

Blanc, Berit; Goertz, Lutz; Reichow, Insa; Buntins, Katja; Hochbauer, Monika; Rashid, Sheikh Faisal
Die Zukunft der beruflichen Weiterbildung. Szenarien und Handlungsempfehlungen für einen innovativen, digitalen Weiterbildungsraum 2035. Ein Dossier im Rahmen des Innovationswettbewerbs INVITE

Essen 2025, 37 S.



Quellenangabe/ Reference:

Blanc, Berit; Goertz, Lutz; Reichow, Insa; Buntins, Katja; Hochbauer, Monika; Rashid, Sheikh Faisal: Die Zukunft der beruflichen Weiterbildung. Szenarien und Handlungsempfehlungen für einen innovativen, digitalen Weiterbildungsraum 2035. Ein Dossier im Rahmen des Innovationswettbewerbs INVITE. Essen 2025, 37 S. - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-327407 - DOI: 10.25656/01:32740

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-327407>

<https://doi.org/10.25656/01:32740>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen sowie Abwandlungen und Bearbeitungen des Werkes bzw. Inhaltes anfertigen, solange Sie den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and render this document accessible, make adaptations of this work or its contents accessible to the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft



Berit Blanc, Lutz Goertz, Insa Reichow, Katja Buntins, Monica Hochbauer & Sheikh Faisal Rashid

Die Zukunft der beruflichen Weiterbildung

Szenarien und Handlungsempfehlungen für einen innovativen, digitalen Weiterbildungsraum 2035

Ein Dossier im Rahmen des Innovationswettbewerbs INVITE

GEFÖRDERT VOM



Impressum

Dr. Lutz Goertz, Dr. Katja Buntins, Monica Hochbauer

mmb Institut GmbH
Folkwangstraße 1
45128 Essen

Dr. Berit Blanc, Dr. Insa Reichow, Dr. Faisal Rashid

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz GmbH (DFKI)
Alt-Moabit 91c
10559 Berlin
mmb Institut GmbH

Gemeinsame Mailadresse des INVITE-Meta-Teams: invite@mmb-institut.de

Dieses Dossier ist im Rahmen des Innovationswettbewerbs INVITE im Projekt „INVITE-Meta“ entstanden.

Danksagung

Wir möchten uns herzlich bei allen weiteren Personen bedanken, die sich an der Ausarbeitung und Kommentierung dieses Dossiers beteiligt haben. Dazu gehören insbesondere Dr. Ulrich Schmid, Prof. Niels Pinkwart und Jun. Prof. Benjamin Paaßen.

Unser besonderer Dank gilt den Teilnehmer_innen der Expert_innen-Workshops zur Szenarivalidierung im November und Dezember 2024.

Zitiervorschlag

Blanc, B., Goertz, L., Reichow, I., Buntins, K., Hochbauer M. & Rashid, S.F. (2025).
Die Zukunft der beruflichen Weiterbildung – Szenarien und Handlungsempfehlungen für einen
innovativen, digitalen Weiterbildungsraum 2035. Essen.

1. Auflage 2025
März 2025



Herausgeber

mmb Institut – Gesellschaft für
Medien- und
Kompetenzforschung mbH

Folkwangstraße 1
45128 Essen

CC Lizenz

Dieses Werk ist lizenziert unter einer CC BY 4.0 Lizenz
(Namensnennung - 4.0 International). Weitere Informationen finden Sie
auf der Creative-Commons-Webseite:

<https://creativecommons.org/licenses/>

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Einleitung	4
1 Hintergrund und Ziele.....	5
2 Methodisches Vorgehen.....	6
3 Fünf Szenarien im Realitätscheck	7
Szenario 1: Kompetenzorientiertes Matching und Recommendersysteme 2035	7
Beispielprojekte aus INVITE	8
Szenario, Potenziale und Fallbeispiel	8
Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen.....	10
Szenario 2: Personalisiertes Lernen mit Learning Analytics und Lernpfaden 2035	12
Beispielprojekte aus INVITE	12
Szenario, Potenziale und Fallbeispiele	13
Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen.....	15
Szenario 3: KI-gestützte, virtuelle Lernbegleiter – Dialogische Unterstützung im Lernprozess 2035	17
Beispielprojekte aus INVITE	18
Szenario, Potenziale und Fallbeispiele	18
Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen.....	20
Szenario 4: Interoperabilität und Plattformvernetzung 2035	22
Beispielprojekte aus INVITE	22
Szenario, Potenziale und Fallbeispiel	23
Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen.....	25
Szenario 5: Digitale Bildungsnachweise 2035	28
Beispielprojekte aus INVITE	28
Szenario, Potenziale und Fallbeispiele	28
Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen.....	31
4 Der digitale Weiterbildungsraum 2035: Szenarien und ihr Zusammenspiel	33
Literaturverzeichnis	35

Einleitung

Wie sieht das Lernen im und für den Beruf im Jahr 2035 aus? Haben Sie eine Idee? Oder eine Vision? Im Allgemeinen sind Vertreter_innen der Bildungsforschung schon vorsichtig, wenn sie nur Entwicklungen im Bildungssektor für die kommenden drei Jahre prognostizieren sollen. Wie kann man das für die nächsten zehn Jahre formulieren? Und denken wir einmal an das Jahr 2015 zurück: Hätten wir damals gedacht, dass die Bildungslandschaft von heute so aussieht, wie wir sie jetzt erleben?

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat im Jahr 2020 mit dem „Innovationswettbewerb INVITE“ ein Förderprogramm aufgesetzt, in dem Projekte Bausteine für das künftige berufliche digitale Lernen entwickelten. Übergreifendes Ziel war es, „anwendungsbezogenes Wissen hinsichtlich eines innovativen digitalen und sicheren Weiterbildungsraums für die berufsbezogene Weiterbildung zu generieren“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2020).

Doch wie ein solcher innovativer, digitaler und sicherer Weiterbildungsraum aussehen kann, war 2020 noch völlig offen. Das begleitende Metavorhaben „INVITE-Meta“ hat es sich daher von Anfang an zur Aufgabe gemacht, basierend auf den Ergebnissen der INVITE-Projekte und den aktuellen Entwicklungen am Bildungsmarkt mögliche Szenarien für die berufliche Weiterbildung zu skizzieren.

Was steht in diesem Dossier?

Dieses Dossier zeigt anhand von fünf Szenarien zu unterschiedlichen Dimensionen des beruflichen Weiterbildungsprozesses, wie ein beruflicher Weiterbildungsraum im Jahre 2035 aussehen kann. Die hierfür formulierten Idealvorstellungen wurden einem „Realitätscheck“ unterzogen, für den namhafte Expert_innen die Erwünschtheit und die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens der Szenarien bewertet haben. Am Ende steht ein Gesamtbild, in dem auch Maßnahmen skizziert werden, wie sich das Eintreffen dieser Vision realisieren lässt.

An wen richtet sich dieses Dossier?

Dieses Dossier richtet sich an Entscheider_innen in der Politik, der öffentlichen Verwaltung, der Zivilgesellschaft und in Unternehmen, die mit Blick auf künftige Entwicklungen in der beruflichen Bildung Maßnahmen planen und realisieren. Darüber hinaus ist es eine Quelle für alle, die sich für das Lernen mit digitalen Medien interessieren.

Auf welchen Quellen basiert dieses Dossier?

INVITE-Meta hat während der Projektlaufzeit über Workshops, Befragungen und andere Aktivitäten engen Kontakt zu den INVITE-Projekten gehalten und viel über deren Innovationen erfahren. Gleichzeitig hat das Metavorhaben den Markt für berufliche Bildung intensiv beobachtet und sich über die neuesten Entwicklungen informiert. Basierend auf diesen Erfahrungen hat das Team Szenarien für das Jahr 2035 formuliert. Diese wurden in zwei Expert_innen-Workshops auf ihre Erwünschtheit und ihre Realisierbarkeit hin bewertet und um Vorschläge zur Modifikation und für Umsetzungsmaßnahmen ergänzt.

Wer hat zur Realisierung dieses Dossiers beigetragen?

Ein herzlicher Dank gilt allen Beteiligten aus den INVITE-Projekten, die uns in Themenworkshops, Projektbefragungen und Berichten Auskunft über ihre Projektfortschritte gaben. Ein großes Dankeschön geht auch an die INVITE-Digitalbegleitung (VDI/VDE-IT), die mit ihren Radarboards die inhaltlichen und technischen Schwerpunkte der Projekte identifiziert haben. Die Vertreter_innen des BIBB als Projektträger und des BMBF als INVITE-Initiatoren haben uns auf ihren Veranstaltungen den Raum gegeben, um mit den Projekten über ihre Zielvorstellungen zu diskutieren.

Einen wichtigen Beitrag haben die 16 Expert_innen der beiden Validierungsworkshops geleistet, indem sie die Szenarien fachkundig bewertet haben. Auch bei ihnen bedanken wir uns herzlich.

1 Hintergrund und Ziele

Die Landschaft des digitalen beruflichen Lernens ist ausgesprochen heterogen. Für die vielen unterschiedlichen Lerninhalte gibt es diverse Lerntechnologien und didaktische Formen, die dort zum Einsatz kommen. Im Gegensatz beispielsweise zum Schul- oder Hochschulsystem existieren kaum Regelungen, die diese Landschaft ordnen. Außerdem gibt es viele externe Faktoren, die einen Einfluss auf das Bildungssystem haben, beispielsweise gesellschaftliche Trends oder technische Entwicklungen. Diese Offenheit und Dynamik macht es nicht einfach, Zukunftsszenarien für die berufliche Bildung zu formulieren.

Bei den 34 Forschungs- und Entwicklungsprojekten des Innovationswettbewerbs kam hinzu, dass während der Projektlaufzeit im Herbst 2022 KI-gestützte generative Sprachmodelle auf den Markt kamen, die disruptiv den Markt veränderten. In einem Workshop merkten einige Projektvertreter_innen an, dass sie danach ihre Projektanträge gerne umgeschrieben hätten. Ein fundierter Blick in die Zukunft wird also auch durch die hohe Geschwindigkeit der technischen Entwicklungen erschwert.

Nicht zuletzt lässt sich der Weiterbildungsprozess in unterschiedliche Phasen gliedern, welche wiederum mit eigenen Rahmenbedingungen einhergehen. Das INVITE-Meta-Team hat hierfür zu Beginn des Projekts ein Phasenmodell des Lernprozesses entwickelt (Reichow et al., 2021, S. 13): Ausgangspunkt sind die Weiterbildungsbedarfe und Ressourcen von Lernenden, Lehrenden und Betrieben (Phase 1). Diese stehen in Phase 2 den unterschiedlich zugänglichen Angeboten gegenüber. Der individuelle Lernprozess in Phase 3 wird mit der Prüfung und Dokumentation in Phase 4 abgeschlossen. Darüber hinaus sind alle Phasen von Grundprinzipien und technischen Schnittstellen gekennzeichnet (vgl. Abbildung 1).

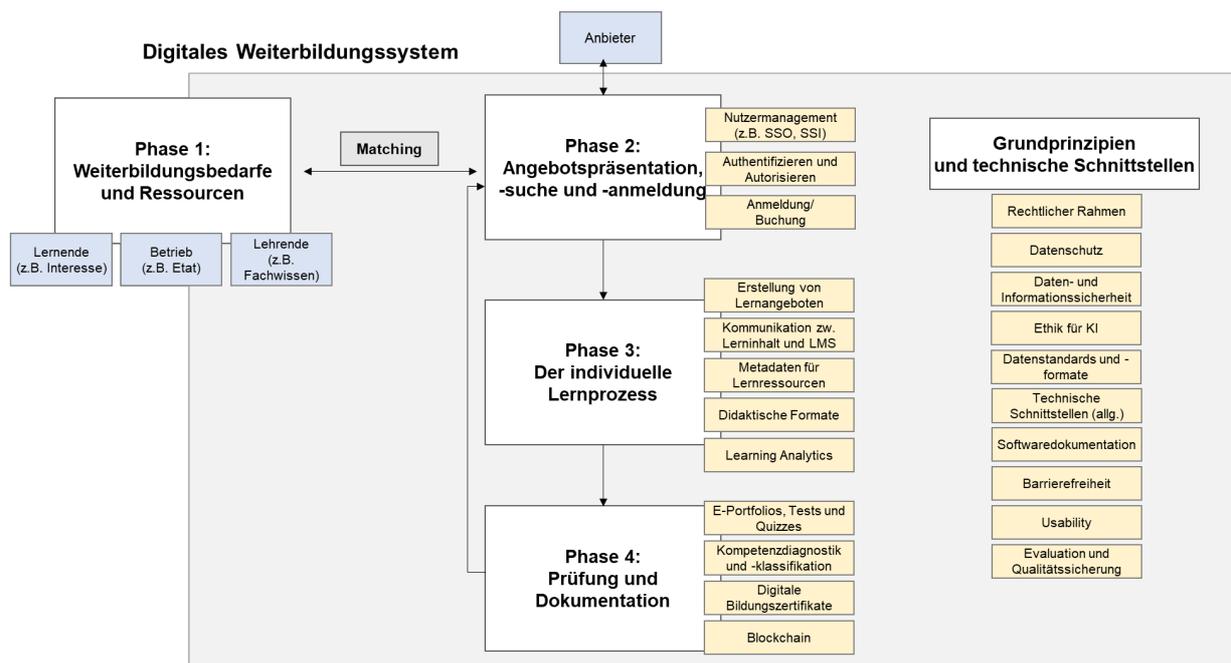


Abbildung 1: Phasenmodell des Weiterbildungsprozesses

Vor diesem Hintergrund ist nicht zu erwarten, dass man für das Jahr 2035 einen homogenen, in sich völlig schlüssigen Bildungsraum bzw. ein Szenario der beruflichen Weiterbildung formulieren kann. Vielmehr bietet es sich an, mehrere Szenarien zu formulieren, die unterschiedliche Dimensionen und Themen fokussieren, die den künftigen Weiterbildungsraum besonders stark prägen werden.

Ziel dieses Vorhabens war es, basierend auf den Arbeiten der INVITE-Projekte für die verschiedenen Phasen Szenarien zu formulieren.

2 Methodisches Vorgehen

Formulierung der Szenarien

Bei vielen Forecast-Studien werden Zukunftsszenarien auf der Basis einer mehrstufigen Delphi-Befragung erstellt, indem aus Expert_innen-Aussagen in eher qualitativen Interviews zunächst Zukunftstatements formuliert werden, die dann wiederum durch die gleichen Expert_innen modifiziert und in standardisierten Befragungen validiert werden.

Das Team von INVITE-Meta hatte die Gelegenheit, einen anderen Weg zu gehen und vielfältige Quellen als Grundlage für die Erstellung der Szenarien zu nutzen:

(1) Beobachtung der INVITE-Projekte: Zum einen konnten über drei Jahre hinweg die 34 INVITE-Förderprojekte bei der Entwicklung von Zukunftstechnologien beobachtet und dabei deren inhaltlichen und technischen Schwerpunkte, aber auch deren Herausforderungen identifiziert werden (zu letzteren hat das Team ein eigenes Dossier erstellt, siehe Reichow et al., 2025).

(2) Workshops mit den INVITE-Projekten: Weitere wichtige Quellen waren die von INVITE-Meta organisierten sogenannten „Themenworkshops“, in denen sich die Projekte zunächst im 14-tägigen Rhythmus (später dann einmal monatlich) jeweils eine Stunde lang über ein bestimmtes Thema austauschen konnten. Auf einen kurzen Input von in der Regel ein oder zwei Projekten, die sich mit dem entsprechenden Thema intensiver beschäftigt haben, folgten rege Diskussionen. Ein eigener Themenworkshop mit dem Titel „Das große Ganze – Szenarien für die Zukunft der Weiterbildung“ widmete sich gegen Ende der Projektlaufzeit dem Thema des vorliegenden Dossiers.

(3) Projektumfrage und World Cafés: Zum anderen stellten eine im Sommer 2023 durchgeführte Projektumfrage, in der Projektvertreter_innen von den eigenen Visionen eines innovativen digitalen Weiterbildungsraumes berichteten, sowie drei von INVITE-Meta durchgeführte World Cafés auf der INVITE-Jahrestagung 2023 weitere Quellen für die Erstellung von Szenarien dar.

(4) Umfrage unter den INVITE-Initiator_innen: Die INVITE-Initiator_innen wurden schriftlich zu ihrer Vision eines Weiterbildungsraums befragt, um die Eckpunkte: Innovation, Vernetzung, Interaktion, Transparenz und Niedrigschwelligkeit näher zu beschreiben.

Basierend auf diesen Quellen nahm das INVITE-Meta-Team eine Auswahl der prägenden und wiederkehrend benannten Themen vor. Für fünf ausgewählte Themen wurden die zugrundeliegenden Technologien durch das INVITE-Meta-Team definiert, bis ins Jahr 2035 weitergedacht und jeweils als Szenario aus Sicht der Lernenden, Lehrenden, Arbeitgeber und Weiterbildungsanbieter beschrieben und mit konkreten Fallbeispielen veranschaulicht.

Validierungsworkshops

Die fünf Szenarien wurden in zwei Validierungsworkshops (Workshop 1 zu den Szenarien 1, 2 und 3, Workshop 2 zu den Szenarien 4 und 5) mit Expert_innen diskutiert. Die Expert_innen waren Mitarbeitende der INVITE-Projekte und wurden aufgrund ihrer fachlichen Expertise in Bezug auf die Themen der Szenarien gezielt ausgewählt und eingeladen. In den zwei- bis dreistündigen Online-Workshops wurden die Szenarien zunächst vorgestellt, die zentralen Kennzeichen als Statements (S1.1 bis S1.4) vorgelegt, um diese in einer kurzen Online-Befragung nach der Wahrscheinlichkeit sowie Erwünschtheit des Eintreffens im Jahr 2035 zu bewerten. In einer sich anschließenden, freien Diskussion der Szenarien konnten die Expert_innen ihre Bewertungen einordnen und weitergehende Anmerkungen machen. Abschließend wurden die Expert_innen um Empfehlungen zur Umsetzung der erwünschten Szenarien gebeten.

3 Fünf Szenarien im Realitätscheck

Die formulierten fünf explorativen Szenarien fokussieren die Themen „Kompetenzorientiertes Matching & Recommendersysteme“, „Personalisiertes Lernen mit Learning Analytics und Lernpfaden“, „KI-gestützte, virtuelle Lernbegleiter“, „Interoperabilität und Vernetzung“ und „Digitale Nachweise“. Abbildung 2 zeigt die Szenarien auf einen Blick und verortet sie dabei im Phasenmodell des Weiterbildungsprozesses.

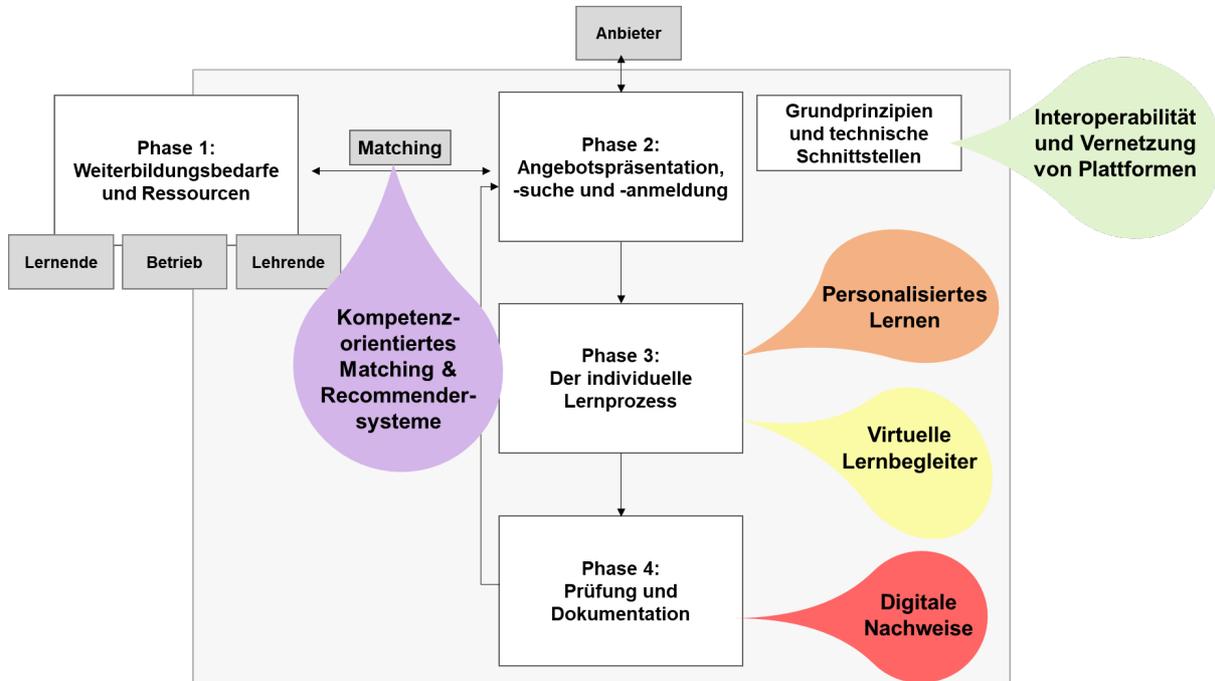


Abbildung 2: Phasenmodell des Weiterbildungsprozesses mit Zuordnung der Szenarien

Die folgende Vorstellung der Szenarien stellt jeweils Definitionen zentraler Begriffe sowie einen exemplarischen Einblick in INVITE-Projekte und -Entwicklungen, die sich mit dem Thema befassen, voran. Anschließend werden die Szenarien beschrieben, die Potenziale für die Kernzielgruppen – Lernende, Lehrende, Arbeitgeber und Weiterbildungsanbieter – aufgezeigt und durch Fallbeispiele komplettiert. Den Abschluss jeder Szenariovorstellung bilden die Einschätzungen und Umsetzungsempfehlungen der Expert_innen aus den Validierungswrkshops.

Szenario 1: Kompetenzorientiertes Matching und Recommendersysteme 2035

Ausgangspunkt für berufliche Weiterbildungsprozesse sind die Bedarfe und Ressourcen aufseiten der Lernenden, Lehrenden und nicht zuletzt der Betriebe. Sie treffen auf ein riesiges Angebot von Weiterbildungsinhalten, das unterschiedlich präsentiert und zugänglich ist. Dass Weiterbildungsinteressierte zu möglichst passenden Angeboten finden und andererseits Angebote auf zufriedene Kunden treffen, ist die Herausforderung des Matchings.

Hierfür kommen im Kontext digitaler Weiterbildung teilweise Recommendersysteme (dt. manchmal „Empfehlungssysteme“) zum Einsatz. Recommendersysteme sind Softwaresysteme, die Nutzer_innen auf personalisierte Weise zu interessanten oder nützlichen Objekten in einem großen Feld möglicher Optionen führen (Burke et al., 2011). Auf Weiterbildungsplattformen können sie eine gezielte Empfehlung von Lernangeboten ermöglichen, die auf den individuellen Kompetenzen, Lernbedürfnissen und Karrierezielen der Lernenden basiert (Reichow et al., 2022). Neben Eigenschaften und Wünschen der Lernenden, können auch Variablen auf anderen Ebenen für das Recommendersystem herangezogen werden, wie Anforderungen eines Arbeitgebers oder Arbeitsmarkttrends. Mithilfe verschiedener technischer Methoden verfolgen diese Recommendersysteme das Ziel, Lernende

effizient zu relevanten Angeboten zu führen und gleichzeitig personalisierte, adaptive Lerninhalte bereitzustellen (Drachler et al., 2015).

Ein gelungenes Matching von Angebot und Nachfrage spielt eine zentrale Rolle für die anschließenden Lernprozesse und -ergebnisse und wurde dementsprechend auch von einer Vielzahl von INVITE-Projekten fokussiert.

Beispielprojekte aus INVITE

Wer hat sich im INVITE-Wettbewerb mit Matching befasst?

Mit dem Matching von Lernenden und Angeboten haben sich mehr als 20 Projekte beschäftigt (siehe BIBB, 2024; Reichow et al., 2025). Die folgenden drei Projekte stehen beispielhaft für diesen thematischen Schwerpunkt:

WBsmart – Personalisierte Empfehlungssysteme für die Altenpflege mittels Wissensgraphen

WBsmart hat einen KI-gestützten digitalen Weiterbildungsraum speziell für den Pflegebereich entwickelt. Es werden adaptive Lernpfade angeboten, die auf die Präferenzen und Vorkenntnisse der Lernenden abgestimmt sind. Mithilfe von Wissensgraphen werden die Beziehungen zwischen Lerninhalten und Materialien semantisch abgebildet, um passgenauere Empfehlungen auszusprechen (siehe z. B. Abu-Rasheed et al., 2023).

KIPerWeb – Domänenübergreifende Empfehlungssysteme für die berufliche Bildung

KIPerWeb entwickelte KI-gestützte Empfehlungssysteme, um Lernenden personalisierte und modulare Weiterbildungskurse in verschiedenen Fachbereichen anzubieten. Kernstück ist ein adaptives Lernmanagementsystem (LMS), das auf Basis einer umfassenden Wissens- und Kompetenzbewertung maßgeschneiderte Lernmodule zuweist (siehe z. B. Fischer et al., 2024).

KIRA Pro – Automatisierte Lernpfadermittlung im produzierenden Gewerbe

KIRA Pro hat KI-gestützte Lösungen entwickelt, die speziell auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) zugeschnitten sind, um agile Weiterbildungskonzepte umzusetzen. Im Mittelpunkt steht ein Recommendersystem, das Weiterbildungsangebote mit den betrieblichen Zielen und dem Lernbedarf der Mitarbeitenden systematisch abgleicht. Mithilfe eines KI-basierten Rollennavigators werden personalisierte Lernpfade erstellt, die auf den individuellen Kompetenzprofilen basieren. Mit den entwickelten Lösungen soll die Personal- sowie die Organisationsentwicklung in KMUs im produzierenden Gewerbe unterstützt werden (siehe z. B. Orth et al., 2024).

Szenario, Potenziale und Fallbeispiel

Wie könnten kompetenzorientiertes Matching und der Einsatz von Recommendersystemen 2035 aussehen?

Das Szenario 1 (S1) lässt sich durch folgende vier zentrale Kennzeichen beschreiben:

2035 sind personalisierte, KI-gestützte Weiterbildungsplattformen und -angebote mit Recommendersystemen fester Bestandteil des beruflichen Lernens. (S1.1)

Das personalisierte, KI-gestützte Matching durch Recommendersysteme ist sowohl auf größeren Plattformen als auch in persönlichen digitalen Assistenten flächendeckend etabliert.

Recommendersysteme erfassen über das mündliche oder schriftliche Gespräch mit einem multilingualen Chatbot Kompetenzen, Interessen, Lernziele und Lernprozesse der Lernenden. (S1.2)

Recommendersysteme erfassen beispielsweise Lernprozesse, Kompetenzen und Interessen der Lernenden. Die Abfrage von relevantem Vorwissen, Kompetenzen oder Interessen geschieht dabei weniger über Tests als vielmehr über das Gespräch mit einem Chatbot, der auch mündlich und in

verschiedenen Sprachen bedient werden kann. Dies wird 2035 durch 3D-Umgebungen ergänzt, in denen aus berufsfachlichen aber auch alltäglichen Handlungen Kompetenzen geschlussfolgert werden.

Recommendersysteme geben auf dieser Grundlage Empfehlungen für passende Kurse oder Lerninhalte. (S1.3)

Recommendersysteme empfehlen auf der Grundlage der erfassten Kompetenzen, Interessen und Fähigkeiten der Lernenden gezielt passende Kurse bis hin zu Mikro-Lerneinheiten und schaffen hiermit eine Übersicht im „Dschungel der Weiterbildungen“.

Recommendersysteme unterstützen darüber hinaus das kollaborative Lernen, indem Lernende gezielt mit anderen Lernenden „gematcht“ und vernetzt werden. (S1.4)

Recommendersysteme im Jahr 2035 begünstigen nicht nur das Auffinden passender Lerninhalte, sondern unterstützen auch das kollaborative Lernen: Lernende werden gezielt mit anderen Lernenden „gematcht“ und vernetzt, die an einem anderen Ort zum selben Thema arbeiten. Dadurch wird der Austausch über das Gelernte aus verschiedenen Perspektiven ermöglicht und eine neue, motivierende Verbindung zum Lerninhalt entsteht.

Welche Perspektiven und Potenziale bietet das Szenario für die Kernzielgruppen?

Lernende: Für Lernende bedeutet die Verfügbarkeit guter Recommendersysteme eine erhebliche Erleichterung im Weiterbildungsprozess. Die Suche nach passenden Kursen, Mikro-Lerneinheiten oder Lernpfaden wird durch die Recommendersysteme personalisiert und effizient gestaltet. Lernende profitieren davon, dass ihnen basierend auf ihren Interessen, Kompetenzen und/oder Lernzielen genau die Inhalte empfohlen werden, die sie für ihren beruflichen Fortschritt benötigen. Die Erfassung der Kompetenzen und Lernendenbedürfnisse dient dabei auch der eigenen Reflexion und Verortung. Zudem ermöglicht das Matching mit Lernpartnern, dass sie mit anderen Lernenden vernetzt werden, die sich mit ähnlichen Themen und Fragestellungen auseinandersetzen. Dadurch entsteht ein fachbezogener Austausch, der das Lernen nicht nur abwechslungsreicher, motivierender und praxisnäher macht, sondern den Lernenden auch das Gefühl gibt, statt isoliert in einer kollaborativen, unterstützenden Lernumgebung zu lernen.

Lehrende: Für Lehrende stellt das Szenario neue Herausforderungen, aber auch Chancen dar. Anstatt Lernende in einem traditionellen Unterrichtsetting zu unterrichten, werden einige Lehrende zunehmend zu Lernbegleitern und -moderatoren, die digitale Lernprozesse anleiten und unterstützen.

Arbeitgeber: Für Arbeitgeber eröffnen Recommendersysteme einen deutlich effizienteren Weg, um die Kompetenzen ihrer Mitarbeitenden zu fördern. Anstatt pauschale Weiterbildungsprogramme anzubieten, können sie auf Lernplattformen zurückgreifen, die ihren Mitarbeitenden individuell maßgeschneiderte Lernangebote vorschlagen. Dies verbessert die Mitarbeiterentwicklung erheblich. Veränderte Anforderungen von Unternehmen und Arbeitsmarkt fließen schneller und zielgerichteter in die Weiterbildung der Arbeitnehmer_innen.

Weiterbildungsanbieter: Für Weiterbildungsanbieter eröffnet der Einsatz von Recommendersystemen neue Möglichkeiten der Zielgruppenansprache und Kursentwicklung. Dank KI-gestützter Recommendersysteme können Anbieter ihre Angebote gezielt an die Bedürfnisse und Kompetenzen der Lernenden auspielen. Sie erhalten detaillierte Einblicke in die Nachfrage nach bestimmten Themen und können so Weiterbildungsangebote schneller anpassen und aktualisieren.

Wie kann das konkret aussehen?

Fallbeispiel Toni

Toni ist ein 38-jähriger Krankenpfleger und arbeitet in einer Pflegeeinrichtung. Er möchte seine digitalen Kompetenzen erweitern, um den steigenden Anforderungen in der Altenpflege gerecht zu werden. Im Jahr 2035 nutzt er eine KI-gestützte Weiterbildungsplattform, die basierend auf seinen bisherigen Erfahrungen und Kompetenzen personalisierte Lernangebote empfiehlt. In einem kurzen Dialog mit einem Chatbot berichtet Toni von seinem Vorwissen und den Fähigkeiten, die er gerne erwerben würde. Die Rückfragen des Chatbots helfen ihm, die Ziele, die er mit der Weiterbildung verfolgt, zu konkretisieren.

Das Recommendersystem analysiert Tonis Aussagen aus dem Chatbotdialog und berücksichtigt Angaben aus seinem Profil und schlägt ihm passende Mikro-Lerneinheiten vor, die sich auf digitale Pflorgetechnologien spezialisieren. Die Inhalte werden dynamisch an sein Lernniveau angepasst, sodass er schrittweise über verschiedene Einsatzmöglichkeiten und kritische Aspekte des Technologieeinsatzes in der Altenpflege aufgeklärt wird. In einem Modul wird Toni zudem mit einer Altenpflegerin einer anderen Einrichtung gematcht, die ähnliche Lernziele verfolgt. Durch diesen Austausch vertieft er sein Wissen und gewinnt wertvolle Praxiseinblicke in die Abläufe einer anderen Pflegeeinrichtung.

Dank der personalisierten Empfehlungen durch das Recommendersystem und die Lernpartnerschaft erweitert Toni gezielt seine digitalen Kompetenzen und verbessert seine Karrierechancen in der Pflegebranche.

Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen

Wunsch und Wahrscheinlichkeit des Szenarios aus Sicht der Expert_innen

Im Validierungsworkshop wurden den Expert_innen nach der Vorstellung des Szenarios die zentralen Kennzeichen als Statements (S1.1 bis S1.4) vorgelegt, um diese in einer kurzen Online-Befragung nach der Wahrscheinlichkeit sowie Erwünschtheit des Eintreffens im Jahr 2035 zu bewerten. Die folgende Abbildung stellt das Ergebnis grafisch dar.

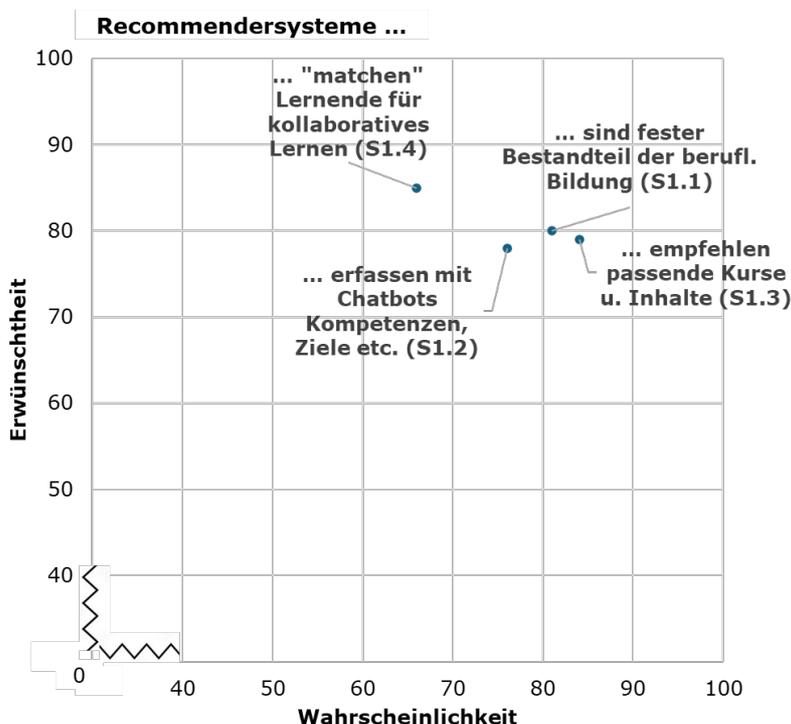


Abbildung 3: Wahrscheinlichkeit und Erwünschtheit von Szenario 1 im Validierungsworkshop

Alle formulierten Kennzeichen sind sehr erwünscht, insbesondere das Matching von Lernenden für kollaboratives Lernen. Gerade bei Letzterem weicht die Wahrscheinlichkeit des Eintretens hingegen merklich vom Wunsch des Eintretens ab: Die Empfehlung von Kursen ist im Gegensatz zur Empfehlung von gleichgesinnten Lernenden durch Recommendersysteme bereits zum heutigen Zeitpunkt weitgehend umgesetzt. Gleichwohl stellten die Expert_innen sowohl die Empfehlungsgrundlagen als auch die Erwünschtheit von Empfehlungen generell zur Diskussion:

- Wie, nach welcher Taxonomie, in welcher Tiefe werden welche Kompetenzen (fachliche, überfachliche) erhoben und bewertet?
- Basieren die Angaben zu Fähigkeiten, Vorwissen und Kompetenzen auf Selbst- oder Fremdeinschätzungen?
- Wie sehr sind die KI und der quasi vorweggenommene Entscheidungsweg für ein Angebot hierbei akzeptiert und erwünscht?

Zu diesen Fragen besteht noch deutlicher Forschungsbedarf¹, was eine Projektion auf die Weiterbildung in zehn Jahren zwar erschwert, gleichzeitig aber zu Empfehlungen zur Umsetzung führt.

Empfehlenswerte Maßnahmen zur Verwirklichung des Szenarios im Jahr 2035

Aus den Vorarbeiten zur Szenarioerstellung, dem Austausch mit den Projekten und ganz besonders der Diskussion mit den Expert_innen im Workshop konnten mögliche Maßnahmen zur erwünschten Umsetzung des Szenarios abgeleitet werden:

1. Auf dem Markt der Weiterbildungsanbieter besteht die Gefahr des Monopols weniger großer Plattformen, die eigene, von KI erstellte Lernangebote zum reinen Selbstlernen empfehlen. Um dem und einem befürchteten De-Skilling entgegenzuwirken, sollten kleinere Weiterbildungsanbieter und Lehrende weder die Contenterstellung noch das Weiterbildungsmatching und den Orientierungsprozess der Lernenden komplett an die KI-Systeme auslagern. Vielmehr sollten Anbieter qualitative Aspekte, wie die Lehrenden, das didaktische Format, die menschliche, emotionale Dimension, fokussieren, da hier – bei allen zu erwartenden Quantensprüngen der technologischen Entwicklungen – die Grenzen der Automatisierung liegen.
2. Weiterbildungsanbieter sollten ihre Angebote mit Metadaten versehen, die kompetenz- und nicht marketingorientiert sind. Hierfür ist auch die Entwicklung von Kompetenzmodellen für alle Domänen nötig, die ausreichend granular, aber nicht zu kleinteilig sind.²
3. Darüber hinaus sollten für Weiterbildungsanbieter Werkzeuge und Weiterbildungen geschaffen werden, die das Versehen mit passenden Metadaten vereinfachen. Auch hier sind KI-Werkzeuge denkbar, die Annotationsvorschläge generieren (vgl. Szenario 4).
4. Weiterbildungsplattformen sollten dazu angehalten werden, die Metadaten über ihre Lehr-/Lernangebote in einem interoperablem Format über eine offene Schnittstelle bereitzustellen. Erst dann können Recommendersysteme unabhängig von Lernplattformen arbeiten, z. B. als Apps bei den Lernenden selbst, die für sie sämtliche Bildungsangebote durchforsten und das passende suchen. Diese Anbieter wären dann unabhängig von den wirtschaftlichen Anreizen der Plattformen. Sie könnten zusätzlich themen- bzw. branchenspezifische Empfehlungssysteme entwickeln, die die dort besonders wichtige Kompetenzen erfassen können, aber von einzelnen Arbeitgebern oder Lernplattformen unabhängig sind.

¹ Zu bestehenden Forschungsdesideraten am Ende des INVITE-Wettbewerbs hat das Team des Metavorhabens eine eigene Studie durchgeführt. Die Ergebnisse sind im Dossier „Forschungsdesiderate und Projektstrukturen im Bereich digitaler, beruflicher Weiterbildung“ veröffentlicht (siehe Reichow et al., 2025).

² Siehe hierzu auch die Ergebnisse einer Befragung von INVITE-Projekten zu Erfahrungen mit dem ESCO-Bildungsstandard (Wilhelm-Weidner et al., 2025).

5. Für eine multimodale Erfassung von Merkmalen, Gewohnheiten und Kompetenzen der Lernenden (welche die Basis für die Empfehlungssysteme bilden) sollten ganzheitliche Erfassungssysteme konstruiert werden. Diese sollten nicht nur punktuell Messinstrumente aus den Bildungswissenschaften oder der Psychologie verwenden, sondern aufeinander abgestimmte validierte Skalen einsetzen, sodass ein zum beruflichen Weiterbildungsprozess passendes Gesamtbild des Lernenden entsteht.
6. Mit diesen Empfehlungen eng verbunden ist der dringende Rat, den AI Act mitzudenken: Dies betrifft datenschutzrechtliche Aspekte (Was macht der Chatbot mit den im Gespräch mit ihm gesammelten Daten?) genauso wie die Schlussfolgerung der KI: Eine Lernempfehlung ist gut und (hoffentlich) hilfreich – eine „Lernbestimmung“ ist nicht konform.
7. An Empfehlung 6 anschließend, ist Transparenz über das Vorgehen der KI-Systeme nicht nur rechtlich geboten, sondern gerade auch für die Akzeptanz von KI in der beruflichen Bildung von großer Bedeutung.
8. Lernende wie Lehrende müssen darüber hinaus befähigt werden, mit den KI-Tools und Empfehlungen sinnvoll, selbstbestimmt und kritisch umzugehen. Den Befürchtungen der Lehrenden (und auch der Weiterbildungsanbieter), sie wären angesichts der KI überflüssig und würden durch KI ersetzt, ist durch die konsequente Berücksichtigung von „Human-in-the-Loop“ bei der Entwicklung und dem Einsatz von KI in der Bildung entgegenzutreten. Sowohl bei der Kompetenzerfassung und Lehrinhaltserstellung als auch bei der individuellen Beratung spielen menschliche Erfahrung, Interpretation und Verantwortung auch in Zukunft die zentrale Rolle unterstützt, aber nicht ersetzt, durch systematisch digital erfasste Kompetenzen und Bedürfnisse.

Szenario 2: Personalisiertes Lernen mit Learning Analytics und Lernpfaden 2035

Kaum ein Begriff im Kontext der digitalen Weiterbildung ist so zentral und gleichzeitig so umfassend und unscharf wie der des personalisierten Lernens. Als „vielschichtiger ‚Containerbegriff‘ mit zahlreichen Interpretationen“ (Stebler et al., 2018) werden mit ihm sehr unterschiedliche Auffassungen einer didaktischen Ausrichtung konnotiert. Oft geht es um eine passgenaue, individuelle bzw. binnendifferenzierte Förderung der Kompetenzentwicklung eines einzelnen Lernenden. Aber auch die Förderung der Persönlichkeit des Lernenden und ein selbstgesteuertes Lernen kann mit personalisiertem Lernen in Verbindung gebracht werden (Holmes et al., 2018; Stebler et al., 2018).

Personalisiertes Lernen muss per se nicht nur digitale Lernformen beinhalten, wird aber häufig im Kontext des Lernens mit digitalen Medien gebraucht. Recommendersysteme, Learning Analytics, KI-Chatbots, adaptive Lernpfade in Intelligenten Tutoringsystemen (ITS) sind hier KI-Technologien, mit denen personalisiertes Lernen umgesetzt werden kann.

Beispielprojekte aus INVITE

Wer hat sich im INVITE-Wettbewerb mit personalisiertem Lernen durch Learning Analytics und adaptive Lernpfade befasst?

Nahezu alle INVITE-Projekte decken Aspekte des personalisierten Lernens ab. Das zeigt, wie zentral das Konzept in der Förderlinie verankert ist, aber auch wie facettenreich personalisiertes Lernen umgesetzt werden kann: von adaptiven Lernpfaden (19 INVITE-Projekte) über Learning Analytics (11 Projekte) bis hin zu KI-Chatbots als digitale Lernbegleiter (acht INVITE-Projekte). Exemplarisch wird hier auf drei INVITE-Projekte verwiesen:

ADAPT: Implementierung eines KI-gestützten, adaptiven Weiterbildungsunterstützungssystems im Pflegebereich. Das App-basierte System ermöglicht personalisiertes Lernen durch Lernpfade, die sich an den Kompetenzen und Lernanforderungen der Pflegenden orientieren. Das eingesetzte Recommendersystem hilft dabei, einen individuellen Lernplan zu erstellen (siehe z. B. Schröder et al., 2024).

APOLLO: Die APOLLO-App personalisiert Lernpfade anhand der individuellen Kompetenzprofile der Lernenden, beispielsweise basierend auf Zeugnissen oder Skill-Assessments³.

SG4BB: Auf der Plattform für Serious Games können sich Lernende spielerisch Lerninhalte, z. B. zur IT-Sicherheit aneignen. Ausgehend von Profildaten werden adaptive Lernpfade erstellt, die den Verlauf der Lernspiele personalisieren (siehe z. B. Rotter et al., 2022).

Szenario, Potenziale und Fallbeispiele

Wie könnte personalisiertes Lernen 2035 aussehen?

Das Szenario 2 (S2) lässt sich durch folgende vier zentrale Kennzeichen beschreiben:

Die meisten digitalen Lernanwendungen sind 2035 so konzipiert, dass sie den Lernprozess unterstützen, indem sie ihn möglichst passgenau für den einzelnen Lernenden gestalten. (S2.1)

Personalisiertes Lernen ist 2035 auch eine Antwort auf eine größere Individualisierung von Bildungsverläufen, dem individuellen Zuschnitt einzelner Stellenbeschreibungen und notwendigem Upskilling in Unternehmen. Um der Vielfalt einzelner Wissensstände, -bedarfe und beruflichen Ziele nachzukommen, wird personalisiertes Lernen dabei helfen, individuelle Bedarfe zu diagnostizieren und den Lernprozess bestmöglich zu unterstützen. Das Versprechen der digitalen Systeme besteht darin, die Heterogenität der Lernenden zu adressieren, was für Lehrende ohne den Einsatz digitaler Systeme eine große Herausforderung darstellt.

Personalisiertes Lernen wird u. a. durch Learning Analytics-Anwendungen realisiert, indem aus der Analyse des Lernverhaltens individuelle Bedarfe und Lücken diagnostiziert werden. (S2.2)

Personalisiertes Lernen ist in Konzept, das sehr vielfältige diagnostische, didaktische und technische Ausprägungen voraussetzt. Durch eine höhere Akzeptanz und Verbreitung von Learning Analytics wird 2035 eine genauere Analyse des Lernverhaltens und der Bedürfnisse der Lernenden möglich und realisiert sein.

Auf der Basis dieser Learning Analytics-Daten werden auch Lernfadempfehlungen formuliert. (S2.3)

Oft geht es darum Lerninhalte darzubieten, die zu Merkmalen einzelner Lernender passen und im Lernprozess adaptiv immer wieder angepasst werden. Schon die Ausgangsdaten können je nach didaktischer Zielstellung sehr unterschiedlich sein, wie z. B. Vorwissen, persönliche Interessen oder kognitive Ressourcen. Hinzu kommt, dass sie sich im Lernverlauf durch das aktive Lernverhalten, z. B. Lernzeiten, Testergebnisse, Wiederholungen, Fragen etc. ändern. Durch den technologischen Fortschritt bei Learning Analytics haben sich hier die Möglichkeiten verbessert, Inhalte genauer und schneller individuell anzupassen und über Recommendersysteme Lernpfade zu empfehlen, die sowohl die individuellen Lernaktivitätsdaten als auch persönlichen Ausgangsdaten einbeziehen.

Auf Seite der Lernenden sind ausreichende Kompetenzen und persönliche Einstellungen vorhanden, die so ein weitgehend selbstgesteuertes Lernen überhaupt erst ermöglichen. (S2.4)

Personalisiertes Lernen ist auch 2035 noch voraussetzungsreich: Auf Seite der Lernenden sind (je nach konkreter Umsetzung in unterschiedlichem Maße) Kompetenzen und persönliche Einstellungen gefragt, die ein weitgehend selbstgesteuertes Lernen überhaupt erst ermöglichen. Auf Seite der Lehrenden sind Kompetenzen zum zielgerichteten Einsatz der digitalen Systeme gefordert und je nach konkreter Lernsituation auch das Annehmen unterschiedlicher Rollen.

³ Siehe Projekthomepage: <https://project-apollo.de/>

Welche Perspektiven und Potenziale bietet das Szenario für die Kernzielgruppen?

Lernende: Lernende profitieren von individualisierten Lernpfaden, die auf ihre spezifischen Bedürfnisse, Fähigkeiten und Karriereziele zugeschnitten sind. Die Anpassungsfähigkeit der Plattformen ermöglicht es ihnen, ihre Lernziele effizient und motiviert zu erreichen.

Lehrende: Durch maßgeschneidertes Mentoring unterstützen Lehrende den personalisierten Lernprozess, in dem Sinne, dass sie weniger stark in den detaillierten Lernprozess direkt eingreifen und Mikro-Feedback geben müssen. Vielmehr fördern Lehrende die Kompetenzentwicklung der Lernenden gezielt, indem sie ihre Lehre auf die Einführung von Themen, die Generierung und das Kuratieren von Lehr-/Lerninhalten und die Beziehungsarbeit mit und zwischen den Lernenden fokussieren können. Sie nutzen dabei intensiv die Daten und Analysen der Plattformen (Learning Analytics), behalten die Übersicht über den Lernprozess der Gruppe und reflektieren die Fortschritte in und mit der Lerngruppe.

Arbeitgeber: Unternehmen profitieren von den geförderten Selbstlernkompetenzen und dem gezielten Wissenserwerb ihrer Mitarbeiter_innen.

Weiterbildungsanbieter: Die Weiterbildungsbranche bietet 2035 personalisierte, digitale Bildungsangebote an, die in unternehmenseigene Lernökosysteme integriert werden können. Weiterbildungsanbieter profitieren darüber hinaus von besserer Erfolgsdiagnostik und von zufriedeneren Lernenden.

Wie kann das konkret aussehen?

Zwei Fallbeispiele

Jan unterrichtet an einer Berufsschule und führt seine Schüler_innen an personalisiertes Lernen heran. Jan hat dazu im Lernsystem (ein ITS, mit dem die Klasse lernt) für die Hausaufgaben der aktuellen Woche ein Lernziel definiert und festgelegt, welche Übungsaufgaben sowie welche Unterstützungsstrategie aus seiner Sicht dafür am geeignetsten sind. Die Lernenden absolvieren diese Aufgaben dann mit individueller Unterstützung des ITS gemäß der gewählten pädagogischen Strategie. Jan sieht am Ende der Woche in einem übersichtlichen Dashboard, wie weit die individuellen Lernenden auf dem Weg zu ihrem Lernziel gekommen sind, welche Unterstützungsanfragen sie geschickt haben, welche Fehler und Missverständnisse häufig detektiert wurden und welche Lernenden möglicherweise noch individuellen Unterstützungsbedarf über das System hinaus haben. Diese Informationen nutzt er für die weitere Unterrichtsvorbereitung und Lehrplanung.

Marina ist Auszubildende in Jans Klasse. Sie hat die Hausaufgaben besonders gut und schnell erledigt und erhält von Jan die Einladung, in einer praxisnahen VR-Lernumgebung ihre Fähigkeiten zu trainieren. Im VR-Kurs erhält in kleinen Schritten Hinweise, die ihr gerade genug helfen, dass sie selbst erfolgreich ihr Übungsszenario absolvieren kann. Der eigene Lernstand wird ihr übersichtlich und transparent in einem Dashboard aufbereitet, sodass sie nachvollziehen kann, warum ihr welche Lehr- und Lernmaterialien empfohlen werden.

Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen

Wunsch und Wahrscheinlichkeit des Szenarios aus Sicht der Expert_innen

Im Validierungsworkshop wurden den Expert_innen nach der Vorstellung des Szenarios die zentralen Kennzeichen als Statements (S2.1 bis S2.4) vorgelegt, um diese in einer kurzen Online-Befragung nach der Wahrscheinlichkeit sowie Erwünschtheit des Eintreffens im Jahr 2035 zu bewerten. Die folgende Abbildung stellt das Ergebnis grafisch dar.

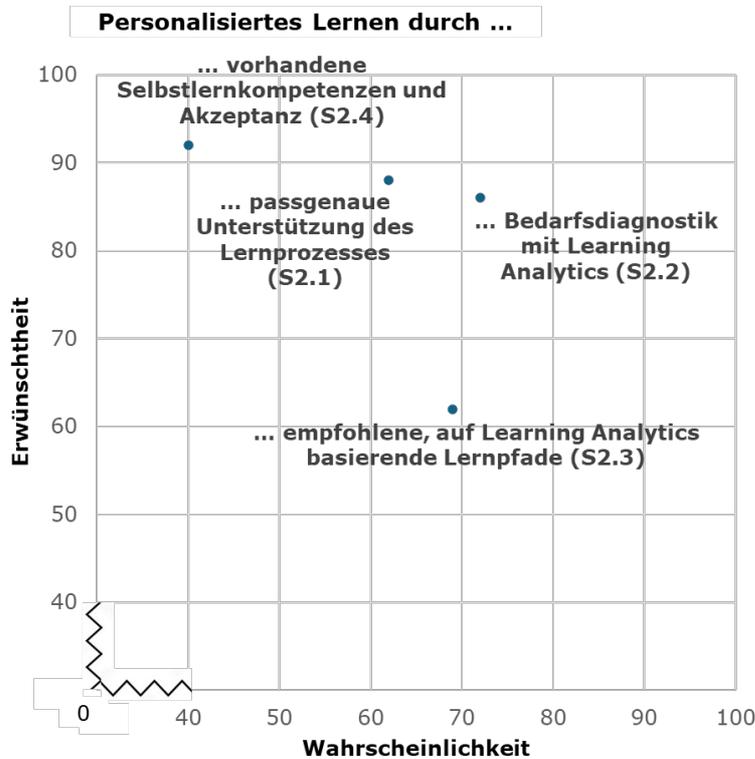


Abbildung 4: Wahrscheinlichkeit und Erwünschtheit von Szenario 2 im Validierungsworkshop

Mit Abstand am wenigsten erwünscht – aber dennoch sehr wahrscheinlich – ist die auf Learning Analytics basierende Empfehlung von Lernpfaden. Dabei zeigte die Diskussion im Workshop, dass die Empfehlungen nächster Lernschritte und Lerninterventionen weniger automatisiert durch die Lernsysteme als vielmehr von den Lehrenden gegeben werden. Und zwar – sowohl sehr erwünscht als auch sehr wahrscheinlich – auf der Grundlage von Learning Analytics Dashboards, welche die Lernverlaufdaten und diagnostizierten Bedarfe und daraus abgeleitete Lernpfadempfehlungen als *Vorschläge* übersichtlich anzeigen (S2.2). In dieser Form ist auch die sehr erwünschte passgenaue Unterstützung Lernender zu verstehen.

Die – in allen Szenarien – mit Abstand geringste Wahrscheinlichkeit weist aber die im Jahre 2035 vorhandene Lernkompetenz auf. Dass tatsächlich innerhalb der nächsten zehn Jahre Selbstlernkompetenzen, die angemessene Auswahl, Lerndisziplin, Interpretation und die Weiterverwendung des Gelernten in ausreichendem Maß vorhanden sind, wurde in Frage gestellt. Einerseits stehen wir mit der Ausschöpfung der Technologie für echte Personalisierung noch sehr am Anfang. Es sind hier aber große Fortschritte in den nächsten Jahren zu erwarten, gerade auch durch die Kombination von Learning Analytics in Intelligenten Tutoringsystemen mit generativer KI: KI-basierte dialogische Systeme, in denen interaktiv und situativ zwischen Lernenden und Lehrendem der jeweilige Wissensbedarf ermittelt wird und/oder das System aufgrund früherer Informationen über den Lernenden bereits

Rückschlüsse auf dessen Lernbedarf ziehen kann, könnten künftig die Entwicklungen im Bereich der Learning Analytics ergänzen.

Andererseits sollte der Mensch nicht obsolet werden, das letzte Level des „Six levels of automation model of personalised learning“ von Molenaar (2022), bei welchem die Technologie die gesamte Lernprozesssteuerung übernimmt, sollte nicht erreicht werden. Ein echter Mehrwert wäre die Betonung der menschlichen Komponente, also des Lehrenden, der von KI unterstützt wird, Beratungsgespräche durch KI begleiten und sich Tipps von der KI geben lässt.

Empfehlenswerte Maßnahmen zur Verwirklichung des Szenarios im Jahr 2035

Aus den Vorarbeiten zur Szenarioerstellung, dem Austausch mit den Projekten und ganz besonders der Diskussion mit den Expert_innen im Workshop konnten mögliche Maßnahmen zur erwünschten Umsetzung des Szenarios abgeleitet werden:

1. Damit personalisierte Lernumgebungen in der Breite ankommen, braucht es niedrighschwellige Anwendungen. Große Sprachmodelle (LLMs) könnten hier einen Beitrag leisten, da sie die Kommunikation in natürlicher Sprache ermöglichen und einfach genutzt werden können. Bisherige Lernplattformen sind z. T. noch voraussetzungsreich und z. B. in der Gruppe der Auszubildenden haben bisher wenige Erfahrungen mit entsprechenden Systemen gesammelt (Tibbe & Kamin, 2023). Welche Hürden bei gängigen bisherigen personalisierten Lernumgebungen besteht, sollte Gegenstand weiterer Forschung sein.
2. Mit der ersten Empfehlung verbunden ist die intensive Förderung von Forschung im Bereich der Kombination von Learning Analytics und KI bzw. LLMs. Es sollten verschiedene didaktische Anwendungsszenarien bei der Integration von LLMs in adaptive Lernsysteme erforscht werden.
 - 2.1 Es ist beispielsweise wenig sinnvoll, derzeit übliche LLMs in Form von Chatbots einfach unten rechts auf der Webseite eines Bildungsangebotes zur Verfügung zu stellen und Fragen beantworten zu lassen. Wenn diese LLMs nicht mit den spezifischen Inhalten des Lernangebots verbunden bzw. trainiert wurden, geben sie mitunter falsche Antworten, was nicht im Interesse der Anbieter ist. Hier sollten zum einen Nutzungspraktiken entwickelt werden, die mögliche Inkorrektheiten von allgemeinen LLMs transparent machen und mit den Lernenden kritisch reflektieren. Zum anderen sollten LLMs gekoppelt werden mit Datenbanksuchen auf den Lehr-/Lerninhalten, um passende Quellen aus dem Lernstoff bereitstellen zu können.
 - 2.2 Ein großes bislang wenig genutztes Potenzial von LLMs besteht in ihrem Einsatz in der „inneren Schleife“ von ITS: LLMs können bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben benutzt werden, um individualisierte, unterstützende Hinweise zu geben. Sie können auch das Lernmaterial individuell anpassen an den Lernstand und die Bedürfnisse der Lernenden (z. B. einfacher oder schwieriger machen; individuell passende Beispiele und Erklärungen einfügen; in einfache Sprache oder eine Fremdsprache übersetzen). Hierfür ist noch technische Innovation erforderlich, wie die aktuell eingegebene Lösung des Lernenden gemeinsam mit personalisierten Informationen über ihn oder sie effektiv in eine Anfrage an ein LLM umgewandelt wird. Darüber hinaus können LLMs für interaktivere, stärker motivierende Übungsaufgabenformaten genutzt werden.
 - 2.3 Des Weiteren ließe sich über den kombinierten Einsatz von Learning Analytics, LLMs und Chatbots über einzelne Kursdurchläufe hinaus ein umfassenderes Tracking von Interaktionen mit den KI-Systemen realisieren. „Behaviour Analytics“ und „People Analytics“ könnten sich in Verbindung mit Reaktionen der menschlichen Lehrenden lernförderlich auswirken. In diesem Zusammenhang ist aber zwingend der ethische und rechtliche Rahmen zu berücksichtigen (siehe Empfehlung 6 zur Umsetzung des Szenarios 1).

3. Bei Lernenden sollten Kompetenzen für selbstgesteuertes und KI-gestütztes Lernen gezielt gefördert werden. Hier sind organisatorische Fähigkeiten und Motivation ebenso notwendig wie richtiges Prompting, angemessenes Interpretieren von Learning Analytics Dashboards und KI-Ausgaben. Dabei muss der bestehenden Gefahr des größerer werdenden Digital Divide entgegengewirkt werden: Kompetentere Lernende benutzen beispielsweise LLMs spezifisch für Inspiration, Verbesserungen, Hinweise und Feedback und können so noch bessere Ergebnisse erzielen als ohnehin schon. Weniger kompetente Lernende nutzen LLMs unreflektiert, fragen ein Sprachmodell einfach direkt nach der Lösung für Übungen und übernehmen die Lösungen 1:1, weil sie (noch) nicht über erforderliche (KI-)Kompetenzen verfügen, um die Plausibilität der Antwort zu beurteilen. Das unterminiert das eigene Lernen und vergrößert die Schere zwischen Lernendengruppen.
4. Notwendig ist darüber hinaus der Ausbau der Akzeptanz von *KI-gestütztem* personalisiertem Lernen und die Kompetenzförderung bei Lehrenden in der beruflichen Weiterbildung. Dies kann z. B. durch eigene Erfahrungen mit personalisierten KI-gestützten Lernumgebungen gestärkt werden. In einem zweiten Schritt sollte es dann darum gehen, konkrete Kompetenzen für den Einsatz personalisierter Lernumgebungen zu fördern.
5. Schließlich ist eine Verschiebung des Fokus' von Wissen auf Kompetenzen wünschenswert. In derzeitigen Lernsystemen und digitalen Bildungsangeboten überwiegt als Lernziel die Wissensvermittlung statt die Kompetenzförderung. Es bedarf nicht nur der Definition von Kompetenzen und Kompetenzerwerb, um Learning Analytics sinnvoll einzubinden. Für eine Verschiebung des Fokus' von Wissen auf Kompetenzen sollten auch interaktivere, reichhaltigere Interfaces für Übungsaufgaben entwickelt und eingesetzt werden – von Freitextaufgaben über Zeichenwerkzeuge bis hin zu VR-Umgebungen statt der tausendsten Multiple-Choice- oder Quizaufgabe. Zukünftige Lernsysteme müssen hier zwingend besser werden und menschliche Bewertungen integrieren, zum Beispiel indem auch Mitlernende Feedback geben.

Szenario 3: KI-gestützte, virtuelle Lernbegleiter – Dialogische Unterstützung im Lernprozess 2035

In den bisherigen Szenarien ist es bereits deutlich geworden: 2035 sind die meisten digitalen Lernanwendungen in irgendeiner Form personalisiert. Es gibt kaum digitale Lernumgebungen, die sich nicht auf den einzelnen User anpassen. Für Bildungszwecke eingesetzte Technologien zur Personalisierung sind hierbei neben den Recommendersystemen, Learning Analytics und adaptiven Lernpfaden (siehe Szenarien 1 und 2) KI-basierte Chatbots. Sie assistieren ihren Nutzenden bei den unterschiedlichsten Aufgaben und sind in den letzten Jahren durch die eruptiven Fortschritte auf dem Gebiet der großen Sprachmodelle inzwischen weit verbreitet.

Im Bildungskontext werden diese Chatbots auch als KI-gestützte virtuelle Lernbegleiter (virtual learning companions, VLCs) bezeichnet. VLCs sind intelligente Systeme, die mithilfe künstlicher Intelligenz (KI) Lernende in ihrem Lernprozess begleiten (Schlimbach et al., 2022). Sie können eine Reihe didaktischer Funktionen erfüllen, beispielsweise Lerninhalte oder Lernstrategien vermitteln, Lerninhalte dialogisch oder spielerisch erarbeiten, das Zeitmanagement im Lernprozess unterstützen, motivieren oder emotionale Unterstützung leisten (Khosrawi-Rad et al., 2022; Weber et al., 2021). VLCs kommunizieren mit Lernenden dialogisch, entweder text- (in Form von Chatbots) oder sprachbasiert (wie z. B. Alexa oder Siri). Sie sind so entwickelt, dass sie menschlich wirken und Lernende auf freundliche, interaktive Art und Weise unterstützen (Khosrawi-Rad et al., 2022).

Beispielprojekte aus INVITE

Wer hat sich im INVITE-Wettbewerb mit virtuellen Lernbegleitern befasst?

Während fast alle INVITE-Projekte mit unterschiedlichen technologischen Entwicklungen auf personalisiertes Lernen abzielen, haben insgesamt acht Projekte Chatbots und VLCs implementiert. Exemplarisch wird hier auf drei INVITE-Projekte verwiesen.

StuBu: Das Projekt StuBu entwickelte einen virtuellen Companion für die berufliche Weiterbildung, der Lernende dialogisch unterstützt. Der StuBu (Abkürzung für „Study Buddy“) motiviert durch spielerische Elemente, legt gemeinsam Lernziele fest, gibt Hilfestellung in der Lernorganisation (z. B. Zeitmanagement) und unterstützt partnerschaftlich den Lernerfolg (siehe z. B. Schlimbach et al., 2024).

EduPlex_API: Das Projekt EduPlex_API hat die Entwicklungen rund um große Sprachmodelle genutzt, um einen KI-Tutor aufzusetzen. Im Dialog mit den Lernenden unterstützt der KI-Tutor die Auswahl von Lerninhalten, beantwortet Fragen zu spezifischen Lerninhalten oder schlägt passende Lernmethoden vor⁴.

SMALO: Das Projekt SMALO unterstützt die Suche nach passenden Weiterbildungen in der Logistikbranche. Im Projekt wurde zwar kein vollwertiger digitaler Lernbegleiter eingesetzt, jedoch wurde ein Chatbot genutzt, um durch verschiedene Eingangsfragen Lernenden passende Weiterbildungen anzubieten⁵.

Szenario, Potenziale und Fallbeispiele

Wie könnten virtuelle Lernbegleiter berufliche Weiterbildungsprozesse 2035 unterstützen?

Das Szenario 3 (S3) lässt sich durch folgende vier zentrale Kennzeichen beschreiben:

2035 sind KI-gestützte, virtuelle Lernbegleiter flächendeckend im Einsatz und wesentlicher Bestandteil digitaler Lernprozesse. (S3.1)

In zehn Jahren sind KI-Assistenten alltägliche Begleiter und übernehmen die unterschiedlichsten Aufgaben. Auch im Bildungskontext sind diese Chatbots als virtuelle Lernbegleiter mittlerweile Standard und ermöglichen maßgeschneidertes und adaptives Lernen.

VLCs identifizieren Stärken und Schwächen und passen den Dialog mit dem Lernenden daraufhin an. (S3.2)

Virtuelle Lernbegleiter schlussfolgern aus den mit den Lernenden geführten Dialogen und deren Lernleistungen die Stärken und Schwächen der Lernenden. Basierend auf diesen Erkenntnissen modifizieren sie den Dialog und die bereitgestellten Inhalte, um eine optimale Unterstützung zu gewährleisten. Dies fördert nicht nur das individuelle Lernen, sondern auch die Motivation der Lernenden.

Sie können im Rahmen digitaler Lernprozesse in Form eines Chatbots selbstbestimmt „dazugeschaltet“ werden. (S3.3)

Lernende können die text- oder sprachbasierten KI-Begleiter eigenständig und in unterschiedlichen Lern- und Alltagsumgebungen aktivieren oder deaktivieren – je nach Bedarf.

Jeder VLC kann je nach Bedarf, Weiterbildungsziel und individuellen Präferenzen der Lernenden konfiguriert werden, um verschiedene Unterstützungsfunktionen in verschiedenen Phasen der Weiterbildung anzubieten. (S3.4)

Virtuelle Lernbegleiter können entsprechend den spezifischen Anforderungen und persönlichen Vorlieben der Lernenden angepasst werden. Diese Anpassungsfähigkeit ermöglicht es, Unterstützungsangebote bewusst und gezielt zu nutzen, und zwar nicht nur während eines Lernprozesses, sondern auch darüber hinaus.

⁴ Siehe Website des Projektpartners *courseticket* <https://go.courseticket.com/ki-tutor>

⁵ Siehe Projektwebseite <https://wisoak.de/smallo/>

Bei einigen dieser Statements würden viele sagen, dass diese bereits jetzt, im Jahre 2025, realisiert sind. Das Szenario für 2035 unterscheidet sich vom Ist-Zustand jedoch mindestens in zwei Aspekten. Zum einen geht es um den Verbreitungsgrad: 2035 werden diese Bots (VLCs) sowohl flächendeckend angeboten als auch ebenso weitverbreitet und selbstverständlich selbstbestimmt genutzt. Zweitens bieten die VLCs 2035 umfassendere Unterstützungsfunktionen: Individualisierte, virtuelle Lernbegleiter sind 2035 nicht nur kombinierte Such- und Texterstellungsmaschinen, die Impulse und sprachlich gewandtes Feedback geben. Vielmehr erfüllen sie soziale Funktionen beim selbstgesteuerten Lernen. Sie begleiten beim Lernen, analysieren die gemeinsamen Interaktionen und schlussfolgern daraus abgestimmt auf die jeweiligen Lerninhalte, Lernergebnisse, die Interessen und Ressourcen den individuellen Lern- und Wissensbedarf und decken diese Bedarfe wiederum in unterschiedlichen Modalitäten.

Welche Perspektiven und Potenziale bietet das Szenario für die Kernzielgruppen?

Lernende: Lernende können sich für ihre digitalen Weiterbildungsprozesse passende VLCs eigenständig konfigurieren, z. B. hinsichtlich ihrer Unterstützungsbedarfe. Lernende profitieren von VLCs, da diese das meist einsame und selbstregulierte Lernen auf Weiterbildungsplattformen auflockern und unterstützen. Sie bieten nicht nur feingranular innerhalb einzelner Übungsaufgaben und Inhalte Unterstützung an, sondern helfen auch bei der individuellen Navigation der Lernmaterials und sogar bei der ganz großen Planung – Was will ich überhaupt Lernen? Wofür? Was brauche ich dazu? Über VLCs können Lerninhalte im Dialog reflektiert, Anwendungsfälle des Gelernten für die eigene Berufspraxis erörtert oder auch Erinnerungen an anstehende Termine, z. B. synchrone Lerneinheiten, verschickt werden. VLCs erkennen die Stärken und Schwächen der Lernenden und können Lerninhalte und unterstützende Dialoge entsprechend anpassen. Über das Fachwissen hinaus können zudem Lernstrategien oder Zeitmanagementkompetenzen vermittelt werden, die das selbstregulierte Lernen unterstützen.

Lehrende: VLCs unterstützen dort, wo Lehrende das in der Breite nicht leisten können, beispielsweise insbesondere während selbstregulierter Lernprozesse, die orts- und zeitunabhängig stattfinden. Lehrende stehen den Lernenden wie gehabt zur Verfügung, um weitergehende Fragen zu klären. Die Daten aus VLCs können außerdem in Learning Analytics einfließen und damit den Überblick der Lehrenden über den Lernprozess unterstützen (siehe auch Szenario 2).

Arbeitgeber: Die virtuellen Lernbegleiter richten sich zwar in erster Linie an Lernende und Chatverläufe sind sensible Daten, die nicht mit Arbeitgebern bzw. Personalabteilungen geteilt werden. Arbeitgeber können aber aus aggregierten Erkenntnissen aus den Konversationen mit den Chatbots Schlüsse über notwendige Qualifizierungsmaßnahmen im Unternehmen schließen, ohne einzelne Personen zu „überwachen“. Des Weiteren profitieren sie von VLCs, weil diese ein interaktiveres Lernen ermöglichen, das die Weiterbildungsmotivation und ein tieferes Verständnis der Lerninhalte befördert. Darüber hinaus können VLCs auch mit Arbeitgeber-spezifischen Informationen gekoppelt werden, sodass sich zum Beispiel Prozesse des Onboardings und Wissenstransfers innerhalb des Unternehmens verbessern.

Weiterbildungsanbieter: Es stehen grundlegende Modelle für virtuelle Lernbegleiter zur Verfügung. Diese basieren auf zentralen didaktischen Prinzipien und können von Weiterbildungsanbietern an die spezifischen Lernangebote angepasst und in bestehende Lernplattformen integriert werden. Weiterbildungsanbieter können somit einen weiteren Service anbieten, der die Attraktivität digitaler Weiterbildungen erhöht und zu höheren Abschlussquoten und vertieften Lernergebnissen führt. Perspektivisch lassen sich VLCs mit anderen Tools oder Services kombinieren, wie z. B. der Suche nach passenden weiteren Kursen (Szenario 1), adaptiven Lernpfadempfehlungen (Szenario 2) oder vom Lernenden eingepflegten digitalen Bildungsnachweisen (Szenario 5).

Wie kann das konkret aussehen?

Fallbeispiele Malek und Leon

Malek, ein **angehender Grafikdesigner**, möchte seine Fähigkeiten im Bereich 3D-Design erweitern. Auf einer Weiterbildungsplattform findet er passende Kurse zu diesem Ziel. Während Malek lernt, interagiert sein virtueller Lernbegleiter aktiv mit ihm. Er stellt Rückfragen, um sicherzustellen, dass Malek die Inhalte versteht, und gibt bei Bedarf zusätzliche Erklärungen oder verweist auf ergänzende Ressourcen.

Der Lernbegleiter erkennt, wenn Malek auf Herausforderungen stößt oder sein Engagement nachlässt. In solchen Momenten bietet der VLC motivierende Nachrichten und Tipps, um das Lernen effektiver zu gestalten. Um Maleks Fähigkeiten weiterzuentwickeln, schlägt der VLC ein reales Designprojekt vor, bei dem Malek sein Wissen anwenden und erweitern kann. Der Lernbegleiter unterstützt ihn dabei durch Tipps und Ratschläge.

Leon ist Auszubildender in der Elektrotechnik. Er lernt gerne im Arbeitsprozess von seinen Ausbildern. Bleiben offene Fragen, kommuniziert Leon über natürliche Sprache mit einem KI-Avatar als virtuelle Lernbegleitung. Der Avatar dient ihm überwiegend als Tutor, der dialogisch auf seine individuellen Fragen eingeht, kann ihm aber auch passende Lerninhalte zu seinen Fragen vorschlagen. Seine virtuelle Lernbegleitung kann Leon über verschiedene Lernkontexte hinweg einsetzen, z. B. lernt er damit auch für seinen Tauchschein.

Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen

Wunsch und Wahrscheinlichkeit des Szenarios aus Sicht der Expert_innen

Im Validierungsworkshop wurden den Expert_innen nach der Vorstellung des Szenarios die zentralen Kennzeichen als Statements (S3.1 bis S3.4) vorgelegt, um diese in einer kurzen Online-Befragung nach der Wahrscheinlichkeit sowie Erwünschtheit des Eintreffens im Jahr 2035 zu bewerten. Die folgende Abbildung stellt das Ergebnis grafisch dar.

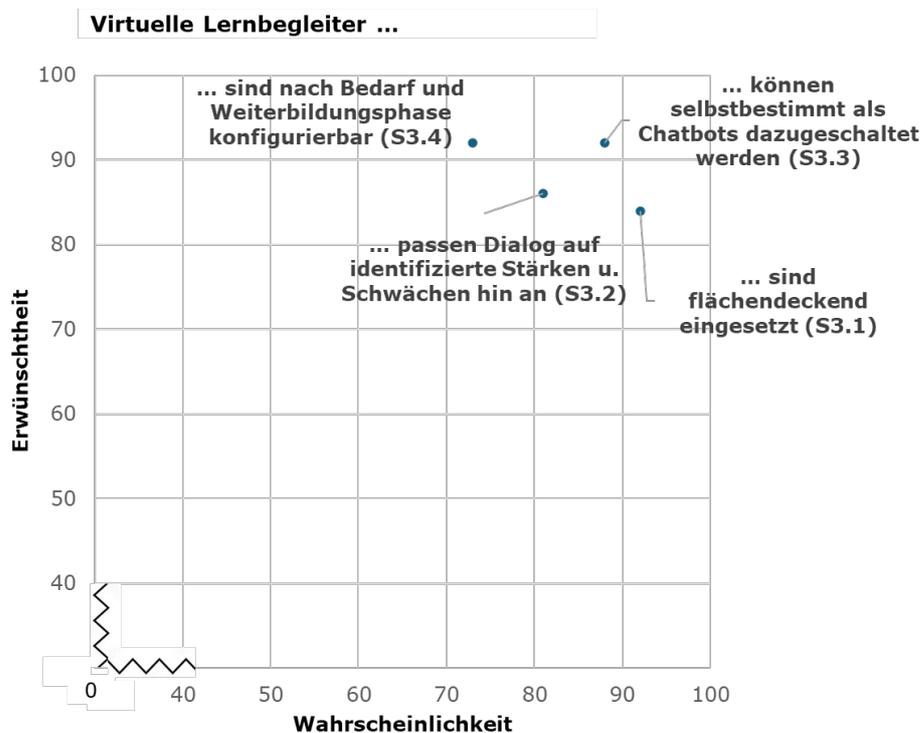


Abbildung 5: Wahrscheinlichkeit und Erwünschtheit von Szenario 3 im Validierungsworkshop

Von allen Szenarien liegen hier die Erwünschtheit und Wahrscheinlichkeit der Kernaussagen am nächsten zusammen und sind sehr hoch. Insbesondere der selbstbestimmte Umgang mit VLCs ist sehr wünschenswert: Nutzende sollen entscheiden können, ob und wann sie die virtuelle Lernbegleitung wünschen. Der flächendeckende Einsatz ist zwar jetzt schon zum großen Teil gegeben, allerdings mit noch geringer bzw. nicht vorhandener Qualität der didaktisch-pädagogischen Interventionen und Empfehlungen. Insbesondere zwei Potenziale und Forschungsbedarfe von VLCs wurden diskutiert:

- Erhöhung der Weiterbildungsbeteiligung durch Niedrigschwelligkeit und Attraktivität von Chatbots. Wobei hier Forschungsbedarf zu alternativen visuellen Darstellungen – Zitat aus einem Workshop: „Weg von den Lernplattformen und Kacheln, eher dreidimensional denken!“ – und zur Akzeptanz künstlicher Personen besteht.
- Entlastung der Lehrenden können gut in Lernkonzepte integrierte, (von Lehrenden) anpassbare Chatbots bieten. Hierzu gibt es vielversprechende An- und Einsätze an der FernUniversität in Hagen, wo mit in Learning Analytics Dashboards integrierten, anpassbaren Chatbots sehr gute Erfahrungen gemacht wurden.

Empfehlenswerte Maßnahmen zur Verwirklichung des Szenarios im Jahr 2035

Folgende Maßnahmen zur Umsetzung des Szenarios konnten aus der Diskussion mit den Expert_innen im Workshop abgeleitet werden:

1. VLCs werden zwar seit einigen Jahren entwickelt und zunehmend erforscht, aber es fehlt noch an Evidenz zum Mehrwert von VLCs und zu geeigneten Unterstützungsformen in beruflichen Weiterbildungsprozessen.
2. Damit einher geht auch die verstärkte Einstellungs- und Wirkungsforschung: Wie hilfreich empfinden Lernende VLCs und durch welche Designs bzw. Komponenten kann die Unterstützungsleistung von VLCs erhöht werden? Wie könnte z. B. einer möglichen Überforderung der Lernenden bei der Konfiguration von VLCs begegnet werden?
3. Bedarfsdiagnostik mit Learning Analytics und didaktisch-pädagogisches Expertenwissen müssen in die verwendeten LLMs integriert werden, um aus der sprachlich gewandten Assistenz durch ChatGPT und Co. eine tatsächliche Lernbegleitung zu bieten. Sowohl für diese als auch die zweite Empfehlung ist interdisziplinäre Forschung unter Einbezug von Lehrenden und Lernenden erforderlich.
4. Schließlich empfehlen die Expert_innen die Entwicklung von leicht anpassbaren „Basis-VLCs“: Es sollten VLCs mit grundlegender Funktionalität und basierend auf didaktischen Prinzipien entwickelt werden, die dann an spezifische Lernkontexte oder Bedürfnisse von Lernenden leicht angepasst werden können. Dies würde eine niedrigschwellige Integration von VLCs in bestehende Lernplattformen durch die Weiterbildungsanbieter ermöglichen. Dabei haben gerade LLM-basierte Systeme aktuell zwei große zu adressierende Herausforderungen:
 - 4.1 Erstens gibt es nach wie vor sehr häufig inkorrekte Ausgaben. Dies muss transparent kommuniziert und durch die Kopplung mit Lehr-/Lernmaterialien durch Retrieval Augmented Generation unwahrscheinlicher gemacht werden (siehe auch Empfehlung 2 beim Szenario 2).
 - 4.2 Zweitens gibt es noch ein subtileres, kaum diskutiertes Problem: Die aktuellen instruction fine-tuned LLMs sind darauf trainiert, in einem Schritt (!) Antworten zu liefern, die die Anweisung im Prompt erfüllen und die Nutzenden dann möglichst direkt zufriedenstellen. Diese Art des Trainings geht exakt gegen (!) didaktische Ziele. In der Lehre brauchen wir Systeme, denen es gelingt, Scaffolding zu implementieren, d. h. nur und gerade so viel Unterstützung zu geben, dass die Lernenden die Lösung selbst finden. Die Antworten müssen sich viel mehr zurückhalten und die Lernenden sanft auf den richtigen Weg führen. Erst nach mehreren Interaktionsschritten sind die Lernenden – vielleicht – zufrieden und ein nachhaltiger Lernerfolg stellt sich ein. Diese „Mehrschrittigkeit“ und didaktisch motivierte Zurückhaltung müssen in die Systeme integriert werden – eine wichtige Forschungsaufgabe der nächsten Jahre.

Szenario 4: Interoperabilität und Plattformvernetzung 2035

Die Vision, dass Lernmaterialien plattformübergreifend genutzt werden und durch Metadaten erschließbar werden, wird seit den ersten Entwicklungen auf dem Gebiet des digitalen Lernens verfolgt – allerdings bisher nur mit minimalen Ergebnissen. Den vielen verschiedenen Anbietern von Lerninhalten gelang es nicht, sich auf gemeinsame Standards zum Austausch zu einigen. Die Skepsis, die dieser Prozess geprägt hat, sitzt bei vielen Akteur_innen in der Bildungsbranche nach wie vor tief. Doch mit Blick auf aktuelle Entwicklungen (u. a. das von der OER-Metadatengruppe des Kompetenzzentrums Interoperable Metadaten (KIM) entwickelte Allgemeine Metadatenprofil für Bildungsressourcen (AMB)⁶ oder auch die Arbeiten des Gremiums IEEE⁷) erscheint die Vision wieder etwas realistischer.

Interoperabilität und Vernetzung von Plattformen bedeutet, dass verschiedene Bildungstechnologien und -systeme möglichst verlustfrei miteinander kommunizieren können. Dies ist in modernen Bildungsumgebungen, in denen verschiedene Tools und Plattformen zur Bereitstellung, Verwaltung und Bewertung von Lerninhalten eingesetzt werden, von entscheidender Bedeutung.

Interoperabilität ist dabei ein komplexes Konzept, das technische, semantische, organisatorische und rechtliche Aspekte umfasst. Technisch gesehen, bezieht es sich auf die Fähigkeit von Systemen, Informationen effektiv auszutauschen und zu nutzen. Dies erfordert eine nahtlose Kommunikation zwischen Systemen bei minimalem Eingriff durch Nutzende. Die semantische Interoperabilität stellt sicher, dass die gemeinsam genutzten Informationen in den verschiedenen Systemen einheitlich verstanden werden, um Missverständnisse zu vermeiden. Organisatorische Interoperabilität beinhaltet die Vereinheitlichung von Geschäftsprozessen oder Standards. Die rechtliche Interoperabilität schließlich betrifft die Einhaltung von Datenschutz-, Privatsphäre- und Regulierungsanforderungen (Yang, et al., 2024). Damit Lernplattformen interoperabel werden und eine reibungslose und effektive Zusammenarbeit zwischen Systemen und Organisationen möglich wird, ist eine Koordinierung über diese Dimensionen hinweg erforderlich.

Beispielprojekte aus INVITE

Wer hat sich im INVITE-Wettbewerb verstärkt mit Interoperabilität und der Vernetzung von Plattformen befasst?

Der Innovationswettbewerb hatte in seiner Bekanntmachung einen inhaltlich-technischen Schwerpunkt „Interoperabilität und Verwendung von Standards“ vorgegeben. Viele INVITE-Projekte haben sich deshalb dem Aufbau kollaborativer Netzwerkplattformen verschrieben, um die Vernetzung der Weiterbildungslandschaft zu verbessern. Diese Projekte zielen darauf ab, eine nahtlose Konnektivität zu fördern, indem sie sich auf die Interoperabilität konzentrieren. Eine wichtige Priorität ist die Integration offener Bildungsstandards, die eine effektive Zusammenarbeit zwischen digitalen Weiterbildungsplattformen ermöglichen.

Zu den eingesetzten Standards gehören u. a. der ESCO-Standard zur Beschreibung von Kompetenzen und Lernressourcen (mindestens sieben Projekte) oder Standards zum Austausch von Inhalten wie xAPI (sechs Projekte). Darüber hinaus konzentrierten sich 15 Projekte explizit auf die Entwicklung und Wiederverwendung von Open-Source-Software und KI-Modellen und -Bibliotheken. Es folgen drei Beispiele:

INVITE-Meta: Das Metavorhaben organisierte drei virtuelle Workshops (Goertz et al., 2023; Rashid et al., 2024), an denen zehn INVITE-Projekte teilnahmen, um die Verwendung von Standards und Metadaten für Lernressourcen, Lernende und digitale Nachweise zu untersuchen. Im Mittelpunkt der Diskus-

⁶ Siehe dazu die Handreichung „Kooperation von Portalen: Sondierung von Metadaten zur Herstellung von Interoperabilität“ (Rörtgen, 2024).

⁷ Siehe dazu auch die Ergebnisse einer internationalen Interviewstudie im INVITE-Meta-Dossier zu Metadaten für Lernprozesse“ (Reichow et al., 2024).

sionen stand die Optimierung der Interoperabilität, um eine reibungslosere Interaktion zwischen den Plattformen zu gewährleisten.

EduPLEX_API: Das Projekt entwickelte eine offene Anwendungsprogrammierschnittstelle (API) für Plattformen mit Lernerfahrung⁸. Diese API soll eine verbesserte Personalisierung, eine intuitive Navigation und eine bessere Durchsuchbarkeit von Lerninhalten ermöglichen. Die API basiert auf aktuellen Web- und E-Learning-Standards und unterstützt Funktionen wie Buchung, Zahlungen, personalisierte Lernpfade und die Bewertung von Lernergebnissen.

IWWB-PLUS: Dieses gewährleistet eine starke Interoperabilität mit anderen Weiterbildungsanbietern, indem es das Europass-System für eine nahtlose Integration über Plattformen hinweg nutzt. IWWB-PLUS gewährleistet dank der hinterlegten Metasuchmaschine auch ein hohes Maß an Interoperabilität mit anderen Weiterbildungsanbietern auf dem Markt, die das Europass-System nutzen (siehe z. B. Reichart et al., 2024).

Szenario, Potenziale und Fallbeispiel

Wie könnten Interoperabilität und Vernetzung von Lernplattformen 2035 umgesetzt sein?

Das Szenario 4 (S4) lässt sich durch folgende vier zentrale Kernaussprägungen beschreiben:

Im Jahr 2035 hat man sich auf ein Set offener Standards verständigt, welche neben APIs flächendeckend für den Austausch und die Nutzung von Informationen eingesetzt werden. (S4.1)

Bis 2035 wird die Interoperabilität und Vernetzung von Lernplattformen voraussichtlich durch offene Standards, Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs), fortschrittliche KI-gesteuerte Technologien, Blockchain- bzw. PKI⁹-basierte Bildungsnachweise und dezentralisierte Lernnetzwerke umgesetzt werden. Initiativen wie das European higher education interoperability framework¹⁰ (das auf EU-weite Datenaustauschstandards und ein digitales Ökosystem in der Hochschulbildung abzielt) und internationale Interoperabilitätsstandards für das Bildungswesen wie die Standards von IEEE¹¹, EdTech¹², ED-FI alliance¹³, and T3network¹⁴ bilden die Grundlagen für die Entwicklung offener Standards, auf die sich bis 2035 international verständigt wurde.

Grundlage für dieses Vorgehen sind Normen – auch auf europäischer Ebene –, auf die sich Bildungsanbieter und Interessenverbände geeinigt haben und deren Einhaltung auch von staatlicher Seite kontrolliert wird. Weiterhin wird darauf geachtet, dass keine Anbieter-Monopole durch einzelne Plattformen entstehen.

KI-Technologien wie LLMs und NLP tragen dazu bei, die Extraktion und Verwaltung von Metadaten zu automatisieren. (S4.2)

Offene Standards stellen sicher, dass Daten problemlos gemeinsam genutzt und zwischen Systemen ausgetauscht werden können, während APIs es verschiedenen Plattformen ermöglichen, miteinander zu kommunizieren und Informationen auszutauschen. Darüber hinaus werden KI-Technologien wie große Sprachmodelle (LLMs) und die Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP, engl. Natural Language Processing) dazu beitragen, die Extraktion und Verwaltung von Metadaten zu automatisieren.

⁸ Siehe Projekthomepage: <https://www.eduplex.eu/>, API: <https://www.eduplex.eu/entwicklungsfeld-i/>

⁹ PKI = Public Key Infrastruktur, ein hierarchisches System zur Ausstellung, Verteilung und Prüfung von digitalen Zertifikaten.

¹⁰ https://education.ec.europa.eu/focus-topics/digital-education/digital-education-hub/workshops-and-working-groups/european-higher-education-interoperability?facets_permanent%7Cfield_eac_tags=526

¹¹ <https://sagroups.ieee.org/ltsc/>

¹² <https://www.1edtech.org/standards/details>

¹³ <https://www.ed-fi.org/>

¹⁴ <https://www.t3networkhub.org/>

Blockchain sichert und standardisiert die Anerkennung von Leistungsnachweisen. (S4.3)

Blockchain wird die Anerkennung von Leistungsnachweisen sichern und standardisieren, so dass eine universelle Anerkennung von Bildungsleistungen über diverse Institutionen hinweg weltweit möglich wird.

Dezentralisierte Technologien haben belastbare und skalierbare Lernökosysteme geschaffen, welche die berufliche Weiterbildung über Grenzen hinweg erleichtern. (S4.4)

Dezentralisierte Technologien machen robuste und ausbaufähige Lernökosysteme möglich, die die Zusammenarbeit, die gemeinsame Nutzung von Ressourcen und das kontinuierliche Lernen über Grenzen hinweg erleichtern. Diese Fortschritte werden durch Datenstandards und -protokolle ermöglicht, die Datenschutz, Datensicherheit und die Einhaltung globaler Bildungsnormen gewährleisten.

Diese Maßnahmen gehen Hand in Hand mit einem öffentlichen Wallet-System, das Lernende nutzen können, ermöglicht durch das Single Sign On mit einer persönlichen ID. Dies gewährleistet auch die europäische eIDAS-Verordnung.

Für die Weiterentwicklung dieser Systeme werden in Einklang mit der KI-Verordnung staatlich initiierte "Reallabore" genutzt, in denen alle Marktteilnehmenden diese Systeme anhand von Modelldaten testen können.

Welche Perspektiven und Potenziale bietet das Szenario für die Kernzielgruppen?

Lernende: Im Jahr 2035 haben Lernende mit nur einem einzigen Log-In nahtlos Zugang zu verschiedenen Lernmaterialien über mehrere Lernplattformen hinweg. Die Interoperabilität gewährleistet den Austausch von Daten, Inhalten und sogar adaptiven Lernpfaden zwischen Tools und Lernmanagementsystemen (LMS) und unterstützt so personalisiertes Lernen. Die Lernprozesse der Lernenden werden durch integrierte Lernanalysetools unterstützt, die einen umfassenden Überblick über ihre Fortschritte auf allen Plattformen bieten. Blockchain-basierte Nachweise ermöglichen die sichere und verlustfreie Übertragung ihrer Leistungen zwischen verschiedenen Plattformen – wobei die Lernenden selbst entscheiden, welche Daten mit welcher Plattform geteilt werden sollen.

Lehrende: Im Jahr 2035 werden Lehrende von interoperablen und vernetzten Lernplattformen profitieren, indem sie einfacheren Zugang zu den diversen und verteilt abgelegten Lernmaterialien und Ressourcen haben. Dadurch können sie beispielsweise auf passende Unterrichtsentwürfe anderer Personen zurückgreifen oder maßgeschneiderte Lernpfade mit einer Vielzahl an passenden Ressourcen entwerfen, die den unterschiedlichen Bedürfnissen der Lehrenden gerecht werden.

Arbeitgeber: Bis 2035 wird die höhere Interoperabilität von Lernplattformen die Aus- und Weiterbildung von Arbeitskräften vereinfachen, indem Lernressourcen verschiedener Anbieter und Webseiten einfacher in das firmeneigene Lernsystem integriert werden können. Dadurch können hoch qualitative Materialien verschiedenen Ursprungs nahtlos von der Belegschaft genutzt werden. Zusätzlich können Blockchain-basierte Bildungsnachweise (z. B. anderer Einrichtungen) die Überprüfung von Fähigkeiten erleichtern, weil ein gemeinsamer Standard benutzt wird. Hier nutzen die HR-Abteilungen die gleichen Metadaten-Systeme wie die Bildungsanbieter und Hochschulen.

Weiterbildungsanbieter: Im Jahr 2035 werden Bildungsanbieter in einem Ökosystem interoperabler und vernetzter Lernplattformen sowohl mit Chancen als auch mit Herausforderungen konfrontiert sein. Die Interoperabilität wird die Anbieterneutralität erleichtern, indem sie es den Bildungsanbietern ermöglicht, verschiedene Tools und Systeme von mehreren Anbietern auszuwählen und zu integrieren. Diese Flexibilität stellt sicher, dass die Anbieter die besten Lösungen für ihre Bedürfnisse auswählen können, ohne in einem Ökosystem eines einzelnen Anbieters gefangen zu sein.

Die Automatisierung der Erstellung von Metadaten durch Künstliche Intelligenz hat die personellen Aufwände deutlich verringert. Dadurch ist die Beteiligung an Lernökosystemen für Anbieter auch

finanziell attraktiver. Diese Beteiligung bedeutet für sie einen echten Mehrwert, den das bisherige heterogene Vertriebssystem nicht bietet.

Sie werden ganzheitliche Weiterbildungsprogramme über mehrere Plattformen hinweg erstellen. Blockchain-basierte Infrastrukturen wie die European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) oder PKI-Strukturen werden die universelle Anerkennung von Bildungsnachweisen sicherstellen. Verbesserte Qualitätsmanagementsysteme (QMS) werden eine entscheidende Rolle spielen. Ein QMS könnte zum Beispiel sicherstellen, dass Metadaten für Lerninhalte und Zertifikate standardisiert und korrekt ausgefüllt werden. Die Anbieter werden datengestützte Erkenntnisse für eine bessere Entscheidungsfindung und vorausschauende Analysen für den Erfolg der Lernenden nutzen.

Wie könnte das konkret aussehen?

Fallbeispiele

Ein globales Team, das an einem KI-Projekt arbeitet, besteht aus Mitarbeiter_innen aus Europa, Asien und Nord- und Südamerika. Jede Region nutzt eine andere Lernplattform, die auf lokalisierte Schulungsmaterialien und Zertifizierungen spezialisiert ist. Über ein interoperables Lernnetzwerk werden jedoch die Fortschritte, Zertifizierungen und Fähigkeiten des Teams in Echtzeit über alle Plattformen hinweg synchronisiert. Wenn ein Teammitglied in Asien eine Zertifizierung zum Thema KI-Ethik absolviert, wird dieser Nachweis sofort mit dem gesamten Team geteilt, und der Projektmanager in Europa kann die Relevanz für das aktuelle Projekt beurteilen und so sicherstellen, dass das kollektive Fachwissen des Teams auf dem neuesten Stand ist.

Murat, ein Softwareentwickler, der im Finanzsektor arbeitet, erwirbt über ein finanzspezifisches LMS Zertifizierungen in Blockchain-Technologie und KI-gesteuerter Finanzmodellierung. Später beschließt er, in die Branche Gesundheitstechnologie zu wechseln. Das interoperable Lernökosystem ermöglicht es, dass seine Blockchain- und KI-Zertifizierungen automatisch von einer Technologieplattform im Gesundheitswesen anerkannt werden, wo seine Fähigkeiten für die Sicherheit von Krankenakten und KI-gesteuerte Diagnosen entscheidend sind. Das System passt Murats Lernpfad an, indem es gesundheitsbezogene KI-Kurse empfiehlt, Zeit für redundante Schulungen spart und einen reibungslosen Karrierewechsel ermöglicht.

Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen

Wunsch und Wahrscheinlichkeit des Szenarios aus Sicht der Expert_innen

Im Validierungsworkshop wurden den Expert_innen nach einer Vorstellung der Szenarien die zentralen Aussagen vorgelegt, um diese in einer kurzen Online-Befragung nach der Wahrscheinlichkeit sowie Erwünschtheit des Eintreffens im Jahr 2035 zu bewerten (vgl. Abbildung 6).

Wie bereits in den bisher behandelten Szenarien ist auch hier die Erwünschtheit insgesamt deutlich höher als die Wahrscheinlichkeit, dass das Szenario eintritt. Eine Abweichung hiervon bildet die Vision einer Blockchain-unterstützten Lösung bei der Anerkennung von Leistungsnachweisen, die im Vergleich weniger gewünscht wird. Möglicherweise wird hier die Festlegung auf ein bestimmtes System kritisiert. Im Workshop nannten die Expert_innen auch auf der allgemeineren Ebene die „Public Key Infrastructure“ und als Alternative „Verifiable Credentials“.

Auffällig ist ferner, dass zwei Ausprägungen des Szenarios bei der Wahrscheinlichkeit der Realisierung deutlich unter der Marke von 50 liegen. Dass man sich in rund zehn Jahren auf ein Set von Standards zur Interoperabilität und Vernetzung geeinigt haben wird, halten die Workshop-Teilnehmer_innen für eher unwahrscheinlich. Gleiches gilt für die Realisierung eines dezentralen vernetzten Lernökosystems,

auch über die deutschen Grenzen hinweg. Die oben bereits angesprochene Skepsis ist nach wie vor präsent.

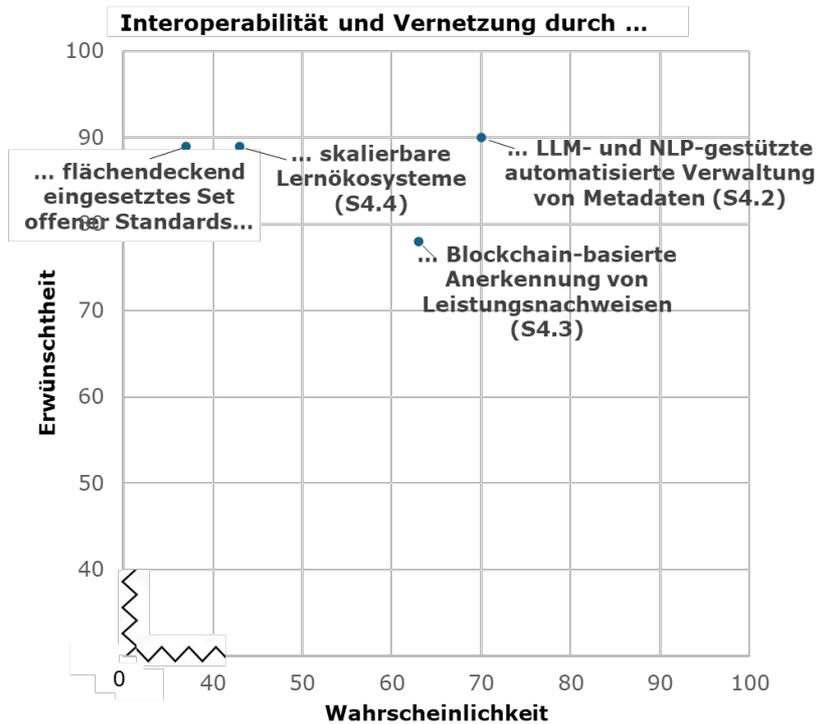


Abbildung 6: Wahrscheinlichkeit und Erwünschtheit von Szenario 4 im Validierungsworkshop

Gründe hierfür sind u. a. die divergierenden Interessen der Marktteilnehmer: Besteht für kommerzielle Anbieter die Möglichkeit, hierdurch Umsatz und Gewinn zu steigern, um zumindest die Aufwände für die Erstellung von Metadaten zu refinanzieren? Könnte ein erschließbares umfangreiches Angebot die Lernenden nicht eher auf für sie kostenfreie Angebote lenken? Kritisch sahen die Teilnehmenden auch die Bildung von Monopolen, also dass beispielsweise Anbieter wie Google oder Meta den Markt mit eigenen Standards dominieren. Eine weitere Gefahr wird auch in einem deutschen Alleingang der Vernetzungsinfrastruktur des BMBF „Mein Bildungsraum“ gesehen. Die Expert_innen schätzten allerdings sowohl den Aspekt der Freiwilligkeit, dass also alle Anbieter freiwillig bestimmten Standards folgen, als auch die Verpflichtung bestimmte Standards einzusetzen, skeptisch ein. Bei einer gesetzlichen Verpflichtung bleibt zudem die Frage offen, wie deren Umsetzung kontrolliert werden kann. Dies läuft beispielsweise auch bei der Umsetzung des Online Zugangsgesetzes (OZG) nicht wie gewünscht.

Dass Künstliche Intelligenz uns in Zukunft bei der Erstellung von Metadaten unterstützen wird, hielten die Workshopteilnehmer_innen hingegen für sehr realistisch und auch wünschenswert.

Empfehlenswerte Maßnahmen zur Verwirklichung des Szenarios im Jahr 2035

Die Expertinnen und Experten im Workshop 2 sehen auch mögliche Maßnahmen, wie die o.g. Szenarien trotz aller Skepsis umgesetzt werden können.

1. Um die Interoperabilität und Vernetzung von Lernplattformen bis 2035 zu erreichen, müssen wir offene Datenformate, Austauschprotokolle und robuste Sicherheitsstandards priorisieren, die eine nahtlose und sichere Integration über Plattformen hinweg gewährleisten.
2. Die Attraktivität gemeinsamer Standards zur Interoperabilität und Vernetzung sollte vor allem für kommerzielle Anbieter erhöht werden. Dies ist z. B. dadurch möglich, dass die Aufwände zur Erstellung von Metadaten deutlich verringert werden.

3. Sinnvoll sind auch klare Provisionsregelungen bei Buchungen im Rahmen eines Netzwerks. Diese Vertriebsmöglichkeit müsste für kommerzielle Händler finanziell attraktiv sein.
4. Die Lösungen sollten nicht auf Deutschland beschränkt sein. Im Rahmen der Europäischen Union wurden bereits viele Schritte zur Vereinheitlichung und zum Tagging von Lerninhalten vorgenommen. Gleiches gilt für die Darstellung von Kompetenzen. Mit Blick auf eine grenzübergreifende Anerkennung von Lernleistungen sollten gemeinsame Standards auf europäischer Ebene festgelegt werden. Initiativen zur Anknüpfung auf EU-Ebene sind eIDAS (Verordnung über elektronische Identifizierungs- und Vertrauensdienste), Europass (Tools zur Erfassung von Lebenslauf und Details zur Bildungsbiografie), EBSI (European Blockchain Services Infrastructure) und ESCO (Europäische Klassifizierung für Fähigkeiten/Kompetenzen, Qualifikationen und Berufe). Hierdurch wird auch die globale Zugänglichkeit zu Bildung gefördert. Es besteht daher auch dringender Bedarf, die Interoperabilität mit dem deutschen Standard „XBildung“ herzustellen.
5. Ein auf europäischer Ebene erschließbarer Pool von Bildungsangeboten würde ein großes Gegengewicht zu Monopolen aus den USA oder anderen außereuropäischen Ländern bieten. Noch wünschenswerter wären sicherlich weltweit anerkannte Standards.
6. Um ein größeres Engagement zur Umsetzung und beim Einsatz gemeinsamer Standards und offener Schnittstellen zu erreichen, wäre eine staatliche Initiative sinnvoll, welche die verschiedenen Marktteilnehmer moderiert und eine Incentivierung der Nutzung von Standards modelliert. Darüber hinaus sollte das Anbieten geeigneter Schnittstellen in öffentlichen Ausschreibungen als harte Anforderung aufgenommen werden. Von öffentlicher Seite (ko)finanzierte Systeme sollten dazu verpflichtet werden.
7. Ein universelles Berechtigungsnachweissystem, möglicherweise auf der Grundlage von Blockchain-Technologie, wird eine transparente, überprüfbare digitale Zertifizierung gewährleisten. Hierdurch würden Lernprozesse auch identifizierbar und bezahlbar – dies wäre ein weiterer Anreiz für Bildungsanbieter, weil dadurch die Exklusivität ihrer Lernangebote gewährleistet bleibt. Fortschritte bei den Mobilfunk- und Telekommunikationsnetzen, wie 5G und 6G, werden eine qualitativ hochwertige Fernausbildung weiter ermöglichen.
8. Um diese Anwendungen bürgernah und mit einer hohen Usability zu erstellen, sollten entsprechende Testumgebungen (Sandboxes, Reallabore) bereitgestellt werden.

Szenario 5: Digitale Bildungsnachweise 2035

Am Ende des beruflichen Lernprozesses steht häufig ein Zertifikat oder eine Urkunde, mit sehr sich das erfolgreiche Bestehen der Trainingsmaßnahme – und damit die erworbenen Kompetenzen – nachweisen lassen. Auch hierfür lohnt sich ein Blick in die Zukunft, wie diese Nachweise in digitaler Form realisiert werden.

Bei digitalen Bildungsnachweisen bzw. Digital Credentials handelt es sich um digitale Bescheinigungen von Lernleistungen (learning outcomes). In den 2020er Jahren werden solche Zertifikate nach wie vor in Papierform ausgestellt, allenfalls als PDF digitalisiert. Die Zertifikatsformen und deren Speicherung werden aber weit darüber hinaus gehen. Schon jetzt werden verschiedene Formen digitalisierter Bildungsnachweise eingesetzt (Nationales Europass Center (NEC) in der Nationalen Agentur Bildung für Europa, 2025), u. a. „Open Badges“, E-Portfolios und blockchain-basierte Zertifikate. Was sie gemein haben: Sie sind maschinenlesbar und dokumentieren die Lernleistung standardisiert.

Beispielprojekte aus INVITE

Wer hat sich im INVITE-Wettbewerb mit digitalen Bildungsnachweisen befasst?

Mit vier INVITE-Projekten haben sich vergleichsweise wenige Projekte explizit mit digitalen Bildungsnachweisen beschäftigt. Zwei Beispiele:

MyEduLife war ein Projekt im Rahmen des INVITE-Wettbewerbs, das sich auf die Entwicklung eines transparenten, vergleichbaren und vernetzten Bildungsnachweissystems konzentriert hat. Es zielte darauf ab, berufliche Weiterbildungsaktivitäten gemäß datenschutzrechtlichen und ethischen Anforderungen zu dokumentieren (z. B. Riedel & Stark, 2023). Dabei sollten Bildungsnachweise im Bereich beruflicher Weiterbildung digital, standardisiert und vergleichbar ausgestellt werden, was die Vergleichbarkeit und Durchlässigkeit zwischen verschiedenen Bildungsbereichen verbessert und die Qualifikation von Fachkräften unterstützt.

KUPPEL: Im Projekt wurde ein Fortbildungsangebot zu Digitalkompetenzen für Lehrende entwickelt. Bei Abschluss des Bildungsangebots erhalten die Lernenden fälschungs- und identitätssichere digitale Bildungsnachweise¹⁵.

Szenario, Potenziale und Fallbeispiele

2035 werden Bildungsnachweise ausschließlich digital verwaltet und – nach Wunsch mehrsprachig – ausgestellt. (S5.1)

Bildungsinstitutionen und -anbieter stellen 2035 Nachweise über Lernleistungen in digitaler Form aus – dies ist dann der Regelfall. Dokumentiert werden hierbei die nachweisbar erworbenen Kompetenzen (Outcome) und nicht lediglich die aufgewendete Lernzeit oder die unterrichteten Lerninhalte. Die hierfür notwendige Wallet zur Speicherung der Lernleistungen wird staatlich bzw. öffentlich-rechtlich betrieben. Jeder Bildungsnachweis enthält als Standard festgelegte Metadaten.

Bildungsnachweise beinhalten die standardisiert beschriebenen Lernleistungen sowie eine Datei, die die Lernleistungen für menschliche Leser_innen und an einem geteilten Kompetenzframework (z. B. ESCO) orientiert aufbereitet. (S5.2)

Dieser digitale Bildungsnachweis beinhaltet eine maschinenlesbare Datei, in der die Lernleistung standardisiert beschrieben wird, genauso wie eine Datei, die die Lernleistungen für menschliche Leser_innen aufbereitet. Zusätzlich wird ein Badge erstellt, den Lernende zur Selbstvermarktung auf eigenen Webseiten oder in Social Media Profilen nutzen können. Die digitalen Bildungsnachweise können mehrsprachig und mit einem geteilten Kompetenzframework (z. B. ESCO) ausgegeben werden, was ihre internationale Anwendbarkeit und Anerkennung fördert. Die Systeme aus den 2020er Jahren

¹⁵ Siehe Projekthomepage: <https://www.dtrain.org/>

wurden hierfür je nach Bedarf ausgeweitet und zwischen den Berufsprofilen und Einzelkompetenzen vereinheitlicht. Darüber hinaus bestehen folgende Möglichkeiten:

- Man kann die Lernleistungen im Rahmen von Self Assessments überprüfen lassen.
- Es steht allen Lernenden offen, ob sie ihre Nachweise in der Cloud oder lokal auf einem eigenen Datenträger speichern wollen.
- Bei technischen und rechtlichen Fragen gibt es einen für alle erreichbaren Expert_innenpool, bei dem man sich Auskunft holen kann.

Digital credentials bzw. Daten aus digitalen Bildungsnachweisen werden in Recommender-systemen für individualisierte Weiterbildungsempfehlungen und die Karriereplanung genutzt. (S5.3)

Hier werden zwei Systeme auf intelligente Art miteinander verknüpft. Die individuellen Kompetenzbilanzen werden zur Quelle für die nächsten Weiterbildungsmöglichkeiten, indem auf der Basis der vorhandenen Kompetenzen mithilfe eines Recommendersystems Empfehlungen formuliert werden.

Digitale Bildungsnachweise helfen Arbeitgebern bei der Rekrutierung neuer Mitarbeitender und Personalern bei der Weiterbildungsplanung. Wobei die letzte Entscheidung immer bei Menschen verbleibt. (S5.4)

Damit dienen Bildungsnachweise nicht nur als einzelne Kompetenznachweise, sondern helfen auch bei der weiteren Planung von Berufs- und Bildungsweg. Berufstätige (und deren Vorgesetzte) erhalten Vorschläge für die nächsten Schritte zur Kompetenzbildung. Auf der Basis dieser Kompetenzbilanzen können auch Arbeitgeber gezielter Mitarbeitende nach ihren Kompetenzen für Aufgaben auswählen.

Im Vergleich zu papierbasierten Prozessen, wie sie vielerorts zu Beginn der 2020er Jahre noch vorzufinden waren, bringt die Ausstellung digitaler Bildungsnachweise aus Sicht der ausstellenden Institutionen einen höheren Grad an Automatisierung und einen geringeren Papierverbrauch mit sich. Verwaltungsmitarbeitende werden entlastet.

Welche Perspektiven und Potenziale bietet das Szenario für die Kernzielgruppen?

Diese Form der digitalen Nachweise haben für einzelnen Zielgruppen im Jahr 2035 folgende Vorteile:

Lernende: 2035 erhalten Lernende ihre digitalen Bildungsnachweise bereits kurz nach Abschluss und ortsunabhängig. Sie bekommen über eine App die Benachrichtigung, dass ein neu ausgestellter Bildungsnachweis für sie vorliegt. Sie können diesen in ihrer App verwalten und die Daten mit anderen Anwendungen und Akteuren teilen. So haben sie z. B. die Möglichkeit, Daten aus digitalen Bildungsnachweisen mit Anwendungen zu teilen, die darauf basierend individualisierte Empfehlungen für Weiterbildungsangebote aussprechen (siehe Szenario 2 „Personalisiertes Lernen“). Lernende werden dadurch in der Planung ihrer Karriere unterstützt und werden auf Angebote aufmerksam, die sie durch eigene Recherche möglicherweise nicht gefunden hätten. Lernende, die ihre Karriereplanung gerne in Beratungen mit Coaches voranbringen, können die Vorschläge dieser Tools zur Gesprächsvorbereitung nutzen (siehe auch Szenario 1 „Kompetenzorientiertes Matching“).

Die Rekrutierung neuer Mitarbeitender erfolgt 2035 öfter als in den 2020er Jahren über berufliche Netzwerke. Wer als Bewerber_in Wert darauf legt, von potenziellen Arbeitgebern gefunden zu werden, nutzt berufliche Netzwerke u. a. zur Selbstvermarktung und hinterlegt aktuelle digitale Bildungsnachweise in Form von Badges im eigenen Profil. Firmen, die über diesen Kanal nach neuen Mitarbeitenden suchen, können so geeignete Kandidat_innen für eine Vakanz noch genauer und teilweise auch automatisiert bestimmen.

Lehrende: Im Jahr 2035 können sich Lehrende zu Beginn einer Trainingsmaßnahme mit digitalen Nachweisen einen Überblick über die Kompetenzen ihrer Kursteilnehmenden verschaffen, um so einzelne Teilnehmerinnen und Teilnehmer gezielt zu betreuen. Kumuliert bieten die digitalen Nachweise für Lehrende einen prüfbaren Nachweis ihrer Tätigkeit.

Arbeitgeber: Für Arbeitgeber als verarbeitende Institutionen hat sich 2035 demnach das Matching von potenziellen neuen Mitarbeitenden und offenen Stellen verbessert. Dieses Matching kann den Recruiting-Prozess unterstützen, z. B. wenn Recruiter_innen im beruflichen Netzwerk passende Kandidat_innen vorgeschlagen werden. Um Diskriminierung und Verstößen gegen KI-Verordnung und Datenschutzgesetze vorzubeugen, verbleiben Entscheidungen bei Menschen, so z. B. die Auswahl der Kandidat_innen. Da es sich bei Bewerbungsprozessen um einen sensiblen Bereich handelt, ist hier der gesetzliche Rahmen, den die KI-Verordnung und Datenschutzgesetze aufspannen, im besonderen Maße zu berücksichtigen.

Auch Mitarbeitende in der Personalentwicklung können auf Daten digitaler Bildungsnachweise zurückgreifen (vorausgesetzt Lernende haben sie mit ihnen geteilt). Sie können mithilfe von Skill Management Anwendungen darauf basierend individualisierte Weiterbildungspläne erstellen und in Beratungsgesprächen zusammen mit Mitarbeitenden die passende Weiterentwicklung planen.

Bildungsinstitutionen: Ist eine Echtheitsüberprüfung Teil des Bewerbungsprozesses bei Bildungsinstitutionen (z. B. eines Gesellenbriefes, wenn Mitarbeitende mit Blick auf die Zielgruppe künftiger Arbeitgeber einen Meisterlehrgang absolvieren möchten), so kann auch diese durch entsprechende Funktionen in Verwaltungssystemen unterstützt werden. Durch eine sichere auf Distributed Ledger Technologien basierende Infrastruktur kann eine aufwändige händische Recherche zur Echtheitsprüfung bzw. das Einholen beglaubigter Papierfassungen entfallen.

Wie könnte das konkret aussehen?

Fallbeispiele

Svenja arbeitet als Industriemechanikerin in einem mittelständischen Produktionsbetrieb. Zu ihren Aufgaben gehört u. a. die Wartung und Reparatur von Anlagen. Um die Wartung einer Fertigungsanlage durchführen zu können, muss sich Svenja mit einer App, die ihre Bildungsnachweise enthält, an der Maschine autorisieren. Da sie die erforderliche Qualifikation als Industriemechanikerin und eine aktuelle Arbeitsschutzunterweisung mitbringt, erhält sie Zugriff auf die Oberfläche zur Maschinenwartung.

Armin ist 2035 als Produktionsleiter einer großen Filmproduktionsfirma tätig. Sein Arbeitgeber setzt ein Skill Management Tool ein, um eine Übersicht zu vorhandenen Kompetenzen in der Belegschaft zu erhalten. Basierend auf seinen bisherigen Bildungsnachweisen und denen seiner Kolleg_innen schlägt das Tool Armin einen Lehrgang zu nachhaltiger Filmproduktion vor. Armin gefällt der Vorschlag und er bespricht die Weiterbildungsmöglichkeiten mit der Personalentwicklung.

Julia ist 2035 auf der Suche nach einer neuen beruflichen Herausforderung. Als Expertin für Online-Marketing hat sie eine Reihe von Weiterbildungen zu SEO, zum Texten mit generativer KI und zu Content-Marketing Kampagnen besucht. Sie möchte sich nun selbstständig machen und platziert die erhaltenen Badges gut sichtbar auf ihrer neuen Website und in ihrem Professional Social Media Profil, um potenzielle Kund_innen von ihren Qualifikationen zu überzeugen.

Vom Wunsch zur Wirklichkeit: Empfehlenswerte Umsetzungsmaßnahmen

Wunsch und Wahrscheinlichkeit des Szenarios aus Sicht der Expert_innen

Auch für dieses Szenario konnten die neun Expert_innen ihre Bewertungen abgeben.

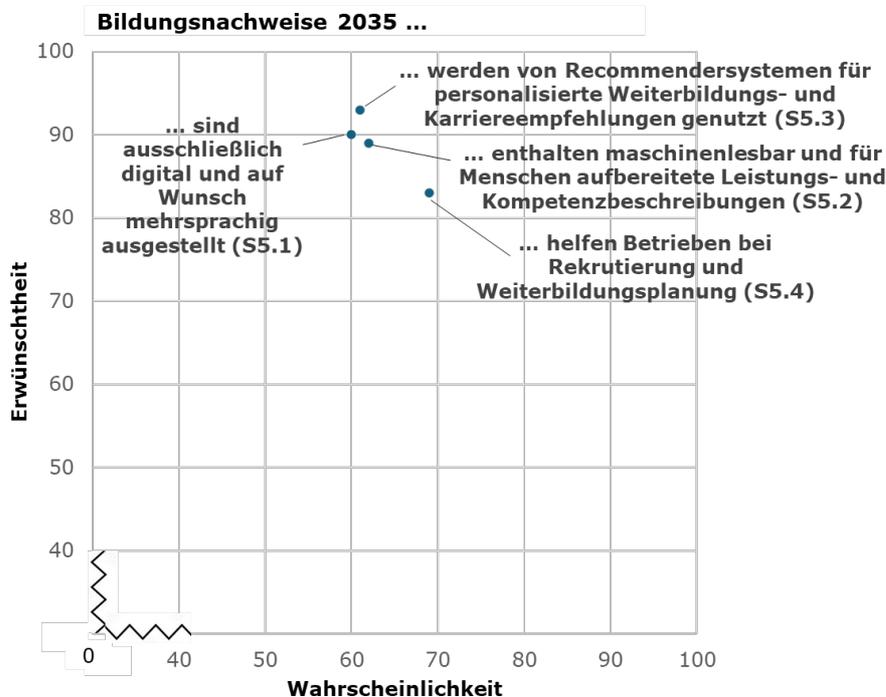


Abbildung 7: Wahrscheinlichkeit und Erwünschtheit von Szenario 5 im Validierungsworkshop

Die generelle Tendenz der Bewertungen (siehe Abbildung 7) zeigt: Digitale Nachweise sind mit Blick auf 2035 auf jeden Fall erwünscht. Allerdings bestehen gewisse Zweifel, ob dieses Ziel wirklich bis dahin erreicht wird. Im Validierungsworkshop waren die Expert_innen verblüfft, dass ihr eigenes Urteil für die Wahrscheinlichkeit über 50 Prozent lag.

In der nachfolgenden Diskussion spiegelten sich diese Ergebnisse wider: Die Expert_innen betonten den Nutzen digitaler Zeugnisse, insbesondere für den Austausch auf internationalen Plattformen, aber auch für die Rentenversicherung. Gleichzeitig wurde deutlich, wo die Hindernisse auf diesem Weg liegen: Hier werden KI-Systeme eingesetzt, um karriererelevante Entscheidungen zu treffen. Damit fallen sie nach der KI-Verordnung auch unter die Kategorie „Hochrisiko“. Weitere Hindernisse umfassen u. a. die mangelnde technische Bereitschaft der Schulen (Beispiel Abiturzeugnisse), die Komplexität der Kompetenzdokumentation und die Unsicherheit über die Akzeptanz und Sicherheit digitaler Wallets.

„Deutschland liebt sein Papierzeugnis“ – wobei auch klar differenziert wurde zwischen einer Urkunde, die generell den Abschluss ausweist (z. B. den Meisterbrief) und einer detaillierten Auflistung von „Learning Outcomes“ in einer separaten digitalen und standardisierten Form.

Für die organisatorische Umsetzung wurde eine staatlich-öffentliche Lösung bevorzugt, um die Datenhoheit zu gewährleisten.

Zudem wurde die Notwendigkeit einer einheitlichen Formulierung von Kompetenzen und die Anreicherung von Zeugnissen mit Metadaten hervorgehoben. Die Diskussion zeigte auch Skepsis gegenüber der Ablage von Nachweisen auf persönlichen Endgeräten und die Bedeutung einer zentralen bzw. dezentralen Speicherung.

Geklärt werden müssten vor allem folgende Fragen (siehe auch INVITE-Meta-Dossier zu Forschungsdesideraten in der beruflichen Weiterbildung, Reichow et al., 2025):

- Wie lassen sich Kompetenzen bzw. Learning Outcomes einheitlich und mit Metadaten versehen für digitale Bildungsnachweise formulieren?
- Welches System sollte zur Darstellung allgemeiner und beruflicher Kompetenzen genutzt werden?
- Wie lässt sich eine staatliche bzw. öffentlich-rechtliche Plattform für digitale Bildungsnachweise etablieren?
- Wo sollen diese Nachweise gespeichert werden – auf einer zentralen Plattform oder auf dem privaten Rechner?

Empfehlenswerte Maßnahmen zur Verwirklichung des Szenarios im Jahr 2035

Auch für das Thema „Digitale Nachweise“ wurden in den Validierungsworkshops Vorschläge geäußert, wie man die oben geschilderten gewünschten Szenarien erreichen kann.

1. Zum Teil werden digitale Nachweise schon durch bestehende Gesetze geregelt, beispielsweise durch das Berufsbildungsvalidierungs- und -digitalisierungsgesetz (BVaDiG). Hier bedarf es praktikabler Handreichungen, wie diese Gesetze im Alltag von Bildungsanbietern und Unternehmen umgesetzt werden können.
2. Alle Akteur_innen in der beruflichen Bildung sollten hier „ins Machen kommen“ und sich auf diese Weise mit dem Regulierungsrahmen auseinandersetzen.
3. Hierfür sollten auch Akteur_innen benannt werden, die diesen Prozess mit ihrem juristischen Sachverstand unterstützen können. Benötigt wird also ein „Expert_innen-Pool“.
4. Die bestehenden Plattformen und Serviceangebote zu Digitalen Nachweisen wie „Mein Bildungsraum“ oder „X-Bildung“ sollten von vielen Akteur_innen jetzt genutzt werden, um hiermit praktische Erfahrungen zu machen. Man sollte nicht auf andere Angebote in der Zukunft warten.
5. Angebote zur digitalen Ablage von Lernleistungen sollten nicht in privatwirtschaftlicher, sondern in staatlicher oder öffentlich-rechtlicher Trägerschaft organisiert werden.
6. Benötigt wird eine standardisierte Kodierung von Kompetenzen, die sich einzelnen Bildungsangeboten zuordnen lassen. Evtl. ist hier eine verbindliche Festlegung durch Bund oder Länder notwendig.
7. Gleichzeitig sollte auch 2035 eine Parallelität von Papierversionen und digital-codierten Nachweisen möglich sein, damit man beispielsweise Urkunden auch öffentlich aushängen kann.

4 Der digitale Weiterbildungsraum 2035: Szenarien und ihr Zusammenspiel

In fünf Szenarien für unterschiedliche Phasen von beruflichen Weiterbildungsprozessen haben wir umrissen, wie das berufliche Lernen und Lehren im Jahr 2035 aussehen könnte. Dabei hat sich gezeigt, dass generative KI integraler Bestandteil der Szenarien ist:

1. KI-gestützte Weiterbildungsplattformen und -angebote mit Recommendersystemen erfassen durch Gespräche mit multilingualen Chatbots Kompetenzen, Interessen und Lernziele von Weiterbildungssuchenden, empfehlen passende Kurse und fördern das kollaborative Lernen durch gezielte Vernetzung von Lernenden.
2. Selbstgesteuertes, personalisiertes Lernen wird durch Learning Analytics gefördert, indem individuelle Bildungsbedarfe und -ziele aus dem beobachteten Lernverhalten diagnostiziert und die folgenden Lerninhalte entsprechend zusammengestellt und – auch mittels generativer KI – vorgeschlagen werden.
3. Nach persönlichen Präferenzen leicht konfigurierbare KI-Assistenten begleiten und unterstützen Lernende in allen Phasen der Weiterbildung, indem sie den Dialog an die Bedarfe, Stärken und Schwächen der Lernenden anpassen und dabei auch alle bisherigen Weiterbildungsteilnahmen und -nachweise berücksichtigen.
4. Interoperabilität und Vernetzung von Lernplattformen werden durch ein geteiltes Set offener Standards, APIs, KI-Technologien, KI-gestützt erstellte Metadaten, Blockchain-basierte Bildungsnachweise und dezentrale Lernnetzwerke realisiert. So werden – unter Einhaltung von Datenschutz und globalen Bildungsnormen – der Informationsaustausch erleichtert und eine universelle Anerkennung von Bildungsleistungen gewährleistet.
5. Digitale, mehrsprachige Bildungsnachweise dokumentieren die nachweisbar erworbenen Kompetenzen in maschinenlesbaren und für Menschen – auch KI-gestützt – aufbereiteten Formaten.

Berufliches Lernen wird künftig also deutlich individualisierter und situativ-handlungsorientierter, was durch den Aufbau und die Bereitstellung bestimmter kritischer „Infrastrukturen“ wie z. B. Blockchain-Lösungen, Metadatenstandards und übergreifender ID-Systeme beschleunigt und befördert wird.

Die einzelnen Szenarien – so sehen es die Teilnehmenden der Szenarien-Workshops und weitere Expertinnen und Experten, die diese Szenarien beurteilt haben, – widersprechen sich dabei nicht, sondern greifen ineinander: Ohne kompetenzorientiertes Matching kann keine Personalisierung realisiert werden, ohne Analyse und Diagnostik durch Learning Analytics können Chatbots nicht personalisiert und gezielt begleiten und um die passendsten Weiterbildungsangebote zu finden und übergreifende Lernpfade zu empfehlen, sind Interoperabilität und Vernetzung die Voraussetzung.

Allerdings: Gerade der berufliche Bildungsmarkt ist fast überall in der Welt ein überwiegend privater, d. h. kommerzieller Bildungsmarkt, der sich in diesem Punkt hierzulande auch massiv unterscheidet von staatlich regulierten und finanzierten Bildungssegmenten wie beispielsweise dem Sektor der allgemeinbildenden Schulen. Was an Interoperabilität, Vernetzung und Austausch im staatlichen Segment möglich und wünschenswert ist, wird nicht ohne Weiteres auf den beruflichen Bereich übertragbar sein.

Das betrifft zum einen die Unternehmen: Es ist nicht zwingend in deren Interesse, die eigenen Kompetenzen und die eigenen Kompetenzträger den Wettbewerbern zur Verfügung zu stellen. Wer im Besitz besonders wertvoller beruflicher Kompetenzen ist, hat kaum Interesse daran, dieses eigene Wissenskapital auch anderen zur Verfügung zu stellen – jedenfalls nicht kostenlos. Zum anderen gilt dies gerade auch für diejenigen, deren Geschäft die Wissensvermittlung ist, also Trainer, Ausbilder oder Lehrkräfte. Sie müssen etwas anbieten, was andere nicht können.

In dieser Besonderheit liegen dann auch Grenzen für aktuelle KI-Bildungslösungen (ähnlich wie im Medienbereich generell): Diejenigen, die wichtige Trainingsdaten bereitstellen könnten bzw. müssten, haben kein Interesse daran, dass große Tech-Anbieter diese Quellen für das Training ihrer generativen

KI und großen Sprachmodelle kostenlos nutzen. Das heißt, technische Möglichkeiten und Potenziale stoßen im beruflichen Bildungsmarkt an harte wirtschaftliche Grenzen und essenzielle Eigeninteressen der Bildungsmarktteilnehmer. Es ist davon auszugehen, dass sowohl die Anbieter (z. B. berufliche Bildungseinrichtungen), als auch wertvolle Wissensträger in Unternehmen und Institutionen verstärkt nach Wegen suchen werden, ihre Exklusivität sicherzustellen.

Solange also der berufliche Bildungsmarkt nicht ebenfalls „verstaatlicht“ wird, werden Visionen einer vernetzten, interoperablen und für alle frei zugänglichen beruflichen Bildungswelt – trotz ihrer technischen Machbarkeit – wenig wahrscheinlich. Denn was für die einen ein Gewinn sein kann (situativ, personalisiert und multimodal auf relevantes Wissen zugreifen zu können), bedeutet für andere möglicherweise eine Entwertung ihres bis dato exklusiven Wissens. Kurzum: Dafür braucht es sowohl geeignete technische Lösungen (z. B. kryptografische Identifizierbarkeit von Bildungsinhalten und Aktivitäten via Blockchain oder Datenstandards/Metadaten) als auch gute „Geschäftsmodelle“ (z. B. Lizenzen, Abomodelle etc.). Gleichwohl lautet die von den beteiligten Expert_innen geteilte Empfehlung, dass die bestehenden Plattformen und Serviceangebote zu digitalen Nachweisen wie „Mein Bildungsraum“ oder „X-Bildung“ von vielen Akteur_innen jetzt genutzt werden sollten, um hiermit praktische Erfahrungen zu sammeln und Alleinstellungsmerkmale zu identifizieren. An dieser Stelle besteht auch die Chance für deutsche und europäische Bildungsangebote, eine technische Souveränität, die Kontrolle über Daten und Algorithmen und damit auch Unabhängigkeit von großen Konzernen zu erreichen.

Hiermit einher geht eine weitere Empfehlung aus dem Prozess der Szenarienerstellung und -diskussion: Die Förderung von KI-Kompetenzen, die Aufklärung über Möglichkeiten und Grenzen von KI und das konsequente Mitdenken der KI-Verordnung sind von großer Bedeutung. Die Befähigung der Lernenden und Lehrenden mit den KI-Tools und KI-Empfehlungen angemessen kritisch und selbstbestimmt umzugehen, hilft nicht nur De-Skilling und einem wachsenden Digital Divide entgegenzuwirken, sondern dient der Schaffung positiver Einstellungen gegenüber personalisierten KI-gestützten Lernumgebungen. Hierauf zählt auch ein, KI-Entscheidungen und -Funktionen erklärbar und transparent zu machen. Was wiederum rein rechtlich durch die KI-Verordnung geboten ist: Die immer umfassendere Erfassung und Analyse von Nutzerdaten und Lernprozessen und darauf beruhende Empfehlungen muss AI Act-konform sein. Und schließlich muss auf die Allgegenwärtigkeit und großen Qualitätssprünge von generativer KI dringend interdisziplinäre und – angesichts der rasanten technischen Entwicklungen – agile Forschung folgen, welche beispielsweise unter Einbezug von Lehrenden und Lernenden die Lernförderlichkeit von virtuellen Lernbegleitern untersucht.

Literaturverzeichnis

- Abu-Rasheed, H., Weber, C., Dornhöfer, M., & Fathi, M. (2023). Pedagogically-Informed Implementation of Reinforcement Learning on Knowledge Graphs for Context-Aware Learning Recommendations. Viberg, O., Jivet, I., Muñoz-Merino, P.J., Perifanou, M., & Papatoma, T. (Hrsg.). *Responsive and Sustainable Educational Futures. EC-TEL 2023. Lecture Notes in Computer Science, (14200)*, 518–523. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42682-7_35
- Bundesinstitut für Berufsbildung [BIBB]. (2024). Innovationswettbewerb INVITE. Digitale Plattform berufliche Weiterbildung (2021-2024). 1. Auflage, Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn. https://www.bibb.de/dokumente/pdf/20240304_bibb-INVITE-Broschuere_DRUCK_3mm-Beschnitt.pdf
- Bundesministerium für Bildung und Forschung [BMBF]. (2020). Bekanntmachung: Richtlinie zur Förderung von Projekten zu „INVITE – Innovationswettbewerb Digitale Plattform berufliche Weiterbildung“ (2020 bis 2025). https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2020/04/2918_bekanntmachun_g.html
- Burke, R., Felfernig, A., Göker, M. H. (2011). Recommender Systems: An Overview. *AIMag* 32(3), 13-18. DOI: 10.1609/aimag.v32i3.2361.
- Camilleri, Anthony F.; Muramatsu, Brandon; Schmidt, Philipp (2022): Credentials to Employment: The Last Mile. Online verfügbar unter <https://digitalcredentials.mit.edu/docs/Credentials-to-Employment-The-Last-Mile.pdf>, zuletzt geprüft am 04.02.2025.
- Drachler, H., Verbert, K., Santos, O. C., Manouselis, N. (2015). Panorama of Recommender Systems to Support Learning. In: Francesco Ricci, Lior Rokach und Bracha Shapira (Hg.): *Recommender Systems Handbook* (S. 421–451). Boston, MA: Springer US.
- Fischer, A., Lorenz, S., & Pabst, C. (2024). Empfehlungen zur beruflichen Weiterbildung. Entwicklung eines KI-basierten Entscheidungsmanagements. *BWP* 53(1), 32-34. <https://www.bwp-zeitschrift.de/dienst/publikationen/de/19425>
- Goertz, L., Rashid, S. F., Vogel-Adham, E., Vogt, A., & Wilhelm-Weidner, A. (2023). Metadatenstandards im Innovationswettbewerb INVITE. Essen. doi:10.25656/01:27697
- Holmes, W., Anastopoulou, S., Schaumburg, H. & Mavrikis, M. (2018). Personalisiertes Lernen mit digitalen Medien: Ein roter Faden. Stuttgart: Robert Bosch Stiftung. https://www.bosch-stiftung.de/sites/default/files/publications/pdf/2018-06/Studie_Personalisiertes_Lernen.pdf, zuletzt geprüft am 04.02.2025
- Khosrawi-Rad, B., Schlimbach, R., Strohmann, T. & Robra-Bissantz, S. (2022). Design Knowledge for Virtual Learning Companions. *Proceedings of the 2022 AIS SIGED International Conference on Information Systems Education and Research*. <https://aisel.aisnet.org/siged2022/6>
- Nationales Europass Center (NEC) in der Nationalen Agentur Bildung für Europa (Hrsg.). (2025). Digitale Bildungsnachweise ausstellen. <https://www.europass-info.de/bildungseinrichtungen/digitale-bildungsnachweise-ausstellen>
- Molenaar, I. (2022). Towards hybrid human-AI learning technologies. *European Journal of Education*, 57, 632–645. <https://doi.org/10.1111/ejed.12527>
- Orth, R., Kretschmer, M., Singer-Coudoux, K. & Schmid, R. (2024). Vom prozessorientierten Qualitätsmanagementsystem zum adaptiven Lernpfad: KI-unterstützte Kompetenzentwicklung am Beispiel eines produzierenden Unternehmens. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 119(4), 199-204. <https://doi.org/10.1515/zwf-2024-1047>

- Rashid, S.F., Hürten, P., Reichow, I., & Goertz, L. (2024). Learning Resources Metadata: Opportunities and Challenges in the German “Innovationswettbewerb INVITE” Program. *International Conference on Dublin Core and Metadata Applications, 2024*. <https://doi.org/10.23106/dcmi.952436347>
- Reichart, E., Kaufmann-Kuchta, K., Kullmann, S. *et al.* Can digital data provide an additional data basis for educational reporting? The potential of search portals for continuing education programmes. *ZfW* 47, 425–449 (2024). <https://doi.org/10.1007/s40955-024-00285-x>
- Reichow, I., Rashid, S.F., & Blanc, B. (im Druck). AI for Vocational Education and Training – Overview of developments, foci and gaps within 34 German funding projects. *Proceedings of the European Conference for Artificial Intelligence*, 19.-24. Oktober 2024, Santiago de Compostela.
- Reichow, I., Buntins, K., Goertz, L., Blanc, B., Rashid, S.F., & Hochbauer M. (2025). Forschungsdesiderate und Projektstrukturen im Bereich digitaler, beruflicher Weiterbildung – Erkenntnisse einer Interviewstudie mit 31 Projekten des Innovationswettbewerbs INVITE. Berlin. <https://doi.org/10.25656/01:32686>
- Reichow, I., Rashid, S. F., & Goertz, L. (2024). Metadaten für Lernprozesse – Ergebnisse einer internationalen Interviewstudie. Ein Dossier im Rahmen des Innovationswettbewerbs „INVITE“. Berlin. <https://doi.org/10.25656/01:29205>
- Reichow, I., Buntins, K., Paaßen, B., Abu-Rasheed, H., Weber, C., Dornhöfer, M. (2022). Recommendersysteme in der beruflichen Weiterbildung. Grundlagen, Herausforderungen und Handlungsempfehlungen. Berlin. <https://doi.org/10.25656/01:24517>
- Reichow, I., Hochbauer, M., Goertz, L. (2021). Standards und Empfehlungen zur Umsetzung digitaler Weiterbildungsplattformen in der beruflichen Bildung. Ein Dossier im Rahmen des INVITE-Wettbewerbs. Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. <https://doi.org/10.25656/01:32194>
- Riedel, J., & Stark, L. (2023). Standardisierte Dokumentation von Lernergebnissen mit ESCO: Anforderungen und Erfahrungen im BMBF-Verbundprojekt „MyEduLife“. *Open Research in Progress – Reports of the Center for Open Digital Innovation and Participation*, 1(2). <https://doi.org/10.58926/orp.2023.2.9>
- Rörtgen, S. (2024). Handreichung: Kooperation von Portalen: Sondierung von Metadaten zur Herstellung von Interoperabilität. Hamburg: Stiftung Innovation in der Hochschullehre. <https://epub.sub.uni-hamburg.de/epub/volltexte/2024/178205/>
- Rotter, E., Maier, A., Funken, F., Ziegler, B., & Göbel, S. (2022). Potenziale von Serious Games als virtuelle Lernumgebung in der betrieblichen Weiterbildung. Konzeptuelle Überlegungen und empirische Erkenntnisse. *bwp@*, 43. https://www.bwpat.de/ausgabe43/rotter_etal_bwpat43.pdf
- Schlimbach, R., Khosrawi-Rad, B. & Robra-Bissantz, S. (2022). Quo Vadis: Auf dem Weg zu Ethik-Guidelines für den Einsatz KI-basierter Lern-Companions in der Lehre?, *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 59(2), 619–632. <https://dl.gi.de/items/33b0b6b5-c401-4888-89b1-16b0175f05de>
- Schlimbach, R., Khosrawi-Rad, B., Lange, T., Strohmann, T., & Robra-Bissantz, S (2024). Design Knowledge for Virtual Learning Companions from a Value-centered Perspective. In: *Communications of the Association for Information Systems*, 54. <https://aisel.aisnet.org/cais/vol54/iss1/8>
- Schröer, L., Evans-Borchers, M., & Völz, S. (2024). KI-gestütztes Lernen und Leadership in der Altenpflege. Erfahrungen und Befunde des Projektes ADAPT. *Berufsbildung – Zeitschrift für Theorie-Praxis-Dialog*, 78(3), 46-48. <https://elibrary.utb.de/doi/epdf/10.3278/BB2403W013>
- Stebler, R., Pauli, C. & Reusser, K. (2018). Personalisiertes Lernen. Zur Analyse eines Bildungsschlagwortes und erste Ergebnisse aus der perLen-Studie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 64(2), 159–178. <https://doi.org/10.25656/01:21816>

- Tibbe, T. & Kamin, A.-M. (2023). Medienunterstütztes Lernen in der inklusiven beruflichen Bildung für Auszubildende mit Beeinträchtigungen. *MedienPädagogik: Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung* 20 (Jahrbuch Medienpädagogik), 439–460. <https://doi.org/10.21240/mpaed/jb20/2023.09.17.X>
- Weber, F., Wambsganss, T., Rüttimann, D. & Söllner, M. (2021). Pedagogical Agents for Interactive Learning: A Taxonomy of Conversational Agents in Education. *ICIS 2021 Proceedings*. https://aisel.aisnet.org/icis2021/diglearn_curricula/diglearn_curricula/13
- Wilhelm-Weidner, A., Vogel-Adham, E., Reichow, I., Rashid, S. F., Hübsch, T., Hochbauer, M. (2025). Einsatz von ESCO in der digitalen beruflichen Bildung – Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Innovationswettbewerb INVITE, Berlin. <https://doi.org/10.25656/01:32537>
- Wollny, S., Schneider, J., Di Mitri, D., Weidlich, J., Rittberger, M., & Drachsler, H. (2021). Are We There Yet? - A Systematic Literature Review on Chatbots in Education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 4:654924. <https://doi.org/10.3389/frai.2021.654924>
- Yang, L., Ni, S.-T., Wang, Y., Yu, A., Lee, J.-A., & Hui, P. (2024). Interoperability of the Metaverse: A Digital Ecosystem Perspective Review. <https://arxiv.org/abs/2403.05205>. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.05205>