

## **(KI-gestützte) Entwicklung digitalisierter Sicherheitseinweisungen und Gefährdungsbeurteilungen für MINT-Lehramtsstudiengänge**

*Ein postdigitaler blended learning Kurs*

### **Warum bewerben Sie sich um ein Tandem-Fellowship?**

Jun.-Prof. Dr. Jan Winkelmann: Als Inhaber der Juniorprofessur für naturwissenschaftliche Bildung wird von mir erwartet, während meiner Qualifikationszeit ein eigenständiges Forschungsprogramm zu entwickeln. Parallel hierzu möchte ich diese Phase meiner Karriere dazu nutzen, um meine Lehrangebote zu profilieren. Interdisziplinarität ist mir hierbei auf zwei Ebenen wichtig. Zum einen ist sie auf inhaltlich-fachlicher Ebene zur Förderung relevanter Kompetenzen, wie z.B. Problemlösefähigkeit (KMK, 2021), notwendig. Diesen Aspekt adressiere ich in meinen fachübergreifenden Lehrveranstaltungen, z.B. in der Vorlesung "Didaktik der Naturwissenschaften" oder in der Summer School "Nachhaltigkeit in Wissenschaft, Technik und Gesellschaft". Zum anderen bedeutet Interdisziplinarität für mich auch die Kooperation mit benachbarten Disziplinen, um praktische, methodische und technische Synergien erreichen zu können.

Prof. Dr. Hannes Nepper: Die Etablierung von Maker Education in allen Bereichen der MINT-beteiligten Fachbereiche macht die Etablierung handlungsorientierter Lehrkonzepte für die Lösung von authentischen Problemstellungen in einer Kultur der Digitalität notwendig. Eine erste Fokussierung der beiden Fächer Physik und Technik kombiniert dabei kausal- und finalorientierte Lösungsstrategien für die zukünftige Schulpraxis unserer Lehramtsstudierenden und trägt dabei der Forderung nach Mehrperspektivität Rechnung. Mit dem "Makerspace"<sup>1</sup> wurde gemeinsam mit der Studierendenfachschaft bereits ein innovativer Lernraum aufgebaut, der im Zuge des gemeinsamen Lehr-Fellowships mit der Physikdidaktik weiterentwickelt und in die Hochschullehre integriert werden soll. Insbesondere die Minimierung von Gefahrenpotentialen und die adäquate Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen ist für zukünftige Lehrkräfte in ihrer Unterrichtsplanung und -durchführung essenziell.

---

<sup>1</sup> Bspw. wird an der PH Schwäbisch Gmünd jährlich eine 24h-Makernacht veranstaltet, die im Sinne eines Citizen-Science Ansatzes per Twitch-Livestream ortsunabhängig übertragen wird (<https://youtu.be/V0OqFhMtmDE>).

**Was veranlasst Sie zu dem geplanten Entwicklungsvorhaben? Welches aktuelle Problem soll bearbeitet werden? Inwieweit handelt es sich dabei um ein zentrales Problem in der Lehre bzw. bei der Unterstützung der digitalen Lehre?**

Der Einzug von neuen Technologien in den MINT-Unterricht verläuft gegenwärtig eher schleppend. Auch deshalb, da in der Schulpraxis Unterricht oftmals zur Aufrechterhaltung eines bestimmten kanonischen Wissens dient. Der immer noch vorhandene Glaube an die Notwendigkeit eines überlegenen Lehrer\*innen-Subjekts (der im Zeitalter der Digitalität und des zeit- und ortsunabhängigen Zugangs zu einem Weltwissen nahezu obsolet wird) sowie die überfüllten Curricula der Kultusministerien sind Gründe dafür, dass oft am eigenen "Können" festgehalten wird und digitale Tools als Hilfsmittel in der Unterrichtsplanung und -durchführung eher kritisch beäugt werden. Daher wird beispielsweise die Auseinandersetzung mit digitalen Artefakten oder hybriden Lernräumen, wie sie außerunterrichtlich durchaus Konsens (und technisch möglich) sind, in der Hochschullehre und Schulpraxis immer noch oft vermieden. Eine Kultur der Digitalität, wie sie beispielsweise Stalder (2016) propagiert, lässt sich für die Lehramtsausbildung an Hochschulen daher nur dann realisieren, wenn Good Practice Beispiele zur Unterrichtsplanung, -durchführung und -reflexion aus der (analogen) Vergangenheit in einer Synthese mit digitalen Innovationen der Gegenwart lernförderlich vollzogen werden. Für die MINT-beteiligten Fachbereiche (wir fokussieren uns zunächst auf die derzeitigen Mangelfächer Physik und Technik) möchten wir Bildungsprozesse und die Gestaltung von Fachräumen postdigital denken und unter Einbezug computergestützter Medien innovative Lehr- und Lernkonzepte nachhaltig in der Lehramtsausbildung von Primar- und Sekundarstufenlehrkräften etablieren. Postdigital deshalb, da für die Initiierung von Lernprozessen der technische Charakter der Digitalisierung zugunsten von soziokulturellen Faktoren (u.a. Planung von Experimenten und Maker Education Unterricht in Anlehnung an den Citizen-Science Gedanken; Minimierung von Gefahrenpotentiale in der Kommunikation mit bspw. pädagogischen Agenten) in den Hintergrund treten soll. D.h. nachdem Studierende und deren zukünftige Schüler\*innen, insbesondere auch im Zuge der zeitweiligen Aussetzung der Präsenzlehre, während der vergangenen Covid19-Pandemie, neue Formate des digitalen Austauschs und der Informationsdistribution kennen und nutzen gelernt haben, stellt die Digitalisierung an sich kein Novum mehr dar. Herausfordernd bleibt allerdings weiterhin die didaktische Passung der heterogenen Eigenschaften der Lernenden und den curricular festgeschriebenen Kompetenzerwartungen der Modulhandbücher im Studium bzw. der jeweiligen Bildungspläne in der Schulpraxis. Guter naturwissenschaftlich-technischer Unterricht sollte dabei die "interessante, klare, verständliche und vernetzte Präsentation neuer Inhalte und Konzepte, die Aktivierung des vorhandenen Vorwissens der Schüler[\*innen], das Evozieren kognitiv anspruchsvoller Tätigkeiten, die Kultivierung eines diskursiven Unterrichtsstils, den Einsatz geeigneter Repräsentationsformen, die Förderung der Bewusstheit für das eigene Lernen sowie die Vermittlung von Strategien

zur Strukturierung und Elaboration des Unterrichtsgegenstandes” (Lipowsky, 2006, S. 64) beinhalten. Bedeutsame Qualitätsmerkmale der Situierung von Lernprozessen bleiben daher weiterhin (1) Problemlösen und handlungsorientiertes Lernen, (2) Lernen zwischen Instruktion und Konstruktion, (3) Geschlechterbewusster Unterricht und (4) Fächerverbindendes Lernen (Greinstetter & Fast, 2018). Allerdings müssen Lernräume (Rummler, 2014) hierbei immer mehr in einer Synthese aus Maker Education (Hughes, 2022), Educational Technology (Januszewski & Molenda, 2008) und Citizen Science (Vohland et al., 2021) als sogenannter dritter Pädagoge (Dahlinger, 2009) im Lernprozess der Lernenden wirken können. Nur so kann das Wie und Warum naturwissenschaftlich-technischer Artefakte, Systeme und Prozesse handlungsorientiert kennengelernt werden (Marx, 2018).

Tabelle 1: Begrifflichkeiten

Maker Education	Education Technology	Citizen Science
Unter Verwendung geeigneter Materialien (Kunststoff-, Metall- und Holzwerkstoffen) und Werkzeugen (u.a. 3D-Drucker, Laser-Cutter, Microcontroller) liegt der Fokus auf Kreativität, Problemlöseverhalten und dem sozialen Austausch der Lernenden.	Lernende verwenden (neue) Technologien zur Unterstützung und Verbesserung ihrer Lernprozesse	Lernende und interessierte Bürger*innen werden in wissenschaftliche Forschungsprojekte eingebunden. Kooperativ werden Daten gesammelt (bspw. durch Beobachtungen, Messungen oder Fotoaufnahmen) und interpretiert.

Um in diesem Kontext bei Experimenten sowie beim Arbeiten und Unterweisen mit computergestützten Maschinen und Werkzeugen (dem sogenannten Maker-Equipment) Gefahrenquellen (u.a. durch Lärm, Überhitzung, Verbrennungen, Quetschungen und Emission; u.a. Häberlen, Kröner & Wachter, 2021) zu minimieren, muss die adäquate Erstellung von Gefährdungsbeurteilungen sowie Sicherheitsunterweisungen im Fachraum (neu) in der MINT-Lehramtsausbildung implementiert werden. Wir gelangen zu dieser Einschätzung unter anderem durch explorative Ansätze während der Unterrichtsbeobachtung im integrierten Semesterpraktikum (ISP) sowie durch die Analyse zentraler, wiederkehrender fachspezifischer Anforderungsstrukturen in der Schulpraxis, die als kritische Ereignisse (critical incidents) bezeichnet werden können. Im beantragten Lehr-Fellowship wollen wir daher einen postdigitalen blended learning Kurs nutzen, in der Form, dass Studierende der Fächer Physik und Technik mithilfe von generativen KI-Tools sowie immersive 360°-Rundgängen für Gefährdungspotentiale bei MINT-Experimenten sowie beim Umgang mit Maker Equipment sensibilisiert werden. Außerdem soll eine browser- und app-basierte Risikobewertung für die Schulpraxis (weiter-)entwickelt werden, mit deren Hilfe zukünftige Lehrkräfte ihren naturwissenschaftlich-technischen Unterricht möglichst Gefahrenfrei planen können.

## **Welche Ziele verfolgen Sie mit dem geplanten Entwicklungsvorhaben? Auf welche übergeordneten Ziele zählt ihr Vorhaben ein? Was ist daran innovativ?**

Wiederkehrende Elemente naturwissenschaftlich-technischer Lehrveranstaltungen sollen als postdigitaler blended learning Kurs aufbereitet und auf dem LMS Moodle der PH Schwäbisch Gmünd (<https://moodle.ph-gmuend.de/>) zur ständigen Verfügung bereitgestellt werden. Insbesondere betrifft dies (A) Digitalisierte Sicherheitsanweisungen und Gefährdungsbeurteilungen und in einem explorativen Ansatz (B) die Nutzung von generativer KI zur Entwicklung der digitalisierten Sicherheitseinweisungen und Gefährdungsbeurteilungen:

### (A) Digitalisierte Sicherheitseinweisung und Gefährdungsbeurteilung

In den Fächern Physik und Technik (sowie in den weiteren MINT-beteiligten Fächern) ist das Experimentieren beziehungsweise das Arbeiten und Unterweisen an (computergestützten) Maschinen und Werkzeugen immanent. Die aktuellen Verordnungen zur Arbeitssicherheit (u.a. DGUV, 2002) sehen für alle (computergestützten) Maschinen und Werkzeuge sowie für jedes Experiment individuelle Gefährdungsbeurteilungen vor. Gegenwärtig ist allerdings sowohl an der Hochschule als auch an den Praktikumschulen des ISP ein Mangel an Gefährdungsbeurteilungen, insbesondere als OER-Material, zu verzeichnen.

In beiden Fächern werden für die Lehre spezielle Fachräume und Werkstätten genutzt. Für jede Lehrveranstaltung werden bislang individuell durch die Dozierenden Sicherheitseinweisungen für die Studierenden durchgeführt und dokumentiert. Diese Aufgabe soll durch zu entwickelnde 360°-Aufnahmen und interaktive Videos vereinheitlicht und professionalisiert werden. Die audiovisuellen Videos werden als asynchrone Lerninhalte von den Studierenden durchgearbeitet und die Inhalte im Sinne eines "Flipped Classrooms" in der ersten Sitzung vertieft. Gleichzeitig dienen die Materialien den Studierenden als Planungsunterlagen für eigene Sicherheitseinweisungen und Gefährdungsbeurteilungen für ihren zukünftigen Unterricht.

Konkret erhalten die Studierenden aufbauend auf interaktiven Videos zur sicheren Nutzung der Fachräume und Werkstätten sowie einer audiovisuelle 360°-Begehungen<sup>2</sup>, die Gelegenheit, virtuelle Materialien und Maschinen anzuklicken und deren schulpraktische Einsatzszenarien als best-practice Beispiele elaboriert kennenzulernen. In der Folge erhalten Sie ausgearbeitete (und editierbare) Gefährdungsbeurteilungen (Abb. 1).

---

<sup>2</sup> Zunächst werden die Fachräume und Werkstätten der Hochschule, später typische Physik- und Technikräume der zukünftigen Schulpraxis digitalisiert.



Abbildung 1: Prototyp Sicherheitseinweisung als 360°-Rundgang

Für die Gestaltung der interaktiven Lehr- und Lerninhalte wird die freie und quelloffene Software H5P (HTML 5-Package; <https://h5p.org/>) im Desktop-Programm Lumi Education (<https://app.lumi.education/>) verwendet. Hierbei wird der Verbreitung für freie Bildungsmaterialien auf Basis interaktiver Website-Inhalte Rechnung getragen.

### (B) Explorativer Ansatz: Nutzung von generativer KI zur Entwicklung der digitalisierten Sicherheitseinweisungen und Gefährdungsbeurteilungen

Für das Erstellen und die Formulierung von Gefährdungsbeurteilungen gibt es Kriterien (Abb. 2). In Kombination mit Experimentiermaterialien (Physik) oder (computergestützten) Maschinen und Werkzeugen (Technik) sollte eine generative Text-zu-Text KI (z.B. ChatGPT) bzw. Text-zu-Video KI (z.B. Gemini) in der Lage sein, eine digitalisierte Gefährdungsbeurteilung zu erstellen. Inwiefern die Nutzung von KI-Tools zur Erstellung solcher Gefährdungsbeurteilungen zielführend ist, soll im Rahmen des Fellowships explorativ erprobt werden.

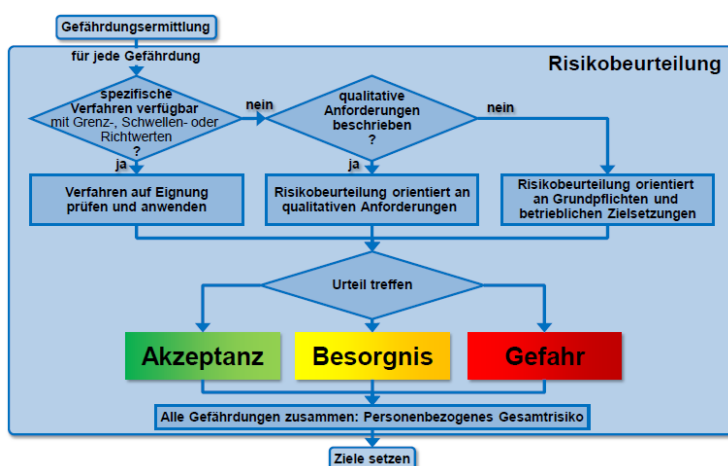


Abbildung 2: Kriteriengeleitete Gefährdungsbeurteilung (<https://t1p.de/yckca>)

Mit den entwickelten Materialien wird über den kostenpflichtigen OpenAI Assistant API (<https://openai.com/>; aktuell gtp-44-1106-preview) ein Chatbot als pädagogischer Agent trainiert, auf den Studierende dann über den Messengerchat Telegram (Telegram FZ-LLC) oder browserbasiert über ein Moodle-Plugin zugreifen können. Während der Hochschulseminare oder ihrer zukünftigen Unterrichtsplanung können Studierende dann in der Kommunikation mit dem Chatbot eine Gefährdungsbeurteilung nach den aktuellen Sicherheits- und Gesetzesvorgaben erstellen. Eine browser- und appbasierte Umsetzung im Bereich der Programmierung einer Ampelsteuerung wird aktuell in einer Masterarbeit erprobt und könnte hierfür adaptiert werden (Jank, 2024).

Die Fellows widmen sich dem beantragten Projekt regelmäßig mit mindestens zwei Stunden pro Woche.

### **In welche Studiengänge und -abschnitte soll die geplante Lehrinnovation implementiert werden?**

Lehramtsstudiengänge der Fächer Technik und Physik (sowie mittelfristig Chemie, Biologie und Informatik) im Primar- und Sekundarstufenbereich. Für interessierte Hochschulen ist außerdem das Erstellen eines digitalen Zwillings über das LMS Moodle jederzeit möglich.

### **Welche Reichweite hat Ihr Vorhaben nach erfolgreicher Umsetzung?**

Die geplanten Produkte werden zunächst durch die Antragsteller mit einem Fokus auf die Fächer Technik und Physik entwickelt (aktuell ca. 120 Studierende im Grundschul- und Sek-I-Bereich). Die Bereitstellung der Produkte auf dem Lern-Management-System der PH Schwäbisch Gmünd ermöglicht darüber hinaus einen Zugriff sämtlicher anderer Lehramtsstudiengänge sowie über einen Shibboleth Login für neun weitere Partnerhochschulen in Baden-Württemberg (Hochschule Aalen, Hochschule Esslingen, PH Heidelberg, PH Freiburg, PH Karlsruhe, PH Ludwigsburg, PH Weingarten, Universität Stuttgart, Universität Ulm). Praktisch nutzbar wird das Angebot insbesondere für die übrigen MINT-Fächer.

Es ist außerdem angedacht (1) eine Distribution über das "Fachdidaktische Kolloquium - naturwissenschaftliche Bildung", das als Vortrags- und Austauschangebot für (angehende) Lehrkräfte einen Transfer in umliegende Schulen sicherstellt, sowie (2) ein Bekanntmachen der digitalen Produkte in der von Herrn Nepper herausgegebenen Fachzeitschrift *technik-eduction* (tedu), welche Kooperationspartner von peDocs<sup>3</sup> ist.

---

<sup>3</sup> peDocs ist das Open Access Repository für Texte der Bildungsforschung und Erziehungswissenschaften im gesamten deutschsprachigen Raum und Teil des Fachportal Pädagogik.



**Wie lassen sich nach Erprobung des Entwicklungsvorhabens Erfolg und eventuelle Risiken beurteilen? Wie wird das Vorhaben evaluiert?**

Für die Evaluation des postdigitalen blended learning Kurses werden qualitative Daten in Form von retrospektiven Interviews mit Studierenden beider Fachbereiche geführt.

**Erläutern Sie, mit welchen Aktivitäten das Entwicklungsvorhaben in der eigenen Lehre/im eigenen Studiengang, im Fachbereich oder in der gesamten Hochschule langfristig verstetigt werden könnte.**

Die Produkte können als hybride Ergänzungen in Lehrveranstaltungen der Fächer Technik und Physik genutzt werden. Über das LMS "Moodle" können Dozierende und Studierende jederzeit auf die interaktiven Videos zugreifen. Um das Angebot am Institut für Naturwissenschaften sowie am Institut für Bildung, Beruf und Technik bekannt zu machen, wird auf den regelmäßig stattfindenden Institutssitzungen auf die Entwicklungsarbeit hingewiesen. Im Rahmen der Systemakkreditierung der Lehramtsstudiengänge an der PH Schwäbisch Gmünd im Jahr 2026 sollen die Erkenntnisse aus dem Fellowship strukturell in den Modulhandbüchern der Fächer Technik und Physik implementiert werden. Da die entwickelten Produkte grundsätzlich in ähnlicher Form auch für andere Fächer der Hochschule bedeutsam sein können, werden sie auch im Rahmen des hochschulweiten Struktur- und Entwicklungsprojekts Profun.dig (Professionalisierung für eine Kultur der Digitalität, [www.profundig.de](http://www.profundig.de)) zur Nutzung beworben.

**Auf welche Lehrkontexte – auch in anderen Disziplinen oder an anderen Hochschulen – kann die geplante Innovation übertragen werden?**

Prinzipiell ist eine Adaption als digitaler Zwilling auf alle MINT-beteiligten Fachbereiche sowie alle Disziplinen übertragbar, die Sicherheitseinweisungen und Gefährdungsbeurteilungen in ihren Curricula verankert haben. Für Hochschulen, die als LMS Moodle einsetzen, kann bspw. der postdigitale blended learning Kurs auch über einen Shibboleth Login dupliziert werden.

**Erläutern Sie die geplanten Aktivitäten zum Transfer Ihrer Projektergebnisse (OER-Strategie, Veröffentlichung als Good Practice, etc.).**

Alle Inhalte des postdigitalen blended learning Kurses werden mit H5P, einer freien quelloffenen Software zum Erstellen von interaktiven Lerninhalten erstellt und können so bspw. über das LMS Moodle eingebunden werden. Es sind hochschulinterne Workshops für Kolleg\*innen der MINT-beteiligten Fachbereiche sowie Vorstellungen von Erfahrungen auf fachdidaktischen Tagungen, Konferenzen und Fachzeitschriften geplant.

## **Welche relevanten Kenntnisse und Vorarbeiten bringen Sie in das Vorhaben ein?**

Die Kenntnisse und Vorarbeiten sind vielschichtig und umfangreich. Im Folgenden ein kursorischer Einblick:

- Entwicklung und Evaluation einer Lehrveranstaltung für MINT-Lehramtsstudiengänge im Rahmen des "WoLKE-Projekts", das durch das Land Baden-Württemberg gefördert wird ([www.wolke.schule](http://www.wolke.schule)). Ziel ist der didaktisch begründete und reflektierte Einsatz von generativer KI im MINT-Unterricht.
- Die Fellows wurden aktuell durch das BMBF zu einem gemeinsamen Vollantrag für ein regionales MINT-Cluster aufgefordert.
- Gemeinsames Projekt Astrochat, in dem eine micro-controllerbetriebene DIY Astronomie Station realisiert wird, die per Chatbot gesteuert werden kann und deren Umweltdaten, Bildmaterial und Videosequenzen in einer Messengergruppe geteilt werden. Schüler\*innen, deren Familien und interessierte Bürger\*innen können im Sinne eines Citizen-Science-Ansatz auf diese Daten zugreifen, eigene Beobachtungen anstellen und gemeinsam Forschungsfragen klären.
- Im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ des BMBF war Jan Winkelmann in leitender Funktion an zwei Verbundprojekten beteiligt, in denen Lehrkräftefortbildungen zum begründeten Einsatz von AR-Experimenten sowie zum inklusiven Experimentieren entwickelt und evaluiert wurden (Freese et al., 2023; Sührig et al., 2021).
- Im Rahmen der „Qualitätsoffensive Lehrerbildung“ des BMBF hatte Hannes Nepper im Verbundprojekt Lehrerbildung PLUS die Handlungsfeldleitung Labore aller fachdidaktischen Labore der Lehrerbildenden Hochschulen der Region Stuttgart-Ludwigsburg inne.
- Jan Winkelmann hat die Leitung des SkillsLabs Naturwissenschaften inne, das Studierende beim eigenständigen Umgang mit digitalen Medien sowie der Entwicklung digitaler Medienprodukte unterstützt. Im Fokus stehen die Produktion von Experimentiervideos, die Nutzung von Sensoren des eigenen Smartphones beim Experimentieren sowie insbesondere in der Physik die Entwicklung von Augmented-Reality-Experimenten. Der im SkillsLab Naturwissenschaften beschäftigte Mitarbeiter, Herr Kevin Kärcher, soll mit Fokus auf das Fach Chemie in das Fellowship eingebunden werden.

## **Erläutern Sie die geplante Kooperation. Worin besteht der Mehrwert der Kooperation für die Durchführung des geplanten Entwicklungsvorhabens?**

Die Kooperation zwischen den Fächern Physik und Technik ist zum einen fachimmanent naheliegend, zum anderen funktioniert der Austausch auch auf persönlicher Ebene bereits sehr gut. Das Fellowship könnte uns die Möglichkeit bieten, bestehende gemeinsame Erfahrungen auf ein institutionelles Level zu heben und damit die



Professionalisierung voranzutreiben. Die vorgesehenen Entwicklungen von digitalen Angeboten für die Hochschullehre sind für unsere beiden Fachdisziplinen gleichermaßen relevant. Auf diese Weise schafft die Kooperation eine sinnvolle Synergie.

Der aktuelle Struktur- und Entwicklungsplan (SEP) der PH Schwäbisch Gmünd fordert einen Transfer hin zu einer Kultur der Digitalität (<https://t1p.de/7gd8z>). Dabei stellt der SEP den normativen Rahmen der Hochschule dar und zeichnet die großen Linien der Hochschulgestaltung. Eine Kultur der Digitalität zu leben, kann nur gelingen, wenn auf Ebene einzelner Fächer konkrete Angebote geschaffen werden.

### **Wie sind Sie in Hinblick auf das von Ihnen geplante Entwicklungsvorhaben innerhalb Ihrer Hochschule organisatorisch eingebunden und vernetzt?**

Jun.-Prof. Dr. Jan Winkelmann hat an der PH Schwäbisch Gmünd die Juniorprofessur (mit Tenure-Track) für naturwissenschaftliche Bildung inne. Er ist Leiter des Zentrums für naturwissenschaftliche Bildung sowie des SkillsLabs Naturwissenschaften. Er organisiert in regelmäßigen Abständen das "Fachdidaktische Kolloquium - naturwissenschaftliche Bildung". Strukturell ist seine Professur an der Abteilung Physik im Institut der Naturwissenschaften innerhalb der Fakultät II verortet.

Prof. Dr. Hannes Nepper ist an der PH Schwäbisch Gmünd Professor (W3) für Technik und ihre Didaktik. Er ist Herausgeber der Open-Access Fachzeitschrift *technik-education (tedu)*, die Unterrichtsforschung und -praxis in der Technik verknüpft. Er organisiert jährlich die hochschul- und fächerübergreifende 24h MINT-MAKER Bildungsnacht, die in einem 24h Twitch-Livestream übertragen wird. Strukturell ist seine Professur an der Abteilung Technik im Institut für Bildung, Beruf und Technik an der Fakultät I verortet.

### **Literaturverzeichnis**

- Dahlinger, S. (2009). Der Raum als dritter Pädagoge. *PÄD-Forum: unterrichten erziehen*, 28(6), 247-250.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) (2002). *Unfallverhütungsvorschrift Schule mit Durchführungsanweisung vom Juni 2022*. Berlin.
- Greinstetter, R., & Fast, M. (2018). Qualitätsmerkmale technikbezogenen Unterrichts in der Primarstufe. In R. Greinstetter, M. Fast, & A. Bramberger (Hrsg.), *Technische Bildung im fächerverbindenden Unterricht der Primarstufe. Forschung – Technik – Geschlecht*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Häberlen, M., Kröner, K., & Wachter, H.-J. (2021). *Sicherer Umgang mit 3D-Druckern in der Schule: Handreichung für allgemein bildende Schulen und vergleichbare Fächer an beruflichen Schulen in Baden-Württemberg*.

- Jank, E. (2024/in Arbeit). *Chatbots als Hilfsmittel im technikbezogenen Unterricht. Entwicklung und Konzeption einer Lernsequenz mit dem Messenger Chat Telegram*. Masterarbeit an der PH Schwäbisch Gmünd.
- Januszewski, A., & Molenda, M. (2008). Definition. In A. Januszewski & M. Molenda (Hrsg.), *Educational technology* (S. 1–14). New York: Lawrence Erlbaum.
- Kultusministerkonferenz (KMK) (2021). *Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Die ergänzende Empfehlung zur Strategie „Bildung in der digitalen Welt“*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2021/2021\\_12\\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2021/2021_12_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf)
- Lipowsky, F. (2006). Auf den Lehrer kommt es an. Empirische Evidenzen für Zusammenhänge zwischen Lehrkompetenzen, Lehrerhandeln und dem Lernen der Schüler. In C. Allemann-Ghionda & E. Terhart (Hrsg.), *Kompetenzen und Kompetenzentwicklung von Lehrerinnen und Lehrern*. (S. 47-70). Weinheim u.a.: Beltz.
- Marx, A. (2018). Technikunterricht - Herausforderung und Entwicklungspotenziale. In B. Geißel, & T. Gschwendtner (Hrsg.), *Wirksamer Technikunterricht (Unterrichtsqualität: Perspektiven von Expertinnen und Experten*, Bd. 10, (S. 84-95). Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Rummler, K. (Hrsg.) (2014). *Lernräume gestalten - Bildungskontexte vielfältig denken*. Münster, New York: Waxmann.
- Stalder, F. (2016). *Kultur der Digitalität*. Berlin: Suhrkamp.
- Vohland, K., Land-Zandstra, A., Ceccaroni, L., Lemmens, R., Perelló, J., Ponl, M., Samson, R. & Wagenknecht, K. (2021). *The Science of Citizen Science*. Cham: Springer.