



Interaktive Lern- und Übungsaufgaben in der Physiklehramtsausbildung: Vergleich zwischen Online-, Präsenz- und Selbststudium

B. Watzka*

Jun. Prof.'in für Didaktik der Physik, Institut für Physik, Fakultät für Naturwissenschaften, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Abstract

Lernen ist ein aktiver und konstruktiver Prozess. Interaktive Aufgaben erlauben eine Aktivierung der Lernenden in jedem Lehrformat. Offen ist die Frage, ob es Unterschiede im Bearbeitungserfolg und der Änderung des Professionswissens beim Lernen mit interaktiven Aufgaben unter verschiedenen Lehrformaten gibt. Ebenso ist offen, inwieweit sich angehende Lehrkräfte vorstellen können, mit Hilfe eines Tools solche Aufgaben selbst zu erstellen und in ihrem späteren Berufsleben als Lehrmittel einzusetzen.

Ein interaktives Aufgabenset wurde mittels drei verschiedener Methoden gelehrt und evaluiert. Die Stichprobe (N=66) stellten Lehramtsstudierende der Physik. Sie bearbeiteten einen Lernpfad mit interaktiven Aufgaben, um sich fachdidaktisches Wissen zu einem Thema zu erarbeiten und zugleich ein Tool für die Entwicklung solcher Aufgaben kennen zu lernen.

Die Ergebnisse zeigten keine signifikanten Unterschiede im Bearbeitungserfolg und Professionswissen zwischen der Online- und Präsenzlehre. Jedoch zeigten die im Selbststudium Lernenden signifikant kürzere Bearbeitungszeiten, ein chaotischeres Lernverhalten, einen geringeren Bearbeitungserfolg und geringere Zuwächse im Professionswissen. Die Akzeptanz der Studierenden in Bezug auf interaktive Aufgaben und das exemplarische Tool stieg durch die Arbeit mit dem Aufgabenset in allen Gruppen an.

Learning is an active and constructive process. Interactive tasks enable learner activation in any teaching format. It is an open question whether there are differences in the task success and the change of professional knowledge when learning with interactive tasks under different teaching formats. It is also open to what extent prospective teachers can imagine creating such tasks themselves with the help of a tool and using them as teaching aids in their later professional lives.

An interactive task set was taught using three different methods and evaluated. The sample (N=66) consisted of student teachers of physics. They worked on a learning path with interactive tasks in order to acquire educational knowledge and at the same time to get to know a tool for the development of interactive tasks. The results showed no significant differences in task success and professional knowledge between online and face-to-face teaching. However, self-study learners showed significantly shorter completion times, more chaotic learning behaviour, lower task success, and lower increase in TPACK. The students' acceptance of interactive tasks and the exemplary tool increased in all groups as a result of working with the tasks.

*Corresponding author: bianca.watzka@ovgu.de

1. Einleitung

Die COVID-19-Pandemie stellte Dozierende vor die Herausforderung, die eher passive Konsumentenhaltung mancher Studierender in der Online-/Distanzlehre zu durchbrechen [1] und stattdessen eine aktive Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt auf Seiten der Studierenden herbeizuführen.

Dieser Beitrag beschreibt die Lernwirkung von Lernpfaden mit interaktiven Elementen/Aufgaben in der asynchronen und synchronen Online- und Präsenzlehre in der Lehramtsausbildung. Übergeordnetes Ziel der Veranstaltungen ist fachdidaktisches Wissen und technologiebezogenes fachdidaktisches Wissen zu vermitteln. Die Veranstaltungsabfolge verläuft zyklisch über zwei Sitzungen. In der ersten Sitzung werden stets fachdidaktische Inhalte zu einem Thema erarbeitet, welche vom Dozierenden über ein Tool aufbereitet sind. In der zweiten Sitzung erwerben die Studierenden Handlungswissen über das Tool, mit dem in der vorherigen Sitzung der Lerninhalt aufbereitet war. So können die Studierenden in die Rolle der Lernenden (erste Sitzung) und Lehrenden (zweite Sitzung) schlüpfen.

In diesem Beitrag wird ein Ausschnitt aus dem Bereich der ersten Sitzungen vorgestellt. In einem interaktiven Lernpfad wird fachdidaktisches Wissen zum Transistor vermittelt. Der Lernpfad ist mit dem Tool H5P umgesetzt.

2. H5P-Tool

H5P ermöglicht das Erstellen von interaktiven Lernangeboten und ist eine frei zugängliche und quelloffene Software, die als Plugin für verschiedene Content-Management-Systeme (CMS) wie Wordpress und Learning-Management-Systeme (LMS) wie Moodle oder Ilias zur Verfügung steht [2].

H5P ist standardmäßig mit einer LTI- und einer xAPI-Schnittstelle ausgestattet.

LTI steht für Learning Tools Interoperability und ist ein universeller Standard, der die Integration eines Systems (hier einer H5P-Aufgabe) in andere Systeme (z.B. Moodle) ermöglicht [3].

xAPI steht für Experience API und ist auch als TinCan bekannt [4]. Die xAPI-Schnittstelle gibt

Daten nach einem festen Schema an eine Datenbank für Lernaktivitäten, auch Learning Record Store (LRS) genannt. Die xAPI-Aussagen basieren auf dem einfachen Muster: Subjekt Verb Objekt. Damit lässt sich praktisch jede Aktivität eines Lernenden mit der Lernumgebung verfolgen [3].

3. Effekte aktiven Lernens

Unter aktivem Lernen versteht man alles, was Schülerinnen und Schüler dazu bringt, Dinge zu tun und über die Dinge nachzudenken, die sie tun [5].

Die Initiierung von Lernaktivitäten in Vorlesungen, welche methodisch in der Regel in einem Frontalstil gehalten werden, kann die Lernleistung deutlich verbessern [6]. So zeigt Hake [7], dass sich die Leistungen der Studierenden in Physikeinführungskursen, in denen in erheblichem Umfang interaktive Methoden eingesetzt wurden, deutlich verbesserten.

Mit der Lernförderlichkeit interaktiver H5P-Inhalte im weitesten Sinne befassten sich in jüngster Zeit eine Reihe von Anwendern verschiedenster wissenschaftlicher Disziplinen (u.a. Watzka et al. [2], Pereira et al. [8], Chen et al. [9], Rama Devi et al. [10], Unsworth und Posner [11], López et al. [12], Sinnayah et al. [13], Wilkie et al. [14], Wicaksono et al. [15], MacFarlane und Ballantyne [16], Mir et al. [17], Thurner et al. [18] und Santos et al. [19]). Im Weiteren sind nur Ergebnisse von Evaluationen aufgeführt, die standardisiert mit log Files bzw. xAPI-Daten, Fragebögen oder Interviews erfasst wurden.

Thuner et al. [18] führten eine Mixed-Method-Studie zur Wirkung interaktiver Videos durch [18]. Sie erhoben log Files, Fragebögen und problembasierte Interviews. Sie untersuchten u.a. das Lernverhalten und die Lernergebnisse beim Arbeiten mit interaktiven bzw. nicht interaktiven H5P-Videos. Ihre Ergebnisse zeigen, dass in Videos implementierte H5P-Quizfragen das Lernverhalten beeinflussen. Im Vergleich zur Gruppe ohne H5P-Quiz nutzte die Gruppe mit den Quiz die dort auftretenden Fragen als Navigationshilfe. Die log Files zeigen, dass beispielsweise etliche Nutzer und Nutzerinnen zunächst zu den Quizfragen springen, um die an sie gestellten Erwartungen zu prüfen. Danach

entscheiden sie, ob es sich für sie lohnt, die vor den Fragen liegenden Videopassagen anzusehen oder nicht. In den Interviews bestätigen die Nutzenden die fokussierende Wirkung der Quizfragen und sie konstatieren die davon ausgehende Hilfe für die Verarbeitung der Videoinhalte.

Wicaksono et al. [15] führten Fragebogenstudien mit offenen und geschlossenen Fragen durch. Sie untersuchten für 19 Studierende, ob von der H5P-Nutzung deren Motivation und Lernleistung im Fach Englisch beeinflusst ist. Ihre Ergebnisse zeigen, dass 90 % der Teilnehmenden der Frage zustimmen, ob sie sich von H5P-Inhalten stärker auf die relevanten Inhalte fokussiert fühlen. Ebenso sehen sich 90 % der Teilnehmenden durch H5P-Inhalte interessierter und aufmerksamer dem Lernmaterial gegenüber. Weitere 74 % geben an, durch die Nutzung von H5P motivierter zu sein. Ein Großteil der motivierten Studierenden erzielt zudem gute Lernleistungen, was Wicaksono et al. [15] als Tendenz eines positiven Zusammenhangs zwischen Motivation und Lernleistung sehen.

Sinnayah et al. [13] befragten 250 Studierende mittels Fragebogen zur Nutzung eingesetzter H5P-Inhalte im Rahmen von Physiologie-Kursen. Ihre Ergebnisse zeigen, dass 80 % der Studierenden das Bearbeiten der H5P-Inhalte im Vergleich zu den sonst üblichen Multiple-Choice-Fragen als zeitaufwendiger wahrnehmen. Trotz des erhöhten Aufwands geben 90 % der Studierenden an, dass sich ihr Wissen durch das wiederholte Üben mit H5P verbessert, und dass H5P-Inhalte ihnen helfen, mit dem Kurs Schritt zu halten.

Santos et al. [19] setzten die H5P-Vorlage *Branching Scenario* im Sinne von interaktiven problembasierten Simulationen in einem Netzwerkkurs mit 30 Studierenden ein. Dabei erfassten sie das Lernverhalten der Studierenden mittels xAPI. Außerdem verglichen sie die Endnoten des Kurses mit H5P-Inhalten mit den Noten vorheriger Kurse ohne H5P-Inhalte. Die Ergebnisse zeigen, dass Studierende, die mit H5P-Inhalten lernen, im Schnitt bessere Noten erzielen und zugleich mit ihren Übungen äußerst zufrieden sind. Die Studierenden sind zudem der Meinung, das Lernen mit H5P helfe

ihnen, Konzepte schneller und einfacher zu erlernen.

4. Lernpfade und -wege

Lernpfade sind idealisierte oft linear strukturierte Lernangebote. Häufig sind sie als webbasierte Lernumgebungen nach der Art eines Baukastensystems realisiert. Sie geben verbindliche Lernziele vor und enthalten zur Erreichung dieser Ziele verschiedene, oft interaktive, Lernmaterialien und aufeinander abgestimmte Arbeitsaufträge samt Hilfen und Feedback. Je nach Interesse und Leistungsstand können Lernende eigenverantwortlich Arbeitsaufträge auswählen und dadurch ihren eigenen individuellen Lernprozess auf das vorgegebene Ziel ausrichten [20]. Lernpfade erzwingen das lineare Durcharbeiten nicht, vielmehr überlassen sie dem Lernenden die Entscheidung, variierende individuelle Lernwege einzuschlagen [21].

Lernwege zeigen die von den Lernenden tatsächlich bestrittenen Abfolgen der aufgerufenen Inhalte und der bearbeiteten Aufgaben in Abhängigkeit von der Zeit auf. Trotz linear angelegtem Lernpfad, verlaufen Lernwege oftmals nicht linear, sondern oszillieren oder sind von Umwegen geprägt [21]. Ursache variierender Lernwege sind neben individuellen Wissensstrukturen der Lernenden, die sich aufgrund von Vorerfahrungen und -wissen bereits ausgebildet haben [21], auch affektive Komponenten wie etwa Interessen oder Einstellungen. Der Zweck von Lernweganalysen besteht darin, nicht nur Bearbeitungserfolge/-misserfolge am Ende eines Lernprozesses zu betrachten. Vielmehr geht es darum, die Genese der Erfolge/Misserfolge zu visualisieren. Messgrößen von Lernwegen sind beispielsweise:

- Zeitpunkte und -dauern der Bearbeitung einzelner Aufgaben / Elemente
- Häufigkeiten incl. Wiederholungen und Auslassungen von Aufgaben / Elementen
- Reihenfolgen der Bearbeitungen
- Erreichte Punktzahl, Abzüge aufgrund von Fehlern
- Häufigkeiten von Hilfeaufrufen
- Log Files z.B. zur Nutzung der Navigationsoptionen etc.

5. Lehrziele und Evaluationsziel

Lehrziele des Seminars sind fachdidaktische Theorien auf konkrete Unterrichtsinhalte (hier: exemplarisch Transistor) anzuwenden und das Methodenrepertoire (hier exemplarisch interaktive H5P-Aufgaben) der Studierenden speziell aus dem Bereich Multimedia auszubauen.

Ziel der Evaluation ist es, u.a. die Lernergebnisse (in Form von den Bearbeitungserfolgen und den Änderungen im Professionswissen), die Akzeptanz und Relevanz gegenüber den interaktiven Aufgaben und die Lernwege beim Bearbeiten des Lernpfades zu erfassen. Die theoretische Grundlage hierfür stützt sich auf um TPACK erweiterte TAM-Modelle, wie sie bei Mayer et al. [22] beschrieben sind.

Nicht von Interesse ist hier ein Vergleich der Lernwirkung zwischen dem Lernen mit interaktiven Aufgaben und einer klassischen frontalen Vorlesung oder einem Experimentalpraktikum. Auch mögliche Zusammenhänge zwischen der Wahl innerhalb eines Lernpfades und Interessensausprägungen oder motivationalen Dispositionen stehen hier nicht zur Frage.

6. Stichprobe und Ablauf

Die Stichprobe umfasst insgesamt 66 Lehramtsstudierende mit vertieftem Studium des Unterrichtsfachs Physik der LMU München (n=55, davon 33 männlich) und der OVGU Magdeburg (n=11, davon 8 männlich). Die Münchner Studierenden befanden sich zwischen dem 7. und dem 9. Fachsemester, die Magdeburger Studierenden hatten den 6-semesterigen Bachelorstudiengang abgeschlossen und waren im 1. Fachsemester des Masterstudiengangs eingeschrieben. Alle Studierenden hatten die fachphysikalischen Experimentalvorlesungen, die einführende Fachdidaktikvorlesung und die experimentellen Laborpraktika sowie Seminare zu schultypischen Versuchen bereits besucht. Weiterhin waren alle Studierenden mit dem Bearbeiten interaktiver Aufgaben und der verwendeten Symbolik vertraut.

Die Untersuchungen fanden in drei aufeinanderfolgenden Wintersemestern (19/20, 20/21 und 21/22) in einer 90-minütigen Pflichtveranstaltung statt. Die Verteilung der Studierenden

auf das Lehrformat erfolgte nicht randomisiert, sondern nach den zu dieser Zeit geltenden Corona Verordnungen. Ein Überblick über die Anzahl der Teilnehmenden pro Format zeigt die folgende Tabelle (Tab. 1).

Tab. 1: Stichprobe

	Geführt Online	Geführt Präsenz	Nicht geführt Online (Selbststudium)
M	33	10	12
MD	--	8	3

Vor dem Lernen mit dem interaktiven, webbasierten Lernpfad wurde in allen drei Gruppen zu Beginn das Professionswissen, die Akzeptanz gegenüber interaktiven Aufgaben im Allgemeinen sowie deren Relevanz für das spätere Berufsleben und Kontrollvariablen wie das Geschlecht, das Fachsemester und der Studiengang erfragt (Pre-Test). Anschließend erfolgte in den Gruppen Online- und Präsenz-Lehre das geführte Lernen durch den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben. Dazu öffneten die Studierenden und die Dozierende / der Dozent den webbasierten Lernpfad jeweils auf dem eigenen Endgerät. Die Dozierende / der Dozent moderierte den Weg durch den Lernpfad, indem sie / er Wechsel zwischen Folien oder Aufgabenbearbeitungen initiierte. Dabei wurden die Lernaktivitäten der Studierenden laufend erfasst. Direkt nach Beendigung des Lernpfades bearbeiteten die Teilnehmenden den Post-Test.

Die Gruppe Selbststudium bearbeitete den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben ohne instruktionale Führung von zu Hause aus. Der Post-Test schloss als letzter Teil direkt an die Bearbeitung des Lernpfades an.

7. Lernpfad mit interaktiven Aufgaben

Der Lernpfad nutzt die H5P-Vorlage Branching Scenario und ist für eine Bearbeitungszeit von 90 Minuten ausgelegt. Er enthält aufeinander aufbauende Elemente und drei fachdidaktische Vertiefungsoptionen, die im besten Fall im Sinne eines ganzheitlichen Lernens alle bearbeitet werden. Abb. 1 zeigt die äußere Struktur eines Lernpfades im Bearbeitungsmodus.

Schwarze Kästen stehen für interaktive Präsentationen, die einen oder mehrere Lerninhalte und interaktive Aufgaben enthalten können. Die blauen Kästen stehen für Auswahlfragen, die dann zu den verschiedenen Vertiefungen führen. Die im roten Kreis enthaltenen Pfeile stehen für die Option, nach einer Vertiefung zur Auswahlfrage zurückzugehen. Die rote Fahne markiert das Ende.

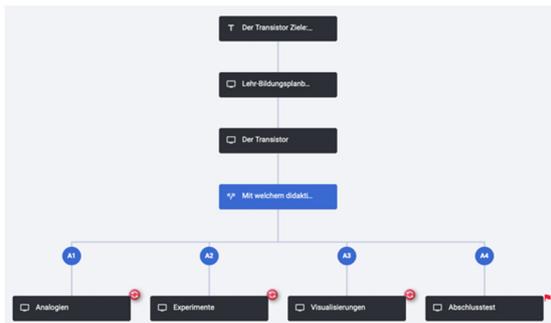


Abb. 1: Struktur eines einfachen Lernpfades.

Die interaktiven Präsentationen enthalten neben Fachinformationen auch Literaturverweise, ergänzende Hilfen und Aufgaben zur Festigung (siehe Abb. 2 und 3). Bei interaktiven Präsentationen, wie in Abb. 2 zu sehen, steht immer der Fachinhalt im Zentrum der Folien. Die blauen Kreise, in denen ein *i* steht, führen zu ergänzenden Hilfen. Die lilafarbenen Kreise stehen für interaktive Aufgaben (siehe Abb. 3).

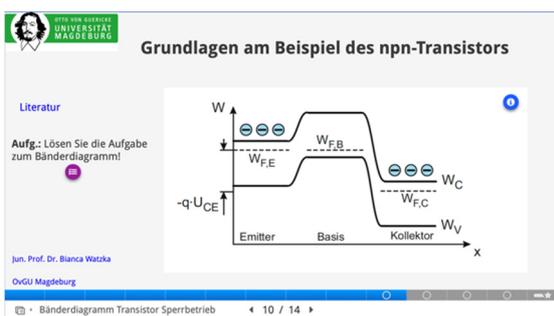


Abb. 2: Ausschnitt aus einer interaktiven Präsentation.

Die interaktiven Aufgaben sind nach den Anforderungen der Inhalte ausgewählt und daher meist im Multiple-Choice oder Drag-and-Drop-Format umgesetzt. Bei Multiple-Choice-Fragen können bekannte Fehlvorstellungen als Distraktoren genutzt werden, so dass bei der

Auswertung auch gezielt nach falschen Denkmustern gesucht werden könnte. Drag-and-Drop-Formate bieten sich bei ikonischen Darstellungen von Modellen an, da hier die Abbildung der Realität ins Modell durch das Zuordnen erfolgen kann.

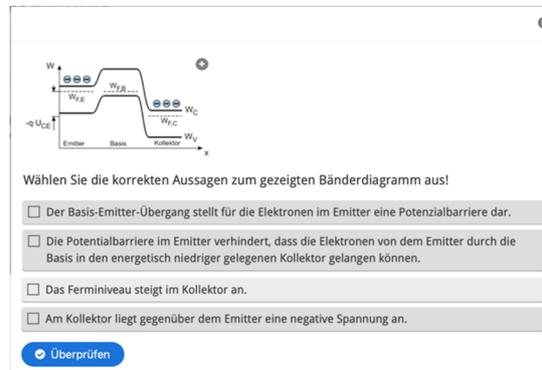


Abb. 3: Beispiel für eine interaktive Aufgabe.

Nach jeder Sinneinheit folgt eine Zusammenfassung mit den erreichten Punkten, die dann auch im LMS automatisch dokumentiert werden (siehe Abb. 4).



Abb. 4: Beispiel für eine Zusammenfassung.



Abb. 5: Auswahlfrage mit Vertiefungsoptionen.

Markenzeichen der Vorlage Branching Scenario sind die Auswahlfragen (Abb. 5). Sie sind neutral formuliert und führen im vorgestellten Beispiel zu den fachdidaktischen Vertiefungen.

Jede fachdidaktische Vertiefung enthält aufgrund der verschiedenen Anforderungen verschiedene Aufgabenformate.

So enthält z.B. der Schwerpunkt *Experimente* interaktive Experimentiervideos als Aufgabenformat (siehe Abb. 6), weil damit der Aufbau und die Durchführung von Versuchen nachgebildet werden können.

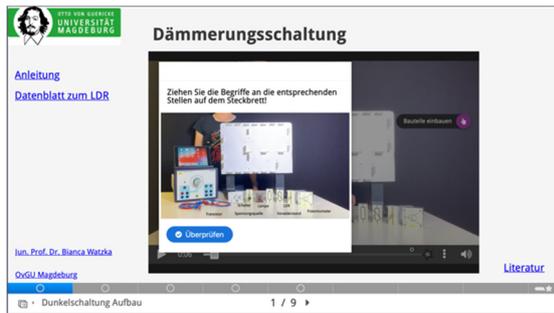


Abb. 6: Ausschnitt aus einem interaktiven Video.

Anders sieht es bei den fachdidaktischen Vertiefungen *Visualisierungen* und *Analogien* aus. Hier müssen Visualisierungen nach Bildtypen klassifiziert und anschließend deren Funktion im Lernprozess bestimmt bzw. Analogien nach den Kriterien von Issing bewertet werden. Für solche Prozesse eignen sich als Aufgabenformate besonders Lückentexte, Multiple-Choice-Aufgaben und Richtig/Falsch-Aussagen.



Abb. 7: Beispiel für Richtig/Falsch-Aussagen zur Bewertung von Analogien nach Issing.

Der Abschlusstest am Ende des Lernpfades lehnt an den TPACK-Fragebogen [20] an und wurde hier hinsichtlich des Themas *Transistor* spezifiziert. Es handelt sich um eine Selbsteinschätzung der Studierenden, die zusätzlich zum Bearbeitungserfolg der Aufgaben Abschluss über den Lernerfolg geben kann.

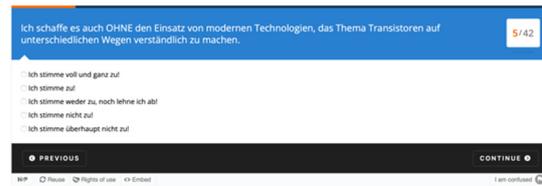


Abb. 8: Exemplarische Frage zur Selbsteinschätzung der Studierenden am Ende des Lernpfades.

8. Variablen und Messinstrumente

Die Messung erfasste Ergebnis- und Prozessvariablen. Unter die Ergebnisvariablen fielen die Akzeptanz gegenüber interaktiven H5P-Aufgaben und dessen Relevanz für das spätere Berufsleben sowie die Facetten des Lehrberufswissens (TPACK).

Für die Erhebung der Ergebnisvariablen kamen etablierte Skalen zum Einsatz, u.a.:

- Akzeptanz gegenüber dem interaktiven Lernmaterial (vgl. [22], 2 Items),
- Relevanz interaktiver Lernmaterialien für das spätere Berufsleben (vgl. [22], 8 Items) und
- TPACK (vgl. [22], 32 Items).

Der Kategorie Prozessvariablen wurden für die Analyse der Lernwege die folgenden, durch die xAPI-Schnittstelle erfassten, Größen zugeordnet: Bearbeitungszeiten, Bearbeitungserfolge / Aufgabenpunkte, Wiederholungen, Bearbeitungsreihenfolgen, und -abbrüche sowie Sprünge zwischen Informationseinheiten und Aufgaben etc.

9. Datenanalyse

Änderungen im Professionswissen sowie in der Akzeptanz und Relevanz wurden über den Hake-Faktor g bestimmt, der den durchschnittlichen normalisierten Zuwachs angibt. Er ist definiert als das Verhältnis zwischen dem durchschnittlichen Zuwachs, resultierend aus der Differenz von Post- und Pre-Test, und dem maximal möglichen Zuwachs, resultierend aus der Differenz des Maximalwertes und dem Pre-Testwert [6].

Mittels t -Tests für unabhängige Stichproben wurde geprüft, ob es Unterschiede in den Zuwächsen in der Akzeptanz und der Relevanz zwischen den Lehrformaten gibt. Aufgrund der

kleinen Stichprobe wurde ein Bootstrapping-Verfahren mit 10 000 einfach gezogenen Stichproben und einem Vertrauensintervall von 95 % gewählt. Bei Feststellung von Varianzheterogenität, erfolgte eine Korrektur der Freiheitsgrade (Welch-Korrektur). Als Effektstärkemaß wurde Cohens d berechnet. Bei Mehrfachtestungen, die auf eine Nullhypothese bezogen sind, wurde eine Alpha-Fehlerkorrektur nach Bonferroni angewandt.

Die Analyse der Lernwege erfolgte halb-quantitativ (siehe Abb. 8-10). Dazu wurden Sehnen- und Diagramme der Lernwege in Python programmiert. Die äußeren farbigen Ringelemente zeigen die Informationseinheiten bzw. Aufgaben der Lernumgebung an, wobei die Größen der Kreisbögen proportional zu den mittleren Bearbeitungszeiten abgetragen sind. Die farbigen Sehnen im Kreis zwischen den Einheiten stellen Sprünge zwischen Informationseinheiten bzw. Aufgaben dar. Eine Sehne beginnt immer an der gleichfarbigen Einheit und endet an der andersfarbigen Einheit. Die Sehnenbreite ist proportional zur Häufigkeit des Sprungs innerhalb einer Gruppe.

10. Quantitative Ergebnisse

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Bearbeitungszeit und den -erfolg sowie die Einschätzungen der Studierenden bezüglich der Akzeptanz und Relevanz zeigt Tab. 2.

Ergebnisse der t -Tests für gepaarte Stichproben zeigen jeweils signifikante Anstiege kleiner Effektstärke zwischen Pre- und Posttest für ...:

- die Akzeptanzänderung ($t_{62} = 13.17$, $p < .001$, 95 % CI [.499, .678], $d = 0.35$).
- die Relevanzveränderung ($t_{62} = 7.70$, $p < .001$, 95 % CI [.150, .255], $d = 0.21$).
- die Änderung im TPACK ($t_{62} = 9.13$, $p < .001$, 95 % CI [.267, .417], $d = 0.30$).

Ergebnisse der t -Tests für unabhängige Stichproben zeigen für ...:

- die Bearbeitungszeit einen signifikanten Unterschied hoher Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 10.88$, $p < .001$, 95 % CI [14.17, 20.56], $d = 5.4$). Lernende im Selbststudium brechen ihre Tätigkeit früher ab als Lernende, die in der Präsenz- oder Online-Lehre angeleitet werden.
- den Bearbeitungserfolg einen signifikanten Unterschied hoher Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 10.49$, $p < .001$, 95 % CI [20.58, 30.28], $d = 8.2$). Lernende im Selbststudium erzielen weniger Punkte als Lernende, die in der Präsenz- oder Online-Lehre arbeiten.
- die Akzeptanzänderung einen signifikanten Unterschied kleiner Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 2.46$, $p = .017$, 95 % CI [.022, .209], $d = 0.16$).
- die Relevanzveränderung keinen signifikanten Unterschied zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 1.35$, $p = .183$, 95 % CI [-.027, .141], $d = 0.14$).
- die TPACK-Änderung einen signifikanten Unterschied kleiner Effektstärke zwischen der Gruppe geführt (online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ($t_{60} = 3.89$, $p = .032$, 95 % CI [.073, .228], $d = 0.13$).

Bearbeitungszeit und -erfolg korrelieren erwartungsgemäß hoch miteinander (Pearson $r = .698$, $p < .001$, 95 % CI [.609, .830]).

Am meisten Zeit verbringen die Studierenden mit den Grundlagen und am wenigsten Zeit mit dem geschichtlichen Exkurs.

Tab. 2: Ausgewählte Mittelwerte und Standardabweichungen

	Online geführt		Präsenz geführt		Online nicht geführt Selbststudium	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Bearbeitungszeit	76.25	2.04	74.41	1.32	58.23	10.59
Bearbeitungserfolg	98.30	5.05	94.00	5.74	71.40	13.45
Hake Akzeptanz	0.36	0.16	0.27	0.17	0.21	0.18
Hake Relevanz	0.20	0.14	0.07	0.11	0.11	0.08
Hake TPACK	0.26	0.14	0.10	0.08	0.06	0.08

11. Visualisierungen der Lernwege

Unterschiede in den Lernwegen der Studierenden der drei Gruppen visualisieren die Sehnendiagramme (Abb. 8, Abb. 9 und Abb. 10). Die Lerneinheiten des äußeren Rings sind: (1) Lernziele, (2) Anwendungskontexte, (3) Funktionen von Transistoren, (4) Visualisierungen, (5) Grundlagen, (6) Aufg. 1, (7) Aufg. 2, (8) Aufg. 3, (9) Aufg. 4 und (10) Geschichtliches.

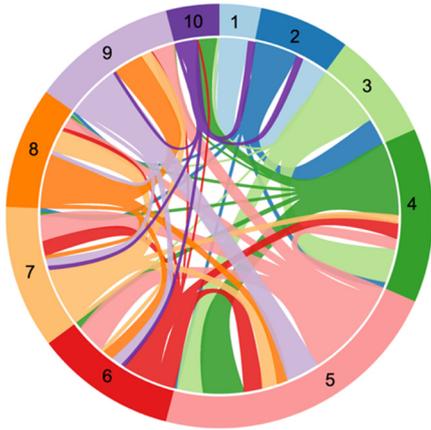


Abb. 8: Lernwege in der geführten Online-Lehre.

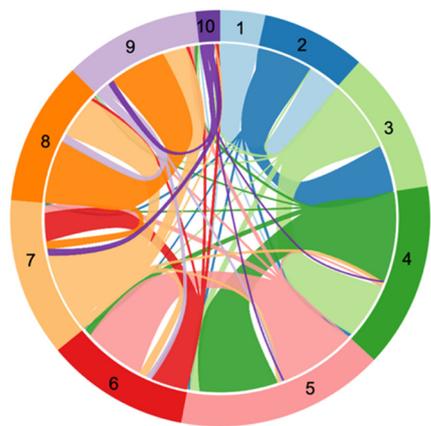


Abb. 9: Lernwege in der geführten Präsenz-Lehre.

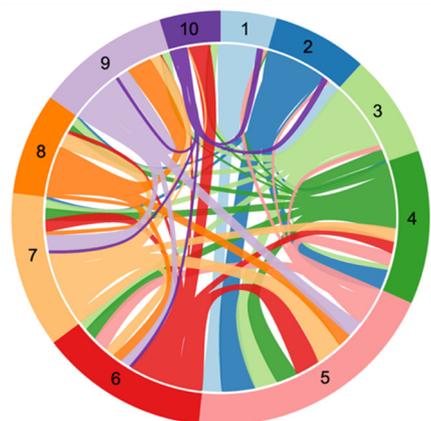


Abb. 10: Lernwege während des Selbststudiums.

Vergleicht man die drei Sehnendiagramme miteinander, fallen folgende Gemeinsamkeiten bzw. Besonderheiten in den drei Gruppen auf.

Allen Gruppen gemeinsam ist die recht einheitliche Verteilung der Bearbeitungszeiten auf die einzelnen Lerneinheiten. So verbringen alle Studierende den Hauptteil ihrer Zeit mit der Verarbeitung der Einheit *Grundlagen* (Segment Nr. 5) und der Bearbeitung der *Aufgaben* (Segmente Nr. 6-9).

Deutlich verschieden ist aber das Sprungverhalten der Studierenden in den drei Gruppen.

In der geführten Präsenz-Lehre (Abb. 9) folgten die Studierenden überwiegend den Anweisungen der Dozentin / des Dozenten. Hier enden die Sehnen meist bei der nächsthöheren Lerneinheit. In der geführten Präsenz-Lehre gibt es wenig Sprünge von den Aufgaben zurück zu den Grundlagen (Einheit 5).

In der geführten Online-Lehre (Abb. 8) sind, wie in der geführten Präsenz-Lehre auch, Sprünge zur nächsthöheren Lerneinheit zu sehen. Jedoch ist die relative Häufigkeit dieser Sprünge kleiner als in der geführten Präsenz-Lehre. Stattdessen zeigt sich in der geführten Online-Lehre auch eine Tendenz für rückwärts gerichtete Sprünge, insbesondere zwischen den Aufgaben und den Grundlagen. Exemplarisch zeigt dies die fliederfarbene Sehne von der Lerneinheit 9 zurück zur Einheit 5 in Abb. 8 besonders deutlich.

In der Gruppe Selbststudium (Abb. 10) halten sich vorwärts und rückwärts gerichtete Sprünge in etwa die Waage. Das Sprungverhalten sieht hier eher chaotisch aus. Auffällig ist, dass die Einheiten *Grundlagen* (Nr. 5) und *Aufgaben* (Nr. 6-9) sehr früh im Lernprozess durch die Studierenden angegangen werden. Vor allem von Einheit 3 (Funktionen von Transistoren) gehen etliche Sprünge (hellgrüne Sehnen) zu den verschiedenen Aufgaben, statt zur nächsthöheren Einheit.

12. Diskussion

Die Evaluation sollte die Frage beantworten, ob sich das Lernen mit interaktiven Aufgaben und das Kennenlernen eines Tools zum Erstellen dieser Aufgaben in verschiedenen Lehrformaten hinsichtlich der Lernprozesse und des

Lernerfolgs (Bearbeitungserfolg und Professionswissen) unterscheidet und ob das eigene Lernen mit interaktiven Aufgaben und das Kennenlernen des Tools die Akzeptanz und das Relevanzempfinden positiv beeinflussen.

Die Evaluation zeigt zusammengefasst, was die Akzeptanz und Relevanz gegenüber den interaktiven Aufgaben und dem Tool H5P angeht, jeweils einen signifikanten Anstieg nach dem Lernen mit diesen Aufgaben und dem Kennenlernen des Tools. Diese positive Entwicklung zeigt sich in allen Gruppen, sodass es hier keine Unterschiede hinsichtlich der Relevanz und eher unbedeutende Unterschiede in Bezug auf die Akzeptanz zwischen den drei Gruppen gibt. Dieses Ergebnis überrascht insgesamt nicht, da Erfahrungen mit einer Technologie die Nutzungsintensivität direkt und indirekt über die wahrgenommene Nützlichkeit beeinflusst [z.B. 22].

Die Ergebnisse zeigen einen Anstieg im Professionswissen, wobei in diesem Beitrag nur auf die Facette TPACK fokussiert wird. Das TPACK kann ein weiterer Faktor für die Akzeptanz gegenüber einer Technologie sein, insbesondere dann, wenn die Anwendenden (hier angehende Lehrkräfte) noch unerfahren sind [22]. Die Effektstärke ist klein, was nach dem Lernen mit einem Anwendungsbeispiel und nur kurzer Toolbeschreibung nicht verwundert. Auch zeigen sich kleine Unterschiede zwischen den Gruppen, die aber kaum Gewicht haben und zudem nach der zweiten Sitzung, wenn handelnd mit dem Tool umgegangen wird, vermutlich verschwinden.

Bezüglich der Bearbeitungserfolge und -zeiten zeigen die Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede zwischen der geführten Online- und der geführten Präsenz-Lehre. Jedoch schneidet hier die Gruppe im Selbststudium bei beiden Maßen deutlich und auch bedeutsam schlechter ab. Da sowohl die aktive Lernzeit als auch die Führung eine nachgewiesene Bedeutung für den Lernerfolg [23] haben, erscheinen die Unterschiede hier besonders beachtenswert. Die Frage nach den Ursachen der hier festgestellten Unterschiede in der Bearbeitungszeit und dem -erfolg zwischen dem Selbststudium auf der einen Seite und den beiden geführten Lehrformaten auf der anderen Seite, kann nicht abschließend beantwortet

werden. Es lassen sich aber Vermutungen aufstellen. Zwar kann nicht pauschal angenommen werden, dass eine lange Bearbeitungszeit mit einer längeren (kognitiv) aktiven Bearbeitung gleichzusetzen ist. Man könnte auch nichts tuend die Zeit ablaufen lassen. Auf der anderen Seite lässt eine kurze Bearbeitungszeit eine vertiefte Betrachtung nicht zu. Die Ergebnisse hier zeigen eine positive Korrelation hoher Effektstärke zwischen Bearbeitungszeit und -erfolg, was dafürspricht, dass eine angemessene Bearbeitungsdauer eine nötige Voraussetzung für den Lernerfolg ist (wenngleich sie nicht hinreichend ist). Ein Grund für die geringe Bearbeitungszeit in der Gruppe im Selbststudium könnte an dem Fehlen der Führung durch den Lernpfad liegen. Um diese Frage zu beantworten, müsste man einen vollständigen Versuchsplan testen. Das heißt, dass zusätzlich zu den oben genannten Gruppen noch eine Gruppe in Präsenz, aber ohne Führung mit dem Lernpfad arbeiten müsste. Als weiterer Grund für das schlechtere Abschneiden der Gruppe im Selbststudium könnte das spielerische Format angebracht werden. Es könnte gerade im Selbststudium dazu verleiten, möglichst schnell und nicht möglichst gründlich bei der Bearbeitung von Aufgaben zu sein. Im geführten Setting ist ein schnelles Durchhüdeln durch die enge Führung weniger gut möglich. Ein dritter Grund könnte eine Kosten-Nutzen-Abwägung der Studierenden sein. Vergleichbares Verhalten zeigt auch eine andere Studie [z.B. 18]. Im Rahmen des Selbststudiums haben Studierende die Freiheit ihr Lernen selbst in die Hand zu nehmen und selbst einzuschätzen, ob ihnen der erwartete Ertrag für den aufzubringenden Aufwand lohnend erscheint oder nicht.

13. Grenzen und Ausblick

Die Evaluation fokussiert auf Professionswissen, Relevanzwahrnehmung und Facetten der Akzeptanzentwicklung. Fragen zu affektiven Komponenten des Lernens oder zu Designkriterien von Aufgaben sind nicht dargestellt.

Die Messung des Professionswissens orientiert sich an der langjährigen Praxis zur Messung von Akzeptanz und TPACK. Sie erfolgt daher per Selbsteinschätzung. Ohne weiteres Da-

tenmaterial bliebe dabei offen, welche Kompetenzen sich konkret entwickelt haben. In dieser Studie liegen aber zusätzlich die Bearbeitungserfolge der Aufgaben im Lernprozess vor, sodass weitere Hinweise auf tatsächlich erworbene Kompetenzen vorhanden sind.

Das Lehrformat variiert coronabedingt und nicht systematisch, weshalb sowohl die Kontrolle von konfundierenden Variablen als auch die Versuchsgruppen an sich limitiert bzw. unvollständig sind. Daher lassen sich auf der Grundlage der Evaluationsergebnisse keine Kausalitäten ableiten. Ihr Nutzen liegt vielmehr darin, zum einen Hypothesen für eine empirische Studie zu generieren und zum anderen das Lernmaterial im Sinne eines Design-Based Research Ansatzes zu optimieren.

Die Stichprobe ist weder repräsentativ noch komplett homogen zusammengesetzt. Hinzu kommt der kleine Stichprobenumfang, der den Analysen Grenzen setzt.

In weiterführenden Studien und Interviews sollte den Unterschieden in den Lernzeiten und deren Ursachen auf den Grund gegangen werden. Dabei können diese Ergebnisse Hinweise für mögliche Untersuchungsfragen liefern, die dann systematisch in einem vollständigen Versuchsplan empirisch angegangen werden können. Außerdem wäre mit neuen technischen Möglichkeiten im Bereich KI interessant, Muster in Lernwegen zu identifizieren, die dann instantan im Lernprozess Prognosen zum Lernausgang zu lassen.

Literatur

- [1] Kenner, A. (2022). Shift from technics to didactics – Lehren in Zeiten von Corona. Eine qualitative Untersuchung unter Hochschullehrenden. In U. Fahr, A. Kenner, H. Angenent, & A. Eßer-Lügghausen (Hrsg.), *Hochschullehre erforschen, Diversität und Bildung im digitalen Zeitalter* (S. 409-427), Wiesbaden: Springer.
- [2] Watzka, B., Richtberg, S., Schweinberger, M., & Girwidz, R. (2019). Interaktives Üben mit H5P. *Naturwissenschaften im Unterricht - Physik* 30 (173), 22-27.
- [3] Santos, D. R., Cordon, C. R., & Palomo-Duarte, M. (2019). Extending H5P Branching Scenario with 360 scenes and xAPI capabilities: A case study in a local networks course. In *2019 International Symposium on Computers in Education (SIIIE)* (pp. 1-6). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8970117>
- [4] Torrance, M. & Houck, R. (2017). Making Sense of xAPI, *TD AT Work Guide*, ASTD Press.
- [5] Bonwell, C. C., & Eison, J. A. (1991). Active learning: Creating excitement in the classroom. Washington: The George Washington University, School of Education and Human Development. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED336049.pdf>
- [6] Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research, *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x>
- [7] Hake, R. (1998). Interactive-Engagement vs. Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses, *American Journal of Physics*, 66(1), 64. <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.18809>
- [8] Pereira, D. S., Valdeni, J., Tarouco, L. M. R., Jardim, R. R., Rocha, P.S., & Santos, F. (2019). HTML5 Authoring Tool to Support the Teaching-Learning Process: A Case Study with H5P Framework. *International Journal for Innovation Education and Research*, 7(2), 92-103. <https://scholarsjournal.net/index.php/ijer/article/view/1325>
- [9] Chen, L., Manwaring, P., Zakaria, G., Wilkie, S., & Loton, D. (2021). Implementing H5P online interactive Activities at scale, *ASCILITE 2021*, 81-92. <https://2021conference.ascilite.org/wp-content/uploads/2021/11/ASCILITE-2021-Proceedings-Chen-Zalaroa-Wilkie.pdf>
- [10] Rama Devi, S., Subetha, T., Aruna Rao, S.L., & Morampudi, M.K. (2022). Enhanced Learning Outcomes by Interactive Video Content-H5P in Moodle LMS. In: V. Suma, Z. Baig, S. Kolandapalayam Shanmugam, & P. Lorenz (Eds), *Inventive Systems and Control. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 436. Singapore: Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-1012-8_13
- [11] Unsworth, A. J., & Posner, M. G. (2022). Case Study: Using H5P to design and deliver interactive laboratory practicals. *Essays in Biochemistry*, 66(1), 19-27. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35237795/>
- [12] López, S. R. R., Ramírez, M. T. G., & Rodríguez, I. S. R. (2021). Evaluation of the implementation of a learning object developed with h5p technology. *Vivat Academia*, 24(154), 1-23. <https://www.proquest.com/docview/2509034841?p-q-origsite=gscholar&fromopenview=true>
- [13] Sinnayah, P., Salcedo, A., & Rekhari, S. (2021). Reimagining physiology education with interactive content developed in H5P. *Advances in Physiology Education*, 45(1), 71-76. <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/advan.00021.2020>
- [14] Wilkie, S., Zakaria, G., McDonald, T., & Borland, R. (2018). Considerations for designing H5P online interactive activities. *Open Oceans: Learning without borders. Proceedings ASCILITE*, 543-549.
- [15] Wicaksono, Setiarini, Novawan, & Ikeda (2021). The Use of H5P in Teaching English, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 514, 227-230. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icoship-20/125950249>

- [16] MacFarlane, L.-A. & Ballantyne, E. (2018). Bringing videos to life with H5P: Expanding experiential learning online, *Proceedings of the 2018 Atlantic Universities' Teaching Showcase*, 22, 28-33.
<https://ojs.library.dal.ca/auts/article/view/10186>
- [17] Mir, K., Iqbal, M. Z., & Shams, J. A. (2021). Investigation of Students' Satisfaction about H5P Interactive Video on MOODLE for Online Learning, *International Journal of Distance Education and E- Learning*, 7(1), 71-82.
<http://irigs.iiu.edu.pk:64447/ojs/index.php/IJDEEL/article/view/2228>
- [18] Thurner, S., Schön, S., Schirmbrand, L., Tatschl, M., Teschl, T., Leitner, P., & Ebner, M. (2022). An exploratory mixed-method study on H5P videos and video related activities in a MOOC environment, *International Journal of Technology-Enhanced Education*, 1(1), 1-18.
<https://www.igi-global.com/article/an-exploratory-mixed-method-study-on-h5p-videos-and-video-related-activities-in-a-mooc-environment/304388>
- [19] Santos, D. R., Cordon, C. R., & Palomo-Duarte, M. (2019). Extending H5P Branching Scenario with 360° scenes and xAPI capabilities: a case study in a local networks course, *2019 International Symposium on Computers in Education (SICE)*, 1-6.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8970117>
- [20] Roth, J. (2015). Lernpfade – Definition, Gestaltungskriterien und Unterrichtseinsatz. In J. Roth, E. Süss-Stepancik & H. Wiesner (Hrsg.), *Medienvielfalt im Mathematikunterricht. Lernpfade als Weg zum Ziel* (S. 3–25). Wiesbaden, Springer Spektrum.
- [21] Pöhler, B. (2018). *Konzeptuelle und lexikalische Lernpfade und Lernwege zu Prozenten*. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- [22] Mayer, P., Watzka, B., & Girwidz, R. (2021). Fortbildung zur Steigerung des Akzeptanzverhaltens gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht, *PhyDid A* 1/20, 26-39.
<http://www.phydid.de/index.php/phydid/article/view/1095>
- [23] Hattie, J. (2013). *Lernen sichtbar machen*. Baltmannsweiler.