

## Förderung digitaler Kompetenzen von Physik-Lehrkräften im ComeNet Physik

David Weiler\*, Jan-Philipp Burde\*, Kasim Costan<sup>+</sup>, Rike Große-Heilmann<sup>§</sup>, Christoph Kulgemeyer<sup>+</sup>, Josef Riese<sup>§</sup>, Thomas Schubatzky<sup>¶</sup>

\*Universität Tübingen, AG Didaktik der Physik, Auf der Morgenstelle 14, 72076 Tübingen, Deutschland;

<sup>+</sup>Universität Bremen, Didaktik der Physik, Otto-Hahn-Allee 1, 28359 Bremen, Deutschland;

<sup>§</sup>Universität Paderborn, Didaktik der Physik, Warburger Straße 100, 33098, Paderborn, Deutschland;

<sup>¶</sup>Universität Innsbruck, Didaktik der Physik, Fürstenweg 176, 6020, Innsbruck, Österreich

david-christoph.weiler@uni-tuebingen.de

### Kurzfassung

Digitalisierungsbezogene Kompetenzen sind für Lehrkräfte eine notwendige Grundlage für die Gestaltung von zukunftsorientiertem Unterricht. Dennoch hatten viele Lehrkräfte in ihrer Ausbildung nicht die Gelegenheit, diese Kompetenzen aufzubauen. Daher werden im Verbundprojekt ComeMINT-Netzwerk digitalisierungsbezogene Fortbildungskonzepte zur Professionalisierung (angehender) MINT-Lehrkräfte forschungsbasiert entwickelt. Im ComeNet Physik liegt der Fokus dabei auf adaptiven Förder- und Fortbildungskonzepten zum fachdidaktisch begründeten Einsatz digitaler Medien auf Basis der Bedürfnisse von Lehrkräften. Im Rahmen einer Bedürfnisanalyse mit 122 praktizierenden Lehrkräften wurde insbesondere der Wunsch nach Fortbildungen zu Schülerexperimenten mit digitalen Medien, Smartphone-Experimenten und zu Augmented und Virtual Reality geäußert. Weiterhin bevorzugen Lehrkräfte halbtägige Präsenzfortbildungen oder kurze Online-Selbstlernmodule mit praktischem Ausprobieren der Medien. Dieser Beitrag stellt die Bedürfnisanalyse und das entwickelte Fortbildungskonzept vor.

### 1. Einleitung

Der Einsatz digitaler Medien in den naturwissenschaftlichen Fächern kann eine positive Auswirkung auf das Lehren und Lernen haben (Hillmayr et al., 2020). Betrachtet man die didaktischen Möglichkeiten, die der Einsatz digitaler Medien im Fach Physik bietet, scheint sich hier ein besonders großes Potenzial zu bieten (Wilhelm, 2023). So können beispielsweise nicht unmittelbar erfahrbare Größen oder Vorgänge (wie z.B. die elektrische Spannung, Elektronenbewegungen oder Felder in elektrischen Stromkreisen) mittels Augmented oder Virtual Reality (AR / VR) visualisiert werden und so dazu beitragen, das konzeptionelle Verständnis zu fördern. Zudem besitzen mittlerweile nahezu alle Schülerinnen und Schüler (SuS) Smartphones (Feierabend et al., 2022), die mit einer großen Auswahl an Sensoren als mobile Labore angesehen werden können (Kuhn & Vogt, 2019). Dies ermöglicht nicht nur, dass viele Versuche im Unterricht, die bisher nur als Demonstrationsexperiment möglich waren, nun direkt von den SuS durchgeführt werden können (Girwidz & Kohnle, 2021), sondern auch die Messungen und Auswertungen in authentischen Alltagssituationen statt im Klassenzimmer.

Trotz all der Möglichkeiten die durch den Einsatz digitaler Medien geboten werden, profitiert der Unterricht nicht per se vom Einsatz der Medien. Lehrkräfte benötigen für den didaktisch zielführenden Einsatz digitaler Medien im Fachunterricht sowohl entsprechende kognitive als auch affektive Komponenten

digitalisierungsbezogener Kompetenzen (vgl. Blömeke et al., 2015). Allerdings geben Lehrkräfte in Studien an, dass sie die notwendigen digitalisierungsbezogenen Kompetenzen in ihrer Ausbildung nicht erworben haben (Eickelmann et al., 2019). Auch nach der Pandemie und dadurch einer leichten Verbesserung der digitalisierungsbezogenen Kompetenzen bei Lehrkräften werden in aktuellen Studien Bedarfe nach fachspezifischen digitalisierungsbezogenen Fortbildungen abgeleitet (Endberg & Lorenz, 2022).

Um diesem Bedarf zu begegnen, hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung den Kompetenzverbund „lernen:digital“ ins Leben gerufen, in dem Maßnahmen zur Förderung der digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften unterstützt werden. Eines der geförderten Verbundprojekte ist das ComeMINT-Netzwerk, in dem forschungsbasierte Fortbildungen für MINT-Lehrkräfte entwickelt werden. Das ComeNet Physik, als Teil dieses Verbundprojekts, entwickelt ein adaptives Förder- und Fortbildungskonzept für Lehrkräfte zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht (PhU), das die Bedürfnisse der Akteurinnen und Akteure aus der Schulpraxis systematisch berücksichtigt. Die Ergebnisse der Bedürfnisanalyse und das daraus abgeleitete Förderkonzept werden im Folgenden dargestellt.

### 2. Theoretischer Rahmen

#### 2.1. Digitalisierungsbezogene Kompetenzen

Ein verbreitetes Modell zur Beschreibung der Struktur kognitiver digitalisierungsbezogener

Kompetenzen bei Lehrkräften ist das TPACK-Modell von Mishra & Koehler (2006). Ausgehend von den Kompetenzdomänen nach Shulman (1987) mit dem fachlichen Wissen (CK), dem pädagogischen Wissen (PK) und dem fachdidaktischen Wissen (PCK) wurden diese um den technologiebezogenen Aspekt (TK) erweitert. Damit ergeben sich der technologiebezogene fachliche Bereich (TCK), der technologiebezogene pädagogische Bereich (TPK) und der technologiebezogene fachdidaktische Bereich (TPCK). Ausformulierungen der notwendigen Kompetenzen verbleiben bei Anwendung dieses Modells zumeist auf einem generalisierten Niveau. Der Orientierungsrahmen „Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften“ (DiKoLAN, vgl. Becker et al., 2020) hat diese Kompetenzen fachspezifisch für den naturwissenschaftlichen Fächerkanon ausgeschärft. Diese können als fachspezifische Wissenskomponente von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von Lehrkräften herangezogen werden.

Neben dem Wissen über den fachdidaktisch durchdachten Einsatz digitaler Medien im Unterricht benötigen Lehrkräfte aber auch die Motivation, diese später einzusetzen (Lucas et al., 2021). Daher sind auch affektive Komponenten digitalisierungsbezogener Kompetenzen notwendig zu fördern. Einen Einfluss auf die Motivation digitale Medien im Unterricht einzusetzen haben insbesondere das wahrgenommene Nützlichkeitsempfinden und die Benutzerfreundlichkeit (Granic & Marangunic, 2019; Scherer & Teo, 2019). Dabei hat das Nützlichkeitsempfinden nicht nur Einfluss auf die Motivation, digitale Medien einzusetzen, sondern beeinflusst auch die Qualität des resultierenden Unterrichts (Backfisch et al., 2020).

Als ein Maß für die eigene Kompetenzerwartung kann die Selbstwirksamkeitserwartung herangezogen werden. Sie erweist sich als ein Prädiktor für den Einsatz und die Qualität des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht (Hatlevik, 2017).

## 2.2. Konzeption von Fortbildungen

Für die Konzeption von Fortbildungen wurden in Studien unterschiedliche Kriterien identifiziert, die einen Einfluss auf die nachhaltige Veränderung der gelebten Unterrichtspraxis haben. So scheinen ein- oder halbtägige Fortbildungsformate allein wenig Auswirkung zu haben (Rzejak & Lipowsky, 2018). Ein Ansatz, um dem zu begegnen, können modulare Lehrkräftefortbildungen sein, in denen Selbstlern-, sowie Erarbeitungs- und Reflexionsphasen enthalten sind (Barzel & Selter, 2015; Lipowski & Rzejak, 2021). Dabei ist ein Austausch mit Kolleginnen und Kollegen, am besten von derselben Schule, unerlässlich (Desimone, 2009). So zeigt sich bei einem längeren zeitlichen Fortbildungsumfang, bei dem nicht nur Best-Practice-Beispiele gezeigt werden, sondern auch Materialien ausgetauscht und überarbeitet werden und in Follow-up-Gelegenheiten darüber diskutiert wird, als wertvoll für die nachhaltige

Veränderung der Unterrichtspraxis (Guyskey & Yoon, 2009; Drossel & Eickelmann, 2018).

Insbesondere für Lehrkräftefortbildungen zu digitalen Medien zeigt sich, dass die Nutzung der Potenziale digitaler Medien in Form konkreter Anwendungen von Vorteil ist. Hier sollten adaptive Möglichkeiten, die Orts- und Zeitungebundenheit von Lernmodulen und Open Educational Resources (OER) Materialien genutzt werden (Schulze-Vorberg et al., 2021). Zwar zeigen bisherige fächerübergreifende Erhebungen, dass nicht nur der Bedarf an Fortbildungen zum Einsatz neuer digitaler Medien von Interesse ist, sondern auch an bereits etablierte Medien (Schulze-Vorberg et al., 2021), dennoch verbleiben diese Untersuchungen zumeist auf einer sehr allgemeinen und nicht fachspezifischen Ebene. Vor diesem Hintergrund wurde es für notwendig erachtet, eine Bedürfnisanalyse für die Zielgruppe der Physik-Lehrkräfte durchzuführen.

## 3. Forschungsfragen

Für die Entwicklung eines zielgruppenspezifischen Fortbildungskonzepts sollten zuerst die Bedürfnisse der Physik-Lehrkräfte für digitalisierungsbezogene Fortbildungen exploriert werden. Denn neben inhaltlichen Präferenzen müssen auch die Wünsche der Lehrkräfte zu dem Fortbildungsformat berücksichtigt werden, um die Akzeptanz der konzipierten Fortbildungen zu steigern. Daher wurden für die Bedürfnisanalyse die folgenden Forschungsfragen formuliert:

FF1: Zu welchen digitalisierungsbezogenen Themen haben Physik-Lehrkräfte ein Bedürfnis nach Fortbildungen?

FF2: Wie hoch ist das Interesse von Physik-Lehrkräften an unterschiedlichen inhaltlichen Aspekten von Fortbildungen?

FF3: Welches Fortbildungsformat bevorzugen Physik-Lehrkräfte?

FF4: Wie hoch ist die Selbstwirksamkeitserwartung der Physik-Lehrkräfte mit Blick auf den Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht?

## 4. Methode und Stichprobe

Die Erhebung der Bedürfnisse der Physik-Lehrkräfte wurde mittels eines Online-Fragebogens durchgeführt. Der Fragebogen wurde an praktizierende Lehrkräfte und Fachleitungen in Deutschland und Österreich versendet und um freiwillige Teilnahme gebeten.

### 4.1. Eingesetzte Testinstrumente

Neben demographischen Variablen wurden die Vorerfahrungen der Lehrkräfte mit einzelnen digitalen Medien (z.B. „Ich habe schon Erfahrungen mit Experimenten oder Beobachtungen mittels Videoanalyse.“) angelehnt an Vogelsang et al. (2019), mit 6-stufigen Likert-Items und die Einsatzhäufigkeit von physiktypischen digitalen Medien erhoben (z.B. „Wie häufig setzen Sie Interaktive

Bildschirmexperimente in Ihrem Unterricht ein?“). Zur Beantwortung von FF1 und FF2 wurden 6-stufige Likert-Items zu den Bedürfnissen („Wie hoch ist ihr Bedarf an Fortbildungen zu folgenden Themen?“) und Interesse an inhaltlichen Aspekten („Wie hoch ist ihr Interesse daran, in Fortbildungen zu den oben genannten Themen und Medien folgende Aspekte zu behandeln?“) eingesetzt. Das präferierte Fortbildungsformat aus FF3 wurde über Mehrfachauswahl der möglichen Formate (z.B. „Präsenz“ oder „Online“) und der Organisationsformen (z.B. „Eine zusammenhängende Fortbildungsreihe über mehrere Tage“) abgefragt.

Zur Ermittlung der Selbstwirksamkeitserwartung (FF4) der Lehrkräfte wurde die bereits bei Studierenden eingesetzte Skala nach Weiler et al. (2022) eingesetzt (z.B. „Ich kann digitale Medien so auswählen, dass diese zu einem besseren konzeptionellen Verständnis im Unterricht beitragen.“). Die Skalenreliabilität wies mit einem Cronbachs  $\alpha = 0.86$  einen guten Wert auf.

#### 4.2. Stichprobe

An der Online-Umfrage nahmen 162 Personen teil, wobei nur  $N = 122$  Lehrkräfte den Fragebogen zur Gänze bearbeiteten. Die mittlere Bearbeitungsdauer betrug 17 Minuten. Etwa 40 % der befragten Lehrkräfte gaben an weiblich zu sein ( $n = 49$ ) und etwa 58 % ordneten sich dem männlichen Geschlecht zu ( $n = 71$ ), die Übrigen machten keine Angabe. Die befragten Lehrkräfte waren im Schnitt 44 Jahre alt ( $M = 44.18$ ;  $SD = 11.69$ ;  $min = 25$ ;  $max = 72$ ) und hatten im Schnitt 16 Jahre Berufserfahrung ( $M = 16.01$ ;  $SD = 11.47$ ;  $min = 0$ ;  $max = 46$ ), wobei vier Personen angaben, im Referendariat zu sein und weniger als ein Jahr Berufserfahrung zu haben. Von den 122 befragten Lehrkräften und Fachleitungen gaben 111 an, gegenwärtig als Lehrkraft aktiv zu sein.

Die Lehrkräfte stammten aus neun unterschiedlichen Bundesländern in Deutschland und sechs unterschiedlichen Bundesländern in Österreich.

#### 5. Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Bedürfnisanalyse dargestellt. Dabei wird zuerst auf die inhaltlichen Themen und dann auf die gewünschten Fortbildungsformate eingegangen.

##### 5.1. Themen

Die Physik-Lehrkräfte wurden nach ihrem Bedürfnis nach Fortbildungen zu unterschiedlichen fachspezifischen digitalen Medien und Themen befragt. Tabelle 1 stellt die Rangfolge der Bedürfnisse dar.

Aus Sicht der befragten Lehrkräfte waren Fortbildungen zu Schülerexperimenten mit digitalen Medien, zu AR und VR und zu Smartphone-Experimenten am beliebtesten. Dabei gaben etwa 76 % der befragten Lehrkräfte an, mindestens ein „eher hohes“ Interesse an Fortbildungen zu Schülerexperimenten zu digitalen Medien zu haben, wohingegen es bei Smartphone-Experimenten noch 63 % der Lehrkräfte waren. Auch waren diese Themen über die Berufserfahrung hinweg für die Lehrkräfte interessant. Die Berufserfahrung zeigte nur bei IBE (Pearson's  $r = -0.194$ ,  $p < 0.05$ ), mathematischer Modellbildung ( $r = -0.206$ ,  $p < 0.05$ ), digitalen Messwerterfassungssystemen ( $r = -0.217$ ,  $p < 0.05$ ) und Mikrocontrollern ( $r = -0.208$ ,  $p < 0.05$ ) einen Zusammenhang mit dem Bedürfnis nach Fortbildungen. Die erfahreneren Lehrkräfte hatten an diesen Themen ein eher geringes Interesse im Vergleich zu Lehrkräften mit wenig Berufsjahren.

Insbesondere bei den Themen AR und VR und Mikrocontroller war das Bedürfnis der Lehrkräfte nach Fortbildungen zum Thema stark polarisiert ausgeprägt. Entgegen den sonst eher normalverteilten

**Tab. 1:** Rangfolge möglicher Fortbildungsthemen nach Mittelwerten; Interesse<sup>+</sup> sind Anteil bzw. Anzahl der Personen, die angaben, mindestens ein „eher hohes“ (Likert-Wert >3) Interesse zu haben.

Thema	<i>M</i>	<i>SD</i>	Interesse <sup>+</sup> (#)
Schülerexperimente mit digitalen Medien	4.15	1.14	76 % (93)
Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR)	3.92	1.76	64 % (78)
Smartphone-Experimente	3.89	1.43	63 % (77)
Einbettung digitaler Medien in einen lernförderlichen PhU	3.77	1.35	65 % (79)
Interaktive Bildschirmexperimente (IBE)	3.65	1.36	56 % (69)
Simulationen und Animationen	3.43	1.41	50 % (61)
Erklärvideos und das Lernen von Physik	3.35	1.34	46 % (56)
Videoanalyse	3.35	1.37	48 % (59)
Digitale Verfahren mathematischer Modellbildung	3.34	1.61	47 % (57)
Digitale Messwerterfassungssysteme	3.30	1.48	47 % (57)
Mikrocontroller	3.29	1.79	49 % (60)
Lernpsychologisches Hintergrundwissen bezgl. des Einsatzes digitaler Medien im PhU	3.17	1.34	39 % (48)
Gesellschaftliche Relevanz digitaler Medien	2.99	1.55	38 % (46)

Rückmeldungen der Lehrkräfte fanden sich bei diesen Themen breite Ränder, d.h. die Extreme „sehr niedrig“ (21 Personen bei AR und VR) und „sehr hoch“ (27 Personen bei AR und VR) sind hier stark ausgeprägt.

Mit Abstand am geringsten ausgeprägt war das Interesse der Lehrkräfte an Fortbildungen zur gesellschaftlichen Relevanz digitaler Medien oder dem lernpsychologischen Hintergrundwissen zum schulischen Einsatz digitaler Medien.

### 5.2. Aspekte von Fortbildungen

Die Lehrkräfte wurden ferner gefragt, welche inhaltlichen Aspekte sie sich bei einer Fortbildung zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht wünschen. Wie aus Tabelle 2 hervorgeht, liegt das größte Interesse der Lehrkräfte darin, bei den Fortbildungen die Medien auch selbst auszuprobieren und mit diesen zu interagieren. Ebenso eher positiv wird das Aufzeigen von didaktischen Einsatzmöglichkeiten für den Unterricht bewertet. Etwa 20 % der befragten Lehrkräfte hatten gegenüber diesen Aspekten ein niedriges Interesse.

**Tab. 2:** Bewertung einzelner inhaltlicher Aspekte von Fortbildungen zu digitalen Medien

Inhaltliche Aspekte	<i>M</i>	<i>SD</i>
Praktisches Ausprobieren	4.41	1.24
Didaktische Einsatzmöglichkeiten	4.16	1.28
Empirische Befunde	3.51	1.46
Eigene Unterrichtseinheiten und Feedback erhalten	3.48	1.36

Die Durchführung eigener Unterrichtseinheiten mit digitalen Medien und das Erhalten von Feedback zu diesen Einheiten wie auch die Behandlung von empirischen Befunden zur Lernwirksamkeit digitaler Medien schnitt bei den Lehrkräften eher schlecht ab. Etwa die Hälfte der Lehrkräfte hat ein Interesse an der Behandlung dieser Aspekte in Fortbildungen bekundet. Die Berufserfahrung hatte keinen Einfluss auf die inhaltlichen Aspekte.

### 5.3. Fortbildungsformat

Neben den thematischen Bedürfnissen und Interessen für die Ausgestaltung der Fortbildungen wurden auch das gewünschte Fortbildungsformat und die Organisationsform erhoben. Dabei waren Mehrfachnennungen möglich (siehe Tabelle 3).

Die meisten Lehrkräfte wünschten sich Präsenzfortbildungen, gefolgt von Online-Fortbildungen. Am schlechtesten schnitten Selbstlerneinheiten ab. Diese wurden meistens mit anderen Fortbildungsformaten zusammen angegeben, kamen aber nur einmal als alleinige Präferenz vor. Die meisten Lehrkräfte kann man für Fortbildungen gewinnen, wenn diese sowohl als Online- als auch als Präsenz-Fortbildung zur

Verfügung stehen (111 von 122 Befragten gaben mindestens eines der beiden Formate an).

**Tab. 3:** Gewünschtes Fortbildungsformat nach Anzahl der Nennung (Mehrfachnennung möglich)

Fortbildungsformat	#
Präsenz	89
Online	54
Hybrid	42
Selbstlerneinheit	37

Bezüglich der Organisationsformen der Fortbildung gaben die meisten Physik-Lehrkräfte an, an Halbtagesveranstaltungen in Präsenz interessiert zu sein (siehe Tabelle 4). Ähnlich viele Lehrkräfte gaben an, eine zusammenhängende Fortbildungsreihe, die über mehrere Tage geht, besuchen zu wollen. Am unbeliebtesten waren Selbstlernmodule auf Basis einer Online-Diagnose. Lange Selbstlernmodule (im Umfang von 90 Minuten zur freien Auswahl), die die Grundlagen zu einzelnen digitalen Medien vermitteln, waren unbeliebter als kürzere Selbstlernmodule (30 Minuten zu Grundlagen) mit individuellen Vertiefungsmöglichkeiten.

**Tab. 4:** Gewünschte Organisationsform der Fortbildung nach Anzahl der Nennungen (Mehrfachnennung möglich)

Organisationsform	#
Halbe Tage in Präsenz	65
Fortbildungsreihe	59
30min Selbstlernmodule mit individueller Vertiefung	45
90 Minuten Selbstlernmodule	37
Selbstlernmodule nach Online-Diagnose	28

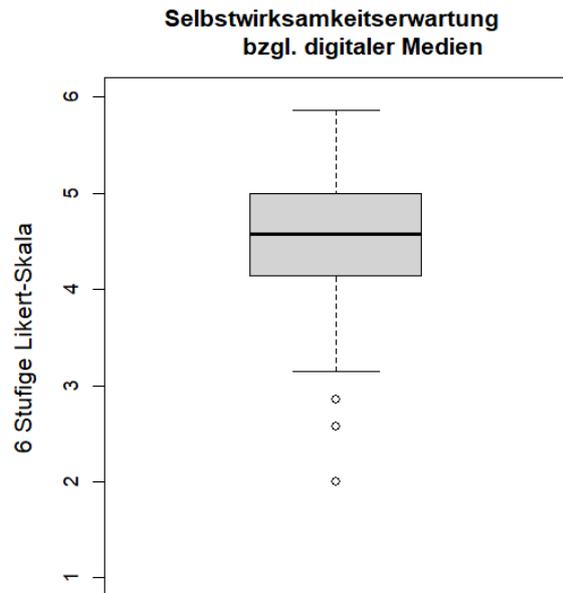
Betrachtet man die Präsenzfortbildungen ohne Selbstlernmodule zeigt sich, dass 97 Personen entweder eine halbtägige oder eine Fortbildungsreihe besuchen würden, aber nur 27 Personen davon würden beides präferieren. Demgegenüber gibt es in Summe 70 Personen, die eine Form der Selbstlernmodule gewählt haben.

### 5.4. Selbstwirksamkeit der Lehrkräfte beim Einsatz digitaler Medien

Die Lehrkräfte zeigen größtenteils eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien im Unterricht (siehe Abbildung 1). Der Mittelwert war mit  $M = 4.51$  ( $SD = 0.69$ ) im mittleren Bereich. Die Berufserfahrung oder das Geschlecht hatten keinen Einfluss auf die Selbstwirksamkeitserwartung.

## 6. Diskussion und Limitationen

Die Stichprobe der Physik-Lehrkräfte deckt nicht alle Bundesländer ab, daher ist es für die folgende Diskussion wichtig zu beachten, dass die Aussagen keinen Anspruch auf Generalisierbarkeit erheben. Zudem haben an dieser Gelegenheitsstichprobe vermutlich auch eher nur Lehrkräfte teilgenommen, die ohnehin schon ein Grundinteresse an der Thematik hatten, was zu einer Positivauswahl führt.



**Abb. 1:** Selbstwirksamkeitserwartung der befragten Lehrkräfte

Zur Beantwortung der FF1 hat sich gezeigt, dass Lehrkräfte insbesondere an Fortbildungen zu Schülerexperimenten mit digitalen Medien sowie zur Einbettung digitaler Medien in den Physikunterricht interessiert sind – beides Themen, die nicht spezifisch an ein Medium gebunden sind. Das größte medien-spezifische Interesse haben Lehrkräfte an Smartphones und Augmented und Virtual Reality. Dies könnte in der guten Verfügbarkeit von Smartphones auf Seiten der SuS und somit im Unterricht (Feierabend et al., 2022) und der Neuartigkeit von AR-Anwendungen begründet liegen, die auch mit Smartphones genutzt werden. Hingegen besteht an der gesellschaftlichen Relevanz oder den lernpsychologischen Hintergründen des Medieneinsatzes ein eher geringes Interesse. Es ist ergänzend festzuhalten, dass es bei Themen wie Mikrocontrollern zu starken Polarisierungen kommt, sodass hier die Gruppe, die einen großen Bedarf sieht, größer ausfällt als bei anderen Themen. Gleichzeitig gibt es aber auch viele Lehrkräfte, die nahezu kein Interesse daran haben. Es gibt zu nahezu allen digitalen Medien ein Bedürfnis nach Fortbildungen, das aber unterschiedlich stark ausgeprägt ist. Kein Thema wird als vollständig uninteressant angesehen, sodass sich zu jedem Thema eine Gruppe an interessierten Lehrkräften finden dürfte.

Bezüglich der methodischen Aspekte von Fortbildungen (FF2) sind schulpraktische Umsetzungen, wie das konkrete Ausprobieren der Medien oder konkrete didaktische Einsatzmöglichkeiten im Unterricht, beliebter als die Auseinandersetzung mit empirischen Befunden. Die Kategorien „Erarbeiten von Unterrichtsstunden“ und „Peerfeedback erhalten“ sind am wenigsten beliebt, auch wenn diese sich in Studien als wirksame Elemente von Fortbildungen erwiesen haben (Desimone, 2009).

Das beliebteste Fortbildungsformat (FF3) ist die Präsenzfortbildung, was vor dem Hintergrund des großen Interesses am praktischen Ausprobieren von digitalen Medien wenig überrascht. Zeittechnisch sind halbe Tage oder mehrtägige Fortbildungen am beliebtesten. Dies bestätigt auch die Befunde von Schulze-Vorberg et al. (2021), bei denen ganztägige oder am Vormittag stattfindende Fortbildungen außerhalb der Ferien am beliebtesten waren.

Die Selbstwirksamkeitserwartung zum Einsatz digitaler Medien (FF4) befindet sich im oberen mittleren Bereich. Im Vergleich zu anderen Gruppen, wie Studierenden, kommt es hier nicht zu einer sehr stark ausgeprägten Überschätzung der eigenen Kompetenz (Weiler et al., 2022), was vermutlich auf die eigene Lehrerfahrung zurückzuführen ist. Vor dem Hintergrund, dass dieses affektive Konstrukt den späteren Einsatz digitaler Medien in der Schulpraxis beeinflusst, ist es daher wichtig, Lehrkräften in Fortbildungen die Möglichkeit zu geben, ihre eigene Selbstwirksamkeitserwartung zu steigern. Dies kann durch direktes Ausprobieren geschehen und bildet somit auch eine Verknüpfung zu den Wünschen der Lehrkräfte mit Blick auf die methodischen Aspekte von Fortbildungen.

## 7. Fortbildungskonzept

Basierend auf den Ergebnissen der Bedürfniserhebung wird im Folgenden das erarbeitete Fortbildungskonzept des ComeNet Physik vorgestellt. Die entwickelten Materialien für die Fortbildungen sind aus den Vorarbeiten aus dem Projekt „Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik“ (DiKoLeP; Weiler et al., 2023) entwickelt worden. Nach einer Vorstellung des Fortbildungskonzepts wird der allgemeine Aufbau der Fortbildungsmodule dargestellt.

### 7.1. Fortbildungsstruktur

Die Fortbildungen gliedern sich in drei Teile, bei denen versucht wurde, die Wünsche der Lehrkräfte mit Blick auf die Fortbildungsformate zu berücksichtigen. Primär wird den Wünschen nach Präsenzfortbildungen nachgekommen. Es wurde jedoch auf mehrtägige Präsenzfortbildungen verzichtet, da die meisten Lehrkräfte an halbtägigen Präsenzfortbildungen interessiert sind und die Schnittmenge mit den Personen, die angaben, eine Fortbildungsreihe zu präferieren, als zu klein erachtet wurde.

Vor den in Präsenz stattfindenden Fortbildungen zu einzelnen digitalen Medien sind die teilnehmenden

Lehrkräfte angehalten, vorab einen Online-Kurs auf iMoox.at zu belegen, bei dem ihnen unterschiedliche Online-Selbstlernmodule zur Verfügung stehen. Dies ermöglicht es, obwohl Selbstlernfortbildungen allein als eher uninteressant angesehen wurden, Inhalte vorwegzunehmen, um alle Lehrkräfte auf einen ähnlichen Wissensstand zu bringen und somit mehr Zeit für beliebtere Praxisphasen in den Präsenzfortbildungen zu haben. Die Plattform iMoox.at wurde gewählt, da sie eine in Österreich bereits etablierte Plattform für Selbstlernkurse ist. Die Materialien sind frei nutzbar und werden auch über die Projektlaufzeit hinaus von iMoox.at weiterhin gepflegt, was die Auffindbarkeit und Nachhaltigkeit der entwickelten Fortbildung steigert.

Zu Beginn des Online-Kurses können die Lehrkräfte zwischen einem geleiteten Weg oder der freien Auswahl von Inhalten wählen. Bei dem geleiteten Weg (siehe Abbildung 2) steht den Lehrkräften eine Eingangsdiagnostik zur Verfügung, die ihnen Empfehlungen zur Bearbeitung von Kursinhalten macht.

bildung mehr Zeit zum praktischen Ausprobieren zur Verfügung, was von den Lehrkräften für wichtig erachtet wurde. Zusätzlich wird versucht auch schon in den Online-Modulen die Möglichkeit zum Ausprobieren der Medien zu geben.

Die Präsenzfortbildungen im Anschluss an die vorbereitenden Online-Lernmodule finden an den beteiligten Standorten in Deutschland und Österreich statt. Auf diese Weise soll die Möglichkeit der Partizipation an den Fortbildungen erhöht werden.

In den Präsenzfortbildungen werden mögliche didaktisch begründete Einsatzszenarien der digitalen Medien besprochen. Dabei werden auch Möglichkeiten von Schülerexperimenten bei jeder Fortbildung diskutiert, um so das am meisten gewünschte Thema in mehreren Fortbildungen unterzubringen. Die Lehrkräfte haben spätestens bei den Präsenzfortbildungen die Möglichkeit, die unterschiedlichen digitalen Medien direkt selbst auszuprobieren, sofern dies in den Online-Selbstlernmodulen nicht möglich gewesen ist.

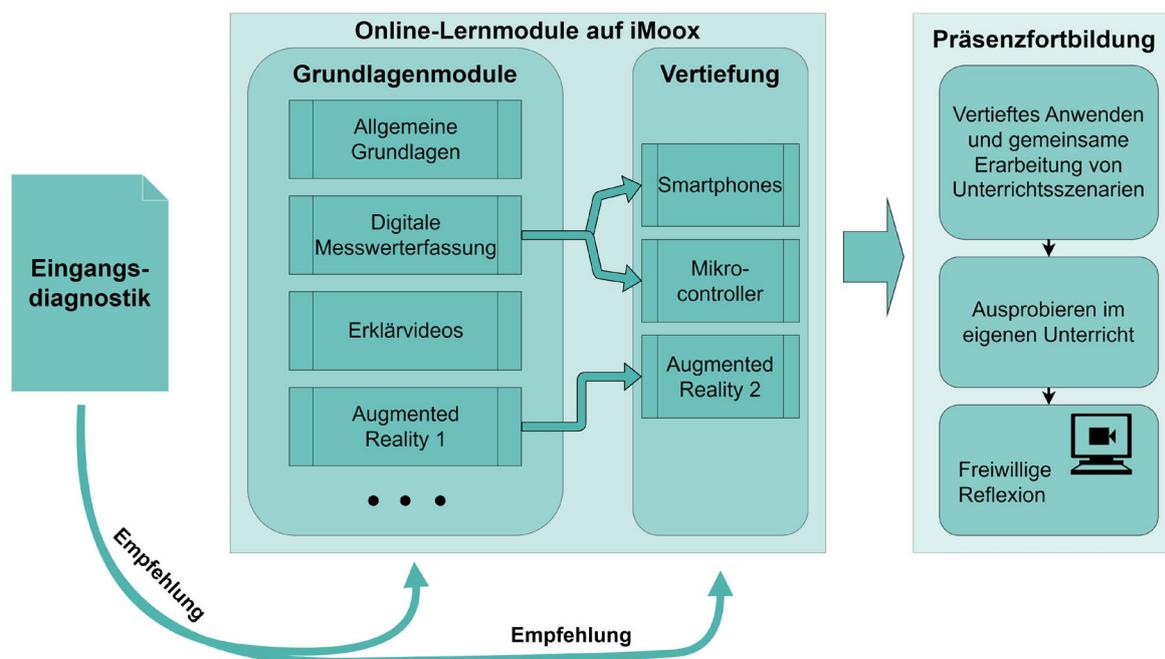


Abb. 2: Möglicher Ablauf der geleiteten Fortbildung.

So kann beispielsweise empfohlen werden, mit einem Grundlagenmodul zu beginnen oder - wenn bereits Vorerfahrungen bei den Lehrkräften bestehen - direkt mit einem Vertiefungsmodul zu interagieren. Vertiefungsmodul können außerdem immer im Anschluss an ein abgeschlossenes Grundlagenmodul bearbeitet werden. Dennoch sind alle Module für die Lehrkräfte auffindbar, sodass ein hohes Maß an Autonomie gewährleistet ist. Der Umfang der einzelnen Selbstlernmodule wird eher kurzgehalten und soll, den Ergebnissen der Bedürfnisanalyse folgend, 30 Minuten nicht übersteigen. Durch das Auslagern von Inputphasen in Online-Selbstlernmodule steht den Lehrkräften während der anknüpfenden Präsenzfort-

Im Rahmen der Präsenzfortbildungen wird den Lehrkräften ferner das kollaborative Erarbeiten von Unterrichtsszenarien und Materialien ermöglicht. Dies umfasst neben der gemeinsamen Planung auch die Adaption bisheriger OER-Materialien. Dies ermöglicht es, dass Lehrkräfte, die das Gelernte direkt umsetzen wollen, eine niedrigere Einstiegshürde haben und die Rechte zum weiteren Teilen der Materialien gewährleistet werden.

Auf freiwilliger Basis findet eine Online-Nachbesprechung statt, sobald die Lehrkräfte die Möglichkeit hatten, ihre entwickelten Unterrichtsmaterialien im eigenen Unterricht einzusetzen. Dies ermöglicht

die Reflexion des Gelernten und das Aufbauen eines Netzwerks zum Austausch von Materialien, auch über die eigene Schule hinweg.

## 7.2. Inhalt der Lernmodule und Fortbildungen

Im ComeNet Physik werden Fortbildungen und Lernmodule zu unterschiedlichen digitalen Medien entwickelt. Die Module umfassen die Themenbereiche:

- Erklärvideos und deren Erstellung
- Simulationen und Animationen
- Interaktive Bildschirmexperimente
- Augmented Reality
- Mathematische Modellbildung
- Digitale Messwerterfassung mit Lehrmittelsystemen, Smartphones und Mikrocontrollern
- Videoanalyse

Ergänzend gibt es ein Online-Selbstlernmodul zur Einführung und Grundlagen zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht.

Den Online-Selbstlernmodulen liegt die gleiche Systematik zugrunde. Zuerst wird geklärt, was die Besonderheiten des jeweiligen digitalen Mediums sind. Danach wird auf mögliche Einsatzszenarien im Unterricht eingegangen. Abschließend werden kurz empirische Befunde zu den Medien präsentiert. Dabei sind Anwendungsaufgaben für die Lehrkräfte mit eingeplant, damit die Medien, sofern es online möglich ist, direkt ausprobiert werden können. Die Lernmodule sind meistens in zwei Niveaustufen aufgeteilt. In einem Grundlagenmodul wird in das Medium eingeführt, während ein Vertiefungsmodul spezifischere oder aufwändigere Anwendungen berücksichtigt. So geht es beispielsweise im Grundlagenmodul zu Interaktiven Bildschirmexperimenten (IBE) um das Auffinden und Einbetten von IBE für den eigenen Unterricht und im Vertiefungsmodul um die Erstellung von eigenen IBE für den Physikunterricht.

Die auf iMoox.at zur Verfügung gestellten Online-Selbstlernmodule gehen im September 2024 an den Start und bleiben auch über die Projektlaufzeit hinaus erhalten. Die Fortbildungen werden im Zuge des Projekts ComeMINT durchgeführt und die entstandenen Fortbildungsmaterialien im Nachhinein zur Verfügung gestellt.

## 8. Literatur

Backfisch, I., Lachner, A., Hische, C., Loose, F. & Scheiter, K. (2020). Professional Knowledge or Motivation? Investigating the Role of Teachers' Expertise on the Quality of Technology-Enhanced Lesson Plans. *Learning and Instruction*, 66, Artikel 101300. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.101300>

Barzel, B., & Selter, C. (2015). Die DZLM-Gestaltungsprinzipien für Fortbildungen.

*Journal für Mathematik-Didaktik*, 36(2), 259–284. <https://doi.org/10.1007/s13138-015-0076-y>

Becker, S., Meßinger-Koppelt, J. & Thyssen, C. (Hrsg.) (2020). *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*. Hamburg: Joachim Herz Stiftung.

Blömeke, S., Gustafsson, J. & Shavelson, R. (2015). Beyond Dichotomies. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (1), 3–13. <https://doi.org/10.1027/2151-2604/a000194>

Desimone, L. M. (2009). Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures. *Educational Researcher*, 38(3), 181–199. <https://doi.org/10.3102/0013189X08331140>

Drossel, K. & Eickelmann, B. (2018). Die Rolle der Lehrerprofessionalisierung für die Implementierung neuer Technologien in den Unterricht – Eine Latent-Class-Analyse zur Identifikation von Lehrertypen. *MedienPädagogik. Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, (31), 166–191. <https://doi.org/10.21240/mpaed/31/2018.06.04.X>

Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., & Vahrenhold, J. (Hrsg.). (2019). *ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking*. Waxmann.

Endberg, M., & Lorenz, R. (2022). Selbsteingeschätzte Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht im Bundesländervergleich 2021 und im Trend seit 2017. In R. Lorenz, S. Yotyodying, B. Eickelmann, & M. Endberg (Hrsg.), *Schule digital—Der Länderindikator 2021: Lehren und Lernen mit digitalen Medien in der Sekundarstufe I in Deutschland im Bundesländervergleich und im Trend seit 2017* (1. Auflage, S. 89–115). Waxmann.

Feierabend, S., Rathgeb, T., Kheredmand, H., Glöckler, S., & Medienpädagogischer Forschungsverbund Südwest. (2022). *JIM-Studie 2022: Basisuntersuchung zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger*. [https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM\\_2022\\_Web\\_final.pdf](https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2022/JIM_2022_Web_final.pdf)

Girwidz, R., & Kohnle, A. (2021). Multimedia and Digital Media in Physics Instruction. In H. E. Fischer & R. Girwidz (Hrsg.), *Physics Education* (S. 297–336). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87391-2_11)

- Granic, A. & Marangunic, N. (2019). Technology Acceptance Model in Educational Context: A Systematic Literature Review. *British Journal of Educational Technology*, 50 (5), 2572–2593. <https://doi.org/10.1111/bjjet.12864>
- Guskey, T. R., & Yoon, K. S. (2009). What Works in Professional Development? *Phi Delta Kappan*, 90(7), 495–500. <https://doi.org/10.1177/003172170909000709>
- Hatlevik, O. E. (2017). Examining the Relationship between Teachers' Self-Efficacy, their Digital Competence, Strategies to Evaluate Information, and use of ICT at School. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 61(5), 555–567. <https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1172501>
- Hillmayr, D., Zienwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Kuhn, J., & Vogt, P. (2019). *Physik ganz smart: Die Gesetze der Welt mit dem Smartphone entdecken*. Springer Spektrum.
- Lipowsky, F., & Rzejak, D. (2021). Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten: Ein praxisorientierter und forschungsgestützter Leitfaden. <https://doi.org/10.11586/2020080>
- Lucas, M., Bem-Haja, P., Siddiq, F., Moreira, A., & Redecker, C. (2021). The relation between in-service teachers' digital competence and personal and contextual factors: What matters most? *Computers & Education*, 160, 104052. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104052>
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers college record*, 108(6), 10171054.
- Rzejak, D. & Lipowsky, F. (2018). Forschungsüberblick zu Merkmalen wirksamer Lehrerfortbildungen. In I. Grothus (Hrsg.), *Lehrkräftefortbildung in Deutschland. Recherchen für eine Bestandsaufnahme* (S. 131–141). Deutscher Verein für Lehrerfortbildung.
- Scherer, R. & Teo, T. (2019). Unpacking Teachers' Intentions to Integrate Technology: A Meta-Analysis. *Educational Research Review*, 27, 90–109. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.03.001>
- Shulman, L. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Schulze-Vorberg, L., Krille, C., Fabriz, S., & Horz, H. (2021). Hinweise und Empfehlungen für die Konzeption von Lehrkräftefortbildungen zu digitalen Medien. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 24(5), 1113–1142. <https://doi.org/10.1007/s11618-021-01046-z>
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D., & Thyssen, C. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- Weiler, D., Burde, J.-P., Lachner, A., Große-Heilmann, R., Riese, J., & Schubatzky, T. (2022). Bedarfsanalyse zu digitalen Medien bei Physik-Lehramtsstudierenden. In S. Habig & H. van Vorst (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (S. 768–771). <https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/2022/05/Tagungsband-2022-Stand-13522.pdf>
- Weiler, D., Burde, J.-P., Große-Heilmann, R., Lachner, A., Riese, J., & Schubatzky, T. (2023). Förderung von digitalisierungsbezogenen Kompetenzen von angehenden Physiklehrkräften mit dem SQD-Modell im Projekt DiKoLeP. In M. Meier, M. Hammann, G. Greefrath, K. Ziepprecht, & R. Wodzinski (Hrsg.), *Lehr-Lern-Labore und Digitalisierung* (1. Auflage 2023). Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer VS.
- Wilhelm, T. (Hrsg.). (2023). *Digital Physik unterrichten: Grundlagen, Impulse und Perspektiven* (1. Auflage). Klett | Kallmeyer.

### Danksagung

Finanziert durch die Europäische Union – NextGenerationEU und gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind ausschließlich die des Autors/der Autorin und spiegeln nicht unbedingt die Ansichten der Europäischen Union, Europäischen Kommission oder des Bundesministeriums für Bildung und Forschung wider. Weder Europäische Union, Europäische Kommission noch Bundesministerium für Bildung und Forschung können für sie verantwortlich gemacht werden.