EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

ComeMINT: Teilprojekt Universität Tübingen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis. Teil I: Kurzbericht

Zuwendungsempfänger: Eberhard Karls Universität Tübingen

Förderkennzeichen: 01JA23M06L

Vorhabenbezeichnung: Com^{e}MINT-Netzwerk
fortbilden durch vernetzen – vernetzen durch fortbilden.
Gelingensbedingungen adaptiver MINT-Fortbildungsmodule in Community Networks. Teilprojekt Universität Tübingen.

Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2023 bis 30.09.2025

Berichtszeitraum: 01.04.2023 bis 30.09.2025

Ein Projektverbund von
lernen:digital
Kompetenzzentrum
MINT

Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert vom:
Bundesministerium
für Bildung, Familie, Senioren,
Frauen und Jugend

Ein Projektverbund von
lernen:digital
Kompetenzzentrum
MINT

COMeMINT
fortbilden durch vernetzen durch fortbilden

Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert vom:
Bundesministerium
für Bildung, Familie, Senioren,
Frauen und Jugend

ComᵉMINT-Netzwerk

Abschlussbericht: Standort Universität Tübingen

Förderkennzeichen: 01JA23M06L

Datum	Tübingen, den 08.12.2025
Standortleiter	Prof. Dr. Jan-Philipp Burde

Inhaltsverzeichnis

1) Aufgabenstellung und wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde 1

2) Ablauf des Vorhabens 1

3) Wesentliche Ergebnisse und Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen 2

1) Aufgabenstellung und wissenschaftlicher Stand, an den angeknüpft wurde

Digitale Medien ermöglichen im naturwissenschaftlichen Unterricht eine neue Qualität der Anschauung. Die fortschreitende Digitalisierung stellt viele MINT-Lehrkräfte jedoch vor Herausforderungen, insbesondere, wenn diese nicht mit den didaktischen Potenzialen digitaler Medien vertraut sind (Eickelmann et al., 2019). ComeMINT zielt vor diesem Hintergrund auf die forschungsbasierte Entwicklung prototypischer, fachlich fundierter und digitalisierungsbezogener Professionalisierungskonzepte für MINT-Lehrkräfte und Multiplikator:innen unter Berücksichtigung von evidenzgestützten Kriterien lernwirksamer Fortbildungen. Dabei zielen die im ComeMINT-Verbund entwickelten Fortbildungen insbesondere auf die qualitative Verbesserung des Lehr-Lerngeschehens durch die Gestaltung digitaler Unterrichtsszenarien und Lernumgebungen mithilfe einschlägiger Tools.

Konkret hatte das Teilprojekt *Com^{e}Net* Physik zum Ziel, ein forschungsbasiertes Fortbildungskonzept zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu implementieren und hinsichtlich fachspezifischer Gelingensbedingungen zu untersuchen. Dabei sollte die Bedarfslage der Lehrkräfte im Rahmen des Fortbildungskonzepts mittels eines digitalen Self-Assessments gezielt berücksichtigt werden, indem vorhandene Testverfahren adressatengerecht aufbereitet und den Lehrkräften basierend auf den Ergebnissen des digitalen Self-Assessments passgenaue Empfehlungen mit Blick auf qualitätserprobte, lernwirksame und praxisnahe Fortbildungsmodule gegeben werden. Hierzu sollten Lehr- und Lernmaterialien modularisiert, in ein kohärentes Konzept überführt sowie gemeinsam mit Praxispartnern iterativ weiterentwickelt werden. Darüber hinaus sollte das Konzept Multiplikator:innen zur Verfügung gestellt werden.

2) Ablauf des Vorhabens

Zu Beginn des Projektes wurden im Jahr 2023 qualitätserprobte und lernwirksame Materialien aus der ersten Phase der Lehrkräftebildung mit Blick auf die Zielgruppe überarbeitet, modularisiert und in ein kohärentes Gesamtkonzept überführt. Grundlage hierfür bildeten Vorarbeiten aus dem Projekt DiKoLeP („Digitale Kompetenzen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik“; Weiler et al., 2024) sowie weitere Vorarbeiten der Universitäten Aachen, Bremen, Köln, Paderborn und Tübingen. Die Adaption erfolgte u.a. auf Basis einer zu Projektbeginn unter praktizierenden Lehrkräften in Deutschland und Österreich durchgeführten Bedürfnisanalyse, die sowohl inhaltliche Interessen als auch bevorzugte Formate und Rahmenbedingungen für Fortbildungen umfasste.

Um eine Kompetenzfeststellung mittels eines digitalen Self-Assessments zu Beginn des Online-Selbstlernkurses zu ermöglichen, wurden ferner zunächst vorhandene Testverfahren – u. a. aus dem QLB-Projekt LeBiAC – adressatengerecht adaptiert. Darauf aufbauend wurde ein adaptives Feedbacksystem entwickelt, das den Lehrkräften auf freiwilliger Basis entsprechend der diagnostizierten Kompetenzstände passgenaue Förderempfehlungen und Lernmodule zuweist. In enger Zusammenarbeit mit dem externen Kooperationspartner an der Universität Innsbruck wurde das Fortbildungskonzept 2024 als Online-Selbstlernkurs auf der Plattform *iMoox.at* in einer ersten Version veröffentlicht, wo er Lehrkräften kostenfrei zur Verfügung steht. Ergänzend wurden an den beteiligten Standorten Präsenzfortbildungen mit hohem Praxisanteil konzipiert und ab 2025

durchgeführt. Daran anschließend wurden der Online-Selbstlernkurs inkl. Self-Assessment über kooperierende Netzwerke in die zweite und dritte Phase implementiert, iterativ weiterentwickelt und begleitend evaluiert. Die Evaluation umfasste u. a. Nutzungsstatistiken, teilnehmende Beobachtungen und Erhebungen zur Prozessqualität. Die finalisierten Materialien wurden als OER in adaptierbarem Format mit Nutzungskonzepten aufbereitet und stehen Lehrkräften sowie Multiplikator*innen auch über die Projektlaufzeit hinaus auf verschiedenen Plattformen zur Nachnutzung zur Verfügung.

3) Wesentliche Ergebnisse und Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen

Das im Rahmen des Projektes entwickelte Fortbildungskonzept besteht aus den folgenden drei aufeinander abgestimmten Komponenten:

(a) ein modular aufgebauter Online-Selbstlernkurs mit integriertem digitalen Self-Assessment,
(b) vertiefende Präsenzfortbildungen zu den Themen der Module sowie
(c) nachbereitende Online-Austauschtreffen zur nachhaltigen Verankerung und Reflexion

Nutzung und Prozessqualität wurden empirisch untersucht. Darüber hinaus wurden Einstellungen der Teilnehmenden zum Einsatz digitaler Medien sowie die Akzeptanz der vorgestellten Innovationen erfasst. Dabei ließen sich vier Typen von Lehrkräften identifizieren: Skeptiker, Unschlüssige, Unterversorgte und Forschungsnahe. Der Online-Kurs besteht aus 16 Selbstlernlektionen mit vorgeschaltetem Self-Assessment und enthält ein Einführungsmodul sowie Grundlagen- und teilweise Vertiefungsangebote zu den Themen Simulationen und Animationen, Erklärvideos, digitale Messwerterfassung, Smartphones im Physikunterricht, Mikrocontroller, Interaktive Bildschirmexperimente (IBE), Augmented Reality (AR), mathematische Modellbildung, 3D-Druck und Künstliche Intelligenz (KI). Die Module berücksichtigen nicht nur wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse, sondern sind zugleich durch praxisnahe, anwendungsorientierte Beispiele gekennzeichnet, um eine direkte Umsetzung im Unterricht zu erleichtern. Durch die Präsentation des Fortbildungskonzepts auf Veranstaltungen wie der Didacta 2025 in Stuttgart konnte eine hohe Sichtbarkeit bei praktizierenden Lehrkräften erreicht werden, was sich in bislang über 250 Anmeldungen für den Online-Selbstlernkurs in seiner ersten Version bzw. 190 Teilnehmenden in der überarbeiteten Version widerspiegelt. Präsenzfortbildungen die z.T. in Zusammenarbeit mit dem ZSL in Baden-Württemberg und anderen lernen:digital Projekten durchgeführt wurden, beschäftigten sich beispielsweise mit dem Thema „digitale Messwerterfassung“ und „Mikrokontroller“, wobei die teilnehmenden Lehrkräfte umfangreiche Experimentierboxen inkl. Handreichungen zur Verfügung gestellt bekamen, um ihnen die Umsetzung im Unterricht zu erleichtern. Zusätzlich fand hier auch eine begleitende Evaluation statt. Alle entwickelten Materialien stehen als OER über WirLernenOnline und dem Portal von lernen:digital bzw. ComPleTT den Multiplikator:innen zur nachhaltigen Weiterverwendung zur Verfügung. Ferner wurde das entstandene Fortbildungskonzept bzw. seine Entwicklung und wissenschaftliche Evaluation auf Fachtagungen (GDCP 2023–2025, DPG 2024–2025, ESERA 2025) sowie auf weiteren Veranstaltungen wie den lernen:digital-Tagungen 2024/2025 und dem Tag der digitalen Lehrkräftebildung 2025 präsentiert und zentrale Erkenntnisse publiziert (z.B. Weiler et al., 2024; Plicht et al., in print).

EBERHARD KARLS
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN

ComeMINT: Teilprojekt Universität Tübingen

Sachbericht zum Verwendungsnachweis. Teil II: Eingehende Darstellung

Zuwendungsempfänger: Eberhard Karls Universität Tübingen

Förderkennzeichen: 01JA23M06L

Vorhabenbezeichnung: Com^{e}MINT-Netzwerk
fortbilden durch vernetzen – vernetzen durch fortbilden.
Gelingensbedingungen adaptiver MINT-Fortbildungsmodule in Community Networks. Teilprojekt Universität Tübingen.

Laufzeit des Vorhabens: 01.04.2023 bis 30.09.2025

Berichtszeitraum: 01.04.2023 bis 30.09.2025

Ein Projektverbund von
lernen:digital
Kompetenzzentrum
MINT

Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert vom:
Bundesministerium
für Bildung, Familie, Senioren,
Frauen und Jugend

Ein Projektverbund von
lernen:digital
Kompetenzzentrum
MINT

COMeMINT
fortbilden durch vernetzen durch fortbilden

Finanziert von der
Europäischen Union
NextGenerationEU

Gefördert vom:
Bundesministerium
für Bildung, Familie, Senioren,
Frauen und Jugend

Com^{e}MINT-Netzwerk

Abschlussbericht: Standort Universität Tübingen

Förderkennzeichen: 01JA23M06L

Datum	Tübingen, den 09.12.2025
Standortleiter	Prof. Dr. Jan-Philipp Burde

Inhaltsverzeichnis

1) Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse 1

2) Wichtigste Positionen des Zahlenmäßigen Nachweises 4

3) Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten..... 4

4) Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse 6

5) Bekannt gewordener Fortschritt während der Durchführung auf dem Gebiet..... 6

6) Liste der Veröffentlichungen..... 7

1) Verwendung der Zuwendung und erzielte Ergebnisse

Die Eberhard Karls Universität Tübingen übernahm im Verbundvorhaben Com^{e}MINT einen Teil der Arbeit des *Com^{e}Nets* Physik. Dabei wurde ein Förderkonzept für den lernwirksamen Einsatz von digitalen Medien im Physikunterricht erarbeitet. Die Mitarbeit des Standorts Tübingen am *Com^{e}Net* Physik trug wesentlich zur Erreichung zentraler Ergebnisse des Projekts bei. Hierzu gehört z.B. die Durchführung einer empirischen Bedürfnisanalyse unter deutschen und österreichischen Lehrkräften mit Unterrichtsfach Physik, die sowohl inhaltliche Interessen als auch bevorzugte Formate und Rahmenbedingungen für (Online-)Fortbildungen zu digitalen Medien umfasste (Weiler et al., 2024). Es konnten insgesamt 162 Lehrkräfte mit einem repräsentativen Profil an Berufserfahrung zur Teilnahme gewonnen werden. Die Ergebnisse zeigten ein deutliches Interesse der Lehrkräfte an klassischen physikdidaktischen Themen (wie z.B. Schülerexperimente mit digitalen Medien, Augmented-Reality-Anwendungen, Smartphone-Experimenten) sowie konkreten Praxisbeispielen zur Unterrichtsgestaltung, während die Lehrkräfte weniger Bedürfnisse nach Fortbildungen zu pädagogischen Aspekten bzw. der gesellschaftlichen Relevanz digitaler Medien äußerten. Ein geringeres Interesse zeigten die Lehrkräfte jedoch an den psychologischen Grundlagen zum Medieneinsatz sowie empirischen Befunden zur Lernwirksamkeit, weshalb diese im Fortbildungskonzept nur nachrangig berücksichtigt wurden. Ferner war den Lehrkräften wichtig, im Rahmen der Fortbildungen nicht nur die Breite didaktischer Möglichkeiten digitaler Medien kennenzulernen, sondern auch die Gelegenheit zu haben, diese praktisch auszuprobieren. Diese empirischen Befunde der Bedürfnisanalyse waren entscheidend für die evidenzbasierte Gestaltung des Fortbildungskonzepts. Die daraus abgeleiteten curricularen Entscheidungen – etwa die Aufteilung in Grundlagen- und Vertiefungsmodule – adressieren gezielt die heterogenen Vorerfahrungen und Interessen der Lehrkräfte. Die Ergebnisse der Bedürfnisanalyse wurden auf mehreren wissenschaftlichen Tagungen, darunter der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) und der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP), präsentiert, mit der Fachcommunity diskutiert und flossen direkt in die inhaltliche und didaktische Ausgestaltung der Module ein. Somit lieferte die Bedürfnisanalyse eine empirisch fundierte Grundlage, um das Gesamtkonzept passgenau auf die Zielgruppe auszurichten.

Auf Basis der Ergebnisse der Bedürfnisanalyse sowie inhaltlichen Vorarbeiten der im Com^{e}Net Physik beteiligten Standorte wurde aus vorliegenden Seminarinhalten ein kohärentes und modularisiertes Konzept für adaptive Fortbildungen zu digitalen Medien im Physikunterricht konzipiert, wobei systematisch auch Elemente von wirksamen Fortbildungen (z.B. Lipowsky 2023) berücksichtigt wurden. Der inhaltliche Schwerpunkt der Ausarbeitung am Standort Tübingen lag auf der Entwicklung von Online-Selbstlernmodulen zu den Themen „Mikrocontroller“, „Augmented Reality“, „Interaktive Bildschirmexperimente“ und „Mathematische Modellbildung“ auf Basis qualitätserprobter, lernwirksamer Materialien aus eigenen Vorarbeiten im Rahmen der ersten Phase der Lehrkräftebildung. Die Inhalte wurden mit Blick auf die Zielgruppe unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Bedürfnisanalyse überarbeitet, modularisiert und in ein kohärentes, phasenübergreifendes Gesamtkonzept überführt, das nicht nur zentrale wissenschaftliche

Erkenntnisse thematisiert, sondern auch durch praxisnahe, anwendungsorientierte Beispiele gekennzeichnet ist.

Zentral für Koordination der Standorte und die Sicherstellung der Kohärenz des Fortbildungskonzepts war dabei u.a. ein mehrtägiges Treffen des *Com^{e}Net* Physik beim assoziierten Projektpartner in Innsbruck (Prof. Schubatzky). Das entwickelte Fortbildungskonzept wurde über die etablierte Plattform iMoox.at bereitgestellt, wobei im Rahmen einer Eingangsdiagnostik mittels digitalem Self-Assessment zunächst die spezifischen Bedarfe der Lehrkräfte identifiziert werden, um passgenaue Förderempfehlungen geben zu können, was mit umfangreichen datenschutzrechtlichen Abklärungen einherging. Der Standort Tübingen trug mit Blick auf das digitale Self-Assessment zur adressatengerechten Adaption von bestehenden Testinstrumenten (insbesondere mit Blick auf affektive Aspekte) bei, um eine Kompetenzfeststellung der Lehrkräfte im Rahmen der Eingangsdiagnostik zu ermöglichen.

Ende 2023 fand zudem ein Projekttreffen des Verbunds Com^{e}MINT in Aachen statt. Hier wurden die im Jahresverlauf erarbeiteten Ergebnisse standortübergreifend diskutiert und das weitere Vorgehen innerhalb des Verbunds abgestimmt. Insbesondere wurden das Vorgehen sowie die Instrumente im Zusammenhang mit der Begleitforschung innerhalb des Verbunds koordiniert. Darüber hinaus war das Projekt fortwährend bei verbundinternen Treffen (z.B. regelmäßiger Jour Fixe) und Zusammenkünften der Förderlinie (z.B. von der Transferstelle ausgerichtete Treffen) vertreten. Im Juni 2024 wurde zudem der verbundinterne Jour Fixe durch das *Com^{e}Net* Physik organisiert und durchgeführt.

Der Online-Selbstlernkurs, der als Massive Open Online Course (MOOC) auf der Plattform iMooX.at veröffentlicht wurde, umfasst in der finalen Version insgesamt 16 Lektionen zu den Themen „Simulationen und Animationen“, „Erklärvideos“, „digitale Messwerterfassung“, „Videoanalyse“, „Smartphones im Physikunterricht“, „Mikrocontroller“, „Interaktive Bildschirmexperimente (IBE)“, „Augmented Reality (AR)“, „mathematische Modellbildung“, „3D-Druck“ und „Künstliche Intelligenz (KI)“ im Physikunterricht. Seit November 2024 ist der Online-Kurs auf iMooX.at kostenfrei und zur selbstständigen Bearbeitung verfügbar (https://imoox.at/course/digitalerPhysikunterricht). Um der Heterogenität der Vorerfahrungen gerecht zu werden, wurden die Inhalte in Grundlagen- und Vertiefungsmodule gegliedert, wobei die Lehrkräfte auf Basis des mittels digitalen Self-Assessments diagnostizierten Kompetenzstands eine personalisierte Empfehlung dazu bekommen, welche Fortbildungsmodule sie auf welchem Niveau bearbeiten sollten. Die Module enthalten instruktive Videos, begleitende Texte, Zusammenfassungen zentraler wissenschaftlicher Erkenntnisse, praxisnahe Beispiele, Anwendungsaufgaben und Quizze. Sämtliche Materialien wurden barrierearm gestaltet, unter anderem durch die Bereitstellung von Videotranskripten für hörgeschädigte Personen. Zur Qualitätssicherung der Fortbildungsangebote wurde eine Abschlussbefragung integriert, in der u.a. verschiedene Einstellungen sowie Akzeptanz der Inhalte untersucht werden. Darüber hinaus wurden erste im *Com^{e}Net* Physik erhobene Forschungsdaten aufbereitet und der zentralen Forschungsstelle des Verbunds zur weiteren Analyse übermittelt.

Am Standort Tübingen kam es ferner zur Konzeption und Durchführung von Präsenzfortbildungen, in Kooperation mit anderen Projektverbünden von lernen:digital (MINT-ProNeD) und Praxispartnern (ZSL), um den Lehrkräften ergänzend zum Online-Selbstlernkurs die praktische Auseinandersetzung mit digitalen Messwerterfassungssystemen und Mikrokontrollern in konkreten Unterrichtskontexten zu ermöglichen. Dabei wurde besonderer Wert auf die didaktische Integration der digitalen Medien gelegt, wobei die teilnehmenden Lehrkräfte auch umfangreiche Experimentierboxen inkl. Handreichungen zur Verfügung gestellt bekamen, um ihnen die Umsetzung in der Unterrichtspraxis zu erleichtern. Ergänzend wurden nachbereitende (Online-)Treffen zur Reflexion, Beratung und inhaltlichen Vertiefung angeboten, um Lehrkräften die Möglichkeit zu geben, ihre Erfahrungen aus der Umsetzung in der eigenen Unterrichtspraxis zu diskutieren, offene Fragen zu klären und gezielt weiterführende Impulse zu erhalten. Die Präsenzformate wurden zum Teil in die regulären Fortbildungsprogramme der beteiligten Institutionen aufgenommen, sodass eine strukturelle Verstetigung sowie eine kontinuierliche Nachnutzung der entwickelten Angebote gewährleistet ist.

Ferner verantwortete der Standort Tübingen auch die Aufbereitung der Module zu den Themen „Mikrocontroller“, „Augmented Reality“, „Interaktive Bildschirmexperimente“ und „Mathematische Modellbildung“ als Open Educational Resources (OER) für die zentrale OER-Plattform WirLernenOnline (wirlernenonline.de). Im Sinne einer nachhaltigen Verwertung und breiten Dissemination wurden die erarbeiteten Inhalte auch für die bundesweite Plattform von lernen:digital mit Anbindung an ComPleTT zur Nachnutzung aufbereitet. Neben einer systematischen Strukturierung und didaktischen Kommentierung wurden zu jedem Modul konkrete Nutzungskonzepte erstellt, die den Einsatz in Online-Selbstlernphasen, begleiteten Präsenzseminaren und Blended-Learning-Settings unterstützen, einschließlich Vorschlägen zur zeitlichen Strukturierung und zu geeigneten Aufgabenformaten. Die Materialien wurden so gestaltet, dass Multiplikator:innen und Fortbildner:innen sie unmittelbar in ihre eigenen Angebote integrieren können, wobei die im Rahmen der internen Projekttreffen 2023 in Aachen und 2025 in Essen erarbeiteten Standards innerhalb von ComeMINT berücksichtigt wurden.

Ebenfalls beigetragen hat der Standort Tübingen innerhalb des *Com^{e}Nets* Physik zur wissenschaftlichen Verwertung der Projektergebnisse durch Präsentationen auf nationalen und internationalen Fachtagungen, darunter die Jahrestagungen der GDCP (2023, 2024), die Frühjahrstagung der DPG (2024, 2025), die ESERA-Konferenz (2025) sowie die lernen:digital-Tagung in Potsdam. Ergänzend wurden zentrale Ergebnisse in Fachpublikationen veröffentlicht (z.B. Plicht et al., in print). Die erhobenen Daten wurden nach den FAIR-Prinzipien aufbereitet und der projektinternen Stelle für das Forschungsdatenmanagement zur Verfügung gestellt. Zur Öffentlichkeitsarbeit trug insbesondere die Präsentation des Fortbildungskonzepts auf Veranstaltungen wie der Didacta 2025 in Stuttgart bei, durch die eine hohe Sichtbarkeit bei praktizierenden Lehrkräften erreicht und bereits zahlreiche Anmeldungen für den Online-Selbstlernkurs generiert werden konnten. Zudem wurde der MOOC in digitalen Austauschformaten wie dem „Boxenstopp“ der lernen:digital-Transferstelle vorgestellt, um gezielt Rückmeldungen aus der Praxis einzuholen. Erste Projektergebnisse wurden bereits in einschlägigen Publikationen (z.B. Weiler et al., 2024) veröffentlicht und weitere Beiträge stehen kurz vor der Veröffentlichung (z.B. Plicht et al. im Buchband von lernen:digital). Durch diese Kombination

aus wissenschaftlicher Publikationstätigkeit, Bereitstellung der entwickelten Materialien als OER und kontinuierlicher Präsenz auf Tagungen und Kongressen konnte eine breite Dissemination und nachhaltige Sichtbarkeit der Projektergebnisse erreicht werden.

2) Wichtigste Positionen des Zahlenmäßigen Nachweises

Die größte Position im zahlenmäßigen Nachweis entfiel auf die Personalkosten für wissenschaftliches Tarifpersonal nach TV-L E 13 (Pos. 0812). Für die Umsetzung der Projektmaßnahmen im Teilprojekt der Universität Tübingen war ein wissenschaftlicher Mitarbeiter angestellt, der die Arbeit am Standort Tübingen im *Com^{e}Net* Physik wesentlich vorangetrieben hat. Konkret war er für die Konzeption, Durchführung und Auswertung der Bedürfnisanalyse, die Entwicklung der Selbstlernmodule zu den genannten Themen, die Konzeption, Planung und Durchführung von Präsenzfortbildungen sowie die Dissemination der Ergebnisse auf Konferenzen sowie im Rahmen von Publikationen verantwortlich. Da sich die Gewinnung von studentischen Hilfskräften als schwieriger erwies als erwartet, wurde die Stelle des wissenschaftlichen Mitarbeiters mit ursprünglich für Hilfskräfte veranschlagten Mitteln kostenneutral aufgestockt, um die geplanten Arbeitspakete dennoch im veranschlagten zeitlichen Rahmen des Projektes bewältigen zu können.

Alle entwickelten Materialien wurden als OER aufbereitet und breit gestreut. Zur Unterstützung bei der Materialentwicklung, Modulstrukturierung und Dissemination wurden daher zusätzlich studentische Hilfskräfte (Pos. 0822) beschäftigt. Ihre Aufgaben umfassten Recherchen, die Mitarbeit an der Erstellung und Überarbeitung von Materialien des Fortbildungskonzepts, die Aufbereitung der Materialien als Open Educational Resources sowie die Transkription der Videos des Online-Kurses.

Reisemittel (Pos. 0846) wurden vor allem für die Teilnahme an Tagungen (u. a. GDCP, DPG, ESERA) verwendet, um das Fortbildungskonzept vorzustellen und Zwischenergebnisse mit der Fachcommunity zu diskutieren.

Die Zusammenarbeit mit der Universität Innsbruck wurde durch regelmäßige, jährlich stattfindende Projekttreffen vor Ort entscheidend vertieft. Durch die enge Einbindung von Prof. Schubatzky konnten internationale Austauschprozesse intensiviert, Synergien innerhalb des Gesamtprojekts geschaffen und insbesondere die dauerhafte, kostenfreie Einbindung der Projektergebnisse auf iMooX.at realisiert werden. Darüber hinaus kamen die bereitgestellten Reisemittel für Treffen im Rahmen der Förderlinie sowie des Verbundprojekts ComeMINT zum Einsatz.

3) Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Projektarbeiten

Die am Standort Tübingen durchgeführten Projektarbeiten im Rahmen vom *ComeNet Physik* waren mit Blick auf die Erreichung der Ziele des Projekts unverzichtbar. Erst durch die bereitgestellten Fördermittel konnten zentrale Arbeitspakete umgesetzt werden, die maßgeblich zur Entwicklung, Erprobung und Dissemination des forschungsbasierten, modular aufgebauten Fortbildungskonzepts für Physiklehrkräfte beitrugen. Hierzu zählt u.a. die bereits beschriebene umfassende empirische Bedürfnisanalyse unter Lehrkräften sowie die Adaption bestehender Testinstrumente zur Entwicklung eines digitalen Self-Assessment-Tools, mit dessen Hilfe Lehrkräfte passgenaue Empfehlungen dazu

bekommen, welche Fortbildungsmodule sie auf welchem Niveau (Grundlagen- bzw. Vertiefungsmodule) im Rahmen des Online-Selbstlernkurses bearbeiten sollten.

Basierend auf den Ergebnissen der Bedürfnisanalyse sowie eigenen Vorarbeiten wurde in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern ein modular aufgebautes, phasenübergreifendes Fortbildungskonzept entwickelt. Der Schwerpunkt der Tübinger Arbeiten lag auf der Entwicklung von Online-Selbstlernmodulen zu den Themen „Mikrocontroller“, „Augmented Reality“, „Interaktive Bildschirmexperimente“ und „Mathematische Modellbildung“. Diese Inhalte wurden unter Berücksichtigung der Zielgruppenbedürfnisse überarbeitet, modularisiert und in ein kohärentes Gesamtkonzept überführt, das wissenschaftliche Fundierung mit praxisnahen Beispielen verbindet. Durch die strukturierte Kombination aus Instruktionsvideos, Begleittexten, interaktiven Aufgaben und Tests wurde ein modular aufgebautes Kursformat geschaffen, das eine flexible und praxisnahe Fortbildung zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht im Selbstlernformat ermöglicht. Die qualitativ hochwertige multimediale Umsetzung der Kursinhalte, insbesondere die Produktion und Nachbearbeitung von Videosequenzen zu physikspezifischen Anwendungen digitaler Medien, wären ohne die bereitgestellten Fördermittel aufgrund des erforderlichen Zeit- und Personalaufwands nicht leistbar gewesen.

Der resultierende Online-Selbstlernkurs wurde im November 2024 als kostenfreier Massive Open Online Course (MOOC) auf der Plattform iMooX.at veröffentlicht und umfasst in der finalen Version 16 Lektionen zu zentralen Themen des digitalen Medieneinsatzes im Physikunterricht, darunter Simulationen, Erklärvideos, digitale Messwerterfassung, Videoanalyse, Smartphones im Unterricht, Mikrocontroller, Interaktive Bildschirmexperimente, Augmented Reality, mathematische Modellbildung, 3D-Druck und Künstliche Intelligenz im Physikunterricht. Um der Heterogenität der Vorerfahrungen gerecht zu werden, wurden Inhalte in Grundlagen- und Vertiefungsmodule gegliedert und mit barrierearmen Materialien wie Videotranskripten für Hörgeschädigte ausgestattet. Der Nutzen des Projekts zeigt sich – neben dem wissenschaftlichen Output – insbesondere in seinem hohen schulpraktischen Mehrwert: Der MOOC bietet ein barrierearmes, frei zugängliches und dauerhaft verfügbares Fortbildungsangebot für Lehrkräfte und Fortbildner:innen und ist damit ein wichtiger Beitrag zur nachhaltigen Verankerung digitalisierungsbezogener Professionalisierung im Fach Physik. Die Förderung war zudem zentral für die Qualitätssicherung der Inhalte und die Erweiterung der Reichweite. Durch die Einbindung des Projekts in zentrale Netzwerkveranstaltungen wie „Boxenstopp“, „Brownbags“, „Jour Fixe“ und den „Tag der digitalen Lehrkräftebildung“ wurde die Sichtbarkeit innerhalb der Förderlinie deutlich erhöht und die Vernetzung maßgeblich gestärkt.

Ergänzend zum Online-Angebot wurden praxisorientierte Präsenzfortbildungen in Kooperation mit Partnern wie dem ZSL und MINT-ProNeD durchgeführt, um Lehrkräften den Einsatz digitaler Messwerterfassungssysteme und Mikrocontrollern in konkreten Unterrichtskontexten zu ermöglichen. Diese Veranstaltungen beinhalteten umfangreiche Experimentierboxen mit Handreichungen zur direkten Unterrichtsumsetzung und wurden durch nachbereitende Online-Treffen zur Reflexion und inhaltlichen Vertiefung ergänzt. Ein Teil dieser Formate wurde in die

regulären Fortbildungsprogramme der beteiligten Institutionen aufgenommen, was eine strukturelle Verstetigung und kontinuierliche Nachnutzung der entwickelten Angebote sicherstellt.

Die geförderte Arbeit im Projekt trug somit insgesamt in wissenschaftlicher, schulpraktischer und struktureller Hinsicht entscheidend dazu bei, ein empirisch fundiertes, praxisnahes und nachhaltig nutzbares Fortbildungsangebot zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu entwickeln, zu implementieren und langfristig verfügbar zu machen. Damit konnte durch die Förderung ein substanzieller Beitrag zur Professionalisierung von Physiklehrkräften und zur nachhaltigen Integration digitaler Medien in den Physikunterricht erzielt werden.

4) Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse

Der als zentraler Projektertrag entwickelte Online-Selbstlernkurs auf iMoox.at verzeichnete zum Projektende über 190 eingeschriebene Teilnehmende in der Version von 2025 sowie zusätzlich mehr als 250 Teilnehmende in der Vorläuferversion von 2024. Angesichts der Tatsache, dass der Kurs erst seit weniger als einem Jahr verfügbar ist und auch über das Projektende hinaus auf der Plattform dauerhaft kostenfrei bestehen bleibt, ist davon auszugehen, dass er auch künftig von hohem Nutzen sein und eine stetig wachsende Zahl an Lehrkräften erreichen wird.

Um die nachhaltige Nutzung sicherzustellen, wurden die Module des Selbstlernkurses ferner als Open Educational Resources (OER) aufbereitet und u.a. auf WirLernenOnline sowie der Plattform von lernen:digital mit Anbindung an ComPleTT zur Nachnutzung zur Verfügung gestellt. Die Materialien stehen dort übersichtlich strukturiert, didaktisch kommentiert und mit detaillierten Nutzungskonzepten zur freien Nachnutzung bereit, sodass Multiplikator:innen und Fortbildner:innen sie unmittelbar in der eigenen Arbeit integrieren und weiterverwenden können.

Die Ergebnisse der Bedürfnisanalyse liefern über das konkrete Projektthema hinaus grundlegende Erkenntnisse zur Gestaltung von wirksamen digitalisierungsbezogenen Fortbildungen im Fach Physik. Sie stellen somit eine fundierte und praxisnahe Grundlage für die Entwicklung zukünftiger Qualifizierungsmaßnahmen in der Physiklehrkräftebildung dar.

Die Projektergebnisse wurden zudem durch Präsentationen auf nationalen und internationalen Fachtagungen, darunter die GDCP-Jahrestagungen 2023 und 2024, die Frühjahrstagungen der DPG 2024 und 2025, die ESERA-Konferenz 2025 sowie die lernen:digital-Tagung, kontinuierlich in die Fachcommunity und die schulische Praxis transferiert. Fachpublikationen sowie die Präsentation des Fortbildungskonzepts auf Veranstaltungen wie der Didacta 2025 in Stuttgart führten zu einer hohen Sichtbarkeit und förderten den fachlichen Austausch und die Vernetzung erheblich. Ergänzend trugen der Tag der digitalen Lehrkräftebildung 2024 und 2025 in Essen zu einer breiten Sichtbarkeit des Projekts und des entwickelten Online-Kurses bei.

5) Bekannt gewordener Fortschritt während der Durchführung auf dem Gebiet

Im Rahmen der Zusammenarbeit mit anderen *lernen:digital*-Projekten, wie etwa MINT-ProNeD, sowie im Austausch auf Vernetzungsveranstaltungen und bei durchgeführten Fortbildungen zeigte sich, dass Lehrkräfte und Lehrkräftefortbildende zunehmend auch Interesse an kompakten Mikro-Fortbildungen

entwickeln. Darüber hinaus gewann im Verlauf der Projektlaufzeit das Thema Künstliche Intelligenz (KI) im Kontext des Physikunterrichts deutlich an Relevanz. Sowohl in wissenschaftlichen als auch in bildungspolitischen Diskursen rückte der Einsatz von KI in Schule und Unterricht verstärkt in den Fokus, was sich auch im wachsenden Interesse von Lehrkräften widerspiegelte. Fortbildungsveranstaltungen und Netzwerktreffen machten deutlich, dass ein Bedarf besteht, Potenziale, Grenzen und konkrete Einsatzmöglichkeiten von KI-gestützten Anwendungen im Physikunterricht kennenzulernen und didaktisch zu reflektieren. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen der Überarbeitung des Online-Selbstlernkurses ein eigenes Modul zum Thema „Künstliche Intelligenz“ entwickelt. Insgesamt zeigt sich die Notwendigkeit, das Thema KI in zukünftigen Fortbildungsformaten gezielt zu berücksichtigen und entsprechende Angebote systematisch auszubauen.

6) Liste der Veröffentlichungen

Wissenschaftliche und praxisorientierte Publikationen

- Riese, J.; Burde, J.-P.; Costan, K.; Große Heilmann, R.; Kulgemeyer, C.; Schubatzky, T.; Weiler, D. (2024). Adaptive Fortbildungen zu digitalen Medien im Physikunterricht. v. Vorst, H. (Hrsg.): Frühe naturwissenschaftliche Bildung, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hamburg 2023, Band 44, 2024, S. 910 – 913. https://gdcp-ev.de/tagungsbaende/tagungsband-2024-band-44-2/
- Weiler, D.; Burde, J.-P.; Große-Heilmann, G.; Lachner, A.; Riese, J.; Schubatzky, T. (2024). Einsatz digitaler Medien: Charakterisierung von Physik-LA-Studierenden. v. Vorst, H. (Hrsg.): Frühe naturwissenschaftliche Bildung, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Hamburg 2023, Band 44, 2024, S. 98 – 101. https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2024/06/A17_Weiler.pdf
- Weiler, D.; Burde, J.-P.; Costan, K.; Große-Heilmann, R.; Kulgemeyer, C.; Riese, J.; Schubatzky, T. (2024). Förderung digitaler Kompetenzen von Physik-Lehrkräften im ComeNet Physik. Grötzebauch, H.; Heinicke, S. (Hrsg.): PhyDid B, Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2024, 2024, S. 47 – 54. https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1414/1670
- Weiler, D.; Burde, J.-P.; Costan, K.; Große-Heilmann, R.; Kulgemeyer, C.; Lässer, A.; Riese, J.; Schubatzky, T. (2025). Bedürfnisse von Lehrkräften zu digitalen Medien adressieren! In: v. VORST, H. (Hrsg.): Lernen, lehren und forschen im Schülerlabor, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Bochum 2024, Band 45, 2025, S. 197-200. https://gdcp-ev.de/wp-content/uploads/securepdfs/2025/07/C20_Weiler.pdf
- Weiler, D.; Burde, J.-P.; Costan, K.; Gieshoff, R.; Kulgemeyer, C.; Lässer, A.; Plicht, K.; Riese, J.; Schubatzky, T. (2025). Online-Selbstlernkurs zu digitalen Medien im Physikunterricht Grötzebauch, H.; Heinicke, S. (Hrsg.): PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Fachverband Didaktik der Physik Göttingen 2025, 2025, S. 71 – 77. https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1492/1731

- Plicht, K., Burde, J.-P., Costan, K., Gieshoff, R., Kulgemeyer, C., Lässer, A., Riese, J., Schubatzky, T. & Weiler, D. (akzeptiert). Vom Online-Kurs zur Präsenzfortbildung: Ein zweiphasiges Fortbildungskonzept zum Einsatz digitaler Medien für Physiklehrkräfte. Buchbandbeitrag lernen:digital.
- Broschüre ComeVerbünde - ComeMINT (2025). Materialien zur Förderung digitalisierungsbezogener Kompetenzen (angehender) Lehrkräfte – Physik: Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht (S.35 – 45). Verfügbar auf: https://comemint.uni-due.de/

Vorträge und Posterpräsentationen

- Riese, J. et al. (2023). Adaptive Fortbildungen zu digitalen Medien im Physikunterricht. Poster auf der GDCP-Jahrestagung 2023.
- Weiler et al. (2023). Einsatz digitaler Medien: Charakterisierung von Physik-LA-Studierenden. Vortrag auf der GDCP-Jahrestagung 2023.
- Weiler et al. (2024). Digitalisierungsbezogene Fortbildungsbedürfnisse von Physik-Lehrkräften adressieren. Vortrag auf der Tagung „Digitale Transformation für Schule und Lehrkräftebildung gestalten“ in Potsdam 2024.
- Weiler et al. (2024). Förderung digitaler Kompetenzen von Physik-Lehrkräften im ComeNet Physik. Vortrag auf der DPG-Frühjahrstagung 2024.
- Weiler et al. (2024). Bedürfnisse von Lehrkräften zu digitalen Medien adressieren! Vortrag auf der GDCP-Jahrestagung 2024.
- Weiler et al. (2024). Online-Selbstlernkurs zu digitalen Medien im Physikunterricht. Poster auf der DPG-Frühjahrstagung 2025.
- Burde et al. (2025). Online-Selbstlernkurs zu digitalen Medien im Physikunterricht. Poster auf der GDCP-Jahrestagung 2025.
- Plicht et al. (2025). Fortbildungskonzept zum Einsatz digitaler Medien für Physiklehrkräfte. Symposiumsvortrag auf der Tagung „Digitale Transformation für Schule und Lehrkräftebildung gestalten“.

OER und Selbstlernkurse

- Riese, J.; Bresges, A.; Burde, J.-P., Costan, K.; Große-Heilmann, R.; Henze, J.; Höfting, S.; Kulgemeyer, C.; Lässer, A.; Plicht, K.; Schubatzky, T.; Therolf, S. & Weiler, D. (2025). Online-Selbstlernkurs / MOOC: „Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht“ auf iMooX.at. Verfügbar auf: https://imoox.at/course/digitalerPhysikunterricht
- Riese, J.; Bresges, A.; Burde, J.-P., Costan, K.; Große-Heilmann, R.; Henze, J.; Höfting, S.; Kulgemeyer, C.; Lässer, A.; Plicht, K.; Schubatzky, T. Therolf, S. & Weiler, D. (2025). Online-Module des Fortbildungskurses „Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht“ auf dem Portal WirLernenOnline. Verfügbar auf: https://redaktion.openeduhub.net/edu-sharing/components/render/8a7dd209-a280-4a05-b23f-4f3e5cf80582

- Weiler, D.; Plicht, K.; Burde, J.-P.; Costan, K.; Kulgemeyer, C.; Gieshoff, R.; Riese, J.; Höfting, S.; Henze, J.; Therolf, S.M.; Bresges, A.; Lässer, A.; Schubatzky, T. (2025). Qualifizierungskonzepte:
  - Einführung https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=641bcb28-7e61-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Smartphones https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=c043f97a-7e61-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Videoanalyse https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=8bf2e9dd-7e61-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Digitale Messwerterfassung https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=20b84013-7e61-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Simulation und Animation https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=a8075469-7e60-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Modellbildung https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=5c763356-7e60-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Interaktive Bildschirmexperimente https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=2639bed6-7e60-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Erklärvideos https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=df9b0f3a-7e5f-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Microcontroller https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=70674d06-7e5c-11f0-b3fb-a27bf71c1c62
  - Augmented Reality https://lernen.digital/wissen-und-formate/qualifizierungskonzepte/?article=7524d4e5-7dc3-11f0-b3fb-a27bf71c1c62