Innovationswettbewerb

INVITE (Digitale Plattform berufliche Weiterbildung)

Abschlussbericht

Projekttitel: SEARCH – Intelligenter digitaler Bildungsraum zur problem- und nutzerorientierten Suche von digitalen Lerninhalten

AKRONYM: SEARCH

Förderkennzeichen: 21INVI28

Zuwendungsempfänger/ ausführende Stelle: Nachwuchsstiftung Maschinenbau gGmbH

Laufzeit des Projektes: 01.09.21 - 31.08.2024 / Verlängerung bis 30.11.2024 für die NWS

Berichtszeitraum: 01.09.21 - 30.11.2024

Gefördert vom

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Bundesinstitut für
Berufsbildung

I. Öffentlicher Teil

1. Allgemeine Angaben

Nachwuchsstiftung Maschinenbau gGmbH (NWS)
Dr. Eugen Dyck (Projektleitung)
Gildemeisterstraße 60
33689 Bielefeld
eugen.dyck@nws-mb.de

Universität Hildesheim
Software Systems Engineering (SSE)
Dr. Sascha El-Sharkawy (Teilprojektleitung)
Universitätsplatz 1
31141 Hildesheim
elscha@sse.uni-hildesheim.de

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen (IFW)
Dr.-Ing. Michael Rehe (Teilprojektleitung)
An der Universität 2
30823 Garbsen
rehe@ifw.uni-hannover.de

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Institut für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung (*IfBE*)

Prof. Dr. Steffi Robak (Teilprojektleitung)
Im Moore 11b
30167 Hannover
steffi.robak@ifbe.uni-hannover.de

Katharina Band (Projektmitarbeiterin)
Katharina.Band@hdi.de

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität Hannover
Forschungszentrum L3S (L3S)
Dr. Claudia Niederée (Teilprojektleitung)
Appelstr. 9a
30167 Hannover
niederee@l3s.de

2. Ergebnisse

2.1 Darstellung der zentralen Ergebnisse und Erkenntnisse (im Abgleich mit den Projektzielen)

Das **Arbeitspaket 1** diente unter der Leitung des Instituts für Berufspädagogik und Erwachsenenbildung (*IfBE*) der Erhebung von Anforderungen (UAP 1.1) unter Mitarbeit aller Projektbeteiligten aus technischer, pädagogischer und fachlich-inhaltlicher Perspektive sowie der darauf aufbauenden Konzeptionierung des KI-gestützten Assistenzsystems für die Lernplattform Mobile Learning in Smart Factories (*MLS*) und der Ausweitung der Plattform von der beruflichen Erstausbildung auf die berufliche Weiterbildung (bWB). Im Fokus der pädagogischen Perspektive stand dabei die Erhebung und Analyse thematischer und zielgruppenspezifischer Anforderungen zur Modellierung bzw. Weiterentwicklung von Lerneinheiten. Diese Ergebnisse dienten als Grundlage für das gesamte Projektvorhaben, wie die gemeinsame und plattformbezogene Gesamtkonzeption (UAP 1.2) und insbesondere für die Entwicklung eines fachlich-didaktischen Konzepts für bedarfsgerechte Lerneinheiten (UAP 5.1).

Anforderungserhebung: Vorarbeiten und Desk Research

Um die thematischen und zielgruppenspezifischen Anforderungen aus pädagogischer und fachlicher Perspektive definieren zu können, wurden im ersten Schritt in UAP 1.1 die im Projektantrag referenzierten Vorarbeiten der Drittmittelprojekte des Mittelstand-Digital Zentrum Hannover[1], OpenDigiMedia[2] (Sander-Böving 2022) und FachWerk (Heidemann 2022) reevaluiert. In diesen wurden digitalisierungsspezifische Bildungsbedarfe erfasst sowie in digitale Lerninhalte für Mitarbeitende und Führungskräfte in kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) überführt. Ein gemeinsames Ergebnis dieser Projekte war, dass für die Organisation der Weiterbildung in KMU, die Gestaltung einer Lernplattform und deren Lerninhalte, eine zentrale Ansprechperson benötigt wird, die den digitalen Wandel vorantreibt und als Multiplikator:in für digitalisierungsspezifische Themen agiert.

Daran anknüpfend wurden Literaturrecherchen zu Technologien und Trends im produzierenden Gewerbe durchgeführt. Insbesondere die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales in Auftrag gegebene Machbarkeitsstudie Kompetenz-Kompass[3] (IAB 2020) sowie eine gemeinsame Studie des Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) und McKinsey & Company (2014) dienten als Grundlage für darauf aufbauende Expertengespräche mit Vertreter:innen der *Nachwuchsstiftung Maschinenbau (NWS)* und des Mittelstand-Digital Zentrum Hannover. In den Gesprächen wurden die identifizierten Trends und Technologien, wie Vernetzung, Datenverarbeitung, Produkt- und Prozessmanagement und deren (zukünftige) Relevanz für das produzierende Gewerbe diskutiert. Die Expertengespräche ergaben jedoch, dass diese spezifischen Themen eine eher untergeordnete Rolle in KMU spielen, da sie vertiefendes Technologiewissen voraussetzen. Handlungsrelevanter für KMU hingegen sei tätigkeitsspezifisches und problemorientiertes Grundlagenwissen, z. B. zur Auffrischung von Aus-

[1] Geschäftsführung am Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen der Universität Hannover, digital-zentrum-hannover.de/

[2] ilias.uni-hannover.de/ilias.php?baseClass=ilrepositorygui&ref_id=45802

[3] hier wurden aktuelle fachliche Kompetenzanforderungen aus veröffentlichten Stellenangeboten der Jobbörse der Bundesagentur für Arbeit u. a. für den Maschinenbau identifiziert

bildungsinhalten, zu Arbeitsprozessen und -abläufen, Normen, Standards und Vorschriften. Vor allem das Thema Arbeitssicherheit wurde als ein für eine breite Zielgruppe relevanter Ansatzpunkt für die Erstellung von weiteren digitalen Lerninhalten diskutiert.

Um thematische und zielgruppenspezifische Anforderungen zur Modellierung und Weiterentwicklung von Lerneinheiten für die berufliche Weiterbildung zu erheben, wurden weiterhin halbstandardisierte qualitative Interviewleitfäden für Fach- und Führungskräfte aus assoziierten Unternehmen der *NWS* entwickelt. Die Leitfäden wurden auf Grundlage der vorab geführten Expertengespräche konzipiert. Potenzielle Interviewpartner:innen aus den Unternehmen wurden per E-Mail mit einem One-Pager kontaktiert, der die Ziele des Projektvorhabens SEARCH und der Interviews beschreibt. In zwei Interviewphasen konnten 2023 insgesamt 13 Interviews mit Fach- und Führungskräften geführt werden, die vor allem als Ausbilder in ihrem Unternehmen tätig sind sowie MLS bereits nutzen und dadurch mit der Plattform vertraut sind. Die Ergebnisse der Erhebung wurden in einem Anforderungskatalog festgehalten, der die thematisch-inhaltlichen Themenschwerpunkte entlang verschiedener Wissensdimensionen und -ebenen klassifiziert, die zur Modellierung und Weiterentwicklung von Lerneinheiten für die bWB genutzt werden können und in den Unternehmen jeweils spezifisch ausgeprägt sind. Während *branchen-*, *tätigkeits-* sowie *technik-* und *technologiespezifisches* Wissen für alle Unternehmen im produzierenden Gewerbe eine Rolle spielt, lässt sich unternehmensspezifisches Wissen nicht verallgemeinern, da es jeweils spezifische Ausprägungen in den Unternehmen gibt, die im Folgenden detaillierter beschrieben werden.

Thematische Anforderungen: Wissensdimensionen

Das erhobene **branchenspezifische Wissen** deckt sich mit den Ergebnissen der Expertengespräche mit Vertreter:innen der *NWS* und des Mittelstand-Digital Zentrum Hannover zur Diskussion von Technologien und Trends: Da Fertigungs- und Produktionsprozesse oft in einzelne Arbeitsschritte untergliedert sind, die von verschiedenen Personen ausgeführt werden, ist die Vermittlung von umfassendem Prozesswissen aus Sicht der Befragten sinnvoll, um Probleme und (digitalisierungsspezifische) Optimierungsmöglichkeiten in den Unternehmen zu erkennen. Des Weiteren sollte Wissen rund um die genutzten Maschinen und Werkzeuge, wie beispielsweise deren Aufbau und Funktionalitäten vermittelt und stetig aktualisiert werden – somit auch zu Maschinen- und Software-Updates. Ergänzend wurden hier insbesondere Normen, Standards, Zertifizierungen und Regelwerke in Bezug auf Arbeits- und IT-Sicherheit, Qualitätsmanagement und Datenschutz genannt.

Tätigkeitsübergreifend gaben die Befragten vor allem an, dass sie sich grundlegende PC-Kenntnisse wünschen, um ihre Medienkompetenz(en) zu schulen. Zudem wurden auch die Aspekte Reparatur, Instandhaltung und Wartung sowie Vorbereitung auf Prüfungen, wie Ausbilder:in, Techniker:in und Meister:in genannt. Die größte Zielgruppe der Industriemechaniker und -mechatroniker nannte SPS-Programmierung und allgemeines Grundlagen- und Vertiefungswissen zum Thema Elektronik als wünschenswerte Ergänzung auf der Plattform MLS. Personen aus elektrotechnischen Berufen gaben insgesamt eine Reihe von Inhalten an: IT-Sicherheit, Server-Switching und -Routing, VLan, Netzwerkmanagement, Software-Technik, Rechner-Architektur, Programmieren, Algorithmen, Python, ChatGPT sowie Digitaltechnik, Netzwerktechnik, Industrie 4.0 und KI, inklusive Sicherheitsaspekte und -vorschriften.

Anknüpfend an die Expertengespräche äußerten die Befragten in Bezug auf **technik- und technologiebezogenes Wissen**, dass es Weiterentwicklungen und Neuerungen von Technologien im produzierenden Gewerbe gebe, ebendiese aber nur selten Einsatz in den Unternehmen finden und stattdessen dieselben Maschinen meist über Jahre und Jahrzehnte eingesetzt werden. Am häufigsten wurde hier die Nutzung von CAD/CAM-Software und die Programmierung von CNC-Maschinen genannt. Ebenso wurde die Zerspanung als Technologie ergänzt, worunter das Drehen, Bohren und Fräsen von Teilen fallen sowie das Gießen, der Bau von Prototypen und der 3D-Druck. In Bezug auf Digitalisierung wurden vor allem Robotik und Robotertechnik als relevant für die Plattform MLS beschrieben, sodass die Technik von der Installation bis zur Programmierung und Wartung umfassend genutzt werden kann.

Da die einzelnen Wissensdimensionen jeweils **unternehmensspezifisch** sind, müssen die jeweiligen Bedarfe auch unternehmensspezifisch ermittelt werden. Folgende Punkte können dabei als Leitpunkte dienen:

- Arbeitsprozesse und -abläufe, z. B. wo und wie auf unternehmensspezifische Informationen zugegriffen werden kann, wie Zeichnungen oder EDV-Nummer
- Einsatz, Bedienung und Wartung von Maschinen, Werkzeugen, Software und Programmen
- Spezifische Nutzung von digitalen Endgeräten
- Ausfüllen digitaler Formulare
- Schreiben von Fehlerberichten

Methodische Anforderungen: Gestaltung und Funktionen von MLS

Neben inhaltlich-thematischen Anforderungen an die Plattform MLS wurden auch methodische Anforderungen an die *Gestaltung und den Aufbau der Plattform* und den *KI-Assistenten* erhoben. Die Befragten wünschen sich insbesondere einen einfachen, funktionalen und modularen Aufbau der Lernplattform, inklusive des Autorentools zur Erstellung von Lerninhalten. Als Beispiele für eine einfache und klare Bedienerstruktur wurden übersichtliche Lerninhalte genannt. Hier sollte jederzeit das Lernziel für die Lernenden einsehbar sein und der aktuelle Lernfortschritt angezeigt werden, um die Lernmotivation zu steigern.

In Bezug auf den *KI-Assistenten* gaben die Befragten an, dass sie sich vor allem vorstellen können, diesen für branchen- und tätigkeitsspezifische Neuerungen und Vorschläge zu nutzen. Thematisch könnten diese an die erhobenen Wissensdimensionen anknüpfen und vor allem Updates und Erweiterungen zu genutzten Maschinen, Programmen und Software sowie Veränderungen in Regelwerken, Standards und Normen bereitstellen. Darüber hinaus sollte der KI-Assistent laut der Befragten in der Lage sein, in neue Themengebiete einzuführen, zu denen noch kein relevantes Vorwissen besteht. Hier könnte Wissen zusammengestellt werden, das für die Lernenden und ihre Tätigkeiten (zukünftig) von Relevanz werden wird. Des Weiteren sollte die Möglichkeit bestehen, dem KI-Assistenten inhaltliche Fragen zu stellen, z. B. zu Lerninhalten oder zur Erstellung von Lerninhalten mit dem Autorentool. Alternativ könnten sich die Befragten auch vorstellen, einen Chat-Bot zu nutzen oder dass die *NWS* den Lernprozess tutoriell begleitet.

Didaktisch-technisches Konzept zur Umsetzung individualisierter Lernpfade

Um die Ausgestaltung individualisierter Lernpfade und die bedarfsgerechte Aufbereitung von Lerninhalten zu konzeptionieren, müssen deren einzelne Bestandteile definiert werden. Darunter fällt die Definition von Lehr- und Lernzielen, die Kompetenz- und Benutzerprofile, die Form und Funktionen der Lerninhalte.

Lehr- und Lernziele dienen als zu antizipierende inhaltliche und didaktische Ziele in der Vermittlung von Lerninhalten und beschreiben, welches Verständnis und welche Eigenschaften durch die Lerninhalte erreicht werden sollen. Dabei rückt vor allem die Kompetenzentwicklung immer weiter in den Fokus, die es ermöglicht, bei der Planung von Lerninhalten auf mehrere Kompetenzebenen einzugehen (Taxonomie nach Bloom sowie Anderson & Krathwohl et al. 2001). Die Fachkompetenzen (Wissen und Fertigkeiten) erhalten meist Vorrang in der Lernzielformulierung, während persönliche und soziale Kompetenzen in den Hintergrund rücken, da sie individuell und nur sehr schwer messbar sind. Aus diesem Grund wurden nach umfangreicher und interdisziplinärer Diskussion innerhalb des Konsortiums der Kompetenz-Begriff und diesbezügliche Modelle verworfen. Stattdessen haben sich die Projektpartner:innen darauf geeinigt, den Begriff *Skill* zu nutzen, um zu beschreiben, was die Lernenden in Bezug auf ihre Fertigkeiten und Kenntnisse erlernt haben. Der Skill-Begriff fokussiert sich im Gegensatz zum Kompetenz-Begriff eher auf inhaltliche und fachliche Kenntnisse, die auf Wissensebene einfacher durch eine Lernplattform zu vermitteln und auch zu überprüfen sind. Da eine Standardisierung von Skills und Kenntnissen nur schwer möglich ist (Erpenbeck/ Sauter 2015) und unternehmensspezifische Anforderungen an die Lernenden und Mitarbeitenden gebunden sind, werden Skills jeweils von den Unternehmen definiert und verwaltet. Somit sind die unternehmensspezifischen Skills an die Lernplattform gebunden, ohne diese mit anderen Unternehmen zu teilen.

Für die Erstellung von Kompetenz- und Benutzerprofilen, die als Basis für die Ausgestaltung flexibler Lernpfade dienen, wurde die Relevanz von Lerntypen und -arten (Vester 1975/ Gagné 1965) diskutiert. Nach ausführlicher Recherche, Diskussion und kollegialen Beratungsgesprächen wurde – entgegen der Annahme im Projektantrag – jedoch von der Nutzung fester Lerntypen bei den Lernenden abgesehen. Die Theorie der Lerntypen vereinfacht die Komplexität des Lernprozesses zu stark, da Lernen ein vielschichtiger Prozess ist, der von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst wird (Vorwissen, Motivation, Kontext und Art des zu lernenden Materials). Für statische Lerntypen gibt es darüber hinaus keine ausreichende empirische Evidenz (Looß 2001). Stattdessen wurden die didaktischen Implikationen der verschiedenen Lerntypensystematiken als didaktische Gestaltungskriterien für bedarfsgerechte Lerninhalte, wie das Metadatenkonzept und multimediale Lerninhalte mit aufgenommen.

Das Benutzerprofil für die Lernenden setzt sich aus einem Kompetenzprofil zusammen, in welchem die Lernenden ihre Berufsausbildung, ihre Unternehmenszugehörigkeit sowie ihre Beschäftigungshistorie und ihre aktuelle Tätigkeit angeben. Gleichzeitig werden im Kompetenzprofil auch gelernte bzw. geprüfte Skills gespeichert. So besteht die Möglichkeit, dass den Lernenden basierenden auf ihrem Profil individuelle Lernpfade generiert werden. Darüber hinaus wird zusätzlich im Lernprofil implizites Verhalten der User, z. B. Klickdaten, wie Bearbeitungsdauer pro Nugget oder das bevorzugt angeklickte Medienformat gespeichert, sodass eine weitere Ausdifferenzierung bei der Generierung von Lernpfaden möglich ist.

Benutzerprofil (Kompetenzprofil)	Lernprofil
Basiert auf Skills (Selbstauskunft und Verifizierte) • Berufsausbildung (Ausbildung, Studium, Abschlüsse, Weiterbildungen) • Unternehmenszugehörigkeit • Beschäftigtenhistorie in Bezug auf die Tätigkeiten	Basiert auf implizitem Verhalten • Klickdaten • Bearbeitungsdauert pro Lernnugget • Bevorzugtes angeklicktes Medienformat

Basierend auf den eruierten pädagogischen und inhaltlichen Anforderungen wurde schließlich ein didaktisch-technisches Gesamtkonzept für die Umsetzung der modularisierten Plattformgestaltung und individualisierten Lernpfade entworfen. Die einzelnen modularen Lerninhalte (Lernnuggets, Lerneinheiten sowie Lernkurse und -pfade) können sowohl von den Erstellenden der Lerninhalte als auch durch den KI-Assistenten individuell kombiniert werden.

Die Lerninhalte auf MLS unterscheiden sich im Hinblick auf ihre Form und Funktion:

Lernnuggets	Lerneinheiten	Lernkurse	Lernpfade
Sind die kleinste Einheit und sollen möglichst kurz und kompakt sein. Es wird unterschieden zwischen den Arten von Lernnuggets: • Einleitung • Inhalt • Übung/ Quiz	Bündeln Lernnuggets in thematisch zusammenhängende Lerneinheiten. Bestehen aus den Lernnuggets Einleitung, Inhalt und Prüfung – von Inhalts- und Prüfungsnuggets können beliebig viele erstellt werden	Werden von Erstellenden (Content-Creator) angelegt und bündeln verschiedene Lerneinheiten in thematisch zusammenhängende Kurse, sodass diese aufeinander aufbauen.	Werden vom KI-Assistenten zusammengesetzt, je nach Lernpräferenzen und Vorwissen der Lernenden. Bestehen aus unterschiedlich zusammengesetzten Lerneinheiten.

Neben den Lerninhalten, die durch die *NWS* auf MLS bereitgestellt werden (z.B. ETS Didactic), werden weitere Lerninhalte mittels des internen Autorentools angelegt. Durch das Hinzufügen einzelner Lernnuggets (in MLS als „Arbeitsschritte“ bezeichnet) werden Lerneinheiten erstellt, die mindestens aus einem Einleitungs-, einem inhaltlichen und einem Übungs-Nugget bestehen. Weiterhin werden mittels der entworfenen Skill-Map adaptive Lernpfade erstellt, in welchen festgelegt wird, in welcher Reihenfolge die einzelnen Lerneinheiten zu absolvieren sind, um einen Skill zu erreichen.

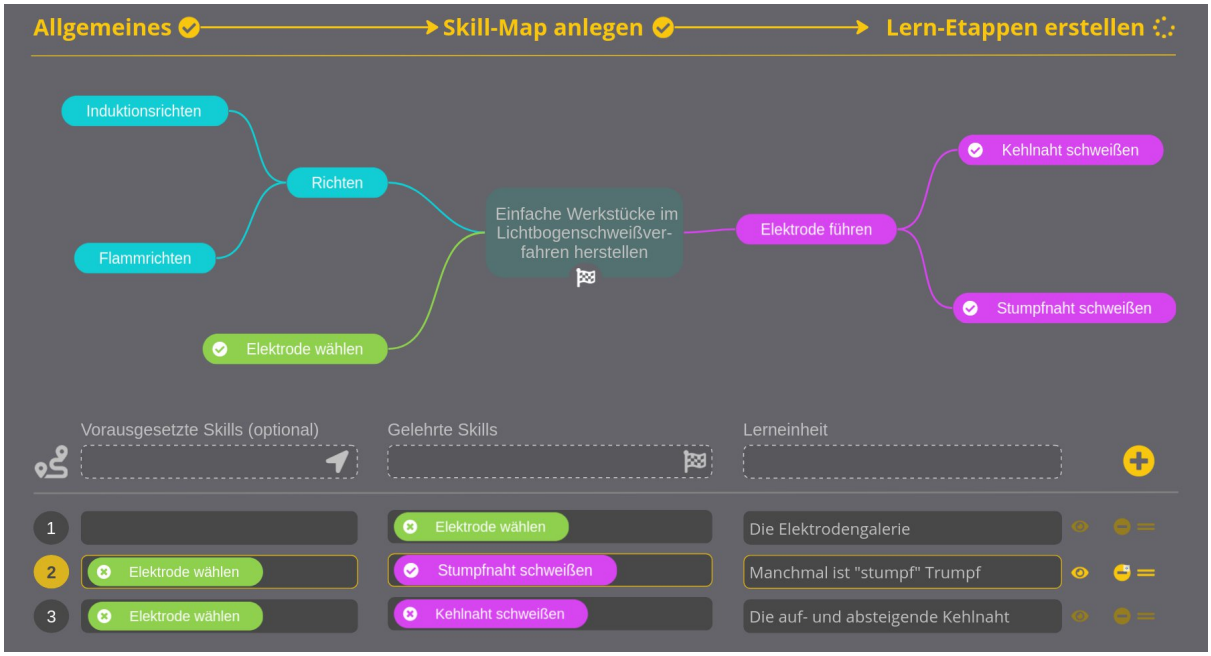

Abbildung 1: Mockup des Kurs-Editors mit Skill-Map und Detailansicht der Lern-Etappen. Oben: Die Skill-Map als zu durchreisende Landschaft. Unten: Ausschnitt geplanter Einzeletappen (Lerneinheiten) als manueller Pfadvorschlag des Content-Creators mit Start (Vorausgesetzte Skills) und Ziel (Gelehrte Skills) innerhalb der Skill-Map.

Die **Arbeitspakete 2-4** beschäftigten sich mit der technischen Umsetzung des oben beschriebenen Konzeptes und der dafür benötigen Services. Da die einzelnen UAP lediglich technische Zwischenschritte darstellen, soll hier auf ihre detaillierte Beschreibung verzichtet und der Fokus auf das entstandenen Gesamtsystem mit seinen Funktionen gelegt werden. Unter der Leitung des *L3S* mit starker Unterstützung durch die *NWS* und insbesondere des *SSE* wurde im Kontext der AP 2 (Suchkontexterfassung) und AP 3 (Intelligente Suchfunktion) zunächst drei Services zum Auffinden und Empfehlen von Lerninhalten entwickelt:

1. *SearchService*: Hier können Lernende manuell nach Inhalten suchen. Die entwickelte Suchalgorithmik basiert dabei auf Embeddings und ermöglicht damit eine semantische Suche inkl. Fehlertoleranz bei Schreibfehlern etc. Dabei ist das Suchergebnis multimodal, d.h. es enthält Skills, konkrete Lerneinheiten und vorgefertigte Lernpfade/ Kurse mit denen die Suchenden dann im nächsten Schritt interagieren können.

2. *RecsysService*: Hier werden z.B. lokale Trends (um den Ort der Firma mit 25 km Radius) aus den Stellenangeboten der Agentur für Arbeit analysiert und entsprechende Suchanfragen für den SearchService zum Auffinden passender Lernangebote im System generiert. Insgesamt kann der Service Suchanfragen für unterschiedliche Empfehlungen generieren. Umgesetzt sind, neben den Trends, Empfehlungen zum aktuellen Lernziel, zu hinterlegten Interessen, zu ähnlichen Lerninhalten und eine Zufallsempfehlung, um den Horizont zu weiten.

3. *AIMetaService* (AIMS): Hier können zu bereits im System bestehenden Lerneinheiten Metadaten extrahiert bzw. generiert werden. Konkret unterstützt der Service folgende Funktionen:
    a. Extraktion unterrichteter Skills aus einer Lerneinheit
    b. Extraktion von Schlagworten bezüglich Inhalt und Themenkontext

c. Generierung motivierender Zusammenfassungen einer Lerneinheit, die in den Suchergebnissen als Vorschau angezeigt werden
d. Generierung von Quizfragen als abschließendes Nugget einer Lerneinheit

Während die ersten zwei Services den Lernenden direkt helfen, Inhalte zu finden, besteht die Aufgabe des AIMS darin, bereits in MLS enthaltene oder neue Inhalte ki-ready zu gestalten. Entsprechend des Metadaten-Konzepts (UAP 5.1) trägt die hier ausgeführte Algorithmik zur konkreten semi-automatischen Pipeline bei. Damit Lerneinheiten in Lernpfade integriert werden können, muss nämlich aus technischer Sicht mindestens das Lernziel bekannt und ein Quiz enthalten sein.

Im Zuge der Projektverlängerung hat die *NWS* für dieses Featureset eine Prompt-Bibliothek zur Quizfragengenerierung erstellt, die den AIMS um Prompts zu folgenden Fragetypen erweitern soll:

- Multiple-Choice
- Richtige Reihenfolge
- Lückentext
- Bildanalyse (Es werden Fragen zu in einem Bild dargestellten Konzept gestellt)
- Tabellenergänzung
- Mix (Es wird zum gelehrten Thema ein Mix aus Fragetypen generiert)

Die Bestandskunden von MLS kennen diese und weitere Fragetypen aus ihrem täglichen Umgang mit der Plattform und sollen damit maximal passgenau von KI unterstützt werden.

Unter der Hauptverantwortung des *SSE* wurde dann (im Kontext von UAP 2.3) ein Service-Modul zur Verwaltung von Benutzerprofilen und der entsprechenden Lernhistorien entwickelt. Gemäß dem in UAP 1.1 entstandenen Konzept werden Profildaten, die den Datenbestand in MLS für die Personalisierung von Lernpfaden erweitern sollen, hier gespeichert. Auf diese Weise ist garantiert, dass MLS für datensensible Kunden ohne Interesse an KI-Erweiterung wie gewohnt und ohne Vertragsanpassung weiter verwendet werden kann. Auf Basis dieser Profildaten erfolgt die Adaption bzw. Individualisierung der Lernpfade, die dass *SSE* in AP 4 umgesetzt hat.

Hier wurden, dem selben Datentrennungsprinzip folgend, neben den Metadatenmodulen für Lerneinheiten und -pfade zwei Hauptmodule entwickelt:

1. *Skills*: Dieses Modul verwaltet pro Organisation die Daten für die oben bereits vorgestellten Skill-Maps und ist die zentrale Schnittstelle für das Handling der Lernziele adaptierbarer Lernlandschaften. Hier legen Unternehmen ihre benutzerdefinierten Kompetenz-Kataloge und –Beziehungen in Form von Skill-Netzwerken ab, die u.A. als Grundlage für Lernpfadberechnungen fungieren.

2. *PathFinder*: Dieses Modul ist das Herzstück der Lernpfadadaption. Mittels einer auf Fast-Downward basierenden Graphensuche wird hier ausgehend von einem konkreten Lernstand dynamisch ein Lernpfad zu einem angegebenen Lernziel konstruiert, das das Vorwissen berücksichtigt, aber auch sogenannte Softconstraints. Ein Softconstraint ist dabei etwa eine vom Kursautor manuell vorgeschlagene Teilreihenfolge oder eine Mediumpräfenrenz der Lernenden. Die Algorithmik ist so allgemein gehalten, dass Pfade

lediglich auf Teilen einer Skill-Map, für eine gesamte Skill-Map oder sogar über mehreren Skill-Maps hinweg errechnet werden können.

Die in den Arbeitspaketen 2-4 entwickelte Software wird insgesamt als Service-Landschaft wie in Abbildung 2 dargestellt orchestriert. Die Kommunikation zwischen den Services folgt dabei dem REST-Standard und kann damit mit vertretbarem Aufwand in andere Lernplattformen integriert werden.

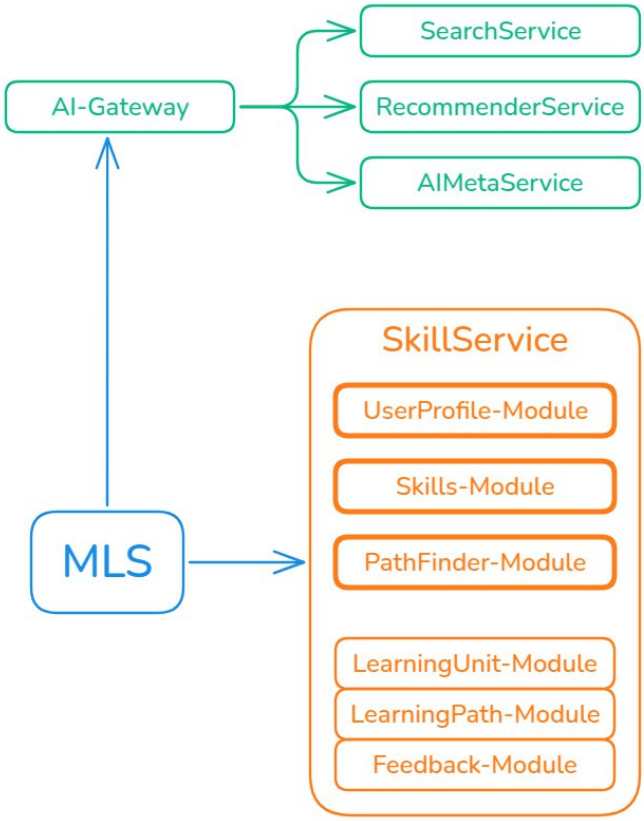

Abbildung 2: Service-Architektur des Projektes. In Grün: Services zum Finden und semi-automatischen Anreichern von Lerninhalten um Metadaten (Hauptverantwortlich: L3S). In Orange: Services zum Verwalten erweiterter Metadaten und die eigentliche Algorithmik für adaptiver Lernpfade (Hauptverantwortlich: SSE).

In **Arbeitspaket 5** erfolgte die fachliche und didaktische Bereitstellung von bedarfsgerechten und zielgruppenspezifischen Lerninhalten. Die Basis hierfür bildete das in UAP 5.1 entwickelte fachlich-didaktische Konzept zur Aufbereitung von digitalen Lerneinheiten, das an didaktische Prinzipien der Ermöglichungsdidaktik anschließt. In dem Konzept wurden die Ergebnisse der Bedarfserhebung dezidiert für die praktische Anwendung bei der Erstellung von Lerninhalten in Form von niedrigschwelligen Handreichungen aufbereitet. Des Weiteren ist das Konzept insbesondere durch Handlungs- und Problemorientierung geprägt und schließt somit an die erhobenen fachlich-didaktischen sowie methodischen Anforderungen in Arbeitspaket 1 an. Zusätzlich werden die unterschiedlichen Zielgruppen im produzierenden Gewerbe durch die Prinzipien Erfahrungs- und Kompetenzorientierung berücksichtigt sowie die Lerneinheiten durch didaktische Reduktion der Inhalte und Schwierigkeit möglichst kurzgehalten, sodass sie sich gut in den Arbeitsalltag integrieren lassen. Allgemeine Gestaltungskriterien bei der Auf-

bereitung der Lerninhalte (z. B. in Anlehnung an Kerres 2018) ergänzen das fachlich-didaktische Konzept.

Das fachlich-didaktische Konzept zur (Weiter-)Entwicklung von Lerninhalten wird als Handreichung im PDF-Format den Erstellenden von Lerninhalten bei erstmaliger Nutzung des Autorentools zur Verfügung gestellt. In dieser sind einerseits die bereits angeführten Prinzipien der Erwachsenenpädagogik und allgemeine Gestaltungshinweise ausführlich beschrieben. Diese Inhalte wurden darüber hinaus auch als verpflichtende Lerneinheit („Didaktische Grundlagen“) für die content creator überführt. Andererseits wird in der Handreichung auch der schrittweise Erstellungsprozess von Lerninhalten und die Nutzung des Autorentools und der Skill-Map beschrieben. Auch diese Inhalte wurden als verpflichtende Lerneinheit („Wie erstelle ich Lerninhalte?“) für die content creator aufbereitet.

Damit die Lerneinheiten in das KI-gestützte Plattformkonzept integriert werden können, bedarf es eines Metadaten-Konzepts, welches Daten zu den Lerninhalten bereitstellt und der adaptiven Gestaltung von Lernpfaden dient. Die Metadaten umfassen folgende Punkte:

- *Titel der Lerneinheit*
- *Voraussetzungen* (bedeutet, welche Lerneinheiten bereits abgeschlossen werden müssen, um die ausgewählte Lerneinheit zu absolvieren),
- *Zielpublikum* (hier kann aus allen Berufen der Bundesagentur für Arbeit ausgewählt werden)
- *Content und Kontext Tags* (Verschlagwortung der Lerninhalte)
- *Lernziele* (werden unter Verwendung der Bloom‘schen Taxonomie[4] angegeben)

In einem weiteren Schritt wurden im UAP 5.2 von Seiten des *IFW* entsprechend der eruierten Bedarfe im Bereich Digitalisierung bereits bestehende Lerninhalte bedarfsgerecht und zielgruppenspezifisch gemäß des gemeinsam entwickelten fachlich-didaktischen Konzepts weiterentwickelt. Inhaltlich knüpfen die Lerneinheiten an die Expertise des *IFW* im Bereich Digitalisierung an, im Besonderen aus dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Hannover und dem Mittelstand-Digital Zentrum Hannover sowie dem bereits referenzierten Projekt OpenDigiMedia. Dadurch konnten Synergien zum Thema Industrie 4.0 genutzt und insgesamt 70 Lerneinheiten als eigenständige SCORM-Pakete weiter- und neuentwickelt werden. Folgende Themengebiete liegen in MLS vor und umfassen jeweils Einleitung, Inhalt und Test und wurden in das adaptive Plattformkonzept integriert:

- Grundlagen Industrie 4.0
- Informationen und Daten
- Arbeit 4.0
- Produktionstechnik
- Big Data
- Produktionsplanung und -steuerung
- Werkzeugkoffer 4.0
- Fertigung 4.0
- Assistenzsysteme
- Sensorik
- Materialfluss

[4] Bloom 1974

- RFID

In UAP 5.3 sollten aus dem Netzwerk der *NWS* Unternehmen akquiriert und sowohl fachlich als auch pädagogisch bei der Erstellung eigener Lerninhalte und deren anschließendem Teilen (Content-Sharing) begleitet werden. Wie schon in AP 1 beschrieben, war die Akquise von Unternehmen, die sich für das Content-Sharing bereit erklärten, sehr schwierig. Als Gründe gaben die Befragten vorrangig fehlende zeitliche und personelle Ressourcen an. Die Mitarbeitenden finden neben ihren alltäglichen Arbeitsaufgaben keine Zeit und bringen nicht die geeigneten Kompetenzen mit, um bedarfsgerechte und zielgruppenorientierte Lerninhalte zu erstellen. Aus diesem Grund wurden die Leitlinien zur Erstellung von Lerninhalten möglichst niedrigschwellig und zugänglich formuliert, sodass sich diese gut in den Arbeitsalltag integrieren lassen. Weiterhin gaben die Befragten Unsicherheiten an in Bezug auf das Content-Sharing, unternehmensinternes Wissen zu teilen und somit möglicherweise Unternehmensgeheimnisse öffentlich zu machen und Wettbewerbsvorteile aufzugeben. Dieser Punkt muss daher unternehmensspezifisch geklärt werden. Aus diesen Gründen ließen sich im Zuge der Projektlaufzeit keine Unternehmen finden, die sich für das Content-Sharing bereiterklärten, sodass die im Projektantrag beschriebenen Lerninhalte in Zusammenarbeit mit mindestens 15 Organisationen nicht erfüllt werden konnten.

Da das Teilen von Inhalten weiterhin als sehr relevant und anschlussfähig eingeschätzt wird, konnten aus der Anforderungserhebung relevante Umsetzungs- und Realisierungskriterien für das Content-Sharing gewonnen werden. Auf diese Weise kann das Content-Sharing auch nach Ende der Projektlaufzeit von der *NWS* verfolgt werden. Möglich wäre dies durch die Idee einer strukturierten Sammlung bzw. Wissensdatenbank von modularen Lerninhalten, die aus einem Interview zur Anforderungserhebung entstand. In dieser könnte allgemeines Grundlagenwissen durch die *NWS* und deren Content-Provider bereitgestellt werden, das sich auf die Branche des produzierenden Gewerbes und damit verbundenes tätigkeitsspezifisches Wissen spezialisiert. Die modularen Lerneinheiten können anschließend durch die KMU unternehmensspezifisch weiterentwickelt und ergänzt werden. Dieses Prinzip wurde konzeptionell durch das *IfBE* in Anschluss an das Gesamtkonzept aus Arbeitspaket 1 in Form von praxisbezogenen Kriterien zur Realisierung und Umsetzung des institutionen-übergreifenden Content-Sharing aufbereitet, sodass es von der *NWS* genutzt werden kann. Der Anforderungskatalog umfasst folgende Punkte:

- Auf der Lernplattform sollte allgemeines tätigkeitsbezogenes Grundlagenwissen zur Verfügung stehen. Hier könnten auch ergänzend OER verwendet werden
- eine Person in den KMU, die sowohl fachlich als auch didaktisch die Erstellung von unternehmensspezifischen und -übergreifenden Lerninhalten vorantreibt
- juristische und interne Klärung, welches Wissen geteilt werden kann, sodass keine Unternehmensgeheimnisse preisgegeben werden und Wettbewerbsvorteile verloren gehen
- das Autorentool intuitiv und bedienerfreundlich gestalten, um den Erstellungsprozess von Lerninhalten möglichst kurz zu halten
- Leitlinien und Handreichungen zur Aufbereitung von Lerninhalten, um deren Qualität sicherzustellen
- klare und deutliche Aufklärung zur Nutzung von KI

Dieser Kriterienkatalog kann KMU bei der Erstellung von Lerninhalten unterstützen sowie bei dem interorganisationalen Content-Sharing pädagogisch und fachlich begleiten (vgl. 2.3). Zum

jetzigen Zeitpunkt hat die Anforderungserhebung der KMU jedoch gezeigt, dass die meisten Kriterien aus organisationaler Sicht noch nicht erfüllt sind. Somit steht das Content-Sharing, wie es im Projektantrag beschrieben wurde, aktuell als Zukunftsperspektive da, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht umsetzbar ist.

Abschließend wurde zur fachlichen und didaktischen Bereitstellung von Lerneinheiten in UAP 5.4 ein Konzept entwickelt, wodurch sämtliche Suchanfragen auf der Lernplattform aufgegriffen und ausgewertet werden sollen, zu denen das KI-gestützte Assistenzsysteme keine passenden Lerninhalte bereitstellt.

Das **Arbeitspaket 6** stand unter dem Vorzeichen von Integration und Erprobung. Unter der Leitung der *NWS* wurde die in den AP 2-4 entstandene Service-Landschaft iterativ an MLS angebunden (UAP 6.1 und 6.2). Zur Kommunikation mit den Services wurde ein Eventsystem entwickelt, das alle relevanten Ereignisse in MLS (z.B. Lerneinheit angelegt, Test bestanden, etc.) an alle registrierten Services verschickt. Aus Service-Seite ist dafür entsprechende Receiver-Funktionalität implementiert, die diese Ereignisse sinnvoll interpretiert und darauf reagiert.

Abbildung 3 zeigt die Integration der Skill-Map-Datenstruktur des SkillServices in MLS. Unternehmen können mehrere Skill-Maps anlegen und verwalten. Diese Maps können einen konkreten Arbeitsplatz abbilden, ein Ausbildungsjahr, einen Lehrgang oder die Lernziele eines generellen Kurses. Lehrende planen hier ihre Kurse auf der Ebene von erwarteten Lernergebnissen bevor diesen anschließend konkrete Lerneinheiten zugeordnet werden.

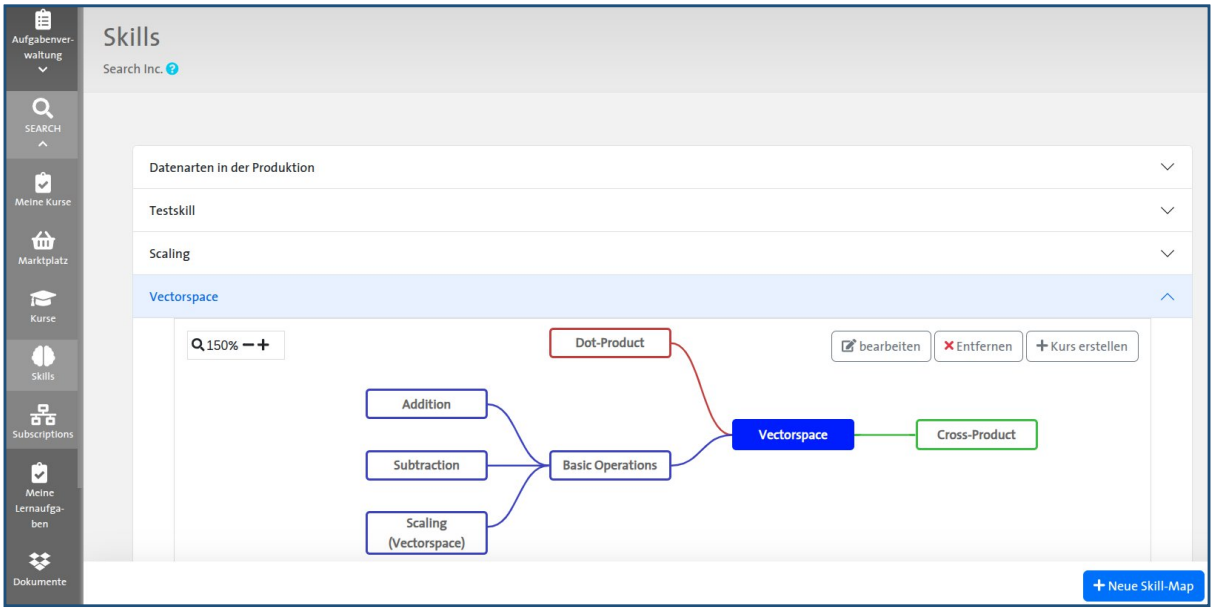

Abbildung 3: Liste von Skill-Maps mit Detailansicht der Map „Vectorspace“.

Schreiben sich Lernende in einen solchen Kurs ein, wird ihr Vorwissen im Hintergrund mit dem Kurs abgeglichen und der Kurs wird für sie entsprechend im *PathFinder-Module* angepasst. Bereits bewiesenes Vorwissen bzw. ein Skill, etwa aus einem anderen Kurs, wird als „erledigt“ markiert. Anschließend werden Lernende sukzessive von Lerneinheit zu Lerneinheit geleitet, wobei sie, da wo es didaktisch erlaubt ist, die nächste Einheit frei wählen können. Siehe dazu Abbildung 4.

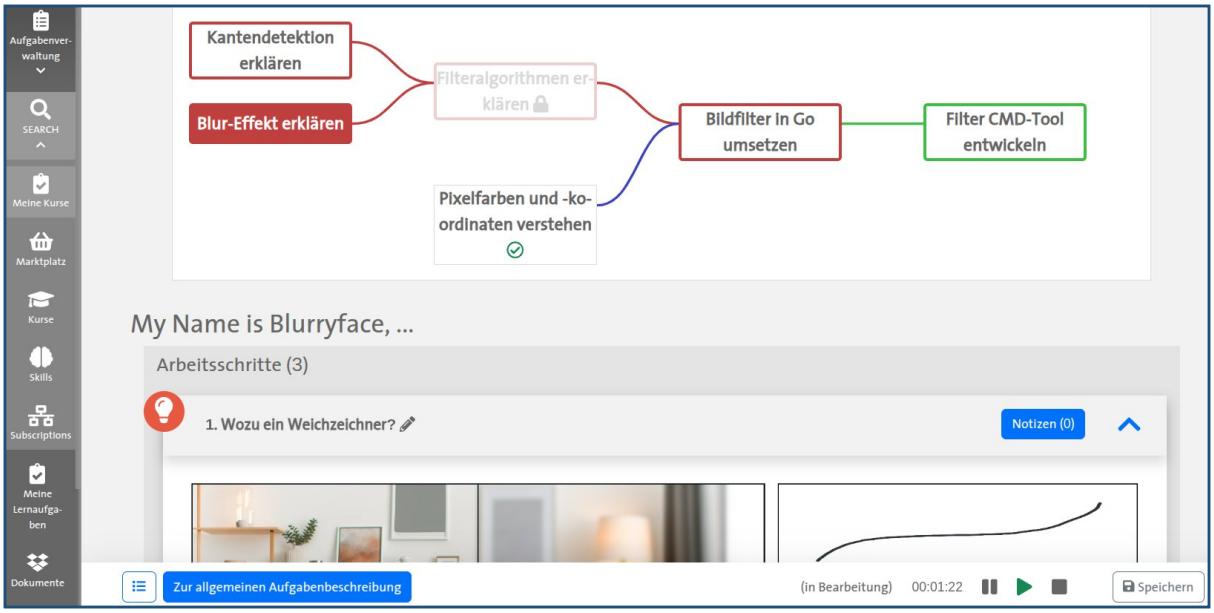

Abbildung 4: Momentaufnahme eines Lernpfades durch die Skill-Map „Bildfilter in Go umsetzen“. Grün abgehakt: Vorwissen/Skill aus aus anderen Kursen. Mit Vorhängeschloss: Gesperrte Lerneinheit, da Vorbedingungen (Kantendetektion & Blur-Effekt noch nicht erfüllt). Rot hinterlegt: Aktuell gewählte und unten geöffnete Lerneinheit. Farblich umrahmte Skills: als nächstes wählbare Lerneinheiten.

Abbildung 5 zeigt die Integration des *AiMetaServices* zur Generierung und Extraktion der benötigten Metadaten einer Lerneinheit. Diese Daten werden anschließend im *LearningUnit-Module* des *SkillService* abgespeichert.

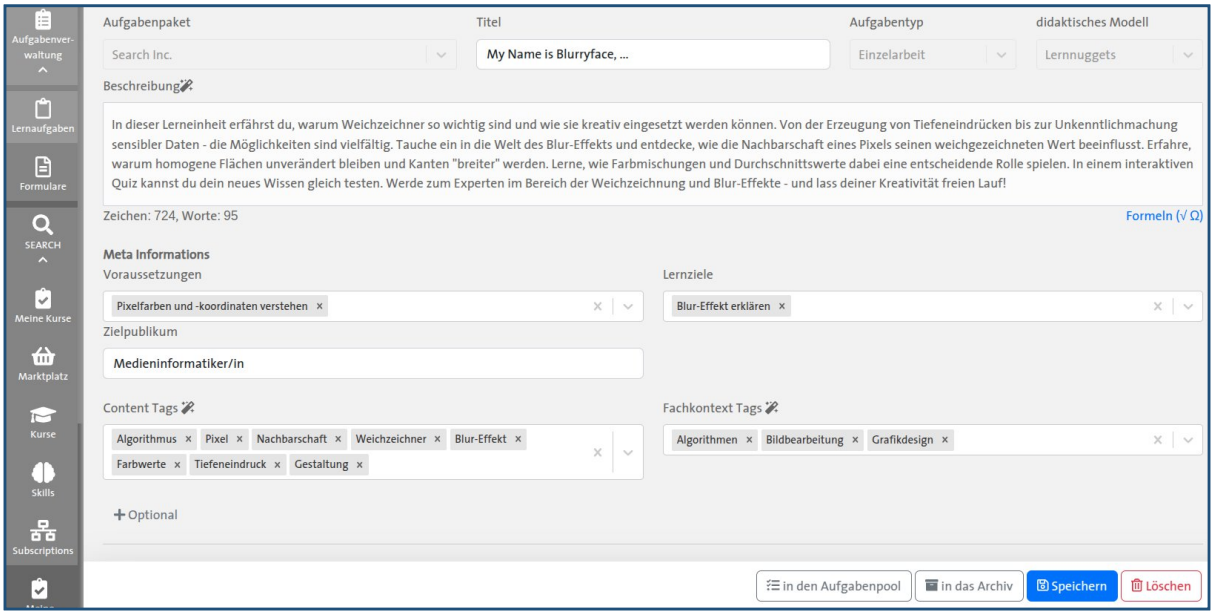

Abbildung 5: Motivierende Beschreibung / Zusammenfassung der Lerneinheit „My Name is Blurryface“, ihre Lern-Ziele und –Voraussetzungen als Skills und die Verschlagwortung getrennt in Content- und Kontext-Tags als Ergebnis aus dem AiMetaService.

In der Verlängerungsphase des Projektes wurden die integrierten Autorentools im ersten Schritt von vier in MLS erfahrenen Lernbegleitern einen Monat lang validiert (UAP 6.3). Es handelte sich dabei um langjährige Firmenkunden der *NWS*. Durch die *NWS* organisiert und begleitet

erhielten sie dazu einen Zugang zur neuen Version der Plattform. Nach einem initialen Meeting zur Vorstellung der groben Idee adaptiver Lernpfade wurden die Probanden sich selbst überlassen und testeten das Erstellen einer *Skill-Map*, das Erstellen eines darauf basierenden umfänglichen *Kurses* mit Relevanz für ihre Berufspraxis und die *Metadatengenerierung* für einzelne Lerneinheiten. Anschließend füllten sie einen qualitativ-orientierten Fragebogen aus und nahmen an einem individuellen Abschlussinterview teil. Die Auswertung dieser Erprobung ergab folgende Durchschnittsbewertung durch die Probanden bezüglich des *Skill-Map-Editors*:

- Trennung von Skills und Lerneinheiten und den damit verbundenen Zwang erst die angestrebten Lehrziele im System hinterlegen zu müssen : **sehr gut**
- Darstellungskonzept der Lernlandschaft als Skill-Map: **gut**
- Intuitivität / Bedienbarkeit des Tools: **durchschnittlich**
- Gesamterfahrung: **gut**

Genannte Erweiterungswünsche der Probanden waren großformatiges Ausdrucken der Skill-Map als analoge Übersicht des Kurses für die Teilnehmenden und eine Alternativdarstellung der Skill-Map als gerichteten Graphen in Anlehnung an Graph-Z.

Im Abschlussinterview wurden diese Ergebnisse des Fragebogens nochmals bestätigt, und die als „durchschnittlich“ Bewertete Bedienbarkeit auf das umständliche Erstellen von „Kind-Skills“ in einem extra Menü zurückgeführt. Hier wäre eine In-Place-Lösung direkt in der Skill-Map der intuitivere und ergonomischere Ansatz.

Die Evaluation des *Kurs-Editors* in Bezug auf Verständlichkeit und Bedienbarkeit ergab jeweils die Bewertung **gut**, in den Abschlussinterviews wurde jedoch deutlich, dass das Tool zwar zweckmäßig und selbsterklärend ist, aber es schöner wäre, diese Phase der Kurserstellung weiter zu automatisieren. Dies entspricht exakt unseren Zukunftsplänen, für die die Algorithmik bereits in den Services implementiert ist (*PathFinder*), in dieser Evaluationphase jedoch nicht erprobt wurde.

Bezüglich der semi-automatischen *Metadatengenerierung* mittels KI ergab die Evaluation folgende durchschnittliche Bewertungen:

- Qualität der motivierenden Zusammenfassung: **sehr gut**
- Qualität der Verschlagwortung: **gut**

Des Weiteren wurde die Frage nach der Praxisrelevanz des Nugget-Systems als didaktische Alternative zum Prinzip der vollständigen Handlung als Struktur der Lerneinheiten in MLS einstimmig bejaht.

Zur Gesamtevaluation des Projektvorhabens (UAP 6.4) wurde in einem ersten Schritt zur Evaluation der Benutzenden ein quantitativ-standardisiertes summatives Evaluations- und Feedbackinstrument entwickelt. Mittels dessen ist es möglich, die pädagogisch-didaktischen Dimensionen gemäß der Gesamtkonzeption zu evaluieren. So haben die Lernenden einerseits die Möglichkeit, durch Bewertung der Lerninhalte zur Weiterentwicklung dieser beizutragen. Gleichzeitig erhalten auch die Lernenden für ihr Abschneiden in den Prüfungs-Lernnuggets Feedback (z. B. „Du warst besser als 70 % der Lernenden“), Hinweise, was sie falsch beantwortet, zugeordnet etc. haben und an welche Lerninhalte sie noch anknüpfen können. So kann ihre Lernmotivation und ihr Engagement mit der Plattform gefördert werden. Weiterhin wurde ebenfalls sowohl für die Lernenden als auch für die content creator ein qualitativ-orientiertes

Evaluationskonzept entworfen, das zur Validierung des technischen, pädagogisch-didaktischen und anwendungsorientierten Gesamtkonzeptes der Plattform genutzt wird. Aufgrund der Verzögerungen in anderen Arbeitspaketen sowie einer geringen Anzahl an Testnutzer:innen in der Pilotierungsphase auf der Plattform, konnte die Benutzervalidierung bis Projektende nur wie oben beschrieben stattfinden und stellt noch kein abschließendes Ergebnis dar. Sowohl mit dem qualitativ-orientierten als auch dem quantitativ-summativen Evaluationskonzept liegen Feedbackinstrumente vor, die nach Projektende von der *NWS* weiterhin zur iterativen Plattformentwicklung genutzt werden können.

2.2 Einschätzung und Bewertung der Projekterfahrungen

In Bezug auf die Anforderungserhebungen (AP 1) zeigte sich, dass die Unternehmen – entgegen der im Projektantrag beschriebenen Erwartungen – nur sehr zögerlich und teilweise gar nicht bereit waren, an Interviews teilzunehmen. Um den fehlenden Rückmeldungen und der generellen Zurückhaltung der Unternehmen für die Anforderungserhebung und -analyse entgegen zu wirken, wurden die Sample-Kriterien mehrmals verschoben und so der Kreis potentieller Interviewpartner:innen stetig erweitert: Von Unternehmen mit 50 bis 250 Mitarbeitenden mit einem Umsatzerlös von max. 50 Mio. Euro auf Unternehmen mit 10 bis 500 Mitarbeitenden. Der Umsatzerlös wurde schließlich ganz verworfen. Aus diesem Grund konnten die Interviews erst 2023 (2. Projektjahr, Q2 und Q3) entgegen der Planung (jeweils in Q2 eines jeden Projektjahres) durchgeführt werden. Um diesen Verzögerungen entgegen zu wirken, arbeiteten *IfBE* und *IFW* parallel an der konzeptionellen Entwicklung des fachlich-didaktischen Konzepts sowie an der Weiterentwicklung bestehender Inhalte und deren Bereitstellung.

Die zurückhaltenden Rückmeldungen und Bereitschaft der KMU zogen sich durch das gesamte Projektvorhaben. Trotz generellem Interesse der Unternehmen an der Idee des Content-Sharing, konnte kein Unternehmen der *NWS* gefunden werden, das bereit war, Lerninhalte zu erstellen und diese mit anderen Unternehmen zu teilen. Die Unternehmen begründeten dieses mit fehlenden zeitlichen und personellen Ressourcen sowie insbesondere mit juristischen Bedenken, unternehmensspezifisches Wissen zu teilen und somit Wettbewerbsvorteile aufzugeben, wenn dieses mit Mitbewerbern und konkurrierenden Unternehmen geteilt werde (vgl. 2.3).

Aufgrund der starken zeitlichen Verzögerungen in den einzelnen Arbeitspaketen, konnte die Benutzerevaluation während der Projektlaufzeit nicht in dem Umfang wie vorgesehen durchgeführt werden. Das Konzept wurde jedoch so entwickelt, dass es auch nach Ende der Projektlaufzeit durch die *NWS* durchgeführt und zur iterativen Plattformentwicklung genutzt werden kann.

Mit dem Erscheinen von ChatGPT und entsprechender Konkurrenzprodukte inkl. der Möglichkeit per API mit ihnen zu kommunizieren ergaben sich neue Wege und Hürden für die KI-Anteile des Projektes. Einerseits vereinfachte sich die Such- und Empfehlungsalgorithmik, anderseits stiegen die Sorgen um Datenschutz, da es sich vornehmlich um Server außerhalb der EU handelt. Neben DSGVO-konformen Lösungen z.B. via Microsofts Azure, scheinen jedoch aus Datenschutz-Perspektive lokal hostbare Alternativen, wie etwas via ollama[5] sehr vielversprechend. Solche Lösungen wurden im Projekt technisch evaluiert. Sie erzeugen für einen Teil der Aufgaben verwertbare Ergebnisse, sodass sie als relevant für das Projektvorhaben eingestuft wurden, in der Projektlaufzeit jedoch nicht mehr in das finale System integriert wurden.

[5] ollama.com

2.3 Vertiefte Darstellung und Bewertung der fachlich-didaktischen Methoden

Anforderungserhebung und -analyse

Zur Erhebung und Analyse der zielgruppenspezifischen Bedarfe und Bedürfnisse auf inhaltlicher und methodischer Ebene wurden im UAP 1.1 halbstrukturierte Leitfadeninterviews mit Fach- und Führungskräften – in der Regel Ausbildern – aus assoziierten Unternehmen der *NWS* geführt, die die Plattform MLS aktiv nutzen oder diese getestet haben. Angelehnt an die Ergebnisse der Forschungsvorhaben FachWerk, OpenDigiMedia und Mittelstand-Digital Zentrum Hannover und den Desk Research wurde eine erste Version des Leitfadens konzipiert, der folgende Themenblöcke umfasste:

- Erfassung von möglichen Themen und Lerninhalten für MLS,
- Lernzielen und -motivation sowie Lernkontexten und Nutzung von MLS.

Diese Version wurde mit drei Ausbildern aus dem Kundenstamm der *NWS* durchgeführt und schon während der Interviews auf dessen Verständlichkeit und Zielgerichtetheit evaluiert.

Basierend auf den Ergebnissen der Leitfaden-Evaluation wurden die Leitfäden im Hinblick auf ihre Ziele zu einer zweiten Version in Bezug auf die folgenden Punkte weiterentwickelt:

- die bestehenden (Digitalisierungs-)Bedarfe in den Unternehmen,
- die Bedeutung von digitaler Bildung in der Weiterbildung und
- die Voraussetzungen in den Unternehmen.

Der Leitfaden umfasste fünf Dimensionen, die jeweils durch eine Leitfrage eingeleitet und mit spezifischen Nachfragen erfasst wurden:

1. *Branche, Tätigkeiten und Aufgabenbereiche* (in Bezug zur Weiterbildung/ Personalentwicklung)
2. *Beschreibung des Weiterbildungsbedarfs* (Transformation der Tätigkeiten, Anforderungen an die Mitarbeitenden, Weiterbildungsaffinität der Mitarbeitenden)
3. *Weiterbildungskultur im Unternehmen* (Auslöser von Weiterbildung, Lernangebote, Lernziele und -formate)
4. *Erfahrung mit digitalem Lernen* (medienbasierte Lehr-/Lernszenarien, Nutzungsbereitschaft, bisherige Nutzung von MLS)
5. *Haltung zur Weiterbildung und der Integration digitaler Tools* (Verhältnis digitales und nicht-digitales Lernen, beteiligte Akteur:innen)

Im Anschluss an die Interviews wurden diese jeweils mit f4 transkribiert und für die qualitative Auswertung aufbereitet. Die Auswertung erfolgte auf Grundlage der Qualitativen Inhaltsanalyse von Mayring (2022). Die transkribierten Interviews konnten so regelgeleitet anhand eines Kodiersystems ausgewertet werden. Dabei wurden sechs Oberkategorien deduktiv aus dem Interviewleitfaden abgeleitet und mit Unterkategorien gefüllt, die induktiv aus den transkribierten Interviews gebildet wurden. Mit diesem Verfahren wird sichergestellt, dass sowohl neue Erkenntnisse (induktive Kategorienbildung) als auch Schwerpunkte entlang der fokussierten kategorialen Fragestellung (deduktive Kategorienanwendung) berücksichtigt werden. Dabei

fanden die speziell für die Inhaltsanalyse ausformulierten Gütekriterien (Mayring 2022, S. 118ff.) Anwendung und gewährleisteten so den Anspruch wissenschaftlicher Genauigkeit, auch wenn sie sich nicht mit den klassischen Gütekriterien der rein quantitativen Forschung decken (vgl. ebd.).

Die anschließende computergestützte Auswertung erfolgte mit MAXQDA. Die oben genannten Oberkategorien sind Folgende:

1. *Informationen zum Unternehmen*
2. *Tätigkeiten und Aufgabenbereiche der befragten Personen*
3. *Weiterbildungsbedarf im Unternehmen*
4. *Weiterbildungskultur im Unternehmen*
5. *Digitales Lernen*
6. *Zukunft des digitalen Lernens*

Content-Sharing

Das Content-Sharing konnte wie dargestellt nicht durchgeführt werden. Zur methodischen Durchführung würden sich think-aloud Protokolle anbieten, die durch pädagogisch-didaktisches Personal bei der Erstellung von Lerninhalten ausgefüllt werden. Mit diesem Vorgehen könnten die Realisierungskriterien für das Content-Sharing auf den Ergebnissen der Anforderungserhebung und -analyse abgebildet, evaluiert und weiterentwickelt werden (vgl. 2.2). Weiterhin könnte auf Basis der eruierten Ergebnisse die Lernplattform MLS intuitiver und nutzerfreundlicher gestaltet werden.

Erprobung und Evaluation

Für die Evaluation wurden einerseits für die Erstellenden von Lerninhalten und andererseits für die Lernenden von Seiten des *IfBE* Feedbackinstrumente konzeptionell entwickelt. Aufgrund geringer Testnutzer:innen der Pilotierungsphase (vgl. 2.1) sowie fehlender Unternehmen für das Content-Sharing, ist es bisher zu keiner umfassenden Erprobung und Evaluation gekommen.

Für die Evaluation der Erstellenden der Lerninhalte wurde ein Konzept entwickelt mit dem diese zukünftig hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit dem internen Autorentool sowie der Skill-Map befragt werden sollen. Die Evaluation soll verpflichtend nach der erstmaligen Erstellung von Lerninhalten erfolgen. In Bezug auf das Autorentool werden die content creator darüber hinaus gebeten, dessen Oberfläche, Aufbau, Bedienbarkeit, Funktionen, den zeitlichen Aufwand zur Erstellung von Inhalten sowie ihre Gesamterfahrung zu bewerten. Des Weiteren werden die Befragten dazu gebeten, Angaben zu den entwickelten pädagogisch-didaktischen Lerneinheiten („Didaktische Grundlagen“ und „Wie erstelle ich Lerninhalte?“) zu machen und inwiefern diese ihnen bei der Erstellung von Lerninhalten geholfen haben. Abschließend bietet ein offenes Fragefeld die Möglichkeit, Verbesserungsvorschläge für das Autorentool mitzuteilen. Die content creator evaluieren auch die Skill-Map in Bezug auf deren Oberfläche, Bedienbarkeit und Funktionen sowie darauf, inwiefern sie sich durch die Lerneinheiten bei der Erstellung einer Skill-Map unterstützt gefühlt haben. Die beiden Tools sollten separat evaluiert werden, um jeweils gezielte Verbesserungen vornehmen zu können und diese iterativ weiterzuentwickeln.

Auch die Lernenden der Plattform sollten hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit MLS befragt werden. Die Evaluation soll ebenfalls verpflichtend nach der erstmaligen Nutzung von MLS statt-

finden. So können gezielte Verbesserungen vorgenommen werden, um den Lernenden eine bedarfsgerechte und individuelle Learning Journey zu ermöglichen. Die Lernenden werden zu ihrer Erfahrung mit der Nutzeroberfläche im Hinblick auf deren Aufbau und Struktur, sowie Übersichtlichkeit, Bedienbarkeit und intuitive Nutzung befragt. Weiterhin können sie in einem offenen Antwortfeld Anpassungen für die Nutzeroberfläche vorschlagen. Auch die Passgenauigkeit zwischen den Suchanfragen und Ergebnissen werden erfragt, wie auch der Aufbau und die Struktur der durch den KI-Assistenten generierten Lernpfade und die Gesamtheit der angebotenen Lerninhalte auf MLS. Abschließend können die Lernenden ebenfalls in einem offenen Antwortfeld, Wünsche nach zusätzlichen Lerninhalten äußern.

Ausblick für zukünftige Vorhaben

Das beschriebene methodische Vorgehen hat sich als funktional entsprechend der antizipierten Ergebnisse bewiesen. Zusätzlich zum beschriebenen Vorgehen wären auch Fokusgruppen und/oder Gruppeninterviews pro Unternehmen und somit den zukünftigen Lernenden möglich gewesen, um die Lernplattform und deren Lerninhalte noch gezielter und spezifischer an den Bedarfen und Bedürfnissen der Lernenden auszurichten. Diese Vorgehen setzen jedoch eine hohe Bereitschaft der Beteiligten voraus und wurden verworfen, da es bereits sehr schwer war Einzelpersonen für die Interviews der Anforderungserhebung zu gewinnen. Die Entwicklung summativer und formativer Feedbackinstrumente stellt Kanäle bereit, mittels derer die Lernplattform MLS auch nach Projektlaufzeitende iterativ weiterentwickelt werden kann.

2.4 Vertiefte Darstellung und Bewertung der Technologieentwicklung

Um den Projektfortschritt möglichst schnell voranzubringen wurde darauf verzichtet, den Entwicklerteams eine einheitliche Programmiersprache vorzugeben, die teilweise erst erlernt werden müsste. Dies ist ein übliches Vorgehen für verteilte Teams, wie sie in diesem Projekt zum Einsatz kamen, stellt jedoch die zukünftige Pflege der entwickelten Services vor erhöhte Herausforderungen. Die entstandenen Services sind zwar individuell fachgerecht entwickelt und erweiterbar, für die Wartung sind jedoch Kenntnisse in den Programmiersprachen Python und Typescript nötig.

Wie in den Ausführungen zu AP 2-4 und in Abbildung 2 (Kapitel 2.1) bereits dargestellt, ist die gesamte Funktionalität der im Projekt entwickelten Software als Service-Landschaft umgesetzt. Konkret handelt es sich dabei um Docker-Container, die individuell oder in einer Cloud-Umgebung skalierbar als Cluster gehostet werden können. Diese Modularisierung erlaubt die unkomplizierte Einbindung in bereits bestehende Cloud-Umgebungen anderer Lernplattformen.

Die eigentlichen Algorithmen des *PathFinder-Moduls* als Herzstück der Lernpfadadaption sind zudem als Bibliothek gekapselt. Dies erlaubt die Verwendung der Algorithmik in anderen Softwarearchitekturen, die nicht zwingend Teil einer Service-Landschaft sein müssen. Die Entscheidung hat sich bewährt, da die Bibliothek etwa im Projekt C@MPUS-le@rning[6] bereits erfolgreich eingebunden wird.

Das technische Projektziel, adaptierbare Lernpfade zu entwickeln und diese in MLS suchen und empfohlen zu bekommen, ist erfolgreich umgesetzt und integriert. Der gewählte technologische Ansatz der Service-Landschaft zum Entkoppeln der neu entwickelten Funktionen und

[6] www.uni-hildesheim.de/digital-campus-learning/

Datenmodelle von der eigentlichen Lernplattform wird daher als gelungen und technisch elegant bewertet.

2.5 Zusammenfassende Bewertung des gewählten Forschungs- und Entwicklungsansatzes

Die gewählten Forschungs- und Entwicklungsansätze zeichnen sich durch ein iteratives Vorgehen aus, in welchem stetig evaluiert wurde, ob die gewählten methodischen Ansätze zu den gewünschten Ergebnissen und Projektzielen führten. Ziel des iterativen Vorgehens war es, kleine Prototypen zu entwickeln und dabei inkrementell praktische Lektionen zu lernen.

In wöchentlichen Meetings wurde im Gesamtteam der aktuelle Stand der Arbeitspakete und das weitere Vorgehen im Projekt besprochen, um von interdisziplinären Synergien und Zusammenarbeiten zu profitieren. Weiterhin fanden im ersten Projektjahr zweiwöchentliche Meetings zwischen dem *IFW* und dem *IfBE* statt, um das fachlich-didaktische Konzept zu entwickeln sowie bestehende Lerninhalte des *IFW* aus dem Entwicklungsprojekt MDZH zu evaluieren und in Bezug auf deren Metadaten und konkrete Inhalte - gemäß des entwickelten fachlich-didaktischen Konzepts - weiterzuentwickeln.

Für die entstandene Softwarelösung hat das iterative Vorgehen gezeigt, dass die initiale Aufspaltung in Services zu grannular war und sich damit technisch unnötige Abhängigkeiten ergaben. Diese Erkenntnis führte schließlich zur Umwandlung mehrerer Services in Module, die in einen gemeinsamen Service (*SkillService*) integriert wurden (vgl. Abbildung 2).

Auch auf algorithmischer Ebene wurden die Laufzeiten der Berechnungen durch den iterativen Ansatz performanter, sodass final auch vergleichbar große Skill-Maps in wenigen Sekunden adaptiert werden konnten.

Zusammenfassen wurde erst durch die Iterationen deutlich wo die eigentlichen Herausforderungen des Projektes lagen, sodass der Fokus entsprechend justiert werden konnte. Darüber hinaus konnte so agil auf Neuentwicklungen der Branche wie ChatGpt oder Feedback der Bildungsverantwortlichen der Unternehmen reagiert werden.

3. Einbettung des Projektes zu den zentralen Fragestellungen der INVITE-Förderrichtlinie

3.1 Diskussion der Projektergebnisse in Bezug auf die Gestaltung eines innovativen, sicheren digitalen Weiterbildungsraums

Im Fokus der INVITE-Förderrichtlinie steht die Entwicklung und Optimierung eines innovativen digitalen und sicheren Bildungsraums in der berufsbezogenen Weiterbildung. Mit der Lernplattform MLS konnte ein KI-unterstütztes Lernangebot (Entwicklungsfeld 3) geschaffen werden, das durch Kompetenzprofile von Lernenden die Suche, Empfehlung und Anpassung über bedarfsgerechte und individuelle Lerneinheiten und -pfade ermöglicht. Auf diese Weise werden der Zielgruppe KMU im produzierenden Gewerbe Trends und Technologien zugänglich gemacht, deren Qualifizierungsprozesse oftmals nicht kontinuierlich und systematisch stattfinden – somit wird an die nationale Weiterbildungsstrategie angeknüpft. Darüber hinaus können

durch die modularen und niedrigschwellig zugänglichen Lerninhalte prospektive Bedarfe adressiert werden, um die digitale Transformation in KMU weiter voran zu treiben.

Das Content-Sharing nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein, da die Erstellung von Inhalten und das anschließende Teilen unternehmensübergreifend mit erhöhten Anforderungen einhergeht und an spezifische Herausforderungen geknüpft ist. Durch das dezidierte Herunterbrechen von Erkenntnissen aus der Anforderungserhebung und -analyse für die praktische Anwendung bei der Erstellung von Lerninhalten, konnten Kriterien und Standards geschaffen werden, die die Anforderungen an das Content-Sharing aus pädagogischer Perspektive ermöglichen: Niedrigschwellige und barrierearme Zugänge schaffen, um den Zugang zu digitalem Lernen zu fördern, Hemmschwellen abzubauen und Medienkompetenzen zu fördern. Insbesondere im Hinblick auf den letztgenannten Punkt, besteht die Möglichkeit, dass der KI-Assistent Informationen sammelt, selektiert und bedarfsgerecht aufbereitet. An die beschriebenen Realisierungskriterien des Content-Sharing muss in weiteren Projektvorhaben angeknüpft werden, um deren Anwendung und Umsetzung zu evaluieren und das Teilen von Lerninhalten für Unternehmen zugänglich und attraktiv zu gestalten.

3.2 Beitrag des Projekts für die berufsbezogene Weiterbildung

Mit Hilfe der gewonnenen empirischen Forschungsergebnisse konnten Desiderata und Stellschrauben für die Praxis eruiert werden. Dabei kann die in der Ergebnisbeschreibung (2.1) dargestellte Wissensdatenbank als gemeinsame und tätigkeitsübergreifende Schnittstelle im produzierenden Gewerbe dienen. Die Datenbank kann als Anreiz für die Unternehmen dienen, eigene (unternehmensspezifische) Inhalte zu erstellen, z. B. im Hinblick auf interne Regularien, Vorschriften und Abläufe und diese anschließend tätigkeits- und branchenübergreifend zu abstrahieren, sodass die Lerninhalte unternehmensübergreifend geteilt werden können, ohne internes Wissen und somit Unternehmensgeheimnisse und -erfolge preiszugeben. Hierbei hat sich gezeigt, dass es vor allem tutorieller Begleitung im Erstellungsprozess bedarf, um Mitarbeitende im Unternehmen anzuleiten, problem- und handlungsorientierte Lerninhalte zu erstellen, die an die Prinzipien der Ermöglichungsdidaktik anknüpfen.

Um nicht nur die Erstellung von didaktisch hochwertigen Lerninhalten voranzutreiben, sondern auch durch die Identifikation von digitalisierungsspezifischen Bildungsbedarfen und Optimierungsmöglichkeiten in den Unternehmen und somit den digitalen Wandel voranzutreiben, bedarf es einer Person, die spezifisch für die Aufgaben zuständig ist.

Die erschwerte Binnendifferenzierung der Teilnehmer in einer Weiterbildungsmaßnahme in Präsenz erübrigt sich in einem technischen Lernsystem, das die Lernpfade an das Individuum anpasst, mindestens in einem Setting für konkrete und spezifische Skills. Der maßgeschneiderte Zuschnitt allgemeiner Lernlandschaften auf Lernende bringt einen erheblichen Mehrwert. Kombiniert mit einem Flipped-Classroom-Ansatz, wo Lernende sich etwa in MLS via adaptierter Lernpfade auf eine Präsenzveranstaltung vorbereiten, kann sowohl Zeit gespart als auch Motivation gesteigert werden.

3.3 Beitrag des Projekts zur innovativen Technologieentwicklung

Die im Projekt entwickelte Funktionalität wertet die Lernplattform MLS erheblich auf. Die Übersicht von Lernzielkatalogen als Skill-Map ermöglicht eine einzigartige Vogelperspektive nicht nur auf einzelne Kurse, sondern auf ganze Ausbildungsphasen. Die Vorstellung dieses Fea-

tures bei Kunden der *NWS* führt regelmäßig zu positivem Feedback und regt zu neuen Ideen für den Bildungsalltag in den Unternehmen an.

Die im Datenmodell strikte Trennung von Lerninhalten und den darin vermittelten oder von ihnen vorausgesetzten Skills eröffnet eine Mehrfachnutzung der Skill-Maps. Neben der bereits beschriebenen Nutzung als Basis für adaptive Lernpfade, können Skill-Maps konkrete Arbeitsplätze beschreiben. Sie können damit als Basis für automatisiertes Talent-Matching verwendet werden oder sogar als Startpunkt für automatisierte Stellenausschreibungen. Darüber hinaus können sie auch als detaillierte und konkrete Weiterbildungswünsche an Bildungsanbieter weitergegeben werden. Diese Flexibilität ermöglicht der eingesetzten Lernplattform auch die zukünftige Entwicklung eins breiten Feature-Sets.

Die semi-automatische Metadatengenerierung (motivierende Zusammenfassungen, Quizfragen, etc.) treibt den aktuellen Trend der Content-Erstellung mittels KI voran. Speziell die Prompt-Bibliothek für die Generierung von Fragen verschiedener Fragetypen und Schwierigkeitsgraden stellt ein Novum dar.

Bibliografie

Anderson, L. W., Krathwohl (2001), A Taxonomy for Learning – Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York, Longman Publishing Group

Bloom, B. (1974) (Hrsg.): Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich, Weinheim: Beltz.

de Witt, C. (2008). Lehren und Lernen mit neuen Medien/E-Learning. In: Sander, U., von Gross, F., Hugger, KU. (Hrsg.) Handbuch Medienpädagogik. VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Erpenbeck, J./ Sauter, W. (2015). Wissen, Werte und Kompetenzen in der Mitarbeiterentwicklung. Ohne Gefühle geht in der Bildung gar nichts. Springer Gabler Wiesbaden: Springer.

Gagné, R. (2011): Die Bedingung des menschlichen Lernens, Waxmann.

Heidemann, L. (2022): Handwerk 4.0 – eine bildungswissenschaftliche Betrachtung zur digitalen Transformation im Handwerk. In: Robak, S./ Asche, E./ Kühn, C./ Heidemann, L. (Hrsg.): Digitalisierung und Weiterbildung, Barbara Budrich: Opladen, S. 151-177.

IAB (2020): Machbarkeitsstudie Kompetenz-Kompass. Teilprojekt 2: Beobachtung von Kompetenzanforderungen in Stellenanzeigen (https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/Forschungsberichte/fb-553-machbarkeitsstudie-kompetenz-kompass.pdf?__blob=publicationFile&v=3, Zugriff am 07.08.2035)

Kerres, M. (2018). Mediendidaktik. Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote. Berlin, Boston: De Gruyter Oldenbourg. 5., erweiterte Auflage.

Lehre Laden, Lernzieltaxonomie nach Anderson & Krathwohl, https://dbs-lin.ruhr-uni-bochum.de/lehreladen/planung-durchfuehrung-kompetenzorientierter-lehre/kompetenz-pruefen/lernzieltaxonomien/ (19.08.2024)

Looß, M. (2001): Ein pädagogisches Konstrukt auf dem Prüfstand. In: Die Deutsche Schule 93, S. 186-198.

Mayring, P. (2022): Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken. Weinheim: Beltz.

Sander-Böving, H. (2022): Gestaltung einer Onlinelernplattform zur Industrie 4.0 – konzeptionelle Überlegungen am Beispiel des Projektes „OpenDigiMedia". In: Robak, S./ Asche, E./ Kühn, C./ Heidemann, L. (Hrsg.): Digitalisierung und Weiterbildung, Barbara Budrich: Opladen, S. 197-219.

Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbauer/ McKinsey & Company (2014): Zukunftsperspektive deutscher Maschinenbau. Erfolgreich in einem dynamischen Umfeld agieren. (https://blog.iosb.fraunhofer.de/wp-content/uploads/2014/07/zukunftsperspektive_maschinenbau_broschuere_de.pdf, Zugriff am 13.08.2024)

Vester, F. (1998): Denken, Lernen, Vergessen. Was geht in unserem Kopf vor, wie lernt das Gehirn, und wann lässt es uns im Stich?