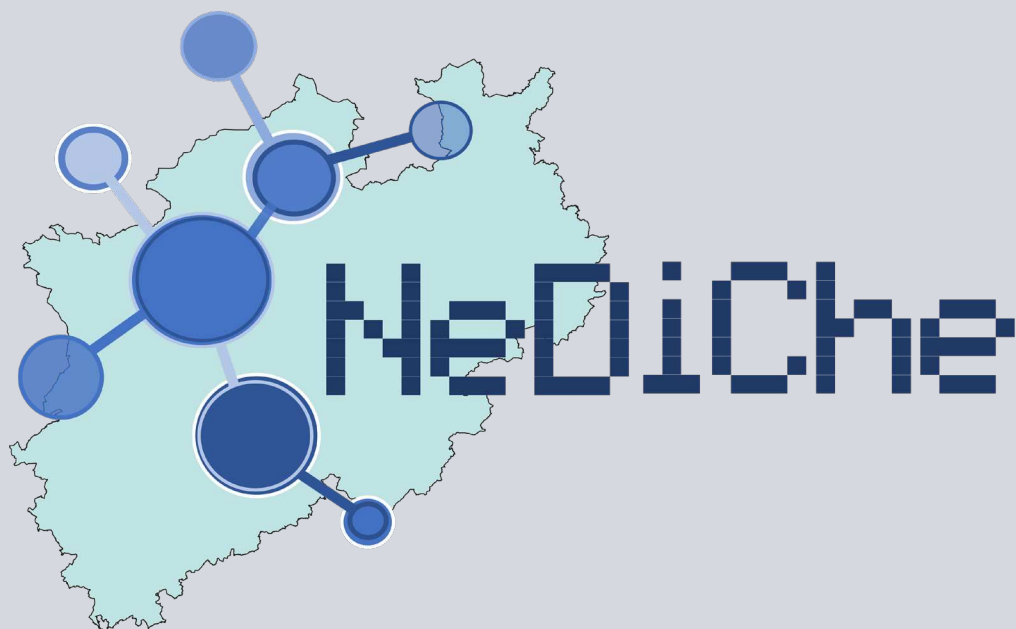


Netzwerk Digitalisierter Chemieunterricht



Sammelband NeDiChe- Treff 2023

Claudia Bohrmann-Linde
Nico Meuter
Diana Zeller
(Hrsg.)

DOI: <https://doi.org/10.25926/BUW/0-761>

URN: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:468-2-5063>

© Didaktik der Chemie Wuppertal, 2025

www.chemiedidaktik.uni-wuppertal.de

Satz: Anna Strehnisch

Dieses Werk steht – soweit nicht anders angegeben – unter der Creative Commons Namensnennung – Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International Lizenz (CC BY-SA 4.0) als Open-Access-Publikation zur Verfügung. Je nach den Bedingungen der jeweiligen Lizenzen können unterschiedliche Nutzungsrechte gelten, die von den Nutzer*innen berücksichtigt werden müssen, um mögliche rechtliche Verstöße zu vermeiden.

Hinweise:

Wir möchten darauf hinweisen, dass für die Inhalte der Beiträge in diesem Sammelwerk die Autor*innen vollständig verantwortlich sind. Die Herausgeber*innen sowie die fördernden Institutionen übernehmen keine Haftung für den Inhalt der Beiträge und haften nicht für mögliche rechtliche Verstöße.

Ebenso liegen bei allen in diesem Sammelwerk zu findenden Experimenten die Informationen in der Verantwortung der jeweiligen Autor*innen. Die Herausgeber*innen und die fördernden Institutionen übernehmen keine Haftung für Folgen, die auf beschriebene Experimente zurückzuführen sind. Vor der Durchführung eines Experiments muss eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt und die Lernenden auf mögliche Gefahrenquellen hingewiesen werden. Dabei sind die geltenden Richtlinien zur Unfallvermeidung beim Experimentieren zu beachten.

Claudia Bohrmann-Linde
Nico Meuter
Diana Zeller
(Hrsg.)

Netzwerk Digitalisierter Chemieunterricht - Sammelband NeDiChe-Treff 2023

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
Kremer, R., Meuter, N. und Bohrmann-Linde, C. Das Projekt OER.DigiChem – Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen im Studium	8
Müller, S. und Müller, L. Howto: Digitale Lernumgebungen für den Chemieunterricht mit PowerPoint entwickeln	13
Münch, B., Hilbert, S. und Tepner, O. Selbstbau eines low-cost pH-Sensors für den Chemieunterricht in der universitären Lehramtsausbildung	21
Rubner, I., Nazarenus, P. M. und Ditter, R. Science4Exit _{school} – Experimentelle Escape Games mit digitaler Anreicherung für den Chemieunterricht	30
Greitemann, L. und Melle, I. Tablet-basiertes Lernen bei der Vermittlung und Sicherung von Fachwissen: Vergleich von Erklärvideos und Aufgabenbearbeitung	37
Kremer, R., Gökkuş, Y. und Bohrmann-Linde, C. H5P-Selbstlernkurs für (angehende) Chemielehrkräfte – Partizipative Entwicklung eines Fortbildungsangebots für die Lehrkräftebildung	50

Vorwort zum Jahresband 2023

Auch im Jahr 2023 hat das Netzwerk digitalisierter Chemieunterricht an insgesamt neun Terminen „NeDiChe-Treff“ jeweils montags per Zoom verschiedene Fragen des digitalisierten Chemieunterrichts diskutiert und es wurden vielfältige Impulse durch unsere Referierenden erhalten. Zu allen Terminen finden Sie Informationen bzw. Materialien auf der NeDiChe-Homepage unter: <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/fuer-lehrkraefte/nediche/vergangene-vortraege-und-materialien/>

Darüber hinaus haben sich einige Referierende bereitgefunden, ihre Beiträge zu verschriftlichen. Diese Beiträge finden Sie im vorliegenden Sammelband.

Die Digitalisierung findet über sehr verschiedene Kanäle Einzug in den Chemieunterricht oder die chemiedidaktische Lehre. Dabei entstehen aufgrund der schnellen Weiterentwicklungen immer neue innovative Ideen zur Nutzung digitaler Medien oder digital gestützter Methoden zum Lernen von Chemie. So haben wir uns während der NeDiChe-Treffs im Jahr 2023 mit Themen wie Gamification anhand von Escape Games, dem Einsatz von AR für erweiterte Einblicke in die Welt der Chemie, die digitale Messwerterfassung, den OER-Gedanken bis hin zur Planung von Unterricht befasst.

Die Zusammenschau macht die Vielfalt der NeDiChe-Treffs deutlich.

Allen Autor*innen des Sammelbands sei an dieser Stelle sehr herzlich für die Beiträge und das Engagement gedankt!

Für die Erprobung aktueller digitalisierungsbezogener Angebote für den Chemieunterricht bietet die Didaktik der Chemie der Bergischen Universität fortlaufend auch weitere Fortbildungsangebote – digital und in Präsenz – an. Diese werden z.B. im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts ComeMINT entwickelt und evaluiert. Zur Anmeldung gelangen Sie über unsere Homepage: <https://chemiedidaktik.uni-wuppertal.de/de/fuer-lehrkraefte/lehrkraeftefortbildungen/>

Wir freuen uns, Sie auch in diesem Kontext begrüßen zu dürfen.

Das Herausgebenden-Team

Meuter, N. und Kremer, R. und Bohrmann-Linde, C.

Das Projekt OER.DigiChem – Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen im Studium

Auch wenn viele Studierende mit digitaler Technik aufgewachsen sind, fehlen ihnen oft die Kenntnisse, die verfügbare Software gewinnbringend einzusetzen. Im Rahmen einer OER-Initiative wurden mehrere Lernpakete mit einer Vielzahl von Erklärvideos zu verschiedenen, in der Chemie und anderen Bereichen wichtigen Programmen erstellt, die den Studierenden das selbstständige Aneignen dieser Kompetenzen ermöglichen sollen.

Die Generationen, die mit digitalen Endgeräten aufgewachsen sind, werden oft als „Digital Natives“ bezeichnet. Dennoch fehlt es ihnen oft an einem Verständnis, wie gängige Software eingesetzt werden kann [1]. Dies kann an dem teils großen Funktionsumfang der eingesetzten Programme liegen, was einen intuitiven Umgang mit dieser von vornherein verbaut. Kommen Anforderungen in der Schule oder der Universität hinzu, die die Nutzung neuer Programme voraussetzen, sind Lernende oft überfordert. Die Kompetenzen, mit den Programmen bereits korrekt umgehen zu können oder sich kurzfristig in diese einzuarbeiten, werden nicht nur während der Ausbildung, sondern auch im späteren Berufsleben, vorausgesetzt, sind jedoch kaum Teil der (universitären) Curricula.

Um diesem entgegenzuwirken, wurde das Projekt OER.DigiChem durchgeführt. Ziel war es, mithilfe von einfachen Videos den Lernenden die Benutzung von Software im (Chemie-)Studium näherzubringen. Dazu wurden mehrere OER-Arbeitspakete geschnürt, die teils allgemeine, teils chemiespezifische Software, aber auch Digitalfotografie behandeln.

In diesem Artikel werden der OER-Gedanke, sowie die Arbeitsschritte zur Erstellung dieser Arbeitspakete und deren Einbettung in ein Lernmanagementsystem kurz vorgestellt.

OER – Open Educational Resources

Open Educational Resources sind Materialien, die von den Erstellenden unter Creative Commons Lizenz anderen Lehrenden zur Verfügung gestellt werden. Die offeneren Varianten dieser Lizenzen treffen dabei den OER-Gedanken, dass diese von den Nutzenden nicht nur weiterverwendet, sondern auch ihren Bedürfnissen nach angepasst werden können. Oftmals wird von den Erstellenden die kommerzielle Nutzung ausgeschlossen, da diese nicht wollen, dass andere mit diesen Materialien Geld verdienen, ohne etwas zur Erstellung beigetragen zu haben.

Abbildung 1 zeigt eine Übersicht über alle Creative Commons Lizenzen. Die Lizenzen, die dem OER-Gedanken entsprechen, sind blau und grün hinterlegt. Die anderen Lizenzen, auch wenn sie Materialien für jeden zur freien Verfügung stellen, bilden nicht den OER-Gedanken ab. Da der Gedanke hinter OER ist, dass die Materialien an die eigenen Bedürfnisse angepasst werden können, fallen Lizenzen mit dem Kürzel ND – ND steht für Non-Derivative – komplett heraus. Da auch eine Nutzung von allen Bildungseinrichtungen und Lehrenden möglich sein soll, sind die Lizenzen mit dem Kürzel NC – NC für Non-Commercial – ebenfalls problematisch. Nicht störend sind die Kürzel BY, die lediglich die Nennung der ursprünglich Urhebenden verlangt und das Kürzel SA – Share Alike –, das verlangt, dass, wenn Materialien verändert und anderen zugänglich gemacht werden, dies ebenfalls unter den gleichen Bedingungen und nicht etwa restriktiveren (oder auch freieren) geschieht.

Das OER.DigiChem-Projekt

Während ihres Chemie-Studiums müssen Studierende verschiedenste Protokolle und Arbeiten

	Lizenz	Nutzungsbedingung	Materialien dürfen ...
OER		keine (gemeinfrei)	... komplett frei genutzt werden
		Nennung der Urhebenden	... geteilt, verändert und kommerziell genutzt werden
		Nennung und Weitergabe von Derivaten unter gleichen Bedingungen	... geteilt, verändert und kommerziell genutzt werden
teilweise OER		Nennung und keine kommerzielle Nutzung	... geteilt und verändert werden
		Nennung, keine kommerzielle Nutzung und Weitergabe von Derivaten unter gleichen Bedingungen	... geteilt und verändert werden
nicht OER		Nennung und keine Bearbeitung erlaubt	... geteilt und unverändert, auch kommerziell genutzt werden
		Nennung, keine kommerzielle Nutzung und keine Bearbeitung erlaubt	... nur mit anderen geteilt werden

Abb. 1: Übersicht über die Creative-Commons-Lizenzen und inwieweit diese dem OER-Gedanken zuträglich sind. Die Lizenz-Logos in der Tabelle stammen von <https://creativecommons.org/> und werden unter der „Namensnennung 4.0 International“ Lizenz genutzt (CC-BY, vgl. zweite Zeile in der Tabelle).

abgeben oder Vorträge halten. Dabei werden oft einfache Formatierungsregeln nicht beachtet oder die Vortragsfolien sind überfrachtet. Möglichkeiten, die Office-Programme bieten, um diese Probleme direkt beim Erstellen einfach zu umgehen oder zu beachten, sind häufig nicht bekannt und sobald sich Studierende in neue, chemiespezifische Software einarbeiten müssen, kann dies eine Hürde darstellen. Teilweise kennen auch einige Dozierende nicht alle Möglichkeiten der jeweiligen Software. Im Rahmen des Verbundprojekts „OER.DigiChem: Entwicklung von OER in Form von E-Tutorien zur Kompetenzentwicklung bei der Nutzung von digitalen Werkzeugen in der Chemie“, das in der Förderlinie „OERContent.nrw“ durch das MKW NRW finanziert wurde [2;3], konnten an den

beteiligten Standorten Technische Hochschule Köln, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf und Bergische Universität Wuppertal eine Reihe von Videos zu allgemeiner und chemiespezifischer Software erstellt werden. Um eine möglichst einheitliche Gestaltung und Qualität der Videos zu gewährleisten, wurde eine Befragung von Studierenden zu verschiedenen Gestaltungsformaten von Videos durchgeführt und darauf aufbauend ein gemeinsamer Prototyp für die Produktion aller Videos umgesetzt [4]. Zusätzlich wurden zunächst Drehbücher erstellt, die die jeweiligen Inhalte kurz und prägnant darstellen sollen. Die erstellten Drehbücher wurden jeweils von Mitarbeitenden eines der anderen beiden Standorte gegengelesen und kommentiert. Nach Möglichkeit sollten einzelne Videos nicht länger

als fünf Minuten sein.

Mithilfe der jeweiligen IT-Abteilungen wurde anschließend der Text vom Sprecher in Greenscreen-Studios aufgenommen. Die Bildschirmaufnahmen wurden nachträglich mithilfe der Videobearbeitungssoftware *Camtasia* erstellt und anschließend entsprechend dem Drehbuch geschnitten. Damit die Videos einheitlich erscheinen, wurde eine Vorlage für die Videoschnittsoftware *DaVinci Resolve* erstellt und an allen Standorten für die Produktion verwendet.

Die Lernpakete

Um die Studierenden auf Aufgaben in ihrem Studium und späteren Arbeitsleben vorzubereiten, wurden die folgenden Pakete geschnürt:

- Word (als Vertreter für Schreibprogramme)
- Excel (als Vertreter für Tabellenkalkulationsprogramme)
- Powerpoint (als Vertreter für Präsentationsprogramme)
- Fotografie im Labor (für Lehramtsstudierende)
- Darktable (Programm zur „Entwicklung“ digitaler Fotografien)
- eLabFTW (ein elektronisches Laborjournal)
- Citavi (Literaturverwaltungsprogramm)
- Endnote (Literaturverwaltungsprogramm)
- Zotero (Literaturverwaltungsprogramm, OpenSource)
- ChemSketch (Zeichenprogramm für chemische Formeln der organischen Chemie)
- ChemDraw (Zeichenprogramm für chemische Formeln der organischen Chemie)
- MestReNova (Auswertungsprogramm für NMR-Spektren)
- GIMP (Grafikbearbeitungsprogramm)
- Inkscape (Zeichenprogramm)

Die Videos zu den Programmen können einzeln angeschaut werden, damit gezielte Fragen schnell beantwortet werden können. Die Videos rahmend wurden zusätzlich in den Lernumgebungen Ilias und Moodle Lernsequenzen erzeugt, die den Lernenden die Nutzung der Programme näherbringen.

Im Folgenden wird das Konzept der Lernsequenzen beispielhaft am Lernpaket zu Word umrissen.

Lernpaket Textverarbeitungsprogramme – Word

Am Anfang einer Lernsequenz wird den Lernenden das Lernziel bekannt gegeben. Dann werden im ersten Unterabschnitt die Erstellung und das Speichern eines Dokumentes erklärt. Dies mögen sehr triviale Schritte sein, können aber für Nutzende von tabletbasierten Programmen, die teilweise Dokumente automatisch speichern, dennoch neue Arbeitsschritte beinhalten.

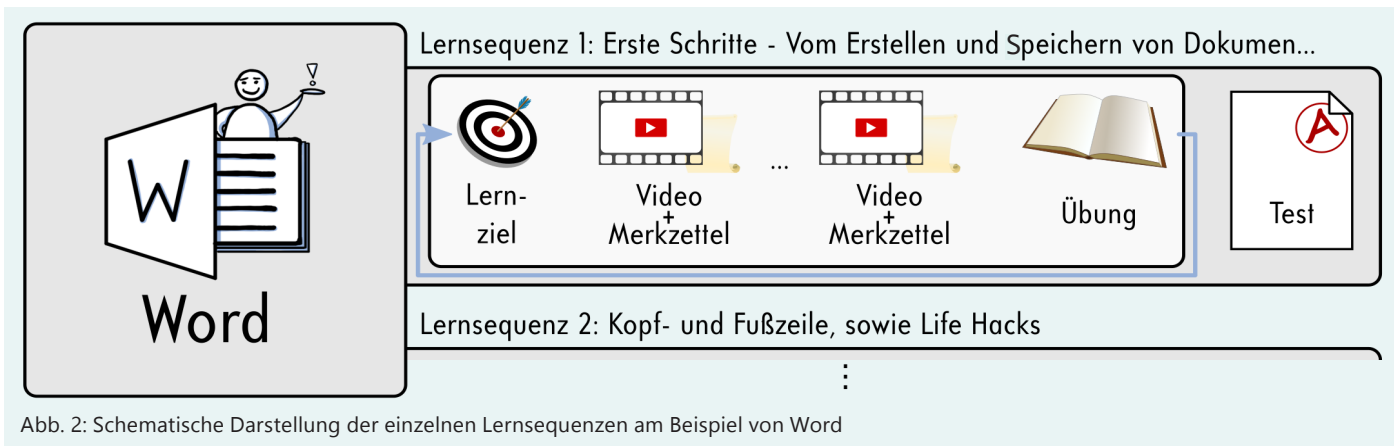
Der nächste Abschnitt befasst sich mit dem Erstellen eines Layouts. Seitenränder sowie Hoch- und Querformat werden angesprochen sowie die Möglichkeit, dieses fertig erstellte Layout als Vorlage zu speichern und wieder aufzurufen.

Textverarbeitungsprogramme wie Word haben sehr viele Funktionen, die gerade Anfänger*innen nicht bekannt sind und die auch nicht leicht zu finden sind. Daher befasst sich der nächste Abschnitt damit, wie die Symbolleiste für den Schnellzugriff angepasst wird, um oft benötigte Funktionen schneller zu finden, wie z.B. Abschnittsumbrüche.

Diese drei Mini-Lektionen, die je von einem Video mit maximal 5 Minuten Länge begleitet sind, werden mit einer kurzen Übung abgeschlossen, die darauf abzielt, ein Layout entsprechend einer Vorgabe zu erstellen.

Die nächste Lernsequenz befasst sich mit Dokumentstrukturen. Dazu gehören Formatvorlagen, die für Überschriften, den Haupttext und andere Textabschnitte, wie z.B. Zitate, eine konsistente Formatierung ermöglichen. Diese werden für die im Anschluss besprochenen Inhalts- und anderen Verzeichnisse verwendet. Seiten- und Absatzumbrüche, die den Wechsel vom Hoch- zum Querformat oder die Verwendung anderer Kopf- und Fußzeilen erlauben, beenden diesen Abschnitt.

Im Weiteren wird in ähnlicher Weise auf Kopf- und Fußzeile, das Einfügen von (mathematischen) Gleichungen, die Nutzung von Kapitälchen und geschützten Leerzeichen eingegangen. Gerade letztere, die eine Zahl und ihre dazugehörige



Einheit zusammenhalten, sind für wissenschaftliche Arbeiten von Interesse.

All dies sind Funktionen, die für das Verfassen von z.B. Abschlussarbeiten wichtig sind. Allerdings ist die Existenz dieser Funktionen vielen Lernenden gar nicht erst bekannt, obwohl sie das Verfassen solcher Arbeiten immens erleichtern.

Zusammenfassung und Ausblick

Die bestehenden OER.DigiChem-Pakete sollen Lernenden helfen, die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen im Studium zu erwerben und einen Überblick über Möglichkeiten typischer genutzter Programme zu erhalten. Dies soll die Arbeit im Studium erleichtern und nötiges „Rüstzeug“ für Anforderungen des späteren Arbeitslebens vermitteln. Die Kurse sind über die Lernplattformen Moodle der Bergischen Universität und Ilias der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, sowie der TH Köln erreichbar und können von Lernenden, auch als Gäste, genutzt werden.

An der Bergischen Universität werden Vorarbeiten zur Integration dieser Pakete im Lehramtsstudium über das Modul „Digitale Kompetenz“ vorgenommen. Dafür werden die Kurse mit dem vorhandenen Videomaterial soweit wie möglich ausgebaut.

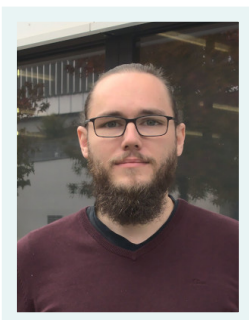


Literatur

- [1] Eickelmann, B. et al. (Hrsg.) (2024). ICILS 2023 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking von Schüler*innen im internationalen Vergleich, Waxmann Verlag, Münster.
- [2] <https://www.schelm.hhu.de/OerDigiChemNRW/start.html> (Zugriff: 22.11.24)
- [3] Mertineit, A.; Schaper, Klaus; Bohrmann-Linde, C.; Burdinski, D.; Zulauf, B.; Meuter, N.; Hackradt, H.; Kremer, R. (2022). Teaching Software Skills Using a Freely Accessible Learning Space - an OER Approach. EDULEARN Proceedings 22, p.7073-7081. DOI: 10.21125/edulearn.2022.1661
- [4] Mertineit, A.; Burdinski, D.; Zulauf, B.; Hackradt, H.; Meuter, N.; Bohrmann-Linde, C.; Schaper, K. (2022). Helping Digital Natives to Become Digital Natives Through Production Standards, Research and Quality Systems? ICERI Proceedings 2022, p.3913-3920. DOI: 10.21125/iceri.2022.0949

Kurzbiografien und Fotos

Richard Kremer studierte bis 2017 die Fächer Mathematik und Chemie für das Lehramt an Gymnasien an der Bergischen Universität Wuppertal. Er promovierte bei Prof. Dr. Tausch zum Thema „Künstliche Photosynthese“. Zurzeit befindet Herr Kremer im Referendariat am ZfsL Neuss.



richard-kremer@schule.duesseldorf.de

Claudia Bohrmann-Linde, ausgebildete Lehrerin für Chemie und Englisch und Professorin für Didaktik der Chemie an der BUW, vertritt die curriculare Innovationsforschung zu Energiekonversionen, arbeitet zu BNE und digitalen Medien im Chemieunterricht und ist Herausgeberin verschiedener Schulbücher.



Nico Meuter absolvierte das Staatsexamen im Jahr 2013 in den Fächern Chemie und Mathematik für das Lehramt Sekundarstufe II/I an Gymnasien an der Bergischen Universität Wuppertal. Im Anschluss an die Examensarbeit folgte 2018 die Promotion zum Thema

„Experimentierkoffer für Photoprozesse in der Lehre der Naturwissenschaften Photo-LeNa: Distribution, Monitoring und Optimierung“ in der Arbeitsgruppe Tausch. Nico Meuter ist inzwischen als Laborleiter im Arbeitskreis Didaktik der Chemie an der Bergischen Universität Wuppertal tätig.

Müller, S. und Müller, L.

Howto: Digitale Lernumgebungen für den Chemieunterricht mit PowerPoint entwickeln

Um die digitalen Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften bereits während ihres Studiums zu fördern [1], wurde das Projekt **e-lement** konzipiert [2]. Im Rahmen des zugehörigen Studienmoduls entwickeln Masterstudierende in enger Zusammenarbeit mit Lehrkräften von kooperierenden Schulklassen und Chemiekursen digitale Lernumgebungen für den Chemieunterricht. Die Lehrkräfte nennen hierzu zunächst ihren Bedarf, z. B. dass Lernenden zu Beginn der Sekundarstufe II die Möglichkeit geboten werden soll, zentrale Inhalte aus der Sekundarstufe I differenziert und eigenständig wiederholen zu können. Während der Entwicklung der Lernumgebungen tauschen sich die Studierenden regelmäßig mit der Lehrkraft über den Entwicklungsstand und über die betreffende Lerngruppe aus, für die die Lernumgebung konzipiert werden soll. Anschließend werden die Lernumgebungen von den Klassen bzw. Kursen in Form von Schülerlabor Tagen oder im Unterricht getestet. Währenddessen erhalten die Studierenden die Gelegenheit, ihre Lernumgebungen durch den Einsatz verschiedener Datenerhebungs- und Datenauswertungsmethoden hinsichtlich selbstgewählter Fragestellungen zu evaluieren. Beispielsweise werden im Studienmodul verschiedene Techniken der qualitativen Inhaltsanalyse [3], quantitative Forschungsmethoden [4] sowie digitale Erhebungsmöglichkeiten, wie Screencast oder Videografie, vermittelt. Auf diese Weise erhalten die Studierenden eine direkte Rückmeldung darüber, ob ihre Lernumgebungen bereits für den Unterricht geeignet sind und inwiefern sie gegebenenfalls noch adaptiert werden müssen. Somit lernen die angehenden Lehrkräfte im Modul auch, wie sie den Einsatz digitaler Hilfsmittel im eigenen Chemieunterricht reflektieren können. Darüber hinaus werden sie auf die Durchführung

eigener empirischer Forschungsprojekte im Bereich Chemiedidaktik vorbereitet, beispielsweise im Zuge einer Abschlussarbeit. Das Akronym **e-lement** steht dementsprechend für „**e-Learning entwickeln mitsamt Evaluation durch neue Techniken**“. Mehr Informationen zu Inhalt und Aufbau des Studienmoduls finden sich bei Müller, Müller und Reiners (2021) [5].

In diesem Beitrag wird beschrieben, wie die digitalen Lernumgebungen bei **e-lement** auf der Grundlage einfacher *PowerPoint*-Funktionen und ganz ohne Programmierkenntnisse erstellt werden können [5].

Die Lernumgebungen bei e-lement

Die Lernumgebungen bei **e-lement** sind größtenteils als *PowerPoint*-Präsentationen angelegt [5,6], welche mit dem sogenannten **Kioskmodus** (siehe nächster Abschnitt) in eine Art **Point-and-Click-Adventure** umfunktioniert werden können. Das bedeutet, dass sich die Lernenden nicht einfach durch die Präsentation „durchklicken“ können. Stattdessen können sie sich nur durch das Anklicken oder Berühren bestimmter Objekte (sogenannter „Buttons“) oder erst nach dem Ablauf einer gewissen Zeitspanne (z. B. nach dem Betrachten eines Erklärvideos) weiter durch die Präsentation navigieren. In Abb. 1 ist die Startfolie einer solchen von Studierenden im Rahmen des Projektes entworfenen Lernumgebung zum Thema Alkanole dargestellt. Die Lernenden gelangen durch das Auswählen der entsprechenden Buttons auf dieser Folie zu den einzelnen Kapiteln der Lernumgebung, z. B. zu einem Kapitel über die Eigenschaften der Alkanole.

Diese Art der Präsentationsgestaltung bietet mehrere Vorteile für den Einsatz im Unterricht: Zum einen sind fast alle (mobilen) Endgeräte an Schulen mit *PowerPoint* ausgestattet und zur

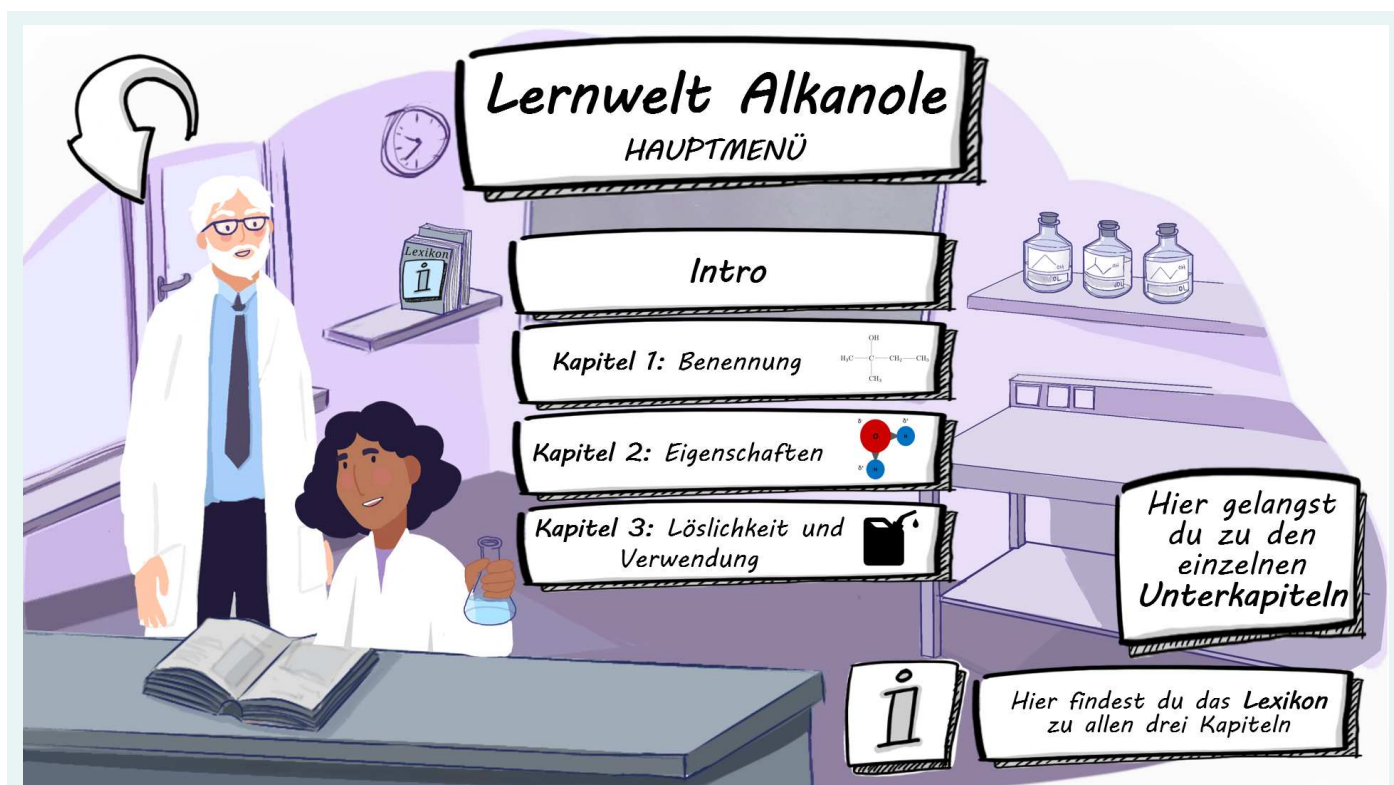


Abb. 1: Startfolie der digitalen Lernumgebung von e-lement zum Thema Alkanole. Durch das Anklicken oder Berühren der entsprechenden Buttons gelangt man zu den einzelnen Kapiteln oder dem Lexikon der Lernumgebung.

Nutzung der Lernumgebungen ist, im Gegensatz zu einigen anderen Präsentationsprogrammen (z.B. *Prezi*), keine permanente Internetverbindung notwendig. Zum anderen sind zur Erstellung der Lernumgebungen keine Programmierkenntnisse erforderlich, wohingegen die Kenntnisse über die zur Erstellung benötigten Funktionen von *PowerPoint* unter anderem auch zur Gestaltung von Vortragspräsentationen hilfreich sein können. Darüber hinaus bieten sich innerhalb der Lernumgebungen zahlreiche Möglichkeiten zur offenen und geschlossenen Differenzierung im Chemieunterricht an: Da sich die Lernenden mit dem Mauszeiger oder per Touch(pad) durch die Lernumgebung bewegen, können diese beispielsweise selbst entscheiden, ob sie bei einer Aufgabe zur Benennung von Alkanolen direkt zur nächsten Übungsaufgabe „weiterklicken“ oder ob sie die zugehörigen Nomenklaturregeln noch einmal in einem digitalen Lexikon nachlesen möchten, welches sie über einen entsprechenden „Lexikon-Button“ (siehe Abb. 1) erreichen können. Auch kann die Lernumgebung

so konzipiert werden, dass die Lernenden die Inhalte auf verschiedenen, individuellen Lernwegen durchlaufen, je nachdem wie beispielsweise ihre Antworten oder Selbsteinschätzungen zu einer Thematik zu Beginn der Lernumgebung aussehen. Um die lernförderlichen Potenziale der digitalen Lernumgebungen für den Chemieunterricht optimal nutzen zu können [7], wird bei deren Konzeption während der Lehrveranstaltungen bei *e-lement* darauf geachtet, dass die Umgebungen im Sinne des Digital Game-Based-Learning [8] immersiv und spielerisch gestaltet werden. Hierzu bietet es sich beispielsweise an, die zu vermittelnden Inhalte in Form einer spannenden Geschichte zu präsentieren, in welche die Lernenden „eintauchen“ oder die Lernenden durch das Sammeln von Punkten dazu zu motivieren, einen Highscore zu erzielen. Darüber hinaus sollen die Lernumgebungen auch mit multimedialen Inhalten wie Erklärvideos, Audio Spuren oder Animationen auf Teilchenebene versehen sowie stets mit praktischen Experimenten verknüpft werden. In der digitalen Lernum-

gebung zu Alkanolen (siehe Abb.1) haben die Lernenden beispielsweise die Möglichkeit, sich sowohl über das Betrachten von verschiedenen Animationen als auch über Informationstexte, die gleichzeitig mit einer Audiospur verknüpft sind, über verschiedene zwischenmolekulare Wechselwirkungen zu informieren, bevor sie sich mit den Eigenschaften von Alkanolen auseinandersetzen.

Im Laufe des Projektes sind in Kooperationen mit Klassen und Chemiekursen verschiedener Schulformen auf diese Weise unter anderem bereits digitale Lernumgebungen zu den folgenden Problemstellungen bzw. Themen entwickelt und evaluiert worden:

- „Wie funktionieren Wärmepflaster?“
- „Wie entkommen wir dem Hamster?“ – Digitaler Escape-Room zur Einführung in die Säure-Base-Chemie
- Aufgaben zur Abiturvorbereitung
- Die radikalische Substitution: Mechanismus, energetische Betrachtung und Übungen
- Alkanole: Benennung, Eigenschaften und Verwendung
- Fit für die Qualifikationsphase
- Die Geschichte der Säure-Base-Konzepte

Auch wenn der Kreativität bei der Gestaltung der Lernumgebungen bezüglich des Designs und Umfangs keine Grenzen gesetzt sind, werden zur grundsätzlichen Erstellung einer solchen Präsentation lediglich die folgenden grundlegenden *PowerPoint*-Funktionen benötigt, welche in den nächsten Abschnitten näher beschrieben werden:

- Funktion 1: Einrichten des Kioskmodus
- Funktion 2: Einfügen und Gruppieren von Objekten
- Funktion 3: Dynamisches Animieren von Objekten
- Funktion 4: Setzen von Triggern
- Funktion 5: Links und Verknüpfungen hinzufügen
- Funktion 6: Per Zoom zwischen Folien wechseln

Auf der Website des Projekts **e-lement & Co.** der Universität Koblenz finden sich Erklärvideos mit Schritt-für-Schritt-Anleitungen zu den einzelnen Funktionen, welche – neben einigen Impressionen aus den bisher erstellten Lernumgebungen – über den in Abb.2 dargestellten QR Code abrufbar sind. Darüber hinaus findet sich in



Abb. 2: QR-Code zur Website des Projekts **e-lement & Co.** auf der sich Video-Tutorials zu den im Beitrag beschriebenen *PowerPoint*-Funktionen und Eindrücke aus den bisher im Projekt entstandenen Lernumgebungen finden lassen

Tab. 1 eine Übersicht mit Kurzanleitungen zu den in diesem Beitrag vorgestellten Funktionen.

Die folgenden Beschreibungen beziehen sich jeweils auf die Software *Microsoft Office PowerPoint LTSC Standard 2021* sowie *Microsoft 365 PowerPoint*. Die meisten Funktionen sind in ähnlicher Form auch in anderen Versionen von *Microsoft-PowerPoint* oder Open Source-Programmen wie *LibreOffice* von *The Document Foundation* zu finden. Somit ist die Erstellung der Lernumgebungen auch auf *Apple*-Endgeräten möglich. Eine Einschränkung besteht bei der Nutzung der Lernumgebungen für iPads oder iPhones, da sich der **Kioskmodus** auf diesen Geräten nicht ohne zusätzliche Programme (z. B. *Keynote* von *Apple*) einstellen lässt, sodass die Lernenden in diesem Fall durch Berührung des Bildschirms („Swipen“) zwischen den Folien hin- und herwechseln können, auch wenn dies nicht gewünscht wird.

Funktion 1: Einrichten des Kioskmodus

Um *PowerPoint*-Präsentationen als **Point-and-Click**-Lernumgebungen für den Chemieunterricht nutzen zu können, muss die entsprechende Bildschirmpräsentation im sogenannten **Kioskmodus** gestartet werden. Auf diese Weise wird verhindert, dass die Lernenden immer zwischen den einzelnen Folien und Abschnitten innerhalb der Lernumgebung per Mausklick oder durch Berühren des Bildschirms hin- und herwechseln

und sich so schnell „durchklicken“ können. Hierzu muss im Programm *PowerPoint* im Menüband zur Registerkarte „Bildschirmpräsentation“ navigiert und anschließend auf „Bildschirmpräsentation einrichten“ geklickt werden. Daraufhin öffnet sich das in Abb. 3 dargestellte Fenster mit verschiedenen Optionen zur Anpassung der Bildschirmpräsentation. Zur Aktivierung des Kioskmodus muss nun „Ansicht an einem Kiosk (volle Bildschirmgröße)“ als Art der Präsentation festgelegt und die neue Einstellung anschließend mit „OK“ bestätigt werden (siehe Abb. 3). Wird die Präsentation im Anschluss gestartet, ist der Kioskmodus aktiviert. Um nun zwischen Folien wechseln zu können, werden Verlinkungen benötigt. Wie diese erstellt werden können, wird im Abschnitt „Funktion 5: Links und Verknüpfungen hinzufügen“ erläutert.

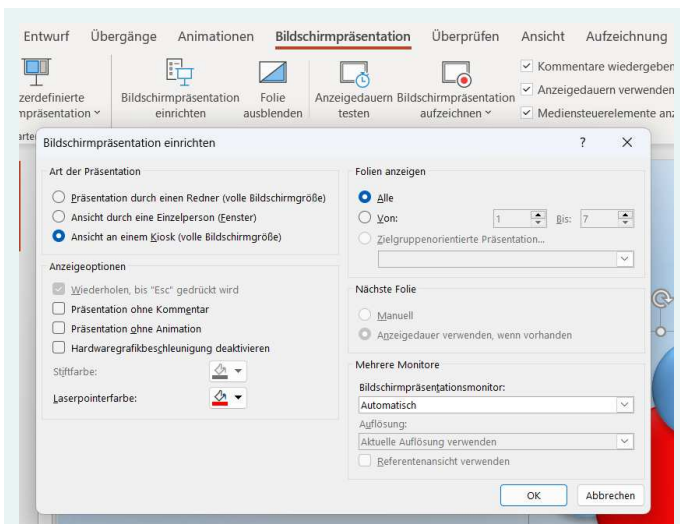


Abb. 3: Einrichten des sogenannten Kioskmodus über die Registerkarte „Bildschirmpräsentation“ im Programm *PowerPoint*.

Funktion 2: Einfügen und Gruppieren von Objekten

Zur Erstellung von „Buttons“, aber auch um beispielsweise Modelle submikroskopischer Teilchen darzustellen, können verschiedene Formen und Piktogramme genutzt werden, welche sich im Programm *PowerPoint* über die Registerkarte „Einfügen“ finden lassen, z. B. Kreise, Pfeile oder Sprechblasen (siehe Abb. 4). Per Mausklick können sie ausgewählt, in die Präsentation integriert und anschließend bezüglich Größe, Farbe, Form

oder Ausrichtung individuell angepasst werden. Daneben finden sich auf der Registerkarte auch 3D-Modelle zum Einfügen in die Präsentation. Beispielsweise sind in *Microsoft Office PowerPoint* bereits 3D-Modelle von verschiedenen Molekülen, Kristallgittern und Orbitalen hinterlegt. Es lassen sich über die entsprechenden Funktionen aber auch eigene Bilder oder 3D-Modelle ergänzen und anschließend als Objekte in die Präsentation einfügen.

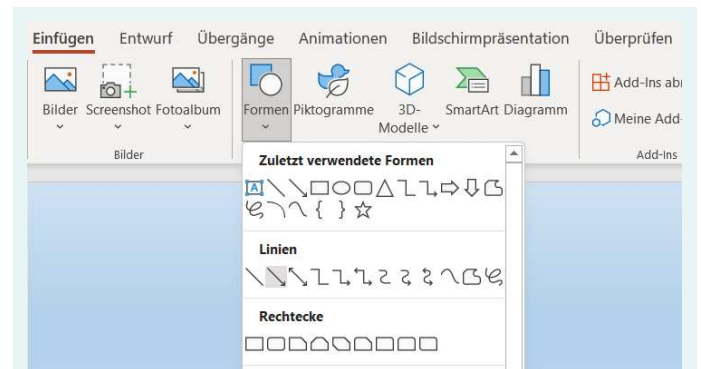


Abb. 4: Über die Registerkarte „Einfügen“ lassen sich Bilder, Formen und andere Objekte in jede Präsentation integrieren.

Möchte man mehrere Formen und/oder Bilder miteinander zu einer größeren Objektgruppe verbinden, z. B. um ein Wasser-Molekül modellhaft darzustellen, kann man diese **gruppieren**. Hierzu müssen die einzelnen Objekte, wie in Abb. 5 dargestellt, zunächst markiert werden. Anschließend kann per Rechtsklick auf eine markierte Fläche ein Fenster mit verschiedenen Optionen aufgerufen werden. Klickt man auf das Feld „Gruppieren“, werden die ausgewählten Objekte zu einer Gruppe zusammengefasst. Alternativ können die Objekte einer Objektgruppe mit der Funktion „Gruppierung aufheben“ auch wieder voneinander getrennt werden.

An dieser Stelle sei kurz auf den **Auswahlbereich** hingewiesen, welcher dabei helfen kann, die Übersicht über alle Objekte und Objektgruppen auf einer Folie zu behalten. Er lässt sich bei *PowerPoint* öffnen, wenn man auf der Registerkarte „Start“ die Funktion „Anordnen“ (bei *Microsoft 365* unter der Funktion „Zeichnen“) und anschließend „Auswahlbereich“ auswählt. Im Auswahlbereich werden anschließend sämtli-

che Formen, Gruppierungen, Bilder und Modelle der betrachteten Präsentationsfolie aufgelistet. Klickt man auf eine Bezeichnung, wird das entsprechende Objekt auf der Folie markiert und es kann somit leicht identifiziert werden. Das Durchführen eines Doppelklicks auf die Bezeichnung im Auswahlbereich ermöglicht es zudem, die Bezeichnung zu ändern, sodass den einzelnen Formen und Bildern eindeutige Namen zugeordnet werden können.

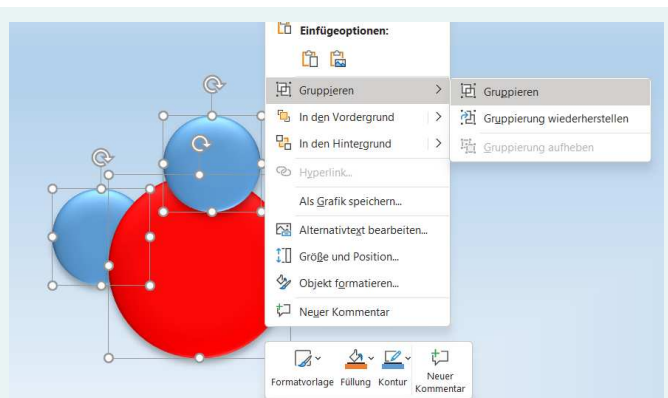


Abb. 5: Mehrere Objekte können per Rechtsklick und der Funktion „Gruppieren“ zu einer Objektgruppe zusammengefasst werden.

Funktion 3: Dynamisches Animieren von Objekten

Die Animationsfunktion bei *PowerPoint* kann nicht nur dafür genutzt werden, um Objekte wie Sprechblasen ein- und auszublenden, sondern mit ihr lassen sich auch Teilchenbewegungen simulieren. Hierzu können **Animationspfade** genutzt werden, welche sich auf der Registerkarte „Animationen“ finden lassen. Klickt man beispielsweise auf das Symbol „Benutzerdefinierter Pfad“ (siehe Abb. 6) und hält anschließend die linke Maustaste gedrückt, kann man für das ausgewählte Objekt einen individuellen Pfad über die Folie hinweg zeichnen. Sobald man die Maustaste loslässt, wird der eingezeichnete Pfad als Animation gespeichert. Über die „Effektoptionen“ (diese finden sich im Animationsbereich) lassen sich auch die Anzeigedauer, die Geschwindigkeit oder die Anzahl an Wiederholungen der Animation einstellen, z. B. um die Bewegung eines Moleküls im Raum modellhaft darzustellen.

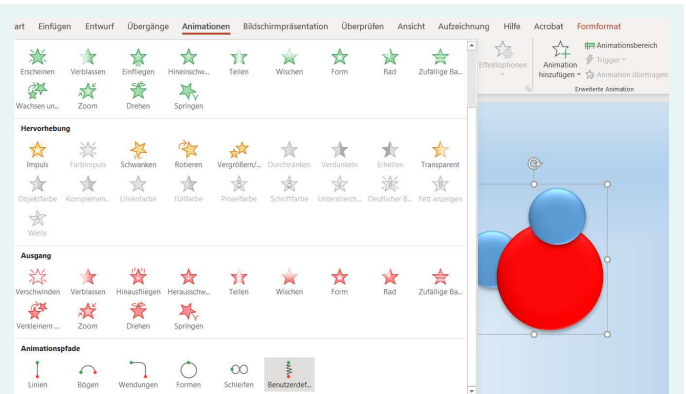


Abb. 6: Mithilfe der Animation „Benutzerdefinierter Pfad“ können Teilchenbewegungen animiert werden.

Funktion 4: Setzen von Triggern

Sollen bestimmte Animationen, wie die zuvor dargestellten Animationspfade, innerhalb der Lernumgebung erst gestartet werden, wenn die Lernenden auf ein bestimmtes Objekt klicken, z.B. auf die richtige Lösung in einer Aufgabenstellung, empfiehlt sich das Einrichten eines Triggers (Auslösers). Die entsprechende Funktion findet sich nach dem Einfügen einer Animation ebenfalls auf der Registerkarte „Animationen“. Wählt man dort, wie in Abb. 7 dargestellt, den Button „Trigger“ und anschließend die Option „Beim Klicken auf“ aus, erscheint eine Liste mit den Bezeichnungen aller auf der Folie befindlichen Objekte. Durch das Anklicken der zugehörigen Bezeichnung wird ein Objekt, z. B. eine eingefügte Grafik, nun mit einem Trigger versehen. Wechselt man anschließend in den Präsentationsmodus und klickt auf das Objekt, startet die verknüpfte Animation.

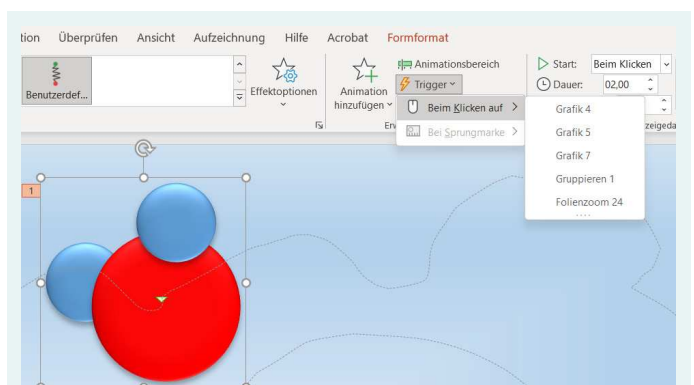


Abb. 7: Werden Animationen mit Triggern versehen, starten diese in der Lernumgebung erst, wenn die mit der Animation verknüpften Objekte von den Lernenden angeklickt werden.

Funktion 5: Links und Verknüpfungen hinzufügen

Das Einfügen von Links ermöglicht die Navigation innerhalb der *PowerPoint*-Lernumgebung. Soll ein Objekt, beispielsweise eine Grafik, mit einem Link versehen werden, klickt man mit einem Rechtsklick auf das Objekt und wählt im anschließend erscheinenden Fenster die Option „Link“ aus (in älteren Versionen „Hyperlink“). Anschließend erscheint ein neues Fenster „Link einfügen“ (siehe Abb. 8), in welchem man auswählen kann, wohin der Link führen soll. Hierbei stehen zahlreiche Möglichkeiten zur Verfügung: Es können Links zu anderen Folien der gleichen Präsentation, aber auch zu anderen Präsentationen, Dokumenten oder Internetseiten eingerichtet werden. Somit ist es möglich, die Lernumgebung auch mit Videoplattformen oder anderen externen Webseiten zu verknüpfen, wodurch Anwendungen wie Rechercheaufträge oder das Beantworten eines Online-Fragebogens integriert werden können. Falls

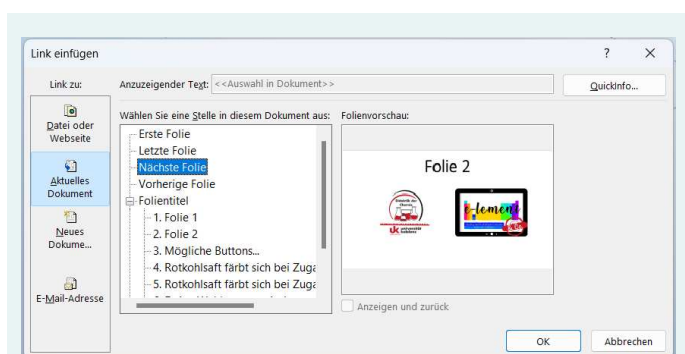


Abb. 8: Eingefügte Grafiken können mit Links zu anderen Folien der gleichen Präsentation, zu anderen Dokumenten oder zu Internetseiten versehen werden.

beispielsweise ein Bild auf der Startfolie direkt zur zweiten Folie der Präsentation führen soll, so muss im Dialogfenster „Link einfügen“ die Option „Aktuelles Dokument“ und anschließend entweder der Folientitel „Folie 2“ oder „Nächste Folie“ ausgewählt und die Auswahl anschließend mit „OK“ bestätigt werden. Wechselt man daraufhin in den Präsentationsmodus und klickt auf das entsprechende Bild, gelangt man direkt zur zweiten Folie der Präsentation. Werden Objekte innerhalb der Präsentation kopiert, die mit einem Link versehen sind, so wird der Link ebenfalls übernommen.

Funktion 6: Per Zoom zwischen Folien wechseln

Ein direkter Link zwischen zwei Folien innerhalb der Präsentation lässt sich in *PowerPoint* alternativ auch via **Folienzoom** einrichten. Hierzu „zieht“ man die Folie, auf die verlinkt werden soll, einfach per Drag-and-Drop aus der Folienübersicht (siehe Abb. 9) auf die Folie von welcher der Link ausgehen soll. Anschließend erscheint eine verkleinerte Abbildung der „hineingezogenen“ Folie auf der aktuellen. Klickt man im Präsentationsmodus auf diese Abbildung, gelangt man mit einem „Zoom-Effekt“ auf die gewünschte Folie. Auf der Registerkarte „Zoom“ kann die Darstellung des Folienzooms anschließend individuell angepasst werden.



Abb. 9: Wird eine Folie aus der Folienübersicht auf die aktuell bearbeitete Folie gezogen, erscheint eine direkte Verlinkung per Zoom zu dieser Folie.

Ausblick zum Projekt e-lement

In diesem Beitrag werden verschiedene *PowerPoint*-Funktionen beschrieben, welche in Tab. 1 in Form von Schritt-für-Schritt-Anleitungen noch einmal zusammengefasst dargestellt sind. Die Funktionen sollen (angehenden) Chemielehrkräften dabei helfen, eigenständig digitale Lernumgebungen für ihren Unterricht zu gestalten. So haben Lehramtsstudierende innerhalb des Projektes **e-lement** auf Grundlage der vorgestellten Funktionen bereits zahlreiche Lernumgebungen für den Chemieunterricht entwickelt. Begleitende Untersuchungen zum Projekt zeigen diesbezüglich, dass das zugehörige Studienmodul von den Teilnehmenden ($n = 95$) größtenteils als kompetenzfördernd und praxisnah wahrgenommen wird [9]. Die meisten Studierenden sehen sich im Anschluss an das Modul dementsprechend auch

in der Lage, digitale Lernumgebungen für ihren eigenen Chemieunterricht gestalten zu können. Erste Follow-Up-Interviews (n = 5) deuten darüber hinaus darauf hin, dass die ehemaligen Studierenden, die inzwischen als Chemielehrkräfte tätig sind, die im Modul erworbenen digitalen Kompetenzen auch in ihrer Unterrichtspraxis anwenden: Beispielsweise geben alle befragten Lehrkräfte an, mithilfe der erlernten Funktionen

und erworbenen Kompetenzen inzwischen neue Lernumgebungen für ihren eigenen Unterricht erstellt zu haben [9]. Aufgrund der positiven Evaluationsergebnisse soll das Projekt zukünftig als **e-lement & Co.** an der Universität Koblenz weiter ausgebaut werden, z. B. durch die Einbindung weiterer digitaler Tools und Programme.

Funktion	Schritt-für-Schritt-Anleitung
Funktion 1: Einrichten des Kioskmodus	Im Menüband zur Registerkarte „Bildschirmpräsentation“ navigieren → Klick auf „Bildschirmpräsentation einrichten“ → Im Fenster „Ansicht an einem Kiosk“ auswählen → Mit „OK“ bestätigen → Starten der Bildschirmpräsentation
Funktion 2: Einfügen und Gruppieren von Objekten	Die Registerkarte „Einfügen“ auswählen → „Formen“ oder „Bilder“ oder „3D-Modelle“ auswählen → Mehrere eingefügte Objekte gleichzeitig markieren (z. B. indem die Taste „Strg“ gedrückt gehalten wird, während man die Objekte nacheinander anklickt) → Rechtsklick auf die markierten Objekte und „Gruppieren“ auswählen
Funktion 3: Dynamisches Animieren von Objekten	Die Registerkarte „Animationen“ auswählen → „Benutzerdefinierter Pfad“ auswählen → Linke Maustaste gedrückt halten und einen Pfad auf der Folie zeichnen → Über die „Effektoptionen“ im Animationsbereich lassen sich Dauer, Geschwindigkeit und die Anzahl an Wiederholungen einstellen
Funktion 4: Setzen von Triggern	Nach dem Einfügen einer Animation die Registerkarte „Animationen“ auswählen → Die Option „Trigger“ auswählen → „Beim Klicken auf“ auswählen → Die Bezeichnung des Objektes auswählen, welches als Trigger (Auslöser) für die Animation fungieren soll
Funktion 5: Links und Verknüpfungen hinzufügen	Rechtsklick auf ein Objekt → Die Option „Link“ auswählen → Im Fenster auswählen, wohin der Link führen soll (z. B. „Aktuelles Dokument“ und „Nächste Folie“) → Die Auswahl mit „OK“ bestätigen
Funktion 6: Per Zoom zwischen Folien wechseln	Die Folie, auf die verlinkt werden soll, per „Drag-and-Drop“ aus der Folienübersicht auf die aktuelle Folie ziehen → Auf der Registerkarte „Zoom“ kann der Folienzoom individuell angepasst werden

Tab. 1: Schritt-für-Schritt-Anleitungen zu den im Beitrag ausführlich vorgestellten *PowerPoint*-Funktionen zur Gestaltung von digitalen Lernumgebungen für den Chemieunterricht.

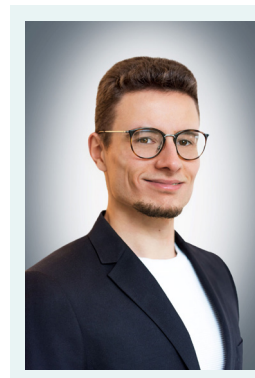
Literatur

- [1] von Kotzebue, L., Meier, M., Finger, A., Kremser, E., Huwer, J., Thoms, L.-J., Becker, S., Bruckermann, T., Thyssen, C. (2021). The Framework DiKoLAN (Digital Competencies for Teaching in Science Education) as Basis for the Self-Assessment Tool DiKoLAN-Grid. *Education Sciences* 11, 775.
- [2] Reiners, Ch. S., Schmitz, L., Mueller, S. (2020). Developing and Assessing E-Learning Settings by Digital Technologies. In: *Research on Outdoor STEM Education in the digital Age, Proceedings of the ROSETA Online Conference in June 2020*. Ludwig, M. et al. (Hrsg.). WTM, Münster, 213–216.
- [3] Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*, 13., überarb. Aufl., Beltz, Weinheim, Basel.
- [4] Rasch, B., Friese, M., Hofmann, W., Naumann, E. (2014). *Quantitative Methoden 1 - Einführung in die Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*, 4., überarb. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg.
- [5] Müller, L., Müller, S., Reiners, Ch. S. (2021). Digitale Lernwelten ohne Programmierkenntnisse erstellen. *CHEMKON* 28/6, 257–259. <https://doi.org/10.1002/ckon.202100001>
- [6] Banerji, A. (2017). Teaching Chemistry 2.0 – Creating Digital Learning Environments with *PowerPoint* and *Prezi*. In: *Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education*. Finlayson, O. E., McLoughlin, E., Erduran, S. & Childs, P. (Hrsg.). Dublin City University, Dublin, 630–636.
- [7] Herzig, B. (2017). Digitalisierung und Mediatisierung – didaktische und pädagogische Herausforderungen. In: *Pädagogischer*

Mehrwert? Digitale Medien in Schule und Unterricht. Fischer, C. (Hrsg.). Waxmann, Münster, 25–58.

- [8] Prensky, M. (2007). *Digital game-based learning*, Paragon House, St. Paul, MN.
- [9] Müller, S. (2024). Förderung digitaler Kompetenzen von Lehramtsstudierenden der Chemie. In: *Frühe naturwissenschaftliche Bildung. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hamburg 2023*. Van Vorst, H. (Hrsg.). GDGP, Duisburg-Essen, 94–97.

Kurzbiografien und Fotos



Stefan Müller ist seit 2023 Professor für Didaktik der Chemie an der Universität Koblenz und Mitbegründer des Projektes e-lement. Im Rahmen seiner Forschung beschäftigt er sich u. a. mit digitalen Lernumgebungen für den Chemieunterricht sowie mit Vorstellungen über Nature of Science (NOS).

smueller@uni-koblenz.de

https://www.uni-koblenz.de/de/mathematik-naturwissenschaften/ifin/abt_chemie/ag-didaktik_d_chemie

Laurence Müller ist Lehrerin für die Fächer Chemie und Biologie an der Berufsbildenden Schule Montabaur. Sie ist Mitbegründerin des Projektes e-lement und promovierte 2021 bei Frau Prof. Dr. Reiners am Institut für Chemiedidaktik der Universität zu Köln.

laurence.mueller@bbs-montabaur.de



Münch, B., Hilbert, S. und Tepner, O.

Selbstbau eines low-cost pH-Sensors für den Chemieunterricht in der universitären Lehramtsausbildung

Die Förderung digitaler Kompetenzen ist nach einem Beschluss der KMK [1] Teil eines modernen naturwissenschaftlichen Unterrichts. Einflussfaktoren für eine erfolgreiche Vermittlung dieser Kompetenzen sind bei (angehenden) Lehrkräften u.a. eine positive Selbstwirksamkeitserwartung sowie eine positive Einstellung zum Einsatz digitaler Medien. Im Fach Chemie sollen diese Aspekte mit einem Seminarkonzept zur Vermittlung digitaler Basiskompetenzen im Bereich der Messwerterfassung gefördert werden. Mittels Fragebogen wurde evaluiert, ob das Seminarkonzept zum selbstständigen Bau und Einsatz eines low-cost pH-Sensors einen Einfluss auf die Selbstwirksamkeit und die Einstellung zum Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme im Chemieunterricht hat. Die Auswertung zeigt eine signifikante Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden. Zudem können mit dem verwendeten statistischen Verfahren erstmals Messwerte unterschiedlicher Sensoren unter Schulbedingungen verglichen und empirisch belastbare Rückschlüsse auf die Messgenauigkeit eines selbst gebauten Sensors gezogen werden.

Einleitung

Mit der – auch in Klassenzimmern – fortschreitenden Digitalisierung, gilt es, Schüler*innen den Umgang mit entsprechenden Technologien zu vermitteln und diesbezügliche digitalisierungsbezogene Kompetenzen zu fördern. Dabei kann die elektronisch gestützte Ermittlung von pH-Werten, beispielsweise bei der Durchführung von (Endpunkt-)Titrations eine Ergänzung zur klassischen Titration mit Einsatz von Indikatoren bieten und einen Beitrag zur zeitgemäßen Medienbildung leisten [2].

Als etablierte Hersteller elektronischer Messwerterfassungssysteme können für den deutschsprachigen Raum u.a. Phywe, Vernier, Pasco und Leybold genannt werden. Zudem existieren in den Didaktiken entwickelte Systeme, beispielsweise das LabPi-System auf Raspberry Pi-Basis [3]. Da die kommerziell angebotenen Geräte relativ teuer sind, können mitunter nur wenige Geräte an Schulen angeschafft werden.

Eine Möglichkeit, sowohl kostengünstig zu arbeiten, als auch Kompetenzen von angehenden Lehrkräften im Umgang mit digitalen Medien zu fördern, ist der Selbstbau eines Microcontrollersystems (z.B. auf Basis von ESP32, Arduino®), wie es mehrere Arbeiten zeigen konnten [4-9]. Allerdings verfügen Lehramtsstudierende über nur schwach ausgeprägte Selbstwirksamkeitserwartungen bzgl. der Integration digitaler Medien in den Unterricht [10]. Herausfordernd ist, dass Schüler*innen, nach Ergebnissen der ICILS-Studie [11], und Lehramtsstudierende der Naturwissenschaften während ihrer Ausbildung, nur vereinzelt Kontakt zu Messwerterfassungssystemen oder Microcontrollern hatten [12]. Während diesen Herausforderungen bereits in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung [13, 14] begegnet wird, besteht trotzdem der Bedarf für weitere, innovative Bemühungen [15]. Nachdem gezeigt werden konnte, dass die digitale Medienausbildung im Rahmen fachdidaktischer Seminare einen signifikanten Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartungen und Einstellung zur Nutzung von Computern und digitalen Medien im Allgemeinen haben kann [16], erscheint es sinnvoll, die bisherige Integration der Medienlehre in der fachdidaktischen Ausbildung weiter auszubauen. Dadurch können Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartungen von zukünftigen Lehrkräften beeinflusst werden [17].

Um die o.a. Form der Digitalität bereits während der Ausbildung angehender Chemielehrkräfte zu fördern, wurde ein kostengünstiges Microcontrollersystem inklusive Anleitung zum selbstständigen Bau entwickelt, das eine vergleichbare Messgenauigkeit und Nutzerfreundlichkeit aufweist wie kommerzielle Produkte. Aus Gründen der sprachlichen Verständlichkeit und der grundsätzlichen Vergleichbarkeit mit anderen Messsystemen wie z.B. von Pasco o.ä., welche technisch sehr ähnlich funktionieren und ebenfalls eine pH-Elektrode und Signalumwandlungssperipherie-/Controller enthalten, wird im Folgenden von „Sensor“ gesprochen.

Ob der eigenständige Bau einen Beitrag zu Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartungen in Bezug auf die unterrichtliche Nutzung digitaler Medien von Chemielehramtsstudierenden leisten kann, wurde im Rahmen einer fachdidaktischen Seminarsession, welche sich inhaltlich am Kompetenzbereich Messwerterfassung des DiKoLAN-Modells [18] orientiert, anhand von Fragebögen überprüft.

Seminarkonzept

Der low-cost Sensor wurde im Rahmen eines Seminars an der Universität Regensburg, welches sich an Chemielehramtsstudierende richtete, zum Thema „Medien im Chemieunterricht“ erprobt. Die entsprechende Seminarsitzung hatte eine Dauer von 180 Minuten, von denen ca. 130 Minuten für den Bau des Sensors verwendet wurden. Zu Beginn des Seminars erfolgte eine theoretische Einführung, wobei das TPACK-Modell [19] und seine Verankerung im DiKoLAN-Modell [18] vorgestellt wurden.

Ergänzend wurden die Grundlagen der Säure-Base-Chemie und der elektrochemischen pH-Wert-Bestimmung durch die Änderung der Elektrodenpotenziale des Sensors als Einstab-Messkette erläutert [20]. Die beiden Referenzelektroden (Silber/Silberchlorid/Kaliumchlorid-Elektroden) messen die Potentialdifferenz an der Membran der Glaselektrode. Dabei wurde die Nernst-Gleichung einbezogen, welche den linearen Zusammenhang zwischen dem pH-Wert

der zu messenden Lösung und der elektrischen Potentialdifferenz als pH-abhängige Spannung beschreibt [21]. Ergänzend wurde der Einfluss der Temperatur auf den pH-Wert und dessen Rolle bei der Sensorkalibrierung herausgearbeitet. Im Code selbst wird ebenfalls der Zusammenhang zwischen Spannung und pH-Wert ersichtlich. Die Funktionsweise eines Microcontrollers wurde didaktisch reduziert vorgestellt, indem z. B. auf die Kategorisierung der verschiedenen Pins verzichtet wurde, da die verwendeten Pins für den Bau bereits festgelegt waren (vgl. Abb. 1)

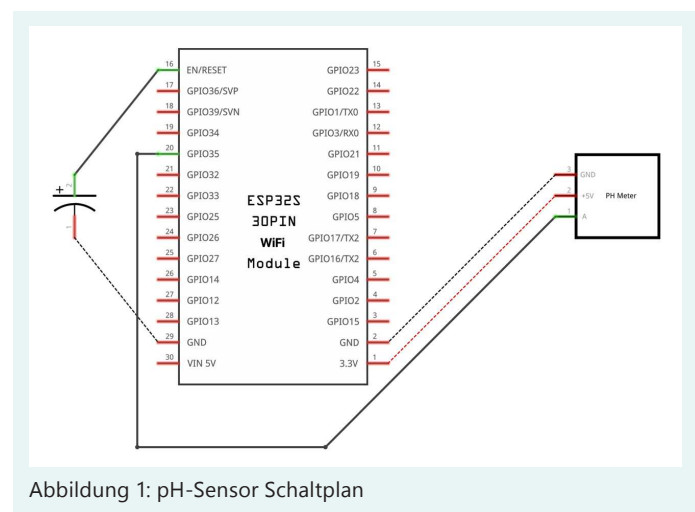


Abbildung 1: pH-Sensor Schaltplan

Im Seminar haben 18 Studierende, überwiegend im dritten Semester immatrikuliert, den Sensor in Dreiergruppen mithilfe eines Leitfadens und Elektronikkomponenten eigenständig zusammengebaut. Durch Bereitstellung des Codes wurde die Inbetriebnahme vereinfacht, da die Einarbeitung in eine Programmiersprache eine Hemmschwelle darstellen kann. Während des Baus wurde auf didaktische und technische Schwierigkeiten hingewiesen, u.a. beim möglichen Anpassen des Codes und auf die Qualität des verwendeten Kabels zur Übertragung des Codes auf den Microcontroller. Im Anschluss wurde der Sensor erprobt und mit einem pH-Sensor der Marke Vernier sowohl theoretisch (siehe Tab. 1) als auch praktisch verglichen. Inhaltlich orientierte sich das Seminar an Kompetenzen, die dem Bereich der Messwert-/Datenerfassung nach dem DiKoLAN-Modell [18] zuzuordnen sind. Die Kategorisierung dieser

Kompetenzen erfolgte nach dem TPACK-Modell [19]. Im Folgenden sind exemplarisch Kompetenzen genannt, welche durch die zugehörigen Seminarsitzungen erlangt werden können. Weitere Kompetenzen sind im Anhang aufgeführt.

- **MD.U.N1** Zur fachwissenschaftlichen digitalen Messwerterfassung (dME) für den Schuleinsatz taugliche Alternativen nennen. (**Unterrichten (TPACK) - Nennen**)
- **MD.T.N1** Jeweils mehrere Möglichkeiten der dME nennen, zur computerunterstützten ME mit schulspezifischen Systemen (z.B. für EKG-, pH-, Temperatur-, Strom-, Spannungs-, Bewegungsmessungen), mit Labor-/Messinstrumenten, die Messdaten zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellen (u.a. digitale Waagen, Wärmebildkameras) oder mit mobilen Endgeräten mit externen Sensoren. (**Spezielle Technik (TK) - Nennen**)
- **MD.T.B2** Die Messcharakteristika (z.B. Messbereich, Messgenauigkeit, Auflösung, Abtastrate, Einsatzbereiche, Limitierungen) der Systeme beschreiben. (**Spezielle Technik (TK) - Beschreiben**)

Nach Abschluss der Erprobungsphase wurden die Erfahrungen und Hürden der einzelnen Gruppen im Plenum besprochen, wobei der durchführende Dozent Hinweise und Strategien zur Problemlösung ergänzte.

Einfluss auf persönliche Haltung / Evaluation durch Studierende

Um die Wirksamkeit des Seminarteils, welcher sich mit dem Bau des Microcontrollers beschäftigte, auf affektiver Ebene zu prüfen, wurde ein existierender Fragebogen für den Chemieunterricht adaptiert [12]. Das Messinstrument wurde im Prä-Post-Design vor und nach der Arbeit mit dem Sensor eingesetzt, um Veränderungen messen zu können. Es wurden die 13 Items der Skalen „Einstellung zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht“ und „Selbstwirksamkeitserwartungen

zum Einsatz digitaler Medien“ abgefragt. Der Fragebogen wurde in einem geschlossenen Format präsentiert, dessen Items auf einer 6-stufigen Skala beantwortet werden sollten. Ergänzend dienten die Erhebung und Auswertung anhand eines Onlinetools der Sicherstellung der Durchführungs- und Auswertungsobjektivität. Die Reliabilität war mit Cronbachs $\alpha = .80$ zufriedenstellend. Es konnten 15 vollständige Datensätze ausgewertet werden. Dabei konnte keine signifikante Verbesserung der Einstellung ($t(14)=1.30$, $p=.108$, $d = 0.38$) festgestellt werden. Allerdings zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartungen ($t(14)=2.30$, $p=.019$, $d = 0.48$). Dieser Effekt lässt sich als mittelstark einordnen [22]. Damit finden sich statistisch relevante Hinweise, dass der selbstständige Bau und Einsatz von Sensorsystemen digitale Kompetenzen (hier auf der Einstellungsebene) fördern kann.

Aufbau einer pH-Sonde

Die grundsätzliche Funktionalität und Vielfältigkeit von Microcontrollern basieren auf Schaltkreisen, die mit diesen manipuliert und gesteuert werden können. Im Fall eines pH-Sensors werden Spannungsunterschiede der pH-Sonde an den Microcontroller weitergegeben, wodurch dieser den pH-Wert der Lösung interpretieren kann, sofern der entsprechende Algorithmus zur Umrechnung der Spannung in den pH-Wert gegeben ist. Der im Projekt verwendete Sensor ist in Abbildung 2 dargestellt und enthält folgende Bestandteile:

- Espressif ESP32-WROOM32E Microcontroller [23]
- pH-Signalumwandlungs-Board V2 [24]
- Standard pH-Elektrode [24]
- 3pin-Sensor-Kabel [24]
- 6x Jumper-Kabel
- 10uF Elektrolytkondensator

Essenziell für den Aufbau dieses Schaltkreises ist das Signal-Board der Sonde, durch das die Spannungsunterschiede an den Microcontroller weitergeleitet werden können. Zur Darstellung der Werte wurde

Exemplarischer Vergleich mit anderen Sensorsystemen

Unabhängig von der Durchführung des Seminars wurde im Rahmen einer klassischen Säure-Base-Titration der low-cost pH-Sensor mit je einem pH-Sensor der Firmen Vernier [27] und Pasco [28] verglichen, da sich diese in ihrer technischen Funktionalität nicht unterscheiden. Eine Kalibrierung aller Geräte fand vor dem Einsatz statt. Außerdem sollte dargestellt werden, welche Messwert-Unterschiede über das komplette Spektrum der pH-Skala zu erkennen sind. Für jeden Sensor wurde dreimal mit Natronlauge ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) gegen Salzsäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$) titriert, sodass pro Sensor $3 \cdot 75 = 225$ Messwer-

sucht. Bezüglich der Messgenauigkeit ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sensoren feststellen ($t < 1, p > .05$). Die statistischen Daten sind in Tab. 2 aufgeführt. Mit dem verwendeten statistischen Verfahren können erstmals Messwerte unterschiedlicher Sensoren unter Schulbedingungen verglichen und empirisch belastbare Rückschlüsse auf die Messgenauigkeit eines selbst gebauten Sensors gezogen werden. Da sich die Werte nicht signifikant unterscheiden, kann von einer sehr ähnlichen hohen Messgenauigkeit wie bei den kommerziell verfügbaren Produkten ausgegangen werden, wie auch der grafische Eindruck vermuten lässt (vgl. Abb. 3).

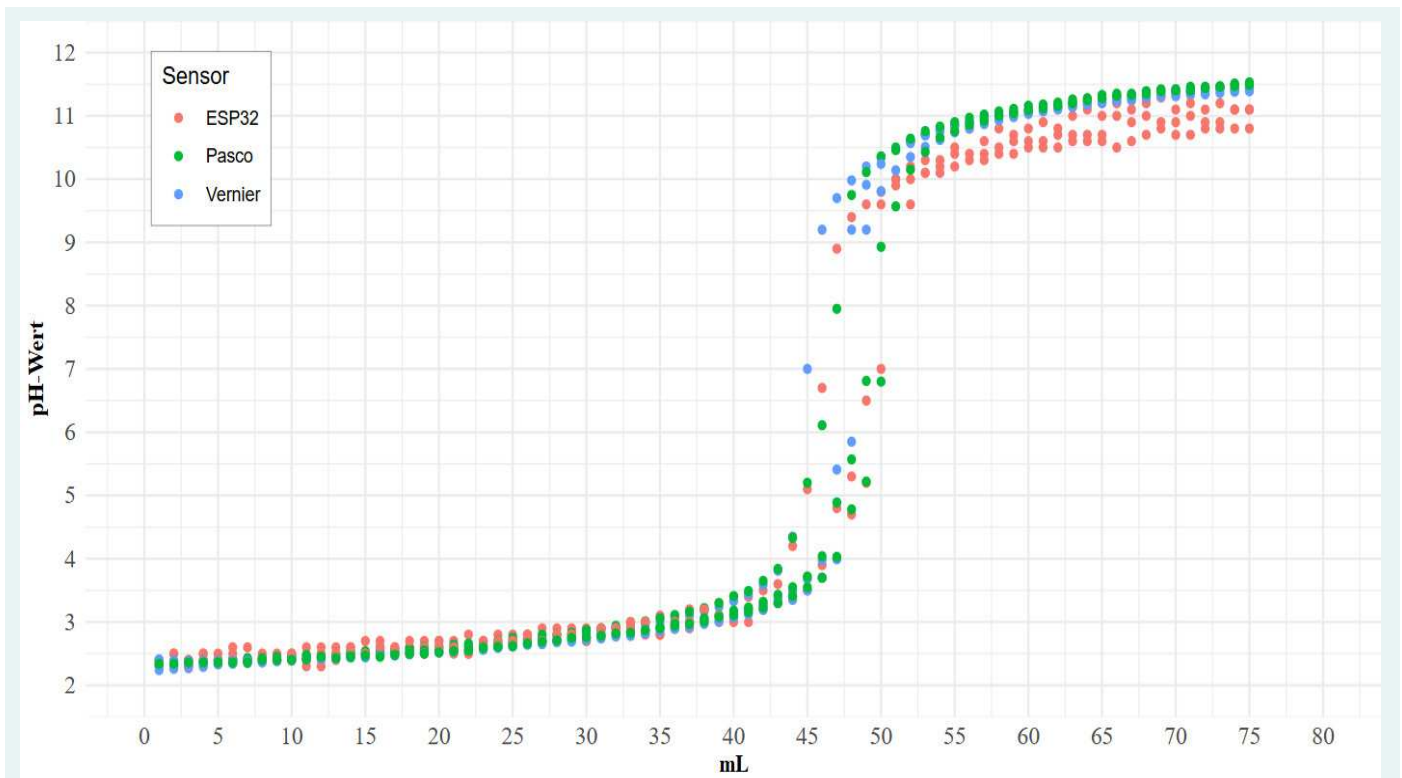


Abbildung 3: Ergebnisse Titrationsreihe

te aufgenommen wurden. Jeder Ansatz wurde gedrittelt, sodass die drei verschiedenen Sensoren jeweils mit absolut gleich konzentrierter Natronlauge und Salzsäure getestet wurden (siehe Abb. 3). Insgesamt entstanden über alle Sensoren 675 Datenpunkte. Für den Vergleich wurden die Werte mit einem linearen Regressionsmodell mit Dummy-Codierung [29] unter-

Diskussion und Limitationen – Anwendung in der (Hochschul-)Lehre

Die Studie liefert statistisch belastbare Hinweise, dass bereits eine kurze Intervention von 180 min die Selbstwirksamkeitserwartungen der angehenden Lehrkräfte, die das Seminar besuchten, positiv beeinflussen kann. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund knapper Unterrichtszeit

Predictors	Estimates	CI	Statistic	<i>p</i>
(Intercept)	-0.15	-0.64 – 0.35	-0.58	5,603E+02
Sensor [1]	-0.22	-0.89 – 0.44	-0.66	5,088E+02
Sensor [2]	-0.21	-0.88 – 0.45	-0.63	5,311E+02
mL	0.15 ***	0.14 – 0.16	27.95	2,138E-111
Sensor [1] × mL	0.01	-0.00 – 0.03	1.48	1,384E+02
Sensor [2] × mL	0.01	-0.01 – 0.02	1.20	2,314E+02
Random Effects				
σ^2	3.15			
τ_{00} MZP	0.02			
ICC	0.01			
N MZP	3			
Observations	675			
Marginal R2 / Conditional R2	0.791 / 0.792			

Tab 2: Ausgabe des linearen Regressionsmodells mit Dummy Codierung

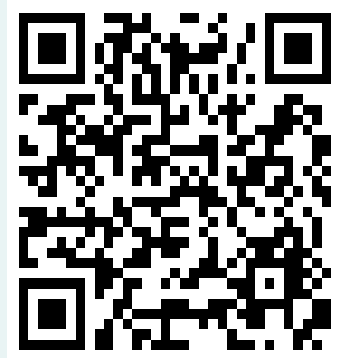


Abb. 4: QR-Code zu Materialien und Code des Sensors

an Hochschule und Schule bedeutsam. Aufgrund der kleinen Stichprobe ($N = 15$) und einer fehlenden Follow-Up-Testung sind die Ergebnisse zur Förderung und ihrer Nachhaltigkeit nur eingeschränkt verallgemeinerbar. Darüber hinaus zeigt das Seminkonzept auf, wie der selbstständige Bau und der Einsatz des low-cost Sensors digitale Kompetenzen fördern können, welche über die Verwendung kommerzieller Sensoren hinausgehen. Hierzu zählen insbesondere das selbstständige Ausführen einzelner Arbeitsschritte und der Einblick in die Funktionsweise von Computercodes und entsprechender Messtechnik. Eine mögliche finanzielle Einsparung ist gegen den zeitlichen Mehraufwand abzuwägen und von den intendierten Lernzielen abhängig zu machen. Zudem können bei der Inbetriebnahme unerwartete Probleme auftreten, deren Lösung zeitintensiv sein kann, sodass ausreichendes technisches Grundwissen und Interesse aufseiten der Lehrperson, unabhängig vom Fach oder der Schulart, vorhanden sein sollten. Aufgrund der Modularität lässt sich der Sensor leicht modifizieren und z. B. als Temperatursensor nutzen. So können interdisziplinäre Projekte für mehrere Fächer (Physik, Chemie, Informatik) realisiert werden. Der gemeinsame Bau eines Fachschaftssatzes bzw. im Rahmen eines univer-

sitären Seminars ist möglich. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass Studierende, die bereits zu Beginn ihres Studiums mit Microcontroller-systemen in Kontakt kommen, diese in erste Unterrichtsplanungen in Praktika oder später im Referendariat einfließen lassen können.

Anhang

Weitere Kompetenzen, die im Rahmen des Seminars erworben werden konnten:

- **MD.U.N1** Zur fachwissenschaftlichen digitalen Messwerterfassung (dME) für den Schuleinsatz taugliche Alternativen nennen. (**Unterrichten (TPACK) - Nennen**)
- **MD.U.A1** Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung einer dME und der Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen. (**Unterrichten (TPACK) - Anwenden / Durchführen**)
- **MD.M.B1** Pädagogische Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile beschreiben, die sich methodisch beim Einsatz dME ergeben, z. B. im Hinblick auf die unter MD.M.N1 gelisteten Aspekte. (**Methodik, Digitalität (TPK) - Beschreiben**)

- **MD.F.N2** Messinstrumenten mit dME (z. B. Wärmebildkameras, mobile Endgeräte mit Kameras, integrierten und externen Sensoren) nennen, die den aktuellen Anforderungen der fachwissenschaftlichen Forschung genügen. (**Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK) - Nennen**)
 - **MD.F.N3** Damit korrespondierende Messsysteme und relevante Sicherheitsstandards nennen. (**Fachwissenschaftlicher Kontext (TCK) - Nennen**)
 - **MD.T.N1** Jeweils mehrere Möglichkeiten der dME nennen, zur computerunterstützten ME mit schulspezifischen Systemen (z. B. für EKG-, pH-, Temperatur-, Strom-, Spannungs-, Bewegungsmessungen), mit Labor-/Messinstrumenten, die Messdaten zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellen (u. a. digitale Waagen, Wärmebildkameras) oder mit mobilen Endgeräten mit externen Sensoren. (**Spezielle Technik (TK) - Nennen**)
 - **MD.T.B2** Die Messcharakteristika (z. B. Messbereich, Messgenauigkeit, Auflösung, Abtastrate, Einsatzbereiche, Limitierungen) der Systeme beschreiben. (**Spezielle Technik (TK) - Beschreiben**)
- [4] Falk, A., Pusch, A. (2021). pH-Messung mit dem Arduino – Auslesen einer potentiometrischen pH-Sonde. MNU-Journal: Schulpraxis (06).
- [5] Qutieshat, A., Aouididi, R., Arfaoui, R. (2019). Design and Construction of a Low-Cost Arduino-Based pH Sensor for the Visually Impaired Using Universal pH Paper. Journal of Chemical Education, 96 (10), 2333–2338.
- [6] Knie, L., Schwarzer, S. (2022). Development of an online application for a blended learning STEM teacher training course. CHEMKON, 29 (S1), 183–187.
- [7] Witte, T., Hanemann, S., Sommerfeld, H., Temmen, K., Fechner, S. (2020). DIY Construction of a Digital Low-Cost Photometer For the Chemistry Classroom. CHEMKON, 27 (4), 193–198.
- [8] Walkowiak, M., Schneeweiß, N., Nehring, A., Schanze, S. (2018). Potenziale von Mehrmesswerterfassungssystemen im Chemieunterricht. Tagungsbericht zum Expertentreffen „Sensorgestütztes Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht“.
- [9] Kubínová, Š., Šlégr, J. (2015). ChemDuino: Adapting Arduino for low-cost chemical measurements in lecture and laboratory.
- [10] Doll, J., Meyer, D., Vorhölder, K. (2022). Zur Selbstwirksamkeit von Lehramtsstudierenden im Hinblick auf die Integration digitaler Medien in den Unterricht, 389–406.
- [11] Drossel, K., Eickelmann, B., Schaumburg, H., Labusch, A. (2019). Nutzung digitaler Medien und Prädiktoren aus der Perspektive der Lehrerinnen und Lehrer im internationalen Vergleich, in ICILS 2018 #Deutschland: Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich

Literaturverzeichnis

- [1] KMK (2016). Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016.
- [2] Tulodziecki, G., Herzig, B., Grafe, S. (2021). Medienbildung in Schule und Unterricht, Verlag Julius Klinkhardt, Stuttgart, Deutschland.
- [3] Wejner, M., Wilke, T. (2019). Low Cost High Tech: The Digital Measurement System Lab-Pi. CHEMKON, 26 (7), 294–300.

- und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking (Hrsg. B. Eickelmann, Wilfried Bos, Julia Gerick, Frank Goldhammer, Heike Schaumburg, Knut Schwippert, Martin Senkbeil, Jan Vahrenhold), Waxmann, Münster; New York, 205–240.
- [12] Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25 (1), 115–129.
- [13] Müller, L., Thoms, L.-J., Möhrke, P., Henne, A., Huwer, J. (2022). Testing new concepts in university teacher training for the acquisition of digital competencies according to DiKoLAN development and investigation of the effectiveness of a teaching-learning module in the field of simulation and modelling. *CHEMKON*, 29 (S1), 349–354.
- [14] Eickelmann, B., Drossel, K. (2020). Lehrer*innenbildung und Digitalisierung - Konzepte und Entwicklungsperspektiven, in *Bewegungen: Beiträge zum 26. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Erziehungswissenschaft* (Hrsg. Isabell van Ackeren-Mindl, Helmut Bremer, Fabian Kessler, Hans-Christoph Koller, Nicolle Pfaff, Carolin Rotter, Esther Dominique Klein, Ulrich Salaschek), Verlag Barbara Budrich, Opladen Berlin Toronto.
- [15] Graf, D., Graulich, N., Lengnink, K., Martinez, H., Schreiber, C. (Hrsg.) (2021). *Digitale Bildung für Lehramtsstudierende: TE@M - Teacher Education and Media*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [16] Krause, M., Eilks, I. (2015). Lernen über digitale Medien in der Chemielehrerbildung. *CHEMKON*, 22 (4), 173–178.
- [17] Zimmermann, F., Melle, I. (2019). Professionalisierung angehender Lehrkräfte für die Digitalisierung im Chemieunterricht, in *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Kiel 2018 (Hrsg. Christian Maurer), Universität Regensburg, 898–901.
- [18] Becker, S., Meßinger-Koppelt, J., Thyssen, C. (2020). *Digitale Basiskompetenzen*, Joachim-Herz-Stiftung.
- [19] Mishra, P., Koehler, M.J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108 (6), 1017–1054.
- [20] Kurzweil, P. (2020). *Angewandte Elektrochemie: Grundlagen, Messtechnik, Elektroanalytik, Energiewandlung, technische Verfahren*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden.
- [21] Harris, D.C. (2014). *Lehrbuch der quantitativen Analyse*, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg.
- [22] Cohen, J. (1992). Statistical power analysis. *Current directions in psychological science*, 1 (3), 98–101.
- [23] Espressif Systems (2021). *ESP32 WROOM & ESP32*.
- [24] DFRobot (2021). *Gravity: Analog pH Sensor/Meter Kit V2*.
- [25] Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L., Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe: Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*, Waxmann, Münster.

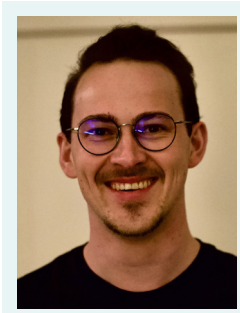
- [26] Petko, D. (2020). Einführung in die Mediendidaktik: Lehren und Lernen mit digitalen Medien, Beltz, Weinheim.
- [27] Vernier (2021). Go Direct Tris-Compatible Flat pH.
- [28] Pasco Scientific (2022). Wireless pH Sensor PS-3204. PASCO scientific.
- [29] Hilbert, S., Stadler, M., Lindl, A., Naumann, F., Bühner, M. (2019). Analyzing longitudinal intervention studies with linear mixed models. TPM - Testing, Psychometrics, Methodology in Applied Psychology, (26), 101–119.



Oliver Tepner studierte Chemie und Musik für das Lehramt an Gymnasien an der TU Dortmund. Nach Promotion und Referendariat war er als Post-Doc und Akademischer Rat a.Z. an der Universität Duisburg-Essen tätig. Seit 2012 ist er Professor für Chemie-

didaktik an der Universität Regensburg. Seine Forschungsinteressen umfassen die Messung und Förderung professioneller Kompetenzen von (angehenden) Chemielehrkräften, u.a. in Bezug auf Erklärungen, Unterrichtswahrnehmung und -reflexion sowie selbstgesteuertes Experimentieren.

Kurzbiografien und Fotos



Benjamin Münch begann nach dem Abitur das Studium der Fächer Biologie und Chemie für das Lehramt an Gymnasien und schloss es im Frühjahr 2022 an der Universität Regensburg mit dem 1. Staatsexamen und dem Master of Education ab. Seit Juli

2022 arbeitet er in der Arbeitsgruppe von Prof. Oliver Tepner an seiner Promotionsarbeit.

Sven Hilbert ist seit 2023 Professor für Educational Data Science an der Universität Regensburg. Forschungsschwerpunkte sind Machine Learning, die Entwicklung und Implementierung statistischer Methoden in den Bildungs- und Sozialwissenschaften sowie die Messung und Modellierung kognitiver Konstrukte. Er ist in diesen Forschungsgebieten als Autor von Buchkapiteln und Artikeln, als Gutachter, als Evaluator und Editor tätig.



Rubner, I., Nazarenus, P. M. und Ditter, R.

Science4Exit_{school} – Experimentelle Escape Games mit digitaler Anreicherung für den Chemieunterricht

Die Tenyks Academy: Adaptierbare Escape Games für den Chemieunterricht

Im Projekt Science4Exit_{school} werden experimentelle Escape Games mit digitaler Anreicherung für den Chemieunterricht entwickelt, erprobt und evaluiert. Durch die Implementierung der Escape Games in den Chemieunterricht soll dieser hinsichtlich einer innovativen Lernmethode bereichert werden. Dabei werden Elemente des Game-based Learning [1] verwendet, um Schüle*innen in einem motivierenden Kontext klassische Themen des Chemieunterrichts sowie chemische Konzepte näherzubringen. Im Rahmen der Escape Games sollen anvisierte Lernziele erreicht werden [2]. Zudem sollen Lerninhalte gefestigt werden.

Escape Games werden einerseits hinsichtlich motivationaler Aspekte eingesetzt, andererseits wird damit auch die Anwendung des Wissens in einem anderen Kontext forciert, sodass ein Transfer geleistet werden muss und somit anwendungsbezogenes, flexibel verfügbares Wissen vorliegt [3]. Die Entwicklung der Escape Games folgt einer strukturierten Planung. Zunächst wird die fachliche Thematik anhand des Bildungsplans und der Basiskonzepte der Chemie hinsichtlich der relevanten Kerninhalte und zentralen Experimente untersucht. Daraufhin wird ein geeignetes Szenario entworfen, das als Kontext oder Story fungiert. Das Escape Game wird in eine digitale Lernumgebung integriert, in der die Teilnehmenden durch das Spiel geführt werden. Die Einbettung der Lerninhalte und Experimente erfolgt unter Berücksichtigung pädagogisch-didaktischer Aspekte, wodurch ein Educational Escape Game entsteht. Im Projekt Science4Exit_{school} liegen die Schwerpunkte der Escape Games auf einer experimentellen Ausrichtung in einer digitalen Lernumgebung als Basis (z. B. Actionbound, H5P) sowie auf digitalen Ergänzungen als Hilfsmittel oder weiterführende Materialien [4, 5]. Dies er-

möglicht eine vielfältige Differenzierung innerhalb der Gruppen.

In den Escape Games wird durch die kollaborative Kleingruppenarbeit die Förderung von 21st Century Skills beziehungsweise Future Skills wie Digitale Kompetenzen, Kreativität, Kollaboration und Kommunikation gezielt unterstützt [6]. Darüber hinaus steigert die spielbasierte Kontextualisierung die Motivation und das Engagement der Lernenden und fördert Teamarbeit sowie Problemlösekompetenz [7]. Neben den digitalen Komponenten spielen auch haptische Elemente eine wichtige Rolle bei der Gestaltung. Diese können beispielsweise in Form von Briefen oder 3D-gedruckten Objekten bereitgestellt werden.

Die digitale Lernumgebung mit Actionbound

Eine Möglichkeit, Escape Games in eine digitale Lernumgebung einzubetten, bietet die Plattform Actionbound. Actionbound ist speziell für digitale Lernabenteuer konzipiert [8] und kann als medienpädagogisches Werkzeug genutzt werden. Zudem ermöglicht sie die Erstellung digitaler Lernerlebnisse, ähnlich einer digitalen Schnitzeljagd, bei der durch das Abrufen von Fachwissen bestimmte Aufgaben gelöst werden und Interaktionen erfolgen müssen. Lehrende können diese Lernreisen entweder selbst gestalten oder in Zusammenarbeit mit den Lernenden entwickeln [9]. Die DSGVO-konforme Plattform Actionbound bietet dafür einen browserbasierten Editor, mit dem die Lernabenteuer, auch „Bounds“ genannt, erstellt werden können. Für private Zwecke steht ein kostenloses Konto zur Verfügung, während für Schulen oder andere Bildungseinrichtungen verschiedene Lizenzen erworben werden müssen, die zusätzliche Tools und Funktionen bieten. Diese Lizenzen ermöglichen es Lehrkräften,

Ergebnisse zu vergleichen, Unteraccounts für Schüler*innen zu erstellen, bestehende Bounds auszutauschen und zu bearbeiten und vieles mehr. Die Kosten für eine Lehrenden-Lizenz liegen bei 59€/Jahr.

Bei der Erstellung der Bounds stehen den Erstellerinnen und Erstellern zahlreiche Features zur Verfügung (Abb 1). Diese Features können in zwei Kategorien unterteilt werden: Solche, die bewertet werden können, und solche, die keine Bewertung benötigen. So können beispielsweise die Antworten und Leistungen in den Features „Quiz“, „Ort finden“ und „Code scannen“ durch individuelle Punkte für jede gelöste Herausforderung bewertet werden. Die weiteren Features „Information“, „Aufgabe“, „Umfrage“ und „Turnier“ sind ohne Bewertung und bieten Raum für offenes Feedback und Kreativität.

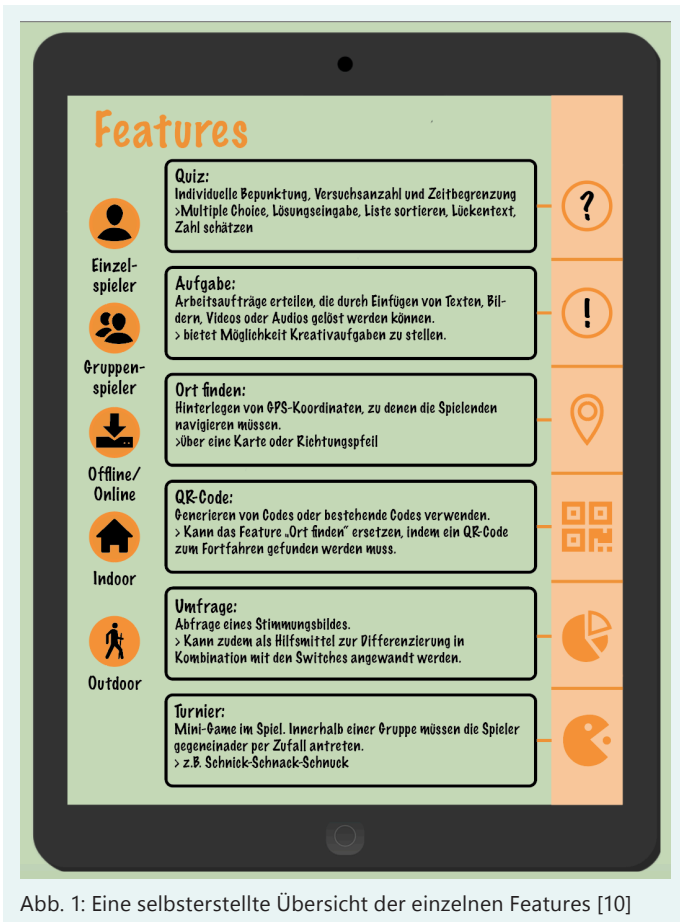


Abb. 1: Eine selbsterstellte Übersicht der einzelnen Features [10]

Nach der Erstellung eines Bounds kann dieser über die kostenlose App gespielt werden, die

zuvor auf das entsprechende Endgerät heruntergeladen werden muss. Die App unterstützt gängige Betriebssysteme [10].

Um den Spielenden ein differenziertes Lernerlebnis zu bieten, ermöglicht Actionbound die Aktivierung von sogenannten „Switches“. Diese Funktion erlaubt es, bestimmte Bedingungen in den Spielfluss einzubauen. Diese Bedingungen können sich auf ein Spielelement, die Zeit, bestimmte Spielerinnen und Spieler oder auf spezielle Einstellungen beziehen. Im schulischen Kontext bieten Switches vielfältige Differenzierungsmöglichkeiten. Beispielsweise kann eine zusätzliche Aufgabe als zeitlicher Puffer freigeschaltet werden, wenn eine Gruppe besonders schnell ist. Umgekehrt können Abschnitte übersprungen werden, falls die Lernenden mehr Zeit für die Bearbeitung der Aufgaben benötigen [10]. Im weiteren Verlauf wird ein Ansatz vorgestellt, wie Escape Games auf der Basis von Actionbound niederschwellig von Lehrpersonen speziell auf ihren eigenen Unterricht angepasst werden können.

Das Konzept zur adaptierbaren Erstellung von Escape Games wurde Tenyks Academy genannt und es werden drei Varianten mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad vorgestellt.

Das Konzept der Tenyks Academy

Die Tenyks Academy wurde im Rahmen einer Masterarbeit entwickelt, um Lehrkräfte gezielt bei der Entwicklung und Implementierung von Escape Games im Bildungsbereich zu unterstützen. Die Academy bietet eine strukturierte und dennoch flexible Methode, um für Schüler*innen eine interaktive und problemorientierte Lernumgebung anzubieten. Das Konzept der Tenyks Academy umfasst mehrere zentrale Elemente, die gemeinsam dazu beitragen, die Erstellung und Durchführung von Escape Games für Lehrkräfte zu erleichtern und zu optimieren.

Einerseits wird den Lehrpersonen ein strukturierter Leitfaden zur Erstellung von Escape Games zur Verfügung gestellt und zudem wird ihnen ein Materialpool zugänglich gemacht. Dieser wird im weiteren Verlauf noch konkreter vorgestellt.



Abb. 2: Die Tenyks Academy [11]

sowie die verschiedenen Schwierigkeitsvarianten (Modi) bezüglich der Erstellung des Escape Games durch die Lehrperson.

Das Szenario der Tenyks Academy

Die Einleitung des Spiels setzt die Ausgangssituation und Prämisse fest. In diesem Szenario wird eine futuristische Schule im Jahr 2077 dargestellt, in der eine fortschrittliche künstliche Intelligenz die Schüler*innen im Labor einschließt. Diese Prämisse soll das Interesse der Schüler*innen wecken und sie in die Welt des Spiels einführen.

Aufbau und Struktur

Die Struktur der Tenyks Academy ist in drei Hauptteile gegliedert:



Abb. 3: Tenyks Academy Konzeption [11]

Einleitung: In diesem Abschnitt wird die Ausgangssituation (Szenario) beschrieben und die Prämisse des Spiels festgelegt. Die Geschichte dient als Rahmen, in welchem die Schüler*innen agieren.

Hauptteil: Der Hauptteil des Spiels besteht aus einer Reihe von Experimenten und Rätseln, die von den Schüler*innen gelöst werden müssen. Je nach gewähltem Modus (Easy, Middle, Expert) variiert die Komplexität und der Aufbau des Hauptteils. Im Easy Mode sind die Aufgaben sequenziell angeordnet und beinhalten einfache Codes oder Rätsel. Der Middle Mode hat einen freieren Aufbau, bei dem die Schüler*innen verschiedene Stationen bearbeiten und flexibel zwischen diesen wechseln können. Der Expert Mode kombiniert lineare und offene Strukturen und bietet komplexere Szenarien mit mehreren Lösungswegen und anspruchsvolleren Rätseln.

Schluss: Der Höhepunkt und die Auflösung des Spiels erfolgen im Schluss. Hier setzen die Schüler*innen die erarbeiteten Lösungen in die

Erstellung der Escape Games

Bei der Erstellung von Escape Games wird eingangs eine Thematik (z. B. Säuren und Laugen) gewählt und daraus die relevanten Inhalte (Fachinhalte, Fachbegriffe, Experimente, etc.) extrahiert. Anschließend würde ein passendes Szenario gewählt und ausgestaltet werden. Hier bietet die Tenyks Academy Unterstützung durch bereits vorbereitete Szenarien. Zudem liegen im angebotenen Materialpool viele Bilder, Bausteine, Rätsel, etc. vor, sodass damit ein Escape Game vereinfacht erstellt werden kann. Im weiteren Verlauf wird ein Szenario kurz vorgestellt

Tat um, um das Spiel erfolgreich abzuschließen. Ein typischer Schluss könnte darin bestehen, dass die Schüler*innen durch die Eingabe eines letzten Codes die künstliche Intelligenz zurücksetzen und die Labortüre entsperren, wodurch sie die Lehrperson befreien und das Spiel beenden.

Modi und Schwierigkeitsgrade

Die Tenyks Academy bietet drei Hauptmodi an. So soll entsprechend der Fähigkeiten der Lehrkräfte und des Aufwands, den sie betreiben können oder wollen, eine passende Unterstützung bei der Erstellung von Escape Games gegeben werden:

1. Easy Mode

Dieser Modus richtet sich an Lehrkräfte, die noch wenig Erfahrung mit der Erstellung von Escape Games haben. Die Aufgaben (Rätsel) sind einfach zu gestalten und sind sequenziell angeordnet. Ein Beispiel für diesen Modus wäre eine Serie von Rätseln, bei denen die Schüler*innen einfache Codeeingaben bewältigen müssen, um voranzukommen. Die Rätsel sind direkt und leicht verständlich, wodurch der Vorbereitungsaufwand für die Lehrkraft minimal bleibt. Ein solcher Aufbau eignet sich besonders, um mit jüngeren Klassenstufen die Prinzipien des Experimentierens auf geführte Weise zu erkunden.

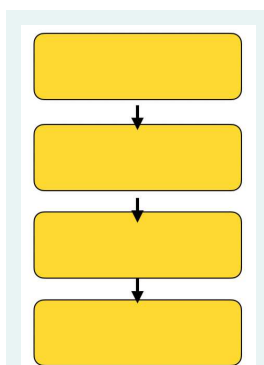


Abb 4: Struktur sequenziell [12]

2. Middle Mode

Der Middle Mode bietet einen mittleren Schwierigkeitsgrad und richtet sich an Lehrkräfte, die bereits Erfahrungen mit der Erstellung von Escape Games haben. Die Struktur ist freier und flexibler gestaltet, sodass die Schüler*innen verschiedene Stationen in beliebiger Reihenfolge bearbeiten können.

Dieser Modus erfordert eine intensivere Einbindung und Nutzung von Experimenten im Spielverlauf und bietet gleichzeitig eine größere Flexibilität in der Gestaltung des Lernerlebnisses.

Im Middle Mode liegt der Schwerpunkt auf einem offenen Aufbau, der die Durchführung von Experimenten betont und ein dynamisches Lernerlebnis gewährleistet. Die Schüler*innen durchlaufen unterschiedliche Stationen, an denen sie verschiedene Experimente durchführen. Jede Station trägt zur Lösung des übergeordneten Rätsels des Escape Games bei. In der abschließenden Phase müssen Fragen beantwortet werden, die auf den durchgeführten Experimenten basieren. Wenn die Fragen richtig beantwortet werden, können die Schüler*innen „entkommen“.

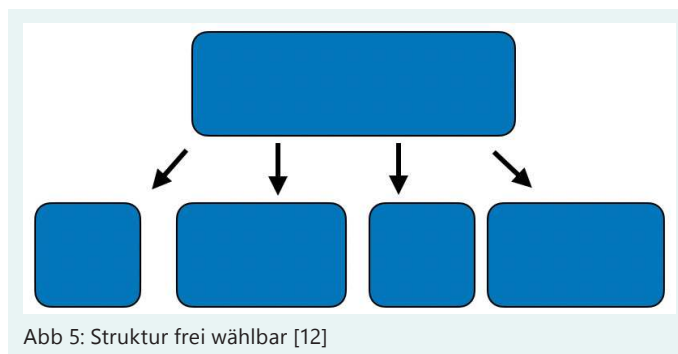


Abb 5: Struktur frei wählbar [12]

3. Expert Mode

Dieser Modus ist der anspruchsvollste und kombiniert lineare sowie offene Strukturen. Er richtet sich an Lehrkräfte, die bereit sind, sich komplexeren Herausforderungen zu stellen oder die Komplexität für die Schüler*innen im Spiel zu erhöhen. Charakteristisch für den Expert Mode ist die hybride Struktur, die den Schüler*innen ermöglicht, nach der allgemeinen Story-Einführung einen

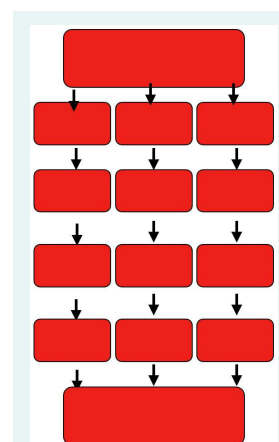


Abb 6: Multipler Pfad [12]

Pfad oder Protagonisten auszuwählen, um einen dementsprechend angepassten Quest zu verfolgen.

Diese personalisierten Pfade umfassen eine Vielzahl verschiedener Experimente und Aktivitäten, die darauf abzielen, ein zentrales Rätsel zu lösen oder eine Herausforderung im Kontext der Story zu meistern. Im Expert Mode wird das Storytelling auf eine höhere Ebene gehoben, was jedoch auch einen erhöhten Aufwand für die Lehrperson bedeutet. Im Wesentlichen handelt es sich um drei separate sequenzielle Escape Games, die alle den gleichen Einstieg und Schluss haben, jedoch innerhalb der Pfade unterschiedliche Ergebnisse liefern können.

Beispielsweise kann in Pfad I und Pfad II ein Blutnachweis mit Wasserstoffperoxid positiv ausfallen, während er in Pfad III negativ ist, wodurch eine Variation erzeugt wird. Die Vorbereitung und Gestaltung dieses Modus erfordert umfangreiche Planung und eine fundierte Kenntnis der didaktischen und technischen Möglichkeiten, bietet jedoch ein tiefgreifendes und umfassendes Lernerlebnis. So kann ein Experiment in jedem der drei Pfade vorkommen, aber unterschiedliche Ausgänge haben.

Materialpool und Ressourcen

Ein wertvoller Bestandteil der Tenyks Academy ist der Materialpool, der Lehrkräften eine Vielzahl von Ressourcen zur Verfügung stellt. Dieser Pool umfasst KI-generierte Szenariobilder (siehe Abb. 7), allgemeine Ein- und Ausstiege sowie Anleitungen zur Nutzung bildgenerierender KI-Systeme. Der Materialpool soll die Lehrkräfte entlasten, sodass sie sich voll und ganz auf die Implementierung und Erstellung auf die von ihnen ausgewählten Experimente konzentrieren können. Zusätzlich bietet der Medienpool alternative Szenarien wie Zaubererschule, Sherlock Holmes (Forensik) und Weltraummissionen, um den Lehrkräften vielfältige Möglichkeiten zur Anpassung der Spiele an ihre spezifischen Unterrichtsthemen zu bieten.



Abb. 7: Szenariobild aus dem Medienpool [11].

Erste Erfahrungen mit der Tenyks Academy

In einer Erprobung mit Lehrpersonen wurden einerseits Nutzererfahrungen [13] eingeholt sowie eine Befragung hinsichtlich der Technologieakzeptanz durchgeführt [14].

Ziel war es, die Erstellung von Escape Games für Lehrkräfte weitgehend zu vereinfachen. Die Ergebnisse zeigten eine insgesamt positive Technologieakzeptanz, insbesondere in der Verhaltensintention, was auf ein großes Interesse der Lehrkräfte an dieser Unterrichtsmethode schließen lässt.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Projekts Science4Exit_{school} werden Escape Games kontinuierlich entwickelt und erprobt, sodass ein umfangreicher Fundus entsteht. Daran anknüpfend werden wir weiterhin Angebote für Lehrpersonen bereitstellen, die anpassbare Varianten dieser Escape Games ermöglichen sollen.

Die Tenyks Academy bietet dahingehend eine strukturierte Methode zur Integration von Escape Games in den Unterricht und unterstützt Lehrkräfte mit verschiedenen Schwierigkeitsmodi und einem umfangreichen Medienpool, eigene Escape Games zu erstellen. Entwickelt wurde sie im Rahmen einer Masterarbeit und umfasst die Academy Ressourcen wie KI-generierte Szenariobilder und alternative Szenarien, um innovative Lernumgebungen zu schaffen. Die Academy fördert spielbasiertes, problemorientiertes Lernen, steigert das Interesse und die Motivation

der Schüler*innen und ermöglicht eine differenzierte Anpassung der Spiele an unterschiedliche Kompetenzniveaus der Lehrkräfte.

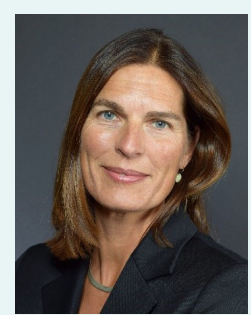
Bei Interesse, das Konzept zu erproben, oder Escape Games im Unterricht einzusetzen, können auf Anfrage gerne Materialien zur Verfügung gestellt werden.

Kontakt: isabel.rubner@ph-weingarten.de

Literatur

- [1] Avargil, S., Shwartz, G., Zemel, Y. (2021). Educational Escape Room: Break Dalton's Code and Escape! J. Chem. Educ. 98, 2313-2322.
- [2] Hu, Y., Gallagher, T., Wouters, P., van der Schaaf, M., Kester, L. (2022). Game-based learning has good chemistry with chemistry education: A three-level meta-analysis. J. Res. Sci. Teach. 1-45.
- [3] Rubner, I., Lukas, S. (2023). Experimentelle Escape Games im Lehr-Lern-Labor Ex3-Lab des Fachbereichs Chemie. In: Meier, M., Hammann, M., Greefrath, G., Ziepprecht, K., Wodzinski, R. (Hrsg.), Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung. Springer Verlag, 185-189.
- [4] Ditter, D., Lukas, S., Weiser, D., Rubner, I. (2023). Science4Exit Project - Experimental Escape Games with Digital Enrichment in an Extracurricular Learning Venue. Eur. Conf. Games-based Learn. 17, 154-161. <https://doi.org/10.34190/ecgbl.17.1.1620>.
- [5] Hesser, R., Rubner, I., Lukas, S. (2023). Science4Exit_{School}: Escape games for chemistry classes. Eur. Conf. Games-based Learn. 17, 833-835. <https://doi.org/10.34190/ecgbl.17.1.1559>.
- [6] Yachin, T., Barak, M. (2023). Science-Based Educational Escape Games: A Game Design Methodology. Res. Sci. Educ. 54, 299-313.
- [7] Hacke, A., Przybylla, M., Schwill, A. (2019). Beobachtungen zum informatischen Problemlösen im Escape-Adventure-Spiel „Room-X“, Informatik für alle, 79-88.
- [8] Actionbound. Startseite. <https://de.actionbound.com/> (letzter Zugriff: 22.05.2024).
- [9] Krickel, C., Zwick, S. (2019). Actionbound-EDU-GUIDE. <https://content.actionbound.com/upload/Actionbound-EDU-GUIDE.pdf> (letzter Zugriff: 20.06.2024).
- [10] Hesser, R., Rubner, I. (2023). Actionbound: ein digitales Tool für den Chemieunterricht. In: Wilke, T., Rubner, I. (Hrsg.), DiCE-Tagung 2023 - Digitalisation in Chemistry Education: Vol. Tooltips. Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Anorganische und Analytische Chemie.
- [11] Leonardo AI, Leonardo.Ai, KI-generierte Bilder, <https://app.leonardo.ai/> (letzter Zugriff: 22.06.2024).
- [12] Nicholson, S. (2018). Creating Engaging Escape Rooms for the Classroom. Childhood Education, 94(1), 44-49.
- [13] M. Schrepp, User Experience Questionnaire Handbook, PDF-Datei, <https://www.ueq-online.org/Material/Handbook.pdf> (letzter Zugriff: 22.06.2024).
- [14] Davis, F. D. (1985). A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results. PhD diss., Massachusetts Institute of Technology.

Kurzbiografien und Fotos

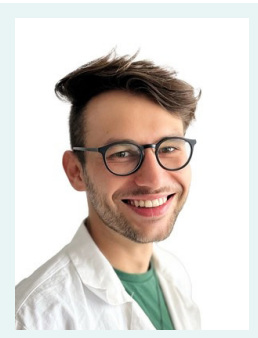


Prof. Dr. Isabel Rubner, Professorin für Chemie und ihre Didaktik an der Pädagogischen Hochschule in Weingarten. Nach dem Studium der Fächer Chemie und Sport für das gymnasiale Lehramt an der Julius-Maximilian-Universität Würzburg

und an der Albert-Ludwigs -Universität Freiburg folgten einige Jahre im Schuldienst und die Promotion im Rahmen einer Abordnung an die Hochschule. Anschließend erfolgte der Wechsel an die PH Freiburg und anschließend die Übernahme der Professur an der PH Weingarten. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der experimentell-konzeptionellen chemiedidaktischen Forschung, curriculare Innovationsforschung, innovative Lehr- und Lernmaterialien, Digitalisierung, Lehr-Lernlabore und Lehrkräfteprofessionalisierung.

Sie beschäftigt sich u.a. mit BNE, Forensischer Chemie und Game Based Learning.

Patrick Maximilian Nazarenius ist akademischer Mitarbeiter an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. Von 2016 bis 2023 studierte er Biologie und Chemie für das Lehramt der Sekundarstufe I an derselben Hochschule. In seiner Masterarbeit entwickelte und evaluierte er die „Tenyks Academy“, ein Konzept, das Lehrkräfte dabei unterstützt, eigene pädagogische Escape Games zu konzipieren.



Rebekka Ditter ist Doktorandin an der Pädagogischen Hochschule Weingarten. Sie studierte von 2017 bis 2022 Chemie und Mathematik an der Hochschule Ludwigsburg und Weingarten für das Lehramt der Sekundarstufe I. Im Oktober 2022 begann sie ihre Promotion im Rahmen des Projekts Science4Exit_{school}. Im Rahmen dieses Projekts entwickelt sie Escape Games für den Chemieunterricht an Schulen.

Greitemann, L. und Melle, I.

Tablet-basiertes Lernen bei der Vermittlung und Sicherung von Fachwissen: Vergleich von Erklärvideos und Aufgabebearbeitung

Digitalisierung ist in fast allen Lebensbereichen kaum mehr wegzudenken. Gerade auch durch die Corona-Pandemie haben digitale Endgeräte, wie beispielsweise Tablets, einen bedeutenden Einfluss auf verschiedene Zweige des Bildungswesens. Ihre Vielseitigkeit und Zugänglichkeit machen sie zu einem vielversprechenden Werkzeug im Unterricht [1]. Auch durch die verschiedenen bildungspolitische Vorgaben wird der Einsatz digitaler Technologien in der Schule gefordert [2, 3]. Vor diesem Hintergrund stellt sich nicht mehr die Frage, ob digitale Medien in den Unterricht integriert werden können, sondern wie dies lernförderlich gelingen kann. Dazu sind Studien zur Wirkung digitaler Lehr- und Lernangebote nötig. Die hier dargestellte Studie soll dazu einen Beitrag leisten. Dabei wird der Fokus auf die Vermittlung und Sicherung von chemiespezifischen Fachinhalten gelegt, wobei insbesondere im Bereich der Wissenssicherung zwei Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien verglichen werden: die Erstellung von Erklärvideos und die digital-gestützte Aufgabebearbeitung, in beiden Fällen durch die Schüler*innen.

Im Folgenden wird zunächst die theoretische Fundierung der Studie dargelegt. Dabei liegt der Fokus auf dem digital-gestützten Lernen im naturwissenschaftlichen Unterricht, der digital-gestützten Aufgabebearbeitung und dem unterrichtlichen Einsatz von Erklärvideos. Im Anschluss daran werden das Forschungsziel, das Forschungsdesign sowie ausgewählte Untersuchungsinstrumente beleuchtet. Nach einer Beschreibung der entwickelten digitalen Unterrichtsmaterialien und zentraler Ergebnisse der Studie (Fachwissen, Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Materialien, Arbeits- und Nutzungsverhalten) werden diese in einem Fazit zusammengefasst und interpretiert.

Theoretische Fundierung

Speziell in den naturwissenschaftlichen Fächern können digitale Medien den Unterricht in vielfacher Weise bereichern. Allerdings sind digitale Technologien im Unterricht nur dann zielführend, wenn diese lernwirksam und didaktisch sinnvoll eingesetzt werden. Deshalb werden nachfolgend die didaktischen Funktionen von digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht betrachtet. Digitalen Medien können, wie Abb. 1 zu entnehmen ist, als Lernwerkzeug, Lernbegleiter, Experimentalwerkzeug und auch als Lerngegenstand eingesetzt werden [4–6].

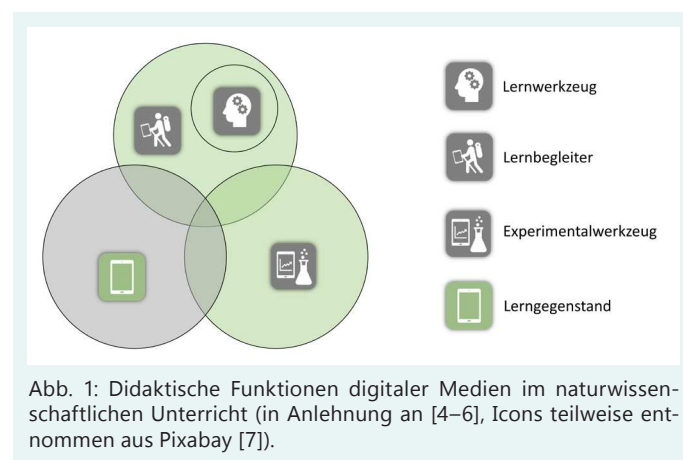


Abb. 1: Didaktische Funktionen digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht (in Anlehnung an [4–6], Icons teilweise entnommen aus Pixabay [7]).

Als Lernwerkzeug unterstützen digitale Medien den Lernprozess in einer konkreten Lernsituation, beispielsweise durch den punktuellen Einsatz von *Augmented Reality* [8]. Werden digitale Medien über einen längeren Zeitraum eingesetzt, ist die Funktion als Lernbegleiter gegeben. Beispielsweise haben digitale Schulbücher, welche auch interaktive Elemente enthalten können, diese didaktische Funktion [9]. Und auch bei den im naturwissenschaftlichen Unterricht essentiellen Experimenten können digitale Medien unterstützend wirken, wodurch die Funktion als Experimentalwerkzeug

angesprochen wird. Exemplarisch sei an dieser Stelle auf die digitale Messwertdatenerfassung verwiesen [10]. Die drei beschriebenen didaktischen Funktionen beziehen sich dabei auf das Lernen *mit* digitalen Medien. Wird hingegen ein Lernen *über* digitale Medien fokussiert, können diese auch selber zum Lerngegenstand werden, z. B. durch die Beschäftigung mit (chemiespezifischen) *Fake News* [11].

Im Rahmen eines digital-unterstützten Unterrichts können bewährte Unterrichtsformate, wie die Aufgabenbearbeitung, erweitert werden. Dazu werden im folgenden Abschnitt die Chancen und Risiken einer digital-gestützten Aufgabenbearbeitung beleuchtet. Als größter Vorteil ist die Möglichkeit eines automatischen Feedbacks zu nennen, welches die Schüler*innen direkt im Anschluss an die Bearbeitung erhalten [12, 13]. Das Feedback kann durch die digitalen Medien unmittelbar erfolgen und nicht wie bei einem analogen Feedback erst nach einer Feedbackschleife durch die Lehrkraft. Somit ist es durch den Einsatz der Technik einfacher und effizienter möglich, den Lernenden ein individuelles und unmittelbares Feedback zu ihrer Aufgabenbearbeitung zu geben [14]. Des Weiteren besteht ein Vorteil in der Kombination aus sprachlichen, bildhaften und auditiven Darstellungen [15, 16]. Darüber hinaus haben digital-gestützte Aufgaben Vorteile durch den Abbau von verschiedenen Hürden, beispielsweise durch die Vorlesefunktion oder die Bildschirmvergrößerung [17]. Der Einsatz von digitalen Medien im Rahmen der Aufgabenbearbeitung ermöglicht zudem die direkte Einbindung von (interaktiven) Hilfestellungen [18, 19]. Nichtsdestotrotz entstehen durch digitale Medien bei der Aufgabenbearbeitung auch Risiken, die es zu vermeiden gilt. Die Bearbeitung einer digital-gestützten Aufgabe kann zum Beispiel durch eine überladene Gestaltung oder ablenkende Animationen zu einer hohen kognitiven Belastung führen (vgl. *Cognitive Load Theory*, [20]). Weiterhin ist es möglich, dass die Schüler*innen durch ein schnelles Überfliegen und Durchklicken der Aufgaben diese lediglich oberflächlich bearbeiten und keine Tiefenstrukturen aufbauen können [15]. Ein weiteres Risiko

besteht darin, dass die digitalen Medien analoge Medien lediglich ersetzen, was auch im SAMR-Modell von Puentedura [21] beschrieben wird.

Dieses Modell gliedert den unterrichtlichen Einsatz digitaler Medien in vier Ebenen: Auf den unteren beiden Ebenen werden digitale Medien als reiner Ersatz für analoge Medien oder lediglich mit kleineren funktionalen Verbesserungen (z. B. Rechtschreibprüfung) eingesetzt. Dieser Einsatz ist für den Unterrichtsprozess (und damit auch bei einer digital-gestützten Aufgabenbearbeitung) weniger zielführend, vielmehr sollten die sich durch die Technologien neu ergebenden Möglichkeiten nicht ungenutzt bleiben. Dies umfasst einen Einsatz auf den oberen beiden Ebenen des SAMR-Modells. Auf diesen Ebenen sind z. B. Lernformate realisierbar, die ohne den Einsatz digitaler Technologien nicht möglich wären.

Neben der Erweiterung bewährter Unterrichtsformate sind durch die digitalen Medien auch neue Unterrichtsformen, wie beispielsweise der Einsatz und die Erstellung von Erklärvideos, möglich. Erklärvideos umfassen nach Wolf [22] vier Merkmale: die thematische Vielfalt, die gestalterische Vielfalt, den informellen Kommunikationsstil und die Diversität der Autorenschaft. Sowohl thematisch als auch gestalterisch weisen bereits produzierte Erklärvideos eine verschieden große Bandbreite und inhaltliche Tiefe auf, da unter den Produzent*innen der Videos aufgrund diverser Qualifikationen, Unterschiede bei den didaktischen und mediengestalterischen Kompetenzen vorzufinden sind. Ein informeller Kommunikationsstil hat zur Folge, dass die Rezipient*innen der Videos auf Augenhöhe angesprochen werden sollen. Das didaktische Potenzial von Erklärvideos wird allerdings erst vollumfänglich sichtbar, wenn die Produzent*innen sowie Rezipient*innen der Videos näher betrachtet werden. Denn die Videos können im schulischen Kontext sowohl von den Lernenden als auch von der eigenen bzw. einer fremden Lehrkraft produziert bzw. rezipiert werden. Dadurch ergeben sich insgesamt vier verschiedene didaktische Einsatzszenarien (vgl. Tab. 1, [23–25]).

		Produzent*innen	
		Lehrkräfte	Lernende
Rezipient*innen	Lehrkräfte	Weiterbildung durch Kolleg*innen	Pädagogische Diagnostik und Leistungsüberprüfung
	Lernende	Lernen von Erklär-Profis (bei eigener und fremder Lehrkraft), Verfügbarkeit von Zweit-Erkläransätzen (bei fremder Lehrkraft)	Lernen durch Erklären für die Mitschüler*innen und von den Mitschüler*innen

Tab. 1: Didaktische Einsatzmöglichkeiten von Erklärvideos im Unterricht (in Anlehnung an [23–25]).

Forschungsziel

Ziel der im Folgenden vorgestellten Untersuchung ist die Entwicklung und Evaluation einer Tablet-gestützten digitalen Lernumgebung für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I, die aus einer Erarbeitungs- und einer Sicherungsphase besteht. Insbesondere in der Sicherungsphase sollen mit Hilfe des Projektes Erkenntnisse über die Wirkung zweier digitaler Sicherungsmaßnahmen gewonnen werden: die digital-gestützte Aufgabebearbeitung und die Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler*innen.

Die Evaluation der digitalen Lernumgebung erfolgt im Hinblick auf den Fachwissenszuwachs, die Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Unterrichtsmaterialien sowie die kognitive Belastung der Lernenden. Des Weiteren wird das Arbeits- und Nutzungsverhalten der Lernenden bei der Bearbeitung der Unterrichtsmaterialien analysiert, worauf in dieser Publikation fokussiert wird. Die weiteren Evaluationsaspekte können beispielsweise in [7, 26] nachgelesen werden.

Forschungsdesign und ausgewählte Testinstrumente

Um dem genannten Forschungsziel nachzugehen, wurde das in Abb.2 dargestellte Forschungsdesign entwickelt. Die Studie wurde im Rahmen eines Projekttagess an verschiedenen Schulen mit insgesamt sieben Klassen ($N = 138$ Schüler*innen) durchgeführt. Eine Woche vor

diesem Tag bearbeiteten die Schüler*innen die Pre-Tests, wobei das fachliche Vorwissen (offene und geschlossene Items), die kognitiven Fähigkeiten, das schulische Selbstkonzept und der sozioökonomische Status der Lernenden erhoben wurden. Daraufhin wurde die Klasse in zwei parallelisierte Gruppen eingeteilt. Am eigentlichen Projekttag bearbeiteten beide Gruppen die gleichen digitalen Unterrichtsmaterialien in Einzelarbeit (Erarbeitungsphase). Daraufhin wurden die Mid-Tests geschrieben, bei dem das Fachwissen, die kognitive Belastung der Lernenden (geschlossene Items) sowie deren Einschätzung hinsichtlich der Attraktivität (geschlossene Items) und Benutzerfreundlichkeit der Materialien (geschlossene Items) erhoben wurde. Anschließend sicherten die Lernenden in einer kooperativen Partnerarbeit das erlernte Wissen. Die eine Gruppe erstellte dabei eigene Erklärvideos, wohingegen die andere Gruppe Aufgaben auf dem iPad bearbeitete. Abgeschlossen wurde der Projekttag mit den Post-Tests, bei dem die gleichen Fragebögen wie bei den Mid-Tests eingesetzt wurden und zusätzlich erfolgte etwa drei Wochen später ein Fachwissenstest als Follow-up-Test.

Neben den bereits beschriebenen Testinstrumenten wurden Bildschirm- und Videoaufnahmen angefertigt. Um die individuellen Handlungen der Lernenden mit Hilfe der erstellten Videos zu analysieren, wurden verschiedene Kodiermanuale entwickelt. Exemplarisch sollen hier die

Kodiermanuale zur Analyse des Nutzungs- und Arbeitsverhaltens der Schüler*innen skizziert werden.

Die während der Erarbeitungsphase erstellten Bildschirmaufnahmen können zur Analyse des Nutzungsverhaltens der Lernenden herangezogen werden. Dadurch sind Aussagen darüber möglich, welche Funktionen der digitalen Lernumgebung (z. B. Vorlese- oder Fotofunktion) von den Lernenden genutzt werden. Das erstellte Kodiermanual enthält dabei für jede Funktion der digitalen Lernumgebung einen spezifischen Code. Bei Betrachtung der entsprechenden Bildschirmaufnahmen konnte durch ein dichotomes Kategoriensystem (Ja, Nein) beim Kodieren entschieden werden, ob die jeweilige Funktion der Lernumgebung genutzt wurde. Tab. 2 zeigt beispielhaft die Kodierregeln für zwei Codes. Zur Reliabilitätsbestimmung wurden 17 % der Bildschirmaufnahmen doppelt kodiert, wobei der Cohens κ -Wert eine sehr gute Reliabilität nachweist ($\kappa = .926$). Da es sich um dichotome Daten handelt und dadurch die Beurteilerübereinstimmung bei seltenen oder häufigen Ereignissen überschätzt werden kann, wurden neben der generellen Übereinstimmung auch die kategorie-spezifischen Werte κ_+ und κ_- berechnet. Dabei wird die Übereinstimmung getrennt für diejenigen Fälle bestimmt, bei denen mindestens ein*e Kodierer*in „Ja“ (κ_+) bzw. „Nein“ (κ_-) kodiert hat. Auch diese Werte zeigen sehr gute Reliabilitäten ($\kappa_+ = .883$, $\kappa_- = .904$).

In der Sicherungsphase wurden pro Interventionsgruppe und untersuchter Klasse jeweils drei Schüler*innen-Paare videografiert. Durch

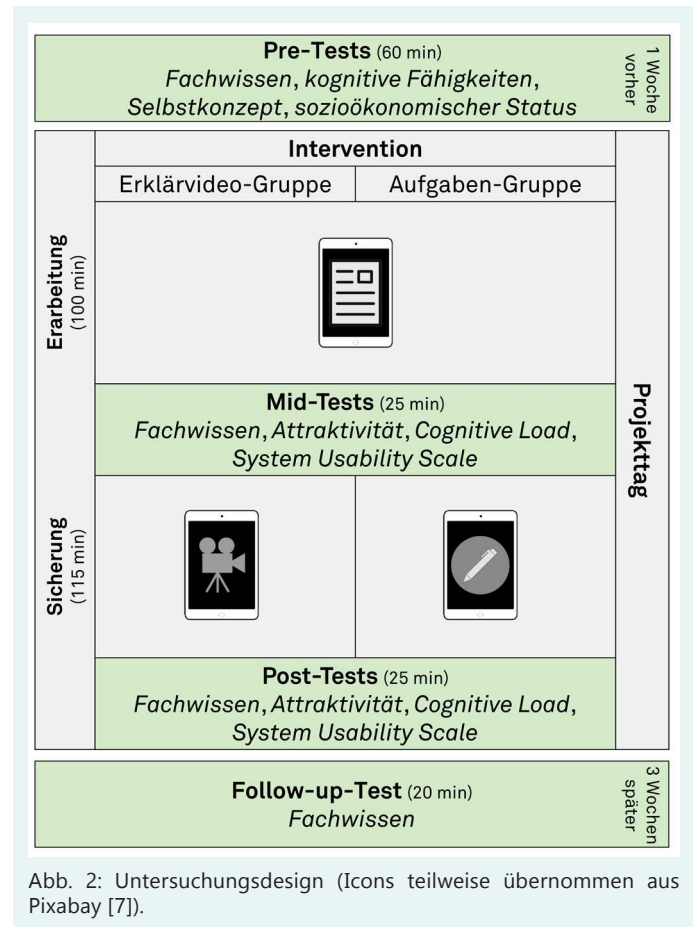


Abb. 2: Untersuchungsdesign (Icons teilweise übernommen aus Pixabay [7]).

ein Kodiermanual konnten diese Videodaten zur Auswertung des Arbeitsverhaltens in der kooperativen Sicherungsphase herangezogen werden [27]. Im Gegensatz zum Kodiermanual zum Nutzungsverhalten erfolgt hier die Kodierung im Anschluss an die vollständige Betrachtung der Videos. Das Manual umfasste insgesamt 16 Items aus drei Kategorien (Konzentriertes und eigenständiges Arbeiten, Kommunikation innerhalb der Partnerarbeit, Umgang mit digitalen

Code	Inhalt	Kodierregel
CR1.2_A	Die Schüler*innen erfahren, dass bei einer chemischen Reaktion neue Stoffe entstehen, welche andere Eigenschaften haben als die Ausgangsstoffe.	CR1.2_A wird mit 1 kodiert, wenn sich die Schüler*innen das Audiofile auf der Seite komplett (34 Sekunden) anhören, ansonsten wird 0 kodiert.
CR1.2_N		CR1.2_N wird mit 1 kodiert, wenn die Schüler*innen den digitalen Notizzettel auf dieser Seite öffnen und sich Notizen machen, ansonsten wird 0 kodiert.

Tab. 2: Kodierregeln für zwei Beispielcodes aus dem Kodiermanual zur Analyse des Nutzungsverhaltens in der Erarbeitungsphase.

Item: Die Schüler*innen halten sich an die vorgegebenen zeitlichen Strukturen.	
Stufe 4 (Trifft voll zu)	Die Schüler*innen halten sich immer an die vorgegebenen zeitlichen Strukturen. Dies umfasst alle Übergänge, bei denen aufgrund eines Signaltons des Timers bzw. einer Aufforderung durch die Lehrkraft (bzw. Versuchsleitung) eine neue Arbeitsphase beginnt. Werden die Schüler*innen aufgefordert, eine neue Aufgabe (z. B. eine neue Seite öffnen oder eine neue Software benutzen) zu beginnen, erledigen sie dies bei allen Übergängen direkt nach der Aufforderung bzw. nach dem Signalton des Timers.
Stufe 3 (Trifft größtenteils zu)	Die Schüler*innen halten sich größtenteils an die vorgegebenen zeitlichen Strukturen. Es kommt bei maximal zwei Übergängen zu einer Zeitüberschreitung, die sich auf maximal eine Minute beläuft. Dabei kann es ebenfalls der Fall sein, dass die Schüler*innen durch die Lehrkraft (bzw. Untersuchungsleitung) aufgefordert werden, die Aufgabe abzubrechen. Diese Stufe wird ebenfalls kodiert, wenn die Schüler*innen in maximal zwei Fällen zu früh zur nächsten Aufgabe übergehen.
Stufe 2 (Trifft teilweise zu)	Die Schüler*innen überschreiten die Zeit in mehr als zwei Fällen oder es kommt zu mindestens einer Zeitüberschreitung von mehr als einer Minute. Diese ist ebenfalls der Fall, wenn die Schüler*innen mehr als zweimal zu einem früheren Zeitpunkt zur nächsten Aufgabe übergehen.
Stufe 1 (Trifft gar nicht zu)	Die Schüler*innen missachten jegliche zeitliche Strukturen.

Tab. 3: Kodierregeln für ein Beispielitem aus dem Kodiermanual zur Analyse des Arbeitsverhaltens in der Sicherungsphase.

Medien), wobei hier sowohl die Einzel- als auch die Partnerarbeitsphasen berücksichtigt wurden. Die Einschätzung der Kodierer*innen erfolgte auf einer 4-stufigen Likert-Skala (1 = Trifft gar nicht zu, 4 = Trifft voll zu). Für jedes Item und jede Abstufung wurden entsprechende Kodierregeln formuliert (vgl. Tab. 3). Durch eine Doppelkodierung von 18 % der Videoaufnahmen konnten gute Reliabilitäten erzielt werden ($ICC_{unjust} = .886$).

Digitale Unterrichtsmaterialien

Inhaltlich befasst sich die entwickelte Lernumgebung mit der Einführung in das Basiskonzept der Chemischen Reaktion, es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung einer multimedialen Lernumgebung aus einem Vorgängerprojekt [28]. Für die hier vorgestellte Studie wurde diese multimediale und Laptop-basierte Lernumgebung mit Hilfe der Software *iBooks Author* [29] für die Nutzung auf iPads modifiziert. Im Rah-

men dieser Modifizierung wurden auch Teile der vorhandenen Lernumgebung überarbeitet und angepasst. So wurden beispielsweise die Aufgaben, die in dem Vorgängerprojekt noch direkt in die einzelnen Lernabschnitte integriert waren, in die Sicherungsphase verschoben. Der daraus resultierende Aufbau der Lernumgebung ist in Abb. 3 dargestellt.

Am Beginn steht ein Einführungskapitel, in dem die Bedienung der Lernumgebung beschrieben wird. Im Anschluss bearbeiten alle Schüler*innen die digitalen Unterrichtsmaterialien in Einzelarbeit. Dafür gelangen sie auf die sogenannte Startseite (vgl. Abb. 4). Hier erhalten die Lernenden eine Übersicht über die bereits bearbeiteten und die noch zu bearbeitenden Themengebiete (in Abb. 4 ist lediglich das erste Themengebiet freigeschaltet, alle weiteren Kapitel können von den Schüler*innen noch nicht ausgewählt werden). Wie der Startseite zu entnehmen ist, wurde jedes Themengebiet mit einem Piktogramm versehen,

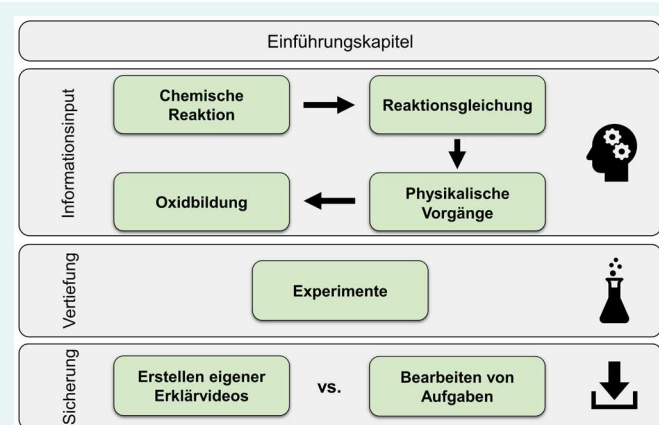


Abb. 3: Aufbau der digitalen Lernumgebung (entnommen aus [7]).

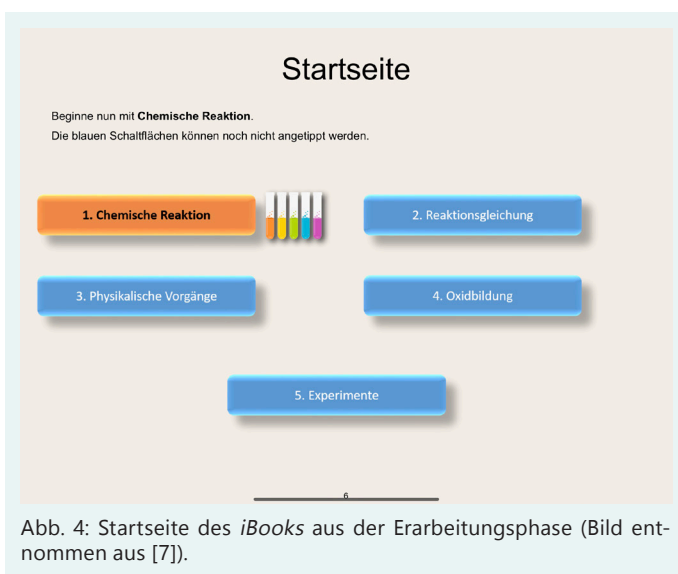


Abb. 4: Startseite des iBooks aus der Erarbeitungsphase (Bild entnommen aus [7]).

welches auch auf allen Seiten dieses Themengebiete in der rechten oberen Ecke zu sehen ist. Dadurch wissen die Schüler*innen zu jeder Zeit, in welchem Themengebiet sie sich gerade befinden. Jedes Themengebiet wurde in drei Niveaustufen differenziert, welche die Lernenden durch eine Selbsteinschätzung auswählen können: Die erste Schwierigkeitsstufe umfasst Informationen in einfacher Sprache und Erinnerungen an das Vorwissen, während die dritte Schwierigkeitsstufe beispielsweise durch Zusatzinformationen gekennzeichnet ist. Darüber hinaus wurde eine interaktive Informationsdarbietung realisiert, sodass die Inhalte beispielsweise über kurze Videosequenzen oder andere interaktive Elemente vermittelt wurden (vgl. Abb. 5).

Abgeschlossen wurde die Erarbeitungsphase durch fünf Experimente (Lösen von Salz in

Wasser, Gewinnung von Salz aus Salzwasser, Nachweis von Kohlenstoffdioxid mit Kalkwasser, Schmelzen von Kerzenwachs, Verbrennen von Eisenwolle). Die Experimente dienen der Anwendung des zuvor gelernten Wissens (chemische Reaktion vs. physikalischer Vorgang) und wurden durch die digitale Lernumgebung angeleitet (Text-, Bild- und Videoanleitung). Auch die Dokumentation wurde in der Lernumgebung selbst umgesetzt (Vorher-Nachher-Vergleich mittels Foto-Funktion sowie schriftliche Fixierung der Beobachtungen).

Die Auswertung des Experimentes erfolgte durch die Beantwortung einer geschlossenen und einer offenen Frage. Bei der geschlossenen Frage sollten die Lernenden einordnen, ob der beobachtete Vorgang eine chemische Reaktion oder einen physikalischen Vorgang darstellt und diese Entscheidung in der offenen Frage begründen. Sowohl bei der geschlossenen als auch bei der offenen Frage erhielten die Lernenden ein direktes Feedback. Abb. 6 zeigt die entsprechenden Seiten

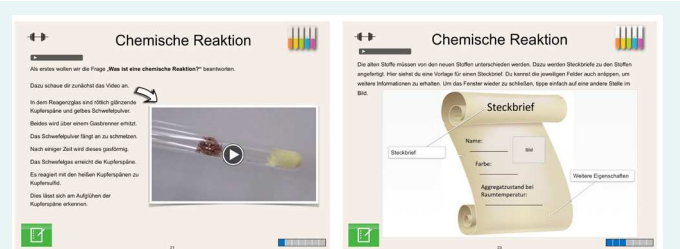


Abb. 5: Beispielseiten aus der digitalen Lernumgebung, Themengebiet Chemische Reaktion (Bilder entnommen aus [7]).

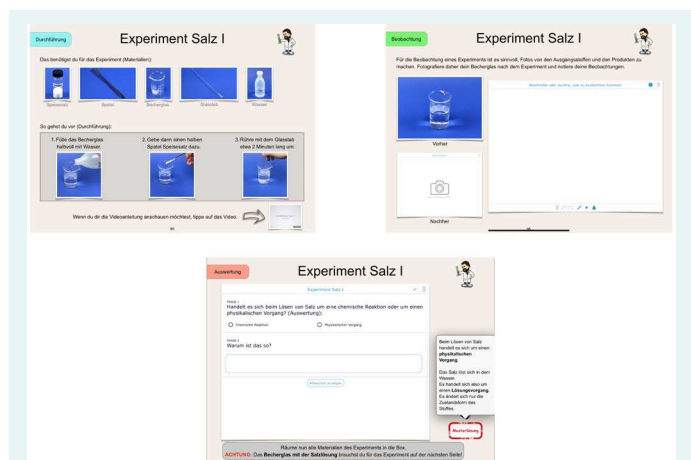


Abb. 6: Seiten aus der digitalen Lernumgebung zum Experiment Salz I (Bilder entnommen aus [7]).

der Lernumgebung für ein Beispielexperiment. Die anschließende Wissenssicherung erfolgte, wie bereits erwähnt, unterschiedlich für beide Gruppen. Hierbei wurde auch eine Strukturierung im Sinne des kooperativen Lernens vorgenommen, wobei die einzelnen Phasen durch Karten an der Tafel und die zur Verfügung stehende Zeit durch einen Timer visualisiert wurden. Bei der Erklärvideo-Gruppe sollten die Schüler*innen ein Screencast-basiertes Erklärvideo erstellen. Als Strukturierungshilfe erhielten die Lernenden hier ein analoges Arbeitsblatt, auf dem die einzelnen Arbeitsschritte nochmals beschrieben waren (vgl. Abb. 7). In einem ersten Schritt schauten sich die Schüler*innen ein Erklärvideo zum Thema „Wie erstelle ich ein Erklärvideo?“ an, dieses ist (inkl. des Story-Boards) in [30] veröffentlicht. Im Anschluss daran setzten sich die Lernenden zunächst in Einzel- und anschließend in Partnerarbeit nochmals mit den Inhalten auseinander. Im dritten Schritt erfolgte die Erstellung eines Story-Boards in Partnerarbeit. In dem Story-Board planten die Schüler*innen ihr Video. Anschließend erfolgte die Umsetzung des Videos auf dem iPad. Hier wurden von den Schüler*innen mit der App *doceri* [31] Screencast-basierte Erklärvideos erstellt. D.h. die Schüler*innen bereiteten in der App Folien vor, die sie animiert abspielen und während der Videoaufnahme mit einer Audiospur versehen konnten. Für diese Phase stand den Lernenden eine schriftliche Anleitung zur

Bedienung der genutzten App zur Verfügung. Die Schüler*innen der Aufgaben-Gruppe bearbeiteten in der Sicherungsphase verschiedene Aufgaben zu den Themengebieten der Erarbeitungsphase. Dabei schauten sie einleitend ebenfalls ein Video, bei dem die Strukturierung der Arbeitsphase vorgestellt wurde. Anschließend wurden die vier Themengebiete nacheinander behandelt. Hier bearbeiteten die Schüler*innen zuerst einfache Aufgaben in Einzel- und anschließend komplexere Aufgaben in Partnerarbeit. Abb. 8 zeigt eine Beispielaufgabe (Partnerarbeit) aus dem Themengebiet Chemische Reaktion.

Chemische Reaktion - Aufgabe 6

Begründet, warum es sich bei den folgenden Vorgängen um eine chemische Reaktion handelt.

FRAGE 1
Löschen von Tinte mit dem Tintenlöscher

FRAGE 2
Verbrennen von Papier

FRAGE 3
Backen eines Kuchens

Antworten anzeigen

Abb. 8: Beispielaufgabe aus der Sicherungsphase der Aufgaben-Gruppe, Themengebiet Chemische Reaktion (Bild entnommen aus [7]).

Ausgewählte Ergebnisse

Dargestellt werden im Folgenden ausgewählte Ergebnisse der Hauptuntersuchung ($N = 138$, Erklärvideo-Gruppe: $n = 70$, Aufgaben-Gruppe: $n = 68$). Zunächst werden die zentralen Ergebnisse in Bezug auf das Fachwissen sowie die Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Materialien kurz skizziert. Dabei wird auf statistische Angaben verzichtet; diese können in [7, 26] nachgelesen werden. Die erstellte digitale Lernumgebung führte bei beiden Interventionsgruppen zu einem signifikanten Fachwissenszuwachs, der in beiden Gruppen auf die Erarbeitungsphase zurückzuführen ist. Die Analyse des Follow-Up-Tests zeigt, dass der Fachwissenszuwachs in beiden Interventionsgruppen auch nachhaltig

Mario braucht ein Erklärvideo

Dies Freund Mario möchte gerne wissen, was ihr heute im Chemieunterricht gelernt habt. Erstelle mit deinem Partner zusammen ein Erklärvideo für Mario.

Erkläre in dem Video die Unterschiede zwischen einer chemischen Reaktion und einem physikalischen Vorgang. Erkläre Mario auch, was eine Oxidation ist und stell die Reaktionsgleichung dafür auf. Hebe dir eure Erklärungen Beispiele.

Mein Code: [] [] [] [] [] [] Partner A

Der Code meines Partners: [] [] [] [] [] [] Partner B

1. Anleitung zur Erstellung eines Erklärvideos

2. Auseinandersetzung mit den Inhalten

3. Story-Board erstellen

4. Erklärvideo erstellen

Thema	Wichtige Stichpunkte
Chemische Reaktion	
Physikalische Vorgänge	
Oxidation	
Reaktionsgleichung	

Abb. 7: Arbeitsblatt zur Strukturierung der Sicherungsphase in der Erklärvideo-Gruppe (Bilder entnommen aus [7]).

erzielt werden konnte. Ebenso bestätigen die Analysen der Attraktivitäts- und Benutzerfreundlichkeitstests die Lernwirksamkeit der entwickelten digitalen Lernumgebung. Es zeigt sich bei beiden Interventionsgruppen sowohl bei der Erarbeitungs- als auch bei der Sicherungsphase eine hohe Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Materialien. Im Gruppenvergleich wird deutlich, dass die Lernenden die Erstellung eines Erklärvideos signifikant positiver einschätzten als die Bearbeitung von Aufgaben (bei vergleichbar eingeschätzter Benutzerfreundlichkeit der Materialien).

Detaillierter erfolgt nun die Betrachtung des Arbeits- und Nutzungsverhaltens der Lernenden. Zur Analyse des Nutzungsverhaltens der Lernenden während der Erarbeitungsphase konnten insgesamt $n = 118$ Bildschirmaufnahmen herangezogen werden. Wie im Abschnitt zu den digitalen Unterrichtsmaterialien beschrieben, konnten die Schüler*innen zwischen drei Niveaustufen auswählen. Tab. 4 zeigt die absoluten und relativen Häufigkeiten der gewählten Niveaustufen für die einzelnen Themengebiete.

Deskriptiv betrachtet wird deutlich, dass die erste (und damit einfachste) Niveaustufe in allen vier Themengebieten am häufigsten ausgewählt wird. Zudem wird im Laufe der Lernumgebung vom ersten bis zum vierten Themengebiet eine leichte Tendenz zu schwierigeren Niveaustufen deutlich. Diese Tendenz kann mit Hilfe von einfaktoriellen Varianzanalysen mit Messwie-

derholung auch statistisch überprüft werden, wobei die Anzahl der Lernenden, die die jeweilige Niveaustufe im Laufe der Erarbeitungsphase (Themengebiet 1 bis 4) auswählten, verglichen wird. Es zeigt sich bei der ersten und bei der dritten Niveaustufe ein signifikanter schwacher bis mittlerer Effekt (Niveaustufe 1: $p < .001$, $\eta^2 = .06$; Niveaustufe 3: $p = .015$, $\eta^2 = .03$), sodass im Laufe der Intervention weniger leichtere Niveaustufen und mehr schwerere Niveaustufen gewählt wurden. Darüber hinaus zeigen Korrelationsanalysen bei den letzten drei Themengebieten schwache positive Zusammenhänge zwischen der Wahl der Niveaustufen mit den kognitiven Fähigkeiten der Lernenden (Themengebiet 2: $r_s = .200$, $p = .030$; Themengebiet 3: $r_s = .222$, $p = .016$; Themengebiet 2: $r_s = .258$, $p = .005$). Lernende mit höheren kognitiven Fähigkeiten wählten somit bei den letzten Themengebieten auch eher schwierigere Niveaustufen. Durch die Kodierung der Bildschirmaufnahmen sind Aussagen über die genutzten (interaktiven) Funktionen der digitalen Lernumgebung möglich: Die Informationsdarbietung über PowerPoint-Präsentationen und Videos nutzten rund 90 % der Schüler*innen. Die interaktiven Bilder und die digitalen Karteikarten zur Überprüfung des erlernten Wissens am Ende eines jeden Themengebiets wurden von ca. 75 % verwendet. Etwa ein Drittel der Lernenden nutzte die Vorlesefunktion als auditives Angebot der Informationsvermittlung. Bei der Experimentierphase konnten bezüglich der

Themengebiet	Niveaustufe 1	Niveaustufe 2	Niveaustufe 3
Chemische Reaktion	101 (78,9 %)	25 (19,5 %)	2 (1,6 %)
Reaktionsgleichung	84 (67,7 %)	34 (27,4 %)	6 (4,8 %)
Physikalischer Vorgang	85 (69,1 %)	28 (22,8 %)	10 (8,1 %)
Oxidbildung	90 (72,6 %)	25 (20,2 %)	9 (7,3 %)

Tab. 4: Absolute und relative Häufigkeiten der gewählten Niveaustufe (1: einfachste, 3: anspruchsvollste) für die Themengebiete der Erarbeitungsphase.

Nutzungshäufigkeit folgende Erkenntnisse gewonnen werden: Betrachtung der Videoanleitung (15 %), Fotofunktion zur Dokumentation (86 %), schriftliche Fixierung der Beobachtungen (89 %), Beantwortung der geschlossenen Auswertungsfrage (77 %), Beantwortung der offenen Auswertungsfrage (57 %), Feedbackabfrage für die Auswertungsfragen (43 %). Statistisch relevante Korrelationen werden mit einem signifikanten schwachen Effekt lediglich bei der Nutzung der Videoanleitung deutlich: Kognitiv schwächere Lernende nutzten diese vermehrt ($r_s = .187$, $p = .043$).

Neben dem Nutzungsverhalten während der Erarbeitungsphase konnte durch $n = 33$ Videoaufnahmen von Partnerarbeitspaaren das Arbeitsverhalten in der Sicherungsphase analysiert werden (Erklärvideo-Gruppe: $n = 16$, Aufgaben-Gruppe: $n = 17$). Die erzielten Mittelwerte liegen für alle Bereiche des Kodiermanuals einzeln sowie für das gesamte Manual über einem Wert von $M = 3.00$ und damit im oberen Bereich der Skala (4-stufige Likert-Skala von 1 = negativ

bis 4 = positiv). Die genauen Mittelwerte sind Tab.5 zu entnehmen. Durch eine Kovarianzanalyse konnte nachgewiesen werden, dass ein konzentriertes und eigenständiges Arbeiten bei der Aufgaben-Gruppe einen signifikanten Einfluss auf den Lernerfolg durch diese Unterrichtsphase hat ($p = .012$, $\eta^2 = .20$). Für die Erklärvideo-Gruppe ist dieser Zusammenhang nicht festzustellen. Die genauen Ursachen hierfür müssten in weiteren Forschungen ergründet werden.

Zur Untersuchung des Arbeitsverhaltens im Gruppenvergleich werden t -Tests für unabhängige Stichproben herangezogen. Dabei lassen sich sowohl für das gesamte Kodiermanual als auch für die einzelnen Teilbereiche keine statistisch relevanten Unterschiede finden. Die Schüler*innen beider Interventionsgruppen zeigen demnach ein vergleichbar positives Arbeitsverhalten in der Sicherungsphase.

Kategorie	Stichprobe	n	M	SD
Konzentriertes und eigenständiges Arbeiten	Erklärvideo	16	3.31	0.30
	Aufgaben	17	3.30	0.44
Kommunikation innerhalb der Partnerarbeit	Erklärvideo	16	3.31	0.37
	Aufgaben	17	3.21	0.59
Umgang mit digitalen Medien	Erklärvideo	16	3.81	0.14
	Aufgaben	17	3.81	0.21
Arbeitsverhalten Gesamt	Erklärvideo	16	3.44	0.21
	Aufgaben	17	3.41	0.33

Tab. 5: Mittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD) beider Interventionsgruppen bezüglich der Auswertung des Arbeitsverhaltens während der Sicherungsphase.

Fazit

Hinsichtlich des Fachwissenszuwachses kann festgestellt werden, dass die entwickelte digitale Lernumgebung in beiden Interventionsgruppen zu einem (nachhaltigen) Lernzuwachs führt. Dieser wird hauptsächlich durch die Erarbeitungsphase hervorgerufen; durch die Sicherungsphasen lassen sich keine weiteren Lernzuwächse erzielen. Eine mögliche Erklärung liegt in der Funktion der Sicherungsphase: Diese soll der Festigung des erworbenen Wissens und damit der langfristigen Abrufbarkeit und nicht dem weiteren Wissenserwerb dienen [32, 33]. Einen Hinweis auf eine gelungene Sicherung gibt in dieser Studie der nachhaltige Lernzuwachs, welcher allerdings in weiteren Studien noch näher untersucht werden sollte. Beide Sicherungsmaßnahmen können als gleich effektiv bezeichnet werden, da sich keine Gruppenunterschiede im Fachwissen andeuten. Die Lernförderlichkeit der entwickelten Unterrichtsmaterialien wird zudem durch die positive Einschätzung der Schüler*innen unterstützt, wobei die Erstellung von Erklärvideos positiver bewertet wird als die digital-gestützte Bearbeitung der Aufgaben.

Im Hinblick auf das Nutzungsverhalten der Lernenden während der Erarbeitungsphase lässt sich sagen, dass die Schüler*innen eher einfache Niveaustufen auswählen. Bei den letzten Themengebieten werden zudem Korrelationen mit den kognitiven Fähigkeiten der Lernenden deutlich, sodass kognitiv stärkere Schüler*innen auch eher schwierigere Niveaustufen wählen. Das dies erst bei den letzten Themengebieten zu erkennen ist, lässt den Schluss zu, dass die Lernenden vermutlich zunächst die Schwierigkeit des Materials einschätzen müssen, um daraufhin die für sie passende Niveaustufe zu finden. Bei der Analyse der verschiedenen (interaktiven) Funktionen zeigt sich, dass diese von vielen Lernenden genutzt werden. Allerdings konnte die Lernwirksamkeit der einzelnen Funktionen mit Hilfe der hier dargestellten Studie nicht untersucht werden.

In der abschließenden Sicherungsphase zeigt sich ein positives Arbeitsverhalten: Die Schüler*innen arbeiten eigenständig und konzentriert, zeigen eine Verständigung in der Partnerarbeit und kommen mit den digitalen Medien zurecht. Dieses positive Arbeitsverhalten ist für beide Interventionsgruppen vergleichbar und könnte eventuell durch die Strukturierung der Arbeitsphase hervorgerufen worden sein: Die Lernenden werden durch diese zum einen angeleitet und geführt, zum anderen bestehen aber auch Freiräume für die Schüler*innen.

Auch wenn ein möglicher Neuheitseffekt nicht gänzlich auszuschließen ist, konnte mit der dargestellten Studie insgesamt eine lernförderliche und praktikable Nutzung von Tablets im Chemieunterricht aufgezeigt werden. Dabei zeigen sich kaum Unterschiede zwischen der Aufgaben- und der Erklärvideo-Gruppe, sodass die entwickelten Materialien und beide Sicherungsmaßnahmen als sinnvoll für den unterrichtlichen Einsatz angesehen werden können.

Literatur

- [1] Bastian, J., Aufenanger, S. (2017). Einführung: Tableteinsatz in Schule und Unterricht - wo stehen wir? In: Tablets in Schule und Unterricht: Forschungsmethoden und -perspektiven zum Einsatz digitaler Medien. Bastian, J., Aufenanger, S. (Hrsg.). Springer VS, 1–11.
- [2] KMK Strategie der Kultusministerkonferenz „Bildung in der digitalen Welt“. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 08.12.2016. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/Strategie_neu_2017_datum_1.pdf (letzter Zugriff: 28.03.2024).
- [3] Medienberatung NRW Medienkompetenzrahmen NRW. https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Rahmen_A4_2020_03_Final.pdf (letzter Zugriff: 28.03.2024).

- [4] Huwer, J., Bock, A., Seibert, J. (2018). The School Book 4.0: The Multitouch Learning Book as a Learning Companion. EDUCATION 6/6, 763–772.
- [5] Huwer, J., Brünken, R. (2018). Naturwissenschaften auf neuen Wegen - Individualisierung mit Tablets im Chemieunterricht. Computer + Unterricht 110/30, 7–10.
- [6] Huwer, J., Banerji, A., Thyssen, C. (2020). Digitalisierung - Perspektiven für den Chemieunterricht. Nachr. Chem. 68/10, 10–16.
- [7] Greitemann, L. (2022). Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung. In: Studien zum Physik- und Chemielernen. Band 347. Hopf, M., Niederer, H., Ropohl, M., Sumfleth, E. (Hrsg.). Logos Verlag.
- [8] Tschiersch, A., Krug, M., Huwer, J., Banerji, A. (2021). Arbeiten mit erweiterter Realität im Chemieunterricht - ein Überblick über Augmented Reality in naturwissenschaftlichen Lehr-Lernszenarien. CHEMKON 28/6, 241–244.
- [9] Ulrich, N. (2021). Das E-Book als digitale Mappe. In: Naturwissenschaften digital: Toolbox für den Unterricht. Band 1. Meßinger-Koppelt, J., Maxton-Küchenmeister, J. (Hrsg.). Joachim Herz Stiftung Verlag, 34–37.
- [10] Wejner, M., Wilke, T. (2020). Ein Gerät für jeden Arbeitsplatz. Nachr. Chem. 68/4, 24–26.
- [11] Dittmar, J., Eilks, I. (2020). Internet Forums in Class: Innovation for Science Education by Focusing on Social Media. Action Research and Innovation in Science Education 3/1, 3–11.
- [12] Richtberg, S. und Girwidz, R. Digitales Experimentieren mit individuellem Feedback. <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/viewFile/515/659> (letzter Zugriff: 28.03.2024).
- [13] Ropohl, M., Diehl, K., Gebhardt, M., van den Heuvel-Panhuizen, M., Mühling, A., Schanze, S. (2018). Lernprozesse und Lernprodukte mit digitalen Medien diagnostizieren? In: Medieneinsatz im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Fachübergreifende Perspektiven auf zentrale Fragestellungen. Ropohl, M., Lindmeier, A., Härtig, H., Kampschulte, L., Mühling, A., Schwanewedel, J. (Hrsg.). Joachim Herz Stiftung Verlag, 98–137.
- [14] Graham, S., Hebert, M., Harris, K.R. (2015). Formative Assessment and Writing. The Elementary School Journal 115/4, 523–547.
- [15] Girwidz, R., Hoyer, C. (2021). Didaktische Aspekte zum Einsatz digitaler Medien - Leitlinien zum Lehren mit Multimedia, veranschaulicht an Beispielen. In: Naturwissenschaften digital: Toolbox für den Unterricht. Band 1. Meßinger-Koppelt, J., Maxton-Küchenmeister, J. (Hrsg.). Joachim Herz Stiftung Verlag, 6–24.
- [16] Schanze, S., Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In: Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (Hrsg.). Springer, 177–192.
- [17] Ulrich, N. (2017). E-Books - Potenziale für den Umgang mit Diversität. In: Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., Groß, J. (Hrsg.). Joachim-Herz-Stiftung Verlag, 71–80.

- [18] Ulrich, N., Huwer, J. (2017). Digitale (Schul) Bücher - Vom E-Book zum Multitouch Learning Book. In: Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., Groß, J. (Hrsg.). Joachim-Herz-Stiftung Verlag, 63–70.
- [19] Huwer, J., Eilks, I. (2017). Multitouch Learning Books für schulische und außerschulische Bildung. In: Lernprozesse mit digitalen Werkzeugen unterstützen: Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer. Meßinger-Koppelt, J., Schanze, S., Groß, J. (Hrsg.). Joachim-Herz-Stiftung Verlag, 81–94.
- [20] Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory, Springer.
- [21] Puentedura, R. Transformation, Technology and Education. <http://www.hippasus.com/resources/tte/> (letzter Zugriff: 28.03.2024).
- [22] Wolf, K.D. (2015). Bildungspotenziale von Erklärvideos und Tutorials auf YouTube: Audiovisuelle Enzyklopädie, adressatengerechtes Bildungsfernsehen, Lehr-Lern-Strategie oder partizipative Peer Education? Medien + Erziehung 59/1, 30–36.
- [23] Wolf, K.D. (2018). Video statt Lehrkraft? Erklärvideos als didaktisches Element im Unterricht. Computer + Unterricht 28/109, 4–7.
- [24] Wolf, K.D., Kulgemeyer, C. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. Naturwissenschaften im Unterricht. Physik 27/152, 36–41.
- [25] Kulgemeyer, C. (2018). A Framework of Effective Science Explanation Videos Informed by Criteria for Instructional Explanations. Res. Sci. Educ. 26/1, 435–456.
- [26] Greitemann, L., Melle, I. (2022). Tablet-Einsatz zur Vermittlung und Sicherung von Fachwissen. CHEMKON 29/S1, 293–298.
- [27] Sobek, S. (2020). Wissenssicherung im digitalgestützten Chemieunterricht - Entwicklung und Erprobung eines Kodiermanuals zum Vergleich von Erklärvideos und Aufgaben, Unveröffentlichte Masterarbeit, Technische Universität Dortmund.
- [28] Baumann, T., Melle, I. (2019). Evaluation of a digital UDL-based learning environment in inclusive chemistry education. Chemistry Teacher International 1/2, 1–13.
- [29] Apple Inc. (2020). iBooks Author. <https://www.apple.com/de/ibooks-author> (letzter Zugriff: 27.06.2022).
- [30] Greitemann, L., Melle, I. (2022). Erklärvideos von Schüler/inne/n produzieren lassen: Ein Erklärvideo zur Erstellung eines Erklärvideos. MNU Journal 75/2, 136–139.
- [31] SP Controls, I. (2020). Doceri. <https://doceri.com> (letzter Zugriff: 27.06.2022).
- [32] Brumsack, E. (2014). Ergebnissicherung in heterogenen Lerngruppen, Cornelsen Scriptor.
- [33] Meyer, H. (2021). Unterrichtsmethoden, Cornelsen.

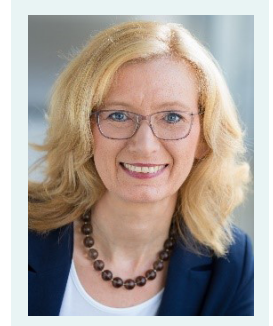
Kurzbiografien



Dr. Lars Greitemann studierte die Fächer Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen an der TU Dortmund. Anschließend promovierte er am Lehrstuhl von Prof. Dr. Insa Melle zum Einsatz von Tablets im Chemieunterricht. Nach dem abgeschlossenen

Referendariat ist Dr. Lars Greitemann seit 2023 als Lehrkraft am Städtischen Gymnasium Sundern tätig.

Prof. Dr. Insa Melle ist seit 1999 tätig an der TU Dortmund, Fakultät für Chemie und Chemische Biologie, Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik, Otto-Hahn-Str. 6, 44227 Dortmund.



Kremer, R. und Gökkuş, Y. und Bohrmann-Linde, C

H5P-Selbstlernkurs für (angehende) Chemielehrkräfte – Partizipative Entwicklung eines Fortbildungsangebots für die Lehrkräftebildung

Die Digitalisierung von Unterricht und die Nutzung digitalisierter Methoden erweisen sich als wesentliche Faktoren eines zukunftsfähigen Lehrens und Lernens im schulischen Kontext.

Der Medienkompetenzrahmen für die Lernenden [1] sowie der Orientierungsrahmen „Lehrkräfte in der digitalisierten Welt“ [2] stellen verbindliche Vorgaben für die Gestaltung von digitalisierungsbezogenen Lehr-Lern-Prozessen dar. Aus der Vielzahl an Angeboten, die zur Umsetzung der Inhalte der oben genannten Rahmenbedingungen bereitgestellt werden, stellt H5P eine Option dar, schülerzentriertes, selbstgesteuertes Lernen digital und interaktiv zu gestalten.

Kostenlose Online-Fortbildungskurse ganz allgemein für H5P sind in einer Vielzahl von Varianten verfügbar und erlauben interessierten Personen einen raschen und teilweise detaillierten Einblick in die Erstellung von Lernmaterialien mit H5P [3,4]. Bei der eigenständigen, unidirektionalen Einarbeitung in das Programm geht jedoch die Expertise all jener Personen verloren, die den Prozess bereits abgeschlossen und vor allem auch die Übertragung und Anpassung an ihre Fächer geleistet haben. Während grundlegende H5P-Inhaltstypen relativ schnell und mit nur geringen inhaltlichen Anpassungen in das eigene Unterrichtsfach integriert werden können, lassen sich diverse andere Typen auf unterschiedliche methodische Weise nutzen, ohne dass dies unmittelbar ersichtlich ist. Die Erarbeitung erweiterter methodischer Umsetzungsmöglichkeiten speziell für den Chemieunterricht wurde daher im Rahmen eines partizipativen Projektes mit aktiven Chemielehrkräften aus der Schulpraxis umgesetzt [5], die bereits ein fundiertes Wissen zur Anwendung von H5P durch Veröffentlichungen auf Austauschplattformen besaßen [6,7], sodass eine Fortbildungslücke geschlossen werden konnte.

H5P - Was ist das?

H5P ist eine Open-Source-Software, die die Entwicklung interaktiver Online-Lernbausteine ermöglicht. Die Software umfasst mehr als 50 verschiedene digitale Methodenvorlagen bzw. sogenannte Inhaltstypen, sodass H5P-Inhalte in unterschiedlichen didaktischen Lernsettings zum Einsatz kommen können. Auch selbstgesteuertes bzw. individuelles Lernen in inklusiven Lerngruppen könnte mit H5P-Lernbausteinen gefördert werden. In diesem Kontext sei auf den ausführlichen Beitrag zum Thema „H5P angereicherte Videos für den Chemieunterricht und die Lehrkräfteausbildung“ im NeDiChe-Jahresband 2021 verwiesen (vgl. [8]).

Der H5P-Selbstlernkurs

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projekts ComeIn wurde durch die Projektgruppe „Community of Practice MINT-Chemie“ in Kooperation mit Lehrpersonen aus NRW ein Online-Selbstlernkurs für Lehrpersonen initiiert, der die Einsatzmöglichkeiten der verschiedenen H5P-Inhaltstypen für den Chemieunterricht aufzeigt. In Bezug auf die Teilnahmezahlen an Präsenzfortbildungen lässt sich laut Berichten von Fortbildner*innen feststellen, dass Lehrkräfte nach der Corona-Pandemie im Durchschnitt deutlich häufiger digitale Angebote wahrnehmen. Insbesondere eignen sich zeitlich flexibel zu nutzende Online-Angebote wie Selbstlernkurse. Daher sollte der zu entwickelnde Kurs ebendieses Format haben.

Die Entwicklung erfolgte von März 2022 bis September 2023 als Moodle-Kurs auf den Servern der Universität Wuppertal. Die Unterteilung in Sessions ermöglicht es Lehrpersonen, sich mit dem Nutzen der Software H5P für den naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere den Chemieunterricht, vertraut zu machen (vgl. Abb. 1). Unter der Vo-

raussetzung der kostenlosen Registrierung mit einem Gastzugang ist es Lehrpersonen möglich, den Selbstlernkurs zu nutzen.



Abb. 1: Sessions im H5P-Selbstlernkurs.

Der Kurs besteht aus sechs Sessions:

In der ersten Session werden zunächst fachunabhängig die sogenannten „W-Fragen“ zu H5P beantwortet. Dazu wird zunächst auf die grundlegenden Eigenschaften von H5P eingegangen, bevor die Frage erörtert wird, in welchen Bereichen des Unterrichts H5P eingesetzt werden kann. Zudem wird dargelegt, welche Vorteile der Einsatz von H5P mit sich bringt. Anschließend wird aufgezeigt, womit H5P-Inhalte erstellt werden können. Bei der Frage „Wie erstelle und teile ich H5P-Inhalte?“ wird auf die entsprechenden Sessions verwiesen, die zur detaillierteren Beantwortung dieser Frage entwickelt wurden. Im Anschluss an die grundlegenden Informationen folgen Session 2 und Session 3, welche im Vergleich zu den anderen Sessions einen konkreten Bezug zum Fach Chemie haben. Insbesondere bei der Konzeption und Entwicklung dieser beiden fachbezogenen Sessions war der Beitrag der mitwirkenden drei Lehrpersonen aus der Praxis als Kooperationspartner*innen des Projekts besonders wertvoll.

In Session 2 werden einige unterschiedliche Basis-H5P-Inhaltstypen vorgestellt, welche mit wenig Zeitaufwand umgesetzt werden können und nur kleine Unterrichtsbausteine darstellen, z. B. Image Hotspots (Abb. 2) oder Drag and Drop (Abb. 3). Dies geschieht jeweils mithilfe eines chemiespezifischen Beispiels, einer Informationsübersicht bzw. von didaktischen Überlegungen und wenn möglich, einem bereits im Internet vorhandenen,

dazu passenden How-to-Video zur Erstellung des Inhaltstyps.

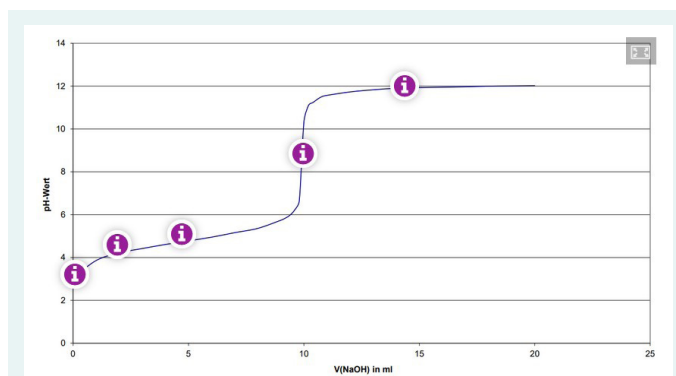


Abb. 2: H5P-Inhaltstyp Image Hotspots zur Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base.



Abb. 3: H5P-Inhaltstyp Drag and Drop zum Aufbau einer Destillation.

Strukturell wurde Session 3 analog gestaltet, wobei in dieser Session nun umfangreichere Inhaltstypen vorgestellt werden. Diese sind in der Erstellung zeitaufwändiger und enthalten eingeschachtelt kleinere, in Session 2 vorgestellte Inhaltstypen, welche als Interaktionsmöglichkeit für Lernende integriert werden können. Beispielsweise kann auf Basis eines aufgenommenen Experimentalvideos der Inhaltstyp „Interactive Video“ gewählt werden, um aus jenem Video ein für Lernende interaktives Video zu erstellen. Dabei können in das Video an den gewünschten Stellen Basis-Inhaltstypen wie Bilder, Essays, Lückentexte, Multiple-Choice-Fragen oder weitere Möglichkeiten integriert werden.

Nachdem die Teilnehmenden das Entwickeln von H5P-Lernbausteinen kennengelernt haben, soll es

in Session 4 um das allgemein gültige Exportieren und Bereitstellen der eigens erstellten H5P-Lernbausteine gehen. In diesem Kursabschnitt erfahren sie, wie die H5P-Elemente exportiert und den Lernenden im Unterricht zur Verfügung gestellt werden können. So wird hier auf die beiden Möglichkeiten über das Lernmanagementsystem Moodle und schulspezifisch für NRW über Logi-Neo eingegangen.

Im Anschluss werden die Teilnehmenden eingeladen, über das DSGVO-konforme, für Schulen zulässige Feedbacktool Edkimo an einer Meinungsumfrage zur Qualitätssicherung und Weiterentwicklung des H5P-Selbstlernkurses teilzunehmen. Auf diese Weise kann die Perspektive der Teilnehmenden hinsichtlich des Online-Angebots eruiert werden. Des Weiteren ist der H5P-Selbstlernkurs bei Bedarf auch ausbaufähig. Deshalb besteht für die Teilnehmenden die Möglichkeit, konkrete Änderungs- oder Ergänzungsvorschläge zu unterbreiten. In der finalen Einheit des Moodle-Kurses ist vorgesehen, dass die Teilnehmenden die von ihnen erstellten H5P-Materialien unter einer Lizenz von CC-BY-SA 4.0 teilen.

Entstehung und Organisation der Entwicklung

Die Entwicklung des H5P-Selbstlernkurses in Zusammenarbeit mit Akteur*innen aus der Praxis machte es erforderlich, eine geeignete Arbeitsstruktur zu entwickeln. Die teilnehmenden Lehrpersonen waren gleichberechtigte Partner*innen des Projektes mit sämtlichen Gestaltungsmöglichkeiten und mit ihren Ideen und Beiträgen auch richtungsentscheidend. Im Rahmen der Arbeitsorganisation erfolgte eine Abfrage der eigenen Bedarfe, die sich hauptsächlich in einer zeitlichen Komponente äußerten. Da die Teilnehmenden im aktiven Schuldienst standen, mussten Termine stets außerhalb der regulären Unterrichtszeit und im Umfang angemessen zu den weiteren Dienstverpflichtungen stehen. Die Organisation wurde durch die Mitarbeitenden aus der Projekteinheit

CoP-MINT Chemie übernommen und erfolgte digital über die Konferenzsoftware Zoom. Auf diese Weise konnte dem Wunsch entsprochen werden, ohne Reisezeiten direkt aus der Schule teilzunehmen oder flexibel von verschiedenen anderen Orten aus. Die Treffen wurden regelmäßig durchgeführt, um den Lehrkräften eine möglichst geringe zeitliche Verpflichtung aufzuerlegen. Zu jeder Zoom-Sitzung wurde ein Protokoll verfasst, welches sowohl die Abstimmungsergebnisse als auch die bis zu einem bestimmten Zeitpunkt zu erledigenden Aufgaben beinhaltete, damit eine gewisse Verbindlichkeit geschaffen wird, ohne in die zeitliche Selbstorganisation einzugreifen. Der Hauptteil der Arbeit erfolgte eigenverantwortlich, da die Gestaltung von Texten und H5P-Inhaltstypen keine direkte Kollaboration erforderte. Die Korrektur und Überarbeitung erfolgte durch jeweils eine andere Person. Die Organisation sowie die Fixierung der Absprachen konnten in einer Taskcard-Pinnwand als digitales Organisationstool eingesehen werden. In mehreren interaktiven Schleifen konnte der Selbstlernkurs gestaltet und evaluiert werden. Eine Besonderheit des Vorhabens bestand in der Notwendigkeit, mit allen Lehrkräften einen Kooperationsvertrag mit der Bergischen Universität Wuppertal abzuschließen. Die Bereitschaft, an dem Projekt teilzunehmen, beinhaltete die Verpflichtung, die entwickelten Materialien der Allgemeinheit unter der CC-BY-SA-Lizenz zur Verfügung zu stellen. Um die Rechtssicherheit beim Hosting der Inhalte zu gewährleisten, verpflichteten sich die Mitglieder, die im Rahmen des Projektes entwickelten Materialien unter eben jener Lizenz freizugeben. Auf diese Weise ist es der Bergischen Universität Wuppertal möglich, den Moodle-Kurs zu hosten und der Allgemeinheit zugänglich zu machen, da die Urheberrechte justiziabel gehandhabt werden konnten.

Zum H5P-Selbstlernkurs

Über den folgenden Link oder über den QR-Code aus Abb. 4 können Interessierte mit einem Gastzugang an dem H5P-Selbstlernkurs teilnehmen: <https://moodle.uni-wuppertal.de/course/view.php?id=20051>



Abb. 4: QR-Code zum H5P-Selbstlernkurs

Danksagung

Ein besonderer Dank liegt in der tollen und engagierten Arbeit der partizipierenden Lehrkräfte: Frau Kathrin Marquart, Frau Britta Ploschke und Dr. Lars Hildebrandt.

Literatur

- [1] Medienberatung NRW (2020). Medienkompetenzrahmen NRW. https://medienkompetenzrahmen.nrw/fileadmin/pdf/LVR_ZMB_MKR_Broschuere.pdf (letzter Zugriff: 13.07.2024).
- [2] Lehrkräfte in der digitalisierten Welt, Medienberatung NRW (Hrsg.), Eickelmann, B. (2019), Lehrkräfte in der digitalisierten Welt, Düsseldorf.
- [3] <https://www.media-data.org/h5p-tutorials> (letzter Zugriff: 13.07.2024)
- [4] <https://lernen.oncampus.de/blocks/ocproducts/product.php?id=a02ed-13032f0d5478380bab6e7486138> (letzter Zugriff: 13.07.2024)
- [5] <https://moodle.uni-wuppertal.de/course/view.php?id=20051> (letzter Zugriff: 13.07.2024)
- [6] https://apps.zum.de/apps?keys=Syringa&tags=&items_per_page=24 (letzter Zugriff: 13.07.2024)
- [7] https://apps.zum.de/apps?keys=Britta&tags=&items_per_page=24&fach%5B15%5D=15 (letzter Zugriff: 13.07.2024).
- [8] Bohrmann-Linde, C., Gökkuş, Y., Kremer,

R., Zeller, D. (Hrsg.) (2023), Netzwerk Digitalisierter Chemieunterricht. Sammelband NeDiChe-Treff 2021, <https://doi.org/10.25926/5y2d-x238>

Kurzbiographien und Fotos

Richard Kremer studierte bis 2017 die Fächer Mathematik und Chemie für das Lehramt an Gymnasien an der Bergischen Universität Wuppertal. Er promovierte bei Prof. Dr. Tausch zum Thema „Künstliche Photosynthese“. Zurzeit befindet Herr Kremer im Referendariat am ZfsL Neuss.

richard-kremer@schule.duesseldorf.de

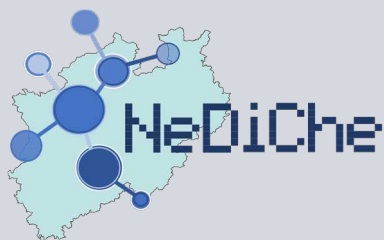


Yasemin Gökkuş ist Post-doc in der Chemiedidaktik Wuppertal. Ihr Schwerpunkt liegt in der Digitalisierung der Lehrkräft(au)sbildung. Zudem lehrt sie an einem Bremer Gymnasium die Fächer Chemie und Mathematik und ist Dozentin am Landesinstitut Bremen. Aktuell befindet sie sich in Elternzeit.

goekkus@uni-wuppertal.de

Claudia Bohrmann-Linde, ausgebildete Lehrerin für Chemie und Englisch und Professorin für Didaktik der Chemie an der BUW, vertritt die curriculare Innovationsforschung zu Energiekonversionen, arbeitet zu BNE und digitalen Medien im Chemieunterricht und ist Herausgeberin verschiedener Schulbücher.





Netzwerk Digitalisierter Chemieunterricht Sammelband NeDiChe-Treff 2023

Ohne Digitalisierung wäre ein funktionierender Alltag nicht mehr denkbar und auch jeglicher Unterricht findet heute kaum ohne Digitalisierung statt. Selbst „Kreidechemiestunden“ sind von Digitalisierung beeinflusst – sei es z.B. nur der Einfluss von Smartwatches an den Handgelenken der Lernenden, über die Sie miteinander kommunizieren oder sich Informationen jeglicher Art holen können. So funktionsreich die Möglichkeiten der Digitalisierung allgemein sind, so vielseitig sind auch die Einsatzmöglichkeiten für den Chemieunterricht. Digitalisierung ermöglicht darin z.B. fachmethodisch die Durchführung von Simulationen, bietet eine breite Quelle an Informationen, die bewertet werden müssen, liefert vielseitige Methodeninstrumente und Medien der Informationsübermittlung, z.B. durch Videos und kann die Kreativität und Motivation fördern, wie durch Lernumgebungen im Sinne von Escape Games.

Der vorliegende Sammelband des NeDiChe-Treffs des Netzwerks Digitalisierter Chemieunterricht enthält ausgewählte Beiträge aus dem Jahr 2023, die den Variantenreichtum von Digitalisierung aufzeigen und vielfältige Impulse für einen facettenreichen Chemieunterricht bieten.

Das „Netzwerk digitalisierter Chemieunterricht (NeDiChe)“ wurde im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „Communities of Practice NRW für eine innovative Lehrkräftebildung“ mit Fokus auf die digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von Lehrpersonen in der CoP-MINT für das Fach Chemie gegründet und soll Akteur*innen aller drei Phasen der Lehrkräftebildung die Möglichkeit der Ver-

<https://doi.org/10.25926/BUW/0-761>

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:hbz:468-2-5063>

