

## Erwerb und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien

Rike Große-Heilmann\*, Josef Riese\*, Jan-Philipp Burde<sup>+</sup>, Thomas Schubatzky<sup>°</sup>, David Weiler<sup>+</sup>

\* Didaktik der Physik und Technik, RWTH Aachen University, Sommerfeldstraße 14, 52074 Aachen

<sup>+</sup> AG Didaktik der Physik, Eberhards Karls Universität Tübingen, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen

<sup>°</sup>Institut für Physik, Physikdidaktik, Karl-Franzens-Universität Graz, Universitätsplatz 5, 8010 Graz  
grosse-heilmann@physik.rwth-aachen.de, riese@physik.rwth-aachen.de, jan-philipp.burde@uni-tuebingen.de,  
thomas.schubatzky@uni-graz.at, david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

### Kurzfassung

Angesichts der zunehmenden Bedeutung digitaler Medien im Unterricht ist die Bereitstellung und Evaluierung entsprechender fachdidaktischer Lerngelegenheiten zur Förderung technologiebezogenen fachdidaktischen Wissens (vgl. TPCK im TPACK-Modell nach Mishra & Koehler, 2006) unabdingbar. In der vorgestellten Arbeit aus dem Projektverbund *DiKoLeP (Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik)* soll daher ein bestehendes Lehr-Lern-Seminar, in welchem die Studierenden in einem komplexreduzierten Rahmen erste Lehrversuche unternehmen, im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht weiterentwickelt und evaluiert werden. Dabei werden Kernelemente des Lehr-Lern-Seminars mit den kooperierenden Universitäten (Universität Tübingen und Universität Graz) abgestimmt, die ebenfalls Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht anbieten.

Neben der Weiterentwicklung des Lehr-Lern-Seminars zielt das vorgestellte Teilprojekt vor allem auf die Modellierung und Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. Dazu wird das im Projekt *ProfiLe-P* entwickelte Testinventar (Riese, Gramzow & Reinhold, 2017) um Items erweitert, die im Sinne des DiKoLAN-Orientierungsrahmens (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020) vor allem die Bereiche Digitale Messwerterfassung, Simulationen und Erklärvideos abdecken. Der entwickelte Test wird zur Untersuchung des Kompetenzerwerbs der Studierenden in den Lehrveranstaltungen der beteiligten Standorte genutzt.

### 1. Ausgangslage und Problemstellung

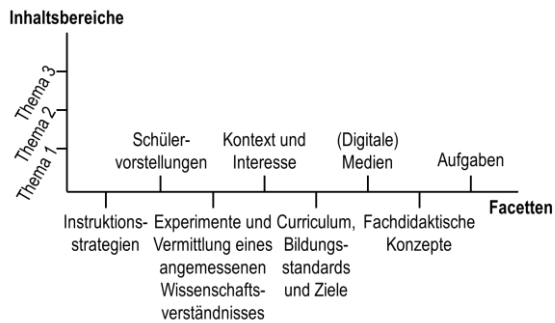
Die zunehmende Bedeutung digitaler Medien im Unterricht erfordert Medienkompetenzen bei angehenden Lehrkräften, welche bereits in der universitären Lehramtsausbildung sowohl in den Bildungswissenschaften als auch in der Ausbildung in den Unterrichtsfächern gefördert werden müssen (Kultusministerkonferenz, 2016). Die Bereitstellung entsprechender Lerngelegenheiten im Lehramtsstudium ist demzufolge unabdingbar, was sich derzeit in zahlreichen Lehrkonzepten zur Förderung digitaler Kompetenzen widerspiegelt (vgl. z.B. Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2018). Um auch der Frage nach der Lernwirksamkeit solcher Konzepte begegnen zu können, ist eine Evaluation hinsichtlich des Kompetenzzuwachses vonnöten. Bisher wurden in diesem Zusammenhang zur Untersuchung technologiebezogener Kompetenzen angehender Lehrkräfte häufig Selbsteinschätzungen herangezogen (Wang, Schmid-Crawford, & Jin, 2018). In verfügbaren Leistungstests zur Erfassung physikdidaktischer Kompetenzen von Lehramtsstudierenden ist hingegen bislang kein Fokus auf digitale Kompetenzen gelegt worden (z.B. KiL: Kröger, Neumann & Petersen, 2013; *ProfiLe P*: Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Das hier beschriebene Projekt knüpft an dieses Desiderat an und

zielt auf die Entwicklung eines Testinstruments zur Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien, welches zur Evaluation und Untersuchung der Lernwirksamkeit von Lerngelegenheiten zur didaktisch begründeten Nutzung digitaler Medien im Physikunterricht genutzt werden kann.

### 2. Theoretischer Hintergrund

In der Lehrerbildungsforschung hat sich hinsichtlich der Frage, welche Kompetenzen angehende Lehrkräfte zum professionellen Handeln befähigen, das Modell der professionellen Handlungskompetenz nach Baumert und Kunter (2006) etabliert, welches Motivationale Orientierungen, selbstregulative Fähigkeiten und Überzeugungen sowie das Professionswissen einer Lehrkraft umfasst. Das Professionswissen lässt sich dabei ausgehend von Shulman (1986) in die drei Wissensbereiche Pädagogisches Wissen, Fachwissen und Fachdidaktisches Wissen gliedern. Diese Dreiteilung findet sich auch in der Gestaltung lehramtsbezogener Studiengänge durch die Bildungswissenschaften, Fachwissenschaften und Fachdidaktiken wieder (Kultusministerkonferenz, 2008). In diesem Beitrag wird das Fachdidaktische Wissen sowie dessen Messung fokussiert.

Für das Fach Physik wurden im Rahmen verschiedener Projekte wie ProWiN (Tepner et al., 2012), KiL (Kröger, Neumann & Petersen, 2013) oder ProfiLe-P (Riese, Gramzow & Reinhold, 2017) Modellierungen des Fachdidaktischen Wissens entwickelt und in Form von Kompetenztests operationalisiert. In dieser Arbeit wird auf das Modell nach Gramzow, Riese & Reinhold (2013) zurückgegriffen, welches die innere Struktur des Konstruktes mit zwei Dimensionen beschreibt (Abb. 1). Eine Dimension unterscheidet dabei fachliche Inhaltsbereiche, die andere benennt acht verschiedene Facetten des Fachdidaktischen Wissens in Physik.



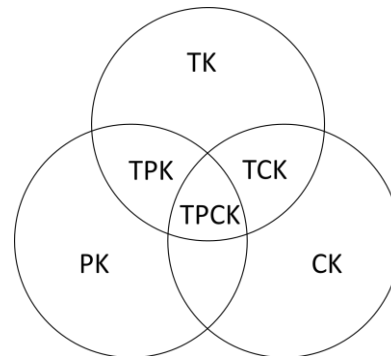
**Abb.1:** Modellierung des Fachdidaktischen Wissens in Physik nach Gramzow, Riese & Reinhold (2013)

Auf dieser Grundlage wurde zur Messung des physikdidaktischen Wissens ein Kompetenztest entwickelt und validiert, der die vier Facetten *Instruktionsstrategien*, *Schülervorstellungen*, *Experimente* und *fachdidaktische Konzepte* abdeckt. Mit diesem Testinstrument konnte die angenommene Binnenstruktur der vier Facetten des Fachdidaktischen Wissens empirisch gestützt werden (vgl. Riese, Gramzow & Reinhold, 2017).

Die Facette (*Digitale*) *Medien* ist bisher noch nicht operationalisiert worden. Sie umfasst das Wissen über Möglichkeiten und Anforderungen bei der Mediennutzung sowie die inhaltspezifische angemessene Nutzung von Medien und beinhaltet Wissen zum Computereinsatz zur Messwernerfassung und -auswertung sowie zum Einsatz von Simulationen (vgl. Korneck et al., 2010, zit. n. Gramzow, Riese & Reinhold, 2013), ist aber aufgrund der damaligen Fokussierung nicht weiter ausgeführt worden.

Zur differenzierten Beschreibung medienbezogener fachdidaktischer Kompetenzen wird häufig das TPACK-Modell nach Mishra und Koehler (2006) aufgegriffen (Abb. 2). Es ergänzt aufbauend auf Shulman (1986) zu den Bereichen des Fachwissens (CK) und Pädagogischen Wissens (PK) den Wissensbereich des technologischen Wissens (TK), wodurch sich neben dem fachdidaktischen Wissen (PCK) weitere Überlappungen der Wissensbereiche ergeben, darunter die zentrale Schnittmenge des TPCK bzw. TPACK (technologisches fachdidaktisches Wissen). Darunter wird jenes Wissen verstanden, das eine Lehrkraft dazu befähigt, digitale Technologien didak-

tisch sinnvoll einzusetzen, beispielsweise zur konstruktiven Vermittlung von Inhalten oder um Verständnisproblemen mithilfe von digitalen Medien entgegenzuwirken (Mishra & Koehler, 2006).



**Abb.2:** TPACK-Modell nach Mishra & Koehler (2006)

Zur effektiven Förderung dieser technologiebezogenen fachdidaktischen Kompetenzen in der Lehramtsausbildung sind gerade die Verbindung von Theorie und Praxis, die praktische Erprobung sowie deren Reflexion im Rahmen der entsprechenden Lehrveranstaltungen hilfreich (Schmid, Kranich & Petko, 2020).

Wie einige Bezugsrahmen oder -modelle, die digitale Kompetenzen von Lehrkräften benennen (z.B. das DigCompEdu-Rahmenmodell: Redecker & Punie, 2017), ist das auch TPACK-Modell fachunabhängig formuliert und betrachtet keine Fachspezifika (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020). Eine spezifischere Sichtweise bietet der Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (DiKoLAN) der Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen (2020) (Abb. 3).

Dieser Rahmen greift die Fachspezifika der naturwissenschaftlichen Fächer auf und konkretisiert digitale Basiskompetenzen in sieben verschiedenen Kompetenzbereichen und für die unterschiedlichen technologiebezogenen Wissensbereiche des TPACK-Modells (TK, TCK, TPK und TPCK). Neben vier allgemeineren Kompetenzbereichen (*Dokumentation*, *Präsentation*, *Kommunikation/Kollaboration*, *Recherche/Bewertung*) enthält der Rahmen drei Bereiche, die hinsichtlich der Nutzung digitaler Medien für die Fächer Physik, Chemie und Biologie spezifischer sind: *Messwert-/Datenerfassung*, *Datenverarbeitung* und *Simulation/Modellierung* (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020; Abb. 3).

Hinsichtlich des Angebots fachdidaktischer Lerngelegenheiten zum Medieneinsatz für Studierende des Lehramts Physik sind gerade diese drei fachspezifischen Kompetenzbereiche von zentraler Bedeutung.



**Abb.3:** Orientierungsrahmen DiKoLAN (Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). DiKoLAN: Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften. Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. <https://dikolan.de/>, CC-BY-ND-3.0)

### 3. Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien im Projekt DiKoLeP

Das Verbundprojekt *DiKoLeP* (*Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik*) der RWTH Aachen, Universität Graz und Universität Tübingen widmet sich der zuvor genannten Notwendigkeit, lernwirksame fachdidaktische Lerngelegenheiten zur Nutzung digitaler Medien im Unterricht anzubieten. Ziel des Verbundprojektes ist dabei die Entwicklung sowie die Evaluation solcher Seminar-konzepte für Studierende des Lehramts Physik. Zu diesem Zweck werden im Projekt an den jeweiligen Standorten Seminar-konzepte zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht entwickelt, wobei zentrale Kerninhalte standortübergreifend abgestimmt werden (lernpsychologische Grundlagen zum Medieneinsatz; fachdidaktische Grundlagen zum Einsatz von Simulationen, interaktiven Bildschirmexperimenten, digitalen Messwerterfassungssystemen, Videoanalysen sowie Erklärvideos). In allen Lehrver-

staltungen folgen anknüpfend an die theoretische Einführung praktische Anteile, welche sich in den jeweiligen Seminar-konzepten unterscheiden (Abb. 4).

Der praktische Anteil des Seminar-konzepts an der RWTH Aachen wird durch die Weiterentwicklung eines bestehenden physikdidaktischen Lehr-Lern-Seminars (Joswig & Riese, 2019) im Hinblick auf den Einsatz digitaler Medien umgesetzt. Die Grundidee des Lehr-Lern-Seminars ist es, den Studierenden erste Lehrer-fahrungen in komplex-reduzierten Unterrichtssituationen zu ermöglichen. Auf der Basis theoretischer Impulse zu fachdidaktischen Themen wie z.B. Schülervorstellungen sowie Inhalten zum Medieneinsatz im Physikunterricht entwickeln die Studierenden eigene Unterrichtseinheiten in Form von Lernzirkeln, wobei der sinnvolle Einsatz digitaler Medien fokussiert wird. Die entwickelten Lernzirkel setzen die Studierenden anschließend eigenständig in realen Schul-klassen ein. Bei dieser Erprobung in der Schule erhalten sie aus verschiedenen Perspektiven lernwirksames Feedback (Mitstudierende, Dozentin, Lernende



**Abb.4:** Übersicht der Seminar-konzepte der im Verbundprojekt beteiligten Standorte (für das Seminar-konzept aus Tübingen vgl. auch Weiler et al. (in diesem Band))

und betreuende Lehrkraft), welches ihnen zur Reflexion ihrer Unterrichtseinheit sowie ihrem Auftreten als Lehrkraft dient. Durch die Verzahnung von Theorie und Praxis sowie die eigene Erprobung am Lernort Schule und deren Reflexion greift das Lehr-Lern-Seminar o.g. Aspekte zur effektiven Förderung medienbezogener fachdidaktischer Kompetenzen auf (Schmid, Kranich & Petko, 2020).

Die Evaluation aller beteiligten Lehrveranstaltungen im Projekt erfolgt im Hinblick auf (1) den Kompetenzzuwachs in den Facetten *Digitale Medien* und *Schülervorstellungen* des Fachdidaktischen Wissens in Physik<sup>1</sup>, (2) die motivationalen Orientierungen, selbstregulatorischen Fähigkeiten und Überzeugungen sowie (3) die Seminarqualität (siehe dazu auch Weiler et. al (in diesem Band)).

#### 4. Forschungsziele und -fragen

Das hier im Beitrag vorgestellte Vorhaben fokussiert die Evaluation des physikdidaktischen Kompetenzzuwachses in den Lerngelegenheiten der Projektstandorte und beschäftigt sich insbesondere mit der Entwicklung und Validierung eines Kompetenztests zum physikdidaktischen Wissen zum Einsatz digitaler Medien. Diesbezüglich ergeben sich für die vorliegende Arbeit verschiedene Ziele und Forschungsfragen, die im Folgenden beschrieben werden.

Das erste Ziel stellt die Entwicklung eines Modells zur fachdidaktischen Kompetenzfacette *Digitale Medien* dar. Hier ist insbesondere der inhaltliche Fokus auf den Physikunterricht von Bedeutung, um der Fachspezifität gerecht zu werden. Anknüpfend daran ergibt sich als zweites Ziel die Entwicklung und Validierung eines entsprechenden Testinstruments zur Messung ebendieser Kompetenzfacette. Die zugehörige Forschungsfrage lautet:

**FF1:** Inwiefern lassen sich physikdidaktische Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien mithilfe des entwickelten Testinstruments valide messen?

Das dritte Ziel bildet die Untersuchung des Kompetenzzuwachses in den physikdidaktischen Lehrveranstaltungen der Projektstandorte zum Einsatz digitaler Medien mit mehreren Forschungsfragen:

**FF2:** Zeigt sich ein Kompetenzzuwachs im physikdidaktischen Wissen über die drei Lehrveranstaltungen der beteiligten Standorte?

**FF3:** Welche Elemente der Seminarkonzepte (der gemeinsamen Kerninhalte oder der individuell unterschiedlichen Aspekte) tragen maßgeblich zum Kompetenzzuwachs bei?

**FF4:** Inwiefern sind sonstige Merkmale (z.B. unterschiedliche Lernausgangslagen, standortspezifische

Besonderheiten) für unterschiedliche Kompetenzzuwächse verantwortlich?

Erkenntnisse der Forschungsfragen 3 und 4 sollen weiterführend dem vierten Ziel dienen, Hypothesen zu lernwirksamen universitären Seminarkonzepten zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu generieren.

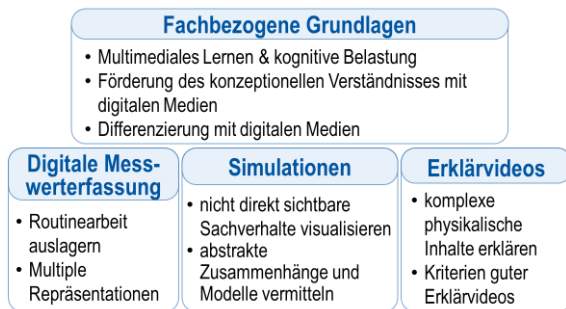
#### 5. Methodisches Vorgehen

##### 5.1. Modellierung der Facette *Digitale Medien*

Die Modellierung der physikdidaktischen Kompetenzfacette *Digitale Medien* stellt das erste Ziel dieser Arbeit dar und erfolgte zunächst deduktiv durch eine Sichtung und Strukturierung physikdidaktischer bzw. naturwissenschaftsdidaktischer (z.B. Girwitz, 2020; Laumann, Wichtrup & Friege, 2019; Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020) sowie die Adaption allgemein didaktischer Literatur zum Medieneinsatz (z.B. Mayer, 2009; Sweller, 1994). Darauf folgte eine Ausschärfung bezüglich der gegebenen Rahmenbedingungen sowie eine Fokussierung auf zentrale Aspekte: Zum einen ist zur Erfassung fachdidaktischer Kompetenzen die fachdidaktische Perspektive zum Medieneinsatz von zentraler Bedeutung. Diese zeichnet sich durch die Adressierung fachspezifischer Bildungsanliegen mit fachspezifischen oder -typischen Medien aus, welche an fachlichen Lernzielen sowie Denk- und Arbeitsweisen des jeweiligen Fachs orientiert sind (Ropohl et al., 2018). In diesem Fall bedeutete dies eine inhaltliche Fokussierung auf physikspezifische und -typische Medien oder Situationen zum Medieneinsatz, welche in Anlehnung an die fachspezifischeren Kompetenzbereiche des Orientierungsrahmens DiKoLAN (Abb. 3) sowie in Abstimmung mit den Physikdidaktiken der kooperierenden Standorte und den jeweiligen Curricula erfolgte. Zum anderen war eine Abgrenzung zu den weiteren Facetten des physikdidaktischen Wissens im zugrundeliegenden Modell (Abb. 1) vonnöten. Diese Ausschärfung führte weiterhin zu einer Fokussierung auf ausschließlich *digitale* Medien. Das bedeutet, dass solche Aspekte und Inhalte zur Mediennutzung in die fokussierte Facette fallen, die speziell den Physikunterricht betreffen und den Mehrwert des Digitalen betrachten (z.B. einen inhaltlichen Mehrwert wie bei den Ebenen der Umgestaltung (*Modification* und *Re-definition*) im SAMR-Modell nach Puentedura (2006)). Physiktypische Medien nicht-digitaler Art (wie z.B. ein Experiment ohne digitale Anteile oder ein Arbeitsblatt) finden sich bereits in anderen Facetten des zugrundeliegenden Rahmenmodells zum Fachdidaktischen Wissen (Abb. 1; Gramzow, Riese & Reinhold, 2013) wieder.

<sup>1</sup> Während in Bezug auf digitale Medien in der Regel von digitalen *Kompetenzen* von (angehenden) Lehrkräften gesprochen wird, ist für das in dieser Arbeit zugrundeliegende Konstrukt der Begriff *Fachdidaktisches Wissen* (FDW) etabliert (Abschnitt 2). Das verwendete Testinstrument zum FDW lässt sich jedoch auch als Kompetenztest auffassen, da es nicht nur rein deklaratives Wissen erfasst. Aus diesem Grund wird hier und im Folgenden von einem Kompetenzzuwachs gesprochen, wobei weiterhin der in der Literatur etablierte Begriff des Fachdidaktischen Wissens für das Konstrukt verwendet wird.

Das finale Modell für die physikdidaktische Facette *Digitale Medien* sieht damit insgesamt vier Kategorien vor: *Fachbezogene Grundlagen*, *digitale Messwerterfassung*, *Simulationen* und *Erklärvideos* (Abb. 5).



**Abb.5:** Modellierung der physikdidaktischen Kompetenzfacette *Digitale Medien*

Die zusätzliche Kategorie *Fachbezogene Grundlagen* resultiert aus der Relevanz grundlegender und übergreifender Aspekte zum Medieneinsatz in spezifischen Szenarien des Physikunterrichts. Diese beinhaltet das Wissen über grundlegende und lerntheoretische Konzepte zum Einsatz digitaler Medien für Situationen des Physikunterrichts. Auch übergreifendes Wissen zum Einsatz digitaler Medien zu einem bestimmten Einsatzzweck im Physikunterricht (z.B. Förderung des konzeptionellen Verständnisses oder Differenzierung) zählt zu dieser Kategorie.

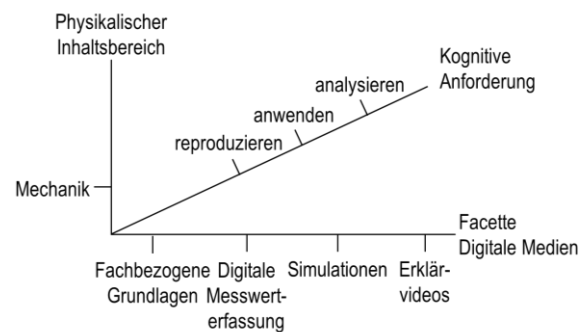
Die Kategorie *Digitale Messwerterfassung* umfasst das Wissen über digitale Messwerterfassungssysteme und über deren Nutzung zur Datenerfassung, -aufbereitung und -analyse im Physikunterricht. Dazu zählen neben Systemen von Lehrmittelfirmen auch die Messsensorik von mobilen Endgeräten oder selbst gebaute Systeme mit Mikrocontrollern und externen Sensoren. Wie die Kategorie *Simulationen*, welche das Wissen über Simulationen und deren Einsatz als typisches Medium zur Erkenntnisgewinnung und Modellbildung im Physikunterricht umfasst, ist die Kategorie *Digitale Messwerterfassung* ein fachspezifischer Kompetenzbereich des Orientierungsrahmens DiKoLAN (Abb. 3). Die Kategorie *Erklärvideos* beinhaltet das Wissen über die fachdidaktische Qualität und den Einsatz von Erklärvideos im Physikunterricht. Aufgrund vieler komplexer Inhalte in der Physik, wofür der Einsatz solcher Videos insbesondere geeignet ist (Kulgemeyer, 2018), spielen Erklärvideos eine zunehmende Rolle im Physikunterricht sowie als Forschungsgegenstand in der Physikdidaktik (z.B. Sterzing, 2020; Kulgemeyer, 2018; Kulgemeyer & Peters, 2016). Alle Kategorien stellen weiterhin thematische Kernelemente der physikdidaktischen Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien an den Projektstandorten dar (Abb. 4).

## 5.2. Entwicklung des Testinstruments

Das zweite Ziel dieser Arbeit adressiert die Entwicklung eines Testinstruments für die physikdidaktische

Kompetenzfacette *Digitale Medien*. Bei der Aufgabenentwicklung sind gewisse Rahmenbedingungen zu beachten. Zunächst soll das Testinstrument die in 5.1 beschriebene Modellierung der Facette *Digitale Medien* repräsentieren (im Sinne inhaltlicher Validität). Weiterhin wird eine inhaltlich-strukturelle Passung an den Kompetenztest zum physikdidaktischen Wissen aus dem Projekt ProfiLe-P (Gramzow, 2015; Riese, Gramzow & Reinhold, 2017) angestrebt, zu dessen Erstellung ein Itementwicklungsmodell konzipiert wurde, welches neben der inhaltsbezogenen fachdidaktischen Kategorie *Facette* auch drei Kognitive Anforderungen (*reproduzieren*, *anwenden* und *analysieren*) beschreibt. Als *Inhaltsbereich* wurde für die Aufgabenentwicklung im Verbundprojekt ProfiLe-P der Inhaltsbereich Mechanik fokussiert, weil dieser bereits im ersten Semester der Universität gelehrt wird und weiterhin die Schülervorstellungsforschung dort sehr fortgeschritten ist (Riese, Gramzow & Reinhold, 2017). Konkret bedeutet diese Fokussierung, dass Mechanik dann als Inhaltsbereich gewählt wurde, wenn für eine Aufgabe die Einbettung in einen konkreten Inhaltsbereich sinnvoll oder erforderlich war. Andernfalls waren auch inhaltsunabhängige und -übergreifende Items zulässig.

Auf dieser Grundlage wird in der vorliegenden Arbeit ein adaptiertes Itementwicklungsmodell genutzt, welches ebenfalls die drei o.g. Kognitiven Anforderungen unterscheidet und den *Physikalischen Inhaltsbereich* Mechanik fokussiert sowie auf einer weiteren Dimension die in 5.1 beschriebenen Kategorien der Facette *Digitale Medien* aufzeigt (Abb. 6).



**Abb.6:** Itementwicklungsmodell der Facette *Digitale Medien* des Fachdidaktischen Wissens in Physik in Anlehnung an Riese, Gramzow & Reinhold (2017)

Analog zum zugrundeliegenden Modell und dem zugehörigen Testinstrument aus ProfiLe-P wird auch für die Aufgabenentwicklung zur Facette *Digitale Medien* keine bewusste Variation des physikalischen Inhaltsbereichs vorgenommen. Sofern eine Einbettung in einen konkreten physikalischen Inhaltsbereich für die Aufgabe notwendig ist, wird hinsichtlich der Passung zum bisherigen Testinstrument aus ProfiLe-P der Bereich Mechanik fokussiert. Falls sich das in der Aufgabe betrachtete Medium jedoch für einen konkreten Inhaltsbereich anbietet oder es diesen

festlegt, ist auch ein anderer physikalischer Inhaltsbereich zur Einbettung zulässig. Weiterhin sind auch inhaltsunabhängige und -übergreifende Aufgaben möglich. Für die Facette *Digitale Medien* wird erwartet, dass der physikalische Inhaltsbereich eine geringere Rolle spielt, als es womöglich bei anderen Facetten des Fachdidaktischen Wissens der Fall ist (Joswig & Riese, 2019).

Um eine objektive, zeitökonomische und ggf. automatisierte Auswertung des Tests zu ermöglichen, wird die Entwicklung von geschlossenen Mehrfachwahlaufgaben angestrebt. Aufgrund des geschlossenen Aufgabenformats sowie der veränderten Inhalte durch die neue Facette *Digitale Medien*, ist es für die Itementwicklung notwendig, die Definitionen der Kognitiven Anforderungen nach Gramzow (2015) wie folgt anzupassen.

Die Anforderung *reproduzieren* umfasst das Erkennen von allgemeinen Vorteilen, Prinzipien oder Kriterien zum Medieneinsatz im Physikunterricht, unabhängig von einer konkreten Unterrichtssituation. Bei der Anforderung *anwenden* soll Wissen zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht angewendet werden. Dies kann beispielsweise durch die Auswahl eines geeigneten Mediums oder Medieneinsatzes zu einem bestimmten didaktischen Einsatzzweck oder durch Auswählen von Aspekten, die für einen gegebenen Medieneinsatz berücksichtigt werden sollen, erfolgen. *Analysieren* erfordert die Analyse einer gegebenen Unterrichtssituation mit Medieneinsatz unter einem bestimmten Gesichtspunkt. Es kann in einer Aufgabe beispielsweise überprüft werden, ob allgemeine Kriterien für einen Medieneinsatz in einer beschriebenen Unterrichtssituation erfüllt sind.

Auf der Basis des oben skizzierten Itementwicklungsmodells wurden systematisch Testaufgaben entwickelt. Diese lassen sich gemäß dem Modell jeweils genau einer Kategorie der Facette *Digitale Medien* und einer Kognitiven Anforderung zuordnen. Diese Zuordnung wurde von den im Projektverbund beteiligten Physikdidaktiken unabhängig voneinander vorgenommen und erreichte Übereinstimmungen mit Cohens Kappa von  $\kappa = 0,35$  bis  $\kappa = 0,72$  (Kognitive Anforderungen) und  $\kappa = 0,68$  bis  $\kappa = 0,92$  (Kategorien). Nach einer Überarbeitung und Ausschärfung der Definitionen der Kognitiven Anforderungen (siehe oben) und Kategorien wurde eine erneute Zuordnung von Physikdidaktiker\*innen außerhalb des Projektverbunds vorgenommen und eine verbesserte Übereinstimmung im ausreichenden bis guten (Kognitive Anforderungen:  $\kappa = 0,54$  bis  $\kappa = 0,65$ ) bzw. sehr guten Bereich (Kategorien:  $\kappa = 0,84$ ) erreicht (Döring & Bortz, 2016).

Das nach diesem Vorgehen entwickelte Testinstrument zur Facette *Digitale Medien* des physikdidaktischen Wissens umfasst derzeit 17 Aufgaben, die im Sommersemester 2021 an verschiedenen Hochschulen pilotiert ( $N > 100$ ) werden. Die entsprechende Verteilung der 17 Aufgaben zeigt Tab. 1.

	Reproduzieren	Anwenden	Analysieren	SUMME
Fachbezogene Grundlagen	-	2	2	4
Digitale Messwerterfassung	2	2	1	5
Simulationen	1	1	2	4
Erklärvideos	-	2	2	4
SUMME	3	7	7	17

**Tab.1:** Aufgabenverteilung der Testaufgaben zur Facette *Digitale Medien* des physikdidaktischen Wissens (die Einträge geben jeweils die Anzahl der Aufgaben zu der entsprechenden Kategorie und Kognitiven Anforderung an)

In Abb. 7 ist eine Aufgabe des entwickelten Tests exemplarisch dargestellt. Diese ist der Kategorie *Digitale Messwerterfassung* und der kognitiven Anforderung *reproduzieren* zuzuordnen und erfragt allgemeine Vorteile digitaler Messwerterfassung gegenüber traditioneller Messmethoden im Physikunterricht. Die Aufgabe ist nicht in einen konkreten physikalischen Inhaltsbereich eingebettet.

Handelt es sich im Folgenden um Aspekte, die allgemein als Vorteile einer digitalen Messwerterfassung (z.B. Lehrmittelfirmensysteme mit externen Sensoren oder Nutzung der internen Messsensorik mobiler Endgeräte) gegenüber traditioneller Messmethoden im Physikunterricht aufgefasst werden?

	ja	nein
Ermöglichung neuer experimenteller Zugänge	x	
Generelle Reduktion des kognitiven Anspruchs		x
Überzeugendere Messergebnisse für die Lernenden		x
Einfache Umsetzung von Langzeitmessungen	x	
Fokussierung auf die Dateninterpretation	x	
Auslagerung von Routinearbeiten	x	

**Abb.7:** Beispielhafte Aufgabe des Testinstruments aus der Kategorie *Digitale Messwerterfassung/reproduzieren*

### 5.3. Geplantes Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen

Anknüpfend an die Entwicklung adressiert das zweite Ziel dieser Arbeit die Validierung des Testinstruments zur Messung physikdidaktischer Kompetenzen zum Einsatz digitaler Medien. In diesem Rahmen wird Forschungsfrage 1 untersucht. Mithilfe dafür gängiger Methoden zur Validierung von Kompetenzmodellen und -tests (Schaper, 2014) werden dabei Validitätsargumente zur Konstruktvalidität nach Messick (1995) durch verschiedene qualitative und quantitative Teilstudien untersucht. So ist z.B. die Untersuchung der inhaltlichen und curricularen Validität durch Expertenbefragungen und die der kognitiven Validität durch die Methode des Lauten Denkens geplant. Im Sinne der strukturellen Validität wird die theoretisch angenommene Struktur des Konstrukts durch die empirischen Daten geprüft. Weiterhin wird durch Erhebungen bei Lehramtsstudierenden anderer Fächer die diskriminante Validität betrachtet.

Ab dem Wintersemester 2021/22 wird Forschungsfrage 2, welche den Kompetenzzuwachs im physikdidaktischen Wissen über die Lehrveranstaltungen des Projekts erfragt, über Pre-Post-Messungen des phy-



sikdidaktischen Wissens in den Facetten *Digitale Medien* (aus diesem Projekt) und *Schülvorstellungen* (Projekt ProfiLe-P Transfer) an allen Projektstandorten untersucht (Abb. 8). Im Post-Test werden weiterhin parallel besuchte Lehrveranstaltungen zu digitalen Medien als Kontrollvariablen erhoben.

Zur Beantwortung der Forschungsfragen 3 und 4 hinsichtlich möglicher Zusammenhänge von Merkmalen der Seminarkonzepte und dem Lernzuwachs der Studierenden sind nach dem ersten Erhebungsjahr retrospektive Interviews mit einem Teil der befragten Studierenden geplant (N~20), wobei hinsichtlich der Auswahl auf eine große Varianz im Kompetenzzuwachs bezüglich der Pre-Post-Messung geachtet wird. Diese qualitativen Untersuchungen dienen dem Ziel, Hinweise hinsichtlich wirksamer Lerngelegenheiten zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu generieren. Weiterhin können in diesem Zusammenhang mögliche durch die schriftliche Erhebung gewonnene Befunde weiter aufgeklärt werden. Das geplante Untersuchungsdesign der Studie veranschaulicht Abb. 8.



Abb.8: geplantes Design der Studie

## 6. Aktueller Stand und Ausblick

Die 17 entwickelten Testaufgaben zur Facette *Digitale Medien* des physikdidaktischen Wissens werden im Sommersemester 2021 mit einer Stichprobe von N>100 an verschiedenen Universitäten in Deutschland und Österreich pilotiert (Abb. 8). Um hinsichtlich der Validierung die Abgrenzung des adressierten Kompetenzbereichs zu anderen Konstrukten empirisch zu untersuchen, werden zum Teil weitere Instrumente eingesetzt. So wird ein Testinstrument zum pädagogischen Wissen nach Riese (2009, adaptiert nach Seifert, Hiligus & Schaper, 2009), sowie der Leistungstests zum Fachdidaktischen Wissen in Physik aus dem Projektverbund ProfiLe-P Transfer (geschlossene Version des Tests, adaptiert von Große-Heilmann nach Gramzow, 2015) im Rahmen der Pilotierung miterhoben, um über Korrelationsanalysen empirisch zu prüfen, ob die entwickelten Testaufgaben tatsächlich fachdidaktisches Wissen und nicht eher allgemein (medien-)didaktisches Wissen messen. Weiterhin sind statistische Itemanalysen geplant, um Hinweise für eine notwendige Überarbeitung und Optimierung der Aufgaben zu gewinnen. Diese Optimierung der Aufgaben für die Hauptstudie erfolgt im Sommer 2021, um das Testinstrument zur physikdidaktischen Kompetenzfacette *Digitale Medien* ab dem Wintersemester 2021/22 zur Evaluation der Lerngelegenheiten im Projekt und der Untersuchung des Kompetenzerwerbs zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht einsetzen zu können.

## 7. Literatur

- Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen: Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, S. 14-43. Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Baumert, J. & Kunter, M. (2006). Stichwort: Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 9(4), 469-520.
- Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). *DiKoLAN: Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften*. Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. <https://dikolan.de/>, Zugriff: 28.05.2021.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018). *Bekanntmachung: Richtlinie zur Förderung von Projekten in der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ mit den Schwerpunkten „Digitalisierung in der Lehrerbildung“ und/oder „Lehrerbildung für die beruflichen Schulen“*. <https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-20197.html>, Zugriff: 23.05.2021.
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Girwidz, R. (2020). Multimedia und digitale Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & H. E. Fischer (Hrsg.), *Physikdidaktik – Grundlagen*. Berlin: Springer, S. 457-528.
- Gramzow, Y. (2015). Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion. In Niedderer, H., Fischler, H. & E. Sumfleth (Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Logos Verlag, Band 181.
- Gramzow, Y., Riese, J., Reinhold, P. (2013). Modellierung fachdidaktischen Wissens angehender Physiklehrkräfte. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 19, 7-30.
- Joswig, A. K., & Riese, J. (2019). Veränderungen des physikdidaktischen Wissens im Verlauf eines Lehr-Lern-Seminars. *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1 (2019), S. 183-187.
- Kröger, J., Neumann, K. & Petersen, S. (2013). Messung professioneller Kompetenz im Fach Physik. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning - Forschendes Lernen*, Kiel: IPN, 533-535.

- Kulgemeyer, C. (2018). A framework of effective science explanation videos informed by criteria for instructional explanations. *Research in Science Education*, 1-22.
- Kulgemeyer, C., & Peters, C. H. (2016). Exploring the explaining quality of physics online explanatory videos. *European Journal of Physics*, 37(6), 065705.
- Kultusministerkonferenz (2008). *Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2008/2008\\_10\\_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2008/2008_10_16-Fachprofile-Lehrerbildung.pdf), Zugriff: 23.05.2021.
- Kultusministerkonferenz (2016). *Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz*. <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>, Zugriff: 23.05.2021.
- Laumann, D., Wichtrup, P., & Friege, G. (2019). Zwei Schlüssel zur Physik – Reale Experimente und digitale Medien als Schlüssel zu physikalischen Inhalten. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik* 30(171/172), 4-9.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Second Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American psychologist*, 50(9), 741-749.
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher Knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 1017-1054.
- Puentedura (2006). *Transformation, technology, and education*. <http://hippasus.com/resources/tte/>, Zugriff: 23.05.2021.
- Redecker C., & Punie, Y. (2017). *DigCompEdu: European Framework for the Digital Competence of Educators*. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC107466>, Zugriff: 22.05.2021.
- Riese, J. (2009). Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. In Niedderer, H., Fischer, H. & E. Sumfleth (Hrsg.) *Studien zum Physik- und Chemielernen*, Logos Verlag, Band 97.
- Riese, J., Gramzow, Y. & Reinhold, P. (2017). Die Messung fachdidaktischen Wissens von Anfängern und Fortgeschrittenen im Lehramtsstudiengang Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23, 99-112.
- Ropohl, M., Härtig, H., Kampschulte, L., Lindmeier, A., Ostermann, A. & Schwanewedel, J. (2018). Planungsbereiche für Medieneinsatz im Fachunterricht. *MNU*, 71(3), 148-155.
- Schaper, N. (2014). Validitätsaspekte von Kompetenzmodellen und -tests für hochschulische Kompetenzdomänen. In F. Musekamp & G. Spöttl (Hrsg.) *Kompetenz im Studium und in der Arbeitswelt. Nationale und internationale Ansätze zur Erfassung von Ingenieurkompetenzen*, Frankfurt: Peter Lang, S. 21-48.
- Schmid, M., Krannich, M., & Petko, D. (2020). Technological Pedagogical Content Knowledge. Entwicklungen und Implikationen. *Journal für LehrerInnenbildung*, 20(1), 116-124.
- Seifert, A., Hilligus, A. H., & Schaper, N. (2009). Entwicklung und psychometrische Überprüfung eines Messinstruments zur Erfassung pädagogischer Kompetenzen in der universitären Lehrerbildung. *Lehrerbildung auf dem Prüfstand*, 2(1), 82-103.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Sterzing, F., Varnai, A. S., & Reinhold, P. (2019). Erklärvideos im Physikunterricht. *PhyDid B-Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1 (2019), S. 315-322.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and instruction* 4 (4), 295-312.
- Tepner, O., Borowski, A., Dollny, S., Fischer, H. E., Jüttner, M., Kirschner, S., Leutner, D., Neuhäus, B.J., Sandmann, A., Sumfleth, E., Thillmann, H. & Wirth, J. (2012). Modell zur Entwicklung von Testitems zur Erfassung des Professionswissens von Lehrkräften in den Naturwissenschaften. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18, 7-28.
- Wang, W., Schmidt-Crawford, D., & Jin, Y. (2018). Preservice Teachers' TPACK Development: A Review of Literature. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(4), 234-258.
- Weiler, D, Burde, J., Lachner, A., Riese, J., Schubatzky, T. & Große-Heilmann, R. (in diesem Band). Entwicklung eines Seminars zur Förderung des Konzeptverständnisses mittels digitaler Medien. *PhyDid B-Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*, 1 (2021).

## Anhang

Die Studie wird unterstützt durch das Projekt „Gemeinsam verschieden sein in einer digitalen Welt – Lehrerbildung an der RWTH Aachen (LeBiAC)“, welches im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gefördert wird (FKZ: 01JA1813).