

Fortbildung zur Steigerung des Akzeptanzverhaltens gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht

Peter Mayer, Bianca Watzka, Raimund Girwidz

LMU München, Theresienstraße 37, 80333 München

pe.mayer@physik.lmu.de, bianca.watzka@lmu.de, girwidz@lmu.de

(Eingegangen: 26.07.2020; Angenommen: 09.03.2021)

Kurzfassung

In Bayern nahmen insgesamt 174 Physiklehrkräfte an 21 Fortbildungen zum theoriegeleiteten und evidenzbasierten Einsatz von digitalen Medien und Aufgabentypen im Physikunterricht teil. Das Ziel der Fortbildungen war, das TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) der Lehrkräfte und ihre Akzeptanz gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht zu steigern. Es wurde grundlegendes Wissen zum Lehren und Lernen mit Multimedia vermittelt. In einer praktischen Phase erlernten die Teilnehmenden, wie Multimediaanwendungen bei Bedarf adaptiert und wie sie in den Physikunterricht integriert werden können. Dabei kam ein speziell für die Fortbildung entwickeltes hybrides Lernmanagementsystem (PUMA@LMU) zum Einsatz. Neben der Bereitstellung klassischer Elemente von Lernmanagementsystemen wie Moodle etc. konnte mit PUMA@LMU parallel zur Fortbildung eine Begleitstudie durchgeführt werden. In der Begleitstudie wurden das TPACK und die von den Teilnehmenden wahrgenommene Akzeptanz gegenüber Multimediaanwendungen vor und nach der Fortbildung erhoben. Die Auswertung erfolgte mittels Wilcoxon-Tests, einer K-Means-Clusteranalyse und einer ANCOVA. Die Ergebnisse zeigen, dass die angebotene Fortbildung eine Steigerung des TPACK bewirkt. Allerdings geht mit einem höheren TPACK nicht grundsätzlich eine gesteigerte Akzeptanz gegenüber Multimediaanwendungen einher. Vielmehr kommt es abhängig von spezifischen Vorerfahrungen im Bereich von Multimedienanwendungen und deren Unterrichtseinsatz zu spezifischen Änderungen in der Akzeptanz. Die Ergebnisse legen nahe, dass durch die Fortbildung die Selbstwahrnehmung des eigenen Vorwissens bezüglich des Einsatzes von Multimediaanwendungen im Physikunterricht geschärft wird.

Abstract

A total of 174 physics teachers took part in 21 teacher training courses on the theory- and evidence-based use of digital media and types of tasks in physics lessons. In addition to basic knowledge of multimedia theories, they also acquired application-oriented skills and abilities that make it easier for them to adapt and integrate multimedia applications into the classroom. This article presents the concept of an in-service teacher training, with an theoretical and a practical phase. the participants learned how multimedia applications can be adapted if necessary and how they can be integrated into physics lessons. A hybrid learning management system (PUMA @ LMU) specially developed for in-service teacher training was used. In addition to the provision of classic elements of learning management systems such as Moodle etc., it also made it possible to carry out an accompanying study parallel to the teacher training. The accompanying study provides information about the connection between the TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) of the participating teachers and the acceptance of the multimedia applications for physics lessons. The evaluation of the collected data is based on a Wilcoxon test, a K-Means cluster analysis and an ANCOVA. The results show that the training offered has increased the TPACK. However, a higher TPACK does not always go hand in hand with increased acceptance of multimedia applications. Rather, depending on specific previous experience in the field of multimedia applications and their use in teaching, there are specific changes in acceptance. Against this background, the results suggest that a specific offer should be made available in further training courses especially for groups of people with extensive previous experience in the use of multimedia applications in physics lessons.

1. Theorie

Digitale Technologien und insbesondere multimediale Inhalte können bei geeignetem Einsatz einen starken positiven Einfluss auf den Lernerfolg von Schülerinnen und Schülern haben. So zeigen Studien, dass Lernende den Einsatz von Multimedia im Unterricht nicht nur akzeptieren, sondern sogar explizit bevorzugen [2]. Jedoch setzen Lehrkräfte Multimedia scheinbar nur zaghaft im Unterricht ein. Hierfür nennen Idgatekiva und Lindner [3] verschiedene Gründe, wie Zeitmangel und zu wenig Erfahrung im Umgang mit Multimedia im Unterricht. Gleichzeitig zeigt deren Studie auch, dass Lehrkräfte die zur Verfügung stehenden Möglichkeiten nicht voll ausschöpfen. Idgatekiva und Lindner [3] folgern daraus, dass Lehrkräfte eine bessere Ausbildung im Umgang mit Multimedia benötigen. Ferner zählen sie fehlendes Wissen über die Einsatzmöglichkeiten von Multimediaanwendungen im Unterricht und deren pädagogische und fachliche Wirkung auf einen individuellen Lernenden als Ursachen für die nur geringe Einbindung von Multimedia im Unterricht auf.

1.1. Welches Wissen benötigen Lehrkräfte hinsichtlich Multimediaanwendungen?

Aus der Lehr-Lernpsychologie liegen fundierte Grundkonzepte vor, wie Multimedia und digitale Medien gewinnbringend im Unterricht eingesetzt werden können (z. B. [4–6]). Es darf jedoch die Frage gestellt werden, inwieweit die Erkenntnisse der Bildungsforschung bereits Einzug in den Alltag von Lehrkräften gehalten haben. Eitel, Dersch und Renkl zeigen in ihrer Studie, dass selbst bei angehenden Lehrkräften, unabhängig von Fächerprofil und Studienfortschritt, Fehlkonzepte und spezifische Wissenslücken bezüglich der Funktionen von Multimedia zur Unterstützung von Lehr-Lernprozessen bestehen [7]. Sie regen daher an, dass im Rahmen von Aus- und Fortbildungsveranstaltungen das Wissen über kognitive Bildfunktionen vermittelt sowie der Abbau der gefundenen Fehlkonzepte angestrebt werden sollten (ebd.). Damit eine Lehrkraft einen geeigneten Lehr-Lernprozess anstoßen kann, wird auch Wissen darüber benötigt, welche Auswirkungen die Wahl eines bestimmten Mediums auf die Schülerinnen und Schüler hat. Diese Wahl hat einen entscheidenden Einfluss auf die Höhe der kognitiven Belastung, die ein Schüler bzw. eine Schülerin verspürt. Chandler und Sweller [8] und Sweller [9] beschreiben dies in ihrer „Cognitive Load Theory“. Sie betonen dabei die Grenzen des Arbeitsgedächtnisses als wichtigen Faktor, der bei der Unterrichtsgestaltung zu berücksichtigen ist. Sweller [10], Mayer [11] und Mayer [6] sprechen deshalb Handlungsempfehlungen zur Gestaltung von multimedialen Lernmaterialien aus, um die externe kognitive Belastung beim Lernvorgang zu reduzieren. Das Wissen über die Wirkungen und damit einhergehende Belastungen sollten deshalb Teil von Fortbildungen sein (vgl. [12]). Neben dem Inhalt beeinflussen auch das Design von Inhalten und Anwendungen die kognitive

Belastung (Extraneous Cognitive Load). Koh und Chai [13] unterstreichen deshalb die Notwendigkeit, das Design der Lernmaterialien als Teil der Integrationskompetenz von Informations- und Kommunikationstechnologien (ICT) zu betrachten. Dies umfasst insbesondere die Kenntnisse über Designkriterien nach Mayer (vgl. 3.2). Für die Fortbildung von Lehrkräften ist es daher sinnvoll, Beispiele für unterschiedliche Integrationsstrategien und Einsatzkonzepte zur Verfügung zu stellen. Comi, Argentine, Gui, Origo und Pagani [14] weisen dabei auf die Relevanz theoretisch fundierter und in der Praxis gut realisierbarer Einsatzszenarien hin, die zeigen können, wie man ICT in Klassenräumen effektiv und zielorientiert einsetzen sollte. Darüber hinaus machen Jen, Yeh, Hsu, Wu und Chen [15] darauf aufmerksam, wie wichtig es ist, aus dem praktischen Unterrichtseinsatz von Technologien zu lernen, um den naturwissenschaftlichen Unterricht zu unterstützen. Fullan [16] gibt jedoch zu bedenken, dass es oft sehr schwierig und zeitintensiv ist, aktuelle Ergebnisse aus der Bildungsforschung in den Unterricht zu integrieren. Er analysiert verschiedene Faktoren, die den Bildungswandel im Zuge der Digitalisierung beeinflussen können. Die Bildungsforschung sei jedoch nur eine davon. Er konzentriert sich hauptsächlich auf lokale Faktoren, mit denen Lehrerinnen und Lehrer beinahe täglich konfrontiert werden, wie Kollegen, Schulbehörden, Eltern o. Ä. Guskey [17] erachtet Lehrerzeitschriften als besonders wichtig, um Lehrkräfte zu erreichen. Er weist aber auch darauf hin, dass diese dann spezifische, konkrete und praktische Ideen bieten müssen, die in direktem Zusammenhang mit den täglichen Aktivitäten in den Klassenräumen stehen [18]. Girwidz und Kollegen [19] bieten einen Überblick über Artikel zum Einsatz von Multimedia im Physikunterricht, die in europäischen Lehrerzeitschriften erschienen sind.

1.2. TPACK

Neben dem konkreten pädagogischen Wissen (PK: Pedagogical Knowledge) und dem physikalischen, also dem inhaltlichen Wissen über einen Lerngegenstand (CK: Content Knowledge) ist zu erwarten, dass auch das Technologiewissen (TK: Technological Knowledge) einer Lehrkraft für einen erfolgreichen Unterrichtseinsatz von Bedeutung ist. Die ersten

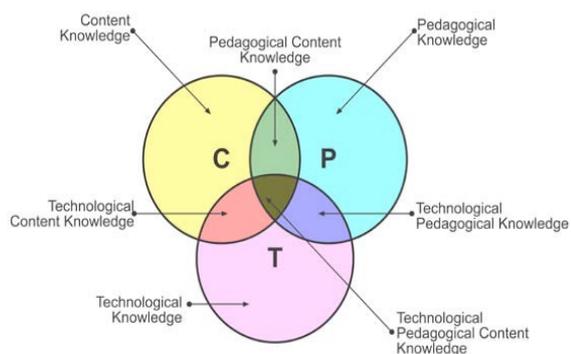


Abb. 1: TPACK Framework [1]

beiden Aspekte werden bereits in der PCK-Theorie von Shulman [20] diskutiert; der Einfluss des Technologiewissens wird dort aber nicht betrachtet. Das PCK umfasst zunächst die Fähigkeit, in einem bestimmten Bereich oder Schulfach inhaltliches Wissen mit pädagogischen Ansätzen zu kombinieren, um so das Lernen von Schülerinnen und Schülern zu fördern [21]. Als eine Weiterentwicklung der PCK-Theorie von Shulman [20] ergänzt das TPACK-Framework [22, 23, 1] die PCK-Theorie um die Komponente „Technologiewissen“, die zu neuen Schnittmengen mit den Domänen der PCK-Theorie führt (siehe Abb. 1). Die technologiebezogenen Dimensionen – TPK (Technologisch Pädagogisches Wissen), TCK (Technologisches Inhaltswissen) und das TPACK (Technologisch Pädagogisches Inhaltswissen) – werden dabei von diversen Autoren beschrieben (z. B. [24, 23, 25, 26]).

1.3. UTAUT-Modell: Integration des TAM (Technologie-Akzeptanzmodell) und des TPACK

Die Studie von Idegatekiva und Lindner [3] ist zudem ein Indiz dafür, dass Lehrkräfte den Einsatz von Multimedia im Unterricht noch nicht vollumfänglich akzeptieren. Nach dem Technologieakzeptanzmodell (TAM) von Davis und Venkatesh [27–30] geht dem Einsatz von Multimedia immer eine grundlegende Akzeptanz von Multimedia im Unterricht voraus. Beim TAM handelt es sich um ein rationales Modell, das mit Hilfe von Wahrscheinlichkeiten beschreibt, wie internale Überzeugungen und Einstellungen auf die Akzeptanz technischer Systeme wirken. Dadurch lassen sich konkrete Empfehlungen für den Betrieb oder die Entwicklung von neuen Systemen ableiten. Ferner zeigen systematische empirische Untersuchungen, dass die im Modell verwendeten Variablen *wahrgenommener Nutzen* und *wahrgenommene Bedienbarkeit* typischerweise etwa 40 Prozent der Absicht einer Person, Multimedia einzusetzen, aufzuklären. Außerdem beschreiben sie, ob eine Technologie in verschiedenen Kontexten eingesetzt [31–34], ein zukünftiger Einsatz geplant [35] oder sogar abgelehnt wird [36].

Obwohl das TPACK-Framework die "[...] theory, research, and practice in teacher education and teacher professional development" [23] stark beeinflusst, finden sich in der aktuellen Literatur nur wenige Studien, die auf einen Einfluss des TPACK auf die zugrunde liegende Akzeptanz von Technologien im

Unterricht hinweisen. Die Studie von Young, Sunyong und Eugene [37] zeigt jedoch, dass bei Lehramtsstudierenden das TPACK einen Einfluss auf den erwarteten Nutzen und die wahrgenommene Bedienbarkeit von Technologien hat.

Hieran anknüpfend ist es von Interesse, ob dies auch für die Akzeptanz von praktizierenden Lehrkräften gilt und wie sich dieser Einfluss äußert.

Aufschluss kann das von Venkatesh und Davis [30] zur „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT-Modell) erweiterte Technologie-Akzeptanzmodell (TAM) geben, das aber abermals um einen Faktor zu erweitern ist. Die Autoren [38] zeigen, dass der Faktor TPACK bei ihrer Erweiterung des UTAUT-Modells jeweils einen signifikanten Einfluss auf die wahrgenommene Bedienbarkeit, den erwarteten Nutzen für Schülerinnen und Schüler sowie auf die persönliche Relevanzeinschätzung hat. Diese haben teilweise wiederum einen sehr großen Einfluss auf den erwarteten persönlichen Nutzen, den eine Lehrkraft im Einsatz einer Technologie sieht. Der erwartete persönliche Nutzen wirkt schließlich über die Verhaltensintention auf das Akzeptanzverhalten der Lehrkraft gegenüber Multimediaanwendungen (vgl. Abb. 2). Dadurch ist es möglich, die Veränderung der Akzeptanz von Technologien und insbesondere die von Multimediaanwendungen im Physikunterricht zu untersuchen.

Ziel dieser Studie ist es, mit Hilfe einer Fortbildung gezielt den TPACK einer Lehrkraft zu fördern, um damit Rückschlüsse auf eine mögliche Veränderung des Akzeptanzverhaltens gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht ziehen zu können.

1.4. Struktur einer zielgerichteten Fortbildungsveranstaltung

Das Wissen von Lehrkräften über Multimediaanwendungen ist sehr divergent [39]. Manche Lehrkräfte besitzen umfassendes Wissen über die Wirkung verschiedenster Unterrichtsszenarien, andere hingegen besitzen kaum oder kein Wissen über die Möglichkeiten, die digitale Anwendungen für den Lehr-Lern-Prozess bieten. Dies stellt ein nicht unerhebliches Problem bei der Gestaltung von Fortbildungen dar.

Gerick und Kollegen berichten zwar, dass zwei Drittel der Lehrkräfte in Deutschland in der Lage sind Unterricht so vorzubereiten, dass er den Einsatz von Informationstechnologien vorsieht. Damit liegen

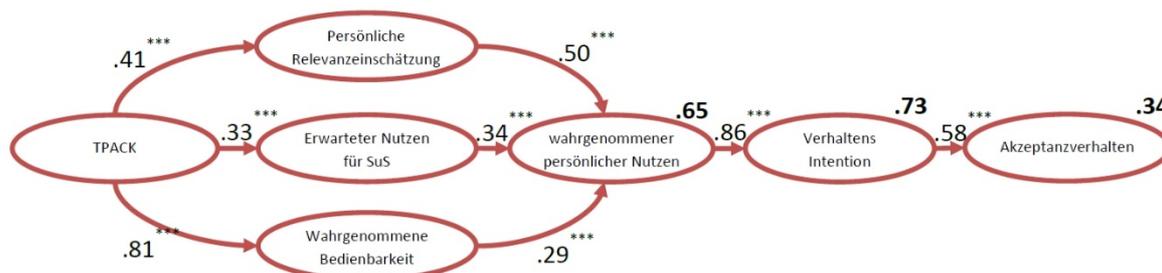


Abb. 2: Strukturmodell des adaptierten und um das TPACK ergänzten UTAUT Modells [36]

deutsche Lehrkräfte jedoch weit unterhalb des europäischen Durchschnitts [40]. Bei diesem Vergleich sollte allerdings bedacht werden, dass Gericks [40] eher Selbstauskünfte der Lehrkräfte in Bezug auf den Einsatz von Informationstechnologien berücksichtigt. Informationstechnologien werden dennoch häufig nur einseitig zur Recherche eingesetzt [41], was die hohe Zahl zusätzlich relativiert.

Aktuelle Weiterbildungsmaßnahmen fokussieren sich häufig auf die Vermittlung technologischer Kompetenzen und werden im Übrigen von weniger als einem Fünftel der Lehrkräfte genutzt [40]. Für die in dieser Studie angestrebte, gezielte Förderung des TPACK reicht die Vermittlung von technologischem Wissen alleine jedoch nicht aus. Vielmehr bedarf es auch der Vermittlung von Wissen, wie diese Technologien eingesetzt werden können, um konkrete, fachliche Inhalte lernwirksam zu vermitteln.

Nach Desimone [42] sollten erfolgreiche Fort- und Weiterbildungsmaßnahmen in der Lehrerbildung deshalb einen inhaltlichen Fokus besitzen. „Die Aktivitäten sollten sich auf die Vermittlung von Fachinhalten sowie auf die Frage, wie Schülerinnen und Schüler diese Inhalte lernen, konzentrieren“ (ebd.). Dieser Punkt schließt insbesondere auch innovative Lehrmethoden oder Aufgabentypen mit ein. Unter anderem beschreiben Kuhn und Kollegen [43–48] aber auch Bresges und Kollegen [49, 50] zahlreiche innovative Möglichkeiten des Smartphone- und Tableteinsatzes im Physikunterricht. Sie beschränken sich dabei jedoch nicht nur auf deren technische Vorstellung, sondern beschreiben auch deren Auswirkungen auf den Lehr-Lern-Prozess und was Lehrkräfte beim Einsatz beachten sollten.

Ferner sollten Lehrkräfte in die Fort- und Weiterbildungsmaßnahme aktiv eingebunden werden, sodass beispielsweise ein individuelles Feedback zu selbst erstellten Inhalten möglich ist [42]. Insbesondere ist hier ein Feedback aus lernpsychologischer und pädagogischer Sicht angedacht. Während der Fortbildung vermittelte Inhalte sollen zudem konsistent mit *„ihrem Wissen und ihren Überzeugungen sowie mit bildungsadministrativen Rahmenbedingungen“* sein (ebd., aus dem Englischen, S. 69).

Zudem soll die Fortbildung nach Wilhelm [51] aufzeigen, wie eine zeitliche Integration des neu Erlernen, in den gewohnten Unterricht stattfinden kann. Ideal ist es daher auch, eine gemeinsame Lerngruppe mit einer ähnlichen Interessenslage, z. B. Lehrkräfte der gleichen Fachschaft, zu schaffen, da hier eine dauerhafte, gegenseitige Unterstützung möglich ist [42]. Dies greift auch Wilhelm [51] auf, wenn er fordert, dass der Dozent für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch über einen längeren Zeitraum nach der eigentlichen Fortbildung, für etwaige Rückfragen zur Verfügung stehen sollte.

Dieser theoretische Rahmen für eine gewinnbringende Lehrerfortbildung bildet die Grundlage für das

Konzept der Fortbildungsveranstaltung dieser Studie. Die konkreten Inhalte der Fortbildung werden in Kapitel 3.2 näher beschrieben.

Darüber hinaus werden implizit Aspekte angesprochen, die ebenfalls eine potenziell negative Auswirkung auf die Akzeptanz von Multimediainhalten im Physikunterricht besitzen: Vogelsang und Kollegen [52] stellen fest, dass schulische Lernerfahrungen wahrgenommene Hinderungsgründe, die gegen den Einsatz von Multimedia im Unterricht sprechen, reduzieren können. Die einzelnen Fortbildungen werden deshalb direkt in den Räumen der jeweiligen Schule durchgeführt. So ist beispielsweise sofort zu erkennen, inwieweit die vorgestellte Unterrichtssequenz mit der vorhandenen Ausstattung durchgeführt werden kann. Etwaige Hinderungsgründe können damit unmittelbar widerlegt werden.

2. Forschungsfragen und Hypothesen

Fortbildungen zum Einsatz digitaler Medien werden von verschiedenen Institutionen der Lehrerbildung angeboten (vgl. [53]). Welche Wirkung die Fortbildungen erzielen, wird aber nur selten erfasst. Oftmals werden nur die Fortbildungen selbst evaluiert und die Zufriedenheit der Teilnehmenden erfragt (ebd.). Ob sich durch die Fortbildung das Wissen der Teilnehmenden und ihre Einstellung gegenüber den Inhalten der Fortbildung verändert, bleibt oft unberücksichtigt.

Aus diesem Grund werden in dieser Studie folgende Forschungsfragen untersucht:

- FF1: Steigert eine Fortbildung zu Multimedia im Physikunterricht das TPACK der Lehrkräfte? Es wird vermutet, dass eine Fortbildung im Mittel zu einer Steigerung des Lehrer-TPACK führt.
- FF2a: Steigert eine Fortbildung zu Multimedia im Physikunterricht die Akzeptanz einer Lehrkraft gegenüber Multimediaanwendungen? Es wird vermutet, dass eine Fortbildung im Mittel zu einer Steigerung der Akzeptanz führt.
- FF2b: Inwieweit ist die Steigerung der Akzeptanz einer Lehrkraft gegenüber Multimediaanwendungen durch eine Fortbildung abhängig von dem TPACK und der Akzeptanz vor der Intervention? Es wird vermutet, dass sich unter kontrollierter Akzeptanz vor der Intervention TPACK-Vorerfahrungsgruppen in der Akzeptanzentwicklung unterscheiden.

3. Fortbildungskonzept

Die Ergebnisse von Eickelmann, Gerick und Bos [54] weisen darauf hin, dass die Qualifizierung von Lehrkräften über Fortbildungen ein positiver Prädiktor für die Nutzung von digitalen Medien im Unterricht ist. Dies zeigt sich auch bei Sailer, Murböck und Fischer [53]. Sie befragten 410 Lehrkräfte zu ihrer Qualifikation hinsichtlich digitaler Medien und zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht. Von den Befragten gaben 67% an, dass Fortbildungen zu digitalen Medien

dazu beitragen, diese sinnvoll in den Unterricht zu integrieren.

Davon abgesehen sind technische Fertigkeiten und technologiebasiertes Wissen, wie sie in Fortbildungen vermittelt werden, eine notwendige aber keine hinreichende Voraussetzung für das Einsetzen von Multimedia im Unterricht. So sind nach Scheiter und Lachner [41] auch affektive Größen hinsichtlich der Nützlichkeit digitaler Medien als Ziele von Lehrerbildung in den Blick zu nehmen. Mit dem hier vorgestellten Fortbildungskonzept soll die Akzeptanz von Physiklehrkräften gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht bei gleichzeitiger Steigerung des TPACK erreicht werden.

3.1. PUMA@LMU

Um konfundierte Variablen wie beispielsweise negative Erfahrungen mit den gängigen Lernmanagementsystemen wie Moodle oder dem bayerische Moodle-Fork mebis-Lernplattform zu vermeiden, wurde für die Fortbildung ein plattformübergreifendes, online-basiertes Autorensystem entwickelt (PUMA@LMU: Physik-Unterricht-Multimedia-Assistent@LMU, frei erhältlich unter <https://github.com/PM84/puma>), das auch unmittelbar im Lernprozess der Fortbildung die Erhebung von begleitenden Fragebögen ermöglicht.

Die Funktionen von PUMA@LMU sind ansonsten vergleichbar mit gängigen Lernmanagementsystemen.

- Beispielsweise können multimediale Inhalte für Schülerinnen und Schüler individualisiert aufbereitet und zur Verfügung gestellt werden.
- PUMA@LMU bietet zahlreiche, abwechslungsreiche Aufgabentypen, die eine Lehrkraft einfach und schnell in ihren Unterrichtsgang integrieren kann.
- PUMA@LMU ermöglicht den Lehrkräften, auf multimediale Inhalte wie Animationen und Simulationen zuzugreifen, die unter anderem vom Lehrstuhl für Didaktik der Physik der LMU erarbeitet wurden und bereits vorab implementiert sind.
- PUMA@LMU bietet die Möglichkeit, dass Schülerinnen und Schüler selbstständig „stumme Experimentiervideos“ vertonen, um ihre Fachsprache zu entwickeln (siehe [55]). Anschließend können sowohl Lehrkräfte als auch Peergroups mit PUMA@LMU die vertonten Videos mit einer individuellen Bewertung versehen (siehe Abb. 3).

Aus didaktischer Sicht bieten die zahlreichen, teils innovativen Aufgabentypen in PUMA@LMU mehrere Vorteile. Fast alle Aufgabentypen regen zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Inhalt an. Eine derartig intensive Beschäftigung wie beim Vertonen stummer Videos ist nach Mayer [5] eine Voraussetzung für einen effizienten Lernvorgang und kann nach Wong, Poo und Hock [56] zu einer größeren Verarbeitungstiefe und nach Nussbaum, Alcoholado

und Büchi [57] durch die interaktive und offene Lernform zu einem besonders effektiven Lernprozess führen.

In PUMA@LMU waren auch die Lerninhalte der Fortbildung implementiert, die nachfolgend beschrieben sind.

Atwoodsche Fallmaschine

In nachfolgenden Video ist eine Atwoodsche Fallmaschine zu sehen.

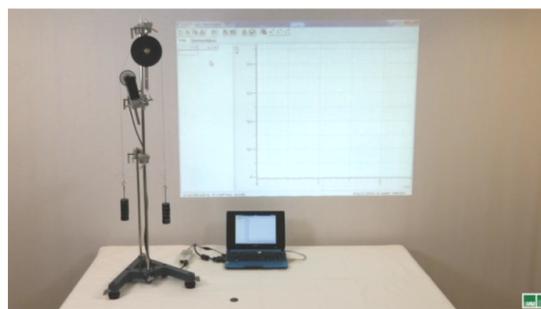
Ihre Aufgabe ist es, den Aufbau des Experiments und seine Durchführung zu beschreiben.

Versuchen Sie dabei, möglichst genau Ihre Beobachtung in Worte zu fassen und lenken Sie dabei gezielt die Aufmerksamkeit des Betrachters auf die gerade wichtige Position.

Verwenden Sie zudem eine möglichst genaue, aber schülergerechte Fachsprache.

Sie müssen KEINE Erklärung für das liefern, was zu sehen ist. Der Teil im Video, der sich mit der 'Auswertung' beschäftigt, muss NICHT bearbeitet/beschrieben werden.

Aufgabe ausblenden



Aufnahme beginnen Aufnahme stoppen

Liste meiner Aufnahmen:



Diese Aufnahme downloaden

Diese Aufnahme abgeben



Diese Aufnahme downloaden

Diese Aufnahme abgeben

Abb. 3: Vertonung stummer Experimentiervideos zur Förderung der Kommunikationskompetenz und der Fachkompetenz von Schülerinnen und Schülern [55]

3.2. Inhalte der Fortbildung

Im Theorieteil der Fortbildung wurden verschiedene Prinzipien der Gestaltung von multimedialen Unterrichtselementen nach Mayer [5] anhand konkreter Beispiele vorgestellt und erläutert. Behandelt wurden dabei unter anderem das Multimediaprinzip, das Kontiguitätsprinzip und das Personalisierungsprinzip, welche nachfolgend kurz vorgestellt und durch Beispiele aus der Fortbildung konkretisiert werden.

Das Multimediaprinzip

Das Lernen erfolgt effektiver, wenn der Inhalt durch die Kombination von Bild und Text dargeboten wird (Mayer, 2014). Materialien, bei deren Erstellung ein besonderes Augenmerk auf das Multimediaprinzip gelegt wurde, zeigen in Studien im Vergleich zu herkömmlichen Materialien einen größeren Effekt bei der Verarbeitungstiefe und beim Aufbau von Langzeitwissen (vgl. beispielsweise [4]).

Die angebotene Fortbildung soll daher die Lehrkräfte für unterschiedliche Aspekte, die mit dem Multimediaprinzip in Verbindung stehen, sensibilisieren und aufzeigen, wie sich dies auf den Lernerfolg auswirkt. Die Lehrkräfte erfahren, dass für Schülerinnen und Schüler mit geringem Vorwissen visuelle Repräsentationen auf ihre wesentlichen Komponenten hin

reduziert werden (z. B. [58]) und dass verbale Informationen zu den visuellen Darstellungen gegeben werden sollten (z. B. [8]; [59]). Dazu erfahren die Lehrkräfte auch, wie sie dies mittels PUMA@LMU auf einfache Weise umsetzen können. Sie lernen beispielsweise, wie sie Überblendungen und Hervorhebungen in Bildern einfügen und damit eine Beschreibung einer Grafik mit kurzen, prägnanten Texten erstellen können (vgl. Abb. 4).

Wenn multimediale Lehrmaterialien Sachverhalte behandeln, die auf verschiedene Arten visualisiert werden können, ist es ratsam, den Lernenden die Wahl zu ermöglichen, konkrete oder abstraktere Repräsentationen entweder sequenziell (z. B. [60]) oder gleichzeitig (z. B. [61]) anzuzeigen. Die Lehrkräfte erfahren, wie sie in PUMA@LMU mittels interner Verlinkung den Schülerinnen und Schülern Auswahlmöglichkeiten anbieten können, und gleichzeitig lernen sie, wie Inhalte mehrerer Lerneinheiten miteinander vernetzt werden können.

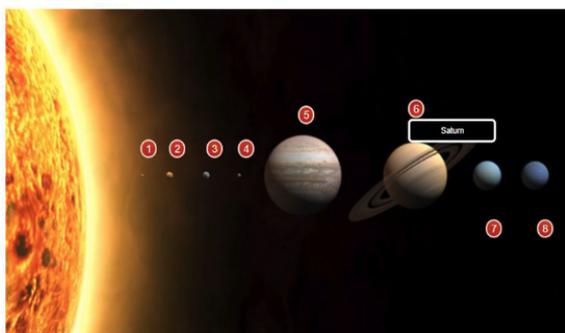


Abb. 4: Das Multimediaprinzip. Einblendungen mit kurzen Hinweisen. erstellt mit PUMA@LMU (Bild: NASA, 2009 bearbeitet, quellfrei).

Ist eine Bewegung ein wesentlicher Aspekt des zu lernenden Inhalts, dann sollte man nicht nur auf statische Bilder zurückgreifen, sondern auch auf Animationen, Simulationen und Videos [62]. Idealerweise werden dazu parallel fachliche Erklärungen oder Arbeitsaufträge mitgeliefert. Auch hier erfahren Lehrkräfte, wie sie mit PUMA@LMU einfach und intuitiv Animationen, Simulationen und Videos mit Texten und Bildern oder beispielsweise mit Multiple-Choice-Fragen kombinieren können. Zudem besteht die Möglichkeit, Aufgaben zu erstellen, bei denen Prozessschritte in eine korrekte Reihenfolge gebracht werden müssen (Förderung von Wissen über den Ablauf von Prozessen).

Das Kontiguitätsprinzip

Das Kontiguitätsprinzip fordert die räumliche Nähe und die zeitlich passende Abstimmung von zusammengehörenden Informationen. Nach Mayer [5] fördern räumlich benachbarte Darstellungen textuell und bildhaft codierter Informationen den Wissenserwerb besser als eine getrennte Präsentation von Texten und Bildern. Dies wird weiter verstärkt, wenn auch auditive Informationen simultan zum gerade betrachteten

Objekt dargeboten werden. Die verschiedenen Umsetzungsprinzipien nach Mayer [5] werden behandelt und die teilnehmenden Lehrkräfte erfahren exemplarisch, dass beispielsweise Überblendungen nahe der Stelle erscheinen sollten, an der sich auch das gerade betrachtete Objekt befindet. Ein größerer Versatz sollte vermieden werden, um *Split-Attention*-Effekte zu verhindern und die daraus resultierende höhere kognitive Belastung (Extraneous Cognitive Load) niedrig zu halten [9, 8, 5, 63].

Die passende Einbettung zusätzlicher Sprachinformationen wird beispielhaft an der Visualisierung eines Transformators veranschaulicht. Die zugehörige Visualisierung ist auf der Webseite der Autoren [64] zu finden. Die Lehrkräfte erfahren außerdem, dass während einer Lerneinheit stets ein Wiederaufgreifen der ursprünglichen Fragestellung erfolgen sollte, um so ein Abschweifen zu vermeiden. Hierfür erarbeiten die Lehrkräfte Ideen, wie sie zusätzliche Informationen mit Links, Modal-Boxen, Glossareinträgen oder Ähnlichem in die Präsentation integrieren können.

Das Personalisierungsprinzip

Entsprechend dem Personalisierungsprinzip sollen nach Mayer [5] und Schneider, Beege, Nebel und Rey [65] individuelle Unterschiede der Lernenden, wie etwa Interessen (vgl. [66]), berücksichtigt sowie durch eine direkte und individuelle Ansprache ein persönlicher Bezug aufgebaut werden. Neben der personalisierten Ansprache sind auch individuelle Aufgaben gefordert, die Schwächen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigen. Ebenso soll der Aufbau persönlicher Bezüge zu dem behandelten Inhalt gestärkt werden, z. B. indem ein Alltagsbezug hergestellt wird.

Die teilnehmenden Lehrkräfte erfahren in der Fortbildung, wie sie mit PUMA@LMU den Kursablauf für jeden Schüler und jede Schülerin individuell anpassen können, sodass eine individuelle Förderung ermöglicht und erleichtert wird. Ein Beispiel ist die direkte Ansprache der Schülerinnen und Schüler (siehe Abb. 3). Dort lautet die Aufgabenstellung: "Ihre Aufgabe ist es ...". Weiterhin kann man dem Schüler, nachdem er die Aufgabe gelöst hat, ein individuelles Feedback geben. In der Fortbildung erstellen die Lehrkräfte beispielsweise eine Vertonungsaufgabe, indem sie ein stummes Video implementieren und einen passenden Aufgabentext ausformulieren. Anschließend erfahren sie, wie sie die gleiche Aufgabe allen Schülerinnen und Schülern zugänglich machen können. Zuletzt lernen die Lehrkräfte, wie sie mit PUMA@LMU die von den Schülerinnen und Schülern bearbeiteten Aufgaben (hier die Vertonung) anhand von Kriterien bewerten und wie sie ihnen eine individuelle Rückmeldung geben können. Passende Kriterienkataloge für Bewertungen sind in PUMA@LMU angelegt, können bei Bedarf aber auch adaptiert werden.

Weitere Themen

Neben den oben vorgestellten Themen der Fortbildung wurden darüber hinaus weitere mediendidaktische Inhalte, wie multiple Repräsentationen, sowie mit ihnen einhergehende Gefahren und Chancen für die Vermittlung von Inhalten diskutiert. Ferner erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen Einblick in aktuelle Sichtweisen, wie Informationen im Gehirn verarbeitet werden und worauf zu achten ist, damit es zu keiner kognitiven Überlastung (Cognitive Overload) kommt. Insbesondere wurden dabei kognitive Bildfunktionen behandelt, wie unter 1.1 gefordert.

4. Begleitstudie zur Fortbildung

In diesem Kapitel wird eine Studie beschrieben, die mittels Wilcoxon-Tests und einer ANCOVA Unterschiede in der Entwicklung von Akzeptanz und TPACK untersucht. Die Begleitstudie weist ein Prä-Post-Design ohne Kontrollgruppe auf (vgl. Abb. 5).

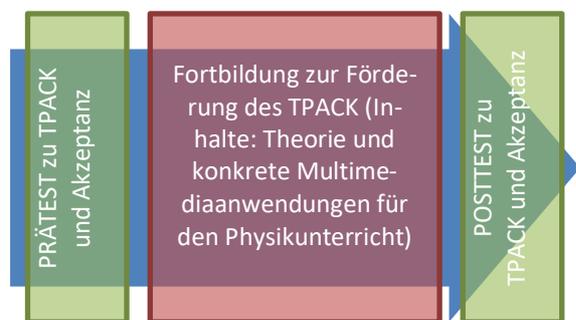


Abb. 5: Studienablauf

4.1. Stichprobe

Insgesamt nahmen 174 Lehrkräfte an 21 einmaligen Fortbildungen teil. Von den 174 Lehrkräften gaben 166 an, dass sie Physik unterrichten, fünf gaben keine Antwort und drei Teilnehmer gaben an, dass sie andere Fächer unterrichten. 59 Teilnehmende (34%) gaben an, bereits einmal Informatik unterrichtet zu haben. Außerdem gab es unter den 174 Teilnehmenden 153 Lehrkräfte, die als zweites Fach Mathematik unterrichten haben (6 keine Angabe, 15 keine Mathematiklehrkräfte). Die Stichprobe besteht aus 58% (101) männlichen Lehrkräften und 39% (68) weiblichen Lehrkräften. Fünf Lehrkräfte machten keine Angabe zum Geschlecht. Die Lehrkräfte waren zum jeweiligen Erhebungszeitraum zwischen 24 und 65 Jahre alt. Das Durchschnittsalter lag bei $M = 42,4$ Jahren ($SD = 11,38$).

Von den 174 Lehrkräften beantworteten 69 Lehrkräfte (39,66 %) zu beiden Messzeitpunkten jeweils

alle Items des Fragebogens zum Akzeptanzverhalten und TPACK. Weitere 101 Teilnehmende ließen jeweils vereinzelt Items unbeantwortet. Um Verzerrungen durch fehlende Werte und eine Reduktion der Fallzahlen zu vermeiden, wurde das gängige EM-Verfahren (Expectation Maximization) zur Datenimputation angewandt. Hierbei wurde der fehlende Wert unter Berücksichtigung vollständiger und unvollständiger Datensätze über multiple Regressionsmodelle geschätzt (vgl. [67]). Sieben Fälle mussten aus dem Datensatz entfernt werden, da sie multivariate Ausreißer darstellten¹. Für die folgenden Analysen verblieben somit 165 Fälle.

Die Teilnahme an der Studie und der Fortbildung erfolgte freiwillig und unentgeltlich. Die Daten der Begleitstudie wurden anonym erfasst.

4.2. Ablauf

Die Fortbildungen samt Begleitstudie fanden zwischen dem 28.06.2017 und dem 14.11.2017 statt und umfassten jeweils drei Zeitstunden. Sie begannen stets mit einer kurzen Einführung, in der die Teilnehmer und Teilnehmerinnen allgemeine Informationen zur Fortbildung sowie zum Ablauf der Begleitstudie erhielten. Weiterhin wurde auf die Freiwilligkeit und Anonymität der Studie hingewiesen. Anschließend füllten die Teilnehmenden den 15-minütigen Prä-Test aus, mit Fragen zum Akzeptanzverhalten von Multimediaanwendungen im Physikunterricht, zum TPACK und zum persönlichen Hintergrund.

Die Fortbildung schloss direkt an den Prä-Test an und war in zwei Lernphasen geteilt. Im ersten Teil hielt der Versuchsleiter einen einstündigen Vortrag über den theoretischen Hintergrund zu Multimediaanwendungen und deren Auswirkungen auf das Lernen (siehe Kapitel 1.4 und Kapitel 3). Anschließend folgte der zweite anwendungsorientierte Teil, in dem die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Einzelarbeit 90 Minuten lang verschiedene multimediale Inhalte unter Beachtung der zuvor behandelten Umsetzungsprinzipien erstellten. Der Versuchsleiter stellte die dazu notwendigen Materialien wie etwa Bilder, Texte usw. und ein mehrseitiges Handout bereit.

Unmittelbar im Anschluss an die beiden Lernphasen der Fortbildung fand der 15-minütige Post-Test mit Fragen zum Akzeptanzverhalten von Multimediaanwendungen im Physikunterricht und zum TPACK statt.

4.3. Erhebungsinstrumente

Prä- und Post-Test waren hinsichtlich der Fragen zum Akzeptanzverhalten (TAM) und TPACK identisch.

TPACK. Die verwendeten Items für die TPACK-Skalen stammten aus etablierten Instrumenten von

¹ Zur Bestimmung der Ausreißer wurden im Rahmen der Datenbereinigung Mahalanobis-Distanzen berechnet. Diese wurden dann mit der Chi-Quadrat-Verteilung gleicher Freiheitsgrade verglichen. Wahrscheinlichkeitswerte

kleiner 0,001 wurden als Ausreißer festgehalten und aus den Analysen entfernt.

An und Reigeluth [68], Archambault und Crippen [69] und Graham und Kollegen [70]. Die Items wurden ins Deutsche übersetzt und geringfügig adaptiert (siehe Tabelle 1).

TAM. Die Items für die TAM-Skalen wurden aus einer Version des Erhebungsinstruments von Venkatesh und Davis [30] adaptiert. Dazu wurden alle Items an den Kontext multimedialer Anwendungen im Physikunterricht angepasst. Beispielsweise wurde das Item „Die Nutzung des Systems verbessert meine Arbeitsleistung.“ zu „Die Nutzung von

Multimediaanwendungen verbessert meine Lehrleistung.“ umformuliert.

Die Erhebung von TAM und TPACK bestand schließlich aus 74 Items. Jedes dieser Items hatte die folgenden Antwortkategorien: (1) Ich stimme voll und ganz zu, (2) Ich stimme zu, (3) weder noch, (4) Ich stimme nicht zu, (5) Ich stimme überhaupt nicht zu.

Tabelle 1 zeigt Kennwerte und Beispielitems der Skalen, die zur Beantwortung der Forschungsfragen beitragen.

Tabelle 1: Kennwerte und Beispielitems der hier verwendeten Skalen

	Zeitpunkt	Cronbach's α	MW (SD)
Persönliche Job-Relevanz (PJR) (8 Items)	prä	.79	3.80 (.55)
Multimediaanwendungen sind dazu geeignet, komplexe neue Inhalte zu veranschaulichen.	post	.85	3.90 (.55)
Wahrgenommene Bedienbarkeit (PEOU) (4 Items)	prä	.75	3.58 (.79)
Der Umgang mit Multimediaanwendungen ist für mich klar und verständlich.	post	.74	3.49 (.79)
Wahrgenommener persönlicher Nutzen (PPU) (6 Items)	prä	.84	3.56 (.65)
Die Nutzung von Multimediaanwendungen verbessert meine Lehrleistung.	post	.86	3.57 (.79)
Akzeptanz"verhalten" (AV) (2 Items)	prä	.91	3.02 (1.00)
Ich verwende häufig Multimediaanwendungen im Unterricht.	post	.91	2.99 (.96)
Technologisches, pädagogisches und Inhaltswissen (TPACK) (5 Items)	prä	.88	3.01 (.89)
Ich kann mit Hilfe von Multimediaanwendungen Aktivitäten zum selbstständigen Erforschen von fachlichen Unterrichtsgegenständen entwerfen.	post	.90	3.39 (.88)
Alter	prä	k.A.	42.35 (11.38)

4.4. Analyseverfahren

Zunächst wurden nichtparametrische asymptotische Wilcoxon-Tests² für verbundene Stichproben berechnet, um Änderungen im TPACK und der Akzeptanz zu bestimmen.

Danach erfolgte eine K-Means-Clusteranalyse, um Gruppen von Probanden mit jeweils ähnlich ausgeprägten Vorerfahrungen vor der Fortbildung aufzudecken. Hierbei wurden drei Cluster identifiziert. Für diese drei Cluster wurden iterativ die Clusterzentren / Mittelwerte so bestimmt, dass sie maximal voneinander entfernt waren (siehe [71]).

Anschließend wurden die metrischen Skalen z-standardisiert. Die Daten wurden danach mittels ANCOVA ausgewertet. In die ANCOVA ging als abhängige Variable die Akzeptanz gegenüber Multimediaanwendungen nach der Fortbildung ein. Fester Faktor war die Variable Cluster mit den drei Subgruppen (1) unerfahren, (2) mittelmäßig erfahren und (3) erfahren. Die Akzeptanz von Multimedia vor der Intervention ging als Kovariate in das Modell ein.

² Der Wilcoxon-Test prüft, ob sich die zentralen Tendenzen zwischen dem Prä- und Post-Test hinsichtlich des TPACKs bzw. der Akzeptanz unterscheiden. Dieser Test stellt nur sehr wenige Anforderungen an die Datenverteilung, so dass

die originären, nicht standardisierten Skalen verwendet werden können (vgl. Döring & Bortz, 2016).

5. Ergebnisse

5.1. Änderungen im TPACK und in der Akzeptanz (Forschungsfragen 1 und 2)

Es wurde vermutet, dass das TPACK der Lehrkräfte nach der Fortbildung im Mittel ansteigt. In den nicht-parametrischen asymptotischen Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben gingen die Prä- und Post-Testergebnisse der TPACK-Skala ein. Der Wilcoxon-Test ergab: $z = -6.157$, $p < .001$, $n = 165$, Cohens $d = -1.084$. Da der Betrag des z -Werts höher als der kritische Wert der z -Standardnormalverteilung (± 1.96) ist, kann zusammengefasst gesagt werden, dass die zentralen Tendenzen zwischen den Prä- und Postergebnissen hinsichtlich des TPACKs signifikant verschieden waren. Dabei handelte es sich um einen starken Effekt (vgl. Lenhard & Lenhard 2016). Hypothese 1, in der vermutet wurde, dass die Fortbildung im Mittel zu einer Steigerung des TPACKs führt, kann somit bestätigt werden.

Bezüglich der Akzeptanz wurde vermutet, dass diese nach der Teilnahme an der Fortbildung im Mittel höher ausgeprägt ist als zuvor. Die Prä- und

Posttestergebnisse des Akzeptanzverhaltens wurden in die Analyse des asymptotischen Wilcoxon-Tests für verbundene Stichproben aufgenommen. Das Ergebnis war nicht signifikant ($z = -.284$, $p = .776$, $n = 165$). Hypothese 2a muss daher verworfen werden.

5.2. FF 2b: Steigerung der Akzeptanz in Abhängigkeit von Vorerfahrungen

Clusteranalyse

Für die Clusteranalyse der Vorerfahrungen wurden die Ergebnisse der TPACK-Skala des Prä-Tests verwendet. Cluster 1 umfasste 65 Lehrkräfte mit ähnlich hohen Vorerfahrungen. In Cluster 2 waren 56 Lehrkräfte mit mittelmäßig ausgeprägten Vorerfahrungen und in Cluster 3 waren 44 Lehrkräfte mit wenig Erfahrungen.

Tabelle 2 zeigt für die Variablen TPACK und Akzeptanz u. a. die Mittelwerte der Cluster und jene der Gesamtstichprobe. Die Mittelwerte je Cluster streuen um den Gesamtmittelwert.

Tabelle 2: Mittelwerte und Standardabweichungen der Cluster hinsichtlich Vorerfahrungen

	Cluster 1 (unerfahren) $n = 65$		Cluster 2 (mittelmäßig erfahren) $n = 56$		Cluster 3 (erfahren) $n = 44$		Gesamte Stichprobe $n = 165$	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
TPACK vor der Fortbildung	2.522	.082	3.098	.735	3.598	.751	3.005	.885
TPACK nach der Fortbildung	2.990	.953	3.517	.795	3.834	.544	3.394	.875
Akzeptanz vor der Fortbildung	2.066	.576	3.155	.279	4.279	.479	3.026	1.004
Akzeptanz nach der Fortbildung	2.145	.568	3.181	.494	3.953	.820	2.979	.963

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der explorativen Clusteranalyse deuten darauf hin, dass in allen drei Clustern das TPACK nach der Fortbildung im Mittel höher ausfiel als vor der Fortbildung, was ebenfalls durch die Ergebnisse des Wilcoxon-Tests in Abschnitt 5.1 gestützt wird. Die Werte für die Akzeptanz gegenüber Multimediaanwendungen zeigen dagegen ein anderes Bild. In Cluster 1 stieg sie geringfügig an. In Cluster 2 blieb sie nahezu unverändert und in Cluster 3 sank die Akzeptanz. Dies könnte ein Grund für das nicht signifikante Ergebnis des Wilcoxon-Tests aus Abschnitt 5.2 sein. Beim zuvor durchgeführten Wilcoxon-Test wurden die zentralen Tendenzen der gesamten Stichprobe unabhängig von den Vorerfahrungen betrachtet. Unterschiedliche Entwicklungen könnten sich hier gerade aufgehoben haben.

Es ist daher sinnvoll, mögliche Unterschiede in der Akzeptanzentwicklung zwischen den Vorerfahrungsgruppen mittels einer ANCOVA zu untersuchen.

ANCOVA

Die Voraussetzungen für die Berechnung einer ANCOVA waren nicht alle gegeben. So fällt beispielsweise der Levene-Test zur Prüfung der Varianzhomogenität signifikant aus ($F(2, 162) = 6.005$, $p = .003$). Die ANCOVA gilt zwar als robust gegenüber Verletzungen der Varianzhomogenität, dennoch wurde eine korrigierende Welch-Anpassung durchgeführt.

Die Kovariate (Akzeptanz vor der Fortbildung) zeigt einen signifikanten Zusammenhang mit der Akzeptanz nach der Fortbildung ($F(1, 161) = 10.714$, $p < .001$, part. $\eta^2 = .170$). Kontrolliert man die Akzeptanz von Multimedia vor der Intervention der Teilnehmerinnen und Teilnehmer, dann zeigt sich ein signifikanter Effekt der Vorerfahrungsgruppen auf die Akzeptanz nach der Fortbildung ($F(2, 161) = 4.455$, $p = .013$, part. $\eta^2 = .52$).

In Abb. 6 sind die geschätzten Randmittel mit den dazugehörigen 95%-Konfidenzintervallen der Akzeptanz nach der Fortbildung für die drei Subgruppen

unter Kontrolle der Akzeptanz von Multimedia vor der Intervention abgetragen.

Tabelle 3: Ergebnisse der Akzeptanzentwicklung mittels ANCOVA

Vorerfahrungsgruppe	Mittelwert	CI oben	CI unten
unerfahren	2.673	2.902	2.444
mittelmäßig	3.110	3.262	2.957
erfahren	3.264	3.555	2.973

(nicht-standardisierte Kovariate: Akzeptanz im Prä-Test 3,0256)

Für die Bestimmung geplanter Kontraste wurde als Referenzkategorie die Subgruppe 3, also vorab erfahrene Teilnehmerinnen und Teilnehmer, festgelegt.

Die geplanten Kontraste zeigen, dass die Zugehörigkeit der Teilnehmenden zur Gruppe mit mittelmäßig ausgeprägter Vorerfahrung die Akzeptanz nach der Fortbildung im Vergleich zur Gruppe mit erfahrenen Teilnehmenden signifikant um eine mittlere Differenz von .437 Skalenpunkten erhöht ist ($p = .003$, 95% CI = [.146, .728]). Außerdem unterscheidet sich auch die Gruppe der vorab unerfahrenen Teilnehmenden signifikant von der Gruppe der vorab erfahrenen Teilnehmenden hinsichtlich der Akzeptanz nach der Fortbildung ($p = .014$, 95% CI = [.119, 1.063]).

Tabelle 4: Ergebnisse der ANCOVA

	QS (Typ III)	df	F	p	part. η^2
Korrigiertes Modell	99.957	3	102.736	.000	.657
Konst. Term	6.312	1	19.463	.000	.108
Kovariate: Akzeptanz vor der Fortbildung	10.714	1	10.714	.000	.170
Cluster (Vorerfahrungsgruppen)	2.890	2	4.455	.013	.052
Fehler	52.215	161			
Gesamt	1616.127	165			
Korrigierte Gesamtvarianz	152.172	164			

Abhängige Variable: Akzeptanz nach der Fortbildung, korrigiertes $R^2 = .650$

6. Zusammenfassung und Diskussion

Das Ziel dieser Untersuchung war es, herauszufinden, ob es gelingt, über eine Fortbildung das TPACK und eine Änderung der Akzeptanz von Lehrkräften gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht herbeizuführen. Hierzu wurde eine Fortbildung an 21 Schulen mit insgesamt 174 Lehrkräften durchgeführt und jeweils zu zwei Zeitpunkten (Prä und Post) eine Erhebung durchgeführt. Zwischen den Erhebungen fand die oben näher beschriebene Intervention statt.

Die Werte der Konfidenzintervalle stützen die Signifikanzwerte, sodass von signifikanten Unterschieden zwischen den Gruppen ausgegangen werden kann.

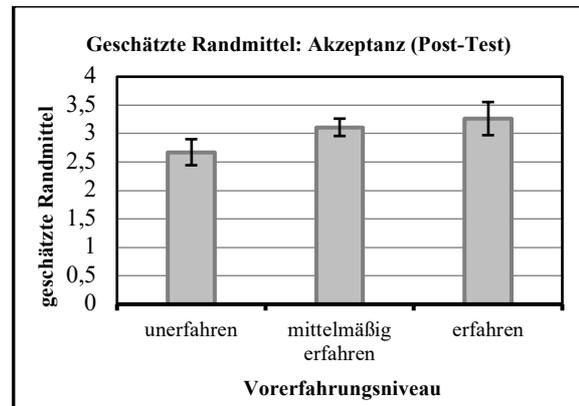


Abb. 6: Ergebnisse der ANCOVA zur Bestimmung von Unterschieden in der Akzeptanz nach der Fortbildung

Zusammengenommen bestätigen die Ergebnisse der ANCOVA die Hypothese 2b. Es gibt signifikante Unterschiede in der Akzeptanz nach der Fortbildung zwischen den Vorerfahrungsgruppen unter Kontrolle der Akzeptanz von Multimedia vor der Intervention.

Die Erwartung, dass das TPACK durch die Teilnahme an der Fortbildung gesteigert wird, kann durch die vorliegenden Ergebnisse bestätigt werden (FF 1).

Die Annahme, dass durch die Fortbildung auch das Akzeptanzverhalten der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gesteigert wird (FF 2a), kann nicht in allen Fällen bestätigt werden. Stattdessen zeigt sich, dass die vorgestellte Fortbildung zu Multimedia im Physikunterricht die Akzeptanz einer Lehrkraft gegenüber Multimediaanwendungen in Abhängigkeit von Vorerfahrungen und unter Kontrolle der Akzeptanz von Multimedia vor der Intervention beeinflusst (FF

2b). Demnach gibt es nach der Fortbildung zwischen den Gruppen mit unterschiedlichen Vorerfahrungen signifikante Unterschiede.

Die Beobachtung, dass bei den Gruppen mit einem hohen bzw. mittleren anfänglichen Akzeptanzverhalten das Akzeptanzverhalten nach der Fortbildung gefallen bzw. unverändert blieb, lässt sich mit Hilfe des UTAUT-Modells begründen. Bei einem höheren TPACK ist das Bewusstsein für die technischen und pädagogischen Schwierigkeiten beim Einsatz von Multimedia geschärft. Im UTAUT-Modell wird dies über die wahrgenommene Bedienbarkeit erklärt. Sie wirkt sich entsprechend negativ auf den wahrgenommenen persönlichen Nutzen und die persönliche Relevanzeinschätzung und damit auf den erwarteten Nutzen für Schülerinnen und Schüler aus. Insgesamt führt dies zu der beobachteten Seitwärtsbewegung des Akzeptanzverhaltens.

Auch wenn sich nicht in allen Vorerfahrungsgruppen eine positive Auswirkung auf das Akzeptanzverhalten ergeben hat, bedeutet ein verbessertes TPACK zumindest eine Kompetenzerweiterung für den Umgang mit Unterrichtsmedien.

Aus den vorliegenden Ergebnissen und der zugrunde liegenden Struktur der Fortbildungsveranstaltung lassen sich zudem Empfehlungen für die Strukturierung von Fortbildungen ableiten, die eine Akzeptanzsteigerung von Multimediaanwendungen im Physikunterricht als Ziel haben. An erster Stelle sei hier die Berücksichtigung verschiedener Erfahrungsgruppen genannt, für die in Fortbildungen erfahrungsgerechte Angebote unterbreitet werden könnten.

7. Grenzen

Die Auswertung der Daten fokussiert stark auf die Bestimmung von Unterschieden im TPACK und der Akzeptanz gegenüber Multimedienanwendungen vor und nach einer Fortbildung. Beide Größen wurden über die Selbsteinschätzung der Teilnehmenden erfasst. Dies ist zwar ein gängiges Vorgehen, lässt aber offen, welche Kompetenzen konkret ausgebildet sind bzw. sich verbessert haben. Daher können im Rahmen dieser Arbeit keine Aussagen über bestimmte Fähigkeiten und Fertigkeiten hinsichtlich Multimedia im Physikunterricht getroffen werden.

Eine weitere Einschränkung ist, dass die Stichprobe nicht repräsentativ für Lehrkräfte außerhalb der Physik ist und daher nicht verallgemeinert werden kann. Es handelt sich um einen Ausschnitt an Physiklehrkräften, die an bayerischen Gymnasien unterrichten. Aussagen, die sich auf die Grundgesamtheit aller Physiklehrkräfte oder Lehrkräfte im Allgemeinen beziehen, können daher nicht ohne Weiteres getroffen werden.

Eine Kontrollgruppe wäre für das Studiendesign wünschenswert gewesen. Allerdings ist es nicht praktikabel und wenig aufschlussreich, eine Gruppe von Lehrkräften nicht an der Intervention teilhaben zu lassen und ausschließlich die Fragebögen von Vor- und

Nachtests in einem Abstand von drei Stunden bearbeiten zu lassen. Selbst die Einschränkung der Teilnahme auf den Vortrag wäre nicht im Sinne der angebotenen Lehrerfortbildung gewesen, sodass insgesamt bewusst auf eine Kontrollgruppe verzichtet wurde.

Darüber hinaus hinterlässt die vorliegende Studie einige offene Fragestellungen, die nicht beantwortet werden konnten. Beispielsweise sollte in einer Folgestudie untersucht werden, warum die Akzeptanz von Multimediaanwendungen in einigen Zielgruppen mit der Fortbildung nicht signifikant gesteigert werden konnte. Außerdem war es nicht Teil der vorliegenden Studie herauszufinden, welche grundlegende Einstellung die Teilnehmer gegenüber Multimedia im Unterricht haben. Es erscheint jedoch durchaus nachvollziehbar, dass die grundlegende Einstellung gegenüber Multimediaanwendungen einen Einfluss auf die Akzeptanz ebendieser hat. Genauso sollten in einer weiteren Studie Hindernisse und Gelingensbedingungen abgefragt werden, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer von derartigen Fortbildungsangeboten sehen; ebenso ob diese durch die Fortbildung angemessen adressiert werden.

8. Resümee

Die Richtlinien zur Gestaltung multimedialer Inhalte an konkreten inhaltlichen Beispielen aufzuzeigen und die Lehrkräfte aktiv, durch einen Praxisteil, zu beteiligen, hat sich in dieser Fortbildung / Studie bewährt und lässt sich ferner mit Desimone [42] untermauern: Demnach sollen sich Fortbildungen inhaltlich auf Fachliches und dessen konkrete Anwendung im Unterrichtsgeschehen konzentrieren. Fortbildungen sollen darüber hinaus eine aktive Beteiligung der Lehrkräfte, z. B. durch Praxisanteile, ermöglichen.

Der Rahmen der vorgestellten Studie mit Lehrkräften der gleichen Fachschaft einer Schule bietet nach Desimone [42] zusätzliche Chancen zum Gelingen einer Fortbildung. Fortbildungen sollten möglichst so gestaltet werden, dass diese konsistent mit dem Vorwissen der Teilnehmerinnen und Teilnehmer und ihren Überzeugungen sowie mit den örtlichen Gegebenheiten der jeweiligen Schule sind. Dies bedeutet idealerweise eine Anpassung der Fortbildung an die spezifischen Gegebenheiten einer Fachschaft oder einer Schule. Dadurch werden auch Lerngruppen geschaffen bzw. aufgegriffen, die idealerweise über die Fortbildung hinaus bestehen und so eine weitergehende, gegenseitige Unterstützung ermöglichen.

9. Literatur

- [1] *Mishra, P.; Koehler, J.M.*: Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *In: Teachers College Record* 108 (2006), Heft 6.
- [2] *Buzzard, C.; Crittenden, V.L.; Crittenden, W.F. et al.*: The Use of Digital Technologies in the Classroom. *In: Journal of Marketing Education* 33 (2011), Heft 2, S. 131-139.
- [3] *Idcgatekiva, T.; Lindner, M.*: Multimedia: A suitable tool for project-based education – A survey among Czech, Slovakian and German biology teachers. *In: Rusek, M.* (ed.): Project-based education in science education. Univerzita Karlova, Prag, 2015, pp. 81-87.
- [4] *Issa, N.; Schuller, M.; Santacaterina, S. et al.*: Applying multimedia design principles enhances learning in medical education. *In: Medical Education* 45 (2011), S. 818-826.
- [5] *Mayer, R.* (Hrsg.): The Cambridge Handbook of Multimedia Learning. Cambridge University Press, Cambridge, 2014.
- [6] *Mayer, R.E.*: Multimedia learning. Cambridge University Press, Cambridge, 2009.
- [7] *Eitel, A.; Dersch, A.-S.; Renkl, A.*: Wissenschaftliche Annahmen und Fehlkonzepte angehender Lehrkräfte über das Lernen mit Multimedia. *In: Unterrichtswissenschaft* 47 (2019), Heft 4, S. 451-474.
- [8] *Chandler, P.; Sweller, J.*: Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *In: Cognition and Instruction* 8 (1991), Heft 4, S. 293-332.
- [9] *Sweller, J.*: Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *In: Learning and Instruction* 4 (1994), Heft 4, S. 295-312.
- [10] *Sweller, J.*: Visualisation and Instructional Design. *In: Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning* (2002), S. 1501-1510.
- [11] *Mayer, R.E.*: Multimedia learning. *In: Psychology of learning and motivation* 41 (2002), S. 27-29.
- [12] *Kollar, I.; Fischer, F.*: Digitale Medien für die Unterstützung von Lehr-/Lernprozessen in der Weiterbildung – Theoretische Ansätze und empirische Befunde. *In: Tippelt, R.; Hippel, A.* von (Hrsg.): Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2018, S. 1553-1568.
- [13] *Koh, J.H.L.; Chai, C.S.*: Seven design frames that teachers use when considering technological pedagogical content knowledge (TPACK). *In: Computers & Education* 102 (2016), S. 244-257.
- [14] *Comi, S.L.; Argentin, G.; Gui, M. et al.*: Is it the way they use it? Teachers, ICT and student achievement. *In: Economics of Education Review* 56 (2017), S. 24-39.
- [15] *Jen, T.-H.; Yeh, Y.-F.; Hsu, Y.-S. et al.*: Science teachers' TPACK-Practical: Standard-setting using an evidence-based approach. *In: Computers & Education* 95 (2016), S. 45-62.
- [16] *Fullan, M.*: The elusive nature of whole system improvement in education. *In: Journal of Educational Change* 17 (2016), Heft 4, S. 539-544.
- [17] *Guskey, T.R.*: Professional Development and Teacher Change. *In: Teachers and Teaching: theory and practice*, 8 (2002), 3/4, S. 381-391.
- [18] *Babusiaux, C.; van Leeuwen, F.; Barstow, M.A. et al.*: Gaia Data Release 2. *In: Astronomy & Astrophysics* 616 (2018), A10.
- [19] *Girwidz, R.; Thoms, L.-J.; Pol, H. et al.*: Physics teaching and learning with multimedia applications: a review of teacher-oriented literature in 34 local language journals from 2006 to 2015. *In: International Journal of Science Education* 41 (2019), Heft 9, S. 1181-1206.
- [20] *Shulman, L.S.*: Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *In: Educational Researcher*, 15 (1986), Heft 2, S. 4-14.
- [21] *Voogt, J.; Fisser, P.; Roblin, N.P. et al.*: Technological pedagogical content knowledge – a review of the literature. *In: Journal of Computer Assisted Learning* 29 (2013).
- [22] *Koehler, J.M.; Mishra, P.*: What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? *In: Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* 9 (2009), Heft 1, S. 60-70.
- [23] *Koehler, M.J.; Mishra, P.; Kereluik, K. et al.*: The Technological Pedagogical Content Knowledge Framework. *In: Spector, J.M.; Merrill, M.D.; Elen, J. et al.* (eds.): Handbook of Research on Educational Communications and Technology. Springer, Dordrecht, 2014, pp. 101-111.
- [24] *Chai, C.S.; Ng, E.M.W.; Li, W. et al.*: Validating and modelling technological pedagogical content knowledge framework among Asian preservice teachers. *In: Australasian Journal of Educational Technology* 29 (2013), Heft 1.
- [25] *Chai, C.S.; Koh, J.H.L.; Tsai, C.-C.*: A Review of Technological Pedagogical Content Knowledge. *In: Educational Technology & Society* 16 (2013), Heft 2, S. 31-51.
- [26] *Schmidt, D.A.; Baran, E.; Thompson, A.D. et al.*: Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK): The Development and Validation of an Assessment Instrument for Preservice Teachers. *In: Journal of Research on Technology in Education (JRTE)* 42 (2009), Heft 2, S. 123-149.
- [27] *Davis, F.D.*: Technology Acceptance Model for Empirically Testing New End-User Information Systems – Theory and Results, Massachusetts Institute of Technology; Sloan School of, Dissertation, 1986.

- [28] *Davis, F.D.*: Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use and User Acceptance of Information Technology. *In: MIS Quarterly* 13 (1989), S. 319-339.
- [29] *Davis, F.D.; Bagozzi, R.P.; Warshaw, P.R.*: User acceptance of computer technology – A comparison of two theoretical models. *In: Management Science* 35 (1989), Heft 8, S. 982-1003.
- [30] *Venkatesh, V.; Davis, F.D.*: A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *In: Management Science* 46 (2000), Heft 2, S. 186-204.
- [31] *King, W.R.; He, J.*: A meta-analysis of the technology acceptance model. *In: Information & Management* 43 (2006), Heft 6, S. 740-755.
- [32] *Legris, P.; Ingham, J.; Colletette, P.*: Why do people use information technology? – A critical review of the technology acceptance model. *In: Information & Management* 40 (2003), S. 191-204.
- [33] *Holden, R.J.; Karsh, B.-T.*: The technology acceptance model – Its past and its future in health care. *In: Journal of biomedical informatics*, Vol. 43 (2010), Iss. 1, pp. 159-172.
- [34] *Schepers, J.; Wetzels, M.*: A meta-analysis of the technology acceptance model – Investigating subjective norm and moderation effects. *In: Information & Management* 44 (2007), Heft 1, S. 90-103.
- [35] *Turner, M.; Kitchenham, B.; Brereton, P. et al.*: Does the technology acceptance model predict actual use? A systematic literature review. *In: Information and Software Technology* 52 (2010), Heft 5, S. 463-479.
- [36] *Wu, J.; Du Hongwei*: Toward a better understanding of behavioral intention and system usage constructs. *In: European Journal of Information Systems* 21 (2012), Heft 6, S. 680-698.
- [37] *Young, J.J.; Sunyoung, P.; Eugene, L.*: Factors Influencing Preservice Teachers' Intention to Use Technology: – TPACK, Teacher Self-efficacy, and Technology Acceptance Model. *In: Journal of Educational Technology & Society* 21 (2018), Heft 3, S. 48-59.
- [38] *Mayer, P.; Girwidz, R.*: Physics Teachers' Acceptance of Multimedia Applications—Adaptation of the Technology Acceptance Model to Investigate the Influence of TPACK on Physics Teachers' Acceptance Behavior of Multimedia Applications. *In: Frontiers in Education* 4 (2019), S. 71
- [39] *Uzunboylu, H.; Tuncay, N.*: Divergence of Digital World of Teachers. *In: Educational Technology & Society* 13 (2010), Heft 1, S. 186-194.
- [40] *Gerick, J.; Schaumburg, H.; Kahnert, J. et al.*: Lehr- und Lernbedingungen des Erwerbs computer und informationsbezogener Kompetenzen in den ICILS-2013-Teilnehmerländern. *In: Schwipfert, K.; Eickelmann, B.; Bos, W. et al.* (Hrsg.): ICILS 2013 – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Waxmann Verlag, s.l., 2014, S. 147-196.
- [41] *Scheiter, K.; Lachner, A.*: DigitalPakt-was nun? Eine Positionierung aus Sicht der Lehr-Lernforschung. *In: Unterrichtswissenschaft* 47 (2019), Heft 4, S. 547-564.
- [42] *Desimone, L.M.*: A Primer on Effective Professional Development. *In: Phi Delta Kappan* 92 (2011), Heft 6, S. 68-71.
- [43] *Kuhn, J.; Molz, A.; Gröber, S. et al.*: iRadioactivity — Possibilities and Limitations for Using Smartphones and Tablet PCs as Radioactive Counters. *In: The Physics Teacher* 52 (2014), Heft 6, S. 351-356.
- [44] *Kuhn, J.; Vogt, P.*: Analyzing spring pendulum phenomena with a smart-phone acceleration sensor. *In: The Physics Teacher* 50 (2012), Heft 8, S. 504.
- [45] *Kuhn, J.; Vogt, P.*: Diffraction experiments with infrared remote controls. *In: The Physics Teacher* 50 (2012), Heft 2, S. 118.
- [46] *Kuhn, J.; Vogt, P.*: iPhysicsLab – Kolumne. *In: The Physics Teacher* (2012 ff).
- [47] *Kuhn, J.*: iPhysicsLab – Infomaterial, 2013 [Zugriff am: 05.09.2013].
- [48] *Kuhn, J.; Vogt, P.*: Analyzing acoustic phenomena with a smartphone microphone. *In: The Physics Teacher* 51 (2013), Heft 2, S. 118.
- [49] *Bresges, A.; Schmooock, J.; Quast, A. et al.*: Das Reichshofer Experimentierdesign“ zur Entwicklung und Überprüfung des Einsatzes von Tablet-PC im Physikunterricht. *In: PhyDid B – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbandes Didaktik der Physik in Jena*, 2013.
- [50] *Bresges, A.*: Mobile Learning in der Schule. *In: Witt, C. de; Gloerfeld, C.* (Hrsg.): Handbuch Mobile Learning. Springer, 2018, S. 613-635.
- [51] *Wilhelm, T.*: Konzeption einer erfolgreichen Lehrerfortbildung. *In: Höttecke, D.* (Hrsg.): Naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich, – Jahrestagung der GDGP in Bern 2006, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Heft 27. Lit-Verlag, Münster, 2007, S. 530-532.
- [52] *Vogelsang, C.; Finger, A.; Laumann, D. et al.*: Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 25 (2019), Heft 1, S. 115-129.

- [53] *Sailer, M.; Murböck, J.; Fischer, F.*: Digitale Bildung an bayerischen Schulen-Infrastruktur, Konzepte, Lehrerbildung und Unterricht (2017).
- [54] *Schwippert, K.; Eickelmann, B.; Bos, W. et al.*: ICILS 2013. Waxmann Verlag, s.l., 2014.
- [55] *Schweinberger, M.; Girwidz, R.*: Förderung angehender Physiklehrer durch die Arbeit mit stummen Videos. In: *Maurer, C.* (Hrsg.): Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis – GDCP Jahrestagung 2016. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Heft 37. Universität Regensburg, 2017, S. 680-683.
- [56] *Wong, D.; Poo, S.P.; Hock, N.E. et al.*: Learning with multiple representations – An example of a revision lesson in mechanics. In: *Physics Education* 46 (2011), Heft 2, S. 178-186.
- [57] *Nussbaum, M.; Alcoholado, C.; Büchi, T.*: A comparative analysis of interactive arithmetic learning in the classroom and computer lab. In: *Computers in Human Behavior* 43 (2015), S. 183-188.
- [58] *Butcher, K.R.*: Learning from text with diagrams – Promoting mental model development and inference generation. In: *Journal of Educational Psychology* 98 (2006), Heft 1, S. 182-197.
- [59] *Mayer, R.E.*: Systematic thinking fostered by illustrations in scientific text. In: *Journal of Educational Psychology* 81 (1989), Heft 2, S. 240-246.
- [60] *Goldstone, R.L.; Son, J.Y.*: The Transfer of Scientific Principles Using Concrete and Idealized Simulations. In: *Journal of the Learning Sciences* 14 (2005), Heft 1, S. 69-110.
- [61] *Moreno, R.; Ozogul, G.; Reisslein, M.*: Teaching with concrete and abstract visual representations – Effects on students' problem solving, problem representations, and learning perceptions. In: *Journal of Educational Psychology* 103 (2011), Heft 1, S. 32-47.
- [62] *Höffler, T.N.; Leutner, D.*: Instructional animation versus static pictures – A meta-analysis. In: *Learning and Instruction* 17 (2007), Heft 6, S. 722-738.
- [63] *Schroeder, N.L.; Cenkei, A.T.*: Spatial contiguity and spatial split-attention effects in multimedia learning environments: A meta-analysis, 2018.
- [64] https://www.didaktik.physik.uni-muenchen.de/multimedia/programme_applets/e_lehre/visualisierung_transformator/index.html
- [65] *Schneider, S.; Beege, M.; Nebel, S. et al.*: A meta-analysis of how signaling affects learning with media. In: *Educational Research Review* 23 (2018), S. 1-24.
- [66] *Schrader, C.; Reichelt, M.; Zander, S.*: The effect of the personalization principle on multimedia learning: the role of student individual interests as a predictor. In: *Educational Technology Research and Development* 66 (2018), Heft 6, S. 1387-1397.
- [67] *Schwippert, K.*: Verfahren zum Ersetzen fehlender Daten – Ein anwendungsbezogenes Beispiel zum Hot-Deck-Verfahren. In: *Zeitschrift für Theorie und Praxis erziehungswissenschaftlicher Forschung* 16 (2002), Heft 4, S. 509-532.
- [68] *An, Y.-J.; Reigeluth, C.*: Creating Technology-Enhanced, Learner-Centered Classrooms: K-12 Teachers' Beliefs, Perceptions, Barriers, and Support Need Creating Technology-Enhanced, Learner-Centered Classrooms: K-12 Teachers' Beliefs, Perceptions, Barriers, and Support Needs. In: *Journal of Digital Learning in Teacher Education* 28 (2012), Heft 2, S. 54-62.
- [69] *Archambault, L.; Crippen, K.*: Examining TPACK Among K-12 Online Distance Educators in the United States. In: *Technology and Teacher Education* 9 (2009), Heft 1, S. 71-88.
- [70] *Graham, C.; Cox, S.; Velasquez, A.*: Teaching and Measuring TPACK Development in Two Preservice Teacher Preparation Programs. In: *Gibson, I.; Weber, R.; McFerrin, K. et al.* (Hrsg.): Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2009. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), 2009, S. 4081-4086.
- [71] *Bacher, J.*: Teststatistiken zur Bestimmung der Clusterzahl für Quick Cluster. In: *ZA-Information / Zentralarchiv für Empirische Sozialforschung* 48 (2001), S. 71-97.