

Eine Lehrerbefragung zum Einsatz digitaler Tools im Physikunterricht

Lars-Jochen Thoms, Raimund Girwidz

Ludwig-Maximilians-Universität München

l.thoms@lmu.de

Kurzfassung

Ein Fragebogen zum Einsatz digitaler Tools in und um den Physikunterricht wurde erstellt. Damit soll in Lehrkräftefortbildungen zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht besser auf die Vorerfahrungen von Physiklehrerinnen und Physiklehrern eingegangen werden können. In einer ersten Pilotstudie wurden $n = 58$ Physiklehrkräfte basierend auf den im Orientierungsrahmen DiKoLAN (Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften) formulierten Kompetenzerwartungen dazu befragt, (a) wie häufig sie für eine bestimmte Tätigkeit digitale Tools einsetzen und (b) welche konkreten Tools sie für diese vorgegebenen Tätigkeiten nutzen. Erste Einblicke deuten an, dass sich durch diese Fragestellungen ein differenziertes Bild der Nutzung digitaler Anwendungen seitens der befragten Lehrkräfte erfassen lässt. Die Antworten zeigen zudem, dass auch innerhalb eines Kompetenzbereiches die Nutzungshäufigkeit für einzelne Anwender in Abhängigkeit von der vorgegebenen Tätigkeit stark variieren kann.

1. Einleitung

Am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München werden regelmäßig Fortbildungen für Physiklehrkräfte angeboten. Viele dieser Fortbildungen beinhalten Konzepte zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht. Durch diese speziellen Angebote sollen sowohl die digitalen Kompetenzen der Lehrkräfte als auch der gezielte und fachdidaktisch fundierte Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht gefördert werden.

In der Vorbereitung einer entsprechenden Fortbildung sollte beachtet werden, dass die Voraussetzungen der einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer äußerst heterogen sein können. Dies betrifft u. a. die vorhandenen oder verfügbaren technischen Ausstattungen in der Schule, seitens der Lehrkräfte aber auch bei den Schülerinnen und Schülern. Ebenso können das Vorwissen und die Kompetenzstände der Lehrerinnen und Lehrer über den Bereich digitaler Kompetenzen im Ganzen unterschiedlich ausgeprägt sein. Auch bei einer einzelnen Person können zwischen verschiedenen Kompetenzbereichen Unterschiede bestehen.

Insbesondere wenn digitale Tools Mittel oder Gegenstand der Fortbildung sind, sollten vorhandene Soft- und Hardwarekenntnisse sowie die Häufigkeit der Nutzung solcher Tools durch die Lehrkräfte berücksichtigt werden. Hierbei ist zu beachten, dass in MINT-spezifischen Fortbildungen mitunter spezielle Soft- oder Hardware gebraucht wird, was wiederum naturwissenschaftsspezifische digitale Kompetenzen seitens der Teilnehmerinnen und Teilnehmer erfordert und fördert.

Um zielgerichtete und an zukünftigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern orientierte Fortbildungen

anbieten zu können, sollte ein entsprechender Fragebogen erstellt werden, mit welchem der Ist-Stand der unterrichtsbezogenen Mediennutzung von potenziell an solchen Fortbildungen teilnehmenden Physiklehrkräften erhoben werden kann. Die entsprechende Leitfrage lautet:

Für welchen Zweck im und um den Physikunterricht werden welche Tools wie häufig eingesetzt?

2. Methoden

In Anlehnung an die im *Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN* (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020) im Bereich „Spezielle Technik (TK)“ definierten Kompetenzerwartungen wurde ein Fragebogen zum Einsatz digitaler Tools in und um den Physikunterricht erstellt. Die Strukturierung für den Fragebogen basiert auf der Unterscheidung der sieben zentralen Kompetenzbereiche im DiKoLAN. Diese wurden ursprünglich aus naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen abgeleitet und spiegeln daher notwendige Kompetenzen für das Unterrichten naturwissenschaftlicher Fächer mit digitalen Medien wider (Thyssen et. al, 2020). Entsprechend werden die sieben zentralen Kompetenzbereiche des DiKoLAN fokussiert (Abb.1):

- Dokumentation,
- Präsentation,
- Kommunikation/Kollaboration,
- Recherche und Bewertung,
- Messwert- und Datenerfassung,
- Datenverarbeitung sowie
- Simulation und Modellierung.



Abb.1: Orientierungsrahmen *Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN* (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020, <https://dikolan.de>).

Allgemeine technische Basiskompetenzen werden nicht berücksichtigt. Das gleiche gilt für die rechtlichen Rahmenbedingungen, da diese stark von dem konkreten Kontext abhängen, in dem eine Anwendung genutzt werden würde.

Für jeden der sieben Kompetenzbereiche wurden aus den im DiKoLAN definierten Kompetenzerwartungen eine, drei oder fünf *Hauptfragen* extrahiert (Tab.1), die jeweils die folgende Grundfrage nachbilden:

Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools, um ...?

Als Antworten können die Befragten eine der folgenden Optionen auswählen:

- nie,
- selten,
- gelegentlich,
- häufig,
- sehr häufig bis immer sowie
- keine Antwort.

Falls die Befragten digitale Tools für den in der Hauptfrage angegebenen Einsatzzweck nutzen (also nicht „nie“ oder „keine Antwort“ gewählt haben), wird ein weiterer Fragenblock eingeblendet, der die Hauptfrage für ausgewählte Tools spezifiziert, etwa in der Form:

Wie oft verwenden Sie die folgenden Tools, um ...?

Als Antwortoptionen werden hier gegeben:

- kenne ich nicht,

- kenne ich, aber nie dafür benutzt,
- selten dafür benutzt,
- gelegentlich dafür benutzt,
- häufig dafür benutzt,
- sehr häufig dafür benutzt,
- keine Antwort.

Zusätzlich erhalten die Befragten die Möglichkeit, bis zu drei weitere, nicht angegebene Tools hinzuzufügen und jeweils gleichermaßen Angaben zur Häufigkeit der Nutzung zu machen.

Zur Pilotierung des Fragebogens wurden mittels einer Online-Erhebung $n = 58$ Physiklehrerinnen (24) und Physiklehrer (29; 5 keine Angabe) im November 2020 (50) und Januar 2021 (8) zu ihrer Nutzung digitaler Tools im und um den Unterricht befragt. Die Befragten waren im Schnitt 44,5 Jahre alt ($SD = 10,5$ Jahre) und seit 15,6 Jahren im Schuldienst ($SD = 9,7$ Jahre) in Bayern (54), Hessen (2) oder Baden-Württemberg (1; keine Angabe) tätig.

3. Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden soll ein Einblick in erste Ergebnisse aus der Pilotierung geben werden.

3.1. Häufigkeiten der Nutzung digitaler Tools für vorgegebene Einsatzzwecke nach Kompetenzbereichen

Die Ergebnisse der Befragung zeigen, dass die Lehrkräfte innerhalb der Kompetenzbereiche je nach konkretem Einsatzzweck stark unterschiedliche Nutzungshäufigkeiten aufweisen (Abb.2). Von den

Item	Itemtext
DO1	Wie regelmäßig dokumentieren Sie Protokolle, Experimente, Daten etc. digital?
DO2	Wie regelmäßig nutzen Sie Systeme zur sicheren und dauerhaften Datenablage (Netzwerkspeicher, Cloudspeicher, Archivierungsserver)?
DO3	Wie regelmäßig nutzen Sie Möglichkeiten der Versionsverwaltung und Dateiarchivierung für Ihren eigenen Gebrauch, wenn Sie nicht mit anderen zusammenarbeiten (z. B. Dateibenennung mit fortlaufender Nummerierung, datumsbasierte Dateinamen, Windows Dateiversionsverlauf, Apple Time Machine, Subversion, Git)?
PR1	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools, um Inhalte unterschiedlicher Größenordnungen zu präsentieren (z. B. Dokumentenkamera, Videokamera, Smarthone, Tablet, Mikroskopkamera)?
PR2	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools, um Prozesse auf unterschiedlichen Zeitskalen zu präsentieren (z. B. Zeitlupe, Zeitraffer)?
PR3	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools, um Präsentationen einem größeren Auditorium zugänglich zu machen (z. B. Beamer, interaktive Tafeln)?
PR4	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools, um Präsentationen/Bildschirmanzeigen mehreren Gruppen zugänglich zu machen (z. B. Anzeige auf mehreren Endgeräten)?
PR5	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools, um Präsentationen/Bildschirmanzeigen einzelnen Empfängern zugänglich zu machen?
KK1	Wie regelmäßig nutzen Sie Software für kollaborative Text- und Datenverarbeitung (z. B. Office 365, Google Docs, Etherpad)?
KK2	Wie regelmäßig nutzen Sie Cloud-Speicher, um Dateien gemeinsam zu bearbeiten oder auszutauschen?
KK3	Wie regelmäßig nutzen Sie Möglichkeiten zur Versionsverwaltung Ihrer Dateien gemeinsam mit anderen (z. B. Dateibenennung mit fortlaufender Nummerierung, datumsbasierte Dateinamen, Subversion, Git)?
KK4	Wie regelmäßig nutzen Sie Systeme für gemeinsam nutzbare Netzspeicher (z. B. WLAN-Speicher, NAS)?
KK5	Wie regelmäßig nutzen Sie Systeme zur gemeinsamen Datenverwaltung?
RB1	Wie regelmäßig nutzen Sie Suchmöglichkeiten der digitalen Recherche, wie Suchfunktionen von Bibliotheken, Fachdatenbanken oder elektronische Volltexte?
RB2	Wie regelmäßig nutzen Sie Recherchestrategien (z. B. Problemanalyse, Stichwörter, Synonyme und Suchdienste)?
RB3	Wie regelmäßig erstellen Sie Datenbanken?
MD1	Wie regelmäßig führen Sie Videoanalysen von Bewegungsabläufen durch?
MD2	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Tools zur computerunterstützten Messwerterfassung mit schulspezifischen Systemen (z. B. für EKG-, pH-, Temperatur-, Strom-, Spannungs-, Bewegungsmessungen)?
MD3	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Labor-/Messinstrumente, die Messdaten zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellen (u. a. Wetterstationen, digitale Waagen, Wärmebildkameras)?
MD4	Wie regelmäßig nutzen Sie mobile Endgeräte mit eingebauten Sensoren zur Datenaufnahme (z. B. Kamera, Gyroskop, Beschleunigungs-, Licht- und Biometrie-Sensor)?
MD5	Wie regelmäßig nutzen Sie mobile Endgeräte mit externen Sensoren?
DV2	Wie regelmäßig nutzen Sie digitale Werkzeuge (z. B. Statistikprogramme, Tabellenkalkulation, Datenbanken) zur Aufbereitung zur Visualisierung?
SM1	Wie regelmäßig nutzen Sie Programme oder Webpakete, mit denen Simulationen und Modellierungen vorgenommen werden können zur Generierung von Daten im Erkenntnisprozess, zum Abgleich mit experimentell gewonnenen Daten oder zur Veranschaulichung fachlicher Zusammenhänge?

Tab.1: Hauptfragen zur Häufigkeit der Nutzung digitaler Tools in und um den Physikunterricht.

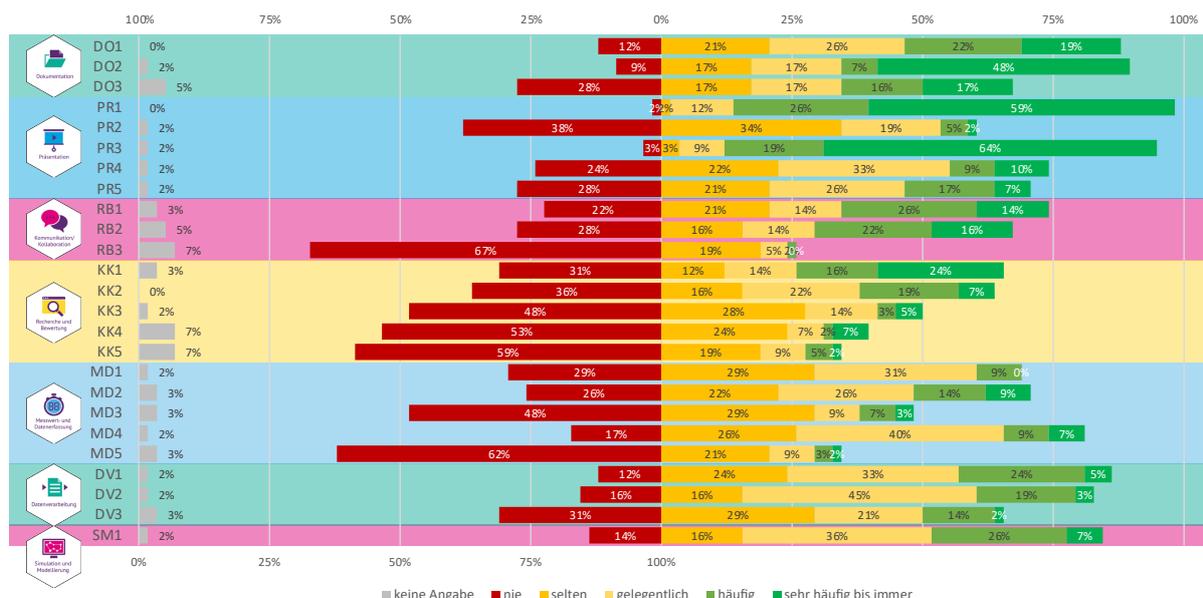


Abb.2: Diverging stacked bar chart der prozentualen Häufigkeiten der Nutzung digitaler Anwendungen für einen vorgegebenen Einsatzzweck.

Befragten geben 85% an, häufig bis immer digitale Tools zu verwenden, um Inhalte unterschiedlicher Größenordnungen zu präsentieren und 83% geben an, häufig bis immer digitale Anwendungen zu nutzen, um Präsentationen einem größeren Auditorium zugänglich zu machen. Dagegen nutzen nur 7% digitale Tools, um Prozesse auf unterschiedlichen Zeitskalen zu präsentieren; und 38% geben an, diese Möglichkeit niemals in die Unterrichtsgestaltung einzubinden. Auffällig ist die starke Differenzierung zwischen den einzelnen Hauptfragen zur Nutzungshäufigkeit digitaler Medien für bestimmte Einsatzzwecke auch innerhalb der Kompetenzbereiche. Dies deutet darauf hin, dass auch Fragestellungen zum Kompetenzstand von Lehrerinnen und Lehrern in diesen Kompetenzbereichen differenziert betrachtet werden müssen.

Es gibt einzelne Einsatzzwecke vor allem in den Kompetenzbereichen *Präsentation* und *Dokumentation*, für die vergleichsweise häufig digitale Medien genutzt werden (vor allem PR1, PR3, DO2 aber auch DO1). Dennoch lässt sich keine deutliche generelle Tendenz erkennen, dass zum Beispiel in fachspezifischeren Kompetenzbereichen gegenüber allgemeineren Kompetenzbereichen generell eine häufigere Mediennutzung stattfinden würde oder umgekehrt.

Bemerkenswert ist auch, wenn Lehrkräfte angeben, bei keinem vorgegeben Einsatzzweck eines Kompetenzbereiches digitale Medien zu nutzen. Trotz der durch die Covid-19-Pandemie erzwungene Verlagerung des Unterrichts in das Distanzlernen, geben 16% der befragten Lehrkräfte bei allen Items des Kompetenzbereiches *Kommunikation/Kollaboration* an, nie digitale Tools zu verwenden (Tab.2).

Andererseits zeigt sich, dass die Nutzung digitaler Medien in den Bereichen *Dokumentation*, *Präsentation* und *Datenverarbeitung* eine breite und

variantenreiche Anwendung findet, da hier ein großer Anteil der Lehrkräfte bei allen vorgegebenen Einsatzzwecken digitale Medien nutzt (55%, 48% bzw. 59%). Von den Befragten nutzen auch 85% Simulationen und Modellierungen im Physikunterricht.

Bereich	Anz.	Nutzung digitaler Tools	
		bei keinem Item	bei allen Items
Dokumentation	3	2%	55%
Präsentation	5	0%	48%
Kommunikation/ Kollaboration	5	16%	16%
Recherche und Bewertung	5	16%	17%
Messwert- und Datenerfassung	5	3%	17%
Datenverarbeitung	3	7%	59%
Simulation und Modellierung	1	14%	85%

Tab.2: Teil der Befragten je Kompetenzbereich, die bei allen bzw. keiner Hauptfrage(n) zur Nutzung digitaler Tools in dem jeweiligen Kompetenzbereich „nie“ angegeben haben.

3.2. Ausgewählte Beispiele zur Häufigkeit der Nutzung spezifischer Tools für vorgegeben Einsatzzwecke

Aufgrund der Vielzahl der untersuchten Einsatzzwecke können an dieser Stelle nur beispielhaft Ergebnisse zur Häufigkeit der Nutzung digitaler Anwendungen für ausgewählte Einsatzzwecke vorgestellt werden.

3.2.1. Häufigkeiten der Nutzung digitaler Tools bei der digitalen Dokumentation von Experimenten und Daten

Der größte Teil der Befragten (88%) gab an, digitale Tools zur Protokollierung und dauerhafte Dokumentation von Experimenten und Daten zu nutzen (Abb.3). Die Nutzungshäufigkeit ist insgesamt stark unterschiedlich.

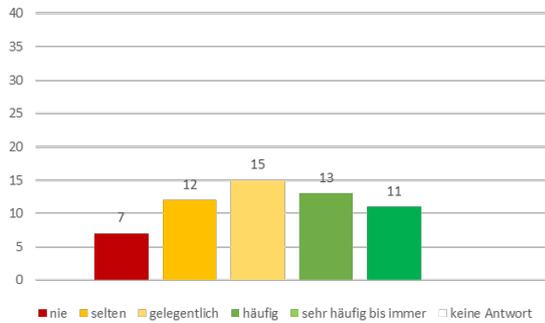


Abb.3: Häufigkeiten der Nutzung digitaler Anwendungen zur Dokumentation von Experimenten und Daten (DOI in Tab.1).

Sehr häufig genutzt werden für diesen Zweck kommerzielle Produkte aus dem Microsoft-Office-Paket (Word, Excel, OneNote). Open-Source-Alternativen sind den Lehrkräften zwar bekannt, werden von diesen aber nur selten genutzt (Abb.4).

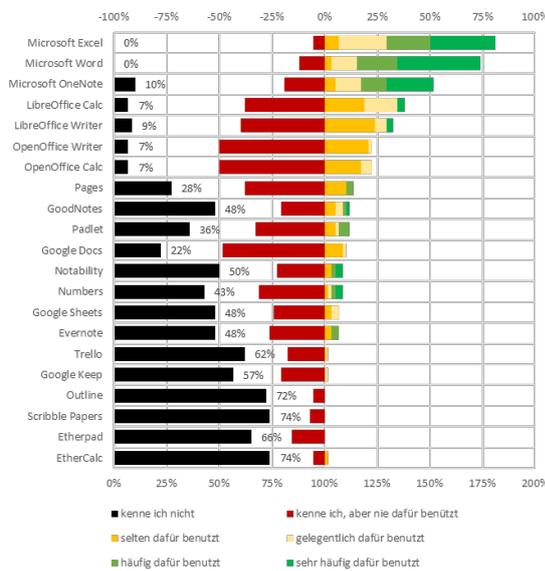


Abb.4: Häufigkeiten der Nutzung vorgegebener digitaler Tools bei der Dokumentation von Experimenten und Daten (DOI in Tab. 1).

3.2.2. Häufigkeiten der Nutzung digitaler Tools für kollaborative Text- und Datenverarbeitung

Wenn es darum geht, gemeinsam Texte zu schreiben und Daten zu verarbeiten oder schreiben bzw. verarbeiten zu lassen, nimmt die Nutzungshäufigkeit gegenüber jener im Kompetenzbereich *Dokumentation* deutlich ab (Abb.5). Fast ein Drittel der befragten

Lehrkräfte (31%) gab an, niemals Software für die kollaborative Text- und Datenverarbeitung zu nutzen. Wenn Lehrerinnen und Lehrer Software zur Kollaboration bei der Gestaltung von Texten und Verarbeitung von Daten nutzen, sind auch hier Anwendungen aus dem Microsoft-Office-Paket am verbreitetsten (Abb.6).

Im Vergleich der Einzelnutzung für die Dokumentation zur kollaborativen Nutzung der Software fällt auf, dass Google Docs in der Reihenfolge der Nutzungshäufigkeit beim Wechsel von der Einzelnutzung zur kollaborativen Nutzung deutlich ansteigt.

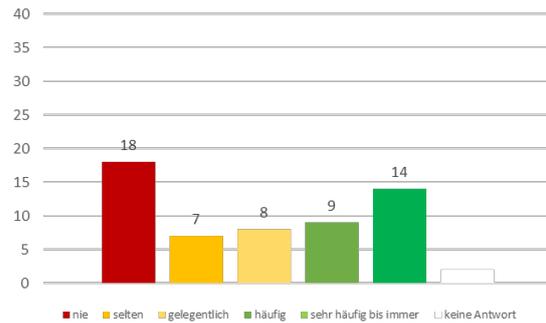


Abb.5: Häufigkeiten der Nutzung digitaler Anwendungen für kollaborative Text- und Datenverarbeitung (KK1 in Tab.1).

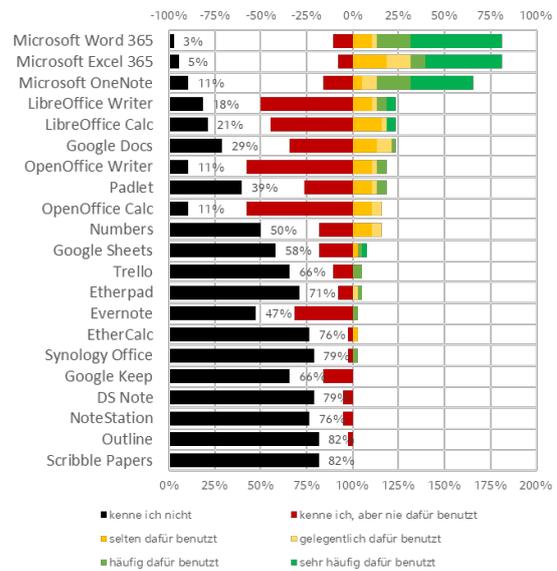


Abb.6: Häufigkeiten der Nutzung vorgegebener digitaler Anwendungen für kollaborative Text- und Datenverarbeitung (KK1 in Tab.1).

3.2.3. Häufigkeiten der Nutzung digitaler Tools für Simulation und Modellierung

Simulationen und Modellierungen werden von fast allen Lehrkräften im Physikunterricht eingesetzt (Abb.7). Die meisten Befragten gaben an, Simulationen und Modellierungen gelegentlich bis häufig zu nutzen.

Bei der Nachfrage, welche konkreten Tools genutzt werden, zeigt sich, dass die im Internet frei

verfügbaren Angebote auf *LEIFiPhysik* (<https://www.leifiphysik.de/>), die *PhET*-Simulationen der University of Colorado Boulder (<https://phet.colorado.edu/>; Wieman et al., 2010) und die Simulationen von Walter Fendt (<https://www.walter-fendt.de/>) breite und häufige Anwendung finden (Abb.8). Für Modellierungen wird lediglich Microsoft Excel häufiger genutzt. Speziell für das Physiklernen entwickelte Softwareanwendungen wie *Easy JavaScript Simulations* (<https://www.um.es/fem/EjsWiki/Main/HomePage>; Christian & Esquembre, 2007) und *CMA Coach* (<https://cma-science.nl/home-2>; Heck et al., 2009) sind weitgehend unbekannt.

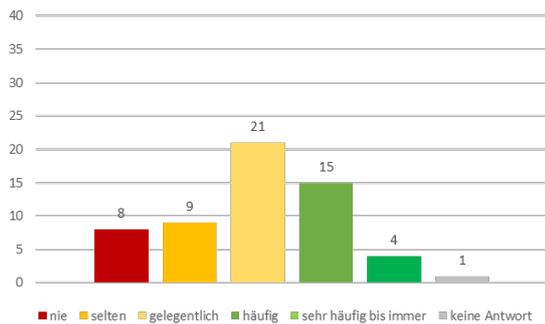


Abb.7: Häufigkeiten der Nutzung digitaler Anwendungen für Simulation und Modellierung (SM1 in Tab.1).

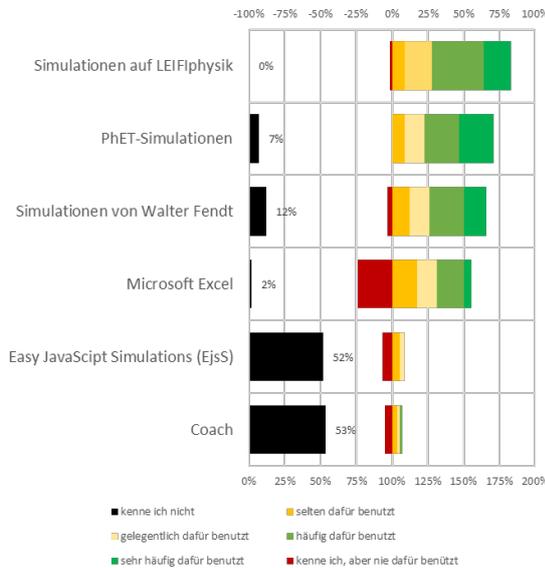


Abb.8: Häufigkeiten der Nutzung vorgegebener digitaler Tools für Simulation und Modellierung (SM1 in Tab.1).

3.2.4. Häufigkeiten der Nutzung mobiler Endgeräte mit eingebauten Sensoren zur Messwert- und Datenerfassung

Von den befragten Physiklehrerinnen und Physiklehrern nutzen 81% die eingebauten Sensoren von Smartphones oder Tablets zur Aufnahme von Messwerten beim Experimentieren (Abb.9).

Neben Mikrophon und Kamera des mobilen Endgerätes wird vor allem der Beschleunigungssensor genutzt (Abb.10). Von den Lehrkräften, die mobile Endgeräte

im Physikunterricht nutzen, wissen 40% nicht, dass einige Smartphones über eingebaute Pulsoximeter verfügen. Entsprechend selten werden Pulsoximeter eingesetzt.

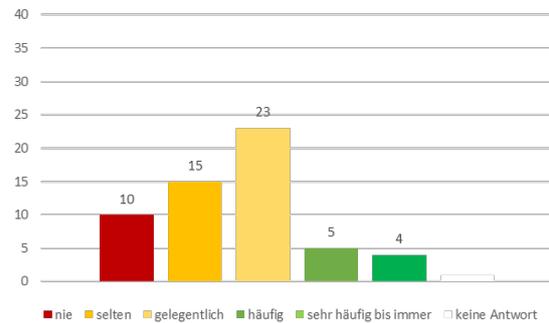


Abb.9: Häufigkeiten der Nutzung mobiler Endgeräte mit eingebauten Sensoren zur Messwert- und Datenerfassung (MD4 in Tab.1).

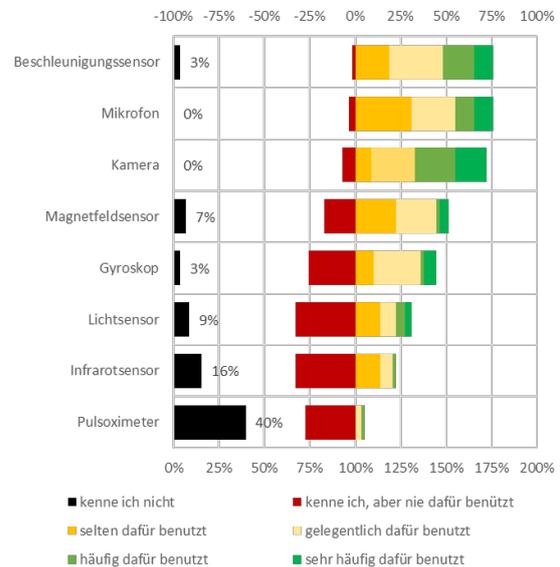


Abb.10: Häufigkeiten der Nutzung vorgegebener mobiler Endgeräte mit eingebauten Sensoren zur Messwert- und Datenerfassung (MD4 in Tab.1).

4. Fazit und Ausblick

An dieser Stelle konnte nur ein kleiner Einblick in die Ergebnisse dieser Pilotstudie gegeben werden. Es zeigt sich, dass auch innerhalb eines Kompetenzbereiches teils große Unterschiede in der Mediennutzung zwischen verschiedenen Einsatzszenarien bestehen. Auch differenzieren die befragten Lehrkräfte zwischen den Einsatzzwecken, wie häufig für bestimmte Anforderungen digitale Tools genutzt werden. Während die Einsatzhäufigkeiten bei vielen Einsatzzwecken um eine mittlere Häufigkeit streuen, zeigt sich bei der Kommunikation/Kollaboration eine zweigipflige Verteilung der Nutzungshäufigkeiten. Hier gibt es einen signifikanten Teil an Lehrkräften die nie digitale Tools zur gemeinsamen Bearbeitung von Texten und Daten nutzen und ebenso eine ausgeprägte Gruppe an Lehrerinnen und Lehrern, die sehr häufig bis immer digitale Medien hierfür nutzt.

In der Pilotierung des Fragebogens hat sich gezeigt, dass die Erhebung der Nutzungshäufigkeit digitaler Anwendungen für bestimmte unterrichtsbezogene Tätigkeiten durch potenzielle Fortbildungsteilnehmerinnen und -teilnehmer ein differenziertes Bild des Einsatzes digitaler Tools durch die Befragten liefern kann. Insgesamt ist die Aussagekraft dieser Befragung dahingehend begrenzt, dass die Stichprobe im wesentlichen bayerische Physiklehrerinnen und Physiklehrer umfasst. Dennoch lassen sich aus den Ergebnissen wertvolle Erkenntnisse für die zukünftige Gestaltung des Fortbildungsangebotes zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht am Lehrstuhl für Didaktik der Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München gewinnen.

Die Ableitung der Hauptfragen aus dem Orientierungsrahmen *Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften* (DiKoLAN) hat sich dabei als gut gangbarer Weg gezeigt. Eine Angleichung der Anzahl der Hauptfragen je Kompetenzbereich wäre wünschenswert. Dies lässt sich aber nicht einfach durch Zusammenfassen verschiedener Tätigkeiten erreichen, eben weil die Befragten deutlich zwischen den einzelnen Items unterscheiden.

Der Bereich *Simulation und Modellierung* muss zukünftig differenzierter erhoben werden, da die befragten Lehrkräfte Simulationen sehr häufig aber Modellierungen nur selten im Physikunterricht nutzen.

Für einen breiteren Blick auf die Nutzung digitaler Tools im naturwissenschaftlichen Unterricht sollte die Befragung auch auf Chemie- und Biologielehrkräfte und auf andere Bundesländer ausgedehnt werden. Mit der Orientierung am Ordnungsrahmen für die digitalen Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (DiKoLAN) ist die Grundlage für eine Übertragbarkeit des Erhebungsinstrumentes jedenfalls geschaffen.

Mit einer größeren Stichprobe sollte dann auch explorativ untersucht werden, ob sich unter den Lehrkräften unterschiedliche Typen bezüglich der Nutzung digitaler Medien identifizieren lassen. Es gibt bereits in den vorliegenden Daten Hinweise auf zumindest drei mögliche Arten:

- a) Wenignutzer,
- b) Experten/Vielnutzer in einzelnen Bereichen,
- c) Universalexperten / Vielnutzer in vielen Bereichen.

Sollten sich solche oder andere Typen erkennen lassen, wäre dies ein möglicher Ansatzpunkt für gezielte Fortbildungsmaßnahmen, z. B., um Multiplikatoren auszubilden.

Schließlich würde eine jährliche Wiederholung der Befragung Erkenntnisse über zeitliche Veränderungen in der typischen Mediennutzung ermöglichen. Lehrkräfte sind selbst sehr interessiert an solchen Umfrageergebnissen und gaben hierzu sehr diskussionsfreudig Rückmeldung.

5. Literatur

- Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen: Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & Kotzebue, L. von. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen Lehramtsstudierender der Naturwissenschaften – DiKoLAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen: Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften* (S. 14–43). Joachim Herz Stiftung. https://www.joachim-herz-stiftung.de/fileadmin/Redaktion/JHS_Digitale_Basiskompetenzen_web_srgb.pdf
- Christian, W. & Esquembre, F. (2007). Modeling Physics with Easy Java Simulations. *The Physics Teacher*, 45(8), 475–480. <https://doi.org/10.1119/1.2798358>
- Heck, A., Kędzierska, E., & Ellermeijer, T. (2009). Design and implementation of an integrated computer working environment for doing mathematics and science. *The Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 28(2), 147–161. <https://learntechlib.org/p/30302/>
- Thyssen, C., Thoms, L.-J., Kremser, E., Finger, A., Huwer, J. & Becker, S. (2020). Digitale Basiskompetenzen in der Lehrerbildung unter besonderer Berücksichtigung der Naturwissenschaften. In M. Beißwenger, B. Bulizek, I. Gryl & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Innovationen und Kompetenzen in der Lehramtsausbildung* (S. 77–98). Universitätsverlag Rhein-Ruhr. <https://doi.org/10.17185/dupublico/73330>
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P. & Perkins, K. K. (2010). Teaching Physics Using PhET Simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225–227. <https://doi.org/10.1119/1.3361987>

Förderhinweis

Das diesem Artikel zugrundeliegende Vorhaben „Digitale Medienkompetenz im Lehramt – Physik (MiLA-P)“ ist Teil des Projekts „Lehrerbildung@LMU“ und wird im Rahmen der gemeinsamen „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ von Bund und Ländern mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 01JA1810 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

GEFÖRDERT VOM



**Bundesministerium
für Bildung
und Forschung**