

## Interaktive Lern- und Übungsaufgaben in der Physiklehrmatsausbildung

Bianca Watzka\*

\*Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

[Bianca.Watzka@ovgu.de](mailto:Bianca.Watzka@ovgu.de)

### Kurzfassung

Das konstruktivistische Verständnis von Lernen betont, dass Lernen ein aktiver Prozess ist, bei dem Lernende Wissen aktiv konstruieren, indem sie neue Informationen mit ihrem vorhandenen Wissen verknüpfen. Der Ansatz der interaktiven Lernpfade unterstützt dieses Verständnis, indem er individualisierte Lernwege anbietet, bei denen die Lernenden ihr eigenes Lerntempo bestimmen und ihr Wissen und Verständnis durch gezielte (interaktive) Aufgaben aufbauen können. Offen bleibt die Frage, ob es Unterschiede in der Herangehensweise an das Lernen mit interaktiven Lernpfaden in verschiedenen Lehrformaten (Online vs. Präsenz) gibt.

Ein interaktiver, webbasierter Lernpfad mit einer Vielzahl interaktiver Aufgaben wurde in geführter Online-Lehre, geführter Präsenzlehre und im asynchronen Selbststudium eingesetzt und evaluiert. Die Stichprobe (N = 66) bestand aus Lehramtsstudierenden der Physik. Sie bearbeiteten den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben mit dem Ziel, fachdidaktisches Wissen aus vergangenen Vorlesungen auf ein konkretes Thema anwenden zu lernen.

Die Aktivitäten der Teilnehmenden und die jeweiligen Bearbeitungserfolge wurden mit Hilfe von xAPI-Statements in einem Learning Record Store erfasst und anschließend analysiert. Die Ergebnisse zeigten u.a., dass Lernenden im Selbststudium signifikant kürzere Bearbeitungszeiten, ein chaotischeres Lernverhalten und im Mittel geringere Bearbeitungserfolge aufweisen. Außerdem setzten die Lernenden im Selbststudium, die einen hohen Bearbeitungserfolg erzielten, andere Schwerpunkte als Lernende, die einen geringen Bearbeitungserfolg erzielten.

### 1. Aktives Lernen

Aktives Lernen steht im Gegensatz zum traditionellen Frontalunterricht. Letzterer ist dadurch gekennzeichnet, dass der Lehrende das Wissen vermittelt und die Lernenden im Wesentlichen passiv zuhören und mitschreiben. Bonwell und Eison (1991) beschreiben den Ansatz des aktiven Lernens durch charakteristische Maßnahmen, die die Lernenden dazu bringen, Dinge zu tun und darüber nachzudenken. Eine aktive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten verspricht einen effektiveren Wissensaufbau und höhere Lernerfolge (vgl. Ulrich und Brieden, 2021; Prince, 2004; Hake, 1998). In den letzten Jahren wurden verschiedene Werkzeuge entwickelt, die Lehrende bei der Aktivierung ihrer Studierenden unterstützen. Beispiele sind Audience-Response-Systeme (z.B. Poll Everywhere, etc.), interaktive Quizzes (z.B. Kahoot!, etc.) oder Vorlagen für interaktive Arbeitsblätter und Workbooks (z.B. WunderBooks) oder interaktive Aufgaben (z.B. H5P oder LearningApps).

Einige dieser Tools können per iFrame oder LTI (vgl. Watzka et al. 2019 und Watzka, 2022) in das eigene Lernmanagementsystem eingebunden werden, sodass während des Lernens kein Medienwechsel stattfinden muss und somit keine störenden Unterbrechungen entstehen. Auch hinsichtlich der Feedbackmöglichkeiten unterscheiden sich die verschiedenen Tools zum Teil erheblich. Daher erscheint es sinnvoll,

Vergleiche hinsichtlich der Lernförderlichkeit zur besseren Kontrollierbarkeit auf ein Tool zu beziehen. Im vorliegenden Beitrag geht es um die Evaluation von Lernpfaden, die mit dem Tool H5P erstellt wurden. Dementsprechend werden im Folgenden Studien- und Evaluationsergebnisse im Zusammenhang mit H5P zusammengefasst.

Mit der Lernförderlichkeit interaktiver Aufgaben im Stile von H5P befassten sich in jüngster Zeit eine Reihe von Anwendern verschiedenster wissenschaftlicher Disziplinen. Eine Übersicht gibt der Beitrag von Watzka (2022), wobei dort Ergebnisse von Evaluationen dann detaillierter aufgeführt sind, wenn die Analysen auf standardisierten Daten / Methoden wie logFiles bzw. xAPI-Daten, Fragebögen oder Interviews basierten.

An dieser Stelle ist hier nur die evaluationsübergreifende Quintessenz der Ergebnisse angegeben, nämlich, dass der Einsatz von H5P...

- die Lernerfolge vergrößert (Santos et al., 2019, Wicaksono et al., 2021; Sinnayah et al., 2021)
- die Motivation steigert (Wicaksono et al., 2021, Mir et al., 2021)
- das Erkennen relevanter Informationen erleichtert (Wicaksono et al., 2021, Thurner et al. 2022)
- die Lernzeit steigert (Santos et al., 2019; Watzka, 2022).

### 1.1. Lernpfade

Lernpfade sind strukturierte Wege oder Vorgehensweisen, die darauf abzielen, das Wissen und die Fähigkeiten von Lernenden in Bezug auf bestimmte Inhalte zu erweitern und zu vertiefen (Roth, 2015, Pöhler, 2018). Lernpfade sind häufig als webbasierte Lernumgebungen nach der Art eines Baukastensystems realisiert und enthalten folgende Elemente:

- verbindliche Lernziele zur Schaffung von Zieltransparenz
- aufeinander abgestimmte Arbeitsaufträge und Lernaufgaben (oft in interaktiver Form)
- Hilfen und Feedback
- Wahloptionen, die das lineare Durcharbeiten nicht erzwingen.

### 1.2. Analyse von Lernpfaden

Die Analyse von Lernwegen ermöglicht es, potenzielle Schwachstellen im Lehr- und Lernprozess der Lernenden zu identifizieren. Durch die Analyse der Lernwege, Lernfortschritte und Misserfolge der Lernenden können Lehrende gezielt auf Schwierigkeiten reagieren und die Lernwege entsprechend anpassen.

Lernwege verlaufen häufig nicht linear, sondern oszillieren oder sind durch Umwege gekennzeichnet. Ursachen für die Variation der Lernwege sind neben den individuellen Wissensstrukturen der Lernenden, die sich aufgrund von Vorerfahrungen und Vorwissen bereits herausgebildet haben (Pöhler, 2018), auch affektive Komponenten wie Interessen oder Einstellungen.

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.

### 1.3. Effektivität von webbasierten Lernpfaden

Die Ergebnisse zur Untersuchung der Lerneffektivität von Lernpfaden sind vielfältig, auch weil sie unterschiedliche Facetten der Lerneffektivität beleuchten. Neben dem Wissenserwerb und dem Kompetenzaufbau (vgl. Roth und Wiesner, 2014) werden insbesondere im Bereich des E-Learning auch Aspekte zur Lerneffektivität gezählt, die in engem Zusammenhang mit Abbruchquoten und der Adaptivität von Lernmaterialien stehen (Joseph et al., 2022; Rahayu et al., 2023). Die Möglichkeit, Lernwege individuell an die eigenen Bedürfnisse anzupassen, fördert die Zufriedenheit und das Durchhaltevermögen der Lernenden (Joseph et al., 2022). Auf der Seite der

fachlichen Kompetenzen können Lernpfade zum Wissenserwerb beitragen, was vor allem für den Bereich der Mathematik gezeigt werden konnte (z.B. Christopoulos et al. 2020).

Die vorliegende Evaluation soll dazu beitragen, das Lernverhalten der Lernenden beim Lernen mit Lernpfaden zu untersuchen. Die zentrale Frage dabei ist, welche Lernwege die Lernenden beschreiten und ob es markante Merkmale in den Lernpfaden gibt, die den Lernerfolg vorhersagen können. Coronabedingt kamen verschiedene Szenarien der Lernpfade zum Einsatz, so dass auch die Rolle von angeleiteter Führung beim Durchlaufen von Lernpfaden untersucht werden kann.

## 2. Methodik

### 2.1. Stichprobe

Die Stichprobe umfasst insgesamt 66 Lehramtsstudierende mit dem Schwerpunktfach Physik. Davon waren 55 Studierende an der LMU München eingeschrieben, davon 33 männlich. An der OVGU Magdeburg waren 11 Studierende in der Stichprobe vertreten, davon 8 männlich. Die Studierenden in München befanden sich zwischen dem 7. und 9. Fachsemester, die Studierenden in Magdeburg hatten den 6-semesterigen Bachelorstudiengang abgeschlossen und befanden sich zum Zeitpunkt der Befragung im ersten Fachsemester des Masterstudiengangs. Alle Studierenden hatten bereits die fachphysikalischen Experimentalvorlesungen, die einführende fachdidaktische Vorlesung und die experimentellen Laborpraktika absolviert. Darüber hinaus waren alle Studierenden mit der Bearbeitung der interaktiven Aufgaben und der verwendeten Symbolik vertraut. Die Stichprobe wurde in drei Gruppen aufgeteilt: Präsenz, Online, Selbststudium.

### 2.2. Ablauf

Vor dem Lernen mit dem interaktiven, webbasierten Lernpfad wurden in allen drei Gruppen zu Beginn u.a. Kontrollvariablen wie Geschlecht, Fachsemester und Studiengang abgefragt.

Anschließend erfolgte in der Online- und Präsenzgruppe das angeleitete Lernen durch den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben. Dazu öffneten die Studierenden und die Dozierende / der Dozierende den webbasierten Lernpfad jeweils auf ihren eigenen Endgeräten. Die Dozierende / der Dozent moderierte den Weg durch den Lernpfad, indem sie / er Wechsel zwischen Folien oder Aufgabenbearbeitungen initiierte. Die Aktionen der Studierenden wurden dabei kontinuierlich über die xAPI erfasst.

Die Selbstlerngruppe bearbeitete den Lernpfad mit den interaktiven Aufgaben ohne Anleitung von zu Hause aus.

### 2.3. Instruktionsmaterial

Das Instruktionsmaterial basiert auf der H5P-Vorlage Branching Scenario (vgl. Watzka, 2022) und ist für eine Bearbeitungszeit von 90 Minuten konzipiert. Er

enthält aufeinander aufbauende Elemente und drei fachdidaktische Vertiefungsoptionen, die im besten Fall im Sinne eines ganzheitlichen Lernens alle bearbeitet werden. Markenzeichen der Vorlage Branching Scenario sind die Auswahlfragen (Abb. 1). Sie sind neutral formuliert und führen im dargestellten Beispiel zu fachdidaktischen Vertiefungen, die aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen verschiedene Aufgabenformate enthalten.



**Abb. 1:** Struktur des Lernpfades mit Auswahlfragen (eine ausführliche Beschreibung ist bei Watzka (2022) zu finden)

#### 2.4. Erhebungsinstrumente

H5P ist standardmäßig mit einer xAPI-Schnittstelle ausgestattet. xAPI steht für Experience API und ist auch unter dem Namen TinCan bekannt (Torrance & Houck, 2017). Die xAPI-Schnittstelle liefert Daten nach einem festen Schema an eine Lernaktivitätsdatenbank, auch Learning Record Store (LRS) genannt. Die xAPI-Aussagen basieren auf dem einfachen Muster: Subjekt | Verb | Objekt und können bei Bedarf um weitere Informationen wie Ergebnisse oder Zeitstempel ergänzt werden.

Damit kann praktisch jede Aktivität eines Lernenden mit der Lernumgebung nachvollzogen werden (Santos, Cordon & Palomo-Duarte, 2019).

Für die Analyse der Lernpfade wurden folgende Variablen erfasst:

- Bearbeitungszeiten,
- Bearbeitungserfolge / Aufgabenpunkte,
- Wiederholungen,
- Bearbeitungsreihenfolgen, und -abbrüche
- Sprünge zwischen Informationseinheiten und Aufgaben.

#### 2.5. Analyse

Die Analyse der Lernwege erfolgte halb-quantitativ (siehe Abb. 2-6). Dazu wurden Sehnendiagramme der Lernwege in Python programmiert. Die äußeren farbigen Ringelemente stellen die Informationseinheiten bzw. Aufgaben der Lernumgebung dar, wobei die Größe der Kreisbögen proportional zu den mittleren Bearbeitungszeiten ist. Die farbigen Sehnen im Kreis zwischen den Einheiten stellen Sprünge zwischen den Informationseinheiten bzw. Aufgaben dar. Eine Sehne beginnt immer bei der gleichfarbigen Einheit

und endet bei der andersfarbigen Einheit. Die Breite der Sehne ist proportional zur Häufigkeit des Sprungs innerhalb einer Gruppe.

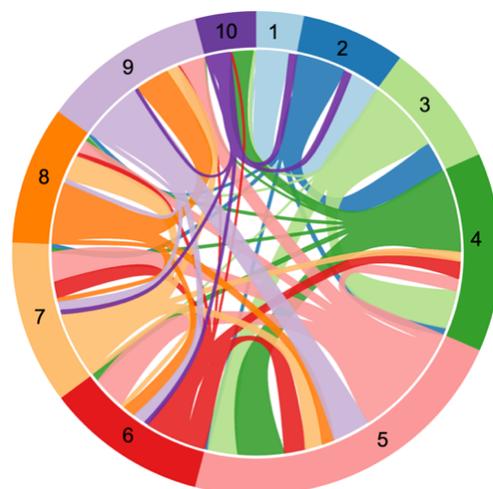
### 3. Ergebnisse

Die meiste Zeit verbrachten die Studierenden mit den Grundlagen und die wenigste Zeit mit dem historischen Exkurs.

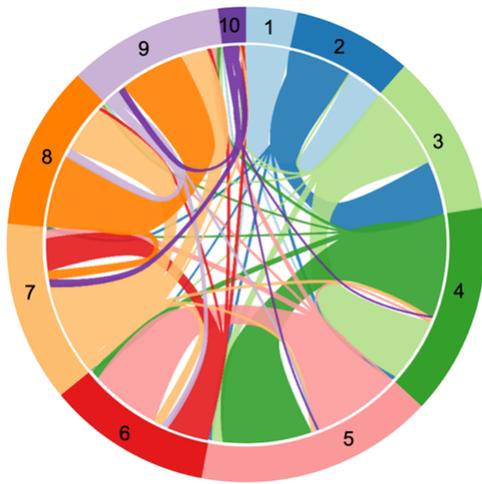
Die Ergebnisse eines t-Tests für unabhängige Stichproben zeigen für die Bearbeitungszeit einen signifikanten Unterschied hoher Effektstärke zwischen den beiden Gruppen (Online + Präsenz) und der Selbstlerngruppe ( $t_{60} = 10.88$ ,  $p < .001$ , 95 % CI [14.17, 20.56],  $d = 5.4$ ). Die Lernenden im Selbststudium brachen die Bearbeitung früher ab als die Lernenden in der Präsenz- oder Online-Lerngruppe. Bezüglich des Lernerfolgs zeigen die Ergebnisse eines t-Tests für unabhängige Stichproben einen signifikanten Unterschied hoher Effektstärke zwischen den beiden Gruppen (Online + Präsenz) und der Gruppe Selbststudium ( $t_{60} = 10.49$ ,  $p < .001$ , 95 % CI [20.58, 30.28],  $d = 8.2$ ). Die Lernenden im Selbststudium erzielten weniger Punkte als die Lernenden in der Präsenz- oder Online-Lerngruppe. Darüber hinaus korrelieren die Bearbeitungszeit und der Bearbeitungserfolg hoch miteinander (Pearson  $r = .698$ ,  $p < .001$ , 95 % CI [.609, .830]).

Die Unterschiede in den Lernwegen der Studierenden der drei Gruppen sind in den Diagrammen (Abb. 2-6) dargestellt. 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.

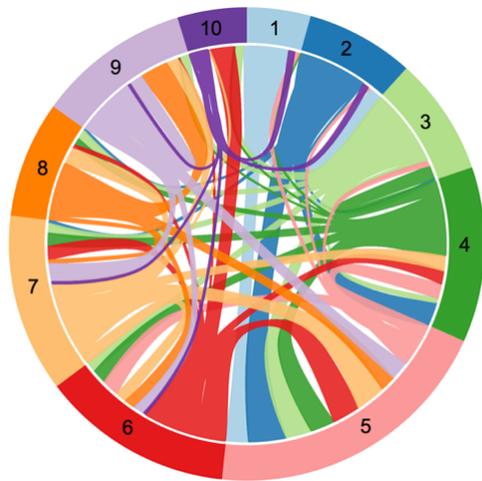
Allen Gruppen gemeinsam (vgl. Abb. 2-4) ist die relativ gleichmäßige Verteilung der Bearbeitungszeit auf die einzelnen Lerneinheiten. So verbringen alle Studierenden den größten Teil ihrer Zeit mit der Bearbeitung der Lerneinheit Grundlagen (Segment Nr. 5) und der Bearbeitung der Aufgaben (Segmente Nr. 6-9).



**Abb. 2:** Lernwege in der geführten Online-Lehre (Watzka, 2022)

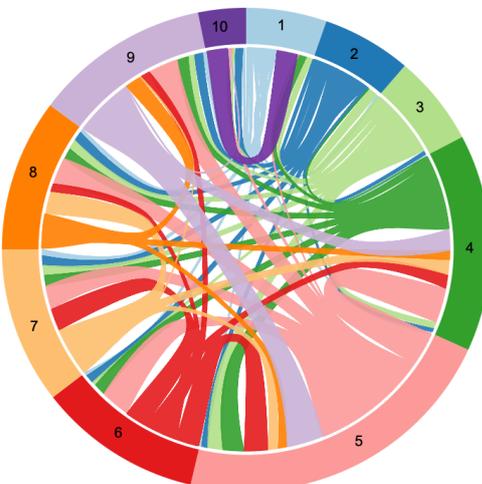


**Abb. 3:** Lernwege in der geführten Präsenz-Lehre (Watzka, 2022)

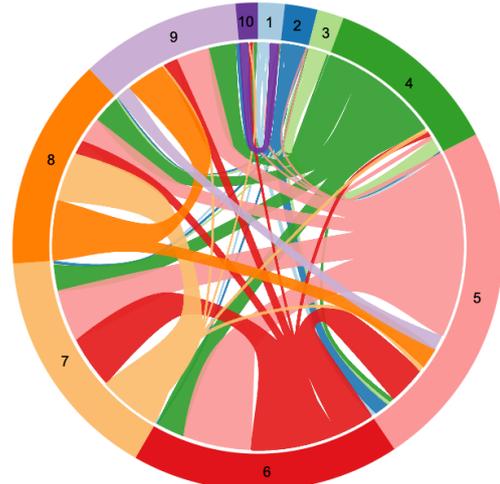


**Abb. 4:** Lernwege während des Selbststudiums (Watzka, 2022)

Interessant ist der Vergleich der Bearbeitungszeiten von Lernenden mit hohem Bearbeitungserfolg im Vergleich zu Lernenden mit niedrigem Bearbeitungserfolg in der Gruppe Selbststudium (vgl. Abb. 5-6).



**Abb. 5:** Lernwege von Low Performern (< 50 Punkte)



**Abb. 6:** Lernwege von High Performern (> 95 Punkte)

High Performer setzten im Vergleich zu Low Performern andere Schwerpunkte bei den Lerneinheiten. High Performer konzentrierten sich auf Grundlagen (5) und Aufgaben (6-9) und eher weniger auf Lernziele (1), Anwendungskontexte (2) und Funktionen von Transistoren (3). Die Low Performer hingegen beschäftigten sich deutlich länger mit den Lerneinheiten Lernziele (1), Anwendungskontexte (2), Funktionen von Transistoren (3) und Geschichte.

#### 4. Diskussion

Die Ergebnisse zeigen Unterschiede in den Lernwegen in Abhängigkeit von der Betreuung. Dies wirkt sich vor allem negativ auf den Lernerfolg im Selbststudium aus, bei dem keine Führung durch den Lernpfad erfolgte. Gründe für das schlechtere Abschneiden der Lernenden im Selbststudium könnten in der Bearbeitung ohne Anleitung liegen. Im Selbststudium werden die Lerneinheiten im Durchschnitt kürzer und vermutlich auch weniger intensiv bearbeitet. Betrachtet man die Gruppe des Selbststudiums genauer und unterscheidet dort zwischen hohem und niedrigem Bearbeitungserfolg, so zeigt sich auch innerhalb dieser Gruppe ein Unterschied in der Bearbeitungszeit und in der Schwerpunktsetzung. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass es eine Gruppe von Lernenden gibt, die im Selbststudium mehr Anleitung benötigt, um einen hohen Lernerfolg zu erzielen. Adaptive Lernpfade, die mehr Unterstützung speziell für diese Gruppe von Lernenden bieten, sind eine Möglichkeit, dies zu erreichen.

#### 5. Literatur

- 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.
- Christopoulos, A., Pellas, N., & Laaksi, M.-J. (2020). A Learning Analytics Theoretical Framework for STEM Education Virtual Reality Applications, *Education Sciences*, 10, 317.

- 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), pp. 64-74.
- Joseph, L., Abraham, S., Mani, B. P., & N., R. (2022). Exploring the Effectiveness of Learning Path Recommendation based on Felder-Silverman Learning Style Model: A Learning Analytics Intervention Approach, *Journal of Educational Computing Research*, 60(6), pp. 1464-1489.
- 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), pp. 71-82.
- Pöhler, B. (2018). Konzeptuelle und lexikalische Lernpfade und Lernwege zu Prozenten. Wiesbaden: Springer Spektrum.
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A Review of the Research, *Journal of Engineering Education*, 93(3), pp. 223-231.
- Rahayu, N.W., Ferdiana, R., & Kusumawardani, S. S. (2023). A systematic review of learning path recommender systems, *Education and Information Technologies*, 28, pp. 7437-7460.
- 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.
- 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 (SIIE)* (pp. 1-6). IEEE.
- Sinnayah, P., Salcedo, A., & Rekhari, S. (2021). Reimagining physiology education with interactive content developed in H5P, *Advances in Physiology Education*, 45(1), pp. 71-76.
- 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), pp. 1-18.
- Torrance, M. & Houck, R. (2017). Making Sense of xAPI, *TD AT Work Guide*, ASTD Press.
- Ulrich, I., & Brieden, M. (2021). Studierenden-zentrierte Hochschullehre aus lernpsychologischer Sicht. In: J. Noller, C. Beitz-Radzio, D. Kugelmann, S. Sontheimer, S. Westerholz (Hrsg.) *Studierendenzentrierte Hochschullehre. Perspektiven der Hochschuldidaktik*. Springer VS, Wiesbaden.
- Watzka, B. (2022). Interaktive Lern- und Übungsaufgaben in der Physiklehrmatsausbildung - Vergleich zwischen Online-, Präsenz- und Selbststudium, *Lessons Learned* 2(2), <https://doi.org/10.25369/ll.v2i2.53>
- Watzka, B., Richtberg, S., Schweinberger, M., & Girwidz, R. (2019). Interaktives Üben mit H5P. *NiU - Physik* 30 (173), pp. 22-27.
- Wicaksono, Setiarini, Novawan, & Ikeda (2021). The Use of H5P in Teaching English, *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 514, pp. 227-230.