kategorien ist zu vermuten, dass diese Aspekte des Laborberichtes bei den Student:innen eine niedrigere Priorität besitzen. Sie fokussieren sich erfahrungsgemäß vor allem auf die Aspekte des Berichtes, die mit dem Auswerten des Experimentes verbunden sind. Diesen wird von ihnen eine höhere Relevanz für ihren Studiengang zugeschrieben und als komplexer und damit zeitintensiver wahrgenommen. Es wird folglich vermutet, dass die Student:innen in die Formulierung der Fragestellung und Einleitung sowie die Optimierung und Reflexion des Experiments weniger Zeit investieren und dementsprechend weniger Punkte erhalten.

Die interessanteste Kategorie stellt das *Verknüpfen der physikalischen Grundlagen* dar, da hier augenscheinlich keiner der Unterstützungsansätze einen Einfluss hat, obwohl in allen vier Unterstützungsangeboten das Theoriekapitel thematisiert wird. In den WiD-Ansätzen wird dieses Themenfeld sogar in einer vollständigen Sitzung diskutiert. Worauf ist dies zurückzuführen? Mit dieser Kategorie wird überprüft, ob in dem Theoriekapitel die physikalischen Grundlagen, im Stil eines Lexikons, nicht verknüpft nacheinander abgearbeitet werden oder die physikalischen Inhalte mit Fokus auf das Experiment argumentativ

aufeinander abgestimmt sind, wie es seit der Einführung des *Best-Practice-Ansatzes* verlangt wird. Eine Vermutung auf Basis langjähriger Erfahrung wäre, dass die Student:innen das Theoriekapitel am liebsten schreiben, da sie sich die theoretischen Grundlagen zu ihrem Experiment „nur“ aus Büchern oder dem Internet „zusammensuchen“ müssen, was eine deutliche kognitive Entlastung darstellt. Im Vergleich zu den anderen Kategorien lernen sie beim Schreiben der Theorie in den ersten Semestern nur sehr wenig, da sie aufgrund der tradierten Standardexperimente auf Standardlehrbücher und nicht auf wissenschaftliche Veröffentlichungen zurückgreifen müssen und somit ihre literalen Fähigkeiten hier kaum weiterentwickeln können. Weiterhin stellt das passgenaue und verknüpfende Analysieren der physikalischen Grundlagen eine sehr fortgeschrittene literale Fähigkeit dar, die u. a. einen Überblick über das Inhaltsfeld erfordert. Diese Fähigkeiten, d. h. das Rezipieren und argumentative Verknüpfen wissenschaftlicher Veröffentlichungen sollte erst kurz vor der Bachelorarbeit trainiert werden, wenn die Student:innen aufgrund der Komplexität der Experimente auch die Chance haben, mit physikalischen Veröffentlichungen zu arbeiten.

Neben den Qualitätsunterschieden zwischen den Berichten der einzelnen Jahrgänge ist auch das Maß der tatsächlichen Verbesserung der Berichte, also der Lernerfolg auf Jahrgangsebene für die Beurteilung der unterschiedlichen Unterstützungsangebote relevant. Hierzu wird der *Normalized Gain Score* g (Coletta und Steinert 2020) bestimmt, mit dem sowohl der individuelle Lernerfolg als auch der Lernerfolg von Gruppen in Bezug auf einen Anfangswert bestimmt werden kann. Dadurch kann eine Aussage darüber getroffen werden, inwieweit der theoretisch durch die Aufgabenstellung definierte maximal mögliche Lernerfolg tatsächlich erreicht wurde. Für die Bestimmung des *Normalized Gain Scores* g der jeweiligen Unterstützungsangebote werden jeweils die Mittelwerte der semesterweisen Codierungen (P_X) der 13 Hauptkategorien (maximaler Wert von 13) im Vergleich zum *Best-Practice-Ansatz* des Wintersemesters 2016/17 (P_{1617}) bestimmt (siehe Tab. 3).

$$g = \frac{(P_X - P_{1617})}{(13 - P_{1617})} \quad \{1\}$$

Das WiD-2.0-Unterstützungsangebot weist mit rund 38% den höchsten Anteil des theoretischen Verbesserungspotenzials im Vergleich zur alleinigen Bereitstellung eines *Best-Practice-Beispiels* auf. Gemessen daran, dass die Student:innen in den meisten Kategorien im Wintersemester 2016/17, nur unterstützt durch den *Best-Practice-Ansatz*, schon ausreichende Leistungen erzielt haben, und es unwahrscheinlich ist, dass alle nach einer sechswöchigen Einführung sehr gute Laborberichte schreiben, kann der Wert positiv eingeschätzt werden.

	Normalized Gain Score g
WAC	0,122
WiD	0,332
WiD 2.0	0,376

Tab. 3: Übersicht über die für die drei Unterstützungsangebote mit curricularer Verankerung berechneten *Normalized Gain Scores g*. Der Wert 1 entspricht der maximal möglichen und der Wert 0 keiner Verbesserung.

Weiterhin zeigt sich, dass der *Normalized Gain Score* der beiden WiD-Ansätze im Vergleich zum WAC-Ansatz etwa dreimal höher und die WiD-Ansätze damit deutlich lernwirksamer ist.

7.2 Akzeptanz der Angebote durch die Student:innen

Ein zentraler Faktor bei der (Weiter-)Entwicklung von Unterstützungsangeboten stellt die Akzeptanz- und Relevanzwahrnehmung der Student:innen dar, die maßgeblich die Nutzungsintensität der Angebote steuern. Die Zufriedenheit der Student:innen mit der Lernumgebung wurde jedes Semester im Rahmen einer traditionellen Veranstaltungskritik erhoben. Im Folgenden werden aufgrund der höheren Aussagekraft nur die Freitextrückmeldungen diskutiert.

Hinsichtlich des *Best-Practice-Ansatzes* bzw. der Korrektur der Berichtsteile durch unterschiedliche Dozent:innen wurde vermehrt zurückgemeldet, dass der Musterbericht hilfreich ist, jedoch die Anforderungen der verschiedenen Feedbackgeber:innen (Dozent:innen) nicht mit den im Musterbericht dargestellten Anforderungen übereinstimmen ($n = 15/48$). Eine Analyse der korrigierten Berichte zeigte jedoch, dass die Anforderungen der Dozent:innen kaum von den Anforderungen des Musterberichts abwichen. Die Dozent:innen nutzten jedoch andere Begrifflichkeiten für ihre Rückmeldungen als die Randbemerkungen im Musterbericht, sodass der Eindruck eines großen Unterschiedes entstand. Weiterhin scheint den Student:innen die Analyse und der Transfer der Inhalte des Musterberichts auf eine neue Situation schwerzufallen. Die explizite Diskussion der Inhalte des Musterberichtes ab der Einführung der WiD-Ansätze sowie das Durchführen der Korrekturen durch eine Dozentin, die die Formulierungen des Musterberichts nutzte, haben an dieser Stelle die wahrgenommene Nützlichkeit des Musterberichts positiv beeinflusst (kein negatives Feedback mehr).

Das Unterstützungsangebot mittels des WAC-Ansatzes wies aufgrund der Erarbeitung argumentativer Grundlagen auf Basis nicht-physikalischer Texte, schreibtheoretischer Inputs sowie einer als niedrig empfundenen Komplexität der Inhalte bei einem Teil der Student:innen nur eine geringe Akzeptanz auf ($n = 14/37$). Einem anderen Teil der Student:innen konnte die Bedeutsamkeit des Inhalts für das weitere

Studium deutlich gemacht werden, die das Angebot dementsprechend als hilfreich ansahen ($n = 3/37$). Die niedrige Akzeptanz eines Angebotes mit geringem Fachbezug kann mit einer häufigen Rückmeldung der Student:innen illustriert werden: „Ich studiere Physik und kein Deutsch!“. Physik wird von den Student:innen zu Beginn des Studiums nicht als schreibintensives Fach wahrgenommen und Schreiben ist für sie oftmals eng mit dem Schreiben in den Fächern Deutsch oder Englisch (Erörterungen, Gedichtanalysen, ...) verbunden. Aufgrund der geringen Fachspezifität konnte den Studentinnen dieser Unterschied nicht vermittelt werden.

Die Analyse der beiden WiD-Ansätze findet aufgrund fehlender kritischer Rückmeldungen auf Basis der positiven Rückmeldungen statt. Zusammen mit der Analyse der Ankreuzfragen kann abgeleitet werden, dass die Angebote durch einen hohen Fachbezug der Unterstützungsmaßnahmen zusammen mit der begleiteten Schreibzeit sowie dem differenzierten Feedback durch eine Dozentin oder einen Dozenten eine sehr hohe Akzeptanz bei den Student:innen erreicht haben.

7.3 Implikationen für die Gestaltung von Unterstützungsmaßnahmen

Zusammenfassend können aus der vergleichenden Analyse folgende Implikationen für die zukünftige Gestaltung von schreibunterstützenden Maßnahmen im Studiengang Physik abgeleitet werden.

- Die *strukturelle Verankerung* von Unterstützungsmaßnahmen in die Lehrveranstaltung nach dem WiD-Ansatz erweist sich als lernwirksamer. Hier spielt neben der fachspezifischen Aufbereitung auch die Akzeptanz der Angebote eine entscheidende Rolle, da die Inhalte nicht als Zusatzangebot, sondern von den Student:innen als relevant für das weitere Studium wahrgenommen werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis ist eine Studie zur Gestaltung von Unterstützungsmaßnahmen in der Studieneingangsphase des Physiktreffs der Universität Paderborn gekommen (Bauer, Lahme, Woitkowski, Vogelsang und Reinhold 2019).
- Best Practice Maßnahmen eignen sich, um Student:innen bei der *Gestaltung der Oberflächenstruktur* (Gliederung, Konventionen, Fachsprache) zu unterstützen. Die impliziten Strukturen auf der Tiefenebene wie z. B. Argumentationsstrukturen, sind von den Student:innen nicht eigenständig ableitbar und müssen mit einer Einführung in das wissenschaftliche Schreiben sowie diversen Übungsgelegenheiten und Feedbackmöglichkeiten kombiniert werden.
- Unterstützungsangebote nach dem WAC-Ansatz, die die *Metaebene des Schreibprozesses* wie schreibtheoretisches Wissen und Lesen fachwissenschaftlicher Texte adressieren, führen bei Studienanfänger:innen nur zu einem geringen Lern-

effekt und einer niedrigen Akzeptanz. Student:innen müssen am Anfang des Studiums diverse Anforderungen bewältigen und priorisieren fachinhaltliche Aspekte aufgrund der wahrgenommenen Relevanz und Komplexität höher als eine Analyse ihres Schreibprozesses auf Metaebene. Den Student:innen fehlen zu diesem Zeitpunkt zahlreiche physikalische Wissensressourcen, sodass Angebote nach dem WAC-Ansatz aufgrund der fehlenden Anknüpfungspunkte wenig wirksam scheinen. Es ist zu vermuten, dass diese Angebote erst für Student:innen in höheren Semestern eine Bereicherung darstellen, wenn sie schon vermehrt Übungsgelegenheiten im physikalischen Argumentieren hatten und die fachlichen Fähigkeiten höher ausgeprägt sind.

- d) In Angeboten zum Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens kann auf weniger literale Fähigkeiten der Student:innen aus dem schulischen Bereich zurückgegriffen werden als erwartet. Hier scheint ein *Transferproblem* bzw. ein Problem der *Adaptivität der literalen Fähigkeiten* vorzuliegen. Die Student:innen haben das präzise Argumentieren in der Schule vorrangig in sprachintensiven Fächern erlernt. Im Physikunterricht wird dies hingegen nicht geübt. Die Student:innen benötigen folglich schon auf einem sehr niedrigen Niveau (Beschreiben) Unterstützung. Das spricht dafür, sie schon ab dem ersten Semester ausführliche Laborberichte, statt stichpunktartige Protokolle, schreiben zu lassen, damit sie ausreichend Übungsgelegenheiten bis zu ihrer Qualifikationsarbeit nutzen können.
- e) Die *fachspezifische Gestaltung* von WiD-Unterstützungsmaßnahmen auf Basis des *Cognitive Apprenticeships* in Kombination mit begleiteter Schreibzeit sowie einem differenzierten Feedback hat sich im 3P bewährt: Die passgenaue Entwicklung von Unterstützungsmaßnahmen anhand von Beispielen aus dem Fach weist eine hohe Wirksamkeit und Akzeptanz durch die Student:innen auf. Hier haben sich Hilfen zur argumentativen Strukturierung sowie der Einsatz von *Worked Examples* zur tiefergehenden inhaltlichen Auseinandersetzung mit dem Schreiben in der Physik bewährt (vgl. auch Bornschein 2016). Der Ansatz des *Cognitive Apprenticeships* in Kombination mit Dozent:innen aus dem Fach Physik hat sich auch bei der Entwicklung einer Workshopreihe zum „Präsentieren von Fachinhalten in der Physik“ durch eine hohe Akzeptanz bei den Student:innen bewährt (Bauer, Sacher und Brassat, 2020). An dieser Stelle muss jedoch einschränkend bemerkt werden, dass dieser Ansatz aufgrund des hohen zeitlichen Einsatzes nur schwerlich für große Gruppen angewendet werden kann (im 3P ist die wöchentliche Korrektur von rund 40 Berichtskapitel durch eine Dozentin gerade noch zumutbar). Es bleibt an der Stelle zu überprüfen, wie lernwirksam der Ansatz noch ist, wenn z. B.

ein Großteil der Unterstützungsmaterialien und des Inputs mit Hilfe von Erklärvideos zur Verfügung gestellt wird. Dies würde den zeitlichen Aufwand für die Dozent:innen deutlich minimieren.

8. Fazit

Im *Paderborner Physik Praktikum 3P* sind vier unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen für das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens in der Physik entwickelt, implementiert und bisher auf Ebene von Zufriedenheitswerten evaluiert worden.

In diesem Beitrag wurde auf Basis einer schreibproduktbasierten Analyse diskutiert, welche Potenziale und Grenzen die unterschiedlichen Ansätze aufweisen und wie eine möglichst lernwirksame Lernumgebung gestaltet werden könnte. Es zeigte sich, dass Unterstützungsangebote, die systematisch in die Lehrveranstaltung Laborpraktikum eingebettet werden und unterschiedliche Hilfestellungen zur inhaltlichen und strukturellen Gestaltung physikalischer Argumentationen enthalten (WiD-Ansatz), am lernwirksamsten sind. Hier spielt in der Physik vor allem auch die Relevanzwahrnehmung der Angebote durch die Student:innen eine große Rolle. Das Erlernen des wissenschaftlichen Schreibens wird von Physikstudent:innen im Vergleich zu fachinhaltlichen Aspekten weniger hoch priorisiert und damit weniger akzeptiert. Die WiD-Ansätze erwiesen sich hier als lernwirksam. Außercurriculare Angebote bzw. Angebote, die sich mit dem Schreibprozess auf schreibtheoretischer Ebene auseinandersetzen (WAC-Ansatz), weisen vermutlich große Potenziale für Student:innen auf, die in ihrem Studium fortgeschrittener sind, über mehr physikalische Wissensressourcen verfügen und somit freie Kapazitäten für die Weiterentwicklung ihrer literalen Fähigkeiten besitzen. Für Student:innen in den ersten Semestern sind sie jedoch kaum lernwirksam.

In Bezug auf die Weiterentwicklung der Schreibunterstützungsangebote im 3P lässt sich festhalten, dass die analysierten Potenziale der einzelnen Unterstützungsangebote in Zukunft miteinander kombiniert werden sollen. Weiterhin soll überprüft werden, welche Inhalte sich für die Verlagerung in digitale Selbstlernmaterialien eignen, um die Unterstützungsangebote auch für größere Gruppen möglichst zeit- und personalökonomisch gestalten zu können.

9. Literaturverzeichnis

- Anderson, L. W. und Krathwohl, D. R. (Hrsg.). (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives*. Pearson Learning. New York: Longman.
- Bauer, A. B., Sacher M. D. und Brassat, K. (2020). Studentische Akzeptanz und Relevanzwahrnehmung eines disziplinspezifischen Workshops „Wissenschaftliche Vorträge in der Physik“. *die hochschullehre*, 6. Online unter: <http://www.hochschullehre.org/?p=1642> [10.10.2022]
- Bauer, A. B., Lahme, S., Woitkowski, D., Vogelsang, C. und Reinhold, P. (2019). PSΦ: Forschungsprogramm zur Studieneingangsphase im Physikstudium. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung Aachen*, 53-60. Online unter: <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/934> [10.10.2022]
- Beaufort, A. (2007). *College writing and beyond: A new framework for university writing instruction*. Logan, UT: Utah State University Press.
- Bornschein, B. (2016). Schreibausbildung in der Physik. Erste Erfahrungen am Schreiblabor des House of Competence. In A. Hirsch-Weber und S. Scherer (Hrsg.), *Wissenschaftliches Schreiben in Natur- und Technikwissenschaften* (143-154). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Carter, M., Ferzli, M. und Wiebe, E. (2007). Writing to Learn by Learning to Write in the Disciplines. *Journal of Business and Technical Communication*, 21, 278-302.
- Coletta, V. P. & Steinert, J. J. (2020). Why normalized gain should continue to be used in analyzing preinstruction and postinstruction scores on concept inventories. *Physical Review Physics Education Research*, 16 (1), 101081-101087.
- Collins, A., Brown, J. S. und Newman & S. E. (1989). Cognitive-apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing, and mathematics. In L. B. Resnick (Hrsg.), *Knowing, learning, and instruction. Essays in honor of Robert Glaser* (32-42). Hillsdale, NJ: LEA.
- Czapla, C., Loesch, C., Segerer, C. (Hrsg.) (2021). *Fachschreibdidaktik MINT*. Weinheim Beltz Juventa.
- Empfehlung der Konferenz der Fachbereiche Physik (2010). *Zur Konzeption von Bachelor- und Masterstudiengängen in der Physik*, 08.11.2010 in Berlin. Online unter: https://www.kfp-physik.de/dokument/KFP_Handreichung_Konzeption-Studiengaenge-Physik-101108.pdf [10.10.2022]
- Frank, A. und Lahm, S. (2016). Das Schreiblabor als lernende Organisation Von einer Beratungseinrichtung für Studierende zu einem universitätsweiten Programm Schreiben in den Disziplinen. In A. Hirsch-Weber und S. Scherer (Hrsg.), *Wissenschaftliches Schreiben in Natur- und Technikwissenschaften* (9-28). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Hirsch-Weber, A. und Scherer, S. (2016). Einleitung. In A. Hirsch-Weber und S. Scherer (Hrsg.), *Wissenschaftliches Schreiben in Natur- und Technikwissenschaften* (1-6). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Hoehn, J. R. und Lewandowski, H. J. (2020). Framework of goals for writing in physics lab classes. *Physical Review Physics Education Research*, 16 (1).
- Höttecke, D. (2001). *Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen: Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*: Zugl.: Oldenburg, Univ., Diss., 2000. Studien zum Physiklernen: Bd. 16. Berlin: Logos-Verlag.
- Hunter, K. und Tse, H. (2013). Making disciplinary writing and thinking practices an integral part of academic content teaching. *Active Learning in Higher Education*, 14 (3), 227-239.
- Lehnen, K. (2009). Disziplinspezifische Schreibprozesse und ihre Didaktik. In Lévy-Tödter, M., Meer, D. (Hrsg.): *Hochschulkommunikation in der Diskussion*. Frankfurt/Main u.a.: Peter Lang, 281-300.
- Lenger, J., Weiss, P. & Kohse-Höinghaus, K. (2013). Vermittlung interdisziplinärer Forschungskompetenz: Lehren und Lernen von und miteinander. *Zeitschrift für Hochschulentwicklung*, 8 (1), 60-68.
- Riewerts, K. (2016). Schreiben und Naturwissenschaften in der Hochschule. Unvereinbare Gegensätze oder fruchtbare Zusammenarbeit? In A. Hirsch-Weber und S. Scherer (Hrsg.), *Wissenschaftliches Schreiben in Natur- und Technikwissenschaften* (109-120). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Rottlaender, E. (2017). Lehren und Lernen nach Bologna: Kompetenzorientiertes Arbeiten im Labor. In T. Bruckermann und K. Schlüter (Hrsg.), *Forstendes Lernen im Experimentalpraktikum Biologie* (1-9). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Russel, D., Lea, M., Parker, J., Street, B. und Donahue, T. (2009). Exploring notions of genre in „academic literacies“ and „writing across the curriculum“: approaches across countries and contexts. In Bazerman, C., Bonini, A. & D. Figueiredo (Hrsg.), *Genre in a Changing World* (399-428). LLC, West Lafayette: Palor Press.
- Sacher, M. D. und Bauer, A. B. (2021). Kompetenzförderung im Laborpraktikum, in: C. Terkowsky, D. May, S. Frye, T. Haertel, T. R. Ortelt, S. Heix, K. Lensing (Hrsg.), *Labore in der Hochschullehre. Didaktik, Digitalisierung, Organisation*. Hochschule und Wissenschaft. (51-66). Bielefeld: wbv Media.
- Sadler, D. R. (2010). Beyond feedback: developing student capability in complex appraisal. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 35 (5), 535-550.
- Sollaci, L. B. & Pereira, M. G. (2004). The introduction, methods, results, and discussion (IMRAD) structure: a fifty-year survey. *Journal of the Medical Library Association*, 92 (3), 364-367.