

Förderung von digitalen Kompetenzen bei angehenden Chemielehrkräften. Kombination eines universitätsübergreifenden Lehr-Lern-Labors mit einem universitären Seminarsetting

Michael A. Martens, Maike Busker und Stefan Schwarzer

Die digitalisierte Welt verlangt von der universitären Lehrer:innenbildung eine Vorbereitung angehender Lehrkräfte auf das Unterrichten mit digitalen Medien bereits während ihres Studiums. Im Fach Chemie müssen hierzu chemiespezifische Besonderheiten wie bspw. der Einsatz digitaler Medien im chemischen Experiment zur Messwerterfassung und die Visualisierung submikroskopischer Prozesse berücksichtigt werden. Hierzu wurde in der Abteilung für Didaktik der Chemie an der LMU München ein Schülerlaborprogramm mitsamt einem universitären Seminar für Lehramtsstudierende des Fachs Chemie entwickelt, durchgeführt und evaluiert. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der begleitenden Interventionsstudie vorgestellt.

Einleitung

Die Entwicklung von praktischen, universitären Ausbildungsangeboten zum Unterrichten in einer digitalisierten Welt (vgl. KMK 2017) ist eine wichtige Aufgabe der Hochschuldidaktik in der universitären Lehrer:innenbildung. In der Chemiedidaktik gilt es insbesondere den Einsatz digitaler Medien im chemischen Experiment zu fördern. Dies unterstützt bei Schüler:innen z.B. den Übergang von der phänomenologischen bzw. makroskopischen zur submikroskopischen Teilchenebene (vgl. Scheid et al. 2018: 20ff). Bei der Konzeption von entsprechenden universitären Seminaren gibt es eine Vielzahl an Parametern zu beachten, die in die Kategorien Wissen, Kompetenzen und Fähigkeiten sowie Einstellungen zum Einsatz digitaler Medien im Chemieunterricht unterteilt werden können (vgl. Walpert & Wodzinski 2021: 765ff). Damit die Studierenden die für das Unterrichten in einer digitalisierten Welt benötigten Kompetenzen erwerben können (vgl. Blossfeld et al. 2018: 21f; Bertelsmann Stiftung 2018: 19ff), wurden im Rahmen des Kooperationsprojekts „DiFam^{Ch}“ der Mathematik- und Chemiedidaktik zwei universitäre Seminare konzipiert, durchgeführt und evaluiert,

welche die Betreuung von Schüler:innen in Schülerlaboren¹ unter Einbezug digitaler Medien fokussieren (vgl. Martens & Schwarzer, 2022). In diesem Beitrag werden Methodik und Forschungsergebnisse der begleitenden Interventionsstudie aus der Teilerhebung der Chemiedidaktik vorgestellt.

Das Hauptaugenmerk der begleitenden Interventionsstudie lag auf der Beobachtung, ob

- a) das *Digital Knowledge* (DK) sowie das *Digital Pedagogical Knowledge* (DPK) (vgl. Huwer et al. 2019: 358ff) bei den Seminarteilnehmer:innen durch die Intervention im Lehr-Lern-Labor einen Zuwachs aufweisen,
- b) die Selbstwirksamkeitserwartung der am Seminar teilnehmenden Lehramtsstudierenden im Umgang mit und zum Einsatz von digitalen Medien eine Steigerung aufweist und
- c) die Werteeinstellung der Seminarteilnehmer:innen gegenüber digitalen Medien eine Veränderung erfährt.

Während bei a) das Wissen von angehenden Lehrkräften im Rahmen des DPACK-Modells (vgl. Huwer et al. 2019: 358ff) betrachtet wurde, handelt es sich bei den unter den Punkten b) und c) subsummierten Konstrukten um die Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartungen zum Einsatz von digitalen Medien im Unterricht.

Schülerlaborprogramm

Um die intendierten digitalen Kompetenzen den Student:innen zu vermitteln, wurde ein Schülerlaborprogramm mit fünf Experimentierstationen konzipiert sowie evaluiert (vgl. Martens & Schwarzer, 2022). Die fünf Experimentierstationen sowie die dabei eingesetzten digitalen Medien sind folgende:

- Synthese von Silbernanopartikeln (Augmented Reality, Animation)
- Zukunftstechnologie 3D-Druck (CAD-Programm, 3D-Druck)
- Energie in der Chemie (Infrarotbild)
- „Grüne“ Wunderkerzen (Simulation)
- Nanowelten (Simulation, Aufnahme einer Oberflächenstruktur mittels Rasterkraftmikroskop)

Exemplarisch für das Experimentierprogramm werden zwei der fünf Stationen im Folgenden genauer vorgestellt.

Synthese von Silbernanopartikeln

Die Schüler:innen werden an dieser Station mit Hilfe von Augmented Reality digital beim chemischen Experiment sowie beim Verstehen der zugrundeliegenden Theorien unterstützt. Je zwei Schüler:innen erhalten zum Abrufen der Augmented Reality-

¹ Da es sich bei dem Wort „Schülerlabor“ um einen feststehenden Begriff handelt (siehe www.lernortlabor.de; Stand: 19.07.2022) wird bei diesem Wort sowie seinen Komposita auf die gendersensible Schreibweise mit Doppelpunkt verzichtet.

Inhalte ein iPad. Hierbei soll die Individualisierung gefördert werden, da die Schüler:innen in ihrem eigenen Tempo die Experimentierstation durchlaufen können. Als Overlays kommen Animationen, ein Podcast sowie die Lösungen der Stationsarbeitsblätter zum Einsatz. Mit Hilfe der Animationen können die Schüler:innen während des Experimentierens die Vorgänge auf der Teilchenebene (submikroskopische Ebene) verfolgen, wodurch ein tieferes Verständnis sowie die Verknüpfung der Theorie mit dem praktischen chemischen Experimentieren entsteht.

„Grüne“ Wunderkerzen

Der fachchemische Inhalt dieser Experimentierstation ist die Herstellung sowie das Abbrennen von ökologisch und toxikologisch unbedenklicheren und somit „grünen“ Wunderkerzen (vgl. Scheid et al. 2022). Um den forschenden Charakter eines Schülerlabors Rechnung zu tragen, erarbeiten die Schüler:innen dazu vor der Herstellung ihre eigene Mischung der verschiedenen Edukte in der Wunderkerze. Hierzu steht ihnen eine selbst entwickelte Simulation (vgl. Abb. 1) zur Verfügung. Mit dieser durchlaufen die Schüler:innen mehrmals den Forschungszyklus in digitaler Form. Hierdurch ist eine zeitsparende und somit effiziente Implementierung des Forschungszyklus möglich, an dessen Ende die Schüler:innen nicht nur ihre eigene „grüne“ Wunderkerzenmischung erstellt haben, sondern sich auch Fachwissen über die Funktionen der einzelnen Chemikalien in der Wunderkerzenmischung angeeignet haben. Zudem ist es den Schüler:innen mit der Simulation möglich, Mischungen, die aufgrund der Vorgaben zur Sicherheit im Unterricht verboten sind, in digitaler Version zu erproben und auch hieraus Erkenntnisse zu gewinnen.

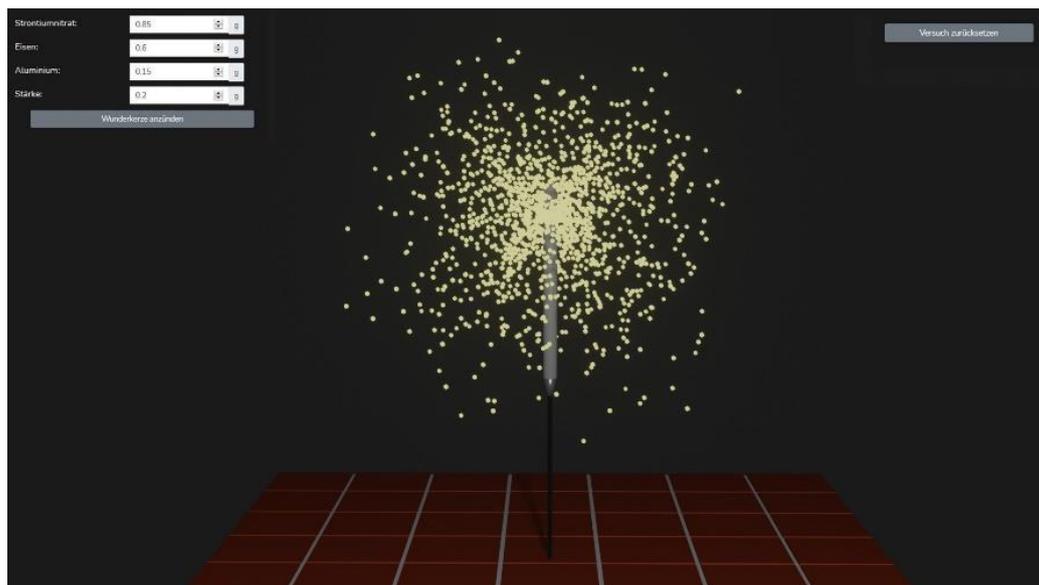


Abb. 1: Simulation des Abbrennens einer „grünen“ Wunderkerze

Seminarsetting und Methodik

Für das Projekt „DiFam^{Ch}“ wurde in der Abteilung Didaktik der Chemie für das bereits existierende Schülerlabor LMU*chemlab* ein neues Schülerlaborprogramm entwickelt, das sich mit Experimenten aus der aktuellen fachchemischen Forschung zu modernen Materialien befasst und dabei digitale Medien einbezieht. Es besteht aus fünf Experimentierstationen, die von je einem:r Lehramtsstudent:in betreut werden. In einem begleitenden universitären Seminar konnten sich die Student:innen mit den chemischen Experimenten sowie den eingesetzten digitalen Medien vertraut machen, bei der Entwicklung didaktischer Konzepte zur Nutzung der digitalen Medien unterstützt und zur Selbstreflexion mithilfe von videographierten Microteachingsituationen im Schülerlabor zur Selbstreflexion angeregt werden (vgl. Martens & Schwarzer 2022).

Um bei der Evaluation des Seminars Standorteffekte zu vermeiden, die beispielsweise durch mögliche Vorkenntnisse der Seminarteilnehmer:innen bedingt waren, wurde das Seminar an der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie in Zusammenarbeit mit der Abteilung für Chemie und ihre Didaktik der Europa-Universität Flensburg und der Abteilung Didaktik der Chemie der Eberhard Karls Universität Tübingen angeboten sowie evaluiert. Das Seminar wurde dreimal in München sowie je einmal in Flensburg und Tübingen realisiert. Im Sommersemester 2020 musste wegen der Covid-19-Pandemie ein viertes Seminar in München entfallen und einige Lehrveranstaltungen konnten nur in abgeänderter Form stattfinden. Grund dafür ist zum einen die Reduktion der Schüler:innenanzahl auf 50 Prozent, bedingt durch die zum Zeitpunkt der Durchführung geltenden Hygienevorschriften, wodurch die Microteaching-Gruppen in der Mehrheit der Fälle nur aus zwei bis drei Schüler:innen bestanden. Zum anderen mussten ganze Schülerlabortage aufgrund von Schulschließungen oder kurzfristiger Quarantäne einzelner Klassen von Microteaching auf Peerteaching umgestellt werden. Beim Peerteaching nehmen Studierende die Rolle der lernenden Schüler:innen im Schülerlaborsetting ein (vgl. Klinzing 2002: 198). Das von Mitte Februar bis Anfang März 2020 in Flensburg abgehaltene Seminar war die einzige Durchführung, die nicht von Covid-19-Maßnahmen reglementiert wurde. Die drei in München veranstalteten Seminare waren alle eine Mischform aus Peer- und Microteaching und das in Tübingen angebotene Seminar konnte ausschließlich als Peerteaching angeboten werden.

Insgesamt engagierten sich im Zeitraum von Februar 2020 bis Februar 2022 63 Student:innen in fünf Seminaren. An der begleitenden Studie nahmen alle Seminarteilnehmer:innen teil, wobei nicht von allen Proband:innen Fragebögen zu allen drei Messzeitpunkten vorlagen. Die Studie wurde in einem quasi-experimentellen Kontrollgruppendesign mit Prä-, Post- und Follow-Up-Fragebögen durchgeführt. Während die Erhebung bei den Seminarteilnehmer:innen in Flensburg noch als Paper-Pencil-Test realisiert wurde, erfolgten alle weiteren Erhebungen aufgrund der Covid-19-Pandemie online.

Als Kontrollgruppe wurden in anderen Seminaren und Vorlesungen an der Ludwig-Maximilians-Universität München 58 Student:innen befragt, eine Randomisierung erfolgte dabei nicht. Es wurde aber ausgeschlossen, dass die Proband:innen der Kontrollgruppe bereits an der Intervention teilgenommen hatten. Alle Erhebungen wurden in pseudonymisierter Form vorgenommen, wodurch die Entwicklung der Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Unterricht sowie der Wissenszuwachs der einzelnen Studierenden im Rahmen der Auswertung nachvollziehbar waren. Dementsprechend erfolgte die Berechnung der Effektstärken als verbundene Stichproben. Die genaue Proband:innenanzahl der einzelnen Seminarveranstaltungen kann [Anhang 1](#) entnommen werden.

Der eingesetzte Fragebogen enthielt ratingskalierte Fragen, Single-Choice-Fragen und offene Antwortformate. Zur Überprüfung des Lernzuwachses des *Digital Knowledge* und *Digital Pedagogical Knowledge* sowie der Werteeinstellung gegenüber digitalen Medien wurden eigene Items entwickelt. Die Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien im Unterricht wurde mit Hilfe eines von Jerusalem und Schwarzer (1999: 13f) erstellten und eigens an digitale Medien angepassten Konstrukts erhoben, welches mit zusätzlichen, selbst entwickelten Items erweitert wurde. Darüber hinaus wurden die allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung sowie personenbezogene und soziodemographische Angaben der Student:innen abgefragt, um diese in Bezug zu den Effekten der Intervention setzen zu können. Die Onlineerhebung wurde analog dazu durchgeführt. Der Fragebogen wurde im Rahmen eines Seminars und des dazugehörigen Schülerlaborprogramms im Wintersemester 2019/2020 an der Ludwig-Maximilians-Universität München auf seine interne Konsistenz mit elf Studierenden pilotiert.

Die einzelnen Items der Fragebögen sind in Tabelle 1 unter Einordnung in das jeweilige Konstrukt dargestellt. Alle ratingskalierten Items haben eine fünfstufige Likert-Skala von trifft nicht zu (1) über trifft eher nicht zu (2), teils-teils (3) und trifft eher zu (4), bis hin zu trifft zu (5).

Konstrukt	Bezugsquelle	Item	Antwortformat
Allgemeine personenbezogene und soziodemographische Angaben		<ul style="list-style-type: none"> • Alter • Geschlecht • Studiengang (Schulart) • Zweitfach • Anzahl Fachsemester Chemie • Letzte Note Chemiedidaktik • Letzte Note Anorganische Chemie 	Divers, an das jeweilige Item angepasst
Selbstwirksamkeitserwartung	Jerusalem und Schwarzer (1999: 13f)	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lösung schwieriger Probleme gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe. 	Ratingskaliert

		<ul style="list-style-type: none"> • Es bereitet mir keine Schwierigkeiten, meine Absichten und Ziele zu verwirklichen. • Schwierigkeiten sehe ich gelassen entgegen, weil ich meinen Fähigkeiten vertrauen kann. • Wenn eine neue Sache auf mich zukommt, weiß ich, wie ich damit umgehen kann. • Wenn ein Problem auftaucht, kann ich es aus eigener Kraft meistern. 	
Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien	Eigener Entwurf, teilweise nach der Vorlage von Jerusalem und Schwarzer (1999: 13f)	<ul style="list-style-type: none"> • Die Lösung von schwierigen Problemen im Umgang mit digitalen Medien gelingt mir immer, wenn ich mich darum bemühe. • Es bereitet mir keine Schwierigkeiten, meine Absichten und Ziele im Umgang mit digitalen Medien zu verwirklichen. • Schwierigkeiten mit digitalen Medien sehe ich gelassen entgegen, weil ich meinen Fähigkeiten im Umgang mit digitalen Medien vertrauen kann. • Wenn ich unbekannte digitale Medien nutzen soll, weiß ich schnell, wie ich damit umgehen kann. • Wenn ein Problem in der Nutzung von digitalen Medien auftaucht, kann ich es aus eigener Kraft meistern. • Ich nutze digitale Medien häufig für private Arbeiten, da diese mir meine Arbeit erleichtern. • Das Unterrichten von komplexen Sachverhalten gelingt mir mit Hilfe von digitalen Medien besser als ohne Unterstützung von digitalen Medien. • Es bereitet mir keine Schwierigkeiten, digitale Medien didaktisch gewinnbringend im Unterricht einzusetzen. • Mit Hilfe von digitalen Medien kann ich meinen Unterricht bereichern. 	Ratingskaliert

Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Unterricht	Eigener Entwurf	<ul style="list-style-type: none"> • Ich nutze digitale Medien gerne in meinem Unterricht. • Ich nutze digitalen Medien häufig in meinem Unterricht. • Digitale Medien sind für einen guten Unterricht unerlässlich. • Digitale Medien helfen mir, meinen Chemieunterricht zu verbessern. • Digitale Medien helfen den Schülerinnen und Schülern, komplexe Sachverhalte schneller zu verstehen. • Digitale Medien bieten didaktische Möglichkeiten, welche klassische Medien nicht vorzuweisen haben. • Digitale Medien helfen mir, meinen Unterricht individueller an die Bedürfnisse meiner Schülerinnen und Schüler anzupassen. 	Ratingskaliert
DPAACK	Eigener Entwurf	<ul style="list-style-type: none"> • DK: 4 Items zur Korrektheit von Aussagen zu Augmented Reality, CAD-Softwares, Wärmebildkameras sowie Animationen und Simulationen. • DPK: 4 Items zur Korrektheit von Aussagen zum Einsatz von Augmented Reality, CAD-Softwares und 3-Druckern, Wärmebildkameras, Animationen und Simulationen im Chemieunterricht. 	Single-Choice
Fragen zum Schülerlaborprogramm und universitären Begleitseminar	Eigener Entwurf	<ul style="list-style-type: none"> • Welche weiteren Anregungen und Hinweise wollen Sie dem aktuellen Schülerlaborprogramm mit auf den Weg geben? • Welche weiteren Anregungen und Hinweise wollen Sie dem aktuellen Seminar zum Schülerlabor mit auf den Weg geben? 	Offen

Tabelle 1: Konstrukte und Items des Fragebogens.

Ergebnisse der Interventionsstudie

Um die Reliabilität und damit die interne Konsistenz der Konstrukte beurteilen zu können, wurden für die likert-skalierten Konstrukte die Cronbachs α -Werte bei der Prä-Testung aller Teilgruppen (N = 113) bestimmt (vgl. Tabelle 2). Die Anzahl der

gültigen Fälle bei einzelnen Konstrukten ist aufgrund von ungültigen Antworten unterschiedlich groß und geringer als die Gesamtprobandenzahl aller Prä-Testungen.

Konstrukt	Anzahl Items	Gültige Fälle	Cronbachs α
Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung	5	N = 113	.631
Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien	9	N = 111	.855
Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Unterricht	7	N = 110	.819

Tabelle 2: Interne Konsistenz der likert-skalierten Konstrukte.

In der Literatur hat das von Jerusalem und Schwarzer (1999: 13f) entwickelte Konstrukt „Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung“ einen Cronbachs α -Wert von .78, in der hier vorgestellten Studie liegt der Cronbachs α -Wert hingegen bei .631. Die beiden Konstrukte „Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien“ sowie „Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Unterricht“ weisen mit Cronbachs α -Werten von .855 und .819 eine hohe interne Konsistenz der Items auf. Im weiteren Verlauf des Artikels wird nur auf die letzten beiden Konstrukte sowie den Wissenszuwachs beim *Digital Knowledge* und *Digital Pedagogical Knowledge* eingegangen, da hierauf der Fokus der Studie liegt.

In der Follow-Up-Erhebung war ein starker Rückgang an Teilnehmenden sowohl bei der Interventionsgruppe als auch in der Kontrollgruppe festzustellen. Aus diesem Grund wird die Follow-Up-Erhebung der Kontrollgruppe, die aus nur acht Proband:innen bestand und somit nicht repräsentativ ist, nicht dargestellt. Da für die erhobenen Skalen keine Normalverteilung angenommen werden konnte, wurde der nicht-parametrische Wilcoxon-Test zur Berechnung der Effektstärken eingesetzt.

Wissenszuwachs beim *Digital Knowledge* und *Digital Pedagogical Knowledge*

Mit Hilfe von Wissensfragen wurde überprüft, ob das Seminar zu dem intendierten Wissenszuwachs im Umgang mit und dem unterrichtlichen Einsatz von digitalen Medien führte. Dabei wurde zwischen Wissensfragen zur Nutzung von digitalen Medien (*Digital Knowledge*) und Wissensfragen zum digitalen-pädagogischen Wissen (*Digital Pedagogical Knowledge*) unterschieden. In beiden Bereichen konnte bei der Gruppe der Seminarteilnehmer:innen ein signifikanter Wissenszuwachs (Signifikanzniveau $< .005$) festgestellt werden. Während für den Wissenszuwachs im Bereich des *Digital Knowledge* ein starker Effekt ($r = .613$) identifiziert werden konnte, fiel er im Bereich des *Digital Pedagogical Knowledge* moderater aus ($r = .394$) und ist somit als mittlere Effektstärke einzuordnen.

Sowohl bei der Interventionsgruppe als auch bei der Kontrollgruppe wurden im Prä-Test mehr als 30 Prozent der Wissensfragen zum *Digital Knowledge* richtig beantwortet (vgl. Abb. 2). Bei der Interventionsgruppe stieg der Anteil der richtigen Antworten in der Post-Erhebung auf über 50 Prozent, wohingegen der Anteil der richtigen Antworten bei der Kontrollgruppe sich nicht signifikant erhöhte.

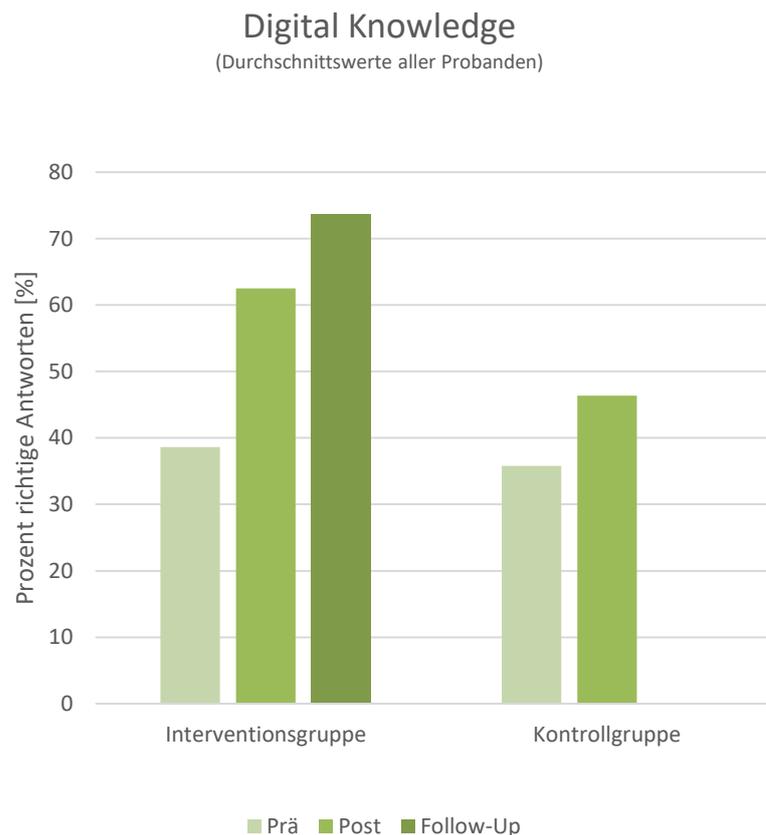


Abb. 2: Ergebnisse der Erhebung zum Digital Knowledge

Bei den Wissensfragen zum *Digital Pedagogical Knowledge* wurden in der Prä-Erhebung sowohl in der Interventions- als auch in der Kontrollgruppe etwas mehr als 25 Prozent der Fragen richtig beantwortet. Während bei der Kontrollgruppe sich hierzu in der Post-Erhebung keine signifikante Änderung zeigt, stieg der Anteil der richtig beantworteten Fragen in der Interventionsgruppe signifikant auf über 40 Prozent.

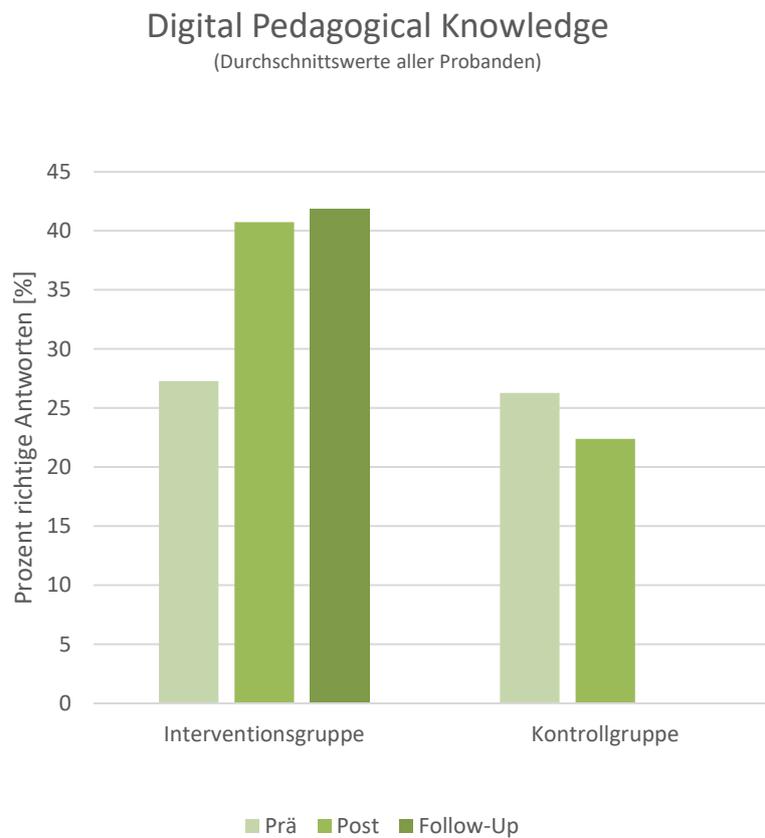


Abb. 3: Ergebnisse der Erhebung zum Digital Pedagogical Knowledge

Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien:

Für die Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien konnte bei der Interventionsgruppe eine signifikante Steigerung mit mittlerer Effektstärke ($r = .359$) festgestellt werden (vgl. Abb. 4). Wie bei den Wissensfragen zum *Digital Knowledge* sowie zum *Digital Pedagogical Knowledge* konnte bei der Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien bei der Kontrollgruppe keine signifikante Veränderung bei der Post-Erhebung gegenüber der Prä-Erhebung festgestellt werden.

Positivere Einstellung gegenüber digitalen Medien im Chemieunterricht

Die Ergebnisse der durchgeführten Interventionsstudie zeigen, dass die Teilnahme am Seminar bei den Proband:innen der Interventionsgruppe zu der intendierten Steigerung der positiven Einstellung gegenüber digitalen Medien im Chemieunterricht führte. Der Effekt mit mittlerer Effektstärke ($r = .381$) war signifikant und fällt besonders im Vergleich mit der Kontrollgruppe auf, deren Einstellung sich gegenüber digitalen Medien im Chemieunterricht zwischen Prä- und Post-Test nicht signifikant unterscheidet (vgl. Abb. 5).

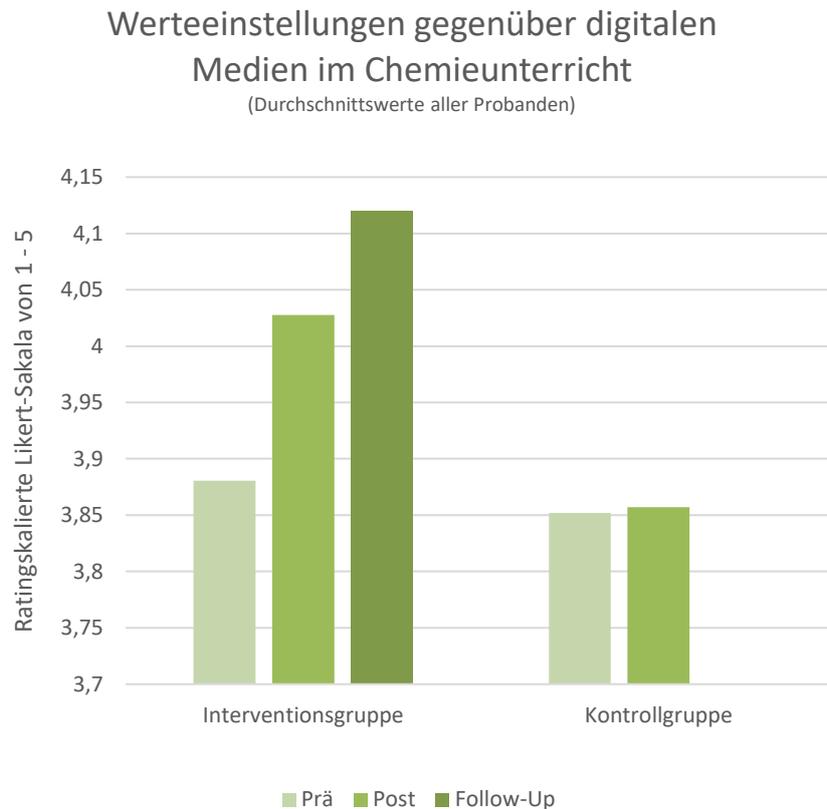


Abb. 5: Ergebnisse der Erhebung zu Einstellungen gegenüber digitalen Medien im Chemieunterricht

Weitere Erkenntnisse

Aufgrund der Covid-19-Pandemie mussten, wie bereits erläutert, einige Schülerlabortage von Microteaching auf Peerteaching umgestellt werden. Die Seminarteilnehmer:innen begrüßten dies sowohl in direkten Gesprächen als auch in ihren Äußerungen im freien Anmerkungsfeld der Post-Erhebung. Dabei wurde deutlich, dass sich die Studierenden vor allem einen Schülerlabortag im Peerteaching-Format vor den Microteachingsituationen mit Schüler:innen wünschen. Ein reines Peerteaching, wie in der Semindurchführung an der Universität Tübingen, wurde von den Studierenden hingegen nicht als wünschenswert betrachtet.

Die folgende Auswahl an persönlichen Zitaten von den Seminarteilnehmer:innen aus der Post-Erhebung unterstützen diese Erkenntnisse:

- „Es war schade, dass keine SuS [Schülerinnen und Schüler, Anm. d. V.] im Labor sein konnten, aber natürlich der Situation geschuldet. Für zukünftige Blockseminare wäre es sicher sinnvoll, den ersten Tag als Peer-Teaching zu gestalten, sodass die Studierenden in ihren Experimenten sicher werden und in den anschließenden Tagen mit den Schüler*innen arbeiten können.“
- „Ich fand an sich die Durchführung gut. Doch habe ich festgestellt, dass mit Schülern es besser gewesen wäre [sic]. Wenn es mit Schülern gewesen wäre, fände ich es dennoch gut die erste oder ersten beiden Durchführungen mit

Studenten zu machen. Dies hilft sehr um eine erste Routine zu bekommen. Hierbei fände ich es gut, wenn man einmal mit einem Studenten mit der gleichen oder den gleichen Stationen macht, so kann man sich noch unterstützen und Formulierungen einüben.“

- „Vlt. ein bis zwei Tage Peerteaching, damit man in den Stationen sicher ist und dann erst die SuS ins Labor holen.“
- „Ich fände es gut nicht ins kalte Wasser geworfen zu werden, sondern den ersten Durchlauf mit einem Kommilitonen zu proben und mögliche Verbesserungsvorschläge zu erhalten.“
- „Das Peerteaching am Ende des Seminars hat mir ebenfalls gefallen, da ich zusätzlich zu meinen zwei Stationen auch die anderen Stationen erklärt bekommen habe. Zudem fand ich die Ideen meiner Kommilitonen sehr interessant und gewinnbringend.“

Zusammengefasst hat das Peerteaching vor der eigentlichen Betreuung von Schüler:innen im Microteachingformat in den Augen der Seminarteilnehmer:innen folgende Vorteile:

- Durch das Betreuen der eigenen Schüler:innenexperimentierstationen im Peerteachingformat können Probleme im Ablauf der Stationen als auch im Umgang mit den digitalen Medien sowie Experimenten im geschützten Rahmen festgestellt werden.
- Im Peerteaching bekommen die Studierenden alle Experimentierstationen des Schülerlaborprogramms gezeigt, wodurch sich ihr Erfahrungsschatz vergrößert.
- Studierende erhalten in der Rolle der Schüler:innen einen anderen Blick auf die eigenen Experimentierstationen, wenn sie dabei von anderen Studierenden angeleitet werden.

Diskussion der Ergebnisse und Befunde

Die Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen, dass das konzipierte Seminar einen positiven Effekt auf die Studierenden in ihrem Umgang mit und Einstellung zu digitalen Medien hatte. Ein Wissenszuwachs im Bereich des *Digital Knowledge* sowie *Digital Pedagogical Knowledge* war aufgrund der Betreuungssituationen sowie der dabei erforderlichen Handhabung von digitalen Medien bei den Seminarteilnehmer:innen erwartbar. Die Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung sowie der Werteeinstellung gegenüber digitalen Medien hingegen ist als ein Erfolg des Seminars zu werten, da durch möglicherweise nicht funktionierende digitale Medien oder didaktische Vorbehalte auch keine belegbaren Effekte bei den Studierenden möglich gewesen wären.

Obwohl insgesamt 63 Proband:innen an der Studie teilgenommen haben und die dargestellten Effekte signifikant sind, sollten die Ergebnisse nur als erste Anhaltspunkte

für zukünftige Forschungsvorhaben angesehen werden, da sie aufgrund der unterschiedlichen Interventionssettings durch die Covid-19-Pandemie nur eine begrenzte Vergleichbarkeit besitzen. Eine Durchführung des Seminars mit begleitender Interventionsstudie unter standardisierten Bedingungen wäre somit wünschenswert.

Darüber hinaus sollten bei einer standardisierten Erhebung mit einer größeren Proband:innenzahl die Steigerung der Testergebnisse von der Post- zur Follow-Up-Erhebung genauer betrachtet werden. Teilweise wurde die Follow-Up-Erhebung in den Semesterferien durchgeführt, was zu geringen Teilnahme an der Erhebung geführt hat. Eine Analyse der zusammenhängenden Daten zeigt, dass besonders leistungsstarke Student:innen, die auch bei der Prä- und Posttestung bereits höhere Werte als der Durchschnitt erzielten, vermehrt an den Follow-Up-Erhebungen teilnahmen. Dies kann als eine mögliche Erklärung für die Steigerung von der Post- zur Follow-Up-Erhebung herangezogen werden. Darüber hinaus sind aber auch Retest-Effekte denkbar.

Fazit und Ausblick

Der Einsatz digitaler Medien im Lehr-Lern-Labor scheint geeignet, um die Selbstwirksamkeitserwartung im Umgang mit digitalen Medien bei angehenden Lehrkräften zu erhöhen und ihre Einstellungen gegenüber digitalen Medien zu verbessern. Das Setting führte zudem zu einer empirisch signifikanten Steigerung des *Digital Knowledge* sowie des *Digital Pedagogical Knowledge* in Bezug auf digitale Medien. Die nicht geplanten Seminar-Setting-Änderungen aufgrund der Corona-Pandemie und den damit verbundenen Auswirkungen auf die beschriebenen Interventionen führten zu der Erkenntnis, dass eine Phase des Peerteachings vor dem eigentlichen Schülerlaborbetrieb mit der Betreuung von Schüler:innen im Microteaching sinnvoll erscheint und von den Seminarteilnehmer:innen gewünscht wird.

- Bertelsmann Stiftung; CHE Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH; Deutsche Telekom Stiftung & Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft (2018). Lehramtsstudium in der digitalen Welt – Professionelle Vorbereitung auf den Unterricht mit digitalen Medien?! Eine Sonderpublikation aus dem Projekt »Monitor Lehrerbildung«. Online: https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSt/Publikationen/GrauePublikationen/Monitor_Lehrerbildung_Broschuere_Lehramtsstudium_in_der_digitalen_Welt.pdf, letzter Zugriff am 31. März 2022.
- Blossfeld, Hans-Peter; Bos, Wilfried; Daniel, Hans-Dieter; Hannover, Bettina; Köller, Olaf; Lenzen, Dieter; McElvany, Nele; Roßbach, Hans-Günther; Seidel, Tina; Tippelt, Rudolf & Wößmann, Ludger (2018). *Digitale Souveränität und Bildung. Gutachten*. Münster. Waxmann.
- Huwer, Johannes; Irion, Thomas; Kuntze, Sebastian; Schaal, Steffen & Thyssen, Christoph (2019). Von TPaCK zu DPaCK – Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *Mathematischer und Naturwissenschaftlicher Unterricht*, 72/5, 358-364.
- Jerusalem, Matthias & Schwarzer, Ralf (1999). Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung (WIRKALL_r). In: Schwarzer, Ralf & Jerusalem, Matthias (Hrsg.): *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Freie Universität, 13-14.
- Klinzing, Hans Gerhard (2002). Wie effektiv ist Microteaching? Ein Überblick über fünfunddreißig Jahre Forschung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 48/2, 194-214.
- KMK - Ständige Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (2017). *Bildung in der digitalen Welt. Strategiepapier der Kultusministerkonferenz*. Online: https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2018/Digitalstrategie_2017_mit_Weiterbildung.pdf, letzter Zugriff 31. März 2022.
- Martens, Michael A. & Schwarzer, Stefan (2022). Digitale Medien im Chemieunterricht: Aufbau professioneller Handlungskompetenzen von Lehramtsstudierenden im Kontext eines Schülerlabors. *CHEMKON* (online first). DOI: 10.1002/ckon.202100063.
- Scheid, Michael; Hock, Kristina & Schwarzer, Stefan (2018). Kunststoffe und 3D-Druck – Vom submikroskopischen Molekül zur makroskopischen Funktion am Beispiel der Erstellung eines Molekülbaukastens. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 29(164), 20-26.
- Scheid, Michael; Rusan, Magdalena; Pohl, Laura; Klapötke, Thomas M. & Schwarzer, Stefan (2022). Ökologisch und toxikologisch unbedenklichere Wunderkerzen: Ein bewährter Schulversuch im neuen Licht. *CHEMKON*, 29(3), 92-101.
- Walpert, Daniel & Wodzinski, Rita (2021). Einstellungen von Studierenden zur Vermittlung digitaler Kompetenzen. In: Habig, Sebastian (Hrsg.): *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch? Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik online Jahrestagung 2020*. Duisburg-Essen. Universität Duisburg-Essen: 765-768.

Über die Autor:innen

Michael A. Martens, geb. Scheid, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Projekts „DiFa_M^{Ch}“. Er studierte von 2012 bis 2018 Chemie und Geographie für das gymnasiale Lehramt an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Seit 2018 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Stefan Schwarzer in der Chemiedidaktik. Im Rahmen seiner Promotion gilt sein Interesse der Visualisierung submikroskopischer Prozesse mit Hilfe von digitalen Medien sowie der Entwicklung von ökologisch und toxikologisch unbedenklicheren Pyrotechnika.

Korrespondenzadresse: michael.scheid@cup.lmu.de

Prof. Dr. Maike Busker studierte an der Universität Oldenburg die Fächer Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien und promovierte im Arbeitskreis von Prof. Dr. Ilka Parchmann (Oldenburg, Kiel). Nach ihrer Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin am IPN in Kiel erfolgt 2010 der Ruf als Juniorprofessorin für Chemie und ihre Didaktik an die Universität Flensburg. Von 2016–2017 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Hamburg. Seit März 2017 ist sie Professorin für Chemie und ihre Didaktik an der Europa-Universität Flensburg.

Korrespondenzadresse: maike.busker@uni-flensburg.de

Prof. Dr. Stefan Schwarzer ist Leiter des Projekts „DiFa_M^{Ch}“. Er war seit 2017 Professor für Chemiedidaktik an der Ludwig-Maximilians-Universität München und wechselte im Jahre 2020 auf einen Lehrstuhl für Chemiedidaktik an die Eberhard Karls Universität Tübingen. Sein besonderes Interesse gilt der Entwicklung von Experimenten aus dem Themenbereich moderne Materialien mit Bezug zur Nachhaltigkeit für Schule sowie Schülerlabore. Die Erschließung der gesellschaftsrelevanten Inhalte findet häufig in Kooperation mit den Fachwissenschaften statt. Ebenfalls stehen Lernwirksamkeitsuntersuchungen der entwickelten Materialien im Vordergrund seiner Arbeit.

Korrespondenzadresse: stefan.schwarzer@uni-tuebingen.de

Über das Projekt „DiFa_M^{Ch}“

Das Projekt „DiFa_M^{Ch}“ wird im Rahmen von „Lehrerbildung@LMU“ in der Qualitätsoffensive Lehrerbildung an der Ludwig-Maximilians-Universität München unter der Leitung von Professor Dr. Stefan Ufer (Didaktik der Mathematik) und Professor Dr. Stefan Schwarzer (Didaktik der Chemie) sowie der Mitarbeit von Matthias Mohr (Didaktik der Mathematik) und Michael A. Martens (Didaktik der Chemie) realisiert. Ziel des Projekts ist die Konzeption neuer Veranstaltungskonzepte zum Aufbau von professionellem Wissen zum Potential digitaler Medien im Fachunterricht und Kompetenzen zur professionellen Wahrnehmung dieses Potentials.

Anhang

Anhang 1: Probandenzahlen der Teilerhebungen

Seminar	Seminar teilnehmer:innen	Prä-Erhebung	Post-Erhebung	Follow-Up-Erhebung
Flensburg Frühjahrssemester 2020	11	11	11	11
München WiSe 20/21	11	11	11	5
München SoSe 2021	15	15	14	6
Tübingen SoSe 2021	16	8	16*	7
München WiSe 21/22	10	10	10	8
Interventionsgruppe gesamt	63	55	62	37
München Kontrollgruppe		58	48	8

*Die Proband:innenzahl bei der Post-Erhebung zu der Seminare durchführung in Tübingen im Sommersemester 2021 war größer als die Proband:innenzahl der zugehörigen Prä-Erhebung, da den Studierenden im Vorfeld des Seminars Informationen ausschließlich online zur Verfügung gestellt werden konnten und so nur wenige Proband:innen für den Prä-Test gewonnen werden konnten.