

# Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften (DiKoLAN)

## AG Digitale Basiskompetenzen



Erik Kremser

Sebastian Becker

Till Bruckermann

Alexander Finger

Johannes Huber

Lena von Kotzebue

Monique Meier

Lars-Jochen Thoms

Christoph Thyssen

Technische Universität Darmstadt

Technische Universität Kaiserslautern

IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der  
Naturwissenschaften und Mathematik Kiel

Universität Leipzig

Pädagogische Hochschule Weingarten

Universität Salzburg

Universität Kassel

Ludwig-Maximilians-Universität München

Technische Universität Kaiserslautern



# Kolleg Didaktik:digital

Überblick

News

Junior-Fellows

AG „Digitale Basiskompetenzen“

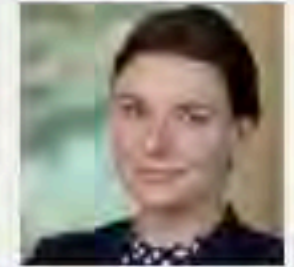
## Arbeitsgruppe „Digitale Basiskompetenzen“ in der universitären Lehrerbildung für die Naturwissenschaften

Digitalisierung hält umfassend Einzug in unsere Gesellschaft und verändert die Lehr- und Lernkultur tiefgreifend. Für Schule und Unterricht bedeutet das neue Wege und Möglichkeiten zur Gestaltung von Lehr-Lernprozessen, führt aber auch zu neuen Anforderungen an Lehrkräfte, um dem Bildungsauftrag in einer digitalisierten Welt gerecht zu werden.

Um Schülerinnen und Schüler auf ein Leben in dieser Welt vorzubereiten, nehmen Lehrerinnen und Lehrer eine Schlüsselrolle ein. So führt auch die Strategie der KMK als zentralen Faktor auf: „Entscheidend für ein erfolgreiches Lernen in der digitalen Welt ist, dass die Lehrenden über entsprechende eigene Kompetenzen sowie didaktische Konzepte verfügen. Daher muss die Lehreraus-, -fort- und -weiterbildung in den kommenden Jahren einen entsprechenden Schwerpunkt setzen.“

Um angehende Lehrkräfte bereits frühzeitig an diese Thematik heranzuführen

Ansprechpartnerin:  
Dr. Jenny Messinger-  
Koppelt



Projektmanagerin

+49 40 533295-42

[jmessinger\(at\)joachim-herz-stiftung\(dot\)de](mailto:jmessinger(at)joachim-herz-stiftung(dot)de)

## Die Senior-Fellows im Porträt



Im Kolleg Didaktik:digital arbeitet die Joachim Herz Stiftung seit 2015 mit ausgewiesenen

Experten auf dem Gebiet des Einsatzes digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht.

[Zu den Porträts.](#)

Initiatoren der Arbeitsgruppe:

**Christoph Thyssen; Technische Universität Kaiserslautern**

**Sebastian Becker; Technische Universität Kaiserslautern**

Weitere Mitglieder der Arbeitsgruppe (fett markiert: aktuell aktiv Mitwirkende):

**Lars-Jochen Thoms; Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Alexander Finger; Universität Leipzig**

Lena von Kotzebue; Universität Salzburg

**Erik Kremser; Technische Universität Darmstadt**

**Till Bruckermann; IPN Kiel**

Monika Aufleger; LMU München



Franziska Zimmermann; Technische Universität Dortmund

Wiebke Rathje, Universität Oldenburg

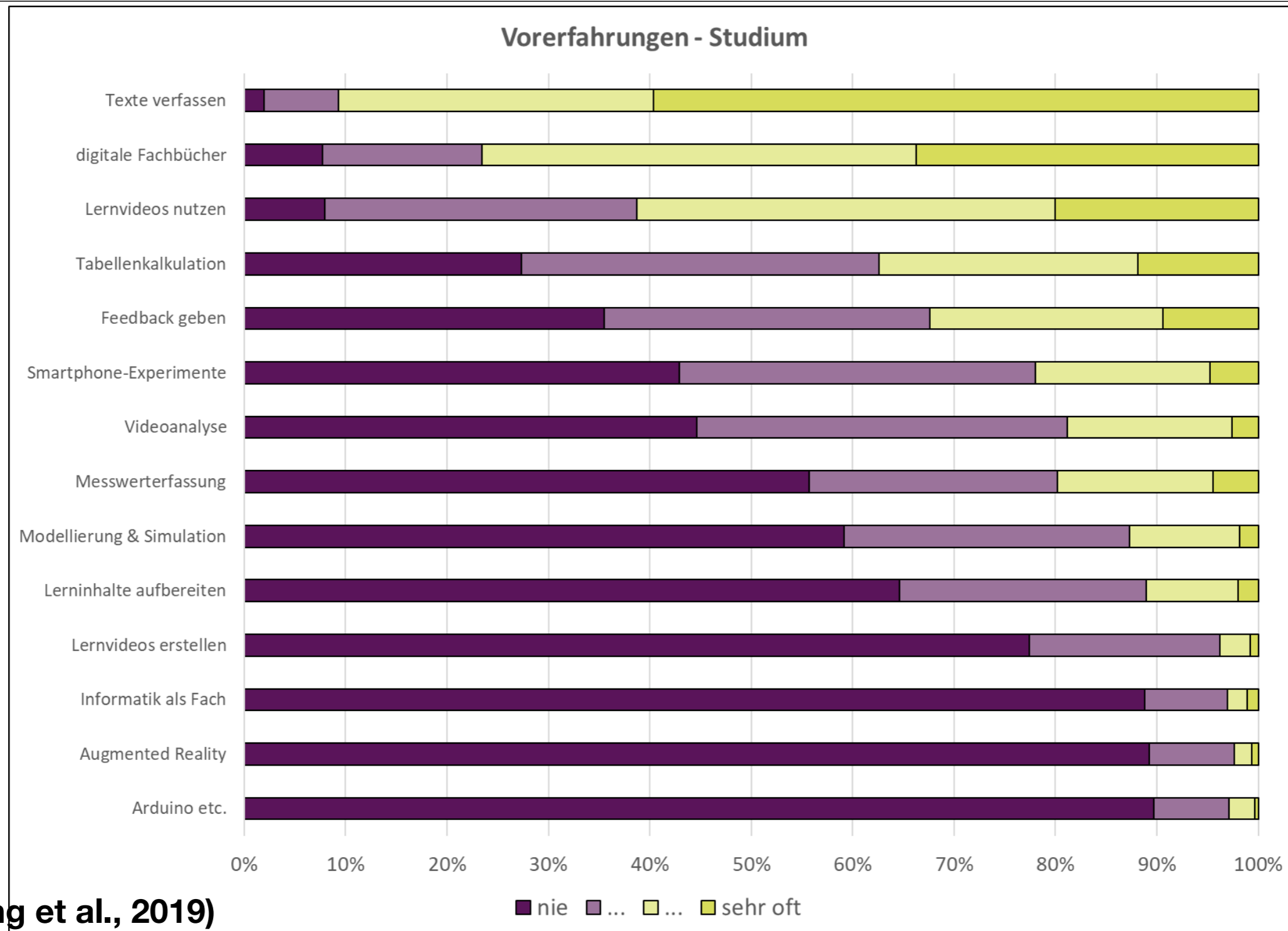
Monique Meier; Universität Kassel

Marit Kastaun; Universität Kassel

**Johannes Huwer; PH Weingarten**

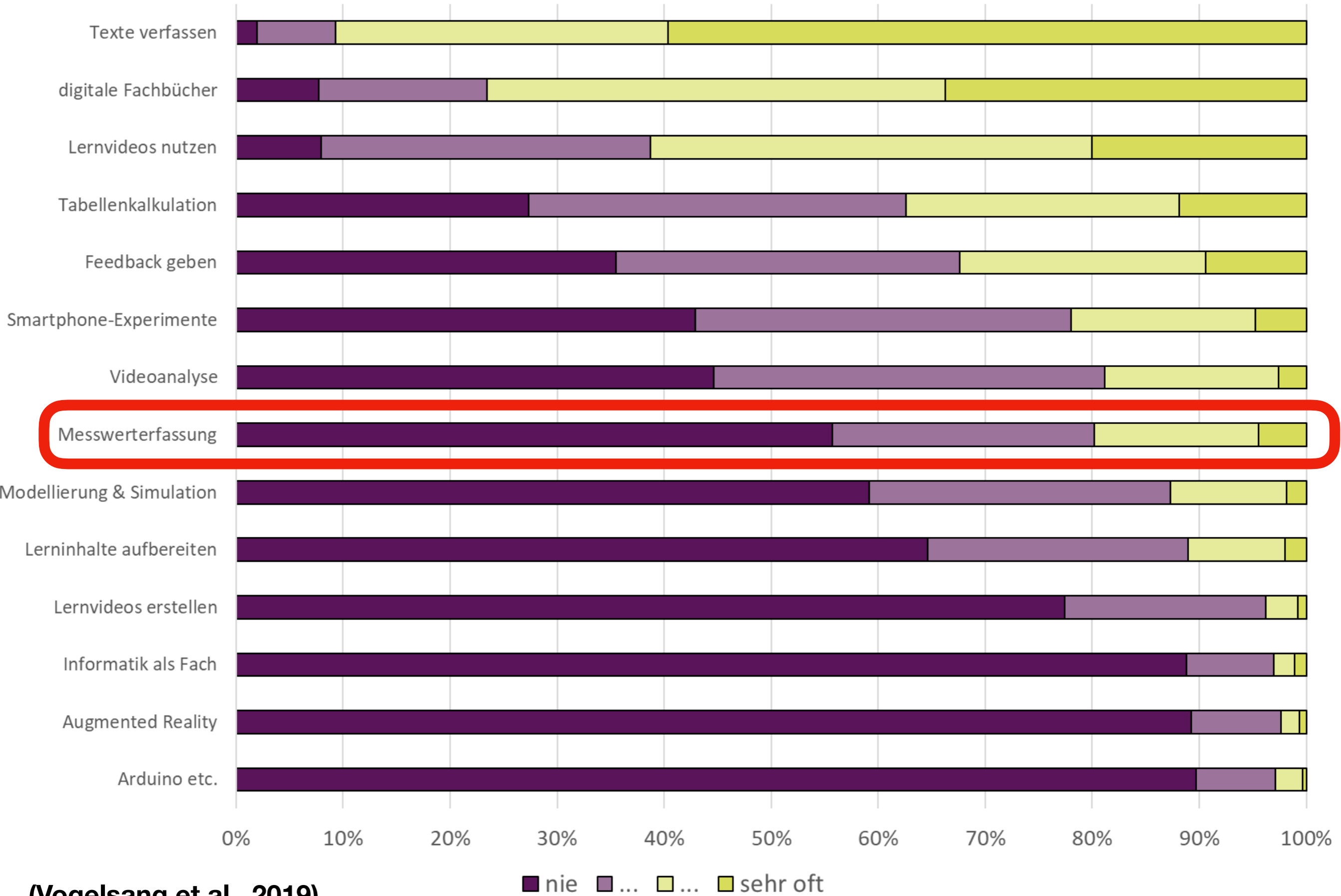
-  Kremser, E., Becker, S., Bruckermann, T., von Kotzebue, L., Thyssen, C., Thoms, L.-J., & Finger, A. (2020). Orientierungsrahmen für den Aufbau digitaler Basiskompetenzen. In: S. Habig (Hrsg.), Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019. Essen: Universität Duisburg-Essen. (eingereicht)
-  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. (eingereicht)

# Vorerfahrungen





(Vogelsang et al., 2019)

# Vorerfahrungen - Studium



(Vogelsang et al., 2019)

■ nie ■ ... ■ ... ■ sehr oft

-  Nur etwa ein Viertel (25.9%) der Lehrpersonen in Deutschland gibt an, im Rahmen der eigenen Lehrerausbildung gelernt zu haben, wie man digitale Medien nutzt.
-  Im Rahmen der Lehrerausbildung hat zudem nur etwas mehr als ein Viertel (26.6%) der Lehrkräfte die Gelegenheit gehabt zu lernen, wie man digitale Medien im Unterricht verwendet.

(ICILS 2018)

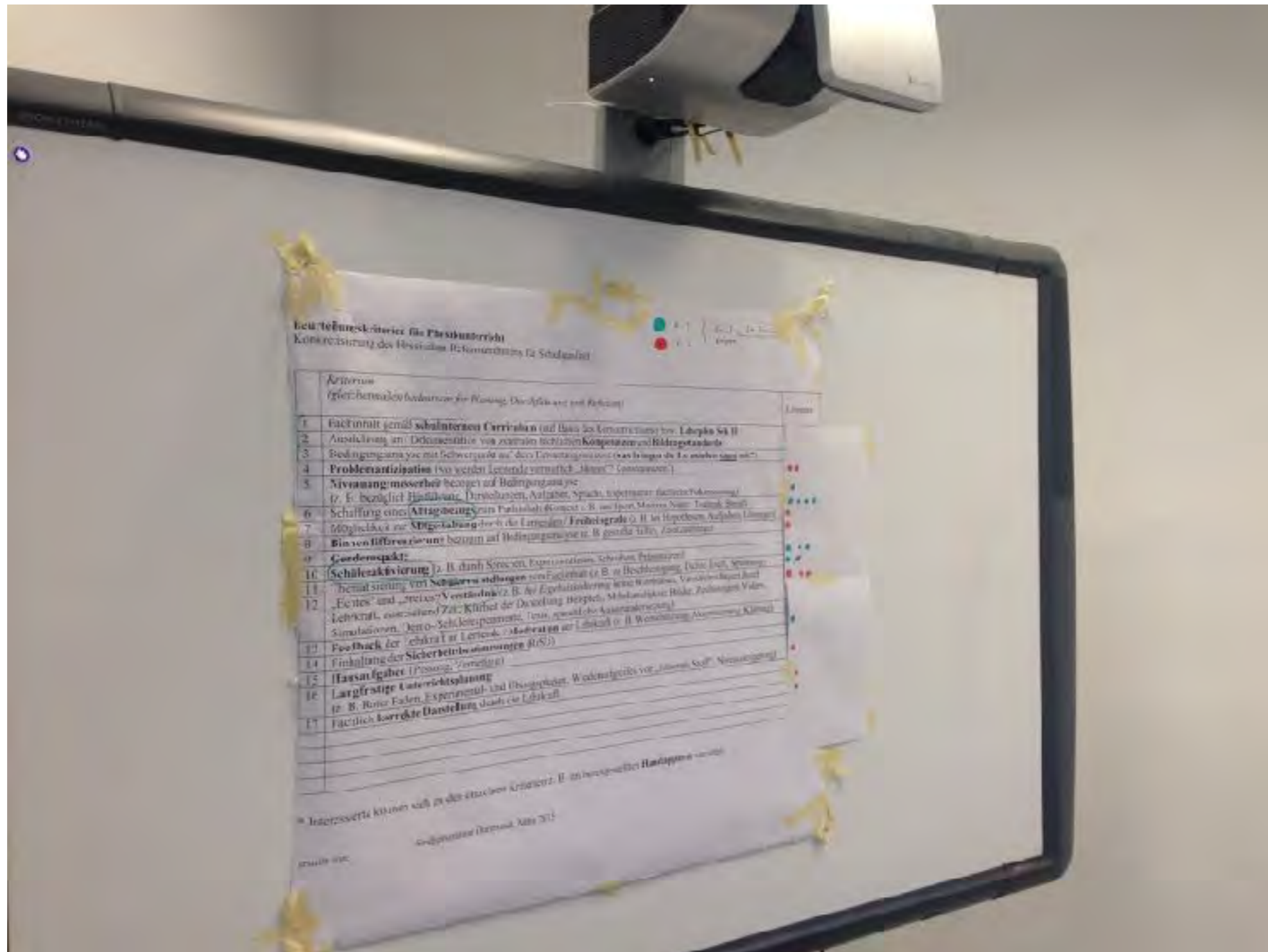
# Vorerfahrungen



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT







## Kompetenzen in der digitalen Welt




Kompetenzbereiche

Beschluss der Kultusministerkonferenz v. 08.12.2016

[https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung\\_digitale\\_Welt\\_Webversion.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf)



(KMK, 2016a)

## Hochschule

-  Weiterentwicklung und Anpassung der Curricula, Didaktik und Lehrorganisation zum Erwerb von Kompetenzen im Umgang mit und in der Anwendung von digitalen Medien und Werkzeugen
-  Förderung des Erwerbs dieser Kompetenzen ist Gegenstand von Studium und Lehre
-  Verankerung in Curricula beim Akkreditieren lehramtsbezogener Studiengänge




**(KMK, 2016b)**

## Lehrende

-  „[...] in die Lage versetzt werden, aktuelle und zukünftige technologische Entwicklungen hinsichtlich ihrer Einsetzbarkeit im Lehr-Lern-Prozess zu identifizieren, für das entsprechende Lernsetting nutzbar zu machen und im Anschluss hinsichtlich ihrer Effizienz und Qualität zu reflektieren, zu evaluieren und weiter zu entwickeln“
-  Service- und Supportangebote für Lehrende

**(KMK, 2016b)**

## Studierende

-  In die Lage versetzen „selbstständig mit den neuen Techniken umzugehen, diese sinnvoll einzusetzen und kritisch zu reflektieren.“
-  Förderung der Kompetenzen im Umgang mit und in der Anwendung von digitalen Medien und Werkzeugen durch die digitale Praxis in Lehre und Forschung.
-  Digitale Technologie „intensiv und interaktiv in Lehr-Lern-Prozesse einbinden.“

**(KMK, 2016b)**

# Beispiele digitaler Lehr- und Lernpraxis



## Beispiele digitaler Lehr- und Lernpraxis



Tablets als Arbeitsgeräte in der Lehre – Ein Projekt am Fachbereich Physik

Erik Kremser

S2|07 110, Tel. 20 050

Digitale Lehre, TU Darmstadt, 04.06.2019

E-Mail: [info@tablets-in-der-lehre.de](mailto:info@tablets-in-der-lehre.de)

Web: <http://taaidl.de>



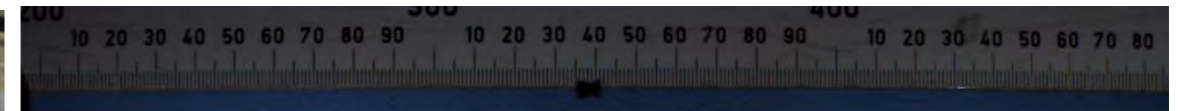
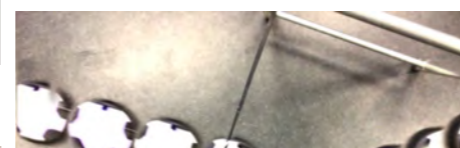
Zeitraffer-Aufnahme mit mobilen Endgeräten der Geschwindigkeitsverteilung von Glaskugeln als Modellgas im Demonstrationspraktikum Physik, FB Physik  
**(Kremser, 2019)**



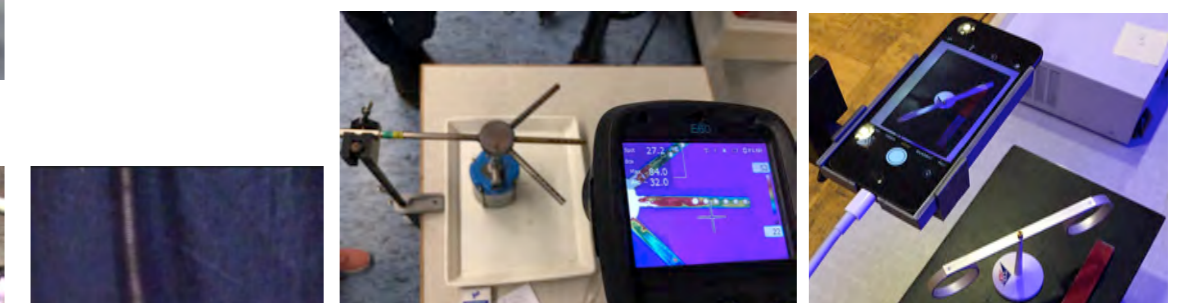
Drahtlose Bildübertragung im Merck-Lernlabor Biologie, FB Biologie



3D-Scan im Merck-Lernlabor Biologie, FB Biologie



Hochgeschwindigkeitsaufnahme zur Bestimmung der Geschwindigkeit eines Luftgewehrprojektils (in der Bildmitte) in den Vorlesungen Physik, FB Physik



- 👤 Integration neuer methodischer und inhaltlicher Elemente, deren Nutzung mittels didaktischer und methodischer Analysen sinnvoll begründet werden
- 👤 Dafür notwendige digitale Kompetenzen ergänzen das bisherige fachdidaktische Repertoire
- 👤 Digitale Basiskompetenzen erweitern das bisherige Kompetenzportfolio von Lehrkräften um digitale Methoden und Inhalte, welche die fachlichen, pädagogischen und fachdidaktischen Kompetenzen ergänzen.

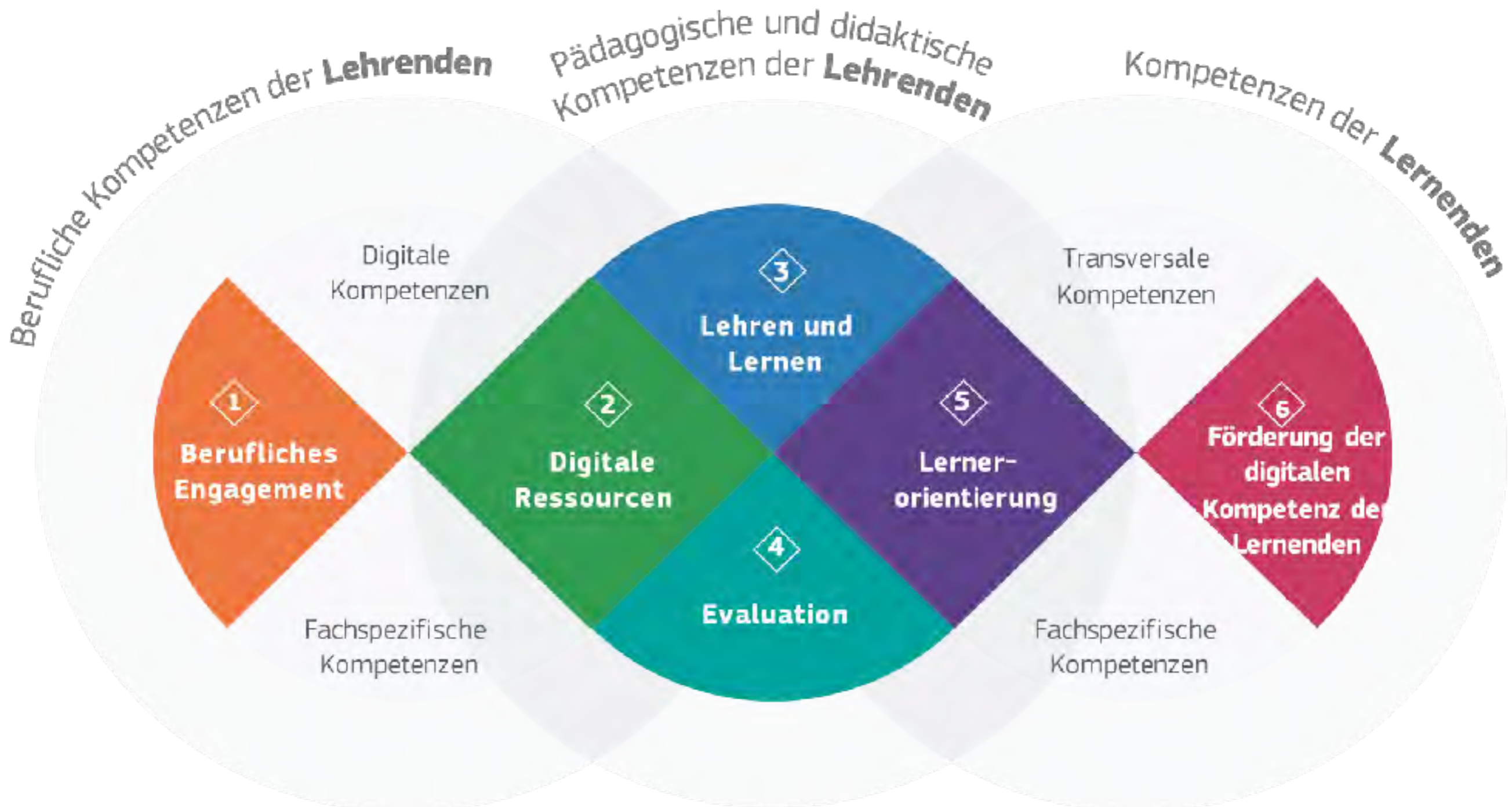
- 👤 Ohne digitale Kompetenzen können Naturwissenschaften und ihre Strategien der Erkenntnisgewinnung nicht mehr vollumfänglich und zukunftsorientiert unterrichtet werden.
- 👤 Ohne Verständnis der digital gestützten Forschungs- Untersuchungs- und Kollaborationsmethoden können Potenziale, Grenzen und Perspektiven moderner Naturwissenschaften nicht erfasst werden.
- 👤 Angehende Lehrkräfte benötigen demnach auch in diesem Teilbereich ausreichende Fertigkeiten und transferfähiges Wissen um kompetenzorientiert unterrichten zu können.



# Europäischer Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender: DigCompEdu



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



(Redecker, 2017)

# Europäischer Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender: DigCompEdu



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## 1. Berufliches Engagement

### 1.1 Berufliche Kommunikation

Digitale Medien nutzen, um die organisatorische Kommunikation mit Lernenden, Eltern und Dritten zu verbessern. Zur Entwicklung und Verbesserung organisatorischer Kommunikationsstrategien beitragen.

### 1.2 Berufliche Zusammenarbeit

## 2. Digitale Ressourcen

### 2.1 Auswählen digitaler Ressourcen

Geeignete digitale Lehr- und Lernressourcen identifizieren, auswerten und auswählen. Lernziele, Kontext, didaktischen Ansatz und die Lerngruppe bei der Auswahl digitaler Ressourcen und Planung ihrer Nutzung berücksichtigen.

## 3. Lehren und Lernen

### 3.1 Lehren

Den Einsatz von digitalen Geräten und Materialien im Unterricht planen und gestalten, und so die Effektivität von Lehrinterventionen verbessern. Digitale Unterrichtsmethoden angemessen einbetten, organisieren und gestalten. Neue Formate und didaktische Methoden für den

**Berücksichtigung der Möglichkeiten, Chancen und Anforderungen der Digitalisierung  
- insbesondere in den MINT-Fächern**

(KMK, 2016b)

selbstkritisch beurteilen und aktiv weiterentwickeln.

### 1.4 Digitale Weiterbildung

Digitale Medien für die berufliche Weiterentwicklung nutzen.

Ansatz und die Lerngruppe bei der Erstellung und Anpassung digitaler Ressourcen berücksichtigen.

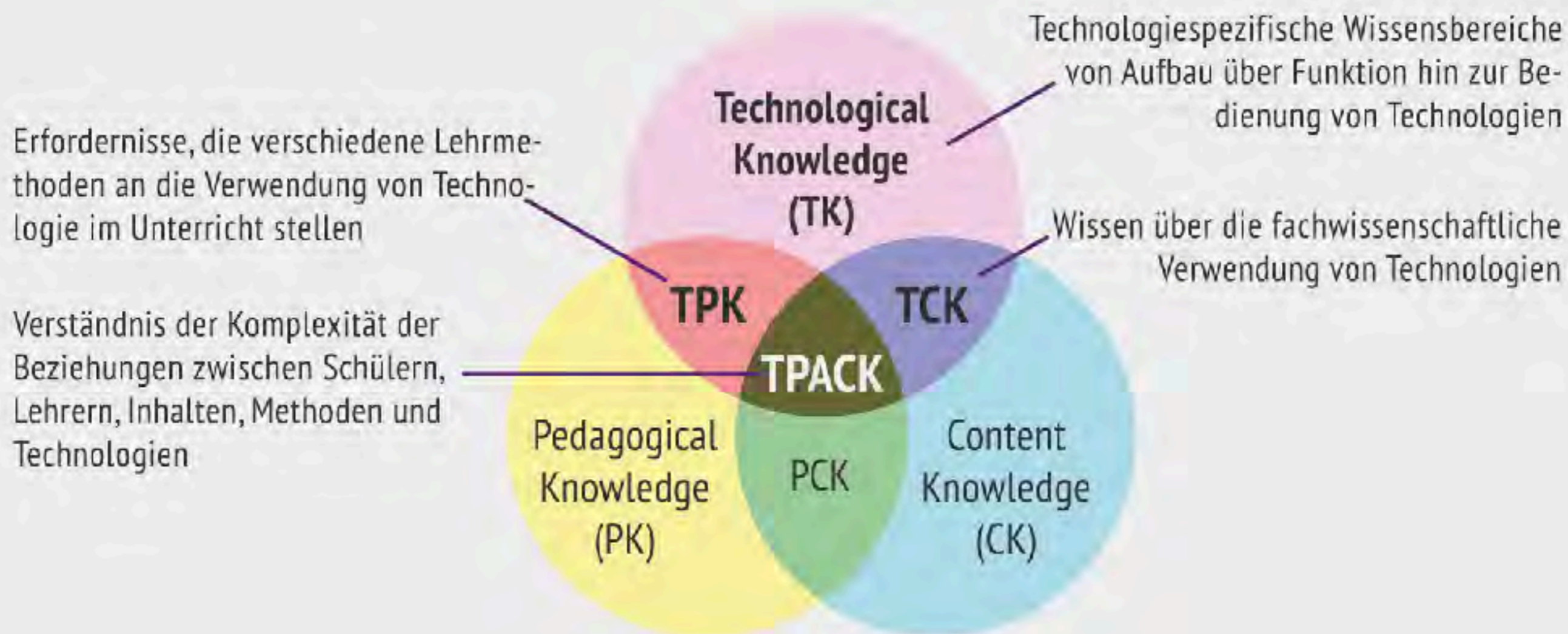
### 2.3 Organisieren, Schützen und Teilen digitaler Ressourcen

Medien nutzen, um rechtzeitig und gezielt Beratung und Unterstützung anbieten zu können. Neue Formen und Formate der Hilfestellung und Anleitung entwickeln und einsetzen.

(Redecker, 2017)

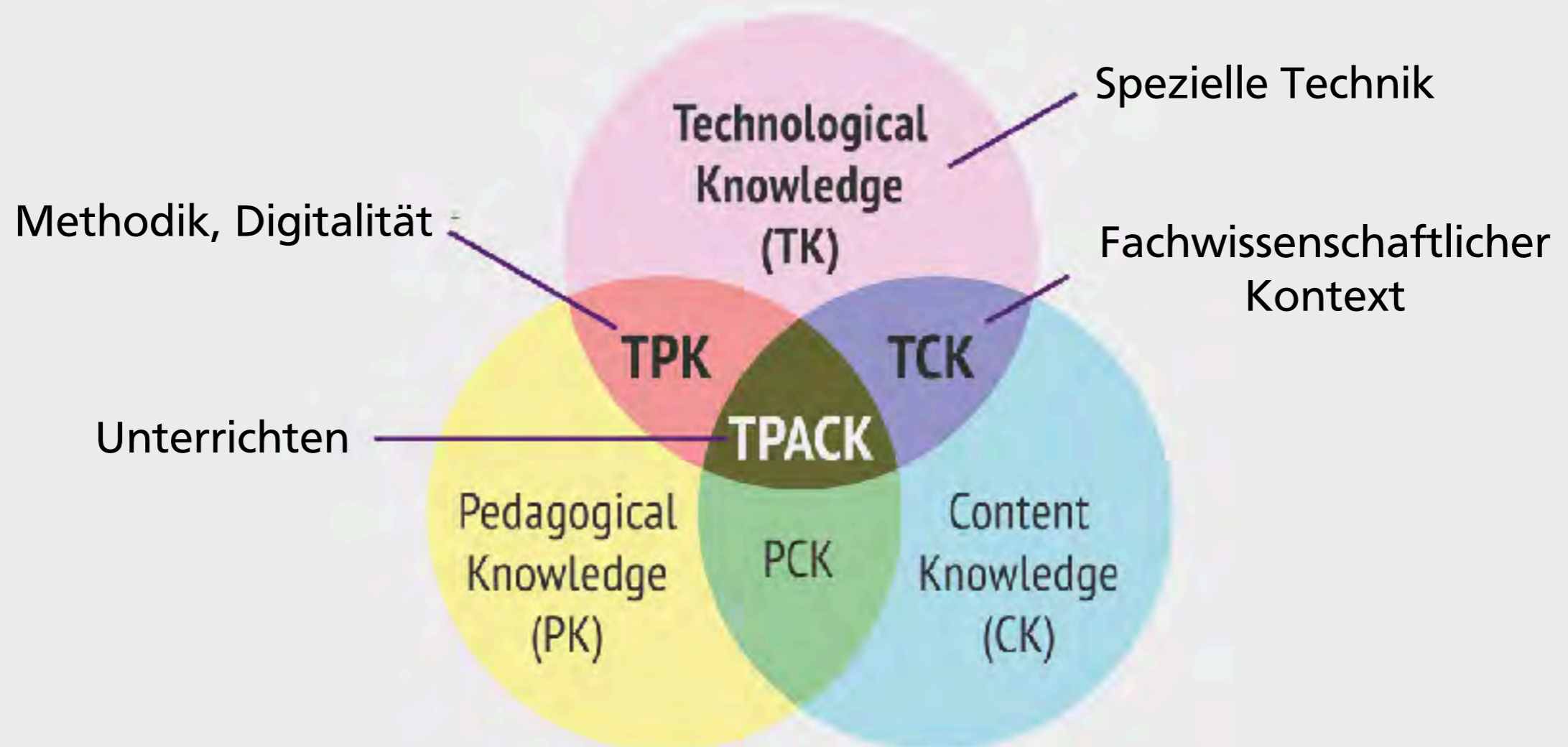
**Wie können wir  
mit universitärer Lehre erreichen,  
dass Studierende  
die Kompetenzen aufweisen,  
die in DigCompEdu abgebildet werden?**

# TPACK-Modell



(Mishra & Koehler, 2006)

# TPACK-Modell



(Mishra & Koehler, 2006)

# Orientierungsrahmen DiKoLAN





## § Rechtliche Rahmenbedingungen



## § Rechtliche Rahmenbedingungen

allgemeinere Kompetenzen

**Der Kompetenzbereich „Messwert- und Datenerfassung“ beschreibt die individuelle Fähigkeit mit digitalen Werkzeugen mittel- oder unmittelbar Daten zu erheben.**

**Dies umfasst**

- die Eingabe von Daten;
- die Digitalisierung analoger Daten;
- das Anfertigen von Bildern und Filmen;
- den Einsatz von Sonden, Sensoren und Programmen (bzw. Apps);
- die Messwertgewinnung aus Dokumentationsmedien wie Bildern oder Videos.

fachspezifischere Kompetenzen



# Kompetenzbereich Messwert- und Datenerfassung

	<b>Unterrichten (TPACK)</b>	<b>Methodik, Digitalität (TPK)</b>	<b>Fachwissenschaftl. Kontext (TCK)</b>	<b>Spezielle Technik (TK)</b>
--	---------------------------------	--	---	-----------------------------------

**Fachdidaktik** **Medienpädagogik** **Fachwissenschaft**

**Wegen theoretischer Einbettung in 1. Phase der Ausbildung notwendig**

**Möglicherweise einen Teil von TPK und TPACK in 2. Phase der  
Ausbildung integrieren**

# Kompetenzbereich Messwert- und Datenerfassung

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	Fachwissenschaftl. Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
<b>Nennen</b>				
<b>Beschreiben</b> (inkl. notwendigem Vorgehen)				
<b>Anwenden/ Durchführen</b> (praktische und funktionale Realisierung)				

# Kompetenzbereich Messwert- und Datenerfassung an Beispielen

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	Fachwissenschaftl. Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
<b>Nennen</b>	<p><b>MD.U.N1:</b> Zur fachwissenschaftlichen digitalen Messwerterfassung (dME) für den Schuleinsatz taugliche Alternativen nennen.</p> <p><b>MD.U.N2:</b> Für spezifische Lehr-Lern-Settings unterschiedlichster Szenarien zum sachgerechten Einsatz (schüler-, fach- und zielgerecht) dME und damit verbundene Messstrategien nennen, z.B. zur ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung der Veränderung der Hauttemperatur beim Sport oder beim Rauchen durch Thermografie mit Wärmebildkameras</li> <li>• Bestimmung des Nitratgehalts eines Gewässers durch computergestützte Messwerterfassung</li> <li>• Analyse der Flügelschlagfrequenzen von Insekten mit mobilen Endgeräten</li> </ul>	<p><b>MD.M.N1:</b> Mögliche Aspekte nennen, auf die sich der Einsatz dME beim Lernen und Lehren auswirken kann, z.B. im Hinblick auf ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitaufwand</li> <li>• Organisationsformen</li> <li>• Darstellungsformen</li> <li>• Methoden</li> <li>• Medienkenntnis / Einarbeitung</li> <li>• Interesse &amp; Motivation</li> <li>• persönliche und soziale Konsequenzen</li> </ul>	<p><b>MD.F.N1:</b> Fachwissenschaftliche Szenarien und ggf. Kontexte dME (z.B. Videoanalyse, Aufnahme eines EKG, pH-Wert-Erfassung) nennen.</p> <p><b>MD.F.N2:</b> Messinstrumenten mit dME (z.B. Wärmebildkameras mobile Endgeräte mit Kameras, integrierten und externen Sensoren) nennen, die den aktuellen Anforderungen der fachwissenschaftlichen Forschung genügen.</p> <p><b>MD.F.N3:</b> Damit korrespondierende Messsysteme und relevante Sicherheitsstandards nennen.</p> <p><b>MD.F.N4:</b> Ferngesteuerte Labore (z.B. Teleskope) zur Durchführung von Experimenten, die vor Ort nicht durchgeführt werden können, nennen.</p>	<p><b>MD.T.N1:</b> Jeweils mehrere Möglichkeiten der dME nennen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• zur Analyse von Multimedia-Material (z.B. Colorimetrie, Videoanalyse)</li> <li>• zur computerunterstützten ME mit schulspezifischen Systemen (für z.B. EKG-, pH-, Temperatur-, Strom-, Spannungs-, Bewegungsmessungen)</li> <li>• mit Labor-/Messinstrumenten, die Messdaten zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stellen (u.a. digitale Wagen, Wärmebildkameras)</li> <li>• mit mobilen Endgeräten mit eingebauten Sensoren zur Datenaufnahme (z.B. Kamera, Gyroskop, Beschleunigungs-, Licht- und Biometrie-Sensor) mit mobilen Endgeräten mit externen Sensoren</li> </ul>

# Kompetenzbereich Messwert- und Datenerfassung an Beispielen

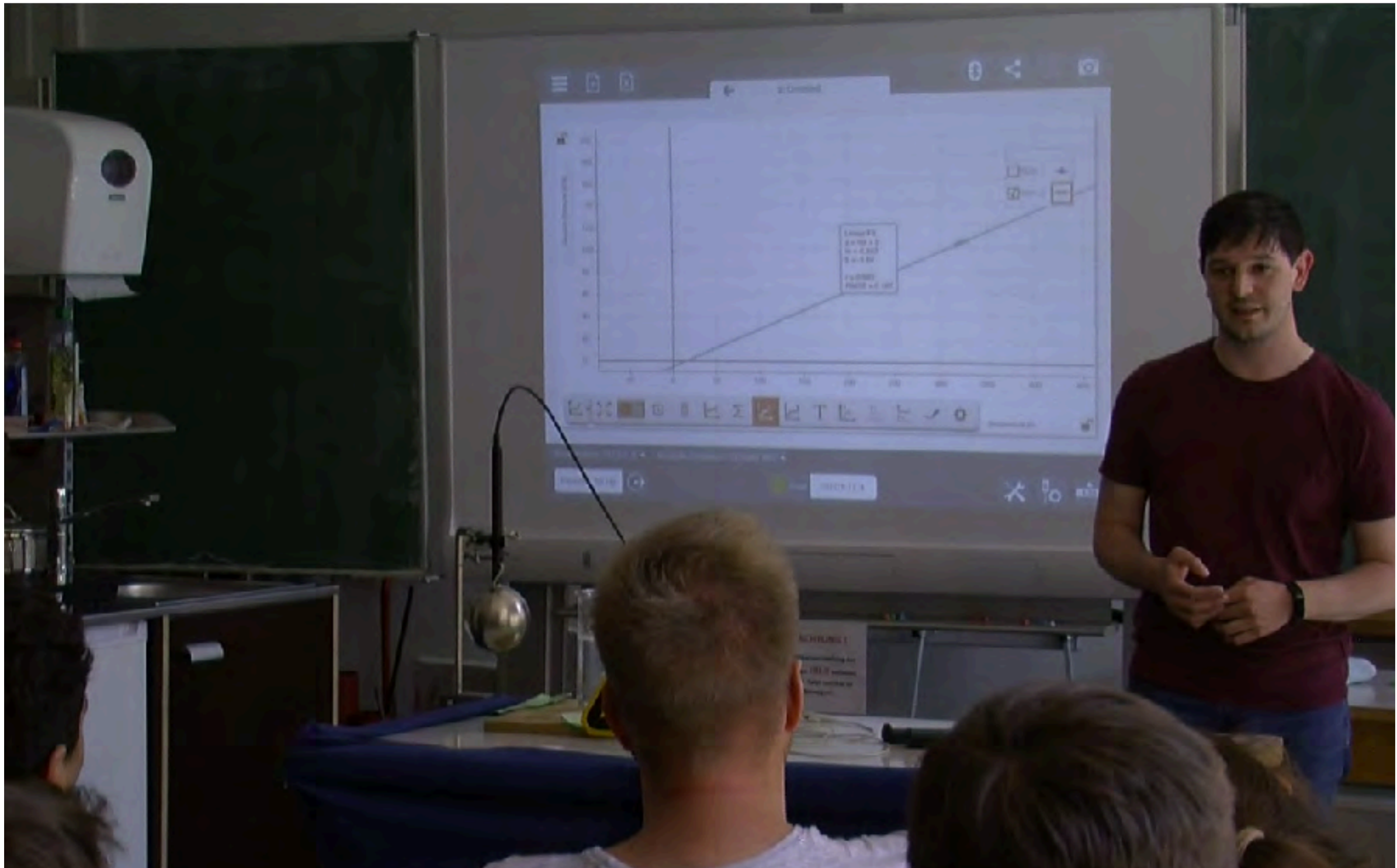
	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	Fachwissenschaftl. Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
<b>Beschreiben (inkl. notwendigem Vorgehen)</b>	<p><b>MD.U.B1:</b> Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz dME-Systeme im Unterricht (z.B. individuell angepasste Instruktionen), Auswirkungen der dME auf die jeweiligen Unterrichtsverfahren (z.B. Ermöglichung von forschend-entdeckendem Lernen durch mobile Endgeräte), durch digitale Systeme ermöglichte Zugänge zu Basiskompetenzen, Erkenntnisgewinnung und NOS-Konzepten</p>	<p><b>MD.M.B1:</b> Pädagogische Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile beschreiben, die sich methodisch beim Einsatz dME ergeben, z.B. im Hinblick auf ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zeitaufwand</li> <li>• Organisationsformen</li> <li>• Darstellungsformen</li> <li>• Methoden</li> <li>• Medienkenntnis / Einarbeitung</li> <li>• Interesse &amp; Motivation</li> <li>• persönliche und soziale Konsequenzen</li> </ul>	<p><b>MD.F.B1:</b> Ausgewählte fachwissenschaftliche Szenarien der dME beispielhaft beschreiben.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>MD.T.B1:</b> Für jede Art der dME mindestens eine Möglichkeit der technischen Umsetzung inkl. des notwendigen Vorgehens unter Bezugnahme auf aktuelle Hard- und Software sowie damit verbundenen Standards beschreiben.</li> <li>• <b>MD.T.B2:</b> Die Messcharakteristika (z.B. Messbereich, Messgenauigkeit, Auflösung, Abtastrate, Einsatzbereiche, Limitierungen) der Systeme beschreiben.</li> </ul>

# Kompetenzbereich

## Messwert- und Datenerfassung an Beispielen

	Unterrichten (TPACK)	Methodik, Digitalität (TPK)	Fachwissenschaftl. Kontext (TCK)	Spezielle Technik (TK)
<b>Anwenden/ Durchführen (praktische und funktionale Realisierung)</b>	<p><b>MD.U.A1:</b> Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung einer dME.</p> <p><b>MD.U.A2:</b> Durchführung (im geschützten Umfeld der Universität) unter Berücksichtigung geeigneter Sozial- und Organisationsformen.</p>		<p><b>MD.F.A1:</b> Aufnahme von Messwerten im fachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung von dME, z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchführung einer Elektrokardiographie,</li> <li>• Durchführung einer Titration,</li> <li>• quantitative Untersuchung von Stoßversuchen.</li> </ul>	<p><b>MD.T.A1:</b> Inbetriebnahme, Kalibrierung und Messwerterfassung für mindestens ein Beispiel jeder Art der oben genannten Möglichkeiten der dME.</p>

# Kompetenzbereich Messwert- und Datenerfassung an Beispielen







## Technische Basiskompetenzen

Der Kompetenzbereich "Technische Basiskompetenzen" beschreibt die individuelle Fähigkeit Hard- und Software zum Einsatz digitaler Medien und Werkzeuge als System aufeinander abzustimmen und zu koppeln. Dies umfasst die Kenntnis benötigter Hardware und ihrer Funktionalität bzw. Features, die Kopplung von Hardware zum Datenaustausch (nicht im Sinne von Messdaten, sondern zur Bildübertragung).

§ Rechtliche Rahmenbedingungen

allgemeinere Kompetenzen

fachspezifischere Kompetenzen



# Technische Basiskompetenzen



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



## § Rechtliche Rahmenbedingungen













## DiKoLAN



# Vorteile des Orientierungsrahmens DiKoLAN

-  Konkretisierung, Strukturierung und Stufung der Kompetenzen auf fachlicher Ebene
-  Berücksichtigung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen
-  Verknüpfung Kompetenzen der Lehrenden mit denen der Lernenden
-  Angebot/Eröffnung von Umsetzungsmöglichkeiten
-  Strukturierung ermöglicht Koordination/Aufteilung des Erwerbs der Kompetenzen im Lehramtsstudium

-  Assessment-Tool
-  Evaluationen von Lehrveranstaltungen mit Fragebogen zur Selbsteinschätzung
-  Evaluationen von Lehrveranstaltungen mit speziellem Test



- 📍 Erik Kremser, TU Darmstadt  
[erik.kremser@physik.tu-darmstadt.de](mailto:erik.kremser@physik.tu-darmstadt.de)  
Homepage: <http://tablets-in-der-lehre.de>



- 📍 Kolleg Didaktik:Digital  
AG Digitale Basiskompetenzen  
[info@digitale-basiskompetenzen.de](mailto:info@digitale-basiskompetenzen.de)

Archambault, L., & Crippen, K. (2009), Examining TPACK Among K-12 Online Distance Educators in the United States. *Technology and Teacher Education*, 9(1), 71-88.

Kremser, E. (2019). Beispiele digitaler Lehr- und Lernpraxis. Tagung „Digitale Lehre“, TU Darmstadt, 04.6.2019. Online verfügbar unter: [https://www.physik.tu-darmstadt.de/media/fachbereich\\_physik/phys\\_studium/vorlesungsassistenz/vorlesungsassistenz\\_grafiken/forschung\\_beitraege\\_1/poster\\_1/20190604\\_Digitale\\_Lehre\\_TU\\_Darmstadt\\_Poster.pdf](https://www.physik.tu-darmstadt.de/media/fachbereich_physik/phys_studium/vorlesungsassistenz/vorlesungsassistenz_grafiken/forschung_beitraege_1/poster_1/20190604_Digitale_Lehre_TU_Darmstadt_Poster.pdf). Zugegriffen: 20.02.2020.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016a). Bildung in der digitalen Welt. Kompetenzbereiche. Beschluss der Kultusministerkonferenz v. 08.12.2016. Online verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/KMK\\_Kompetenzen\\_-\\_Bildung\\_in\\_der\\_digitalen\\_Welt\\_Web.html](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2017/KMK_Kompetenzen_-_Bildung_in_der_digitalen_Welt_Web.html). Zugegriffen: 17.01.2020.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2016b). Bildung in einer digitalen Welt: Strake der Kultusministerkonferenz. Online verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2016/2016\\_12\\_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf). Zugegriffen: 17.01.2020.

Mayer, P, Thoms, L-J. & Girwidz, R. (2014). Studierendenbefragung zur Rolle neuer Medien im Physikunterricht. In: Bernholt, S. (Hrsg.) (2014). *Naturwissenschaftliche Bildung zwischen Science- und Fachunterricht*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in München 2013. Kiel: IPN - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik, S. 213 f.

- Mishra, P. & Koehler, J. M. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teacher College Record*, 108(6).
- Niess, M. (2005). Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: developing a technology pedagogical content knowledge. *Teaching and teacher Education*, 21(5), 509-523.
- Redecker, C. (2017). European Framework for the Digital Competence of Educators, DigCompEdu. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/european-framework-digital-competence-educators-digcompedu>.
- 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*, 1-15.