

doi.org/10.1002/ckon.202200013

Tablet-Einsatz zur Vermittlung und Sicherung von Fachwissen

Lars Greitemann* und Insa Melle*^[a]

Zusammenfassung: Tablets kommt eine zunehmende Bedeutung im Unterricht zu. Sie ermöglichen die Erweiterung bewährter Unterrichtsformen (z. B. Bearbeitung von Aufgaben), aber auch neue Formate (z. B. Erstellung von Erklärvideos durch die Lernenden). Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchung wird die Wirkung des Tablet-Einsatzes in der Erarbeitungs- und Sicherungsphase analysiert. Dafür wird eine digitale Lernumgebung zur Einführung in das Basiskonzept *Chemische Reaktion* evaluiert, welche die Schüler:innen durch die beiden Unterrichtsphasen führt. Die Intervention wird im Rahmen eines Projekttags im Chemieanfängsunterricht durchgeführt, wobei sechs Unterrichtsstunden à 45 Minuten zur Verfügung stehen. Während der Erarbeitungsphase erfolgt ein interaktiver Informationsinput. Anschließend werden die Inhalte in Form von Experimenten angewendet und vertieft. Für die Sicherungsphase wird die Klasse in zwei Gruppen eingeteilt: Die eine Hälfte der Lernenden erstellt eigene Erklärvideos, wohingegen die andere Hälfte Aufgaben auf den iPads bearbeitet. Die Evaluation erfolgt unter anderem im Hinblick auf den Fachwissenszuwachs und die Einschätzung der Lernmaterialien durch die Schüler:innen. Der Vergleich beider Gruppen ermöglicht Aussagen über die Effektivität beider Sicherungsmaßnahmen.

Stichworte: Tablets im Unterricht · Erklärvideos vs. Aufgaben · Digitalisierung

The use of tablets to acquire and internalize knowledge

Abstract: Tablets are becoming increasingly important in the classroom. They enable the augmentation of established teaching forms (e. g., working on tasks) but also new formats (e. g., creation of explanatory videos by the learners). In the study presented here, the effectiveness of using tablets in the acquisition phase and internalization phase is evaluated. For this purpose, a digital learning environment for introducing the basic concept of the chemical reaction is evaluated to guide the students through the two teaching phases. The intervention takes place within the framework of a project day in initial chemistry tuition with six teaching units of 45 minutes each. During the acquisition phase, the students are provided with input in form of interactive information. After that, this information is applied and consolidated by experiments. For the internalization phase, the class is divided into two groups: One half of the learners creates their own explanatory videos, while the other half works on tasks on the iPads. In particular, the evaluation is carried out with regard to the increase in knowledge and the assessment of the learning materials by the students. The comparison of the two groups allows conclusions concerning the effectiveness of both internalization methods.

Keywords: tablets in the classroom · explanatory videos vs. tasks · digitalization

1. Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung unserer Gesellschaft wird auch im Bildungssektor deutlich. Die Schüler:innen sollen für einen kompetenten und verantwortungsbewussten Umgang mit digitalen Medien qualifiziert werden [1]. Deshalb wird unter anderem im Strategiepapier „Bildung in der digitalen Welt“ der Kultusministerkonferenz die Ausbildung von Medienkompetenzen bei den Schüler:innen in jedem Unterrichtsfach und somit auch ein Lernen mit und über digitale Medien gefordert [2]. Im unterrichtlichen Einsatz spielen insbesondere Tablets eine große Rolle [3] und können im naturwissenschaft-

lichen Unterricht den Lernprozess sowohl bei theoretischen als auch bei experimentellen Inhalten unterstützen oder selber zum Lerngegenstand werden [4].

2. Theoretische Fundierung

Der unterrichtliche Einsatz von digitalen Medien (insbesondere Tablets) ermöglicht die Erweiterung bewährter Unterrichtsformate; beispielsweise kann der Tablet-Einsatz die Bearbeitung von Aufgaben optimieren. Tablets stechen dabei sowohl durch ihre Handlichkeit als auch durch die intuitive Bedienung hervor [3]. Dennoch erfolgt im Folgenden die Fokussierung auf den generellen Einsatz digitaler Medien im Bereich der Aufgabenbearbeitung, da wenig tabletspezifische Literatur vorliegt. Durch den Einsatz digitaler Medien bei der Bearbeitung von Aufgaben ergeben sich neue Potenziale, aber auch einige Grenzen. Zunächst erlauben digitale Medien durch ihre Multimodalität und Multicodalität eine direkte Kombination von sprachlichen und bildhaften Informationen, wodurch eine Vielzahl an neuen Aufgabenformaten (z. B. durch die direkte Einbindung von Audio- oder Videodateien) entsteht [5,6]. Weiterhin ermöglichen digitale Medien und besonders Tablets den Abbau von möglichen Hürden und Barrieren, sodass ein anerkennender und konstruktiver Umgang mit Diversität möglich ist [7]. Der Hauptvorteil einer digital-gestützten Auf-

[a] L. Greitemann, Prof. Dr. I. Melle
Technische Universität Dortmund
Fakultät für Chemie und Chemische Biologie
Lehrstuhl für Chemie und ihre Didaktik
Otto-Hahn-Straße 6
44227 Dortmund
* E-Mail: lars.greitemann@tu-dortmund.de
insa.melle@tu-dortmund.de

© 2022 The Authors. CHEMKON published by Wiley-VCH GmbH. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

gabenbearbeitung liegt allerdings in der Möglichkeit, Feedback- und Hilfsmaßnahmen direkt einzubinden und damit individuell nutzbar zu machen [8,9]. Im Gegensatz dazu bestehen die Risiken einer digital-gestützten Bearbeitung von Aufgaben zum einen in einer möglichen höheren kognitiven Belastung der Lernenden [10]. Zum anderen ist es möglich, dass die Schüler:innen durch den Einsatz der digitalen Medien die Aufgaben lediglich überfliegen und nur oberflächlich bearbeiten [11].

Die aktuelle Forschungslage zeigt insgesamt positive Effekte verschiedener digital-gestützter Übungsformate auf die Lernleistung [12]. Bezüglich des Einsatzes eines digitalen Feedbacks kann dieses eine hohe Effektivität aufweisen [13]. Außerdem wird ersichtlich, dass ein elaboriertes Feedback mit Erklärungen und Hilfestellungen die höchste Lerneffektivität aufweist [14].

Durch den Einsatz digitaler Medien werden zudem neue Unterrichtsmaterialien und -formate ermöglicht. Beispielsweise gelangen Erklärvideos immer mehr in den unterrichtlichen Fokus. Hierbei bietet sich insbesondere der Einsatz von Tablets an, da für diese mobilen Endgeräte zum einen eine Vielzahl an passenden Applikationen zur Verfügung steht und die Geräte zum anderen handlich und intuitiv zu bedienen sind [3]. Um das Potenzial von Erklärvideos im Unterricht näher zu beleuchten, hilft eine Systematisierung bezüglich der möglichen Produzierenden und Rezipierenden. Der Einsatz von Erklärvideos unterscheidet sich hinsichtlich der damit verbundenen Ziele stark voneinander, wenn u. a. die Zielgruppe sowie die Ersteller:innen der Erklärvideos variieren. Videos können beispielsweise von der Lehrkraft im Vorfeld des Unterrichts oder von den Schüler:innen während des Unterrichts erstellt werden. Entsprechend variieren die angestrebten fachlichen und didaktischen Ziele des Erklärvideo-Einsatzes [15–17]: Werden die Videos z. B. von der Lehrkraft erstellt und von den Lernenden rezipiert, so können die Videos zur Wissensvermittlung verwendet werden. Die Schüler:innen erhalten so zusätzliche und/oder wiederholende Informationen oder Erklärungen, welche sie sich zeitlich ungebunden und in ihrem eigenen Tempo aneignen können [15,17]. Von Schüler:innen erstellte Erklärvideos dienen häufig zur Wiederholung, Sicherung und Vertiefung der Lerninhalte [15,17].

In Bezug auf den unterrichtlichen Einsatz von Erklärvideos ist die aktuelle Forschungslage noch begrenzt [15,18], sodass insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht ein Forschungsdesiderat besteht. Bei der Rezeption von Erklärvideos durch die Schüler:innen konnten im Vergleich zu traditionellen Unterrichtsmethoden positive Auswirkungen auf affektive und kognitive Merkmale festgestellt werden, wobei die Erklärvideos hier in verschiedenen Bereichen eingesetzt wurden (z. B. Naturwissenschaften, Informatik, Kunst) [19,20]. Studien zeigen zudem, dass verschiedene Gestaltungsmerkmale für Erklärvideos sich lernförderlich bei der Rezeption durch die Lernenden auswirken, u. a. der Einsatz von interaktiven Elementen (z. B. Anpassung an unterschiedliche Lerngeschwindigkeiten oder kognitive Voraussetzungen) [18]. Auch die Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler:innen lässt positive Effekte sichtbar werden, insbesondere im Transferbereich [21] und bei motivationalen Aspekten [22].

3. Forschungsziel

Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der hier vorgestellten Untersuchung, die Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht in den Unterrichtsphasen der Wissensvermittlung und der Wissenssicherung zu analysieren. Dazu wurde eine digitale Lernumgebung, welche als Einführung in das Basiskonzept *Chemische Reaktion* für den Chemieanfängerunterricht

der Sekundarstufe I dient, entwickelt und evaluiert. Im Bereich der Wissenssicherung wurden zudem zwei digital-gestützte Sicherungsmaßnahmen miteinander verglichen: Die digital-gestützte Bearbeitung von Aufgaben und die Erstellung von Erklärvideos durch die Schüler:innen. An dieser Stelle wurde nicht auf den Vergleich zwischen einer digitalen mit einer analogen Methode fokussiert, da die Lernwirksamkeit digitaler Medien im Vergleich zu analogen bereits vielfach nachgewiesen wurde [z. B. 23,24]. Vielmehr sollen mithilfe der vorgestellten Studie die Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien weiter beforscht werden, sodass der Vergleich zweier digitaler Sicherungsmaßnahmen in den Blick genommen wurde.

Im vorliegenden Beitrag werden die Ergebnisse in Hinblick auf den Fachwissenszuwachs und die Einschätzung der Unterrichtsmaterialien durch die Lernenden dargelegt. Insbesondere erfolgt die Auswertung der Ergebnisse getrennt nach der Unterrichtsphase (Erarbeitung, Sicherung) und der Art der Sicherungsmaßnahme (Erklärvideo, Aufgaben). Aus Umfangsgründen kann auf die Auswertung der anderen Tests nicht eingegangen werden.

4. Methodisches Vorgehen

Dem Forschungsziel entsprechend wurden das folgende Untersuchungsdesign und die beschriebenen Unterrichtsmaterialien entwickelt. Beides wurden zuvor in einer Pre-Pilotierung ($N=53$) und zwei weiteren Voruntersuchungen ($N_{\text{VUI}}=46$, $N_{\text{VUII}}=52$) im Chemieanfängerunterricht an Gesamtschulen (8. Jahrgangsstufe) erprobt und anschließend optimiert [25–27].

4.1 Untersuchungsdesign

Die Studie wird im Rahmen eines Projekttags (6 Unterrichtsstunden á 45 Minuten) im Chemieanfängerunterricht (Ende der 8. Jahrgangsstufe) an Gesamtschulen durchgeführt. Aufgrund der Schulschließungen durch die Corona-Pandemie wurden auch 9. Jahrgangsstufen zu Schuljahresbeginn in die Stichprobe aufgenommen, wenn die Lerngruppen die Inhalte der digitalen Lernumgebung im vorherigen Schuljahr nicht behandelt hatten. Für die hier vorgestellte Studie werden sowohl Lerngruppen herangezogen, die bereits Erfahrungen mit Tablets im Unterricht haben als auch diesbezüglich unerfahrene



Lars Greitemann studierte die Fächer Chemie und Mathematik für das Lehramt an Gymnasien und Gesamtschulen an der TU Dortmund. Er ist seit 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand am Lehrstuhl von Prof. Dr. Insa Melle. Der vorliegende Beitrag befasst sich mit dem Promotionsprojekt von Lars Greitemann.



Insa Melle ist seit 1999 Inhaberin des Lehrstuhls für Chemie und ihre Didaktik an der Technischen Universität Dortmund. Ihr aktuelles Forschungsinteresse gilt einerseits der Wirkung digitaler Lernumgebungen im Chemieunterricht bzw. in der universitären Chemieausbildung und andererseits der Professionalisierung angehender Lehrkräfte für einen digital gestützten bzw. inklusiven Chemieunterricht sowie zeitgemäßen Konzepten für Lehrerfortbildungen.

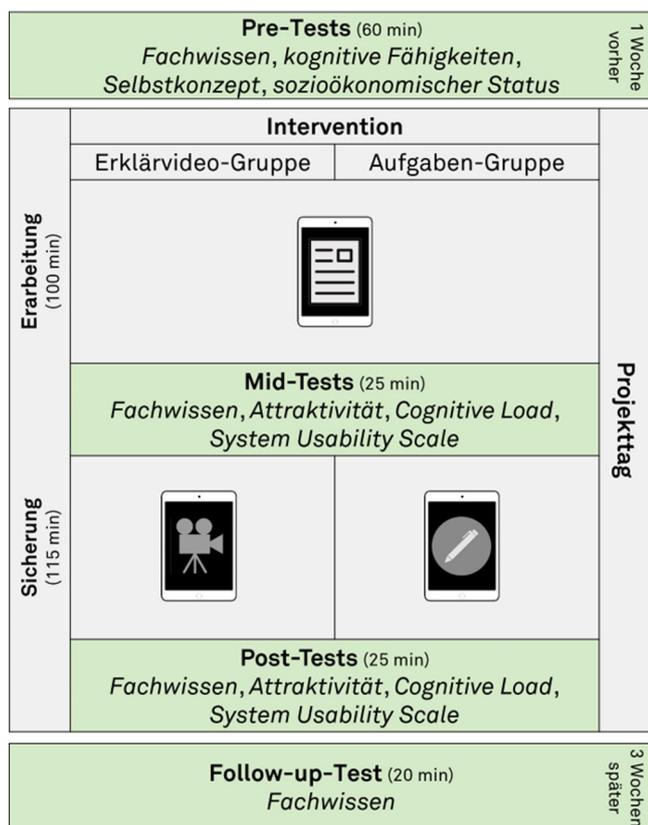


Abb. 1: Untersuchungsdesign der vorgestellten Studie.

Lerngruppen. Das Untersuchungsdesign ist in Abb. 1 dargestellt.

Bereits eine Woche vor dem Projekttag schreiben die Schüler:innen Pre-Tests, bei denen das fachliche Vorwissen, die kognitiven Fähigkeiten, das schulische Selbstkonzept und der sozioökonomische Status der Lernenden erhoben wird. Auf Grundlage des Vorwissens und der kognitiven Fähigkeiten wird die Klasse für den Projekttag in zwei parallelisierte Gruppen eingeteilt, welche räumlich getrennt wurden. Am Projekttag selbst erfolgt zunächst eine Erarbeitungsphase: Während dieser Phase bearbeiten beide Gruppen die gleichen digitalen Unterrichtsmaterialien in Einzelarbeit. Es schließen die Mid-Tests an, mit denen das Fachwissen, die kognitive Belastung der Lernenden sowie deren Einschätzung bezüglich der Attraktivität und Benutzerfreundlichkeit der Materialien festgestellt werden. Anschließend sichern die Lernenden in einer kooperativen Partnerarbeit das erlernte Wissen. Die Schüler:innen der einen Gruppe erstellen Erklärvideos, die der anderen bearbeiten Aufgaben auf dem iPad. Dabei wussten die Schüler:innen im Vorfeld nicht, dass beide Gruppen zwei verschiedene Sicherungsmaßnahmen bearbeiten. Welche Maßnahme die jeweiligen Lernenden zur Sicherung der Lerninhalte bearbeiten, wurde den Schüler:innen erst zu Beginn der Sicherungsphase mitgeteilt. Abgeschlossen wird der Projekttag mit den Post-Tests, wobei die gleichen Tests bzw. Fragebögen eingesetzt werden wie zum Mid-Zeitpunkt. Zusätzlich erfolgt etwa drei Wochen nach dem Projekttag eine erneute Erhebung des Fachwissens als Follow-up-Test.

4.2 Entwickelte Unterrichtsmaterialien

Die entwickelten Unterrichtsmaterialien wurden auf Basis einer laptopbasierten Lernumgebung einer vorausgegangenen Studie [28] für die Nutzung auf iPads modifiziert [29] und befassen sich inhaltlich mit der Einführung des Basiskonzepts der chemischen Reaktion. Es werden die Themenschwerpunkte *Chemische Reaktion, Reaktionsgleichung, Physikalischer*

Vorgang und Oxidbildung behandelt. Dabei sollten die folgenden Lernziele von den Schüler:innen erreicht werden:

- erklären können, was eine chemische Reaktion ist
- eine Wortgleichung zu einer chemischen Reaktion aufstellen können
- den Unterschied zwischen einer chemischen Reaktion und einem physikalischen Vorgang erklären können
- erklären können, was eine Oxidbildung ist

Somit beziehen sich die inhaltlichen Schwerpunkte der Lernumgebung auf die ersten beiden Inhaltsfelder des Kernlehrplans Chemie für Gesamtschulen in NRW [30].

In der Erarbeitungsphase erfolgt die Vermittlung von Fachwissen durch die digitale Lernumgebung in beiden Interventionsgruppen identisch. Dafür wurden die Inhalte eines jeden Themenschwerpunkts in drei Niveaustufen differenziert, welche die Schüler:innen auswählen können. In jedem Themengebiet wird zunächst ein Beispiel thematisiert, sodass ausgehend davon das theoretische Konstrukt hergeleitet werden kann. Außerdem wurde eine interaktive Informationsdarbietung realisiert, sodass die Lerninhalte z. B. durch den Einsatz von Videos, PowerPoint-Animationen oder interaktive Bilder vermittelt werden. Die Interaktivität zeichnet sich beispielsweise bei den Videos durch die Möglichkeit des Vor- und Zurückspulens oder bei den interaktiven Bildern durch die Möglichkeit des Hereinzoomens, wodurch weitere Informationen sichtbar werden, aus. Im Anschluss an die Bearbeitung aller vier Themenschwerpunkte folgt eine Experimentierphase, bei der vier Experimente von den Schüler:innen bearbeitet werden und in der es vorrangig darum geht, chemische Reaktionen von physikalischen Prozessen abzugrenzen. Dabei werden die Lernenden durch die Lernumgebung angeleitet (z. B. Videoanleitung), und auch die Dokumentation der Experimente erfolgt innerhalb der digitalen Lernumgebung (z. B. durch die Fotofunktion). Insgesamt lag der Fokus in der Erarbeitungsphase auf dem Erwerb von Fachwissen und in der Experimentierphase auf dessen Anwendung.

Die Materialien der anschließenden Sicherungsphase unterschieden sich für beide Gruppen. Die Lernenden arbeiten in dieser Phase in einer kooperativen Partnerarbeit. Die Schüler:innen der Erklärvideo-Gruppe schauen sich zunächst ein Video zum Thema „Wie erstelle ich ein Erklärvideo?“ an. Anschließend beschäftigen sie sich nochmals mit den Inhalten, erstellen ein Story-Board und setzen dieses auf dem iPad um. Dabei sollen die Erklärvideos der Schüler:innen alle vier Themenbereiche aus der Erarbeitungsphase beinhalten. Auch die Schüler:innen der Aufgaben-Gruppe schauen zunächst ein Video, in dem der Ablauf der Unterrichtsphase beschrieben ist. Anschließend werden Aufgaben zu jedem Themenschwerpunkt bearbeitet. Die Lernenden lösen zunächst einfache Aufgaben in Einzelarbeit, um in der anschließenden Partnerarbeitsphase offene Fragen zu klären und weiterführende Aufgaben zu bearbeiten.

Eine detailliertere Beschreibung der entwickelten Unterrichtsmaterialien ist in [31] zu finden.

5. Ausgewählte Ergebnisse

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Hauptuntersuchung vorgestellt. Die Hauptuntersuchung wurde in sieben Schulklassen mit $N = 138$ Schüler:innen (Ende der 8. Jahrgangsstufe: $n = 18$, Anfang der 9. Jahrgangsstufe: $n = 120$) durchgeführt, wobei $n = 70$ Lernende in der Sicherungsphase das Erklärvideo erstellten und $n = 68$ Lernende die Aufgaben auf dem iPad bearbeiteten.

5.1 Fachwissenszuwachs der Lernenden

Zur Erhebung des Fachwissenszuwachses der Lernenden wurde ein Fachwissenstest eingesetzt. Dieser bestand aus 20 Multiple-Choice- (adaptiert nach [28,32]) und neun offenen Items ($\alpha_{MC} = .788$; $\alpha_{offen} = .817$). Die Auswertung des Fachwissenstests erfolgt zum einen getrennt nach geschlossenen und offenen Items und zum anderen für den unmittelbaren und den nachhaltigen Fachwissenszuwachs.

5.1.1 Unmittelbarer Fachwissenszuwachs

Für den unmittelbaren Fachwissenszuwachs können die Daten aller $N = 138$ Schüler:innen herangezogen werden (Abb. 2). Bei Betrachtung der Abbildung wird deutlich, dass die Schüler:innen im Mittel etwa die Hälfte der geschlossenen Aufgaben richtig beantworteten. Anders als z. B. bei Klassenarbeiten ist dieses in einer empirischen Forschung ein guter Wert, da so Deckeneffekte vermieden werden können. Es zeigt sich, dass beide Interventionsgruppen im Laufe der Intervention sowohl bei den geschlossenen als auch bei den offenen Items signifikant und mit großen Effektstärken dazulernen (einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung, geschlossene Items/Erklärvideo-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .56$, geschlossene Items/Aufgaben-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .59$, offene Items/Erklärvideo-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .46$, offene Items/Aufgaben-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .43$). In allen Fällen erfolgt der Fachwissenszuwachs durch die Erarbeitungsphase (Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur, $p < .001$). Durch die Sicherungsphase kann in beiden Gruppen kein zusätzliches Fachwissen von den Lernenden aufgebaut werden. An allen Messzeitpunkten bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Interventionsgruppen.

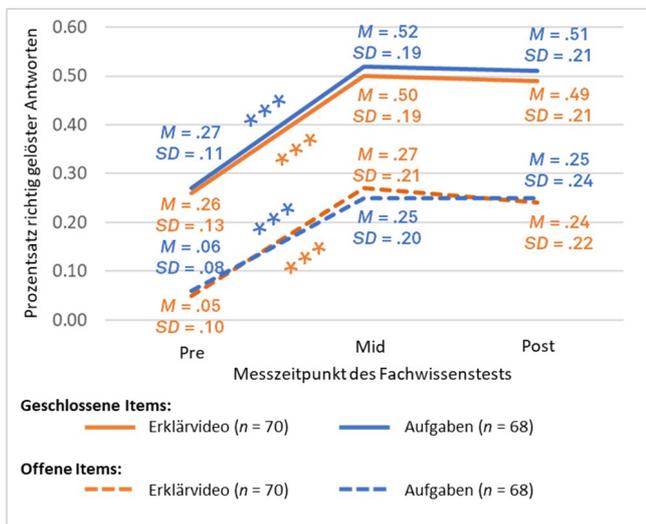


Abb. 2: Graphische Darstellung des unmittelbaren Fachwissenszuwachses.

Zur detaillierteren Analyse der Daten werden die Schüler:innen auf Basis ihrer kognitiven Fähigkeiten in Leistungsdrittel eingeteilt und der Fachwissenszuwachs separat betrachtet. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Erklärvideo- und der Aufgaben-Gruppe.

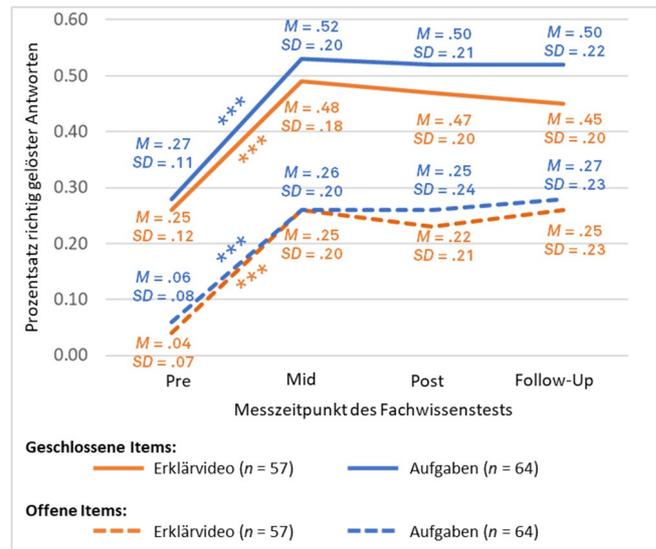


Abb. 3: Graphische Darstellung des nachhaltigen Fachwissenszuwachses.

5.1.2 Nachhaltiger Fachwissenszuwachs

Zur Analyse des nachhaltigen Fachwissenszuwachses werden ergänzend die Ergebnisse des Follow-up-Tests (ca. drei Wochen nach dem Projekttag) ausgewertet (Abb. 3). Dabei verringert sich die Stichprobe auf $n = 121$, weil 17 Schüler:innen zum Follow-up-Testzeitpunkt fehlten. Bei der Analyse der Follow-up-Testdaten muss berücksichtigt werden, dass zwischen diesem Test und der Intervention der reguläre Fachunterricht stattfand. Ein von den Lehrkräften ausgefüllter Fragebogen zeigt allerdings, dass in diesem Zeitraum bei allen Klassen nicht weiter am Thema des Projekttags gearbeitet wurde. Auch hier kann in beiden Gruppen ein signifikanter Fachwissenszuwachs mit großer Effektstärke festgestellt werden (einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung, geschlossene Items/Erklärvideo-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .49$, geschlossene Items/Aufgaben-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .51$, offene Items/Erklärvideo-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .41$, offene Items/Aufgaben-Gruppe: $p < .001$, $\eta^2 = .40$). Dabei erhöht sich zwischen den Messzeitpunkten Pre und Mid (Erarbeitungsphase) der Fachwissensstand der Schüler:innen signifikant (Post-hoc-Test mit Bonferroni-Korrektur, $p < .001$), danach erfolgt keine signifikante Änderung mehr. Zu allen Messzeitpunkten bestehen sowohl bei den geschlossenen als auch bei den offenen Items keine signifikanten Gruppenunterschiede.

Bei Betrachtung der kognitiven Leistungsniveaus zeigen sich auch hier keine Unterschiede zwischen der Erklärvideo- und der Aufgaben-Gruppe.

5.2 Einschätzung der digitalen Lernumgebung

Zur Analyse der Einschätzung der digitalen Lernumgebung durch die Lernenden wurde zum Mid- (Erarbeitungsphase) und zum Post-Messzeitpunkt (Sicherungsphase) ein Einschätzungsfragebogen [23] eingesetzt. Dabei bezog sich der Fragebogen sowohl auf die Materialien als auch auf die Methode und bestand aus zehn Items mit einer 6-stufigen Likert-Skala von 1 = negativ bis 6 = positiv ($n = 136$, $\alpha = .886$). Die Einschätzung durch die Schüler:innen wurde erhoben, da eine positive Einschätzung der Lernumgebung für den unterrichtlichen Einsatz dieser sprechen würde. Zudem sind weitere Rückschlüsse (z. B. hinsichtlich motivationaler Effekte) in Bezug auf den Vergleich beider Sicherungsmaßnahmen möglich. Die Lernumgebung der Erarbeitungsphase wird von den Schüler:innen beider Gruppen vergleichbar als sehr positiv

eingeschätzt (Erklärvideo-Gruppe: $n=70$, $M=5.18$, Aufgaben-Gruppe: $n=66$, $M=5.02$, keine signifikanten Unterschiede). Dies ist auch zu erwarten, da beide Gruppen in der Erarbeitungsphase die gleichen Materialien bearbeiteten. Die Einschätzung der Unterrichtsmaterialien und -methoden der Sicherungsphase fällt in beiden Interventionsgruppen etwas geringer aus, befindet sich aber immer noch im oberen Bereich der Skala (Erklärvideo-Gruppe: $n=70$, $M=4.53$, Aufgaben-Gruppe: $n=66$, $M=4.09$). Der Gruppenvergleich zeigt hier, dass die Schüler:innen die Erstellung eines Erklärvideos mit einem kleinen Effekt signifikant positiver einschätzen als die Bearbeitung von Aufgaben (Mann-Whitney- U -Test, $p=.028$, $\phi=.19$).

6. Fazit, Limitationen und Ausblick

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Fachwissen durch die entwickelte digitale Lernumgebung sowohl unmittelbar als auch nachhaltig gesteigert werden kann. Dabei erfolgt der Aufbau des Fachwissens insbesondere durch die Erarbeitungsphase; durch die Sicherungsphase kann das Fachwissen nicht weiter gesteigert werden. Ursächlich hierfür könnte sein, dass in dieser Phase keine neuen Inhalte vermittelt werden. Die Sicherungsphase dient vielmehr dazu, das aufgebaute Fachwissen zu festigen und damit nachhaltig verfügbar zu machen. Dies gelingt in beiden Interventionsgruppen gleich gut: Es ist erfreulicherweise kein signifikanter Abfall des Fachwissens zum Follow-up-Messzeitpunkt feststellbar. Die eingesetzten Sicherungsmaßnahmen tragen demnach dazu bei, dass das erlernte Fachwissen nachhaltig verfügbar ist.

Insgesamt zeigen sich beim Vergleich beider Sicherungsmaßnahmen (Erstellen von Erklärvideos vs. Bearbeiten von Aufgaben) keine Unterschiede im Fachwissenszuwachs. So können auf Basis der hier vorgestellten Ergebnisse beide Sicherungsmaßnahmen als gleich effektiv angesehen werden. Die digitale Lernumgebung wird positiv von den Schüler:innen eingeschätzt, wobei in der Sicherungsphase die Erstellung von Erklärvideos positiver als die Bearbeitung von Aufgaben bewertet wird.

In dieser Studie hat sich das Projekttag-Design als praktikabel erwiesen. Der große Vorteil eines Projekttags liegt darin, dass eine Stichprobenreduktion bedingt durch das Fehlen von Lernenden während der Intervention verhindert werden kann. Dennoch ergeben sich diesbezüglich auch Limitationen. So ist es für die Schüler:innen sehr anstrengend, sich sechs Unterrichtsstunden mit den chemischen Inhalten zu beschäftigen und außerdem mehrere Fragebögen bzw. Tests zu bearbeiten. Der Post-Fachwissenstest erfolgt am Ende des Projekttags, sodass davon auszugehen ist, dass die Schüler:innen dann schon erschöpft sind. Dieser Effekt wirkt sich vermutlich stärker bei offenen Items als bei Multiple-Choice-Items aus. So könnte dies der Grund sein, warum die Schüler:innen beider Gruppen bei den offenen Items im Fachwissenstest zum Follow-up-Zeitpunkt leicht höhere Werte (allerdings: fehlende Signifikanz) erzielen als zum Post-Zeitpunkt. Außerdem liegt eine weitere Limitation der Studie in der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den regulären Unterricht, da die Studie im Rahmen eines Projekttags durchgeführt wurde. Jedoch kann dieses etwas relativiert werden, da davon auszugehen ist, dass die Unterrichtsmaterialien auch gut in den normalen Schulalltag integriert werden können und dann eine ähnliche Wirkung anzunehmen ist.

Zudem sollte bei den vorgestellten Ergebnissen beachtet werden, dass ggf. ein Neuheitseffekt einen Einfluss haben könnte. Die Schüler:innen hatten teilweise wenig Erfahrungen mit dem unterrichtlichen Einsatz von Tablets bzw. Erklärvi-

deos. Somit könnten die Befunde auf die Neuheit der Methode und/oder des Mediums zurückzuführen sein, was sich bei einem längerfristigen Einsatz relativieren könnte. Andererseits könnte sich ein längerfristiger Einsatz auch positiv auswirken, da dann mehr Erfahrung vor allem im technischen Umgang vorhanden ist.

Weiterführend werden weitere Auswertungen erfolgen (z. B. kognitive Belastung der Lernenden, Einschätzung der Benutzerfreundlichkeit durch die Lernenden). Insbesondere wird das Arbeits- und Nutzungsverhalten der Lernenden auf Grundlage von Bildschirm- und Videoaufnahmen analysiert, auch in Verbindung mit den Fachwissensdaten.

Danksagung

Open Access Veröffentlichung ermöglicht und organisiert durch Projekt DEAL.

Literatur

- [1] Hurrelmann, K. (2021). Kindheit und Jugend in der digitalen Welt. In: Handbuch Lernen mit digitalen Medien. Brägger, G., Rolff, H.-G. (Hrsg.). Beltz, Weinheim Basel, 12–29.
- [2] KMK (2016). 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: 16.12.2021).
- [3] Aufenanger, S., Bastian, J. (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, Wiesbaden, 1–11.
- [4] Huwer, J., Banerji, A., Thyssen, C. (2020). Digitalisierung – Perspektiven für den Chemieunterricht. Nachr. Chem. 68/10, 10–16.
- [5] Schanze, S., Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In: Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung. Krüger, D., Parchmann, I., Schecker, H. (Hrsg.). Springer, Berlin, Heidelberg, 177–192.
- [6] Ropohl, M., Diehl, K., Gebhardt, M., van den Heuvel-Panhuizen, M., Mühlh, 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., Mühlh, A., Schwaneuwedel, J. (Hrsg.). Joachim Herz Stiftung Verlag, Hamburg, 98–137.
- [7] 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, Hamburg, 63–70.
- [8] Richtberg, S., Girwidz, R. (2014). Digitales Experimentieren mit individuellem Feedback. PhyDid B – Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung.
- [9] Petko, D. (2010). Lernplattformen in Schulen. Ansätze für E-Learning und Blended Learning in Präsenzklassen. VS-Verlag, Wiesbaden.
- [10] Sweller, J., Ayres, P., Kalyuga, S. (2011). Cognitive Load Theory. Springer New York, New York.
- [11] Girwidz, R., Hoyer, C. (2021). Didaktische Aspekte zum Einsatz digitaler Medien - Leitlinien zum Lehren mit Multimedia. In: Naturwissenschaften digital. Toolbox für den Unterricht. Band 1. Meßinger-Koppelt, J., Maxton-Küchenmeister, J. (Hrsg.). Joachim Herz Stiftung Verlag, Hamburg, 6–24.
- [12] Hillmayr, D., Zierwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. Computers & Education 153, 1–25.
- [13] Hattie, J., Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. Review of Educational Research 77/1, 81–112.
- [14] van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W., Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes. Review of Educational Research 85/4, 475–511.

- [15] Wolf, K. D., Kulgemeyer, C. (2021). Lehren und Lernen mit Erklärvideos im Fachunterricht. In: Handbuch Lernen mit digitalen Medien. Brägger, G., Rolff, H.-G. (Hrsg.). Beltz, Weinheim Basel, 474–487.
- [16] Richard, B., Philippi, B. (2016). Tutorials, Let's play und Erklärfilme auf YouTube. Das Internet als neuartiger Bildungsraum. In: Kritische Bildungsforschung. Standortbestimmungen und Gegenstandsfelder. Schippling, A., Grunert, C., Pfaff, N. (Hrsg.). Verlag Barbara Budrich, Opladen, Berlin, Toronto, 180–190.
- [17] Kulgemeyer, C., Wolf, K. D. (2016). Lernen mit Videos? Erklärvideos im Physikunterricht. NiU-Physik 27/152, 36–41.
- [18] Findeisen, S., Horn, S., Seifried, J. (2019). Lernen durch Videos – Empirische Befunde zur Gestaltung von Erklärvideos. Medienpädagogik 2019, 16–36.
- [19] van der Meij, H., van der Meij, J. (2014). A comparison of paper-based and video tutorials for software learning. Computers & Education 78, 150–159.
- [20] Kay, R. H. (2012). Exploring the use of video podcasts in education: A comprehensive review of the literature. Computers in Human Behavior 28/3, 820–831.
- [21] Hoogerheide, V., Loyens, S. M., van Gog, T. (2014). Effects of creating video-based modeling examples on learning and transfer. Learning and Instruction 33, 108–119.
- [22] Seibert, J., Kay, C. W. M., Huwer, J. (2019). EXplainistry: Creating Documentation, Explanations, and Animated Visualizations of Chemistry Experiments Supported by Information and Communication Technology To Help School Students Understand Molecular-Level Interactions. J. Chem. Educ. 96/11, 2503–2509.
- [23] Kieserling, M., Melle, I. (2021). Wirkungen einer Tablet-basierten Lernumgebung zum Thema Stofftrennung – Eine Vergleichsstudie. In: Digitalisation in chemistry education. Digitales Lehren und Lernen an Hochschule und Schule im Fach Chemie. Graulich, N., Huwer, J., Banerji, A. (Hrsg.). Waxmann, Münster, New York, 143–151.
- [24] Schaumburg, H. (2018). Empirische Befunde zur Wirksamkeit unterschiedlicher Konzepte des digital unterstützten Lernens. In: Digitalisierung in der schulischen Bildung. Chancen und Herausforderungen. McElvany, N., Schwabe, F., Bos, W., Holtappels, H. G. (Hrsg.). Waxmann, Münster, New York, 27–40.
- [25] Greitemann, L., Baumann, T., Holländer, M., Kieserling, M., Zimmermann, F., Melle, I. (2021). Digitale Lehr- und Lernformate für den Chemieunterricht in heterogenen Lerngruppen. In: Naturwissenschaften
- [26] Greitemann, L., Melle, I. (2020). Effects of digital media in heterogeneous chemistry lessons. In: Levrini, O., Tasquier, G. (Hrsg.). Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 4/4 (Co-Hg. J. Haglund & J. Bruun). Alma Mater Studiorum – University of Bologna, Bologna, 530–540.
- [27] Greitemann, L., Melle, I. (2020). Wirkung einer Tablet-basierten Lernumgebung im Chemieunterricht. In: Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Habig, S. (Hrsg.). Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, 1023–1026.
- [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] Greitemann, L., Melle, I. (2020). Transferring and Optimizing a Laptop-based Learning Environment for the Use on iPads. WJCE 8/1, 40–46.
- [30] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2013). Kernlehrplan für die Gesamtschule – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Naturwissenschaften Biologie, Chemie Physik. https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/130/KLP_GE_NW.pdf (letzter Zugriff am 25.02.2022).
- [31] Greitemann, L., Melle, I. (eingereicht). Tablet-gestütztes Lernen im Chemieunterricht – Erklärvideo vs. Aufgaben. In: Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Habig, S. (Hrsg.). Universität Duisburg-Essen.
- [32] Michna, D., Melle, I. (2018). Inclusion in Chemistry Education in Secondary School. In: Finlayson, O. E., McLoughlin, E., Erduran, S., Childs, P. (Hrsg.). Electronic Proceedings of the ESERA 2017 Conference. Research, Practice and Collaboration in Science Education, Part 11 (Co-Hg. J. Dolin). Dublin City University, Dublin, 1433–1440.

*Eingegangen am 14. Januar 2022
Angenommen am 12. März 2022*