

Förderung digitaler Kompetenzen in der schulstufenübergreifenden Lehrkräftebildung

Lisa Stinken-Rösner*, Simone Abels⁺

*Universität Bielefeld, Physik und ihre Didaktik, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld

⁺Leuphana Universität Bielefeld, Didaktik der Naturwissenschaften, Universitätsallee 1, 21335 Lüneburg
lisa.stinken-roesner@physik.uni-bielefeld.de

Kurzfassung

Eine Besonderheit der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung an der Leuphana ist, dass Studierende des Lehramts für die Grundschule (Sachunterricht mit Bezugsfach Naturwissenschaften) und für die Sekundarstufe I (Biologie und/oder Chemie) gemeinsam die naturwissenschaftsdidaktischen Module im Bachelor besuchen. Im Projekt ‚Forschendes Lernen mit digitalen Medien‘ (FoLe – digital) wurden digitale Medien systematisch in die bereits etablierte Modulstruktur – der schrittweisen Spezifizierung der Inhalte ausgehend von der theoretischen Auseinandersetzung mit fachübergreifenden naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkten hin zur fachspezifischen praxisorientierten Anwendung jener im Rahmen des Forschenden Lernens – implementiert, um neben fachdidaktischen auch digitale Kompetenzen der angehenden Lehrkräfte zu fördern.

Die Ergebnisse der Begleitforschung zeigen, dass die Studierenden, unabhängig von der gewählten Schulform, nach dem Besuch der naturwissenschaftsdidaktischen Module eine positivere Einstellungen sowie eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung gegenüber dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien angeben. Ebenfalls konnte eine Zunahme der durch die Teilnehmer:innen selbst eingeschätzten professionellen Kompetenzen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht belegt werden. Der Vergleich zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern zeigte zudem, dass Studierende der Primarstufe quantitativ mehr und eine größere Vielfalt an digitalen Medien in ihren Unterrichtsentwürfen berücksichtigen als ihre Kommiliton:innen der Sekundarstufe I.

1. Die naturwissenschaftliche Lehrkräftebildung an der Leuphana

Lehrkräftebildung ist eine Kernaufgabe der Leuphana Universität Lüneburg. An der Leuphana ist es möglich, in einem insgesamt zehnsemestrigen Studium (B. A. nach 6 Semestern und M. Ed. nach weiteren 4 Semestern) Lehramt für Grund-, Haupt-/Real- und Berufsschulen zu studieren.

Im Bereich der Naturwissenschaften können die Studierenden Chemie oder Biologie als Unterrichtsfach für die Sekundarstufe I bzw. Sachunterricht mit dem Bezugsfach Naturwissenschaften für die Primarstufe studieren. Die angehenden Sachunterrichtslehrkräfte besuchen im Bachelor neben fünf übergreifenden Sachunterrichtsmodulen zwei fachwissenschaftliche und zwei fachdidaktische Module im Bereich der Naturwissenschaften. Die beiden fachdidaktischen Module belegen sie – was eine Besonderheit der Studiengänge an der Leuphana darstellt – mit den Biologie- und Chemielehramtsstudierenden gemeinsam, die weitere sieben fachwissenschaftliche Module im Bachelor studieren. Damit besteht an der Leuphana die Chance, die Studierenden auch auf fachübergreifenden Naturwissenschaftsunterricht zumindest in Ansätzen vorzubereiten. Im bildungswissenschaftlichen Bereich absolvieren alle Lehramtsstudierenden im Bachelor zwei mehrwöchige allgemeinpädagogische Praktika. Im Master gibt es in beiden

Studiengängen drei fachbezogene Module sowie die dreisemestrige Praxisphase mit fachspezifischen Vor-, Begleit- und Nachbereitungsseminaren zum Praktikumssemester. Diese werden also nicht übergreifend für die Naturwissenschaften angeboten, sondern getrennt nach den einzelnen Fächern. Der Master schließt mit der Masterarbeit, die mittels eines Masterkolloquiums begleitet wird.

In den beiden naturwissenschaftsdidaktischen Modulen, die gemeinsam von allen Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer im 4. und 5. Bachelorsemester besucht werden, besteht (hier am Beispiel Biologie) die Anforderung „Strategien zum Umgang mit biologiespezifischen digitalen Werkzeugen im Biologieunterricht“ anzuwenden und kritisch zu reflektieren (KMK, 2019, S. 23). Dabei werden Dozierende und Studierende vor die Herausforderung gestellt, fachübergreifende naturwissenschaftsdidaktische Konzepte zu adressieren ohne die jeweiligen Fachspezifika aus den Augen zu verlieren. Um dieser Herausforderung zu begegnen, findet in den naturwissenschaftsdidaktischen Modulen im Bachelor, ausgehend von fachübergreifenden naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkten, eine zunehmende Spezifizierung und Praxisorientierung im Master hin zu den verschiedenen Unterrichtsfächern statt.

Im Rahmen des Moduls ‚Naturwissenschaften lehren und lernen‘ (4. Bachelorsemester) „erwerben die

Studierenden grundlegendes fachdidaktisches Wissen zum Lehren und Lernen der Naturwissenschaften“ (Leuphana Gazette Nr. 25/18, S. 7). Der Fokus liegt auf der theoriegeleiteten Analyse und Reflexion von Naturwissenschaftsunterricht. Jede Semesterwoche wird ein zentraler fachübergreifender naturwissenschaftsdidaktischer Schwerpunkt in der Vorlesung theoretisch behandelt und anschließend im Seminar praktisch vertieft. Eine praktische, fachspezifische Anwendung der naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkte im Unterricht stellt den Kern des darauffolgenden Moduls ‚Naturwissenschaften im Alltag‘ (5. Bachelorsemester) dar. Auf Basis der Grundlagen planen die Studierenden „eine Unterrichtseinheit, führen [eine Unterrichtsstunde daraus] im Seminar durch und reflektieren ihre Umsetzung“ (Leuphana Gazette Nr. 25/18, S. 8). Der Fokus liegt also auf der theoriegeleiteten Planung und Durchführung von Naturwissenschaftsunterricht. Die Unterrichtseinheiten planen die Studierenden nach dem Ansatz des Forschenden Lernens, der neben dem Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte (to learn scientific content) auf prozedurales (to learn to do inquiry) und epistemisches Wissen (to learn about inquiry) abzielt (Abrams et al., 2008). Der Unterricht verläuft dafür in fünf Phasen (5E Model; Bybee, 2009), um die Schüler:innen für ein naturwissenschaftliches Phänomen zu begeistern (engage), das sie mit Unterstützung der Lehrkraft untersuchen (explore), erklären (explain) und in weiteren Kontexten vertiefen (elaborate). Die Studierenden antizipieren für alle Phasen den erwarteten Lernfortschritt (evaluate).

2. Förderung digitaler Kompetenzen von Naturwissenschaftslehrkräften

Um der bildungspolitischen Forderung nach einem Fachunterricht, in dem Lernende neben fachspezifischen auch Kompetenzen für die digital geprägte Welt erwerben können (KMK, 2017), nachzukommen, müssen universitäre Qualifizierungsangebote (weiter)entwickelt werden, in denen angehende Lehrkräfte den sinnvollen Einsatz digitaler Medien in ihrem Fach erlernen.

Dies gilt auch für die naturwissenschaftlichen Fächer, die sich durch teilweise sehr fachspezifische digitale Medien auszeichnen, z.B. digitale Messwertsysteme, digitale Mikroskope, virtuelle Labore etc., die in allgemeinpädagogischen oder didaktischen Veranstaltungen anderer Fächer nicht behandelt werden (können). Es ist somit explizite Aufgabe der naturwissenschaftlichen Fachdidaktiken, sich dieser Aufgabe anzunehmen und (angehende) Lehrkräfte in die Lage zu versetzen, einen zeitgemäßen naturwissenschaftlichen Unterricht mit digitalen Medien gestalten zu können.

Jedoch haben angehende Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer teilweise nur geringe lernbezogene Vorerfahrungen mit digitalen Medien aus ihrer eigenen Schulzeit oder dem Studium (Vogelsang et

al., 2019a). Bezogen auf naturwissenschaftsspezifische digitale Medien, wie digitale Messwertfassung, geben beispielsweise 70 % der in der Studie von Vogelsang et al. (2019a) befragten Studierenden an, nie oder eher selten während ihres Bachelorstudiums mit diesen Medien gearbeitet zu haben. Es ist daher von wesentlicher Bedeutung, dass bei der Entwicklung bzw. Neugestaltung naturwissenschaftsdidaktischer Module zukünftig ausreichend Möglichkeiten zur praktischen Erprobung und Reflexion fachspezifischer digitaler Medien berücksichtigt werden.

Nicht wenig überraschend ist es vor diesem Hintergrund, dass Lehramtsstudierende nur eine geringe Selbstwirksamkeitserwartung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht haben (Vogelsang et al., 2019b). Dies bedeutet jedoch nicht, dass sie diesen generell skeptisch gegenüberstehen. Vielmehr haben sie eine positive Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien (Vogelsang et al., 2019b), was eine gute Ausgangslage für die Entwicklung professioneller Kompetenzen bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht bietet.

Ein etabliertes Modell zur theoretischen Beschreibung dieser Kompetenzen bzw. deren Entwicklung ist das TPACK-Modell von Mishra und Koehler (2006). Es beschreibt das Zusammenspiel aus den drei Wissensdomänen Content Knowledge (CK), Pedagogical Knowledge (PK) und Technological Knowledge (TK), den Schnittmengen aus jeweils zwei (PCK, TCK & TPK) sowie TPACK als resultierende Kombination aller drei Domänen (Mishra & Köhler, 2006). Das Ziel einer zeitgemäßen fachdidaktischen Lehre ist es, dass neben der Förderung des fachdidaktischen Wissens (PCK) im jeweiligen Fach auch die Entwicklung von TPACK forciert wird. Aktuelle Studien deuten dabei auf ein transformatives TPACK-Verständnis hin, wobei TPACK aus PCK, TCK und TPK hervorgeht (Jin, 2019; Schmid, Brianza & Petko, 2020; Stinken-Rösner, 2021b).

Ein stark ausgeprägtes professionelles Wissen (TPACK), positive Einstellungen sowie eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung gegenüber dem Einsatz digitaler Medien beeinflussen die motivationale Orientierung (angehender) Lehrkräfte zur späteren Nutzung digitaler Medien in ihrer Unterrichtspraxis positiv (Teo & Tan, 2012; Gonzalez & Ruiz, 2016; Valtonen et al., 2018; Vogelsang et al., 2019a; Stinken-Rösner et al., 2023).

Ausgehend von diesen Überlegungen startete 2020 das Projekt ‚Forschendes Lernen mit digitalen Medien‘ (FoLe – digital) an der Leuphana mit dem Ziel, die Kompetenzentwicklung von Lehramtsstudierenden der Primar- und Sekundarstufe hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Fachunterricht gezielt bereits im Bachelorstudium zu fördern.

3. Das Projekt ‚FoLe – Digital‘

Im Rahmen des von der Joachim Herz Stiftung auf zwei Jahre geförderten Projektes ‚Forschendes Lernen mit digitalen Medien‘ (FoLe – digital) wurden digitale Medien systematisch in den naturwissenschaftsdidaktischen Modulen des 4. und 5. Bachelorsemesters an der Leuphana verankert (Stinken-Rösner, 2021a; 2021b; 2022; Stinken-Rösner et al., 2023).

In Anlehnung an die etablierte Struktur der naturwissenschaftsdidaktischen Module – der schrittweisen Spezifizierung der Inhalte ausgehend von der theoretischen Auseinandersetzung mit fachübergreifenden naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkten hin zur fachspezifischen praxisorientierten Anwendung jener im Rahmen des Forschenden Lernens – sowie an das transformative TPACK-Verständnis wurden digitale Medien zunächst im Modul ‚Naturwissenschaften lehren und lernen‘ (4. Semester) in Form von ‚digitalen Ergänzungen‘ entlang der fachübergreifenden naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkte thematisiert (vgl. Tab. 1). Die Orchestrierung von naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkten und digitalen Medien fand in enger Abstimmung mit den Lehrenden der Module sowie externer Expert:innen statt.

Innerhalb der ‚digitalen Ergänzungen‘ werden technische und methodische Einsatzmöglichkeiten, für den Unterricht geeignete Hard- und Softwarelösungen sowie Studien zur Lernwirksamkeit von digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht in Form von 15 bis 20-minütigen Anteilen der Vorlesung diskutiert. Eine erste praktische Erprobung der jeweiligen digitalen Medien findet im begleitenden Seminar statt.

Tab.1: Thematische Schwerpunkte und ‚digitale Ergänzungen‘ im Modul ‚Naturwissenschaften lehren und lernen‘ (Stinken-Rösner, 2021a).

Naturw. Schwerpunkt	‚digitale Ergänzung‘
Digitale Medien	Glossar
Inklusion	Bedienungshilfen
Diagnostik	Quiz-Apps
Differenzierung	QR-Code Tippkarten
Materialien/Aufgaben	E-Books
(Fach)Sprache	Digitale Arbeitsblätter
Erklären	Erklärvideos
Denk- & Arbeitsweisen	NOSIS
Modelle	VR/AR
Schüler:innenvorstellungen	Mindmaps/Cartoons
Experimentieren	Sensoren/Simulationen
Feedback/Bewertung	Classroom Response Systems

Im anschließenden Modul ‚Naturwissenschaften im Alltag‘ (5. Semester) planen die Studierenden in Kleingruppen Unterrichtseinheiten für ihr jeweiliges naturwissenschaftliches Fach im Sinne des Forschenden Lernens, die sie im Seminar erproben, Feedback

erhalten und abschließend schriftlich reflektieren. Dabei sind sie aufgefordert, in mindestens einer 5E-Phase des Forschenden Lernens ein digitales Medium ihrer Wahl einzusetzen.

Durch die eigenständige Erarbeitung und Reflexion potentieller Einsatzszenarien digitaler Medien haben die Lehramtsstudierenden die Möglichkeit die zuvor fachübergreifend behandelten naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkte und digitalen Medien miteinander zu verknüpfen sowie im Kontext ihres jeweiligen Faches praktisch anzuwenden und zu vertiefen.

4. Begleitforschung

Entsprechend des Ziels des Projektes ‚FoLe – digital‘, der Förderung digitaler Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer an der Leuphana, ergeben sich unter Berücksichtigung der komplexen Zusammensetzung der Studierenden in den naturwissenschaftsdidaktischen Modulen die folgenden Fragestellungen:

- (i) Welchen Einfluss hat das Projekt auf die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung der Lehramtsstudierenden im Vergleich der naturwissenschaftlichen Fächer (Sachunterricht/Biologie/Chemie/Biologie & Chemie) hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Fachunterricht?
- (ii) Welche Kompetenzentwicklung bezogen auf das TPACK-Modell lässt sich im Vergleich zwischen Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Fachunterricht feststellen?
- (iii) Wie unterscheidet sich der Einsatz digitaler Medien bei der Planung einer Unterrichtseinheit zum Forschenden Lernen von Lehramtsstudierenden im Vergleich zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern?

Die Fragestellungen (i) und (ii) zielen insbesondere darauf ab zu erfassen, ob durch das Projekt alle Studierenden der Module gleichermaßen bei der Entwicklung einer positiven Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung sowie digitaler Kompetenzen für das Lehren und Lernen mit digitalen Medien in ihrem jeweiligen Fach gefördert werden oder ob einzelne Teilstichproben ggf. stärker profitieren als andere.

5. Methodik

Zur Beantwortung der Fragen (i) und (ii) wurden mit Hilfe eines Fragebogens (Stinken-Rösner, 2021b; 2022) die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung (mit 8 bzw. 7 Items; beide adaptiert nach Vogelvang et al., 2019a; $\alpha = ,88$ bzw. $,73$) sowie die professionellen Kompetenzen (TPACK; 5 Items; Stinken-Rösner, 2021b; $\alpha = ,86$) der Lehramtsstudierenden bezüglich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht zu drei Messzeitpunkten (jeweils zu Beginn des 4. (Prä-Test), zwischen dem 4. und 5. (Re-Test) sowie nach dem 5. Bachelorsemester (Post-Test)) auf einer 5-stufigen Likert-

Skala (1: „stimme gar nicht zu“ bis 5: „stimme voll zu“) erhoben. Die Daten wurden getrennt nach den Schulformen (Primarstufe & Sekundarstufe I) ausgewertet und hinsichtlich potentieller Unterschiede zwischen den verschiedenen Gruppen deskriptiv miteinander verglichen.

Zur Beantwortung der Frage (iii) wurden die im jeweils 5. Bachelorsemester entlang der Vorlage von Abels et al. (2022) angefertigten schriftlichen Unterrichtsentwürfe inhaltsanalytisch ausgewertet (Kuckartz, 2018) und hinsichtlich unterschiedlicher Einsatzszenarien digitaler Medien zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern analysiert. Dazu wurden alle Unterrichtsentwürfe von zwei geschulten Co-der:innen individuell analysiert. Die Interraterreliabilität liegt bei $\kappa = ,66$ (Brennan & Prediger, 1981).

6. Ergebnisse

Im Folgenden wird die Zusammensetzung der Stichprobe sowie die Ergebnisse entlang der drei Forschungsfragen dargestellt.

6.1. Beschreibung der Stichprobe

Die Stichprobe setzt sich zusammen aus zwei aufeinanderfolgenden Kohorten Lehramtsstudierender der naturwissenschaftlichen Fächer an der Leuphana, die während der Projektlaufzeit (2020-2022) jeweils das naturwissenschaftsdidaktische Modul des 4. und, daran anschließend, des 5. Bachelorsemesters besuchten.

Insgesamt haben 133 Studierende an der begleitenden Fragebogenstudie freiwillig teilgenommen (Tab. 2), 35 % davon studierten Lehramt für die Primarstufe, 42 % für die Sekundarstufe I. Aufgrund fehlender Angaben können 23 % der Studierenden weder Schulform noch Unterrichtsfach zugeordnet werden.

Tab.2: Thematische Verteilung der Teilnehmer:innen auf die naturwissenschaftlichen Fächer.

	N	%
Primarstufe	46	34,6
Sek I	56	42,2
- Biologie	40	30,1
- Chemie	9	6,8
- Biologie & Chemie	7	5,3
Keine Angabe	31	23,3
Gesamt	133	100,0

6.2. Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im Fachunterricht

Die Entwicklung der Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung der Lehramtsstudierenden gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht sind in Abbildung 1 und 2 zusammengefasst.

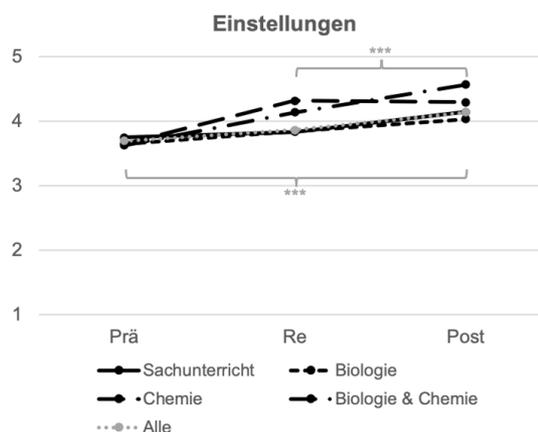


Abb.1: Einstellungen hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht getrennt nach Fächern und Messzeitpunkten beurteilt auf einer Likert-Skala von 1: „stimme gar nicht zu“ bis 5: „stimme voll zu“. Angegeben ist jeweils das arithmetische Mittel. Signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten (für die gesamte Stichprobe) und Studierendengruppen sind mit Sternchen markiert.

Bereits zu Beginn des Projektes haben die Studierenden positive Einstellungen gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht, welche sich während der Projektzeit noch verstärken (vgl. Abb. 1). Wilcoxon-Tests zeigten, dass dieser Unterschied zwischen Re- und Post-Test statistisch signifikant ist für Studierende der Primarstufe ($Mdn_{Re-Test} = 3,88$, $Mdn_{Post-Test} = 4,25$, $T = 195,500$, $z = 3,391$, $p < ,001$, $n = 22$), nicht für Studierende der Sekundarstufe. Bezogen auf die komplette Projektlaufzeit (Vergleich zwischen Prä- und Post-Test) ergibt sich ein signifikanter Unterschied sowohl für Studierende der Primar- ($Mdn_{Prä-Test} = 3,81$, $Mdn_{Post-Test} = 4,25$, $T = 247,500$, $z = 2,791$, $p = ,005$, $n = 25$), als auch der Sekundarstufe ($Mdn_{Prä-Test} = 3,75$, $Mdn_{Post-Test} = 4,31$, $T = 182,000$, $z = 2,317$, $p = ,020$, $n = 21$). Aufgrund der teilweise sehr kleinen Teil-Stichproben „Chemie“ ($N = 9$) und „Biologie & Chemie“ ($N = 7$) wurden Signifikanztests ausschließlich getrennt nach Schulstufen sowie für die gesamte Stichprobe durchgeführt.

Im Vergleich der naturwissenschaftlichen Fächer ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Studierenden der unterschiedlichen Fächer zu den jeweiligen Messzeitpunkten.

Die Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden ist zu Beginn des Projektes mittelstark ausgeprägt und nimmt während der Teilnahme am Projekt konstant zu (vgl. Abb. 2). Wilcoxon-Tests belegen, dass diese Unterschiede statistisch signifikant sind für Studierende Primarstufe zwischen Prä- und Re-Test ($Mdn_{Prä-Test} = 2,71$, $Mdn_{Re-Test} = 2,86$, $T = 320,500$, $z = 3,170$, $p = ,002$, $n = 28$), zwischen Re- und Post-Test ($Mdn_{Re-Test} = 2,86$, $Mdn_{Post-Test} = 3,43$, $T = 176,500$, $z = 2,685$, $p = ,007$, $n = 22$) sowie über die gesamte Projektlaufzeit ($Mdn_{Prä-Test} = 2,71$, $Mdn_{Post-Test} = 3,43$, $T = 325,000$, $z = 4,379$, $p < ,001$, $n = 25$);

für Studierende der Sekundarstufe zwischen Prä- und Re-Test ($Mdn_{Prä-Test} = 2,71$, $Mdn_{Re-Test} = 3,29$, $T = 246,500$, $z = 3,305$, $p < ,001$, $n = 24$) sowie zwischen Prä- und Post-Test ($Mdn_{Prä-Test} = 2,71$, $Mdn_{Post-Test} = 3,50$, $T = 220,000$, $z = 3,640$, $p < ,001$, $n = 21$).

Im Vergleich der naturwissenschaftlichen Fächer zeigte ein Kruskal-Wallis-Test einen Einfluss des Unterrichtsfaches auf die Selbstwirksamkeitserwartung im Re-Test (Chi-Quadrat = 8,630, $p = ,035$). Anschließende Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) zeigten, dass sich einzig die Gruppen „Sachunterricht für die Primarstufe“ und „Biologie & Chemie für die Sekundarstufe I“ signifikant unterscheiden ($z = -2,316$, $p = ,021$).

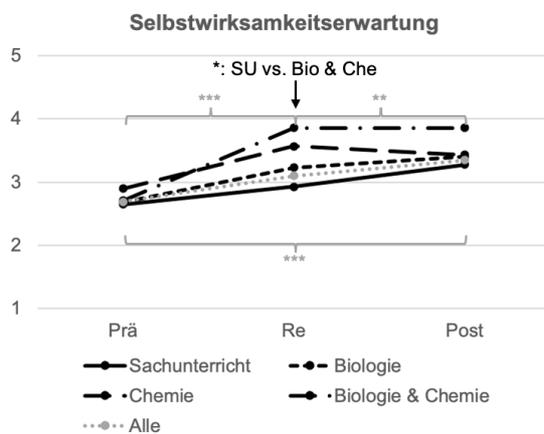


Abb.2: Selbstwirksamkeitserwartung hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht getrennt nach Fächern und Messzeitpunkten beurteilt auf einer Likert-Skala von 1: „stimme gar nicht zu“ bis 5: „stimme voll zu“. Angegeben ist jeweils das arithmetische Mittel. Signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten (für die gesamte Stichprobe) und Studierendengruppen sind mit Sternchen markiert.

6.3. TPACK-Entwicklung

Die Entwicklung der professionellen Kompetenzen der Lehramtsstudierenden bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (TPACK; Mishra & Koehler, 2006) im Laufe des Projektes ist in Abbildung 3 zusammengefasst.

Laut Selbsteinschätzung der Studierenden steigt ihre professionelle Kompetenz bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht während des 4. und 5. Bachelorsemesters an (vgl. Abb. 3). Für die Gruppe der Lehramtsstudierenden der Primarstufe ergeben sich statistisch signifikante Unterschiede zwischen Prä- und Post- ($Mdn_{Prä-Test} = 3,30$, $Mdn_{Post-Test} = 4,00$, $T = 300,000$, $z = 4,291$, $p < ,001$, $n = 25$) bzw. Re- und Post-Test ($Mdn_{Re-Test} = 3,40$, $Mdn_{Post-Test} = 4,00$, $T = 179,500$, $z = 3,415$, $p < ,001$, $n = 22$), für Studierende der Sekundarstufe I über den gesamten Projektzeitraum ($Mdn_{Prä-Test} = 3,20$, $Mdn_{Post-Test} = 4,00$, $T = 157,000$, $z = 3,121$, $p = ,002$, $n = 20$).

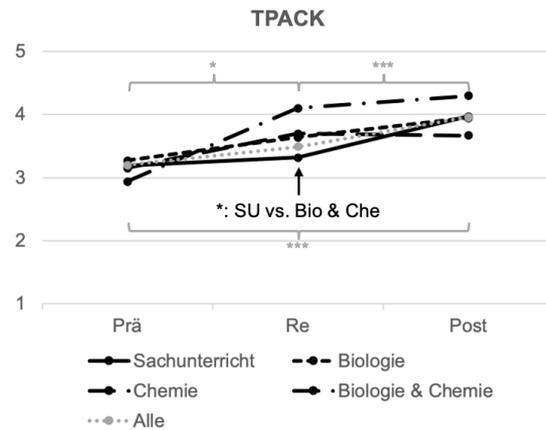


Abb.3: TPACK-Entwicklung getrennt nach Fächern und Messzeitpunkten beurteilt auf einer Likert-Skala von 1: „stimme gar nicht zu“ bis 5: „stimme voll zu“. Angegeben ist jeweils das arithmetische Mittel. Signifikante Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten (für die gesamte Stichprobe) und Studierendengruppen sind mit Sternchen markiert.

Im Vergleich der naturwissenschaftlichen Fächer zeigte ein Kruskal-Wallis-Test einen Einfluss des Unterrichtsfaches auf die professionelle Kompetenz im Re-Test (Chi-Quadrat = 8,820, $p = ,032$). Anschließende Post-hoc-Tests (Dunn-Bonferroni-Tests) zeigten, dass sich einzig die Gruppen „Sachunterricht für die Primarstufe“ und „Biologie & Chemie für die Sekundarstufe I“ signifikant unterscheiden ($z = -2,357$, $p = ,018$).

6.4. Einsatz digitaler Medien in Abhängigkeit vom Unterrichtsfach

Eine inhaltsanalytische Auswertung der Unterrichtsentwürfe (UE; $N = 31$) soll Aufschluss darüber liefern, ob Unterschiede in der Nutzung digitaler Medien zwischen den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern existieren. Aufgrund der geringen Stichproben innerhalb der Fächer wird im Folgenden ausschließlich der Vergleich zwischen den Schulstufen ($N_{Primarstufe} = 18$, $N_{Sekundarstufe} = 13$) beschrieben.

In den 18 Unterrichtsentwürfen der Primarstufe lassen sich $N_{total} = 114$ Situationen identifizieren, in denen digitale Medien genutzt werden. Hierbei wird der mehrfache Einsatz des gleichen digitalen Mediums, z.B. in verschiedenen Phasen des Forschenden Lernens sowie durch verschiedene Nutzer:innen (Lehrkraft/Schüler:innen), mehrfach gezählt. Die korrigierte Anzahl, bei der jedes digitale Medium unabhängig von der Häufigkeit seiner Nutzung nur einmal pro Unterrichtsentwurf gezählt wird, beträgt für die Primarstufe $N_{korrr} = 73$. In den 13 Unterrichtsentwürfen der Sekundarstufe I belaufen sich diese Werte auf $N_{total} = 69$ bzw. $N_{korrr} = 36$. Im Schnitt integrieren Studierende der Primarstufe damit gut vier unterschiedliche digitale Medien pro Unterrichtseinheit, Lehramtsstudierende der Sekundarstufe I knapp drei digitale Medien.

Ein Überblick über die von den Lehramtsstudierenden genutzten digitalen Medien, getrennt nach Medienart und Schulstufe, ist in Tabelle 3 dargestellt.

Tab.3: Nutzung digitaler Medien getrennt nach studierter Schulstufe. Angegeben ist jeweils die absolute Anzahl N_{total} an Einsätzen (mehrfacher Einsatz des gleichen Mediums in unterschiedlichen Unterrichtsphasen wird mehrfach gezählt) sowie die korrigierte Anzahl N_{korr} (einmalige Zählung des jeweiligen digitalen Mediums pro Unterrichtsentwurf).

Digitales Medium	Primarstufe (18 UE)		Sek I (13 UE)	
	N_{total}	N_{korr}	N_{total}	N_{korr}
Umfrage-Tool	16	9	3	2
Video	15	14	9	8
Virtuelle Pinnwand	27	10	28	9
Bilderstellung	5	5	2	2
Digitale Tippkarten	6	6	5	3
Messwerterfassung	4	3	-	-
Präsentationsmedien	9	6	14	7
Office Anwendung	5	2	3	1
VR-Anwendung	6	4	-	-
Audios	2	2	-	-
Digitales Dokument	10	6	3	2
Gruppenerstellung	1	1	1	1
eBooks	7	4	-	-
Digitale Endgeräte	1	1	-	-
Videoerstellung	-	-	1	1
GESAMT	114	73	69	36

Die angehenden Sachunterrichtslehrkräfte nutzen am häufigsten Videos (14/18 Unterrichtsentwürfen (UE)) zur Präsentation von Fachinhalten, virtuelle Pinnwände (10/18 UE) zur Dokumentation und Umfrage-Tools (9/18 UE) zur Lernstandserhebung für ihren Unterricht. In den Unterrichtsentwürfen für die Sekundarstufe I dominieren virtuelle Pinnwände (9/13) zur Dokumentation sowie Videos (8/13) und Präsentationshard-/Software (7/13 UE) zur Darstellung von Inhalten. Insgesamt konnte in der Primarstufe eine größere Vielfalt an unterschiedlichen digitalen Medien identifiziert werden.

7. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, ähnlich wie bei Vogelsang et al. (2019b), dass Lehramtsstudierende der naturwissenschaftlichen Fächer eine überwiegend positive Einstellung ($M_{\text{Einstellung(Prä)}} = 3,69$) sowie eine neutrale Selbstwirksamkeitserwartung ($M_{\text{Selbstwirksamkeitserwartung(Prä)}} = 2,69$) gegenüber dem Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht in ihr Studium mitbringen. Hierbei macht es keinen Unterschied, ob sie Lehramt für Primar- oder Sekundarstufe I studieren.

Im Rahmen der Implementation des Projektes ‚FoLe – digital‘ in die naturwissenschaftliche Lehrkräftebildung an der Leuphana konnten für beide Konstrukte signifikant positive Zuwächse zum Ende des Projektes empirisch belegt werden. Dabei führt die theoretisch stattfindende Auseinandersetzung mit und praktische Erprobung der digitalen Medien entlang der fachübergreifenden naturwissenschaftsdidaktischen Schwerpunkte in Form der ‚digitalen Ergänzungen‘ im 4. Bachelorsemester zu einem stärkeren Anstieg der Selbstwirksamkeitserwartung der Teilnehmer:innen als die eigene Konzeption von Unterrichtseinheiten im Sinne des Forschenden Lernens unter Einbezug digitaler Medien im darauffolgenden Semester. Bezogen auf die Einstellung gegenüber dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien hat das 5. Bachelorsemester einen stärkeren Effekt als das vorherige.

Im direkten Vergleich zwischen den Lehramtsstudierenden der verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächer zeigt sich zu Beginn und zu Ende des Projektes kein Unterschied bezogen auf die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung. Nach der Hälfte des Projektes hat die Gruppe der Studierenden mit der Fächerkombination ‚Biologie & Chemie für die Sekundarstufe I‘ eine signifikant höhere Selbstwirksamkeitserwartung als ihre Kommiliton:innen aus dem Sachunterricht. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte sein, dass es ihnen aufgrund ihres Studiums von zwei naturwissenschaftlichen Fächern leichter fällt, die fachübergreifend thematisierten Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht auf ihre Unterrichtspraxis zu übertragen. Auch bleibt kritisch zu prüfen, ob ggf. eine höhere Passung der ‚digitalen Ergänzungen‘ zur Sekundarstufe I zu diesem Ergebnis beigetragen haben könnte.

Insgesamt ist die Wirksamkeit des Projektes ‚FoLe – digital‘ hinsichtlich der verhaltensbeeinflussenden Konstrukte Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung vergleichbar mit früheren Lehrkonzepten aus dem ‚Kolleg Didaktik:digital‘, die sich jedoch entweder auf Studierende für die Primar- oder die Sekundarstufe mit jeweils nur einem naturwissenschaftlichen Fach fokussiert haben (Vogelsang et al., 2019b).

Betrachtet man zusätzlich den Verlauf der selbst eingeschätzten professionellen Kompetenz bezogen auf den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (TPACK) so zeigt sich ein durchgehend positiver, statistisch signifikanter Zuwachs zwischen den Messzeitpunkten für die gesamte Stichprobe. Bezogen auf die professionelle Kompetenz zeigt sich erneut ein signifikanter Unterschied zugunsten der Gruppe der Lehramtsstudierenden mit den Fächern ‚Biologie & Chemie für die Sekundarstufe I‘ nach dem 4. Bachelorsemester, der sich bis zum Ende des Projektes ausgleicht. Neben den verhaltensbeeinflussenden Faktoren, die sich auf die spätere Unterrichtspraxis der Teilnehmer:innen auswirken, ist es im Rahmen des Projektes gelungen auch

die professionellen Kompetenzen der Studierenden zu stärken. Die Kombination aus stark ausgeprägten professionellen Kompetenzen sowie eine positive Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung gegenüber dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht trägt maßgeblich dazu bei, dass die angehenden Naturwissenschaftslehrkräfte in ihrer zukünftigen Unterrichtspraxis nicht nur dazu in der Lage sind digitale Medien gewinnbringend in ihren Unterricht zu integrieren, sondern dies potenziell auch in ihrer Praxis umsetzen (Gonzalez & Ruiz, 2016; Teo & Tan, 2012; Valtonen et al., 2018; Stinken-Rösner et al., 2023).

Erste Anhaltspunkte hierfür lassen sich bereits aus den im Rahmen des Projektes konzipierten Unterrichtsentwürfen (UE) ableiten. Obwohl die Studierenden lediglich dazu aufgefordert waren in einer 5E-Phase ein digitales Medium einzusetzen, konnten deutlich mehr Nutzungsszenarien identifiziert werden, insgesamt 114 Einsätze digitaler Medien in 31 UE. Hierzu zählen unter anderem die Präsentation von Videos durch die Lehrkraft zur Einführung in den Kontext (engage-Phase), die Nutzung von digitalen Tippkarten durch die Lernenden bei der Erarbeitung der Fachinhalte, die Dokumentation der Experimente auf virtuellen Pinnwänden oder in eBooks (explore-Phase) durch die Lernenden sowie der Einsatz von Umfragetools zur Überprüfung bzw. zum Transfer von Fachwissen auf neue Kontexte (elaborate-Phase). Es wird deutlich, dass die Studierenden bei ihrer Planung vermehrt auf die im vorherigen Semester thematisierten digitalen Medien und Einsatzszenarien zurückgreifen (vgl. Tabelle 1). Vor diesem Hintergrund erscheint es umso wichtiger, dass bereits bei der ersten Auseinandersetzung mit digitalen Medien evidenzbasierte best-practice Beispiele integriert werden und die Studierenden geeignete Hard- und Softwarelösungen erproben können. Es muss sichergestellt werden, dass die ‚digitalen Ergänzungen‘ weiter Teil der Module bleiben und regelmäßig modernisiert werden.

Im Vergleich zwischen den Lehramtsstudierenden der naturwissenschaftlichen Fächer zeigt sich, dass angehende Sachunterrichtslehrkräfte nicht nur mehr digitale Medien in ihren Unterricht integrieren, sondern auch eine größere Vielfalt an digitalen Medien als ihre Kommiliton:innen der Sekundarstufe I nutzen. Über mögliche Gründe lässt sich nur spekulieren, da die vorliegenden Daten (Fragebögen und Unterrichtsentwürfe) keinen Aufschluss darüber zulassen. Dass die Studierenden der verschiedenen Schulstufen die Module gemeinsam besuchen, kann als Potential weiter ausgeschöpft werden, damit die Teilnehmenden mit ihren unterschiedlichen Einstellungen und Nutzungsverhalten voneinander profitieren.

Eine weitere Limitation der Begleitforschung ist, dass die Ergebnisse der Fragebogenerhebung und der analysierten Unterrichtsentwürfe nicht für individuelle Teilnehmer:innen kombinierbar sind. Die Unterrichtsentwürfe wurden in Kleingruppen von zwei bis

vier Studierenden erstellt, wodurch der individuelle Beitrag nicht nachvollziehbar ist. Auch ist zu berücksichtigen, dass die Analyse der Einstellungen, Selbstwirksamkeit und professionellen Kompetenz (TPACK) zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien auf Selbsteinschätzungen der Teilnehmer:innen beruht. Der Effekt der sozialen Erwünschtheit, der ggf. die Ergebnisse positiv beeinflusst, kann somit im Antwortverhalten nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass die vorliegende Studie keine Kontrollgruppe beinhaltet, um niemandem die ‚digitalen Ergänzungen‘ vorzuenthalten, wodurch keine direkten Vergleiche gezogen, jedoch Tendenzen in der Entwicklung von verhaltensbeeinflussender Variablen sowie des professionellen Wissens deskriptiv über die Projektlaufzeit hinweg beschrieben werden können.

8. Fazit

Die Ergebnisse des Projektes ‚FoLe – digital‘ zeigen, dass die Förderung digitaler Kompetenzen (TPACK) und verhaltensbeeinflussender Konstrukte (Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung) zum Lehren und Lernen mit digitalen Medien nicht nur in der fachspezifischen, sondern auch in der fachübergreifenden naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung erfolgreich eingebettet werden kann. Durch die schrittweise Spezifizierung der Auseinandersetzung mit digitalen Medien in den naturwissenschaftsdidaktischen Modulen – ausgehend von der Auseinandersetzung mit fachübergreifendem Fokus hin zur eigenen Konzeption, Erprobung (mit Kommiliton:innen) und Reflexion von fachspezifischen Einsatzszenarien digitaler Medien beim Forschenden Lernen – konnten digitale Medien als Querschnittsthema erfolgreich in den bestehenden Modulen verankert werden.

Die bisherige Auswertung des Projektes fokussierte jedoch vorrangig die Perspektive der angehenden Lehrkräfte sowie deren Kompetenzen und verhaltensbeeinflussende Konstrukte gegenüber dem Lehren und Lernen mit digitalen Medien. In einem noch ausstehenden Analyseschritt wird die Perspektive des Unterrichts und der Lernenden stärker in den Fokus genommen. Hierzu werden die Unterrichtsentwürfe hinsichtlich des potenziellen Mehrwertes in Anlehnung an das SAMR (Puentedura, 2006) und das ICAP Modell (Chi & Wylie, 2014), der durch den Einsatz digitaler Medien in den verschiedenen 5E-Phasen des Forschenden Lernens erzielt wird, analysiert. In einem Folgeprojekt werden die ‚digitalen Ergänzungen‘ als OER-Selbstlernmodul konzipiert und so noch mehr Studierenden zur Förderung ihrer digitalen Kompetenzen zur Verfügung gestellt.

9. Literatur

- Abrams, E., Southerland, S. A. & Silva, P. C. (2008). *Inquiry in the classroom: Realities and opportunities*. Charlotte, NC: Information Age.
- Abels, S., Hofer, E., Hollstein, S., Rodenhauer, A., & Stinken-Rösner, L. (2022). *Kontextorientierte*

- Unterrichtseinheit zum Forschenden Lernen im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht* [Vorlage zur Unterrichtsplanung, Leuphana Universität Lüneburg]. Twillo. CC-BY-SA (4.0)
- Brennan, R. L., & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some Uses, Misuses, and Alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687–699. <https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. Washington, DC: National Academies Board on Science Education.
- Chi, M. T. H., & Wylie, R. (2014). The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243.
- Gonzalez, M. J., & Ruiz, I. G. (2016). Behavioural Intention and Pre-Service Mathematics Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(3), 601–620. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00635a>
- Jin, Y. (2019). The nature of TPACK: Is TPACK distinctive, integrative or transformative?. In *Society for information technology & teacher education international conference* (S. 2199– 2204). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Kultusministerkonferenz (KMK). (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2019). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Leuphana Gazette Nr. 25/18 – 16. Mai 2018.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054.
- Puentedura, R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. <http://hippasus.com/resources/te/>
- Schmid, M., Brianza, E., & Petko, D. (2020). Developing a short assessment instrument for Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK.xs) and comparing the factor structure of an integrative and a transformative model, *Computers & Education*, 157, 103967.
- Stinken-Rösner, L. (2021a). Implementation digitaler Medien in die naturwissenschaftliche Lehramtsausbildung. In C. Maurer, K. Rincke & M. Hemmer (Hrsg.), *Fachliche Bildung und digitale Transformation – Fachdidaktische Forschung und Diskurse. Fachtagung der Gesellschaft für Fachdidaktik 2020* (S. 181–184). Universität Regensburg.
- Stinken-Rösner, L. (2021b). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung: integriert statt zusätzlich. *PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2021*, 179–185.
- Stinken-Rösner, L. (2022). Digital Media in Pre-Service Teacher Education – A Question of Implementation. In G. S. Carvalho, A. S. Alfonso, & Z. Anastácio (Hrsg.), *Fostering scientific citizenship in an uncertain world (Proceedings of ESERA 2021)* (S. 978–984). CIEC, University of Minho.
- Stinken-Rösner, L., Hofer, E., Rodenhauser, A., & Abels, S. (2023). Technology Implementation in Pre-Service Science Teacher Education Based on the Transformative View of TPACK: Effects on Pre-Service Teachers' TPACK, Behavioral Orientations and Actions in Practice. *Education Sciences*, 13(7), 732. <https://doi.org/10.3390/educsci13070732>
- Teo, T., & Tan, L. (2012). The theory of planned behavior (TPB) and pre-service teachers' technology acceptance: A validation study using structural equation modeling. *Journal of Technology and Teacher Education*, 20(1), 89–104. <https://www.learntechlib.org/primary/p/36090/>
- Valtonen, T., Kukkonen, J., Kontkanen, S., Mäkitalo-Siegl, K., & Sointu, E. (2018). Differences in pre-service teachers' knowledge and readiness to use ICT in education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(2), 174–182. <https://doi.org/10.1111/jcal.12225>
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Thyssen, C. (2019a). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierung als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25, 115-129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- Vogelsang C., Laumann D., Thyssen C., Finger A. (2019b). Den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht lehren – Untersuchung der Lehrinitiative Didaktik:digital im Spannungsfeld von standortübergreifender Wirkungsanalyse und standortspezifischer Evaluation, In: Heuchemer S., Szczyrba B. & Spöth S. (Hrsg.) *Hochschuldidaktik erforscht Qualität – Profilbildung und Wertefragen in der Hochschulentwicklung III* (S. 115-128). Köln: Cologne Open Science Schriftenreihe.