

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/374547982>

API-Springer 978-3-662-67024-8 5

Chapter · October 2023

CITATIONS

0

READS

40

7 authors, including:



Georg David Ritterbusch
Universität Potsdam

4 PUBLICATIONS 17 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ines Langemeyer

Karlsruhe Institute of Technology

85 PUBLICATIONS 509 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Norbert Gronau
Universität Potsdam

400 PUBLICATIONS 1,992 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Daniela Reimann


Karlsruhe Institute of Technology

67 PUBLICATIONS 323 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Konzeption, Erstellung und Evaluation von VR-Räumen für die betriebliche Weiterbildung in KMU – Erfahrungen und Handlungsempfehlungen aus dem Forschungsprojekt API-KMU

Malte Rolf Teichmann , Jana Busse, Jana Gonnermann, Daniela Reimann, Georg David Ritterbusch, Ines Langemeyer und Norbert Gronau

Zusammenfassung

Der Beitrag adressiert die Erstellung von Virtual-Reality gestützten (Lehr- und Lern-) Räumen für die betriebliche Weiterbildung im Rahmen eines Forschungsprojektes. Der damit verbundene Konzeptions- und Umsetzungsprozess ist mit verschiedenen Herausforderungen verbunden: einerseits ist Virtual-Reality ein vergleichsweise neues Lehr- und Lernmedium, womit wenig praktische Handreichungen zur praktischen Umsetzung existieren. Andererseits existieren theoretisch-konzeptionelle Ansätze zur Gestaltung digitaler Lehr- und Lernarrangements, die jedoch 1) oft Gefahr laufen, an den realen Bedürfnissen der Praxis „vorbei“ zu gehen und 2) zumeist nicht konkret Virtual-Reality bzw. damit verbundene Lehr- und Lernumgebungen adressieren. In dieser Folge sind Best-Practice Beispiele basierend auf erfolgreichen Umsetzungsvorhaben, die nachfolgenden Projekten als „Wegweiser“ dienen könnten, äußerst rar. Der Beitrag setzt an dieser Stelle an: basierend auf zwei real existierenden betrieblichen Anwendungsfällen aus den Bereichen Natursteinbearbeitung sowie Einzel- und Sondermaschinenbau werden Herausforderungen und Lösungswege des Erstellungsprozesses von Virtual-Reality

M. R. Teichmann (✉) · J. Gonnermann · G. D. Ritterbusch · N. Gronau
Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, insb. Prozesse und Systeme, Universität Potsdam, Potsdam, Deutschland

J. Busse · D. Reimann · I. Langemeyer
Institut für Berufspädagogik und Allgemeine Pädagogik, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

gestützten (Lehr- und Lern-)Räumen beschrieben. Ebenfalls werden basierend auf den gemachten Projekterfahrungen Handlungsempfehlungen für die gelingende Konzeption, Umsetzung und Evaluation dieser Räume formuliert. Betriebliche Beschäftigte aus den Bereichen Aus- und Weiterbildung, Management oder Human Resources, die in eigenen Projekten im Bereich Virtual Reality aktiv werden wollen, profitieren von den herausgestellten praktischen Handreichungen. Forschende Personen sollen Anregungen für weiterführende Forschungsvorhaben erhalten.

5.1 Einleitung

Der vorliegende Beitrag soll Beschäftigten aus der betrieblichen Praxis als anwendungsorientierte Handreichung zur Erstellung von *Virtual-Reality gestützten (Lehr- und Lern-) Räumen* (in diesem Beitrag kurz *VR-Räume*) dienen. Entsprechend ist der Beitrag wie folgt aufgebaut: in einem ersten Kapitel wird kurz das Projektvorhaben des zugrunde liegenden BMBF-geförderten Forschungsprojektes *Altersgerechte, prozessnahe und interaktive betriebliche Weiterbildung in KMU* (in diesem Beitrag kurz *API-KMU*) skizziert. Dies soll Interessierten die Einordnung des vorliegenden Schriftstückes in einen übergeordneten Forschungskontext ermöglichen. In den folgenden beiden Kapiteln werden weiterführend jene Anwendungsfälle aus dem Projektverlauf beschrieben, auf deren Basis zwei Umsetzungsvorhaben für VR-Räume für produzierende Unternehmen realisiert wurden. Die unterschiedlichen betrieblichen Produktionsfoki der beiden Partner-KMU – nämlich *Einzel- und Sondermaschinenfertigung* bei der Dr. Shufani GmbH & Co.KG und *Natursteinbearbeitung* bei der *Service Project Potsdam GmbH* – erforderten unterschiedliche Herangehensweisen im Bearbeitungsprozess. Diese Unterteilung wird auch im Beitrag aufgegriffen, um die damit einhergehenden jeweiligen fallspezifischen Erkenntnisse zu skizzieren.

Die nun folgenden Kapitel sind so aufgebaut, dass sie die Lesenden durch die einzelnen Schritte des jeweiligen Erstellungsprozesses führen, Herausforderungen und Lösungswege aufzeigen sowie konkrete Handlungsempfehlungen für die eigene Arbeit präsentieren. Um die Zugänglichkeit der Informationen zu erhöhen, ist der Text ebenfalls durch Abbildungen angereichert, die bspw. die Weiterentwicklung des *VR-Raums „Klebebandherstellung“* von einer ersten Konzeptionsskizze hin zum finalen Ergebnis darstellen. Der Beitrag schließt mit einer kurzen Schlussbetrachtung, in der wesentliche Erkenntnisse noch einmal hervorgehoben werden.

5.2 Kurzbeschreibung des Projektvorhabens *API-KMU*

Das folgende Kapitel skizziert kurz das Projektvorhaben von *API-KMU*.

5.2.1 Problemlage

Der demographische Wandel und die rapide Digitalisierung stellen zentrale unternehmerische Herausforderungen dar (Teichmann et al., 2020a, b; Vladova et al., 2020). Dieser Trend setzt sich bis heute fort. Der Fachkräftemangel wird von Kleinen- und mittelständischen Unternehmen (KMU) aktuell als große Gefahr für die eigene Existenz gesehen. Demgegenüber steht das Problem der Fachkräftegewinnung, von dem insb. das produzierende Gewerbe und KMU-dominierte Branchen betroffen sind.

Die drohende Abwanderung von Wissen durch Ausscheiden älterer Beschäftigter verschärft diese Problematik weiter. Ein Lösungsansatz ist die längere Beschäftigung älterer Personen bzw. deren Erfahrungswissen im Betrieb zu halten. Dafür sind entsprechende Rahmenbedingungen, niedrigschwellige Ansätze und praxisnahe Umsetzungshilfen zu kreieren. Ebenfalls hat die Implementierung von Technologien wie etwa mobilen Industrial-Internet-of-Thing Technologien (Bender et al., 2017) und Konzepten der intelligenten Produktionsorganisation durch Vernetzung von Entitäten (Panzer et al., 2022) starken Einfluss auf Produktionsprozesse und das Arbeitsumfeld betroffener Personen (Gronau et al., 2017). Für Beschäftigte resultiert daraus ein erhöhter Aus- und Weiterbildungsbedarf, da diese auf die neuen Arbeitsrealitäten vorbereitet werden müssen (Teichmann et al., 2021). Speziell KMU verfügen jedoch selten über konkrete Ansätze, diese Probleme zu adressieren (Teichmann et al., 2019; Teichmann, et al., 2020a, b).

5.2.2 Verbundprojektziele

Das übergeordnete Ziel des Projekts API-KMU bestand darin, in bestehenden Betrieben eine altersgerechte, prozessorientierte und interaktive Weiterbildung und die Sicherung von Erfahrungswissen mithilfe konkreter Virtual-Reality gestützter Ansätze und Methoden zu ermöglichen. Die dafür notwendigen Kompetenzen wurden in einem wissenschaftlich und praktisch breit aufgestellten Projektkonsortium gebündelt. Abb. 5.1 führt die Konsortialpartner aus Wissenschaft und Praxis auf.

Im Ergebnis sollten die beiden Pilot-Unternehmen in die Lage versetzt werden, dem demografischen Wandel und den digitalisierungsinduzierten Herausforderungen auf verschiedenen Ebenen proaktiv entgegen treten zu können. Konkrete Ergebnisse des Verbundvorhabens sind u. a. 1) Ein *VR-basiertes Weiterbildungssystem, das die Lern- und Kompetenzanforderungen erwachsener Beschäftigter adressiert*, 2) Ein *Weiterbildungsansatz und Werkzeugkoffer zur Diagnose, Umsetzung und Management betrieblicher*



Abb. 5.1 Projektkonsortium API-KMU

Qualifizierung sowie 3) *Praxisnahe Einsatzkonzepte, die KMU befähigen, Weiterbildungsbedarfe zu ermitteln, betriebliche Qualifizierungsangebote alternsgerecht arbeits- und prozessnah zu entwerfen und Erfahrungswissen zu sichern*¹.

VR-Räume stellen einen wesentlichen Teil des VR-basierten Weiterbildungskonzeptes dar. Die damit verbundenen Erstellungsprozesse skizziert der Beitrag.

5.2.3 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise des Projektes ist an den Design-Science-Ansatz nach Peffers et al. (2007) angelehnt. Abb. 5.2 zeigt die methodischen Grundlagen des Ansatzes auf.

Zuerst wurden im Rahmen einer ersten *Problemidentifikation* Prozesse, Technologien, Aufgaben und notwendige Kompetenzen in den exemplarischen Anwendungsszenarien *Klebebandherstellung* und *Bearbeitung von Natursteinen* mithilfe von Prozessmodellierungen, arbeitswissenschaftlichen Analysen, Interviews und Feldbeobachtungen erfasst. Darauf basierend wurden aus didaktischer Perspektive einerseits Kriterien für alternsgerechte, prozessnahe und digitale Weiterbildung abgeleitet. Aus inhaltlicher Perspektive wurden, andererseits, wesentliche Prozesskompetenzen bzw. damit verbundenes (Erfahrungs-) Wissen extrahiert. Es folgte die *Zieldefinition*, in der die vorliegenden Ergebnisse in konkrete Weiterbildungs- und Lernziele transferiert wurden. Im anschließenden *Design-*

¹ Das VR-basierte Weiterbildungssystem, der Weiterbildungsansatz sowie die Einsatzkonzepte werden in Anlehnung an die disziplinären Hintergründe der Autoren und Autorinnen im weiteren Beitrag *Artefakte* genannt.

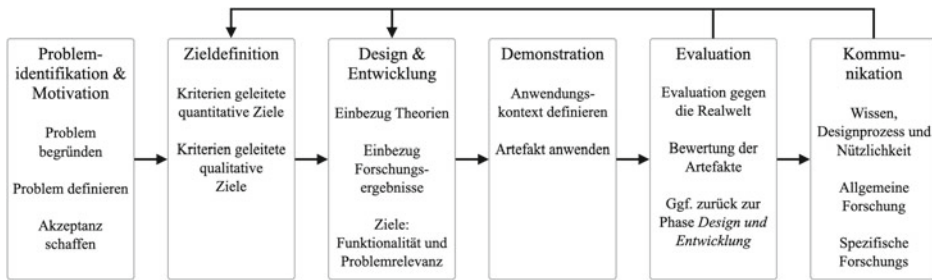


Abb. 5.2 Design-Science-Ansatz nach Peffers et al. (2007)

und Entwicklungsprozess (AA) wurden die Erkenntnisse unter Anreicherung didaktisch-theoretischer Inhalte ebenfalls in Anforderungen an die Gestaltung von VR-basierten Lernräumen übersetzt. Daran anschließend wurden erste Prototypen der Artefakte erarbeitet. In der Phase der *Evaluation* erfolgte deren Erprobung in der betrieblichen Praxis, wobei die gesammelten Erkenntnisse zur Verbesserung der Artefakte genutzt wurden. Final erfolgte die Generalisierung der Ergebnisse in den Partner-KMU.

5.2.4 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Verbundprojekts ermöglichen Beschäftigten den Erwerb neuer Kompetenzen und Qualifikationen sowie den Transfer von prozessverbundenem (Erfahrungs-) Wissen. Die leicht anwendbaren Projektergebnisse ermöglichen es perspektivisch weiteren KMU, Fachkräftemangel und demografischem Wandel durch altersgerechte Weiterbildung als auch durch den systematischen Erfahrungs- und Wissenstransfer proaktiv und ressourceneffizient zu begegnen. Im Ergebnis sind Artefakte entstanden, deren Erstellungsmethodik leicht durch interessierte KMU replizierbar- und damit in einer breiten wirtschaftlichen Praxis integrierbar ist. Eine Ergebnisnutzung in weiteren Branchen, beispielsweise auch in der Maschinenfertigung, Textilwirtschaft und Lebensmittelverarbeitung, ist denkbar.

5.3 Einzel- und Sondermaschinenfertigung – VR-Raum „Klebebandherstellung“

Die *Dr. Shufani GmbH & Co.KG* (Shufani) ist ein inhabergeführtes Unternehmen, das sich durch seine Innovationsfreude und fundierte Sachkenntnis in der Klebebranche auszeichnet. Zur professionellen Be- und Verarbeitung von industriellen Klebebändern und der entsprechenden Entwicklung der dazu notwendigen Maschinen sind langjährige Erfahrung und das Aufgreifen neuester technischer Potenziale notwendig. Shufani liefert auf

Tab. 5.1 Herausforderungen und Zielstellungen der Dr. Shufani GmbH & Co.KG im Projekt

Herausforderungen	Zielstellung
(Erfahrungs-)Wissen ist relevant, um Zusammenhänge (z. B. Einsatzzweck von Maschinenbestandteilen im Produktionsprozess) von Prozessbestandteilen in der Sondermaschinenfertigung zu verstehen	Generationsübergreifender und -inhärenter Transfer von Prozessbasiertem (Erfahrungs-)Wissen mithilfe innovativer (Lern-)Instrumente
Ein hoher Innovationsgrad in der Sondermaschinenfertigung erfordert stetige Weiterbildung der Beschäftigten, neue Personen sind schnell anzulernen	Niedrigschwellige Weiterbildungslösung, die sowohl zur Verteilung von vorhandenem als auch Aufbau von neuem Wissen geeignet ist
Der demographische Wandel verstärkt die Herausforderungen des Standortes, altersübergreifend qualifizierten Nachwuchs zu finden	Modernisierung in der regionalen und internationalen Kommunikation, um das Thema „Klebebandherstellung“ adäquat bzw. interessant zu präsentieren

Basis kundenspezifischer und individueller Anforderungsprofile besonders im Bereich Stanzen, Schneiden, Konfektionieren und Applizieren von Hightech-Klebefolien service- und kundenorientierte, ausbaufähige Modulsysteme und Komplettlösungen. Neben höchster Präzision und Flexibilität bei Individuallösungen spielen vermehrt Automatisierung, Standardisierung und Integrierbarkeit eine zentrale Rolle. Sowohl organisatorisch (z. B. DIN konformen Prozessbeschreibungen) als auch institutionell zeichnet sich die Shufani durch ein hohes Innovationsbestreben aus. Insbesondere der enge und vertrauliche Austausch zwischen operativ Beschäftigten, den einzelnen Projektverantwortlichen und der Geschäftsführung führt zu einem Betriebsklima, in dem alle Anspruchsgruppen gemeinsam auf eine (Weiter-)Entwicklung der Shufani aktiv hinarbeiten. Die Beschäftigten werden konsequent in Innovationen (z. B. Entwicklung neuer Maschinen) eingebunden, wobei alle Erfahrungsperspektiven (z. B. Konzeption, Umsetzung, Vertrieb) eingebracht und diskutiert werden. Insb. die erfahrenen Beschäftigten werden dabei als wesentliche Wissens- und Informationsquelle verstanden, die maßgeblich zum Unternehmens-Erfolg beiträgt. Durch die Arbeit im hochinnovativen Markt der Einzelmaschinenfertigung sind alle Personen mit der Nutzung neuer Technologien bzw. der Notwendigkeit damit verbundener Lernprozesse vertraut.

Tab. 5.1 zeigt die wesentlichen Herausforderungen und Zielstellungen von Shufani.

5.3.1 Präzisierung, Planung und Durchführung des Vorhabens

Durch das Ausscheiden des initialen Praxispartners kam die *Dr. Shufani GmbH & Co.KG* Mitte des Jahres 2021 und damit zu einem fortgeschrittenen Bearbeitungszeitpunkt als

Nachrücker in das Forschungsprojekte. Neben notwendigen administrativen Arbeiten (z. B. Anpassen des Projektrahmenplans, Anpassen der Kooperationsvereinbarung etc.) musste der Plan zur Erstellung des hier beschriebenen VR-Lernraums² an sich angepasst werden. Hierfür wurde ein initialer Projektworkshop zwischen dem LSWI und der Shufani durchgeführt, um die zeitlich ambitionierte Erstellung der Artefakte im Sinne des Design-Science-Ansatzes zu planen. Hierbei wurden sowohl einzelne Schritte als auch Meilensteine sowie Zeitpunkte für deren Erfüllung festgelegt. In den weiteren Kapiteln wird der Prozess der Erstellung des VR-Raumes detailliert beschrieben. Weiterführend werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die interessierte Personen aus der betrieblichen Praxis bei der Durchführung ähnlicher Projekte unterstützen sollen.

5.3.2 Problemidentifikation – Erheben der IST-Situation

Im Rahmen der (vertieften) *Problemidentifikation* erfolgte die Erhebung der IST-Situation im KMU sowie die Ableitung daraus resultierender Zieldimensionen. Bestehende Problemstellungen und Herausforderungen wurden bereits im Vorfeld des eigentlichen Projektvorhabens in rudimentärer Form durch die Shufani definiert, dialogorientiert zwischen dem LSWI und der Shufani besprochen und anschließend in der individuellen Vorhabensbeschreibung des Unternehmens verschriftlicht. Die darin enthaltenden Motivationen und Zielstellungen der Shufani wurden in einem ersten Auftakttreffen – zeitnah terminiert nach der offiziellen Bestätigung der Projektteilnahme durch den Projektträger – geschärft. Hier zeigte sich einerseits, dass eine Begehung der eigentlichen Produktionsstätte wesentlich ist, um bis dato definierte Probleme weiter auszudifferenzieren. Ebenfalls zeigte sich, andererseits, dass durch die direkte Zusammenarbeit unterschiedlicher Personen aus Praxis und Wissenschaft neue Perspektiven auf bestehende Probleme geworfen werden. Dies trägt zu einer Problempräzisierung bei.

Im Ergebnis konnte eine Vielzahl von betriebsspezifischen Anwendungsfällen identifiziert werden, die aus Sicht des Praxispartners Potenziale bieten würden, im Rahmen des VR-Lernraumes umgesetzt zu werden. Die im Auftakttreffen gesammelten Informationen wurden durch den LSWI aufbereitet und mit den Inhalten der Vorhabensbeschreibung synthetisiert. Im Sinne eines „Vier-Augen-Prinzips“ wurde anschließend ein Workshop durchgeführt, um die Anwendungsfälle zu besprechen und zu finalisieren. Tab. 5.2 zeigt die wesentlichen Schritte und Ergebnisse der *Problemidentifikation*.

Zusammengefasst bilden die erhobenen Anwendungsfälle relevanter Bereiche der betrieblichen Realität ab. Durch den dialogorientierten Prozess ist weiterführend festgestellt, dass sowohl die Ansprüche der Praxis (z. B. Relevanz für Geschäftsprozesse,

² Obwohl im Kontext des vorliegenden Anwendungsfalles mehrere VR-Lernräume entstanden sind, wird weiterführend der Erstellungs- bzw. Design-Prozess des VR-Lernraumes „Klebebandherstellung“ fokussiert.

Tab. 5.2 Konsolidierte Problemidentifikation bei der Dr. Shufani GmbH & Co.KG

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
Auftakttreffen zur weiteren Abstimmung der Mitarbeit im Projekt bei Shufani Partner: LSWI Shufani	Erste Betriebsbegehung mit dem LSWI inkl. schriftlicher und bildlicher Dokumentation der Betriebsstätte Ableitung möglicher Anwendungsfälle für VR-Lernräume: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Grundlagen der Klebebandtechnologie • Anlernen und interne Schulung an der Rotationsstanze • Einstellung der Bahnspannung an der Rotationsstanze • Einstellung des Schlupf's an der Rotationsstanze • Bedienungsanleitungen diverser Maschinen in VR 	Katalog mit möglichen Anwendungsfällen sowie deren groben Beschreibungen
Workshop zur Spezifizierung der Anwendungsfälle bei Shufani Partner: LSWI Shufani	Dialogorientierte Konsolidierung und Konkretisierung der Anwendungsfälle: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in die Grundlagen der Klebebandtechnologie • Einführung und Nutzung der Rotationsstanze • Einführung und Nutzung der Abstechmaschine • Einführung und Nutzung der Appliziermaschine Bildliche Dokumentation einzelner Produktionsstätten sowie von gefertigten Maschinen, bereit für die Auslieferung	Finale Anwendungsfälle, inkl. Prozessbeschreibungen, Bilder und Beschreibungen wesentlicher Maschinen

Wirtschaftlichkeit bzw. Abbildung wesentlicher Prozesse sowie Relevanz für die Arbeitsrealität der praktisch Beschäftigten) als auch notwendige konzeptionell-wissenschaftliche Voraussetzungen (z. B. standardisierte Dokumentation von Prozessen durch abstrahierte Prozessbeschreibungen und -modelle und Sicherung von Informationen) geschaffen werden. Der punktuelle Austausch „vor Ort“ sowie eine regelmäßige Rücksprache „online“ wurden sowohl von der Shufani als auch dem LSWI als wesentlich angesehen, um die vielfältigen Perspektiven auf einen Betrachtungsgegenstand zu vereinen.

Tab. 5.3 zeigt Handlungsempfehlungen, die sich aus den Projekterfahrungen ableiten lassen.

Tab. 5.3 Handlungsempfehlungen für die Problemidentifikation

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
1	Praxis und Wissenschaft schauen aus unterschiedlichen Perspektiven auf einen Gegenstand	Der stetige Austausch zwischen der Praxis und Wissenschaft ist enorm wichtig, um „eine gemeinsame Sprache“ in Umsetzungsprojekten zu finden. Ein initiales Treffen „vor Ort“ hilft, sich innerhalb des Projektkonsortiums kennen und verstehen zu lernen. Wissenschaftlich und/oder konzeptionell arbeitende Personen können einen wertvollen Einblick in die eigentliche Betriebspraxis erhalten, praktisch Arbeitende profitieren von wissenschaftlichen Erkenntnissen
2	„Das habe ich sicher verstanden“ – Fehlende Kommunikation führt zu Mehrarbeit	Ein stetiger und zeitlich definierter Austausch, z. B. im Rahmen eines Jour-Fixes hilft, Anforderungen der Praxis auf der einen und konzeptionelle Arbeit auf der anderen Seite nahe beieinander zu halten. Missverständnisse, hervorgerufen z. B. durch unterschiedliche Begrifflichkeiten oder fehlendes betriebliches Fachwissen bzw. daraus resultierende Mehrarbeit können so vermieden werden
3	Quo vadis, Datenhaltung?	Eine durchdachte Datenhaltung ist wesentlich für den gelingenden Projektablauf. Im Vorhinein sollte zwischen den Partnern abgesprochen werden, mit welchen Datei-Formaten (z. B. Word oder Pages) gearbeitet bzw. welches Speichermedium (z. B. zentrale oder dezentrale Lösungen) genutzt werden soll. Alle Partner sollten zu deren technischer Umsetzung in der Lage sein

5.3.3 Design-Zirkel 1: Konzeptionelles didaktisches Design des VR-Raums: Der Konzeptionsplan

Das Ziel des ersten Design Zirkels bestand in der Konzeption des didaktischen Designs des VR-Lernraums „Klebebandherstellung“. Hierfür mussten einerseits Anforderungen der betrieblichen Praxis aus verschiedenen Perspektiven (z. B. Geschäftsführung, Mitarbeitende, Multiplikatoren) zu unterschiedlichen Themenschwerpunkten (z. B. Inhalte, didaktische Ansprüche) erhoben werden. Andererseits mussten die erhobenen Inhalte bzw. die daraus abgeleiteten Ziele sowie einhergehende Ideen in der Gestalt standardisiert werden, als dass daraus eine konzeptionell fundierte Grundlage für die praktische Umsetzung

entstehen konnte. Zusammengenommen bestand auch in dieser Phase die Herausforderung darin, Perspektiven unterschiedlicher Anspruchsgruppen zu koordinieren und in ein für den weiteren Projektverlauf sinnvolles Format – nämlich einen *Konzeptionsplan zur Erstellung des VR-Raumes* – zu bringen.

Diese Punkte aufgreifend, wurde sich dem Design-Science Ansatz folgend für ein zirkuläres Vorgehen entscheiden, in dem die Phasen *Zieldefinition* und *Design & Entwicklung (D&E)* abwechselnd durchlaufen wurden. Im Ergebnis konnte dadurch der stetige Austausch zwischen Praxis bzw. den späteren Adressaten sowie der konzeptionell-wissenschaftlichen Arbeit sichergestellt werden.

Tab. 5.4 zeigt die Entstehungshistorie des *Konzeptionsplanes* sowie damit verbundener Meilensteine.

Abb. 5.3 zeigt einen Ausschnitt des finalisierten *Konzeptionsplans*.

Tab. 5.5 dient als Legende des *Konzeptionsplans* und beschreibt die genutzten Systemisierungselemente bzw. deren Unterelemente kurz.

Zusammengefasst sind im *Konzeptionsplan* wesentliche Ansprüche der Praxis bzw. damit verbundene Wissens- und Informationsquellen (z. B. Slides, Mitschriften aus Projekttreffen, Interviews etc.) gebündelt. Im Ergebnis stellt der Plan damit einen zentralen Wissensspeicher im Projekt dar. Ebenfalls dient jener auch als Grundlage für die praktische Umsetzung des VR-Raums, die im folgenden Kapitel beschrieben wird.

Tab. 5.6 zeigt Handlungsempfehlungen, die aus dem Vorgehen ableitbar sind.

5.3.4 Design-Zirkel 2: Praktische Umsetzung des VR-Raums

Das Ziel des zweiten Design-Zirkels bestand in der praktischen Umsetzung des *Konzeptionsplans* innerhalb der vom technischen Umsetzer bereitgestellten 3D-Lösung. Ähnlich wie im ersten Design-Zirkel wurde sich auch hier aus den gleichen Gründen – nämlich dem engen Austausch zwischen betrieblicher Praxis und konzeptioneller Wissenschaft – für ein iterativ-zirkuläres Vorgehen entschieden, wobei die Phasen *Zieldefinition* und *Design & Entwicklung* abwechselnd realisiert wurden³.

Tab. 5.7 zeigt auf, in welchen Schritten bzw. mit welchen Meilensteinen der VR-Raum erarbeitet wurde.

Zur Veranschaulichung des Fortschrittes innerhalb des Design-Prozesses werden weiterführend verschiedene Beispiele aufgeführt, die innerhalb des Erstellungsprozesses dokumentiert wurden.

Abb. 5.4 zeigt die erste *Skizze für das VR-Raumdesign*.

³ Anzumerken ist, dass die Designphasen *Erstellung des VR-Raumes* sowie *Erstellung der 3D-Elemente* parallel durchgeführt wurden, auf eine grafische Darstellung jedoch aufgrund der Lesbarkeit des Beitrages verzichtet wurde.

Tab. 5.4 Entstehungshistorie des Konzeptionsplans

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
D&E 1 -Konzeption von <i>Weiterbildungsfeldern</i> auf Basis der Anwendungsfälle Partner: LSWI	Ableitung möglicher <i>Wissensfelder</i> , die die identifizierten Anwendungsfälle abbilden: <ul style="list-style-type: none"> • W1: Einführung • W2: Stanzen • W3: Abstechen • W4: Applizieren Ableitung möglicher <i>Lerneinheiten</i> , die in einem Wissensfeld adressierbar sein könnten Erstellung eines zentralen <i>Konzeptionsplans</i>	Definition von initialen <i>Wissensfeldern</i> Erstellung eines zentralen Dokuments, das als Grundlage zur Erstellung des VR-Raums dient
Zieldefinition 1 – Fokus: Lerninhalte Partner: LSWI Shufani IHK-P	<i>Leitfrage:</i> Welche konkreten (Lern-)Inhalte bzw. (Erfahrungs-) Wissen sind in den identifizierten Wissensfeldern aus Sicht des Praxispartners und des Multiplikators denkbar? Dialogorientierte Identifizierung wesentlicher (Lern-)Inhalte Befragung der Beschäftigten zu konkreten inhaltlichen Wünschen an Weiterbildung Systematisierung der (neuen) (Lern-)Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Definition von <i>Lerneinheiten</i> je <i>Wissensfeld</i> • Zuordnung von <i>Lernobjekten</i> je <i>Lerneinheit</i> • Ableitung von <i>Lernzielen</i> je <i>Lernobjekt</i> D&E 2: Fortschritt des <i>Konzeptionsplanes</i> unter Einbezug theoretischer Zugänge zum Thema durch den LSWI	Zusätzliche Inhalte, die im VR-Raum präsentiert werden sollen Zuordnung dieser Inhalte zu den jeweiligen <i>Wissensfeldern</i> und anschließenden Ebenen Gemeinsames Verständnis der Begriffe <i>Lerneinheiten</i> , <i>Lernobjekte</i> und <i>Lernziele</i> Fortgeschriebener <i>Konzeptionsplan</i>

(Fortsetzung)

Tab. 5.4 (Fortsetzung)

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
Zieldefinition 2 – Fokus: Didaktik Partner: LSWI Shufani	<p><i>Leitfrage:</i> Welche didaktischen Ansprüche sollte der VR-Raum erfüllen, um aus Sicht der Zielgruppe zu Lernerfolg zu führen?</p> <p>Befragung der Beschäftigten zu konkreten Wünschen hinsichtlich didaktischer Gestaltung des VR-Raumes</p> <p>Identifizierte Kernaspekte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abgesteckte Lerneinheiten • Praxisnähe, einfache Bedienbarkeit, • Breite Auswahl an Lernmedien <p>Zudem Abgleich der bisher identifizierten <i>Wissensfelder</i>, <i>Lerneinheiten</i> und <i>Lernobjekte</i></p> <p>D&E 3: Fortschritt des <i>Konzeptionsplanes</i> unter Einbezug theoretisch-didaktischer Zugänge durch den LSWI</p>	Kriterien zur didaktischen Gestaltung des VR-Lernraums aus Sicht der Adressaten Final abgeglichene <i>Lerneinheiten</i> , <i>Lernobjekte</i> und <i>Lernziele</i> Fortgeschriebener <i>Konzeptionsplan</i>
Zieldefinition 3 – Fokus: 3D-Inhalte Partner: LSWI Shufani Room	<p><i>Leitfrage:</i> Welche didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten bietet der VR-Raum?</p> <p>Vorstellung der <i>Wissensfelder</i> etc. durch Shufani, room als technischer Umsetzer gibt Rückmeldung, welche damit verbundenen didaktischen Ideen des LSWI ob und wie umsetzbar sind</p> <p>Definition notwendiger Maschinenmodelle und 3D-Animationen, die in Design-Zirkel Nr. 2 erstellt werden</p> <p>D&E 4: Finalisierung des <i>Konzeptionsplanes</i></p>	Gemeinsames Verständnis der Partner, welche didaktischen Ideen technisch umsetzbar sind <i>Lastenheft – 3D-Elemente</i> Finalisierter <i>Konzeptionsplan</i>

Kürzel	Lernobjekte	Lernziel				Lernmedien						Quelle				
		Praxisprozess	Reflexion	Lösungskomp	Beschreibung	Slide	Vid. E.	Vid. I.	Tonspur	3D-Mod.	3D-An.	3D-An.I.	Abb.	Dokument/Datei	S	
AP C1	Lerneinheit "Maschinenkunde: Rotationsstanze"															
C1.1	Modulkunde	X	X	...				X	X						-	...
C1.2	Anforderungsspezifische Modulkombination		X	...						X				C1.1	...	
C1.3	Teile-ABC	X		...		X					X			-	...	
C1.4	Modulkombination		X	X				X				X		C1.3	...	
AP C2	Lerneinheit "Anforderungserhebung durch potenzielle Kunden"															
C2.1	Einzel- vs. Sondermaschinenfertigung	X		...		X		X	X				X	-	...	
C2.2	Beispiel: Stanzverfahren im Vergleich	X	X	...				X	X				X	C2.1	...	
C2.3	Anforderungsgerechte Bedarfserhebung	X	X	...				X	X				X	-	...	
C2.4	Beispiel: Angebotsstellung		X	...			X		X				X	C2.3	...	
C2.5	Lösungs-Komp: Anforderungsgerechte Modul-Auswahl		X	X					X				X	C2.3/4	...	

Abb. 5.3 Ausschnitt aus dem Konzeptionsplan

Tab. 5.5 Legende Konzeptionsplan

Titel	Beschreibung
Kürzel	Jedes <i>Lernobjekt</i> erhält ein Kürzel. Kürzel sind wesentlich für die zielführende „Kommunikation“ und „Navigation“ innerhalb des Plans. So kann z. B. im Feld „Abh.“ (Abhängigkeit) ein <i>Kürzel</i> eingetragen werden um zu signalisieren, dass Lernende das jeweilige <i>Lernobjekte</i> erst dann bearbeiten können, wenn das <i>Lernobjekt</i> hinter dem <i>Kürzel</i> bearbeitet wurde
Wissensfeld	<i>Wissensfelder</i> dienen als erste Systematisierungsebene der (Lern-) Inhalte und vereinen damit alle (Lern-)Inhalte, die die Lernenden zu einem bestimmten Themenfeld erlernen sollen. <i>Wissensfelder</i> können sich sowohl aus konkreten Anwendungsfällen eines Unternehmens als auch aus der Theorie (z. B. Ausbildungsverordnungen oder zu erlernenden Methoden ergeben)
Lerneinheit	<i>Lerneinheiten</i> stellen die zweite Systematisierungsebene von (Lern-) Inhalten dar. Zweck und Ziel ist es, ein <i>Wissensfeld</i> sinnvoll weiter zu unterteilen und die (Lern-)Inhalte greifbarer zu machen. <i>Lerneinheiten</i> sollten immer thematisch mit dem <i>Wissensfeld</i> verbunden sein, um Verwirrungen zu vermeiden
Lernobjekt	Ein <i>Lernobjekt</i> stellt die dritte und damit kleinste Systematisierungsebene von (Lern-)Inhalten dar. Erstere sind bereits eindeutig definiert, was sich ebenfalls in der Formulierung wiederfindet
Lernziel	<p><i>Lernziele</i> umfassen die (Lern-)Inhalte die von Lernenden gelernt werden sollen. Eine (kurze) „Beschreibung“ hilft, <i>Lernziele</i> klar und deutlich zu umreißen. Zudem bietet sich eine Differenzierung in unterschiedliche Wissensarten an, die sich (später) direkt auf die Gestaltung im Raum auswirkt. Hierbei kann (beispielhaft) zwischen folgenden Wissensarten unterschieden werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Praxiswissen</i>: Wissen, dass zur Lösung von konkreten Aufgaben notwendig ist • <i>Prozesswissen</i>: Wissen, dass zum Verständnis eines Prozesses benötigt wird • <i>Reflexionswissen</i>: Wissen, dass zur eigenständigen Reflexion unbekannter Inhalte befähigt • <i>Lösungskompetenz</i>: Die Fähigkeit, eigenständig neue und unbekannte Probleme zu lösen

(Fortsetzung)

Tab. 5.5 (Fortsetzung)

Titel	Beschreibung
Lernmedium bzw. -medien	<p><i>Lernmedien</i> beschreiben jene Medien, die innerhalb des VR-Raums Anwendung finden können. Hier bietet sich in Rückgriff auf gängige didaktische Ansätze folgende Unterteilung an:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Folien</i>: Konventionelle Folien, die innerhalb des VR-Raumes Wissen präsentieren • <i>Videos – E./I.</i>: Externe und/oder Interne Videos, die im VR-Raum abgespielt werden • <i>Tonspuren</i>: Audiodateien (z. B. als Podcast), welche Wissen im VR-Raum kommunizieren • <i>3D-Modelle</i>: 3D-Darstellungen, die reale Objekte (z. B. eine stillstehende Maschine) ohne weitere Funktionsdarstellungen in der virtuellen Realität darstellen • <i>3D-Animationen</i>: 3D-Darstellungen, die reale Objekte (z. B. eine produzierende Maschine) mit weiteren Funktionsdarstellungen (z. B. Bewegungsabläufe) in der virtuellen Realität darstellen • <i>3D-Animationen mit Interaktionsmöglichkeiten</i>: 3D-Darstellungen, die reale Objekte (z. B. eine Maschine) mit unterschiedlichen Funktionsdarstellungen, steuerbar durch die Lernenden (z. B. Ein- und Ausschalten einer Maschine), darstellen <p><i>Lernmedien</i> sollten immer in Kombination genutzt werden um den Lernerfolg zu gewährleisten. Beispielhaft bietet sich eine Kombination von <i>Tonspuren</i> (z. B. als Podcast) und den aufgeführten 3D-Medien an. Eine genaue wissenschaftliche Untersuchung zu „Best-Practices“ steht jedoch noch aus</p>
Quelle	Gibt an, aus welcher <i>Quelle</i> die (Lern-)Inhalte stammen bzw. aus welcher die <i>Wissensfelder</i> etc. abgeleitet wurden. An dieser Stelle sollte der genaue Dateiname angegeben werden, um nachträgliche Mehrarbeit zu vermeiden

Der darauf basierende *Prototypische VR-Raum „Klebebandherstellung“* wird in Abb. 5.5 dargestellt. Der angestrebten Übersichtlichkeit geschuldet wird hier eine „Vogelperspektive“ eingenommen, bei der von oben auf den Raum geschaut wird.

Die im Gestaltungsprozess genutzten 3D-Elemente bzw. die dahinterliegenden Informationen wurden im erstellten *Raumgestaltungsplan* systematisch aufgeführt. Der Plan diente über den kompletten Projektverlauf als zentrales Dokument, in dem alle Änderungen innerhalb eines VR-Raums notiert wurden. Für jeden einzelnen VR-Raum wurde ein separater *Raumgestaltungsplan* erstellt.

Abb. 5.6 zeigt einen Ausschnitt des Plans für den hier vorgestellten VR-Raum.

Weiterführend wird die Entstehungshistorie der 3D-Animation mit Interaktionsmöglichkeiten *Rotationsstanze* bildlich dargestellt.

Abb. 5.7 zeigt das Foto einer realen Rotationsstanze.

Tab. 5.6 Handlungsempfehlungen für konzeptionsorientierte Design-Zirkel

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
1	Ungenügende Datenqualität	Wesentliche Handlungsempfehlungen zum Thema Datenhaltung wurden im vorherigen Kapitel aufgezeigt. Zusätzlich ist die exakte Benennung von Datenquellen unverzichtbar, um anschließende Mehrarbeit zu verhindern. Hierfür bietet sich ein festgelegtes Schema an (z. B. <i>Datum_Kürzel_Inhalt</i>) an, dass im Projekt genutzt wird. Die Pflege unterschiedlicher Dokumente verlangt Disziplin, ist hinsichtlich der Vermeidung von Mehrarbeit jedoch äußerst zielführend!
2	Einbezug aller Anspruchsgruppen – Potenziale	Der Einbezug aller Anspruchsgruppen in die anvisierte (Teil-)Lösung ist nicht nur vor dem Hintergrund des Design-Science-Ansatzes sinnvoll. Die Möglichkeit, an der Erstellung konkreter Ergebnisse mitwirken zu können, erhöht die Akzeptanz der Beteiligten am (Forschungs-)Vorhaben, sichert vorgelagerte Ergebnisse im Sinne eines „Vier-Augen-Prinzips“ ab und ermöglicht neue Perspektiven auf bestehende Inhalte, die die Qualität des Endproduktes steigern
3	Einbezug aller Anspruchsgruppen – Risiken	Der Einbezug unterschiedlicher Perspektiven resultiert oft in der Generierung vieler Ideen, deren Umsetzung aufgrund vorhandener personeller Ressourcen, technischer Beschränkungen oder anderweitiger Gründe (z. B. Zeitdruck) nicht realisierbar sind. Für die Konzeptionsarbeit sind folglich leitende Instanzen bzw. Personen notwendig, die Ideen komprimieren, synthetisieren und ggf. moderieren. Hier bieten sich Personen mit Projekterfahrung an

(Fortsetzung)

Tab. 5.6 (Fortsetzung)

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
4	Fortschreibung von Dokumenten	Die stetige Weiterentwicklung von Dokumenten ist obligatorisch, um gemeinsam formulierte Erkenntnisse sowie Richtungs- oder Designentscheidungen zu formalisieren. Hier bietet sich ebenfalls die Einrichtung eines Archives (dabei die Hinweise zur Datenhaltung beachten!) an, mit deren Hilfe die Versionshistorie von zentralen Dokumenten auch später noch nachvollziehbar ist
5	Einhaltung des Wirtschaftlichkeitsprinzips bei 3D-Elementen	Nicht alle Dinge, die in 3D dargestellt werden können, müssen zwangsläufig in 3D dargestellt werden. Die Erstellung von 3D-Elementen ist in der Konzeption und Durchführung anspruchsvoll, wodurch in der Summe schnell hohe Kosten entstehen können. Ein gut ausgearbeiteter <i>Konzeptionsplan</i> hilft, <i>3D-Elemente</i> didaktisch zielführend und damit kosteneffizient einzusetzen

Abb. 5.8 zeigt das erste Modell, das basierend auf den von der Shufani zur Verfügung gestellten Informationen durch das Modellierungsteam von room erschaffen wurde.

Abb. 5.9 zeigt die Detailansicht des finalen 3D-Elements *Rotationsstanze*, in der Lernende u. a. unterschiedliche Anwendungsfälle mittels Interaktion auslösen können.

Die anschließende Abb. 5.10 zeigt einen ausschnittshaften Vergleich eines Maschinenbauteils der *Rotationsstanze* in realer und virtueller Darstellung.

Zusammengefasst ist im zweiten Design-Zirkel ein vorzeigbares, *prototypisches* Artefakt entstanden, dass die Ideen des *Konzeptionsplanes* in den virtuellen Raum überführt. Die dafür notwendigen Modellierungs-Kompetenzen mussten jedoch erst erworben werden, wodurch an einigen Stellen Mehrarbeit nicht zu vermeiden war. Im Ergebnis zeigte sich jedoch auch, dass die Modellierungsverantwortlichen schnell besser in der praktischen Arbeit wurden, womit der notwendige Zeit- und Ressourcenaufwand stetig reduziert werden konnte. Folglich lassen sich aus der Projekterfahrung jene Herausforderungen und Handlungsempfehlungen ableiten, die in Tab. 5.8 notiert sind.

5.3.5 Evaluationszirkel 1 – Evaluation im Konsortium

Dem Design-Science Ansatz folgend wurde der *Prototypische VR-Raum* „Klebebandherstellung“ in zwei verschiedenen Evaluationszirkeln geprüft. Das Ziel einer *Evaluation*

Tab. 5.7 Entstehungshistorie des prototypischen VR-Raums „Klebebandherstellung“

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
Zieldefinition 1 – Skizze für Raum-Design Partner: LSWI Shufani	Auf Basis des <i>Konzeptionsplanes</i> wurde eine <i>Lernreise</i> erarbeitet, die <i>Wissensfelder</i> etc. unter Berücksichtigung didaktischer Gestaltungsrichtlinien vereint Basierend auf der konzeptionellen <i>Lernreise</i> wurde weiterführend eine erste <i>Skizze für das VR-Raumdesign</i> erstellt Die <i>Skizze</i> wurde anschließend im Dialog mit der Shufani besprochen und entsprechend der Anmerkungen angepasst Erstellung eines zentralen <i>Raumgestaltungsplan</i> , in dem genutzte 3D-Elemente, damit verbundene Lernmedien und -inhalte sowie weiterführende Informationen vereint sind, die im Gestaltungsprozess genutzt werden	Didaktisch fundierte Lernreise, überführt in eine <i>Skizze für das VR-Raumdesign</i> Erstellung eines <i>Raumgestaltungsplans</i> mit 3D-Elementen, Lernmedien und -inhalten
D&E 1 – Erstellung des VR-Raums und dazugehöriger Lernmaterialien Partner: LSWI Shufani	Die Erstellung eines ersten Prototyps wurde auf Basis der <i>Skizze für das VR-Raumdesign</i> realisiert Der allgemeine Fortschritt wurde in zweiwöchigen Treffen zwischen dem LSWI und der Shufani besprochen, ausgewertet und ggf. um Änderungswünsche ergänzt Ebenfalls wurden vorhandene Informationen (z. B. Slides, Notizen etc.) didaktisch und redaktionell durch den LSWI überarbeitet bzw. durch die Shufani ergänzt und final in Lernmaterialien und -medien (z. B. Podcasts) überführt	Erstellung eines <i>prototypischen VR-Raums</i> „Klebebandherstellung“ (V1)

(Fortsetzung)

Tab. 5.7 (Fortsetzung)

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
Zieldefinition 2 – Konzeptionelle Grundlagen der 3D-Modellierung Partner: Shufani Room	<p>Definition jener Informationen und deren Form, die für eine erfolgreiche Modellierung vorliegen müssen, Grundlage bildet hier das <i>Lastenheft bzgl. benötigter 3D-Elemente</i> aus Zirkel 1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informationen zur Rotationsstanze, Abstechmaschine und Appliziermaschine • Informationen zu Anwendungsfällen von Klebeband • Informationen zu Materialien (z. B. Klebebandrollen) <p>Durch Shufani wurden folgende Informationen über den gemeinsamen Datenspeicher bereitgestellt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Strukturierte Skizzen, technische Zeichnungen und sonstige Dokumente der Maschinen • Bilder aus diversen 360 Grad Perspektiven • Videos von produzierenden Maschinen (z. B. beim Kunden) • Detaillierte Beschreibungen funktionaler Module und Erfassen einzelner Bedienelemente <p>Die Informationen wurden durch Rücksprache mit den Beschäftigten validiert</p>	Wesentlichen Informationen zu Maschinen, Anwendungsfällen und Materialien, die als Grundlage für die 3D-Modelle dienen
D&E 2 – Erstellung der 3D-Elemente Partner: room Shufani	<p>Im Rahmen der Erstellung der 3D-Elementen wurden über 150 3D-Modelle sowie 3D-Animationen erstellt Grundlage bilden hier die von Shufani bereitgestellten Informationen, die in wöchentlich stattfindenden Treffen besprochen, erweitert und ggf. angepasst wurden Ebenfalls wurden einzelne Entwicklungsstufen der 3D-Element in den Treffen besprochen, so dass diese die Ansprüche der Praxis erfüllen konnten</p>	Diverse <i>3D-Elemente</i> in Form von <i>3D-Modellen, 3D-Animationen</i> und <i>3D-Animationen mit Interaktionsmöglichkeiten</i>

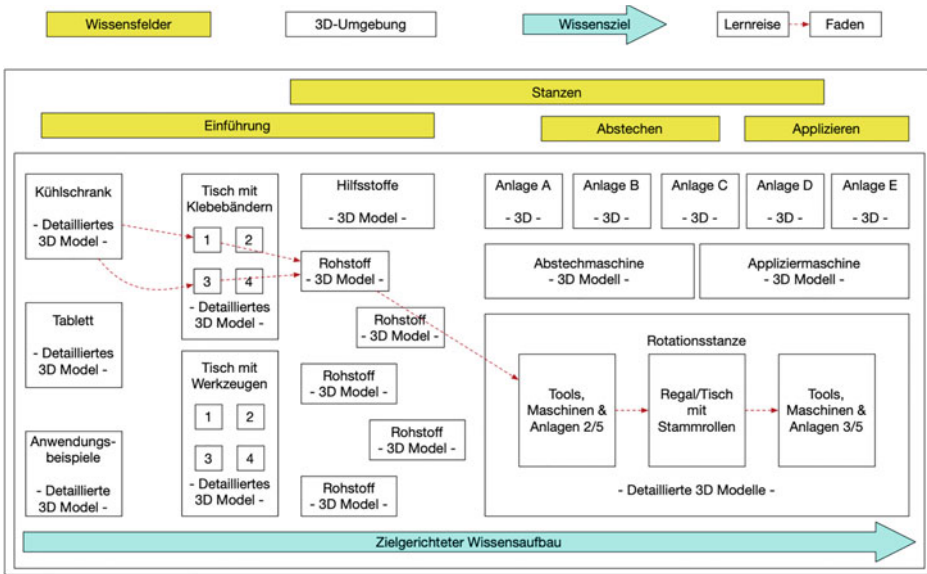


Abb. 5.4 Skizze für das VR-Raum Design

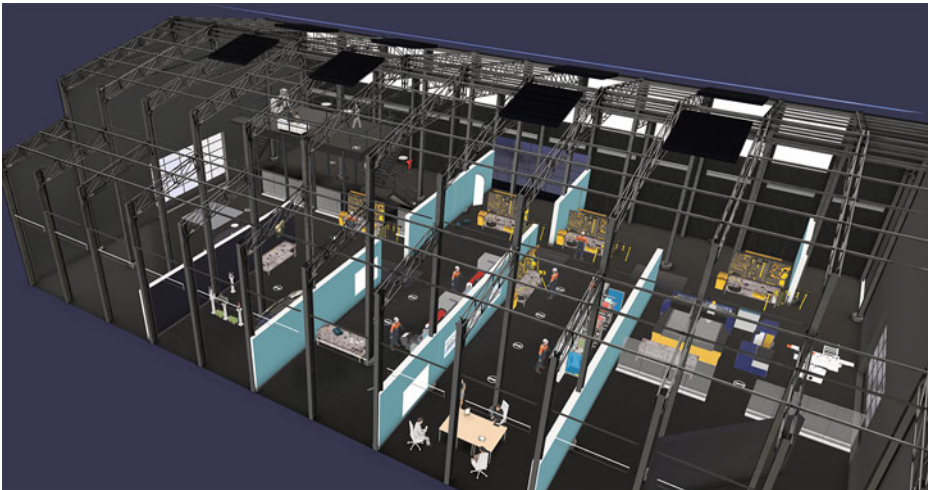


Abb. 5.5 Prototypischer VR-Raum „Klebebandherstellung“ (V1)

Raum		Lernmedium + Inhalt			Podcast		Status
Raum-Abschnitt	Primäre Lernmedienkombination	Element im Raum	Element im product viewer	Quelldatei	Dateiname	Länge	
Eingangsbereich	-	Kopfhörer	-	-	Begrüßung	44s	
Formstanzeile - Definition und Beispiele	3D-Modell und Podcast	Tablet	Klebstoffflasche	Slide: Was ist Verbindungstechnik	Pod. 1 - Was ist Verbindungstechnik	50s	Abgeschlossen
		Shufani Aufgestellte Rolle - blau	Shufani Duct Tape Deutschlandform	Slide: Wann entscheidet man sich für Klebebänder bzw. Formstanzeile von Klebebändern?	Slide 2 - Wann unterscheidet man sich für Klebebänder	1m 6s	Abgeschlossen
		Kaffeemaschine	Kaffeemaschine	Slide: Vom Ur- zum Endprodukt - Das Formteil	Pod. 3 - Vom Ur zum Endprodukt Das Formteil	53s	Offen
		Shufani Aufgestellte Rolle - schwarz	Shufani Jumborolle Variante 1	Slide: Vom Klebebandhersteller zum „Converter“	Pod. 4 - Vom Klebebandhersteller zum Converter	1m 22s	Abgeschlossen
		Applewatch	Applewatch	Podcast Fertigung	Podcast Fertigung	37s	Offen
Summe						4m 48s	

Abb. 5.6 Ausschnitthafte Darstellung aus dem Raumgestaltungsplan des VR-Raums „Klebebandherstellung“⁴



Abb. 5.7 Foto einer realen Rotationsstanze in der Produktionshalle der Shufani

besteht darin, die Passbarkeit der entstehenden Artefakte – also in diesem Fall dem VR-Raum – hinsichtlich der Anforderungen der Praxis⁴ zu prüfen. Zirkulär sollen dabei Verbesserungspotenziale generiert werden und in das Design überführt werden. Ein Evaluationszirkel besteht dabei aus den (sich wiederholenden) Phasen der

⁴ Eine Evaluation muss nicht immer (nur) gegen die Praxis stattfinden, ebenfalls ist eine Evaluation gegen die Theorie oder die identifizierte Forschungslücke möglich. Interessierten Personen ist zur weiteren Lektüre Peffers et al. (2007) empfohlen. Ein weiteres Beispiel für die Evaluation eines Designs ist etwa bei Ullrich (2018) und Teichmann et al. (2020a, b) zu finden.

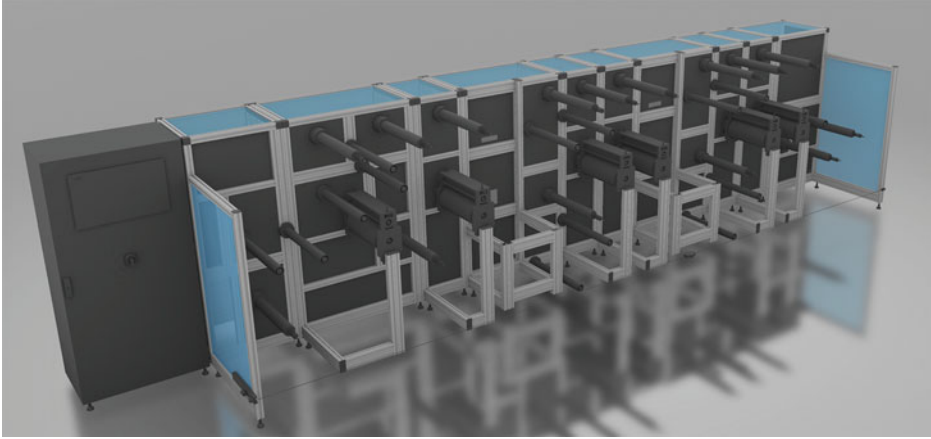


Abb. 5.8 Erstes VR-Modell der Rotationsstanze

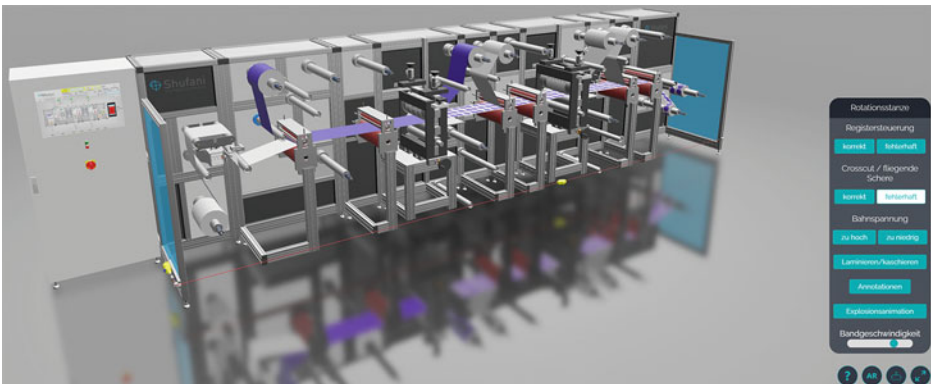


Abb. 5.9 3D-Modell der Rotationsstanze mit Interaktionsmöglichkeiten



Abb. 5.10 Reales und virtuelles Abrollmodul im Vergleich

Tab. 5.8 Handlungsempfehlungen für umsetzungsorientierte Design-Zirkel

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
1	Kreative Arbeit ist nicht oder nur sehr schwer standardisierbar	Im Projekt wurde eine möglichst hohe Standardisierung innerhalb des Erstellungsprozesses anvisiert. Diese mag zwar in vielen Schritten zielführend sein (z. B. Informationserhebung, Datenspeicherung etc.), gleichzeitig stellt die Gestaltung eines VR-Raums kreative Arbeit dar. Dies erfordert sowohl kreatives Interesse als auch – im besten Falle – Vorerfahrungen in oder mit virtuellen Räumen. Letztere kann jedoch auch durch „Learning-by-doing“ ersetzt werden
2	Notwendige didaktische Kompetenzanforderungen beachten	Erfahrung und didaktische Kompetenzen sind wesentlich für die kreative Arbeit, da die Qualität des Raumes stark von der „inneren“ Vision der modellierenden Person abhängt. Verantwortliche sollten entsprechend über notwendige didaktische Kompetenzen verfügen. Bestenfalls haben verantwortliche Personen ebenfalls aktiv an der Erstellung des <i>Konzeptionsplans</i> mitgewirkt
3	Handhabung von Modellierungswerkzeugen	Die technische Handhabung von Modellierungswerkzeugen ist methodisch nicht trivial und auch nicht einfach zu erlernen. Entsprechend sollten für die Erstellung des VR-Raumes klare Verantwortungen vergeben werden, die explizit an einzelne Personen oder Gruppen gekoppelt sind. Lernkurven in der Bedienung und damit einhergehende Zeitersparnisse können so maximiert werden
4	Notwendige Rechenkapazität	Die Programmierung der meisten VR-Lösungen im Endnutzerebereich wird immer effizienter, so dass immer weniger Rechenkapazität (z. B. bei 3D-Brillen) gebraucht wird. Obwohl dies in begrenztem Maße auch für die Modellierung gilt, verlangt die Erstellung von VR-Räumen immer noch rechenstarke Endgeräte. Die Anschaffung leistungsstarker Computer ist empfehlenswert

(Fortsetzung)

Tab. 5.8 (Fortsetzung)

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
5	Komplexität beherrschbar machen mittels <i>Raumgestaltungsplan</i>	Ein VR-Raum kann als „lebendiges“ Artefakt betrachtet werden, dass im Laufe des Projektverlaufes wächst und sich entwickelt. Diese Entwicklung muss, auch hinsichtlich potenzieller Weiterentwicklung (z. B. in Richtung Nutzung als Forschungsmedium) oder Wechsel der Verantwortlichkeit, durch modellierungsverantwortliche Personen beherrschbar bleiben. Im Laufe des Projektes zeigte sich, dass ein <i>Raumgestaltungsplan</i> wesentlich ist, um Modellierungsentscheidungen – z. B. welcher Lerninhalt hinter welchem 3D-Element in welchem Abschnitt verborgen ist – schnell nachvollziehen zu können
6	Vertrauen schaffen	Die Modellierung von komplexen 3D-Elementen wie z. B. Sondermaschinen verlangt einen „360-Grad-Blick“ auf den zu modellierenden Gegenstand. Dies erfordert auch sensible Dokumente wie z. B. Konzeptskizzen oder Dokumentationen, die für ein Praxisunternehmen wesentlich für den Geschäftszweck sind. Hier ist sowohl Datenhaltungs- (z. B. Cloud-Lösungen, die vor Fremdzugriff geschützt sind) als auch projektseitig sicherzustellen, dass alle Informationen vertraulich behandelt und nur im Rahmen des Projektes genutzt werden

Demonstration, Evaluation und *D&E*. In *Evaluationszirkel 1* wurden Vertreter aus den Bereichen Geschäftsführung, Projektleitung sowie Administration aus dem Projektkonsortium befragt. Die Befragung erfolgte in einer offenen Gesprächsrunde, wobei die *Thinking-Aloud-Methode* (T-A-M) angewandt wurde. Hierbei wurden die Teilnehmenden durch den VR-Raum geführt und gebeten, Ihre Eindrücke, Ideen und Verbesserungsvorschläge mündlich zu kommunizieren. Ebenfalls wurden vergleichbar VR-Räume bzw. deren Design-Ansätze gezeigt und mit dem vorgestellten VR-Raum verglichen. Die Rückmeldung wurde durch den LSWI notiert, aufbereitet und in ein konkretes Lastenheft zur Weiterentwicklung überführt. Der prototypische Raum wurde entsprechend angepasst. Das damit verbundene Vorgehen ist in Tab. 5.9 beschrieben⁵.

⁵ Anders als in den bisherigen Kapiteln des Beitrages erfolgt die Formulierung von Handlungsempfehlungen für alle Evaluationszirkel am Ende des folgenden Kapitels.

Tab. 5.9 Vorgehen in Evaluationszirkel 1 – Prototypischer VR-Raum (V1)

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
Evaluationszirkel 1 – Demonstration Partner: Alle	Der VR-Raum wurde in der prototypischen Version im Projektkonsortium als Desktop-VR im Rahmen eines hybriden Projektworkshops präsentiert, ebenfalls wurde ein Zugriffs-Link an die virtuell anwesenden Projektpartner übersandt <i>Zielgruppe:</i> Management und Projektverantwortliche der Praxispartner	Erste komplette <i>Demonstration</i> des <i>prototypischen VR-Raums</i> „ <i>Klebetechmiker</i> “ (V1) in der Praxis
Evaluationszirkel 1 – Evaluation Partner: Alle	Moderierte Diskussionsrunde in Anschluss an die Demonstration sowie begleitete eigenen Nutzung der VR-Räume durch die Partner bei gleichzeitiger Anwendung der <i>T-A-M</i> Anschließende qualitative Auswertung der Ergebnisse, bei der zentrale Verbesserungspotenziale extrahiert Übersetzung in ein Lastenheft für die VR-Raum Gestaltung	<i>Lastenheft (Evaluationszirkel 1)</i> mit wesentlichen Verbesserungspotenzialen zum Raum-Design
Evaluationszirkel 1 – D&E Partner: LSWI	Umsetzung des Lastenheftes durch den LSWI: <ul style="list-style-type: none"> • Komplette Überarbeitung des Raumdesigns sowie anschließende Neustrukturierung des VR-Raumes • Konzeption und Umsetzung ergänzender Abschnitte innerhalb des neuen Designs • Erstellung zusätzlicher (Lern-) Inhalte Parallel enger Austausch mit der Shufani zum Raumdesign sowie notwendigen weiteren (Lern-) Inhalten sowie mit rooom für die Erstellung weiterer 3D-Modelle Fortschrift des <i>Raumgestaltungsplans</i>	<i>Prototypischer VR-Raum</i> „ <i>Klebebandherstellung</i> “ (V2)

Die Relevanz kreativer Arbeit wurde bereits im vorherigen Kapitel dargelegt. Um Interessierten ein besseres Verständnis für die Änderungen im VR-Raum zu geben, beschreibt Tab. 5.10, wie sich das Design verändert hat.

Abb. 5.11 zeigt den *Prototypischer VR-Raum „Klebebandherstellung“* (V2) in der „Vogelperspektive“.

5.3.6 Evaluationszirkel 2 – Evaluation gegen die Praxis

Anschließend an *Evaluationszirkel 1* erfolgte in *Evaluationszirkel 2* die Überprüfung des verbesserten Raumdesigns, wobei die Rückmeldung der Beschäftigten aus den Partner-KMU erhoben wurde. Die Erhebung erfolgte bei den KMU vor Ort mithilfe von standardisierten Wissenstest sowie der *T-A-M*. Auch hier wurden Verbesserungspotenziale und -wünsche in ein Lastenheft überführt und anschließend in das Raumdesign überführt.

Das Vorgehen wird kurz in Tab. 5.11 beschrieben.

In Anlehnung an das vorangegangene Kapitel wird auch an dieser Stelle in Tab. 5.12 kurz dargelegt, welche Verbesserungspotenziale mit welchen konkreten Aktionen im VR-Raum adressiert wurden.

Zusammengefasst ist am Ende des *zweiten Evaluationszirkels* ein (vorerst) *Finalisierter VR-Raum „Klebebandherstellung“* als Projektergebnis vorstellbar. Dieser greift sowohl Lern- und Weiterbildungsansprüche als auch damit verbundene didaktische, inhaltliche sowie technische Probleme der betrieblichen Praxis auf. Das finale Design des Artefaktes ist mehrfach Kriterien geleitet gegen die betriebliche Praxis geprüft und iterativ weiterentwickelt worden.

Abb. 5.12 zeigt den Raum in der „Vogelperspektive“.

Die *Evaluationszirkel* waren mit Herausforderungen und damit verbundenen Erkenntnissen verbunden. Die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen werden in Tab. 5.13 dargestellt.

5.3.7 Kommunikation – Oder: Wissenschaftliche Hintergründe und weiteres Vorgehen für Interessierte

Der Design-Science Ansatz sieht die Kommunikation von (Zwischen-)Ergebnissen während und nach dem erfolgreichen Forschungs- bzw. Projektabschluss vor. Obwohl der vorliegende Beitrag primär für Personen aus der betrieblichen Praxis gedacht ist, soll an dieser Stelle kurz den wissenschaftlichen Hintergründen Raum eingeräumt werden. Damit soll gezeigt werden, wie im Rahmen des Design-Science Ansatzes wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn zur praxisnahen Weiterentwicklung von VR-Räumen nutzbar ist. Beispielhaft soll dafür der *Evaluationszirkel 2* betrachtet werden.

Tab. 5.10 Veränderungen im Raumdesign nach Evaluationszirkel I

Verbesserungspotenzial	Beschreibung der Lösung	Umsetzung im VR-Raum
Überarbeitung des Raumdesigns	<p><i>Herausforderung:</i> Das ursprüngliche Raumdesign wurde positiv bewertet, unter Einbezug vergleichbarer Räume wurde sich im Konsortium jedoch zu einer Weiterentwicklung entschieden</p> <p><i>Lösung:</i> Überarbeitung der Design-Struktur des Raumes unter Berücksichtigung des <i>Konzeptionsplanes</i> und der <i>Lernreise</i></p>	Komplette Neugestaltung der Struktur des VR-Raums
Ergänzende Abschnitte im Raum	<p><i>Herausforderung:</i> Die Präsentation der (Lern-)Inhalte im VR-Raum zum Thema <i>Klebebandherstellung</i> wurden im Einzelnen als sehr gut und zielführend bewertet, gleichzeitig wurde der Mehrwert zusätzlicher (Lern-) Inhalte (bzw. damit verbundener Abschnitte im Raum) für die Kontextualisierung des Wissens als notwendig eingestuft</p> <p><i>Lösung:</i> Konzeption zusätzlicher Abschnitte im VR-Raum, die die Lernenden vor der Lernreise „abholen“ (z. B. durch Beispiele für die Nutzung von Klebeband) sowie Erstellung eines Begrüßungs- und Verabschiedungspodcasts</p>	Ergänzung der Raum-Struktur um zusätzliche Abschnitte im Zuge der Überarbeitung Begrüßung und Verabschiedung der Lernenden
Einbau zusätzliche (Lern-) Inhalte	<p><i>Herausforderung:</i> Die neuen Abschnitte mussten durch zusätzlicher (Lern-)Inhalte angereichert werden</p> <p><i>Lösung:</i> Neue (Lern-)Inhalte wurden aus verschiedenen internen und externen Quellen ergänzt</p>	Einbau diverser (Lern-) Inhalte, u. a. auch Verlinkung auf externe Webseiten

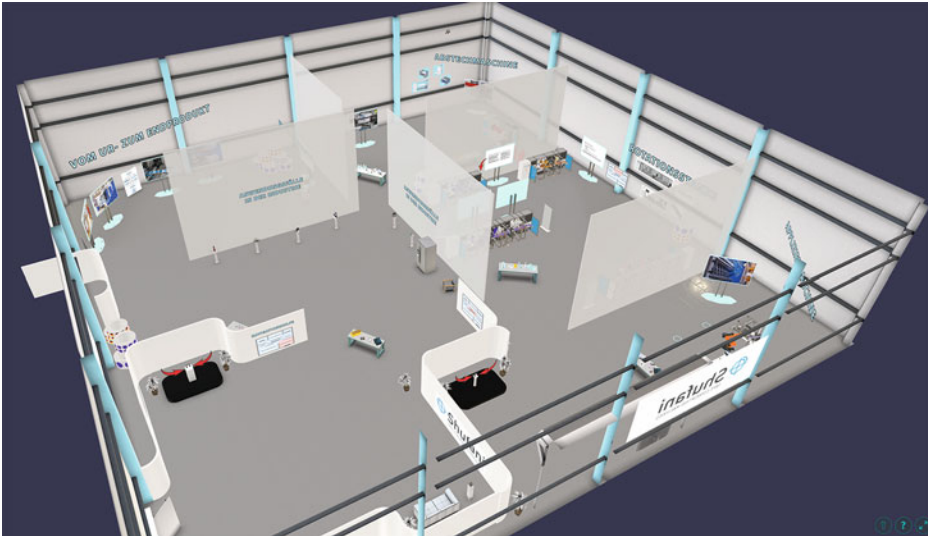


Abb. 5.11 Angepasstes Design im Prototypischen VR-Raum „Klebebandherstellung“ (V2)

Das Anliegen in dieser Phase bestand wie bereits im letzten Kapitel beschrieben darin, den *Prototypischen VR-Raum „Klebebandherstellung“* (V2) im Praxiseinsatz bei Beschäftigten der Partner-KMU zu evaluieren, um mögliche Verbesserungsvorschläge zu identifizieren. Dafür wurden sowohl eine Version des VR-Raums auf einem Desktop-PC (Desktop-VR) als auch auf einer VR-Brille vorbereitet und den Lernenden zur Verfügung gestellt. Neben der Potenzialerhebung sollte aus wissenschaftlicher Perspektive untersucht werden, ob sich die jeweils unterschiedliche Präsentationsform – also Desktop und VR-Brille – auf das Nutzungsgefühl sowie den Lernerfolg der Lernenden auswirken würde. Während der Nutzung wurden die Lernenden um Rückmeldung zum VR-Raum (siehe auch Abschn. 5.2.5: Nutzung der *T-A-M*) gebeten. Dieses Feedback wurde im Anschluss mithilfe einer *qualitativen Inhaltsanalyse* analysiert und in inhaltliche Kategorien und Unterkategorien geordnet (siehe dazu auch Mayring (2022)).

Tab. 5.14 zeigt wesentliche Erkenntnisse aus diesem Arbeitsschritt.

Alle Lernenden in beiden Gruppen hoben die Qualität der virtuellen Lernumgebung positiv hervor. Unabhängig vom Präsentationsmedium (bzw. dem Untersuchungsgegenstand *Grad der Immersion*) zeigte die qualitative Untersuchung einen Alterseffekt: Jüngere Beschäftigte bewerteten die individuelle Bewegungsfreiheit und die grundlegende Orientierung, die der Navigationsmonitor im Eingangsbereich bietet, positiv. Ältere Beschäftigte dagegen waren mit dem damit einhergehenden Freiheitsgrad innerhalb der *Lernreise* etwas überfordert. Während und nach den Durchläufen wünschten sich ältere Personen eine bessere Orientierung in der virtuellen Umgebung (z. B. welcher Raum wann zu betreten ist) bzw. in der Lernreise (z. B. welche (Lern-)Inhalte wann zu lernen

Tab. 5.11 Vorgehen in Evaluationszirkel 2 – Prototypischer VR-Raum (V2)

Schritt	Beschreibung	Meilenstein
Evaluationszirkel 2 – Demonstration Partner: Alle	Der VR-Raum wurde in der überarbeiteten Version in den Partnerunternehmen auf einer VR-Brille und in der Desktop-VR präsentiert <i>Zielgruppe:</i> Beschäftigte der Partner-KMU	Erste komplette <i>Demonstration</i> des <i>prototypischen VR-Raums</i> „ <i>Klebebandherstellung</i> “ (V2) in der Praxis mit VR-Brille und Desktop-VR
Evaluationszirkel 2 – Evaluation Partner: Alle	Wissenstest vor und nach dem Durchlauf mit allen Beschäftigten, Anwendung der <i>T-A-M</i> sowie anschließende Befragung zu Verbesserungspotenzialen Statistische Auswertung des Wissenstests sowie qualitative Auswertung der <i>T-A-M</i> und Befragung Übersetzung in ein <i>Lastenheft (Evaluationszirkel 2)</i> für die VR-Raum Gestaltung Identifizierung von Forschungsfragen für weitere Forschung	<i>Lastenheft (Evaluationszirkel 2)</i> mit wesentlichen Verbesserungspotenzialen zum Raum-Design
Evaluationszirkel 2 – D&E Partner: LSWI	Umsetzung des Lastenheftes durch den LSWI: <ul style="list-style-type: none"> • Stärker geleitete Lernreise durch Begrenzung der Bewegungsfreiheit im Raum • Verbesserte Orientierung im gesamten VR-Raum • Verbesserte Orientierung bei der Auswahl von Lerninhalten • Ausbau der genutzten Lernmedien Parallel enger Austausch mit der Shufani zum Raumdesign sowie notwendigen weiteren (Lern-) Inhalten sowie mit rooom für die Erstellung weiterer 3D-Modelle	<i>Finalisierter VR-Raum</i> „ <i>Klebebandherstellung</i> “

sind). Ebenso hatten ältere Personen in beiden Gruppen Schwierigkeiten mit der räumlichen Navigation: Eine Person in der Gruppe mit der Desktop-VR konnte nicht um eine Ecke gehen, was die gleichzeitige Verwendung der Tasten „W“ und „A“ und eine Linksbewegung mit der Maus bei gedrückter linker Maustaste erfordert hätte. In der Gruppe

Tab. 5.12 Veränderungen im Raumdesign nach Evaluationszirkel 2

Verbesserungspotenzial	Beschreibung	Umsetzung im VR-Raum
Stärker geleitete Lernreise	<p><i>Herausforderung:</i> Die Lernenden waren grundsätzlich mit der großen Bewegungsfreiheit im Raum zufrieden, wollten jedoch innerhalb der <i>Lernreise</i> eine bessere Orientierung haben</p> <p><i>Lösung:</i> Die <i>Lernreise</i> wurde inhaltlich geschärft (bspw. wurden <i>Lernobjekte</i> gestrichen, die ungesteuertes Lernen fokussierten). Dementsprechend wurde das Raumdesign angepasst</p>	Trennwände wurden eingezogen, die die einzelnen Abschnitte im VR-Raum separieren
Orientierung im VR-Raum	<p><i>Herausforderung:</i> Die Lernenden waren mitunter unsicher, in welchem Schritt der <i>Lernreise</i> sie sich im jeweiligen Abschnitt des Raums befanden und wünschten sich mehr Orientierung</p> <p><i>Lösung:</i> Die Lernziele je Abschnitt wurden basierend auf dem <i>Konzeptionsplans</i> im VR-Raum sichtbar gemacht</p>	Ergänzung von Tafeln, die die Lernziele vor jedem Abschnitt im Raum beschreiben
Orientierung hinsichtlich Lerninhalte	<p><i>Herausforderung:</i> Die Lernenden konnten die Lerninhalte hinter verschiedenen 3D-Elementen finden, wünschten sich jedoch konkrete Hinweise auf diese Lerninhalte</p> <p><i>Lösung:</i> Mit 3D-Elementen gekoppelte Lerninhalte wurden grafisch deutlich hervorgehoben</p>	Nutzung von Pfeilen, um Lerninhalte zu markieren
Nutzung weiterer Medien	<p><i>Herausforderung:</i> Die Lernenden waren mit den Lerninhalten zufrieden, kritisierten jedoch die übermäßige Nutzung von <i>Folien</i> (bzw. verschriftlichten Inhalten) im VR-Raum</p> <p><i>Lösung:</i> <i>Folien</i> wurden in <i>Podcasts</i> (bzw. vertonte Inhalte) überführt und mit verschiedenen 3D-Elementen kombiniert</p>	Verstärkte Nutzung von Podcasts in allen Abschnitten des Raumes

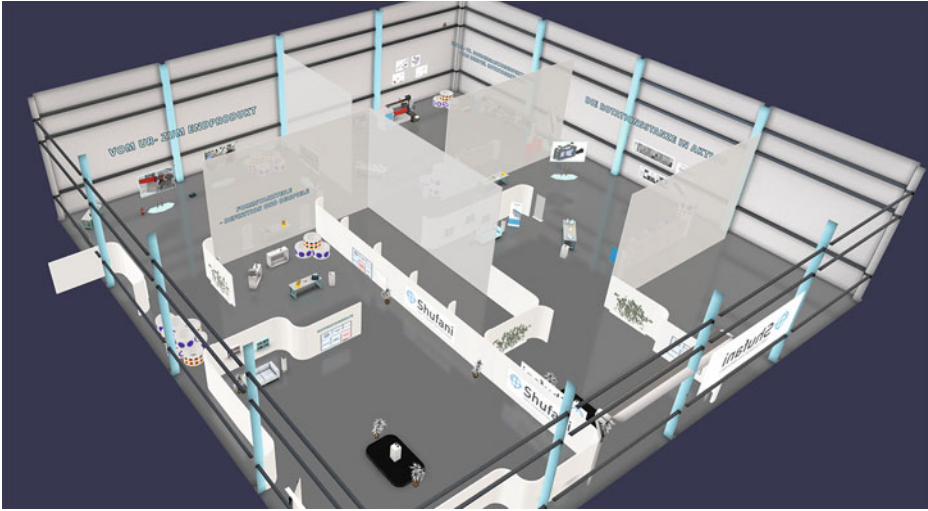


Abb. 5.12 Finalisierter VR-Raum „Klebebandherstellung“

mit der VR-Brille bemängelte eine Person die Distanz der Teleportationssprünge als zu groß, obwohl die Sprungweite von der Person selbst beeinflussbar ist.

Die Lernenden in beiden Gruppen bewerteten die Kombination der verschiedenen Lernmedien positiv (siehe dazu auch nochmal Abschn. 5.3.4 bzw. Tab. 5.7). Besonders hervorgehoben wurde der Mehrwert von *3D-Animationen* und *Podcasts* (z. B. Maschinenwissen und Einarbeiten) für das Verständnis von (Erfahrungs-)Wissen. Folglich wurde ein kombinierter Einsatz beider Lernmedien in allen Bereichen vorgeschlagen. Alle Gruppen bestätigten die Relevanz von *3D-Animationen* für die Kontextualisierung von theoretischem Wissen. Interessanterweise bewerteten die Lernenden in der Gruppe mit der VR-Brille den Einsatz von *Folien* kritisch, hatten aber per se kein Problem mit einem hohen Anteil an theoretischem Wissen. In dieser Gruppe hängt die Zufriedenheit mit *Folien* wahrscheinlich von den jeweiligen individuellen Präferenzen der Lernenden ab (affin oder nicht-affin zum Lesen). Hier ist noch zu klären, ob die kommunizierte Anstrengung beim Lesen auf die Textmenge oder die vergleichsweise schlechte Auflösung zurückzuführen ist. Mutmaßliche Vorlieben gelten auch für die Akzeptanz des Lernmediums *Podcast*: Hier erkannte eine Person den Mehrwert, schlug aber eine freie Wahl des Lernmediums vor. Wie ebenfalls im vorherigen Kapitel beschrieben, wurden die Beschäftigten vor der Nutzung des Raumes um das Ausfüllen eines Wissenstests (dem sogenannten *Pre-Test*) gebeten. Dieser Test sollte ebenfalls nach dem Raum (als sogenannter *Post-Test*) ausgefüllt werden um zu testen, wieviel Wissen die Lernenden im

Tab. 5.13 Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Evaluationszirkeln

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
1	Evaluation durch aktive Nutzung	VR-Räume sind Artefakte, die für eine direkte Nutzung durch Lernende konzipiert wurden. Dementsprechend sollte die <i>Demonstration</i> dieser Artefakte auch mit einer aktiven Nutzung der späteren Adressaten verbunden sein bzw. einen Großteil dieser einnehmen. Im Projektverlauf zeigte sich, dass passive, „Sender-Empfänger“-basierte Präsentationsformate (z. B. Folien, Vorträge etc.) nicht alle Aspekte eines VR-Raumes zeigen können, wodurch Mehrarbeiten (z. B. Neustrukturierung eines VR-Raumes notwendig werden können)
2	(Stetiger) Einbezug der betrieblichen Praxis	Der stetige Einbezug der betrieblichen Praxis ist – auch in Phasen am Ende eines Designprojektes – ein wesentliches Erfolgskriterium für VR-Räume. Auch bei vermeidlich (teil-)finalisierten Artefakten ist Rückmeldung von z. B. Beschäftigten wichtig, um in der konzeptionellen und gestalterischen Arbeit nah an den Anforderungen der späteren Adressaten zu bleiben
3	Tiefgreifende Änderungen im Raumdesign als Chance verstehen	Trotz eines engen Austausches zwischen Praxis und konzeptionell-wissenschaftlich arbeitenden Personen können durch die Evaluation (z. B. bei bisher noch nicht involvierten Personen) unter Umständen wesentliche Veränderungen in der Struktur und Logik von VR-Räumen notwendig werden. Diese Veränderungen dürfen und müssen als Chance für eine produktive Veränderung des Designs verstanden werden. Voraussetzung dafür ist, dass daraus resultierende inhaltliche, strukturelle oder didaktische Anpassungen immer unter dem Primat der Wirtschaftlichkeit diskutiert bzw. einem objektiven Kosten- und Nutzenverhältnis abgewogen werden

(Fortsetzung)

Tab. 5.13 (Fortsetzung)

Nr.	Herausforderung	Handlungsempfehlung
4	Evaluation Kriterien geleitet realisieren	Im Vorfeld der Evaluation sollten Kriterien definiert, die als Benchmark für die aktuelle Leistungsfähigkeit eines VR-Raums (bzw. anderer Artefakte) herangezogen werden können. Dem Design-Science Ansatz folgend ergeben sich diese oft aus den Kriterien der <i>Problemidentifikation (und Motivation)</i> bzw. den abgeleiteten <i>Zieldimensionen</i>
5	Auswahl einer zielführenden Evaluations-methode	Im Rahmen des Projektes wurde eine Evaluation nach wissenschaftlichen Methoden durchgeführt. Diese sind bei Praxisprojekten nicht unbedingt notwendig, gleichzeitig sollte jedoch zumindest eine <i>standardisierte</i> Methode genutzt werden, um die Rückmeldung systematisch erheben zu können. Hier sollte ebenfalls darauf geachtet werden, dass die gewählte Methode auch für das zu evaluierende Artefakt passt

VR-Raum erworben haben. Die Auswertung wurde mit statistischen Verfahren durchgeführt⁶. Zusammengeführt konnten die in Abschn. 5.2.6 aufgeführten Herausforderungen bzw. Lösungen (siehe auch Tab. 1.2.6b) herausgearbeitet werden. Ebenfalls ergaben sich aus den gemachten Beobachtungen Forschungsfragen, die in weiteren Experimenten mit entsprechend angepassten VR-Raum Designs untersucht werden können.

Tab. 5.15 stellt ausgewählte und reduzierte Rückschlüsse aus den Erkenntnissen aus *Evaluationszirkel 2* dar.

⁶ An Statistik und den wissenschaftlichen Hintergründen interessierte Personen sind eingeladen, Details in den kommenden Projektveröffentlichungen einzusehen (z. B. Gonnermann und Teichmann (2023)).

Tab. 5.14 Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse aus Evaluationszirkel 2

Kategorie	Unterkategorie	Beschreibung	Meilenstein
Immersive Lernreise	„Look and feel“	Die Lernenden bewerteten den Praxisbezug (z. B. für die Berufsausbildung) der Lösung als gut. Generell wurde die Liebe zum Detail als hoch bewertet. Die Verlinkung zu externen Websites stört die Immersion	Die Lernenden bewerteten den Praxisbezug der Lösung als gut, wobei Hintergrundgeräusche eines realen Produktionsprozesses das Eintauchen noch verstärken würden. Generell wurde die Liebe zum Detail als hoch bewertet. Viele Befragte äußerten Spaß
	Nutzung von 3D-Elementen	Die Lernenden bewerteten den Einsatz verschiedener 3D-Elemente (z. B. Maschinen, Smartwatches) positiv. Die Lösung sollte 3D-Elemente mit kommentierten Informationen (z. B. Piktogrammen) visuell hervorheben	Die Verwendung verschiedener 3D-Elemente (z. B. Maschinen, Smartwatches) wurde positiv bewertet. Die Lösung sollte 3D-Elemente mit kommentierten Informationen (z. B. Piktogrammen) visuell hervorheben
	Zeit	Fünfundzwanzig Minuten reichen aus, um die wichtigsten Bereiche zu erkunden, aber nicht für eine tiefere inhaltliche Auseinandersetzung. Die meisten Teilnehmer schlugen eine unspezifische Verlängerung der Zeit vor	Fünfundzwanzig Minuten reichen nicht aus, um die wichtigsten Bereiche zu erkunden und die Inhalte zu vertiefen. Die Lernenden schlugen eine gezielte Verlängerung auf 35 bis 60 min vor

(Fortsetzung)

Tab. 5.14 (Fortsetzung)

Kategorie	Unterkategorie	Beschreibung	Meilenstein
	Orientierung	Personen über 40 Jahre benötigen eine Anleitung (z. B. durch einen interaktiven Assistenten oder Piktogramme, die „relevante“ Inhalte ansprechen), weil die beabsichtigte Lernreise und die Lernziele unklar sind. Personen unter 40 Jahren äußern sich nicht zur Anleitung	Einerseits benötigen die über 40-Jährigen eine Anleitung (z. B. durch einen interaktiven Assistenten oder Markierungen auf dem Boden), weil die beabsichtigte Lernreise und die Lernziele unklar sind. Andererseits gefällt den unter 40-Jährigen der Gedanke des Herumwanderns, sie wollen aber eine Rückmeldung über ihren Lernfortschritt
<i>Lernmedien</i>	<i>Folien</i>	Zu viel theoretisches Wissen in textueller Form (z. B. Maschinenhandbücher) ist nicht geeignet, um es in der zur Verfügung stehenden Zeit zu lesen	Die Lernenden kritisierten zu viel theoretisches Wissen in Form von Text. Sie berichteten auch von Leseschwierigkeiten durch unscharfe Folien
	<i>Podcasts</i>	Die Verwendung von Audiodateien als primäre und zusätzliche Medien (z. B. in Kombination mit Bildern) wurde von den Lernenden positiv bewertet. Allerdings hätten mehr Audiodateien zu einem besseren Verständnis von Maschinenwissen beigetragen	Die Lernenden gaben die Nutzung von Audiodateien als primäre (z. B. Onboarding-Podcast) und zusätzliche Medien positiv an. Allerdings neigen einige Lernende stark dazu, Audiodateien zu präferieren, während andere Lernende dazu neigen, weniger Audiodateien zu nutzen

(Fortsetzung)

Tab. 5.14 (Fortsetzung)

Kategorie	Unterkategorie	Beschreibung	Meilenstein
	<i>Videos</i>	Die Lernenden bewerteten den Einsatz von Videomaterial positiv	Die Lernenden bewerteten den Einsatz von Videomaterial positiv, fühlen sich aber durch sehr schnelle Videos abgelenkt
	<i>Animierte 3D-Modelle</i>	Der Einsatz dieser 3D-Modelle wird von den Lernenden sehr positiv bewertet, insbesondere zur Kontextualisierung von Maschinenwissen. Die Kombination mit einem Podcast, der in das komplette Thema einführt, wird von den Lernenden sehr empfohlen	Die Lernenden bewerteten animierte 3D-Modelle äußerst positiv, insbesondere für die Kontextualisierung von Maschinenwissen und das „Abholen“ im Allgemeinen. Wie in der Desktop-Gruppe empfehlen sie auch die Kombination mit einem Podcast

Tab. 5.15 Erkenntnisse aus Evaluationszirkel 2

	Potenziale zur Verbesserung des VR-Raums	Potenziale für weiterführende Forschung
Alterseffekte und Navigationsfähigkeit im 3D-Raum	Erstellen und Hinzufügen von Piktogrammen um 3D-Elemente hervorzuheben, die mit (Lern-) Inhalten versehen sind Hinzufügen zusätzlicher Navigationshilfen im Raum, die auch Lernfortschritt zeigen	Wie wirkt sich das Alter auf die Fähigkeit aus, in VR-Räumen navigieren zu können? Welches Level an Orientierung ist in welchem Alter in einem VR-Raum notwendig? Welche Art von Orientierung (z. B. visuelle Elemente) ist für welches Alter die richtige?
Nutzung und Kombination verschiedener Lernmedien	Überführung von textbasiertem Wissen in audiobasiertes Wissen bzw. Hinzufügen von mehr Podcasts, insbesondere in Kombination mit 3D-Animationen Weniger und hochauflösende Folien	Wie wirken sich unterschiedliche Lernmedien auf die kognitive Belastung in einer virtuellen Lernumgebung aus? Was sind zielführende Kombinationen verschiedener Lernmedien in VR-Räumen?

5.4 Natursteinbearbeitung – VR-Raum „Bearbeitung von Natursteinen“

Die *Service Project Potsdam GmbH* (SPP) verfügt als Anbieter, Be- und Verarbeiter von Natursteinen und Keramikeilen mit angeschlossenem Architekturbüro über ein breites Angebot und Erfahrung im Bereich der Planung und Durchführung von Teil- und Komplettbauvorhaben. Das Unternehmen ist durch die Wertschöpfungskette, insbesondere in den deutschen Übergangsregionen aber auch national- und international, hinweg sehr gut vernetzt und kann dadurch die schnelle und breite Diffusion der Projektergebnisse maßgeblich unterstützen. Die in der Fertigung verwendeten Maschinen sind einerseits repräsentativ für die Branche andererseits stellen diese einen ausgewogenen Mix aus alten und neuen Maschinen dar, auf deren Basis sehr gut ein VR-basiertes Weiterbildungssystem erstellt werden kann. Aufgrund der Altersstruktur der Beschäftigten und potenziellen Neueinstellungen wurden bereits Kompetenzmatrizen und Qualifikationsportfolios angelegt, auf deren Basis weiterqualifiziert wird. Daran wird im Projekt nahtlos angeknüpft. Altersteilzeitmodelle sind angeboten, um Erfahrungswissen länger im Unternehmen behalten zu können. Besonders die älteren Beschäftigten sind stolz auf ihre Fähigkeiten und in diesem Zusammenhang sehr daran interessiert, ihr Erfahrungswissen als Experten an andere weiterzugeben. Dazu müssen jedoch entsprechende Rahmenbedingungen kreiert werden. Aus dem Arbeitsumfeld erwachsen Risiken: einerseits führt der hohe Anteil an Staubpartikeln zur Beeinträchtigung von z. B. Tablets, andererseits muss der Ansatz zur Sicherung von (Erfahrungs-)Wissen auch schwer fassbare Eindrücke (z. B. olfaktorische Wahrnehmung bei der CNC-Bearbeitung) miteinbeziehen.

Tab. 5.16 zeigt die wesentlichen Herausforderungen und Zielstellungen von SPP.

Tab. 5.16 Herausforderungen und Zielstellungen der Service Project Potsdam GmbH

Herausforderungen	Zielstellung
Natursteine sind kostenintensive Rohstoffe, deren Bearbeitung aufgrund der geringen Fehlertoleranz ein hohes Maß an Können und Erfahrung erfordert	Verringerung von Fehlproduktionen durch erhöhtes Wissen um Bearbeitungstechniken, welches durch Weiterbildung erworben werden soll
Die Montage und der Einbau von Maßanfertigungen im Bereich Keramik erfordern Wissen über das Verhalten bzw. Eigenschaften des Materials, das das Wissen von Standardanfertigungen übersteigt	Umsetzung eines Ansatzes zur Sicherung und Entwicklung von vorhandenem Erfahrungswissen bei der Be- und Verarbeitung von Natursteinen sowie Herstellung, Montage und Einbau von Keramik
Das Erlernen neuer Techniken gelingt eher durch Lernen am Gegenstand als in der Arbeit, was jedoch aus Kostengründen nur selten möglich ist	Einsatz von Weiterbildungsformaten, die weniger Materialien zum Lernen verbrauchen und damit weniger kostenintensiv sind

5.4.1 Theoretische Grundlagen

Virtuelle 3D-Umgebungen können u. a. das Eintauchen in 3D-Welten ermöglichen (Skulmowski & Xu, 2022). Diese Immersion wird durch Simulationen erzeugt, die die Nutzenden bedienen, steuern oder manipulieren können. Die Nutzenden als Avatare werden selbst zu einem Teil der immersiven Umgebung, sind Teil des simulierten Raums und können Simulationen erzeugen (Reimann, 2008). Simulation zielt auf Immersion ab (Cummings & Bailenson, 2015). Der Lernende selbst ist Teil des umgebenden, immersiven Lernraums und navigiert selbstgesteuert durch den Raum, ist nicht auf textbasierte, seminaristische Lernarrangements beschränkt.

Das anzustrebende Bildungsziel ist ein 3D-Raum, um neuen Mitarbeitenden (NovizInnen) die Orientierung im Unternehmen und Arbeitsumfeld zu erleichtern. Wenn man mit verschiedenen 3D-Objekten durch diese imaginären Räume navigiert, kann die Erkundung des Arbeitsplatzes möglicherweise zu einer ästhetischen Erfahrung für den Lernenden werden und wird nicht auf eine theoretische Annäherung an den Arbeitsplatz reduziert, wie man es von eher textbasierten Plattformen kennt.

5.4.2 Methodische Grundlagen

Um erforderliche Arbeitsaufgaben und Kompetenzanforderungen zu ermitteln, wurde eine Arbeitsanalyse durchgeführt. Kompetenzanforderungen sind konkrete Arbeitsanforderungen an das Subjekt, um in der mediatisierten Arbeitsumgebung beruflich handeln zu können. Die Arbeitsanalyse (BAG-Analyse) wurde nach Haasler (2003) durchgeführt. BAG ist ein Akronym für die Analyse und Gestaltung von beruflichen Arbeits- und Lernaufgaben. Es ist ein Verfahren zur Identifizierung von Arbeits- und Lerninhalten für die Gestaltung der beruflichen Bildung. Neben den Arbeitsaufgaben und dem Arbeitsort werden die Inhalte und Werkzeuge, Methoden und Anforderungen sowie die Schnittmengen der Arbeit betrachtet. Die BAG-Analyse wurde um die Aufzeichnung der Arbeitsprozesse auf Video ergänzt, um die anschauliche Visualisierung von komplexen Arbeitsprozessen mit unterschiedlichen Maschinen und Werkzeugen für den didaktischen Einsatz sicherzustellen und auch durch die beteiligten Beschäftigten im Sinne der Gestaltungsidee partizipativ in den Forschungsprozess einzubeziehen. Sie bildet die Grundlage für die Gestaltung der Lernmodule und deren Lerninhalte im KMU SPP.

Die BAG-Analyse als Grundlage der Artefakte musste im Oktober 2020 und damit zur Hochphase der Corona-Pandemie durchgeführt werden. Die Datenerhebung war damit nur eingeschränkt möglich: Zwar konnten die Wissensfelder und Arbeitsprozesse grobdefiniert werden, konkrete Weiterbildungsbedarfe blieben jedoch aus. In dieser Folge wurde ein innovativer Forschungsansatz entwickelt, der die Datenerhebung am Arbeitsplatz durch die Mitarbeitenden selbst ermöglichte. Die außergewöhnliche Situation wurde als

Chance verstanden, die Zusammenarbeit zwischen Beschäftigten von SPP und dem wissenschaftlichen Projektteam zu stärken. Wesentliche Grundüberlegung war, dass gerade Beschäftigte, die stets mit den Händen arbeiten, oft nicht vertraut sind, Außenstehenden zu erklären, wie und warum Arbeitsabläufe, Aufgaben und Bewegungen funktionieren – oder eben nicht. Entsprechend wurden die Beschäftigten mit Geräten zur Videoaufnahme ausgestattet, um den eigenen Arbeitsprozess aufzunehmen. Detaillierte Informationen zum Vorgehen können bei Langemeyer et al. (2021) nachgelesen werden.

Bei den ergänzenden Arbeitsplatzvideos ging es um die Auswahl und Analyse relevanter Arbeitsprozesse und Tätigkeiten für die Aufbereitung im Rahmen einer Lernumgebung. Hierfür wurden weitere Gespräche mit den Beschäftigten geführt, wobei die zugrunde liegenden theoretischen Überlegungen von drei Hauptfragen geleitet wurden:

1. 1. *Definition der Ausgangssituation:* Welche Art von Arbeitssituationen in den kooperierenden Unternehmen (praktische Perspektive) erwarten wir als Ausgangspunkt, um eine langfristige Zusammenarbeit zwischen dem Forschungsteam und den Arbeitnehmern zu gewährleisten? (Forschungsperspektive)
2. 2. *Definition der Art der empirischen Daten:* Welche Form von empirischen Daten wird benötigt, um praktische Probleme in der Fertigung zu spezifizieren und deren Lösungen zu finden? (Methodische Perspektive)
3. 3. *Definition Möglicher Potenziale für das Unternehmen und die Beschäftigten über den Projektrahmen hinaus:* Welche Auswirkungen hat es auf das Unternehmen als Organisation, in der Menschen als Teil von Arbeitsprozessen in einer *Praxisgemeinschaft* (Wenger, 2000) arbeiten, wenn die Mitarbeiter zu Forschern werden? Was ist daraus für neue Anwendungsfälle in der Zukunft lernbar? (Transfer-Perspektive)

Im Anschluss wurde die Ableitung von Lehr-Lernzielen für den Erwerb beruflicher Handlungskompetenz vorgenommen.

5.4.3 Problemidentifikation: Betrachtung des Arbeitsumfeldes

Für die Erfassung des Arbeitsumfeldes bei SPP (Natursteinbearbeitung) wurde zunächst die Altersstruktur untersucht. Folgende Altersstruktur des Personals bei SPP liegt vor: Insgesamt beschäftigt SPP sieben angestellte Personen (3 Frauen und 4 Männer), wovon keine unter 20 Jahren alt bzw. über 50 Jahre alt ist. Der Anteil sogenannter „älterer“, erfahrener Beschäftigten ist gering. (57 % der Angestellten (vier Personen) gehören der Altersklasse von 30 bis 39 Jahren an; 29 % der Angestellten (zwei Personen) gehören der Altersklasse von 40–49 Jahren an; 14 % (eine Person) gehören der Altersklasse von 20–29 Jahren an). Das Durchschnittsalter der Mitarbeitenden bei SPP beträgt 37 Jahre, das der Angestellten im Bereich „Produktion“ 40 Jahre und das Durchschnittsalter im

Bereich „Sachbearbeitung“ beträgt 34 Jahre. Es handelt sich also um eine vergleichsweise junge Belegschaft. Die durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit der Mitarbeitenden bei SPP beträgt insgesamt vier Jahre. Die durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit für die drei Angestellten in der Sachbearbeitung beträgt zwei Jahre; die durchschnittliche Dauer der Betriebszugehörigkeit für die vier Angestellten in der Produktion beträgt dagegen fünf Jahre. (Ein personeller Wechsel steht regelmäßig an).

5.4.4 Problemidentifikation: Definition zielgruppenspezifischer Anforderungen an eine betriebsspezifische altersgerechte Weiterbildung

Die Erhebung der zielgruppenspezifischen Anforderungen an eine betriebsspezifische altersgerechte Weiterbildung wurde im Rahmen von Interviews mit zwei Beschäftigten (Produktion, Leitung) realisiert und ergab folgende Ergebnisse:

Demnach sind *selbstgesteuerte Einarbeitungsstrategien* für neue Mitarbeitende erwünscht. Laut der Befragten sollte dabei eine arbeitsprozessintegrierte Fortbildungsmaßnahme ohne Produktionsunterbrechung realisiert werden, bei der zeit- und ortsunabhängiges Lernen unterstützt wird.

Vonseiten der Geschäftsführung wurde ein Konzept für *selbstgesteuertes Lernen* gewünscht, das keine zeitintensiven kollegialen Instruktionsmaßnahmen erfordert. Entdeckendes Lernen mit Experimentiermöglichkeiten wurde favorisiert. Es soll Interesse wecken und Motivationsstrategien einbinden. Es sollte auf weiterführende Informationen mittels Webportal und Videos verwiesen werden. *Immersives Lernen* – ein Lernkonzept, das auf VR-Technologien basiert – und die Lernenden beim Kompetenzerwerb und hinsichtlich des Arbeitsprozesswissens unterstützt sowie den Forschenden erste Orientierung hinsichtlich des Projektvorhabens bieten soll, war intendiert.

Bisher ist das Thema Weiterbildung im KMU SPP noch wenig etabliert. Ergebnis des Interviews war, dass die Mitarbeitenden mit dem Alltagsgeschäft ausgelastet sind und keine Ressourcen für Fortbildungen nach oder neben der Arbeit haben. Wenn es zur Notwendigkeit der Einführung einer neuen Maschine kommt, wird diese durch den Chef erklärt. Neue Beschäftigte, die angelernt werden, laufen im Arbeitsalltag sozusagen „nebenher mit“. Es gab bei SPP somit bisher kein spezielles Vorgehen oder einen expliziten Onboarding-Prozess. Hier setzte das Projekt API-KMU an, um diesen Onboarding-Prozess mittels der virtuellen Lernumgebung zu unterstützen.

5.4.5 Zieldefinition: Erhebung des Lern- und Weiterbildungsumfeldes

Weiterführend wurde die Entwicklung eines Interview- und eines Analyse-Leitfadens zur schriftlichen Dokumentation der Analyse-Ergebnisse entsprechend der BAG (Berufliche

Arbeitsaufgaben)-Analyse nach Haasler (2003) aufgesetzt und die Identifikation folgender relevanter Lern- und Weiterbildungssituationen durch die Analyse der beiden Arbeitsprozesse „Zuschnitt und Polieren von Fensterbänken“ und „Verkleben von Elementen an der Unterseite von Steinplatten“ mittels BAG realisiert. Das Forschungsteam hat eine initiale Arbeitsplatzinspektion durchgeführt und mehrere Anwendungsfälle mit Beschäftigten des KMU identifiziert (z. B. Verkleben von Naturmaterialien, Arbeiten an neuen Fräsmaschinen, manuelles Polieren).

Aus den beruflichen Arbeitsaufgaben abgeleitete Wissensfelder waren:

Wissensfeld 1: Arbeitsmittel und Fertigungsmaterial: befasst sich mit Arbeits- und Produktionsmitteln wie Maschinen, Werkzeuge, Schutzeinrichtungen und Hilfsmitteln.

Wissensfeld 2: Manuelles Polieren von Fensterbänken: befasst sich mit dem manuellen Polieren von Fensterbänken: Es geht um einen Überblick über den Produktionsprozess, den Produktionsnachweis, die Herstellung des Vorproduktes, die Vorbereitung des Arbeitsschrittes „manuelles Polieren“

Wissensfeld 3: Gehrungsverklebung: befasst sich mit dem komplexen Prozess der Gehrungsverleimung mit Überblick über den Fertigungsprozess, CAD-Konstruktion und Arbeitsvorbereitung.

Die Ergebnisse der BAG-Analyse stellen die Grundlage für die Definition von zwei Hauptarbeitsaufgaben 1) *Gehrungsverklebung* und 2) *manuelles Polieren von Fensterbänken* sowie für die Identifizierung von Lerninhalten zu entwickelnde Erklärvideos und das Ableiten von Lernzielen mit der gemeinsamen Formulierung der Zielperspektive für das Lernkonzept mit dem KMU dar. Für die beiden Arbeitsaufgaben wurden ebenfalls relevante Arbeitsprozesse identifiziert:

- Tragen oder Transportieren von Keramik- und Natursteinplatten
- Schneiden und Polieren von Fensterbänken
- Verkleben von zwei Platten
- Verkleben von Elementen auf der Unterseite von Platten
- Nachbearbeiten oder Nachpolieren von Arbeitsplattenausschnitten
- Einweisung in die Programmierung einer CNC-Maschine

5.4.6 Zieldefinition: Festlegung betriebspezifischer Weiterbildungsinhalte

Die Erhebung wurde ebenfalls im Rahmen von Interviews mit zwei Beschäftigten (Produktion, Management) des KMU SPP realisiert und ergab folgende Ergebnisse:

Die Entwicklung eines virtuellen Katalogs für den gezielten Abruf von Informationen (z. B. Eckdaten von Materialien) sowie die Entwicklung anleitender Checklisten und Leitfäden zu Arbeitsvorbereitungsmaßnahmen, Maschinen (z. B. die Inbetriebnahme der

Brückensäge) und Arbeitsabläufe wurde als wünschenswert vorgeschlagen. Die Gestaltung sollte demnach die visuelle 3D-Darstellung und Vermittlung von Arbeitsvorgängen mit Informationen zu Fehlervermeidungsstrategien verbinden.

Gewünscht wurde die Optimierung bezüglich der Interaktion zwischen dem EDV-System der Sachbearbeitung und den Produktionsmitarbeitern bei der Weiterleitung des Fertigungsauftrags. Außerdem wurde die Optimierung der EDV im Hinblick auf die Einführung von Checklisten oder Memos (z. B. als Warnhinweise) beim Sachbearbeiter, der Besonderheiten bei der Produktion an die Mitarbeiter via Konstruktionsplan weiterleitet, gewünscht. Es wurden virtuelle Warnhinweise über spezifische Produktionsverfahren und Materialien als ein Beispiel zielgruppenspezifischer Anforderungen an die Gestaltung angeführt. Diese beinhalten die räumliche Darstellung bzw. virtuelle Einbettung des Endproduktes in der Baustelle. Demnach soll keine ungeprüfte Automatisierung im Hinblick auf routinierte Standard-Produktionen, sondern auf Produkt- und Materialbesonderheiten sensibilisierte KI realisiert werden.

Außerdem wurden der Einsatz von AR-/VR-Brillen (z. B. bei der Bedienung von Maschinen) sowie orts- und nicht programmgebundener Einsatz von Geräten zur Visualisierung von Arbeitsschritten als wünschenswert genannt.

Die Vermeidung von Überlastungserscheinungen bei der Nutzung von AR-Brillen (Trennung virtuelle und reale Umgebung) wurde thematisiert. Als eine weitere Anforderung an die Gestaltung der Systeme wurde die Vermeidung von aufwendiger Instandsetzung der Technik genannt sowie die Berücksichtigung technischer Eigenschaften, wie der Staubanfälligkeit der Technik.

5.4.7 Artefakt 1: Didaktisches Rahmengerüst

Die virtuelle Lernumgebung besteht aus einem Webportal und einer 3D-Welt, die die wesentlichen Bereiche des KMU wie Maschinen, Werkzeuge sowie die beiden als Lerninhalte identifizierten Arbeitsprozesse visualisiert. Es stehen Videos zur Verfügung, die komplexe Prozesse durch Animationen und bewegte Bilder erklären. Das Webportal wurde entwickelt, um die virtuelle Welt zu erweitern und Materialien zum Lernen, Drucken und Speichern im persönlichen Lernbereich bereitzustellen. Die konzeptionellen Grundlagen der 3D-Modelle basieren auf:

- dem ausgearbeiteten Feinkonzept des Lernangebots bei SPP
- dem konkreten Konzept, das Auskunft gibt über das Lernziel und die Inhalte, die einzelnen Aufgaben und die beteiligten Akteure pro Wissensfeld und die dazugehörigen Lerneinheiten.

Das pädagogische Ziel, das in dem Projekt angestrebt wird, ist die virtuelle Lernumgebung zur Erleichterung des Onboarding-Prozesses des Unternehmens, einschließlich der

Unterstützung neuer Mitarbeiter bei der Orientierung im Unternehmen und im Arbeitsumfeld. Aus den Zielen und Beobachtungen ergab sich eine Art Dreiklang, den es bei der Entwicklung einer virtuellen Lernumgebung zu berücksichtigen galt: Die technische Entwicklung, die Arbeitsgestaltung und die vorhandenen bzw. gewünschten Kompetenzen der Mitarbeiter (Baron et al., 2019).

Die Entwicklung eines didaktischen Rahmens für kontinuierliches Lernen wurde in Anlehnung an pädagogische Prinzipien und Richtlinien realisiert. Er umfasst theoretische Ansätze wie die subjektorientierte Didaktik, konstruktivistisches, selbstgesteuertes und arbeitsplatznahes Lernen.

Kern des didaktischen Rahmens ist die Unterstützung der Beschäftigten bei der Bewältigung des Arbeitsalltags und der Reflexion der Arbeitsprozesse und ihrer Bedeutung und Kompetenzen im gesamten Arbeitsprozess. Er berücksichtigt die Meso-(Unternehmens-) Ebene, einschließlich der betrieblichen und der Mikroebene des Lernens, die individuellen Voraussetzungen in Bezug auf Fähigkeiten, Partizipation und Gestaltungsaspekte.

Das didaktische Konzept beinhaltet Lernmodule und untergeordnete Lerneinheiten, die auf identifizierten Wissensfeldern basieren. Der Anspruch an das didaktische Konzept war, dass der Lernende selbst Teil des ihn umgebenden Raumes wird, sich selbstgesteuert durch diesen navigiert und dabei von dem Mehrwert visueller Simulationen z. B. unterschiedlicher Qualitäten physischer Arbeitsmaterialien und Werkzeuge sowie von In-World-Videostreams profitiert, statt auf traditionelle textbasierte seminaristische Lernarrangements beschränkt zu sein. Ziel war es, das didaktische Konzept nicht den technischen Bedingungen und Einschränkungen, die in der Entwicklungsphase auftraten, unterzuordnen.

Abb. 5.13 zeigt einen Ausschnitt des didaktischen Konzeptionsplans.

	Lerneinheiten & Lernobjekte	Zielkategorie	Inhalte pro Lernobjekt
TP C: Wissensfeld 3 "Gehrungsverklebung"	AP 1 Fertigungsprozess im Überblick		
	C.1.1 Produktion einer Arbeitsplatte	Der/die Lernende kann den Fertigungsprozess überblicken, weiß sowohl um die Einordnung der „Gehrungsverklebung“ als auch um die Lagerung des fertigen Produktes bis zur Abholung.	kurzer Erklärfilm, der einen Überblick über die einzelnen Produktionsphasen bzw. Produktionsstationen liefert
	C.1.2 Aufbau von Fertigungsprozessen	Der/die Lernende kann einen Fertigungsprozess überblicken.	theoretischer Überblick über den generellen Aufbau von Fertigungsprozessen bzw. Produktionsabläufen
	C.1.3 Lernaufgabe	Der/die Lernende ist in der Lage das Vorgehen zur Bearbeitung eines Auftrages mit Kollegen zu planen.	Lerndialog zur gemeinsamen Umsetzungsplanung eines Auftrags zur Fensterbankfertigung
	C.1.4 Test	Kompetenzüberprüfung	Zuordnungsaufgabe (Ordne die Handlungsschritte den Ablaufphasen zu und bringe diese dabei in die korrekte Reihenfolge)
	AP 2 CAD Konstruktion und Planung		
	C.2.1 Konstruktionsplan	Der/die Lernende kann einen CAD-Konstruktionsplan lesen und verstehen.	<ul style="list-style-type: none"> • Fakten, was für Kategorien gibt es (Orientierungswissen) • kurze Erläuterung der einzelnen Kategorien (Erklärungswissen)
	C.2.2 Fertigungsauftrag	Der/die Lernende weiß um die Ausführung eines Fertigungsplans.	„Was ist der Auftrag laut Bsp.-Konstruktionsplan und was sind die Handlungsschritte?“

Abb. 5.13 Didaktischer Konzeptionsplan SPP

5.4.8 Artefakt 2: Webportal *SPP E-Learning* mit VR-Räumen

Das Webportal wurde entwickelt, um die technisch begrenzten Möglichkeiten der virtuellen Welt zu erweitern und Materialien zum Lernen, Ausdrucken und Speichern im persönlichen Lernraum zur Verfügung zu stellen. Das Webportal *E-Learning@SPP* beinhaltet drei Lernmodule mit Erklärvideos, und je 3–4 Lerneinheiten zu den Themen *Arbeitsmittel & Fertigungsmaterial*, *Fensterbankfertigung & manuelles Polieren* sowie *Arbeitsplattenfertigung & Gehrungsverklebung*.

Nachdem alle Lerneinheiten durchgearbeitet wurden, können die Lernenden ihr Wissen im Rahmen einer Lernerfolgskontrolle pro Lernmodul überprüfen. Des Weiteren befinden sich Erklärvideos auf Website und 3D-Umgebung. Das Bildungsziel von *E-Learning@SPP* ist es, neuen Beschäftigten die Orientierung im Unternehmen und im Arbeitsumfeld zu erleichtern und den Onboardingprozess zu unterstützen. Während in den 3D-Räumen navigiert wird, kann die Erkundung des Arbeitsplatzes für den Lernenden zu einer Erfahrung werden – und verbleibt nicht bei der textbasierten Annäherung an den Arbeitsplatz, wie man sie von Text-basierten Plattformen kennt. Aus der Sicht des Unternehmens soll die virtuelle Lernumgebung den Einarbeitungsprozess und den Transfer von implizitem Wissen und Arbeitserfahrung erleichtern.

Abb. 5.14 zeigt die Struktur des Webportals für SPP.

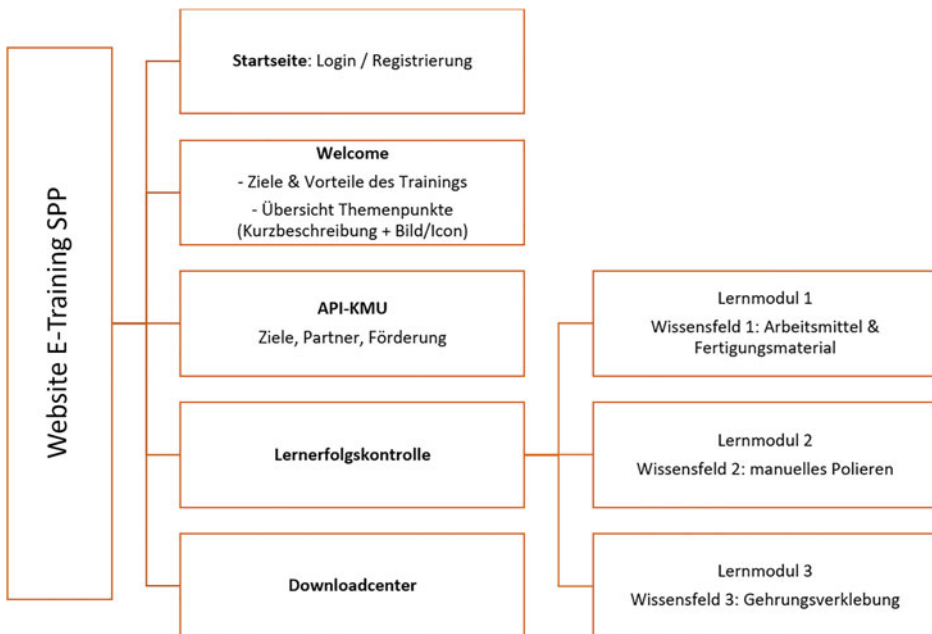


Abb. 5.14 Struktur des Webportals *E-Learning@SPP*

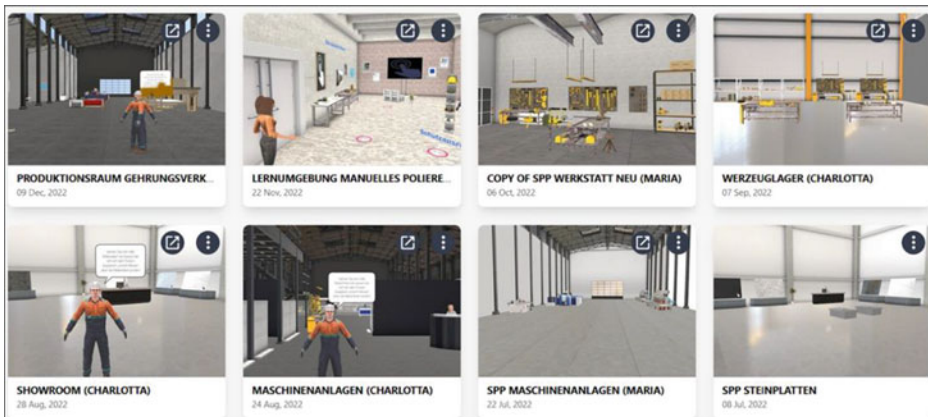


Abb. 5.15 3D-Räume für das KMU SPP

5.4.9 Artefakt 3: Die 3D-Umgebung SPP

Die 3D-Umgebung SPP besteht aus den folgenden Räumen: *Maschinenanlagenraum*, *Werkstatt*, *Showroom der Materialien* sowie ein Raum für das *Manuelle Polieren von Fensterbänken* und ein Raum für die *Gehrungsverklebung*. Abb. 5.15 zeigt überblicksartig jene 3D-Räume, die im Projekt entstanden sind. Hierbei ist anzumerken, dass einige der aufgeführten Räume nur zu Testzwecken aufgesetzt wurden.

VR-Umgebungen können durch Immersion neue Möglichkeiten für Weiterbildungsprozesse eröffnen. Der/die Lernende selbst ist Teil des ihn/sie umgebenden, immersiven Lernraums, navigiert selbstgesteuert durch den Raum und kann dabei den Mehrwert visueller Simulationen erleben, z. B. der Simulation verschiedener Qualitäten der physischen Arbeitsmaterialien und Werkzeuge, so dass der Lernprozess nicht auf textbasierte oder seminaristische Weiterbildungsszenarien beschränkt bleibt. Diese mediale Extension ist auch Ziel der beiden miteinander verbundenen Teile der virtuellen Lernumgebung (Webportal und 3D-Umgebung): Der jeweils andere Teil soll medial erweitert und bereichert werden.

Die Erstellung der Räume erfolgte auf Basis definierter Kriterien, wobei Objekte, Anforderungen, die Nutzerführung/Drehbuch sowie die Ziele des Raums aufgeführt wurden. Abb. 5.16 zeigt exemplarisch, wie dies in der Praxis für den 3D-Raum *SPP Maschinenlager* umgesetzt wurde.

Abb. 5.17 zeigt die Skizze für den 3D-Raum *SPP Maschinenlager*.

Im *Werkzeuglager* soll der Lernende die bei SPP vorhandenen und eingesetzten Werkzeuge und Hilfsmittel kennenzulernen und ihre Eigenschaften zu erkunden. Die *Lernumgebung manuelles Polieren* dient der Darstellung des Arbeitsprozesses beim manuellen Polieren. Hier soll vor allem der Einsatz unterschiedlicher Polierpads und ihrer Wirkungen

Nr.	Titel	Objekte	Anforderungen	Nutzerführung/ Drehbuch	Ziele des Raums Zusammenfassung
1	Maschinenanlagenraum (Wissensfeld 1)	<p>Maschinenanlagen (Aufruf über Annotation je Maschine: Funktion + Einbindung in Fertigungsprozess bei SPP + Bedienungsanleitung):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Brückensäge • Kantenautomaten • CNC-Maschine • Wasserstrahlmaschine • Kappsäge • Bohr- und Fräsmaschine <p>Sonstige Objekte (Absolvieren der Testeinheit)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infotresen + Laptop/Tablet (Aufruf Test/Fragen) 	<ul style="list-style-type: none"> • Das Programm muss erkennen, welche Maschinen angeschaut wurden • Maschinenbegutachtung in freigestellter Reihenfolge • Nachdem alle Maschinen besucht worden sind, erscheint automatisch Text in Sprechblase: „Perfekt. Sie haben alle Maschinen kennengelernt. Nun können Sie am Infotresen eine kleine Aufgabe lösen.“ • (...) 	<ul style="list-style-type: none"> • Raum wird betreten: als erstes Objekt „Handwerker-Avatar“ sichtbar, der per Sprechblase den „Auftrag“ mitteilt („Sieh dir alle Maschinen an bevor du dich an den Tresen gibst und dein Wissen über die Maschinen prüfst.“) • Freie Auswahl in welcher Reihenfolge die sechs Maschinenanlagen betrachtet werden • (...) 	<p>Im Maschinenanlagenraum soll der Lernende einen Überblick über die bei SPP vorhandenen und eingesetzten Maschinenanlagen erhalten, um eine erste Orientierung zu erhalten. Die Animationen und kurzen Videosequenzen sollen dabei helfen, sich mit den Maschinen vor Inbetriebnahme auseinanderzusetzen.</p>

Abb. 5.16 Exemplarische Darstellung für die Raumgestaltung

anhand eines Erklärvideos erläutert werden. Der/die Lernende kann den Fertigungsprozess überblicken, weiß sowohl um die Einordnung der „Gehrungsverklebung“ als auch um die Lagerung des fertigen Produktes bis zur Abholung.

Der *Produktionsraum für die Gehrungsverklebung* dient der Darstellung des komplexen Arbeitsprozesses der Gehrungsverklebung. Dieser wird anhand eines Erklärvideos und visuellen 3D-Objekten der benötigten Arbeitsmittel abgebildet.

Im *SPP Maschinenlager* soll der Lernende einen Überblick über die bei SPP vorhandenen und eingesetzten Maschinenanlagen erhalten, um eine erste Orientierung zu erhalten. Die Animationen und kurzen Videosequenzen sollen dabei helfen, sich mit den Maschinen vor Inbetriebnahme auseinanderzusetzen.

Im *Showroom* soll der Lernende einen Überblick über die bei SPP vorhandenen und eingesetzten Materialien und ihre Charakteristik erhalten. Der Raum soll dem Lernenden die Materialbeschaffenheit, Aussehen und Eigenschaften näherbringen, um zu erfahren, was bei der Bearbeitung zu beachten ist.

Der *Produktionsraum für die Gehrungsverklebung* dient der Darstellung des komplexen Arbeitsprozesses der Gehrungsverklebung. Dieser wird anhand eines Erklärvideos und visuellen 3D-Objekten der benötigten Arbeitsmittel abgebildet.

5.5 Schlussbetrachtung

Virtual-Reality gestützte (Lehr- und Lern-)Räume bieten immense Potenziale für eine zukunftsgerichtete Aus- und Weiterbildung. Gleichzeitig erfordert deren Erstellung ein gut konzipiertes, strukturiertes und umgesetztes Vorgehen. Die dabei zu absolvierenden Umsetzungsphasen verlangen unterschiedliche Kompetenzen, die ihrerseits durch unterschiedliche Personen beigesteuert werden müssen. Die erste zentrale Herausforderung eines gelingenden Erstellungsprozesses besteht darin, diese Kompetenzen zielgerichtet zu bündeln. Dafür ist in erster Linie eine gute Kommunikation notwendig, die sowohl

Maschinenanlagenraum; Räumlichkeiten: Produktionshalle:
Navigation und Ereignisse

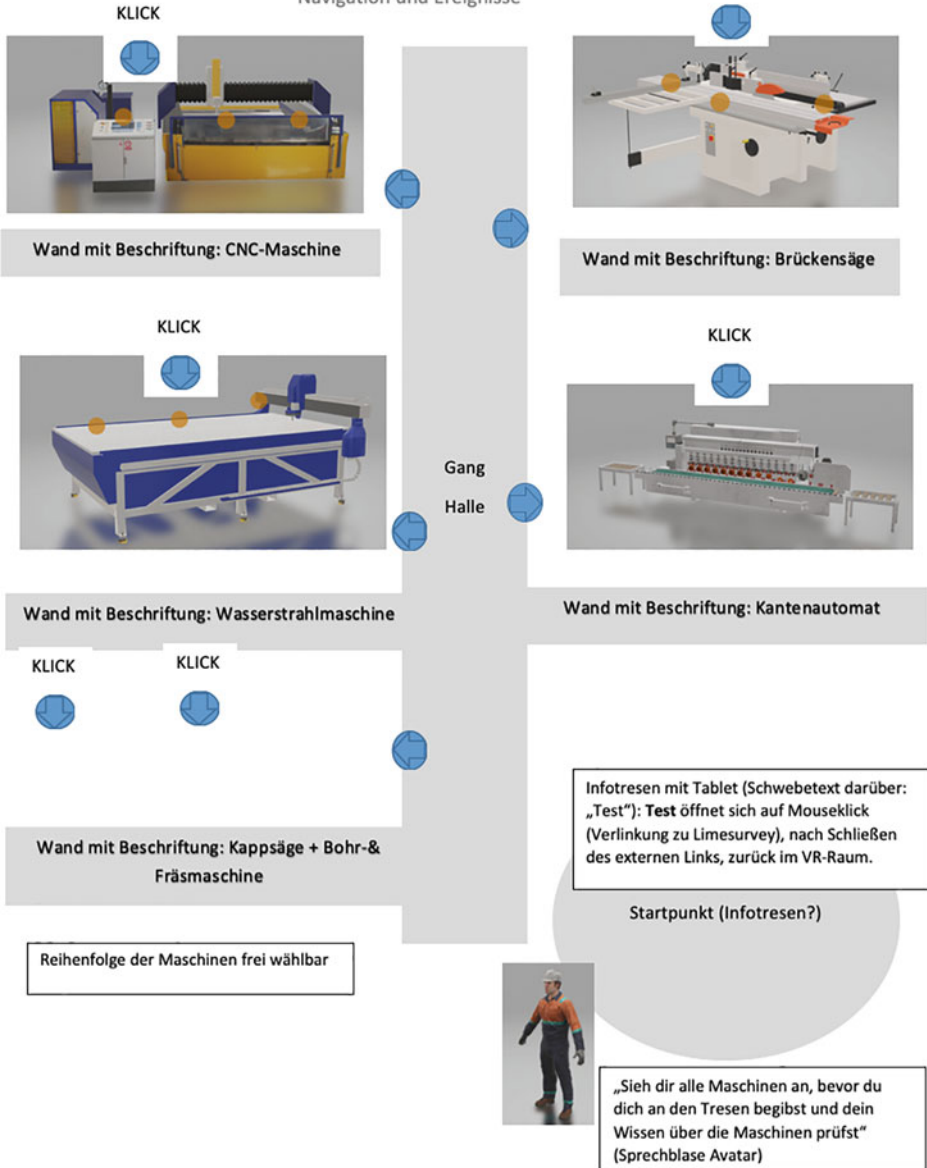


Abb. 5.17 Skizze für den 3D-Raum SPP Maschinenlager

von einem gemeinsamen Verständnis als auch einer guten Datenhaltung begleitet werden muss. Letzteres stellt die zweite zentrale Herausforderung dar: Eine durchdachte Datenhaltung ist wesentlich, um Informationen, Erkenntnisse und – zu einem späteren Zeitpunkt – den Erkenntnisprozess systematisch zu sammeln und für alle beteiligten Personen transparent darzustellen. Dazu gehört auch und im Besonderen die Erstellung, die Pflege und die Fortschritt von zentralen Dokumenten.

Tab. 5.17 führt die zentralen Dokumente inkl. der dazugehörigen Kapitel noch einmal auf, um Interessierten eine schnelle Navigation durch den Beitrag zu ermöglichen.

Im Ergebnis wollen wir, die für diesen Beitrag verantwortlichen Personen, Interessierte zu einem mutigen Umgang mit einem neuen und innovativen Lehr- und Lerninstrument motivieren. Dabei wollen wir nicht verschweigen, dass der skizzierte Erstellungsprozess neben vielen Höhen auch einige Tiefen bereithielt, die wir jedoch produktiv adressieren konnten. Wir verstehen den Beitrag daher als Erfahrungssammlung, die durch Best-Practices bzw. Handlungsempfehlungen anderer Personen bei der Umsetzung ihrer Vorhaben als Orientierungspunkt dienen kann.

Danksagung Diese Arbeit ist Teil der Forschungsprojektes API-KMU (02L19A010), das durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und den Europäischen Sozialfonds für Deutschland (ESF) gefördert wurde. Es wurde auch durch das BMBF-Projekt „Deutsches Internet-Institut“ (16DII137) unterstützt.

Tab. 5.17 Zentrale Dokumente der VR-Raum Erstellung inkl. Navigationshilfe

Bezeichnung	Beschreibung	Kapitel
<i>Konzeptionsplan</i>	Der Plan legt die didaktischen Grundlagen des VR-Raums fest, systematisiert (Lern-)Inhalte (inkl. der dazugehörigen Quelldateien) und dient als konzeptioneller Ausgangspunkt für das spätere Design	5.3.3 5.4.7
<i>Lastenheft – 3D-Elemente</i>	Hier sind alle Modelle inkl. der damit verbundenen Anwendungsfälle aufgeführt, die für den VR-Raum erstellt werden müssen	5.3.3
<i>Skizze für das VR-Raumdesign</i>	Die Skizze dient als erste Überlegung, wie der Konzeptionsplan „real“ in einer VR-Lösung umgesetzt werden soll	5.3.4 5.4.9
<i>Raumgestaltungsplan</i>	Der Raumgestaltungsplan führt alle 3D-Elemente auf, die in einem VR-Raum genutzt werden. Ebenfalls werden die damit verknüpften (Lern-) Inhalte sowie die genutzten Lernmedien (z. B. Podcasts) inkl. Dateikennung aufgeführt	5.3.4 5.4.9
<i>Lastenheft – Evaluation</i>	In diesem Lastenheft werden die Ergebnisse der Evaluation für die spätere Raum-Modellierung festgehalten. So können Veränderungen nachvollzogen und ggf. nachträglich korrigiert werden	5.3.5/6

Literatur

- Baron, S., Fischer, M., Gidion, G., Pantke, D., Reifschneider, O., & Reimann, D. (2019). *Prospektive Weiterbildung für Industrie 4.0. Beschäftigte frühzeitig auf die sich durch Industrie 4.0 verändernden Arbeitsanforderungen qualifizieren. Leitfaden für die betriebliche Praxis*.
- Bender, B., Teichmann, M., & Ullrich, A. (2017). Mobile IoT-Technologien als Erfolgsfaktor für Fertigung und Lernszenarien—Systematisierung und Anwendung. In *Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation* (S. 233–255). GITO Verlag.
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2015). How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence. *Media Psychology*, 19(2), 272–309. <https://doi.org/10.1080/15213269.2015.1015740>.
- Gonnermann, J., & Teichmann, M. (2023). Influence of Pre-Experience on Learning, Usability and Cognitive Load in a Virtual Learning Environment. *American Conference on Information Systems (AMCIS 2023)*.
- Gronau, N., Ullrich, A. & Teichmann, M. (2017). Development of the industrial IoT competences in the areas of organization, process, and interaction based on the learning factory concept. *Procedia Manufacturing*, 8.
- Haasler, B. (2003). »BAG-Analyse«—Analyseverfahren zur Identifikation von Arbeits- und Lerninhalten für die Gestaltung beruflicher Bildung (S. 35). <https://doi.org/10.25656/01:9166>.
- Langemeyer, I., Gronau, N., Schmid-Walz, S., Kotarski, D., Reimann, D., & Teichmann, M. (2021). *From employee to expert—Towards a Corona-sensitive approach for data collection* (S. 231). <https://doi.org/10.5281/zenodo.4590196>.
- Mayring, P. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (13., überarbeitete Aufl.). Beltz.
- Panzer, M., Bender, B., & Gronau, N. (2022). Neural agent-based production planning and control: An architectural review. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 743–766. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.10.019>.
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A design science research methodology for information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45–77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>.
- Reimann, D. (2008). Ästhetische Zugangsweisen zum Lernen und Gestalten im interaktiven Bildraum. *Lehren und Lernen mit Bildern: Ein Handbuch zur Bilddidaktik*. Hrsg.: G. Lieber, 285.
- Skulmowski, A., & Xu, K. M. (2022). Understanding cognitive load in digital and online learning: A new perspective on extraneous cognitive load. *Educational Psychology Review*, 34(1), 171–196. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>.
- Teichmann, M., Matthiessen, J., & Vladova, G. (2019). ‚You are too Old (Not) to Learn‘ – A Critical Reconsideration of ‚older Employees‘. In *Proceedings of the Weizenbaum Conference 2019 ‘Challenges of Digital Inequality—Digital Education, Digital Work, Digital Life’* (S. 4). <https://doi.org/10.34669/wi.cp2.12>.
- Teichmann, M., Ullrich, A., Knost, D., & Gronau, N. (2020a). Serious games in learning factories: Perpetuating knowledge in learning loops by game-based learning. *Procedia Manufacturing*, 45, 259–264. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.104>.
- Teichmann, M., Ullrich, A., Kotarski, D., & Gronau, N. (2021). *Facing the Demographic Change – Recommendations for Designing Learning Factories as Age-Appropriate Teaching-Learning Environments for Older Blue-Collar Workers* (SSRN Scholarly Paper ID 3858716). *Social Science Research Network*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3858716>.

- Teichmann, M., Ullrich, A., Wenz, J., & Gronau, N. (2020b). Herausforderungen und Handlungsempfehlungen betrieblicher Weiterbildungspraxis in Zeiten der Digitalisierung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 57(3), 512–527. <https://doi.org/10.1365/s40702-020-00614-x>.
- Ullrich, A. (2018). *Eigenschaften wandlungsfähiger Systeme: Erarbeitung eines Indikatorsystems*. Gito mbH Verlag.
- Vladova, G., Heuts, A., & Teichmann, M. (2020). Dem Mitarbeiter zu Diensten. Weiterbildung und Qualifizierung als Personennahe Dienstleistung. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 57(4), 710–721. <https://doi.org/10.1365/s40702-020-00626-7>.