

ENDBERICHT

Projektnummer	1211	Kurztitel	Voladigital
Projektpartner ①/ Antragsteller	TU Graz, Institut für Innovation und Industrie Management; Institut of Interactive Systems and Data Science	Weitere Projektpartner	Pädagogische Hochschule Steiermark
Bericht Nr.	1	Berichtszeitraum	05.2020-06.2022
Bericht erstellt von	Maria Hulla, Patrick Herstätter, Michael Holly, Sandra Brettschuh, Johanna Pirker, Harald Burgsteiner, Daniela Moser		

1. Ziele und Ergebnisse

Das Hauptziel des Projektes „Voladigital“ war die Erarbeitung eines Trainingskonzeptes für steirische KMUs der fertigen Industrie in einer volatilen und digitalisierten Geschäftswelt auf Basis zuvor ermittelter Herausforderungen sowie Kompetenzanforderungen. Es wurden im Projekt ein theoretisches und praktisches Training auf Basis von mittels Interviews und einer Umfrage ermittelten Herausforderungen, Kompetenzanforderungen und Trainingsanforderungen von KMUs der produzierenden Industrie entwickelt, welches individuell auf KMUs anpassbar ist.

Im Folgenden werden relevante Projektergebnisse im Überblick beschrieben. In Tabelle 1 befinden sich zusammengefasst die Projektziele und deren Umsetzung im Projekt.

Tabelle 1: Projektziele und Umsetzung

Ziel (laut Antrag)	Umsetzung im Projekt
Erhebung der Herausforderungen von KMUs in der heutigen digitalen, volatilen Geschäftswelt	Herausforderungen von KMUs wurden mittels 40 semi-strukturierten Interviews und in einer Umfrage ermittelt
Ermittlung, welche Kompetenzen von den Arbeitskräften (der Zukunft) erwartet werden	Kompetenzen von KMUs wurden mittels 40 semi-strukturierten Interviews und einer Umfrage ermittelt
Evaluierung, wie diese Kompetenzen vermittelt werden können	In den Interviews wurden die Anforderungen an Trainings ermittelt und mit den Gegebenheiten in Lernfabriken und Makerspaces abgeglichen. Des Weiteren wurde eine didaktische Transformation vorgenommen, wodurch basierend auf Kompetenzanforderungen (siehe Zeile oben) notwendige theoretische und praktische Trainingsinhalte abgeleitet wurden.
Konzeption eines praktischen Trainings zur Nutzung digitaler Technologien und Digitalisierungsimplementierungsprojekten	Basierend auf Herausforderungen, Kompetenzanforderungen und Trainingsanforderungen wurden praktische Trainingsmodule, die individuell konfigurierbar sind, entwickelt und getestet
Konzeption eines praktischen Trainings, welches das Spektrum von der Produktentwicklung bis zur (Serien-) Produktion unter Einsatz von digitalen Tools in einer Lernfabrik und einem Makerspace um Kompetenzen zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit steirischer KMUs zu stärken	Es wurden Trainings entwickelt und getestet, die den Wertschöpfungsprozess von der Produktentwicklung bis zur Serienproduktion abbilden. Die praktischen Teile der Trainings basieren auf der Nutzung von Lernfabriken und Makerspaces.

Im Folgenden werden die einige Projektergebnisse im Detail vorgestellt. Die Forschungsmethodik befindet sich im Abschnitt 2 Arbeitspakete und Meilensteine. Weitere Detailergebnisse sind in den aufgeführten Veröffentlichungen zu finden sowie beim Projektteam zu erfragen.

Ergebnisse aus der qualitativen und quantitativen Studie

In der nachfolgenden Abbildung 1 finden sich allgemeine Herausforderungen von KMUs.

Häufigkeit der Nennungen	häufig	Covid-19	Durch Covid-19 erleiden viele Unternehmen einen starken Auftragseinbruch. Die Situation (auch gesundheitlich ist für viele sehr belastend).
	Geringe Effizienz, Produktivität, Wettbewerbsfähigkeit	Viele Interviewteilnehmer beklagen wenig Effizienz in ihren innerbetrieblichen Prozessen. Zudem haben sie Qualitätsprobleme was insgesamt zu einer verringerten Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit führt.	
	FacharbeiterInnenmangel	Unternehmen stehen vor der Herausforderung, dass sie unabhängig von der befragten Industrie vor einem FacharbeiterInnenmangel steht.	
	Fehlende Nachverfolgbarkeit, menschliche Fehler	Vieles wird in Unternehmen mit Hand auf Zetteln geschrieben („Laufkarten“). Dabei passieren Fehler (z.B. bei der Übertragung von Messergebnissen).	
	Demographischer Wandel	Aufgrund mangelnden Wissens und hohen Investitionskosten, wiegt man Entscheidungen im Digitalisierungsbereich in Hinblick auf Kosten und Nutzen genau ab. Man ist wenig risikobereit, da man Angst davor hat, Fehler zu machen.	
	vereinzelt	Innovationskraft	Bestimmte Digitalisierungsprojekte sind aktuell nicht umsetzbar, da es keine Lösungen am Markt gibt (z.B. Software in der Versicherungsbranche)

Abbildung 1: Allgemeine Herausforderungen von KMUs

Außerdem wurden die Befragten über die Schwierigkeiten in Produktion und Produktionslogistik befragt, die sich mithilfe von digitalen Technologien lösen lassen könnten. Die Hauptthemen sind im Folgenden zusammengefasst:

- Die Produktionsüberwachung findet oft ohne Abwägung wichtiger Kennzahlen statt
- Umsetzung einer papierfreien Produktion
- Umsetzung von Rückverfolgbarkeit und stetiger (digitaler) Dokumentierung
- Vermeidung von menschlichen Fehlern und Unterbindung von Verfälschungen der Daten durch Angestellte
- Umsetzung einer automatisierten Identifizierung von Qualitätsproblemen und Mängeln
- Durchführung einer Hauptursachen-Problemanalyse
-

Allgemeine Herausforderungen zur digitalen Transformation finden sich in Abbildung 2:

Häufigkeit der Nennungen	häufig	Fehlen von Strategie / Leitplan	Meistens mangelt es Unternehmen an einer Digitalisierungsstrategie bzw. einer Roadmap. Es ist nicht klar „wie“ und was implementiert werden soll.
	Erkennen des Potenzials der Digitalisierung	Die Vorteile und Potentiale der Digitalisierung für das Unternehmen und entlang der Wertschöpfungskette werden häufig nicht erkannt.	
	Mangel an digitalen Fertigkeiten und Kompetenzen	Der Geschäftsführung und den MitarbeiterInnen mangelt es häufig an Fähigkeiten und Kompetenzen in Bezug auf die digitale Transformation. Außerdem gibt es selten eine/n Digitalisierungsexpertin oder ein Digitalisierungsteam/Digitalisierungsabteilung.	
	Finanzielle und Personale Ressourcen	KMUs arbeiten oft am Limit in Bezug auf finanziellen, zeitlichen und personellen Ressourcen wodurch wenig Möglichkeiten für die Umsetzung der Digitalen Transformation bleibt.	
	Wissen in Bezug auf die modernsten digitalen Technologien	Viele Befragte wussten nicht, was derzeit am Markt angeboten wird – weder in Bezug auf digitale Technologien, noch was state-of-the-art in der Industrie ist.	
	vereinzelt	Einstellung der Mitarbeiter	Die Einstellung und Akzeptanz der MitarbeiterInnen hinsichtlich der Implementierung und Verwendung von digitalen Technologien wird oft in Frage gestellt.

Abbildung 2: Allgemeine Herausforderungen der digitalen Transformation

Nachfolgend werden relevante Kompetenzen aufgelistet, die von den befragten Personen genannt wurden:

Kompetenzen

Wissen über digitale Technologien - Wissen über die neueste Technik in dem jeweiligen Gewerbe und ihre möglichen Anwendungen.

IT/ IKT-Kompetenzen - Wissen über Benutzung und Handhabung von Informationstechnologien, sowie von Informations- und Kommunikationstechnologien.

Erstellen und Durchführen von Digitalen Roadmaps - Ableiten von möglichen Analysen, auswerten und aus-suchen von digitalen Technologien, sowie deren Implementierung

Sensorik - Wissen über die Benutzung von verschiedenen Sensoren im Wertschöpfungsprozess, Darstel-lung der Sensordaten

Digitale Infotafel (Dashboards) - Anwendung und Handhabung von digitalen Infotafeln wie „Shopfloor Ma-nagement Boards“

Analyse und Interpretation von Daten - Analysieren von Daten, die im Wertschöpfungsprozess (mittels Sen-soren) generiert wurden (unter Zuhilfenahme von Datenanalyse-Software) und Interpretieren dieser Daten (z.B. Interpretieren von Trends)

Simulation - Benutzen von Simulationssoftware, um Prozesse im Wertschöpfungsprozess abzubilden und Verbesserungen ableiten zu können.

IT- und Datensicherheit - Erkennen von Gefahren, Entwickeln von Sicherheitsstrategien und Schutzmaß-nahmen bezüglich Informatik und Daten

Darstellung und Verstehen von Prozessen - Mappen und Verständnis des Wertschöpfungsprozesses, Ver-stehen der Effekte bei Änderung von Prozessen (Beziehungen, Interdependenzen...), etc.

Problemlösung/Ursachenanalyse - Lösen von Problemen bezogen auf den Wertschöpfungsprozess unter Verwendung von Daten, Methoden der Ursachenanalyse

Lean Management - Wissen über Benutzung und Umsetzung der Lean Management Methoden, sowie über die Lean Philosophie

Interdisziplinäre Kommunikation - Kommunikation mit IT-Managern sowie Software- und Hardwareanbietern, Verfassen eines Lastenheftes

Vernetztes Denken - Fachgebiet-, Funktions- und Abteilungsübergreifendes Denken sowie Erkennen von Zusammenhängen und Auswirkungen

Beweglichkeit, flexibles Handeln - Anpassungsfähigkeit der Angestellten im Fall von Veränderungen der Menge, neuen Situationen, etc.

In der nachfolgenden Umfrage wurden Ist-Kompetenzen sowie Soll-Kompetenzen (in 5 Jahren relevant) mittels Wilcoxon Test ermittelt (Abbildung 3). Ein r-Wert über 0,4 entspricht dabei einem starken Effekt nach Cohen (1992). Man sieht bei allen abgefragten Kompetenzen eine große Diskrepanz zwischen Ist- und Soll-Kompetenzen, was die Notwendigkeit von Trainings weiter unterstreicht.

Wilcoxon Test

	Digitale Basics (Technologien)	IoT und Sensorik	Digitale Dashboards	Datenanalyse	Digitaler Leitplan	Problemlösung	Lean Management	Fächerübergreifende Kommunikation	Verstehen des Prozesses	Geschicklichkeit und Flexibilität	IT/ ICT Kompetenz	IT- und Datensicherheit
Z	-3,97	-4,71	-4,52	-4,98	-5,30	-4,99	-4,69	-4,47	-5,10	-4,12	-3,89	-5,11
Z- Wert	-3,97	-4,71	-4,52	-4,98	-5,3	-4,99	-4,69	-4,47	-5,10	-4,12	-3,89	-5,11
Asymp. Sig. (2-seitig)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
r Wert	0,485	0,575	0,522	0,608	0,647	0,610	0,574	0,546	0,623	0,503	0,475	0,624

Abbildung 3: Unterschied Ist-Kompetenzen und Kompetenzen, die in 5 Jahren relevant sind (Soll-Kompetenzen)

Es wurden weitere Anforderungen an Trainings ermittelt:

Anforderungen an Trainings

Kompetenzorientiert. Es soll einen strukturierten Ansatz für das Training geben und eine Beurteilung, die auf ein bestimmtes Ergebnis ausgerichtet ist. Es muss den einzelnen Auszubildenden helfen, spezifische Kompetenzen zu erwerben, um sicherzustellen, dass sie in der Lage sind, Aufgaben unter bestimmten Bedingungen nach einem bestimmten Standard auszuführen. Daher müssen die Lernziele vor Beginn der Schulung sehr klar definiert werden. Das Hauptziel der Organisation ist die Erstellung von Kompetenzmodellen für die festgelegten funktionalen Rollen, die zu den unternehmensweiten strategischen Zielen beitragen.

Reifegradbasiert. Bei der Betrachtung der digitalen Transformation und Digitalisierung von Unternehmen reicht es nicht aus, sich nur auf technologische Aspekte zu konzentrieren. Es müssen auch die organisatorischen und kulturellen Aspekte sowie das Wissen und die Fähigkeiten der Mitarbeiter berücksichtigt werden. Reifegradmodelle ermöglichen schrittweises Entwicklungen. Sie beinhalten in der Regel alle relevanten Aspekte für die Transformation und helfen zu ermitteln, welche Kompetenzen für die Aufgabe fehlen, die Digitalisierung erfolgreich umzusetzen. Verschiedene Unternehmen weisen unterschiedliche digitale Reifegrade auf, was bei der Trainingsentwicklung berücksichtigt werden muss.

Erlebnischarakter. „*Experiential Learning*“. Die Befragten sprachen sich für ein praxisnahes Training aus, in dem die Auszubildenden die Prozessverbesserungen und die Auswirkungen der Implementierung verschiedener Technologien erleben können. Der "Learning-by-doing"-Ansatz wird auch durch zahlreiche Studien gestützt, die zeigen, dass der Erinnerungsabruf im Zusammenhang mit dieser Art des Lernens bis zu sechsmal höher ist als bei Schulungen, die auf Büchern und Präsentationen basieren. Die Lernumgebung soll also veränderbar sein.

Kontextspezifisch. Für KMUs ist es - vor allem aufgrund geringer Ressourcen - wichtig, dass Trainings auf ihren „Business Case“ abgestimmt sind. Demnach ist es entscheidend, dass man vor Trainings Anforderungen und Herausforderungen der KMUs aufnimmt.

Stand der Technik. Erfolgreiche Anwendungsfälle von State-of-the-Art-Technologien sollten gezeigt und erlebt werden. Über die diskutierten Punkte hinaus wurde von den Interviewteilnehmern erwähnt, dass die Frage, warum die Digitalisierung wichtig ist, angesprochen werden muss und gezeigt werden muss, dass auch kostengünstige Lösungen eine hohe Wirkung haben können. Da die meisten befragten KMU sowie KMU im Allgemeinen einen geringeren digitalen Reifegrad haben, sollte auch ein Modul mit digitalen Grundlagen und einer Einführung in die Digitalisierung angeboten werden. Darüber hinaus gaben die Befragten an, dass theoretische Schulungen, die kostenlos sind und niedrige Zugangsbarrieren haben, den KMU helfen würden.

Diese Trainingsanforderungen können von Lernfabriken und Makerspaces bedient werden. Durch die Umfrage konnten noch weitere Erkenntnisse gewonnen werden - ein Ausschnitt davon ist in Abbildung 4 ersichtlich.

Ergebnisse aus der Umfrage

Resultat	Statistischer Test
Es gibt einen signifikanten Unterschied in Bezug auf die Zielkompetenzen (erforderliche Kompetenzen in den nächsten 5 Jahren) der Unternehmen zwischen SMEs und großen Firmen. $p < 0.005$, $Z = -2.775$, $U = 935.5$	Mann Whitney U Test
Das Vorhandensein der Kompetenzen bezüglich der Digitalisierung und dem durchschnittlichen Reifegrad über Technologie, Organisation und Menschen in Unternehmen korreliert stark positiv. Spearman's $\rho = .703$, $p < .001$	Spearman Correlation
Im Besonderen korrelieren die Kompetenzen „Kreieren und Umsetzen eines Digitalisierungsleitplans“ und „fächerübergreifende Kommunikation“ stark mit dem Reifegrad der Unternehmen	Multivariate Regression Analysis
Je mehr Trainingskurse im Unternehmen mit Bezug auf Digitalisierung gehalten werden, desto höher ist die Akzeptanz von Digitalisierung unter den Mitarbeitern. Die Korrelation ist mäßig positiv. Spearman's $\rho = .308$, $p < .001$.	Spearman Correlation
Der Grad, zu dem ein Digitalisierungsbeauftragter anwesend ist und der mittlere Reifegrad über Technologie, Organisation und Menschen korreliert mäßig bis stark. Spearman's $\rho = .492$, $p < .001$.	Spearman Correlation
Es gibt keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf den mittleren Reifegrad zwischen Unternehmen in der Steiermark oder im restlichen Österreich. $P = 0.724$, $Z = -0.356$, $U = 1351$	Mann Whitney U Test

Abbildung 4: Allgemeine Ergebnisse der quantitativen Studie

Basierend auf den Herausforderungen, Kompetenzanforderungen und Anforderungen an Trainings sowie weiteren Erkenntnissen der qualitativen und quantitativen Studien wurde eine didaktische Transformation für jede relevante Kompetenz dargestellt. In der nachfolgenden Tabelle wird das Beispiel einer didaktischen Transformation ersichtlich.

Tabelle 2: Didaktische Transformation einer ausgewählten Kompetenz

Kompetenz	Subkompetenzen	Aktionen	Wissensbasis
Die TeilnehmerInnen realisieren eine Digitalisierungsroadmap.	Die Teilnehmer*innen analysieren den aktuellen Stand des Unternehmens.	*Durchführen eines Industrie 4.0-Quick-Checks *Durchführung einer internen Analyse (Stärken und Schwächen) des Wertschöpfungsprozesses *Externe Analyse (Chancen und Bedrohungen) *Analyse des aktuellen Geschäftsmodells des Unternehmens	*Basic know how to perform a quick check *Basic knowledge on strategic analysis methods (SWOT, PESTEL, 5 Forces) *Basic knowledge on business models
	Die Teilnehmer*innen erkennen Potenziale.	*Potenziale auf Basis der Unternehmensanalyse ableiten *Brainstorming von Ideen *Diskussion der Ideen und Konkretisierung der Konzepte	*Grundkenntnisse über die aktuellen digitalen Technologien und ihre Funktionalitäten *Grundkenntnisse in der Durchführung eines effektiven Brainstormings
	Die Teilnehmer*innen bewerten Konzepte.	*Bewertung der Konzepte *Generierung einer Entscheidung für ein Konzept	*Grundkenntnisse in der Bewertung von Konzepten
	Die Teilnehmer*innen erstellen eine Digitalisierungs-Roadmap.	*Entwicklung einer Digitalisierungs-Roadmap in den Bereichen Technologie, Mensch und Organisation *Ableitung der nächsten Schritte für das Unternehmen	*Wissen, wie man eine Digitalisierungs-Roadmap erstellt *Kenntnis der Zusammenhänge zwischen Technologie, Mensch und Organisation

Trainingsmodule

Basierend auf der Literaturstudie, der qualitativen Studie, der quantitativen Studie und der didaktischen Transformation, sind die Module abgeleitet. Das sind unter anderem:

- Modul I: Digitale Grundlagen und digitale Roadmap
- Modul II: Datenaufnahme und Sensorik
- Modul III: Datenanalytik
- Modul IV: Digitales Shopfloor Management und Problemanalyse
- Modul V: Interdisziplinäre Kommunikation und Prozessanalyse
- Modul VI: Virtual Reality und Head Mounted Displays (HMDs)

Module bestehen aus den folgenden Modulelementen:

- Ein theoretischer Teil: Dieser beinhaltet Informationen und Erklärungen über Methoden, Werkzeuge, Software, Vorgehensmodelle, etc.
- Lernfabrik/Makerspace basierende Übung: Diese praktischen Teile beinhalten Lernfabriksübungen und Erweiterungen der Übungen.
- Beispiele für Erfolgsmethoden: Um Beispiele zu bieten, wie Methoden, Technologien etc. im Gewerbe angewandt werden können, werden Erfolgsmethoden von Unternehmen im gleichen oder in ähnlichen Gewerben zur Verfügung gestellt.
- Diskussionen: Fragen für Diskussionen von relevanten Themen und Ergebnisse der Übungen sind vorgegeben

Beschreibung der Trainingsmodule

In diesem Teil werden die entwickelten Module beschrieben. Weiters werden die Lernsequenzen (Übungen) gezeigt.

Modul I: Digitale Grundlagen und digitale Roadmap

Das Ziel von Modul I ist es, Sie zu trainieren wie man 1) ein Dringlichkeitsgefühl erzeugt und die Potenziale des digitalen Wandels erklärt; 2) die Informationen bezüglich der State-of-the-Art Technologien bekommt; 3) eine Potenzialanalyse ausführt und die Potenziale des digitalen Wandels in der Fallfirma auswertet; und 4) eine digitale Roadmap erstellt. Daher bekommen die Teilnehmer zuerst die Informationen zu den Potenzialen des digitalen Wandels in der Form von Use Cases von Unternehmen ähnlicher oder gleicher Industrien und einen Überblick über industriellen Untersuchungen an digitalem Wandel. Des Weiteren wird ein Überblick über digitale Technologien in Form eines „Poster Walk“ gegeben. Außerdem, werden die Potenziale des digitalen Wandels identifiziert, während die Teilnehmer in „Übung 1“ das Unternehmen bezogen auf eine Case-Study analysieren – unterstützt mit Methoden wie PESTEL und SWOT-Analyse und Erfahrungen während sie in der Lernfabrik arbeiten. Diese Potenziale werden dann ausgewertet und für die Erstellung der Roadmap für den digitalen Wandel ausgewählt. Für die Entwicklung der Roadmaps für den digitalen Wandel wird zuerst ein Überblick über die Schritte zur Erstellung einer Roadmap für den digitalen Wandel gegeben. Anschließend werden bewährte Verfahren für Leitpläne für den digitalen Wandel gezeigt und die Teilnehmer entwickeln ihre eigene Roadmap für die Lernfabrik und besprechen ihre Ergebnisse („Übung 2“).

Modul II: Datenaufnahme und Sensorik

Modul II dient zum Trainieren wie man 1) ein Internet der Dinge System erkennt; 2) Datenaufnahme mithilfe von Sensoren durchführt; und 3) Datenumwandlung und -visualisierung durchführt. Erstens bekommen die Trainingsteilnehmer einen Überblick über das Potenzial des Internets der Dinge und Anwendungsfälle in ähnlichem oder im gleichen Gewerbe. Zweitens werden verschiedene Sensoren und ihre Funktionalitäten vorgestellt und die Teilnehmer müssen sich einen passenden Sensor für ein Geschäftsszenario aussuchen und einsetzen („Übung 3“). Ferner wird das technische System um das Internet der Dinge zu verstehen diskutiert. Basierend auf dem Geschäftsszenario gestalten und erstellen die Teilnehmer ein technisches System mithilfe des „Factory Cube“ und veranschaulichen die gesammelten Daten mithilfe einer Software („Übung 4“) um das Internet der Dinge zu begreifen. Danach werden die Ergebnisse in der Gruppe besprochen.

Modul III: Datenanalyse

Das Ziel von Modul III ist auszubilden, wie man 1) das Potenzial der Datenanalyse erkennt und wie man Herausforderungen auf dem Shopfloor mithilfe der Datenanalyse löst; 2) die Schritte eines Datenanalyseprojekts, einschließlich Datenaufbereitung, Verstehen der Daten, Datenmodellierung und -auswertung sowie den Einsatz der Daten durchführt; und 3) Algorithmen von maschinellen Lernverfahren an konkreten Problemen am Shopfloor anwendet. Als erste Schritte lernen die Teilnehmer das Potenzial und Anwendungsfälle der Datenanalyse auf dem Shopfloor. Außerdem werden Modelle für Standardverfahren mit Fokus auf die

Datenaufbereitung, präsentiert. In „Übung 5“ und „Übung 6“ werden die Trainingsteilnehmer gebeten, eine konkrete Herausforderung mithilfe eines Datenanalyseprojekts zu lösen. Basierend auf dem CRISP-DM Prozess, müssen die Teilnehmer geschäftliches Verständnis sowie Datenverständnis, Datenmodellierung, Datenauswertung sowie den Einsatz der Daten vorführen. Tisch (2016) veranschaulicht die Lernabfolgen (Übungen) für Modul III.

Modul IV: Digitales Shopfloor Management und Problemanalyse

Das Ziel von Modul IV ist zu trainieren, wie man 1) ein digitales Dashboard für das Shopfloor Management erstellt; 2) mit dem Shopfloor Management Board arbeitet; und 3) eine Problemanalyse durchführt. Am Anfang ist ein Überblick über Shopfloor Management (Boards) und deren Potenzial gegeben. Danach ist ein theoretischer Beitrag über Kennzahlen auf dem Shopfloor, den Aufbau eines digitalen Shopfloor Management Boards und (Grundvoraussetzungen für die) Umsetzung des Boards gegeben. In „Übung 7“ erstellen die Teilnehmer ein digitales Shopfloor Management Board von Anfang an, mit Entscheidungen über KPIs und ihre Darstellung, sowie die Struktur des Boards. Nach einer Diskussion über die Ergebnisse der Übung bekommen die Teilnehmer einen anderen theoretischen Beitrag, wie man mit digitalen Shopfloor Management Boards arbeiten kann. Außerdem wird eine Zusammenfassung über Ursachenanalyse bei Problemen bereitgestellt. In „Übung 8“ müssen die Teilnehmer einen Shopfloor Dialog mit dem digitalen Shopfloor Management Board erstellen. Zudem bekommen sie ein bestimmtes kommerzielles Problem vom Trainer, das sie mit der Hilfe eines A3 Zettels und eines Ishikawa Diagramms lösen müssen („Übung 8“).

Modul V: I Kommunikation und Prozessanalyse

Modul V zielt darauf ab zu trainieren, wie man 1) einen Projektvorschlag definiert; 2) eine Risikoanalyse ausführt; 3) ein Spezifikationsblatt erstellt und 4) Prozesse und Systemmodelle veranschaulicht. Zuerst bekommen die Teilnehmer einen Überblick über Implementierungsprojekte für digitale Technologien und Implementierungsprojekte für Software, ebenso wie Erklärungen und Beschreibungen über die Definition eines Projektvorschlags und einer Risikoanalyse. Basierend darauf erstellen die Teilnehmer einen Projektvorschlag für ein Implementierungsprojekt für eine digitale Technologie ihrer Wahl und eine Risikoanalyse betreffend Risiken, die mit dem Projekt verbunden sind. Danach bekommen die Teilnehmer einen theoretischen Input über Spezifikationsblätter inklusive einer Beschreibung über Prozesserfassungsmethoden und Erklärungen über verschiedene Systemmodelle im Software Development. Die Teilnehmer werden dann dazu aufgefordert ein Spezifikationsblatt für ihre gewählte digitale Lösung zu erstellen.

Modul VI: Virtual Reality und Head Mounted Displays (HMDs)

Modul VI soll die Teilnehmer mit neuen Medien und Technologien am Beispiel von Virtual Reality vertraut machen. Virtual Reality und Augmented Reality, als neue IT/IKT-Technologien, bieten zahlreiche Potenziale, die bisher insbesondere bei KMUs wenig bekannt und genutzt sind. Teilnehmer des Moduls sind nach Abschluss in der Lage 1) ihre Aufgaben und Ziele für die Arbeit in Extended Reality zu definieren, 2) die Technologieunterschiede (AR vs. VR) zu überblicken, 3) die richtige Soft- und Hardware für ihre Aufgaben auszuwählen und 4) ihre Aufgaben mithilfe der neuen Technologie abzuarbeiten und dokumentieren zu können. Dazu wird den Teilnehmern zunächst eine theoretische Einführung mit Technologieüberblick, Umsetzungsmöglichkeiten, Anwendungsszenarien und potentiellen Vorteilen von Virtual Reality, sowie Augmented Reality Technologie gegeben. Im Anschluss bekommen die Teilnehmer eine praktische Einweisung und ein Lernszenario mit Virtual Reality Technologie, am Beispiel eines Head Mounted Devices (HMDs). Nach Abschluss des ersten Teils bekommen die Teilnehmer im zweiten Modulteil ein Produktentwicklungsszenario vorgestellt in welchem sie aufgefordert werden, eine 3D-Datei eines Produktes (idealerweise eine eigene Entwicklung) auf ein HMD zu übertragen, das Produkt dort zu visualisieren und Erkenntnisse abzuleiten. Im Vorfeld müssen die Teilnehmer ihre Ziele/gewünschten Erkenntnisgewinne definieren und im Nachgang diese dokumentieren.

Auswertung der Module

Zur Evaluierung der Trainingsmodule wurde ein Pre- und Posttest durchgeführt um den Wissensstand vor und nach dem Training zu überprüfen. Des Weiteren war bei jedem Training ein/e Peer-BeobachterIn vor Ort und die Ergebnisse, die die TrainingsteilnehmerInnen erlangten wurden bewertet. Des Weiteren sollten die TeilnehmerInnen selbst einschätzen, inwiefern sie die Kompetenzen erlangt haben sowie einen Trainingsevaluierungsbogen ausfüllen. Untenstehend finden sich einige Ergebnisse.

Pre- und Posttest

Die Ergebnisse des Pre- und Posttests (Abbildung 5) befinden sich in den nachfolgenden Box Plots. Es ist deutlich erkennbar, dass es eine Steigerung des Wissenstandes der TrainingsteilnehmerInnen gegeben hat, wodurch die Effektivität der Trainings bestätigt wird.

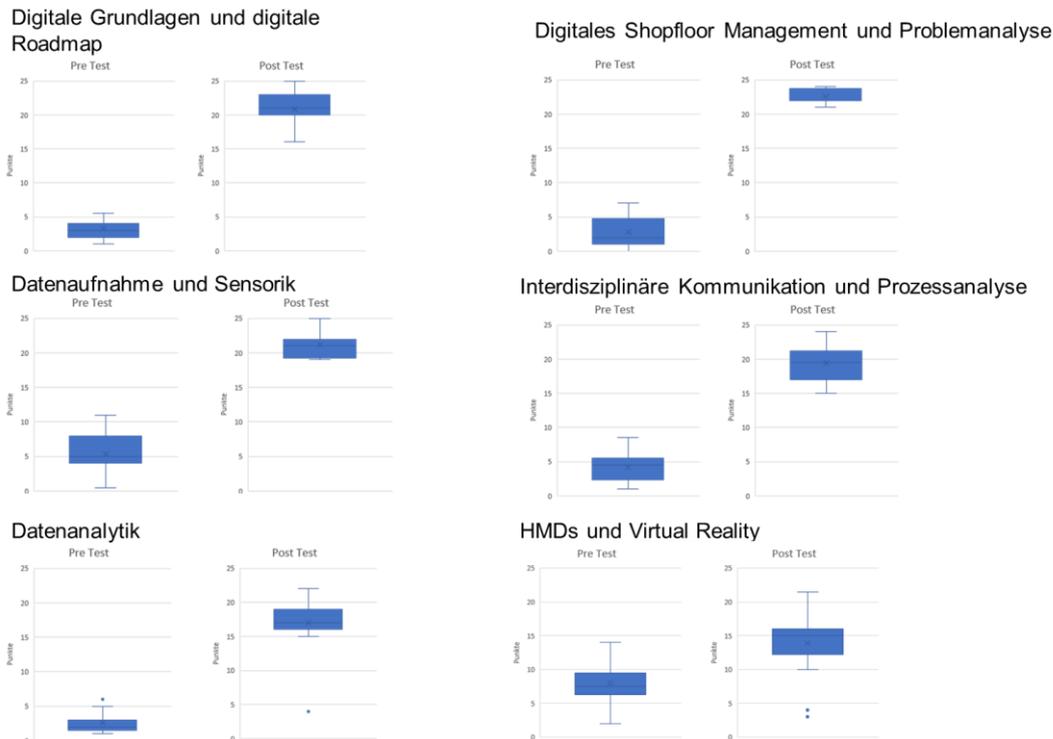


Abbildung 5: Vergleich Pre- und Posttest

BeobachterInnen

Zur Maßnahme der Evaluierung und Qualitätssicherung wurden bei jedem Trainingsmodul 1-2 BeobachterInnen eingestellt, welche einen strukturierten Fragebogen ausfüllten und zur Diskussion der Trainingsverbesserungsmaßnahmen eingesetzt wurden. In der Evaluierung hoben BeobachterInnen positiv hervor, dass die TeilnehmerInnen der Trainings stets motiviert und engagiert waren, die Theorieeinheiten kurz gehalten waren und gut mit den Praxiseinheiten harmonierten, sodass erworbenes Wissen in den Übungen direkt angewendet werden konnte. Auch die Praxisbeispiele (Best-Practice Beispiele) sind passend und bereichern die theoretischen und praktischen Einheiten.

Ergebnisauswertung

Hier wurden die Ergebnisse von der Trainingsleitung sowie ausgewertet, welche die TrainingsteilnehmerInnen bei den Trainings erzielt haben. Zusammengefasst wurden bei allen Übungen die erwarteten/gewünschten Ergebnisse durch die TeilnehmerInnen erzielt.

Kompetenzen

Basierend auf den ermittelten Kompetenzen wurden in der didaktischen Transformation auch Subkompetenzen abgeleitet. Die Erreichung der Kompetenzen wurden auf Basis einer 5-teiligen Skala bewertet (1...Stimme nicht zu; 5...Stimme voll zu) und ergaben im Mittel für die einzelnen Module folgendes Bild (Tabelle 3).

Tabelle 3: Ergebnisse der Kompetenzevaluierung

Modul I	Modul II	Modul III	Modul IV	Modul V	Modul VI
Ø 4,00	Ø 4,38	Ø 4,08	Ø 4,54	Ø 4,39	Ø 3,48
σ 0,82	σ 0,71	σ 0,84	σ 0,68	σ 0,72	σ 1,16

Trainingserfahrungen Fragebogen

Auf Basis von Standardevaluierungsbögen wurde die Trainingserfahrung abgeleitet und die Ergebnisse sind in Tabelle 4 ersichtlich (1...Stimme nicht zu; 5...Stimme voll zu) (Tabelle .

Tabelle 4: Ergebnisse des Fragebogens zur Trainingserfahrung

Frage	Modul I	Modul II	Modul III	Modul IV	Modul V	Modul VI
Der Kurs war herausfordernd in einer anregenden Sicht	Ø 3,62 σ 0,74	Ø 4,20 σ 0,60	Ø 3,73 σ 0,95	Ø 4,10 σ 0,70	Ø 3,88 σ 0,78	Ø 4,00 σ 01,26
Es war mir möglich, aus konkreten Beispielen, die ich nachempfinden konnte, zu lernen,	Ø 4,62 σ 0,62	Ø 4,50 σ 0,81	Ø 4,07 σ 0,85	Ø 4,50 σ 0,67	Ø 4,44 Σ 0,61	Ø 4,21 σ 1,06
Es war mir möglich, regelmäßig Zeit damit zu verbringen, über das Gelernte nachzudenken,	Ø 4,38 σ 0,84	Ø 3,90 σ 0,83	Ø 4,13 σ 0,72	Ø 4,40 σ 0,66	Ø 4,19 σ 0,53	Ø 3,79 σ 1,28
Was uns beigebracht wurde, scheint mit dem übereinzustimmen, was ich erwartete zu lernen,	Ø 4,15 σ 0,66	Ø 3,60 σ 0,66	Ø 4,07 σ 0,68	Ø 4,10 Σ 0,59	Ø 3,94 σ 0,83	Ø 4,26 σ 1,16
Die Herausforderungen im Kurs sind interessant	Ø 4,54 σ 0,75	Ø 4,60 σ, 0,49	Ø 4,40 σ 0,49	Ø 4,70 σ 0,64	Ø 4,50 σ, 0,71	Ø 4,44 σ 0,96
Ich konnte lernen, indem ich mit anderen zusammenarbeitete und diskutierte,	Ø 4,62 σ, 0,74	Ø 4,50 σ 0,50	Ø 4,33 σ 0,87	Ø 4,80 σ 0,40	Ø 4,88 σ 0,33	Ø 4,16 σ 1,31
Es war mir möglich, Unterstützung zu holen wenn ich sie brauchte	Ø 4,69 σ, 0,46	Ø 4,80 σ, 0,40	Ø 4,40 σ 0,71	Ø 5,00 σ 0,00	Ø 4,81 σ 0,39	Ø 4,74 σ 0,91
Es ist leicht, einen Zusammenhang zwischen den Übungen und dem, was wir lernen sollen, zu erkennen,	Ø 4,92 σ 0,27	Ø 4,90 σ 0,30	Ø 4,47 σ 0,62	Ø 4,70 σ 0,46	Ø 4,51 σ 0,71	Ø 4,32 σ 0,98

Zudem wurden offene Fragen gestellt, was den TeilnehmerInnen am besten gefallen hat und wo es Verbesserungsbedarf gibt. Zu den Aspekten, welche die TrainingsteilnehmerInnen am besten befanden gehören das Zusammenspiel zwischen Theorie und Praxis, motivierende Arbeitsaufgaben, „Learning-by-doing sowie TrainerInnen, die den Teilnehmenden auf Augenhöhe begegnet sind. Als Verbesserungsvorschläge wurden die Erklärungen der Übungen hervorgehoben. Diese Verbesserung wurde bereits umgesetzt.

Evaluierung der Videos

Die Videos wurden zur Evaluierung in einer aufbauenden Sequenz abgespielt und inhaltlich bewertet. Positiv wurde hervorgehoben, dass die Videos leicht verständlich sind und die einen niederschweligen Zugang zu Informationen zur digitalen Transformation bieten. Als Verbesserungsvorschläge wurde angemerkt, dass die Videosequenzen kürzer sein könnten und die Videos insgesamt unterschiedliche Längen haben.

Frameworks zur Trainingsauswahl

Da die Trainingsmodule individuell für die KMUs angepasst werden sollten (siehe Trainingsanforderungen), wurde ein Framework erstellt (siehe Abbildung 6). Im ersten Schritt wird dabei die Ist-Situation sowie die Ziele im Unternehmen hinsichtlich der digitalen Transformation definiert. Weiters werden die verschiedenen Elemente von Modulen ausgewählt und individuell konfiguriert. Anschließend werden Trainings durchgeführt und evaluiert.

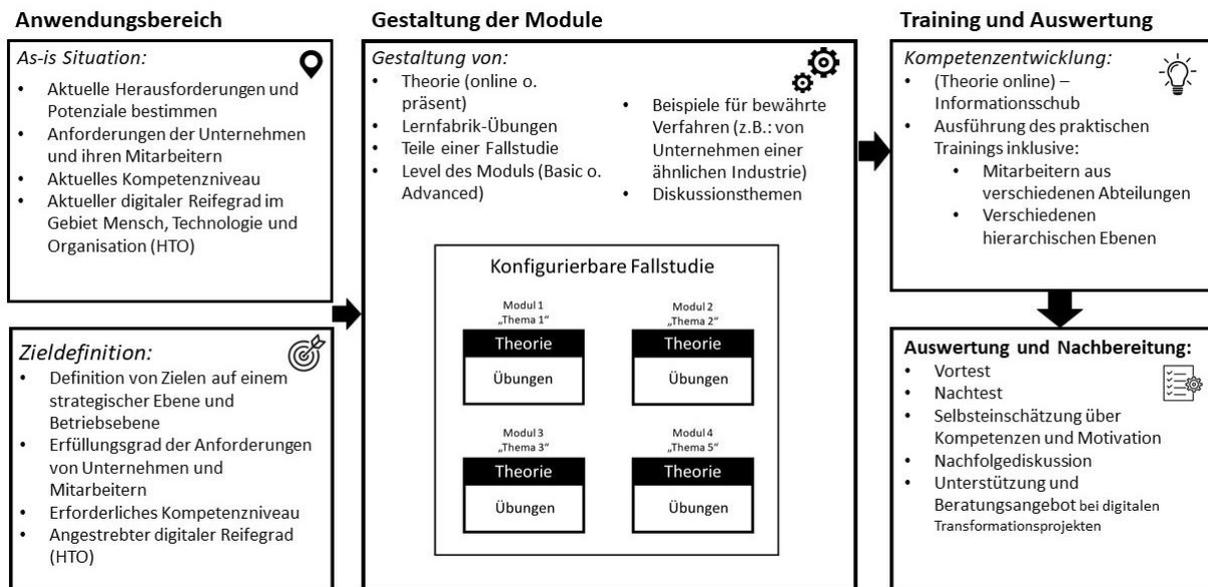


Abbildung 6: Framework zur Konfiguration der Trainingsmodule für KMUs

Zusammenfassung der Evaluierung

Insgesamt wurden die Trainingsmodule (theoretisch und praktisch) von den TeilnehmerInnen als sehr gut bis gut bewertet. Relevante Kompetenzen hinsichtlich der digitalen Transformation konnten aufgebaut werden, was sich in den Ergebnissen der Kompetenzevaluierung und der Pre- und Posttest widerspiegelt. Verbesserungspotenziale konnten dank der umfangreichen Evaluierung abgeleitet werden und

2. Arbeitspakete und Meilensteine

2.1 Übersichtstabellen

In der folgenden Tabellen 5 und 6 werden die Arbeitspakete und Meilensteine gezeigt. Der Projektstart wurde in Abstimmung mit dem Fördergeber auf Mai 2020 verschoben, da die personellen Ressourcen noch nicht vorbereitet waren, sowie aufgrund der, für den Projektnehmer, späten Zusage des Projektes (im September 2020).

Tabelle 5: Arbeitspakete

AP Nr.	Arbeitspaket Bezeichnung	Fertigstellungsgrad	Basistermin		Aktuell		Erreichte Ergebnisse / Abweichungen
			Anf.	Ende	Anf.	Ende	
1	Projektmanagement	100%	05.20	04.22	05.20	06.22	Projektmanagement erfolgte während der gesamten Projektlaufzeit zur Gewährleistung der Koordination der Partner und der Kommunikation mit dem Fördergeber, sowie Öffentlichkeitsarbeit und Dissemination. Zusammenfassung der Ergebnisse und Erstellung und Übermittlung des Endberichts. Längere Projektlaufzeit erfolgte aufgrund von Covid-19.
2	Kompetenzanalyse	100%	05.20	01.21	05.20	01.21	Im Zuge dieses Arbeitspakets wurden qualitative Studien (Interviews) durchgeführt. Dabei wurden anstatt 8-10 Interviews (Antrag) 40 Interviews durchgeführt. Diese dienten als Basis für die Erstellung eines Fragebogens

							dienten, welcher an steirische KMUs ausgesendet wurde. Dabei wurden 160 Antworten erhalten. Zuletzt wurden die Ergebnisse dieses Arbeitspakets analysiert und evaluiert.
3	Lösungskonzeption	100%	08.20	05.21	08.20	05.21	Die Erkenntnisse aus Arbeitspaket 2 wurden didaktisch aufbereitet um eine Basis zur Vermittlung von Kompetenzen zu schaffen. Anschließend wurden die entsprechenden theoretischen Inhalte erstellt und eine geeignete Lernplattform ausgewählt. Erste Videos wurden erstellt, und ein praktisches Trainingskonzept zur Vermittlung von Kompetenzen vor Ort entwickelt. Die Konzepte sind modular aufgebaut um damit individuell anpassbar.
4	Test	100%	06.21	04.22	06.21	06.22	Die entwickelten Lösungen wurden aufgrund der COVID-bedingten Einschränkungen und schlechteren Verfügbarkeit von KMU-MitarbeiterInnen mit Studierenden und MitarbeiterInnen von Industriebetrieben innerhalb der Lernfabrik und des Makerspaces getestet. Auf der Basis von Feedbacks und Tests bei den Trainings, sowie beobachtenden Maßnahmen wurden die Trainings evaluiert und erste Verbesserungsmaßnahmen gesetzt. / Verzögerung des Arbeitspaketes aufgrund von Einschränkungen der Evaluierungsmöglichkeiten wegen Covid-19.

Tabelle 6: Meilensteine

Meilenstein Nr.	Meilenstein Bezeichnung	Basis-termin	Akt, Planung	Meilenstein erreicht am	Anmerkungen zu Abweichungen
0	Pre-KickOff	18.12.19	18.12.19	18.12.19	
1	Kick Off	28.04.20	28.04.20	28.04.20	
2	Checkpoint Arbeitspaket 2	01.2021	29.01.21	29.01.21	
3	Checkpoint Arbeitspaket 3	12.2021	21.12.21	21.12.21	
4	Abschluss Arbeitspaket 4	04.2022	06.2022	30.06.2022	Verzögerung bei Test und Evaluierung der Trainings, da es zu COVID bedingten Verschiebungen von Lehrveranstaltungen bzw. Zugang zu Räumlichkeiten/Laboren kam.
4	Projektabschluss und Endbericht	04.2022	06.2022	31.07.2022	Aufgrund der Verzögerung in Arbeitspaket 4 verzögerte sich auch der Projektabschluss und die Verfassung des Endberichts entsprechend.

Das Projekt musste aufgrund unerwarteter Verschiebungen verspätet gestartet werden. Dies zeichnete sich bereits vor dem ursprünglich geplanten Kick Off ab und die Termine/Pakete/Meilensteine wurden entsprechend adaptiert. Als Basistermine in Tabelle 2 wurden daher die bereits zu Projektbeginn aktualisierten Termine aufgeführt.

2.2 Beschreibung der im Berichtszeitraum durchgeführten Arbeiten

Interviewstudie

AP1 – Projektmanagement: Das Projektmanagement startete bereits vor dem offiziellen Kick Off und wurde als integriertes Management während des gesamten Forschungsprojekts umgesetzt. Dazu wurden die Aktivitäten sämtlicher Projektpartner und MitarbeiterInnen von einer gemeinsamen Projektleiterin koordiniert, sowie regelmäßige Meetings zum gemeinsamen Austausch und zur Abstimmung organisiert. Inhalt des Arbeitspakets Projektmanagement ist des Weiteren die Sammlung und Zusammenfassung der Ergebnisse in Form des Endberichts, sowie die Koordination mit dem Fördergeber. Zur Dissemination wurden Projektergebnisse kontinuierlich veröffentlicht (siehe auch Abschnitt 4) und in Wissenschaft (im Zuge von Konferenzen, Meetings mit Kollegen anderer Universitäten, usw.) und Industrie (Aussendung von Ergebnissen etc.) diskutiert.

AP2 – Kompetenzanalyse: Um die Kompetenzanforderungen bei steirischen KMUs zu erheben, wurden zunächst semi-strukturierte Experteninterviews (Leitfadenerstellung auf Basis von Helfferich (2011)) durchgeführt. Für die Durchführung erfolgte eine Vorauswahl der zu befragenden ExpertInnen. Die Auswahl umfasste letztlich 12 allgemeine Manager aus verschiedenen KMUs, 14 allgemeine Manager und Produktionsmanager aus größeren Unternehmen als Referenzbeispiele, sowie 14 Fachberater und Interessensvertreter. Zur Eingrenzung bei gleichzeitig aussagekräftigem Branchenmix wurden ausschließlich Personen aus den folgenden Industrien in der Studie inkludiert:

- C10...Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln;
- C11...Getränkeherstellung;
- C23...Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden;
- C24...Metallerzeugung und -bearbeitung;
- C25...Herstellung von Metallerzeugnissen;
- C26...Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen;
- C27...Herstellung von elektrischen Ausrüstungen;
- C28...Maschinenbau;
- C29...Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen;
- C30...Sonstiger Fahrzeugbau

Nach Abschluss der Interviews wurden diese mittels der Software MAXQDA transkribiert, Codes erstellt und auf Basis von Inhaltsanalysen nach Mayring (1994) analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden zur Erstellung eines Fragebogens zur Erhebung der Anforderungen an die MitarbeiterInnen der steirischen KMUs der Fertigungsindustrie sowie deren Herausforderungen in einer volatilen digitalisierten Geschäftswelt erstellt. Nach Vortest des Fragebogens mit Partnerfirmen und Institutsmitarbeitern wurde dieser nochmalig angepasst und anschließend an steirische KMUs in der Fertigungsindustrie versendet. Als Plattform diente hierbei LimeSurvey, welche seitens der TU Graz zur Verfügung gestellt wird. Die Laufzeit betrug acht Wochen, mit einer Gesamtrücklaufzahl 166 Antworten. Die vollständig und verwertbar ausgefüllten Fragebogen (n=67) wurden im Anschluss mithilfe von statistischen Methoden (SPSS) ausgewertet und evaluiert.

Über die Hälfte der befragten Personen (51%) arbeiteten in Unternehmen mit einer Mitarbeiteranzahl zwischen 50-249 Personen. 39% der repräsentierten Unternehmen beschäftigen zwischen 10-49 Personen und 10% der repräsentierten Unternehmen beschäftigen weniger als 10 Personen. Ein Großteil des befragten Personenkreises ist in der Geschäftsführung des Unternehmens tätig (60%), gefolgt von Mitarbeitern der Produktion (22%) und Mitarbeitern aus IT & Digitalisierung, Beschaffung, Logistik, Vertrieb, sowie Personalwesen (jeweils <10%)

AP3 – Lösungskonzeption: Für die Lösungskonzeption wurden zunächst die Erkenntnisse aus Arbeitspaket 2 mittels didaktischer Transformation (auf Basis Tisch (2016)) aufbereitet. Dafür wurden in Summe zehn Kompetenzmodule identifiziert, erforderliche Kompetenzen und Subkompetenzen definiert, sowie dafür erforderliche Handlungen und die Wissensbasis festgelegt. Diese didaktische Transformation diente der Erstellung sowohl der theoretischen Trainingsinhalte, als auch eines Trainingskonzepts in der Lernfabrik LEAD Factory und im Makerspace Schumpeter Labor für Innovation. Für die Erstellung der theoretischen Inhalte wurde neben entsprechender Content-Slides (Powerpoint) auch die Generierung von Lehrvideos geplant und durchgeführt, eine entsprechende Lehrplattform zur Verbreitung der Inhalte ausgewählt, sowie eine sinnvolle Abfolge von Modulen festgelegt. Zur Individualisierung der Module, wurde ein Eingangstest definiert, der einerseits das vorhandene Grundwissen für die einzelnen Kompetenzmodule abfragt, aber darüber hinaus auch auf individuelle Begebenheiten wie Zeitverfügbarkeit und spezifischem Bedarf Rücksicht nimmt. Basierend auf diesem Eingangstest bekommen NutzerInnen einen Vorschlag hinsichtlich der für sie relevanten Kompetenzmodule – die Letztentscheidung kann weiterhin von den NutzerInnen getroffen werden. Analog zu den theoretischen Lehrinhalten wurden mithilfe der didaktischen Transformation praktische Trainingskonzepte und Inhalte definiert bzw. erstellt. Auch diese sind modular aufgebaut und den entsprechenden Theorieinhalten zugewiesen. Sie dienen der weiteren Vertiefung des Wissens, sowie dem leichteren (Er-)Lernen der Kompetenzen, unter Zuhilfenahme der bereits erwähnten Infrastrukturen LEAD Factory und Schumpeter Labor für Innovation.

AP4 – Test: Die in Arbeitspaket 3 entwickelten theoretischen und praktischen Trainingsinhalte wurden mit Studierenden der Technischen Universität Graz getestet. Dazu wurden Studierende in verschiedenen Lehrveranstaltungen in den Einrichtungen der LEAD Factory und des Schumpeter Labor für Innovation dazu eingeladen an den Trainings teilzunehmen. Sämtliche entwickelten Module konnten so getestet werden und durch (Peer-)Beobachtungen, sowie Fragebögen und Eingangs-/Ausgangstests wichtige Erkenntnisse für die Weiterentwicklung und Optimierung der Trainings gewonnen werden.

Abgesehen von der allgemeinen Verzögerung durch späteren Projektstart (siehe 2.3) konnten die Arbeitspakete 2 und 3 wie geplant erarbeitet werden. Arbeitspaket 4 musste aufgrund der Auswirkungen der Pandemie im zeitlichen Rahmen und in der Ausarbeitung hinsichtlich der Teilnehmergruppe geändert werden. (siehe 2.3)

2.3 Änderungen im Projektverlauf

Das Projekt wurde aufgrund personeller Ressourcen mit Verspätung im April 2020 offiziell gestartet. Als ursprünglicher Starttermin war November 2019 avisiert – die Zeit zwischen November und April wurde für entsprechende Planungsaufgaben und Strukturierung des Projekts genutzt. Des Weiteren wurden erste Interviewpartner kontaktiert und um Mithilfe gebeten. Des Weiteren wurden wissenschaftliche MitarbeiterInnen kontaktiert, die an ähnlichen Projekten arbeiten und sich ausgetauscht.

Die gegen Projektende geplanten Tests der entwickelten Trainings waren ursprünglich mit Mitarbeitenden von KMUs geplant. Durch COVID-19 gab es jedoch Bedenken hinsichtlich externer Trainings. Aus diesem Grund wurden die Trainings mit Studierenden und MitarbeiterInnen von Industriebetrieben im Rahmen von Lehrveranstaltungen durchgeführt und entsprechend getestet beziehungsweise evaluiert. Um sicherzustellen, dass die Trainings in Präsenz durchgeführt werden können, wurden die Kurse zum Teil weiter Richtung Sommermonate verschoben. Dadurch verschoben sich auch das geplante Projektende und das Ende von Arbeitspaket 4. Der neu kommunizierte Projektabschlussstermin wurde mit Ende Juli festgemacht und konnte eingehalten werden.

3. Projektteam und Kooperation

Das Projektteam bestand seitens Institut für Innovation und Industrie Management der TU Graz aus dem wissenschaftlichen Leiter Prof. Dr. Christian Ramsauer, der Projektleiterin DI Maria Hulla und dem Projektmitarbeiter DI Patrick Herstätter. Seitens des Institutes of Interactive Systems and Data Science arbeiteten Dr. Johanna Pirker, DI Michael Holly und Sandra Brettschuh am Projekt mit. Die pädagogische Hochschule war durch HS-Prof. Dr. Harald Burgsteiner sowie Frau HS-Prof. Dr. Daniela Moser vertreten. Zusätzlich wurden noch wie geplant zehn Bachelorstudierende und vier Masterstudierende (Studium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau) von der TU Graz in einzelnen Arbeitspaketen eingebunden. Auf Seiten der Pädagogischen Hochschule Steiermark arbeiteten vier Bachelor- bzw. Masterstudierende im Rahmen von Abschlussarbeiten, sowie diverse andere im Zuge von Lehrveranstaltungen mit. Das entspricht den im Wesentlichen den Antrag geplanten Personen und wurde im Laufe des Projekts nicht verändert. Durch die Mitarbeit der Studierenden wurde auch das Ziel des Wissenstransfers hin zur Ausbildung an den beteiligten Hochschulen erreicht.

Die Zusammenarbeit während des Projektes war von allen Seiten von großer Wertschätzung geprägt und gestaltete sich äußerst kooperativ. Das zeigte sich auch in der Verlässlichkeit bezüglich übernommener Teilaufgaben und Arbeitspaketen, deren pünktlichen Ergebnisübermittlungen und der fruchtbaren Arbeit an gemeinsamen wissenschaftlichen Publikationen. Es kam deshalb auch zu keinen Projektkrisen hinsichtlich personeller Probleme oder inhaltlicher bzw. arbeitsmoralischer Verwerfungen im Projektteam.

Der Austausch von Daten und Dokumenten wurde von Beginn an über gemeinsames Cloud-Laufwerk organisiert, auf das alle Projektmitarbeiter und Projektmitarbeiterinnen einen gleichberechtigten Zugriff hatten. Der Informationsfluss und Datenaustausch war damit stets gegeben und funktionierte während der gesamten Zeit. Die COVID-19 Pandemie sorgte zwar auch in diesem Projekt für die Umstellung der geplanten Treffen und gemeinsamen Workshops auf größtenteils Onlinesitzungen. Alle Projektpartner kamen damit jedoch sehr gut zurecht und so entstand hinsichtlich der Kommunikation und Treffen daraus kein Nachteil für das Projekt.

Der Austausch wurde formal über regelmäßig stattfindende Jour-Fixe organisiert. In diesem Format wurden während der Projektlaufzeit insgesamt 45 stattgefundene Treffen in Präsenz bzw. nach Beginn der COVID-19-Lockdowns und -Beschränkungen online über WebEx protokolliert. Zusätzlich wurden themenbezogene Workshops im Rahmen der diversen Arbeitspakete abgehalten, wie z.B. ein Kick Off-Event zu Beginn des Projekts und je einem Workshop zu den Themen Fragebogenerstellung, AR/VR-Technologien und didaktische Transformation. Zusätzlich gab es individuelle Arbeitstreffen in Teilgruppen z.B. für Auswertungen der Umfragen, Inhalte der Lehrvideos und deren Produktion.

Die zumindest mündlich abgefragte Zufriedenheit der Projektteammitglieder ergab ein sehr positives Bild der gesamten Projektarbeit und so ergab sich auch der Wunsch aller Beteiligten die Zusammenarbeit in Zukunft fortzusetzen.

4. Wirtschaftliche und wissenschaftliche Verwertung

Im Zuge dieses Projektes wurde ein Trainingskonzept für KMUs auf Basis von Herausforderungen, und Kompetenzanforderungen erarbeitet. Die Trainingsmodule sind der Öffentlichkeit auf einer intelligenten E-Learning-Plattform bereitgestellt. So werden Theorieinhalte, wie Digitalisierung, KMUs kostenfrei zur Verfügung gestellt. Basierend auf den individuellen Anforderungen kann das intelligente Lernsystem Module mit Lehrinhalten sowie Quiz personalisiert anpassen. Im praktischen Teil des Trainingskonzeptes werden theoretisch gelernte Inhalte in der LEAD Factory und im Labor für Innovation, dem Makerspace der TU Graz angewandt.

Die Projektergebnisse der Analysephase können für die Entwicklung weiterer Trainings bzw. der Unterstützung von KMUs hinsichtlich der digitalen Transformation weiter genutzt werden. Die Videos mit den theoretischen Lerninhalten können fortan von steirischen KMUs genutzt werden. Die praktischen Trainings in der Lernfabrik und im Makerspace werden kontinuierlich verbessert und ebenfalls steirischen KMUs angeboten.

Folgende Publikationen wurden im Rahmen von Konferenzen (in Konferenzbänden) veröffentlicht und bei der Konferenz selbst vorgetragen und mit wissenschaftlichem Fachpublikum diskutiert:

- Hulla, M., Rüdele, K., Herstätter, P., & Ramsauer, C. (2022). How to implement IoT in an assembly line – A training module to support the digital transformation in SMEs. In Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022) (pp. 1-6). Elsevier B.V.. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4075810>
- Hulla, M., Herstätter, P., Sadaj, E. A., & Ramsauer, C. (2022). Procedure Model for the Configuration of Learning Factory-Based Training Modules to Promote the Digital Transformation in SMEs. In Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022) (pp. 1-6). Elsevier B.V.. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4075775>
- Öztürk, E., Hulla, M., Prinz, C., Kuhlenkötter, B., Ramsauer, C. (2022) Digital Transformation Methods in Learning Factory Based Trainings, . In Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022) (pp. 1-6). Elsevier B.V.. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4072536>
- Schäfer, L., Ströhlein, K., Kandler, M., Hulla, M., Ast, J., Lanza, G., Nieken, P., Ramsauer, C., Nyhuis, P. New Competences in a Digitalized Shopfloor – A Modular Training Concept for Learning Factories In Proceedings of the 12th Conference on Learning Factories (CLF 2022) (pp. 1-6). Elsevier B.V. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4071822>
- Bretschuh, S., Holly, M., Hulla, M., Herstätter, P., & Pirker, J. (2022, March). Virtual Reality in Small and Medium-Sized Enterprises: A Systematic Literature Review. In 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW) (pp. 502-507). IEEE.
- Hulla, M., Herstätter, P., Moser, D., Burgsteiner, H., & Ramsauer, C. (2021). Competency Models for the Digital Transformation and Digitalization in European SMEs and Implications for Vocational Training in Learning Factories and Makerspaces. In Trends in vocational education and training research: Proceedings of the European Conference on Educational Research (ECER), Vocational Education and Training Network (VETNET) (pp. 98-107) <https://eera-ecer.de/ecer-programmes/conference/26/contribution/51536/>
- Sadaj, E. A., Hulla, M., Herstätter, P., & Ramsauer, C. (2021). Corporate Learning Factories – Benefits, Challenges, and Success Factors of Learning Factories in Industry. In Proceedings of the Conference on Learning Factories (CLF) 2021 (pp. 1-6) <https://doi.org/10.2139/ssrn.3868704>
- Eder, M. J., Hulla, M., Auer, F., & Ramsauer, C. (2021). Interactive Teaching Concept for a Data Analytics Workshop in Learning Factories. In Proceedings of the Conference on Learning Factories (CLF) 2021 <https://doi.org/10.2139/ssrn.3858471>
- Hulla, M., Herstätter, P., Wolf, M., & Ramsauer, C. (2021). Towards digitalization in production in SMEs – A qualitative study of challenges, competencies and requirements for trainings. Procedia CIRP, 104, 887-892. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.149>
- Hulla, M., & Ramsauer, C. (2020). Competencies in Production in SMEs in Assembly Industries in a Digital, Volatile Business Environment. Tehnički Glasnik, 14(3), 388-395. <https://doi.org/10.31803/tg-20200720145117>

- Herstätter, P., Wildbolz, T., Hulla, M., & Ramsauer, C. (2020). Data acquisition to enable Research, Education and Training in Learning Factories and Makerspaces. In 10th Conference on Learning Factories, CLF2020 (pp. 289-294). (Procedia Manufacturing; Vol. 45).
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.04.019>
- Hulla, M., Herstätter, P., Moser, D., Burgsteiner, H., & Ramsauer, C. (2020). Konzeption eines Trainings in einer Lernfabrikumgebung für KMUs in einer digitalen, volatilen Geschäftswelt. Poster session presented at Skills4Future, Graz, Austria.

Folgende Beiträge wurden in Journalen veröffentlicht:

- Hulla, M., Herstätter, P., Moser, D., Burgsteiner, H., & Ramsauer, C. (2021). Design von Trainings in Lernfabriken und Makerspaces für KMUs in der digitalen Transformation. didacticum, Zeitschrift für (Fach)Didaktik in Forschung und Unterricht, 3(3), 83-101.
<https://didacticum.phst.at/index.php/didacticum/article/view/64>
- Ramsauer, C., & Hulla, M. U. (2021). Digitalisierungs-Kompetenz durch Lernfabriken. WING-Business, 03/21, 9-14

Folgende Vorträge wurden (zusätzlich zu wissenschaftlichen Konferenzen) vor Fachpublikum gehalten:

- Ramsauer, C., Hulla, M.: Digitale Transformation von KMUs, Tagung Plattform Industrie 4.0, 2020
- Hulla, M.: Steigerung der Resilienz und Agilität durch Lernfabrikstrainings, 17. Steirischer Logistik Tag + Automotive Day '20/'21

Internetauftritt/Social Media/Wissenschaftskommunikation/Sonstiges:

Website des Projektes

- Institut für Innovation und Industrie Management
<https://www.tugraz.at/institute/iim/forschung/forschungsprojekte/voladigital/>
- Pädagogischen Hochschule Steiermark
<https://www.phst.at/schnellzugriff/aktuelles/detailinformation-zur-nachrichten/article/forschungsprojekt-voladigital/>
- Game Lab Graz: <https://gamelabgraz.com/project/voladigital-competences-for-a-volatile-and-digitized-business-world/>

Newsletter

- Anwendungswissen hautnah fabriksneu, Digital2Go Newsletter
- Voladigital, AT Styria Newsletter
- Voladigital – Kompetenzen für eine volatile, digitale Geschäftswelt, 10 years of Innovation, IIM Report
- Voladigital – Research Project, IIM Newsletter

Dokumentation und Präsentation

- Eintrag in der Forschungslandkarte der Pädagogischen Hochschulen:
<https://www.forschungslandkarte.at/voladigital-20300004/>
- Eintrag in PURE System: <https://graz.pure.elsevier.com/de/projects/voladigital-competences-for-a-volatile-and-digitized-business-wor>

Social Media Beiträge

- Kick-off Voladigital (IIM Facebook Seite) 05/2020 <https://www.facebook.com/IIM.TUGraz/>
- Kick-off Voladigital (IIM LinkedIn Seite) 05/2020 <https://www.linkedin.com/company/iim.tu/about/>

- Voladigital Videos (IIM Facebook Seite) 04/2022 <https://www.facebook.com/IIM.TUGraz/>
- Voladigital Videos (IIM LinkedIn Seite) 04/2022 <https://www.linkedin.com/company/iim.tu/about/>
- Voladigital Projektende (IIM Facebook Seite) 07/2022 <https://www.facebook.com/IIM.TUGraz/>
- Voladigital Projektende (IIM LinkedIn Seite) 07/2022
<https://www.linkedin.com/company/iim.tu/about/>
- Voladigital (Digital2Go Facebook Website 07/2022 <https://www.facebook.com/d2go.tech/>

Im Rahmen folgender Lehrveranstaltungen wurden die Ergebnisse von Voladigital bereits eingesetzt:

- TU Graz 371.003 LEAD Factory
- TU Graz 371.021 LEAD Factory
- TU Graz 371.142 Industrial Engineering
- TU Graz 371.005 Ausgewählte Kapitel des Industrial Engineering
- TU Graz 371.176 Design Thinking and Rapid Prototyping

Im Rahmen der folgenden Lehrveranstaltungen werden die Projektergebnisse zusätzlich zu den oben genannten eingesetzt (ab Wintersemester 2022/23 bzw. Sommersemester 2023):

- TU Graz 371.301 Production Strategies
- TU Graz 371.103 Industrial Management and Innovation
- TU Graz 371.007, PHT.806UF, PHT.807UF, 371.146, 371.147 Product Innovation bzw. Product Innovation Project
- TU Graz 371.009, Ausgewählte Kapitel des Innovationsmanagements

Folgende Bachelorarbeiten wurden im Rahmen des Projektes verfasst:

- Value Stream Map 4.0 (laufend)
- Digitale Auftragsabwicklung in einer Lernfabrik (laufend)
- Digital Shop Floor Management – Training for the leaders of tomorrow (abgeschlossen)
- Feasibility of UWB-based Localization for Industrial Applications (abgeschlossen)
- Produktion in der Montageindustrie in einer volatilen, digitalen Geschäftswelt (abgeschlossen)
- Kompetenzen in Produktion für KMU Mitarbeiter in der Digitalen Transformation (abgeschlossen)
- Herausforderungen produzierender KMUs in Zeiten der digitalen Transformation (abgeschlossen)
- Use Cases für den Factory Cube in der LEAD Factory (abgeschlossen)
- Electronic Shelf Labels in Production Environments (abgeschlossen)
- IoT Data Analytics in the LEAD Factory and in practice (abgeschlossen)

Folgende Masterarbeiten und Master-Projekte wurden im Rahmen des Projektes verfasst:

- Implementation of Time Series Data based Digital Time Studies for Manual Processes within the Context of a Learning Factory (abgeschlossen)
- Six Sigma 4.0 – Schulung zur Verwendung von Sensorik und Data Analytics in der Qualitätssicherung (laufend)
- Data analytics in a learning factory (Master project- abgeschlossen)
- Erstellung eines Kompetenztrainings in Virtual Reality (Endphase)

Folgende Dissertationen wurden im Rahmen des Projektes verfasst:

- Configurable learning factory training modules to enforce the digital transformation of SMEs (laufend)
- Using Extended Reality in Academic Makerspaces (laufend)

Folgende Studienarbeiten der PH Steiermark wurden im Rahmen des Projektes durchgeführt:

- Augmented Reality Anwendungen in einem Makerspace (abgeschlossen)
- Scannen von Teilen eines Scooters für Augmented Reality Anwendungen in einer Lernfabrik (abgeschlossen)

Weitere Dissemination und Öffentlichkeitsarbeit:

Des Weiteren wurde das Projekt innerhalb der Station „Wie sieht die Digitale Montage von morgen aus?“ im Rahmen der Langen Nacht der Forschung 2022 an der TU Graz präsentiert.

Auf Anfrage von KMUs sowie Vereinigungen (z.B. Industriellenvereinigung) wurden Ergebnisse über zugesendete Dokumente jederzeit zur Verfügung gestellt.

Empfohlene weiterführenden Aktivitäten

Die Pandemie hat uns verdeutlicht welchen Vorteil digitale Werkzeuge für die Verrichtung unserer täglichen Arbeit haben. Es wurde uns allerdings auch aufgezeigt welche Defizite wir mit dem Verständnis und in der Nutzung dieser teilweise haben. Durch eine weitere Verteilung und Veröffentlichung der Projektergebnisse sowie der Trainingsmodule soll den aufgezeigten Defiziten entgegengewirkt werden. In weiterer Folge soll die Implementierung von Verbesserungsmaßnahmen und eine erneute Evaluierung der Trainingsmodule durchgeführt werden. Das Angebot der Module soll im Anschluss entsprechend aktiv für KMUs beworben werden. Infolgedessen wird ein Folgeantrag beispielsweise bei der Arbeiterkammer Steiermark Projektfond 4.0 angestrebt.

Folgende Publikationen/Vorträge/Beiträge sind geplant:

- Publikation: Digital Transformation in SMEs – A quantitative survey on challenges and competences (survey) - CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology (12/2022)
- Publikation: Potentiale von Virtual Reality für die Qualifizierung von Mitarbeitenden von KMUs – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb (08/2022)
- Konferenzbeitrag: Interdisciplinary communication module in a learning factory to support the digital transformation of SMEs of the manufacturing industry – Conference on Learning Factories 2023
- A survey on Augmented and Virtual Reality in SMEs - CIRP Design 2023
- Vortrag: Lernfabriken zur Förderung der Digitalen Transformation in KMUs – International Logistik Society 2022

Veröffentlichungsfähige, populärwissenschaftliche Kurzfassung des Projektes (max. 100 Wörter!)

Volatilität und Unsicherheiten nehmen aufgrund von Ereignissen wie beispielsweise der COVID-19 Pandemie und dem Krieg in Europa stetig zu. Eine Möglichkeit diesen Herausforderungen entgegenzuwirken ist die Digitalisierung, wobei KMUs vor allem wegen mangelnder Kompetenzen, Probleme bei der digitalen Transformation haben. In dem Projekt „Voladigital“ wurden mittels 40 Interviews und einer Umfrage von mehr als 160 Teilnehmern Herausforderungen, Kompetenzanforderungen und Anforderungen an Trainings zur digitalen Transformation von KMU identifiziert. Darauf aufbauend wurden individuell konfigurierbare Trainingsmodule (z.B. zu Digitale Roadmap, Datenanalysen, Virtual Reality) entwickelt und getestet, die sowohl theoretische Inhalte als auch praktische Übungen in einer Lernfabrik und einem Makerspace beinhalten.

5. Erläuterungen zu Kosten & Finanzierung

Abweichungen vom Kostenplan

Beim ursprünglichen Antrag wurde die Vorrückung von ProjektmitarbeiterInnen (siehe Kollektivvertrag für Wissenschaftliches Universitätspersonal. in höhere Gehaltstufen nicht korrekt berücksichtigt. Das führt zu höheren Personalkosten (insbesondere aufseiten IIM, TUGraz). Die erhöhten Personalkosten wurden Großteiles durch in-kind Leistung abgedeckt. Beim IIM haben sich die „Sachkosten“ außerdem verringert, da man aufgrund der Covid-19-Pandemie die Interviews nicht vor Ort durchführen konnte, sondern via Webex. Zudem fanden einige Konferenzen (International Symposium on Academic Makerspaces nicht statt oder wie die Conference on Manufacturing Systems online statt. Die Conference on Learning Factories 2021 wurde am IIM Institut durchgeführt, wodurch keine Kosten entstanden sind. Die Conference on Learning Factories 2022 konnte durch die Projektleiterin nur online besucht werden, da diese an Corona erkrankt war.

Auch seitens des ISDS der TU Graz hat es eine Kostenerhöhung beim Personal gegeben. Am ISDS wurde zusätzlich eine Studentische Mitarbeiterin involviert, da diese in dem Forschungsbereich Vorerfahrung mitbrachte und eine Stelle als PhD Studentin zeitnah angedacht war.

6. Projektspezifische Auflagen

Es war dem Fördergeber wichtig, auf spezifische Industrien einzugehen. Die Einschränkung belief sich auf folgende ÖNACE Industrien: C10...Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln; C11...Getränkeherstellung; C23...Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden; C24...Metallerzeugung und -bearbeitung; C25...Herstellung von Metallerzeugnissen; C26...Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen; C27...Herstellung von elektrischen Ausrüstungen; C28...Maschinenbau; C29...Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen; C30...Sonstiger Fahrzeugbau. Des Weiteren war es relevant, die Ergebnisse allen steirischen KMUs gleichermaßen zur Verfügung zu stellen, was ebenso erfolgte.

7. Meldungspflichtige Ereignisse

Es wurde im März 2022 um eine Verlängerung der Projektdauer um 2 Monate (bis Juni 2022) angesucht, welche auch bewilligt wurde. Die Projektdauer erstreckte sich daher kostenneutral auf 26 Monate. Aufgrund der COVID-19 Pandemie und der damit verbundenen Einschränkungen (keine Trainings möglich) kam es zu einer Verzögerung, die jedoch kostenneutral durchgeführt werden konnte.