

MAINTENANCE
NEEDED

VERIFICATION
IN PROGRESS

© Nico El Niño

MC
MECHATRONIK
CLUSTER

plus
eco

cluster niederösterreich



MAINTENANCE
NEEDED



VERIFICATION
IN PROGRESS



Endbericht Branchenprojekt

Mixed Reality Based

Collaboration for Industry



© ZapptPhoto

Bearing 1

41°

Stator 2

93°

Stator 3

39°

Stator 4

42°

Stator 5

38°

Stator 6

40°

Projektzeitraum
September 2018 - Februar 2021

Herausgeber*innen

Thomas Moser

Thomas Holzmann

Harald Bleier

Autor*innen

Lucas Schöffner

Nicole Bilek

Tina Gruber-Mücke

Gerhard Kormann-Hainzl

Josef Wolfartsberger

Tanja Zigart

Marvin Hölzl

Michael Kollegger

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract.....	5
2. Projektziele und Projektaufbau	6
2.1. Projektziele	6
2.2. Projektpartner.....	7
2.3. Projektstruktur.....	12
3. Projektmanagement	13
3.1. Projektmanagementstruktur	13
3.2. Projekttreffen.....	13
3.3. Projekttagebuch.....	20
4. Ist Zustand / Use-Case Definition / Infrastruktur Aufbau	21
4.1. CORE Backend.....	22
4.2. Initiale Use Case Beschreibungen	29
4.3. Aufbau der Infrastruktur.....	41
4.4. Hardware-Pool.....	41
4.5. Hardware Experience Days	43
5. MRBC4I Core Features	46
6. Themenstream “Unterstützung in der Produktion”	49
6.1. Voith.....	50
6.2. Kotanyi	51
6.3. Piesslinger	51
6.4. Prometa.....	52
6.5. Witmann Battenfeld	52
6.6. Jabil	53
6.7. MAN	53
6.8. Bilfinger	54
7. Themenstream “Schulung und Training”	56
7.1. Lenze	57
7.2. ÖBB.....	59
7.3. Rotes Kreuz	61
8. Themenstream “Remote Support”	63
9. Themenstream “Präsentation von Produkten”	67
9.1. Bene	69

9.2.	MBIT	72
9.3.	Mayr-Melnhof	73
9.4.	KBA	75
9.5.	Umdasch Ventures	77
9.6.	Semperit	79
10.	Sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Begleitforschung	81
10.1.	Vorgehensweise und Ergebnisse des Evaluierungsmodells	83
10.2.	Vorgehensweise für die anwenderzentrierte Evaluierung von MR Prototypen	110
10.3.	Vorschlag für zukünftige Anwendung des Modells sowie Lessons Learned	127
10.4.	Guidelines für Readyness (Reifegrad) Analysen	129
	Ablauf	129
	Auswertung/Findings Virtual Reality Anwendungen	129
11.	Dissemination	133
11.1.	Events	133
11.2.	Populärwissenschaftliche Artikel und Berichte zum Projekt	135
11.3.	Wissenschaftliche Publikationen im Rahmen des Projekts	135
11.4.	Disseminationsworkshops	136
12.	Anhang	142
12.1.	Projektstagebuch	142
12.2.	Leitfaden semi-strukturiertes Interview der Begleitforschung	147

1. Abstract

Mixed Reality Anwendungen haben in den vergangenen Jahren an Bedeutung gewonnen, dennoch gibt es aus technischer, organisatorischer und psychologischer Sicht noch einige Herausforderungen für den industriellen Einsatz im Echtbetrieb. Konkrete Problemstellungen sind die vergleichsweise hohen Eintrittsbarrieren für Unternehmen wodurch unternehmensgetriebene MR Projekte nur selten über einen Prototypenstatus hinauskommen, sowie die oftmals fehlende wirtschaftliche Entscheidungsgrundlage und von allen Stakeholdern akzeptierte Umsetzung. Das Projekt „Mixed Reality-based Collaboration for Industry“ (MRBCI) setzte genau hier an und zielte darauf ab die österreichische Industrie mit der Umsetzung folgender Hauptziele einen entscheidenden Schritt voran zu bringen:

- 1) Reduktion der Eintrittsbarrieren (technisch, organisatorisch, psychologisch)
- 2) Reduktion der Aufwände
- 3) Impactanalysen für Geschäftsprozesse und -modelle, Stakeholder-Akzeptanz Analysen sowie Readyness (Reifegrad) Analysen

Zur Erreichung dieser Ziele wurde einerseits eine systematische Evaluierung von MR Hardware (technisch, organisatorisch, psychologisch) hinsichtlich ihrer Industrietauglichkeit durchgeführt und MR Hardware den am Projekt beteiligten Unternehmen in Form eines Hardwarepools mit Verleihsystem zur Verfügung gestellt; außerdem wird ein generisches offenes Basissystem („Backend“) für MR Projekte konzipiert und umgesetzt, welches für die Umsetzung der unterschiedlichen Use-Cases der Unternehmen verwendet werden kann, wodurch sich eine Reduktion der Softwareentwicklungstiefe ergibt. Zusätzlich wird ein Digital Business Transformation Model (DBT) für die Umsetzung von MR Projekten entwickelt und als Implementierungs- und Transformations-Framework und Guidelines für MR-Umsetzungen zur Verfügung gestellt. Die Neuheit des vorliegenden Projektes fokussiert auf den effektiven Einsatz von MR-Applikationen im Feld - vom Show Case zum tatsächlichen Use Case.

Innerhalb des MRBCI Projekts wurden sogenannte Multi-Firm Projekte aufgesetzt, basierend auf vier geclusterten Use-Case Themenstreams, welche durch die Unternehmen in das Projekt eingebracht werden. Diese Themenstreams sind: Remote-Support, Präsentation von Produkten, Schulung/Training, und Unterstützung in der Produktion. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Forschungspartner ermöglichte die optimale Bündelung umfangreicher Kompetenzen und Expertisen des jeweiligen Forschungsgebiets. Durch die regelmäßigen Abstimmungen sowohl auf Themenstream-Ebene als auch auf Gesamtprojektebene werden individuelle Features mit Relevanz für mehr als einen einzelnen Use Case regelmäßig in das gemeinsame MR Basissystem integriert, wodurch dieses ständig weiterentwickelt wird und wächst. Ebenso ergaben sich aufgrund der Synergien zwischen verschiedenen Use Cases Mehrwerte für alle Projektbeteiligten, da technische Lösungen für bestimmte Problemstellungen nur einmalig entwickelt werden müssen und danach wiederverwendet werden können. Es entstand so ein breites Spektrum an Anwendungsbeispielen, die einen wertvollen Einblick in die Möglichkeiten der MR-Technologie bieten.

Der exklusive Zugang der teilnehmenden Firmen zu den Projektergebnissen sowie zum MR Basissystem während der Laufzeit ermöglichte einen wesentlichen Wissensvorsprung, die Ergebnisse werden 6 Monate nach Projektende offen zur Verfügung gestellt und erzeugte somit auch eine große Breitenwirkung. Die Strategie für Dissemination und Wissenstransfer hatte drei Zielgruppen im Fokus – die teilnehmenden Projektpartner, die Branche und die wissenschaftliche Community.

2. Projektziele und Projektaufbau

2.1. Projektziele

Im Wesentlichen verfolgt das Projekt Mixed Reality Based Collaboration for Industry (MRBC4I) die folgenden vier Hauptziele:

Hauptziel 1

Zur Reduktion der Eintrittsbarrieren für Unternehmen wird im Rahmen des Projekts zuerst eine **systematische Evaluierung von MR Hardware (technisch, psychologisch)** hinsichtlich ihrer Industrietauglichkeit durchgeführt, mit dem Ergebnis einer Auflistung von Vor- und Nachteilen der evaluierten Hardware hinsichtlich Funktionalität und möglicher Einsatzbereiche. Durch den Aufbau und das Zurverfügungstellung eines MR Hardwarepools für die Unternehmen mittels eines Verleihsystems, wird es den am Projekt beteiligten Unternehmen ermöglicht verschiedene MR Hardware kurzfristig im eigenen Unternehmenskontext zu evaluieren, ohne langwierige Beschaffungsprozesse durchführen zu müssen.

Hauptziel 2

Basierend auf dieser Evaluierung, wird im Rahmen des Projekts danach ein **generisches offenes Basissystem („Backend“)** für MR Projekte konzipiert und umgesetzt. Dieses Basissystem erlaubt die einfache Anbindung bzw. Integration verschiedenster MR Hardware, unterstützt die Ablage von Daten, Objekten und anderen Inhalten, vereinfacht die Integration von Drittsystemen und Services wie z.B. OPC/UA, IoT, Blockchain oder Machine Learning und bietet außerdem Methoden und Algorithmen zur Datenaufbereitung bzw. Datenkonvertierung.

Hauptziel 3

Eine Reduktion der Einstiegskosten für Unternehmen („Enabling“) ergibt sich einerseits durch die im Rahmen des Projekts systematisch durchgeführte Evaluierung und Verwendung von Hersteller SDKs von MR Hardware. Andererseits werden durch die **Verwendung des gemeinsamen MR Basissystems für die unterschiedlichen Use-Cases der Unternehmen**, sowie der Möglichkeit einzelne Bestandteile anderer Use-Cases wieder- bzw. weiterzuverwenden (Use-Case spezifische Algorithmen werden im Prozess aufgrund der Prozessbreite abgedeckt - das bringt bereits während der Projektlaufzeit Synergie Effekte und Know-How Transfer) ebenfalls Aufwände und Kosten eingespart.

Hauptziel 4

Durch systematische Analyse und Begleitung der von den Firmen eingebrachten Anwendungsfälle wird ein **Digital Business Transformation Model (DBT) für die Umsetzung von MR Projekten** entwickelt und als **Implementierungs- und Transformations-Framework und Guidelines für MR-Umsetzungen** zur Verfügung gestellt. Diese Guidelines stehen auch der Branche für zukünftige Projekte zur Verfügung. Das DBT Model basiert auf dem Explore-Exploit-Transform Model und umfasst bezogen auf Ziel 3 **Guidelines für die Impactanalyse für Geschäftsprozesse, Guidelines für die Akzeptanzanalyse für Stakeholder sowie Guidelines für Readyness (Reifegrad) Analysen.**

2.2. Projektpartner

Projektleitung

Die Projektleitung liegt beim Mechatronik- und Kunststoff-Cluster von ecoplus, der Wirtschaftsagentur des Landes NÖ. Ecoplus, die Wirtschaftsagentur des Landes Niederösterreich wurde vor mehr als 45 Jahren gegründet. Heute ist sie als Wirtschaftsagentur des Landes Niederösterreich die Schnitt- und Servicestelle zwischen Wirtschaft und Politik, Unternehmen und Verwaltung, Investoren und Initiatoren regionaler Projekte – national und international. ecoplus bietet Unternehmen, Projektträgern und Kooperationspartner/innen ein breites Servicepaket mit Beratung, Unterstützung und Information. ecoplus arbeitet dabei im Netzwerk mit Bund, Land, Gemeinden und den Institutionen der EU zusammen.

ecoplus ist als privatwirtschaftliche GmbH zu 100 % im Besitz des Landes Niederösterreich. Sie ist in drei Aufgabenfelder gebündelt:

- Investorenservice (Unterstützung und Begleitung bei Betriebsansiedelungen und Betriebserweiterungen in Niederösterreich.)
- Regionalentwicklung (Unterstützung regionaler Impulsprojekte in Niederösterreich)
- Unternehmen und Technologie (Technopole, Cluster und Internationalisierung)

Einige Fakten zu ecoplus:

- Beratungsgespräche und Unterstützung bei rund 400 Ansiedlungs- und Investitionsprojekten pro Jahr
- Förderung von durchschnittlich 140 Impulsprojekten pro Jahr
- 17 Wirtschaftsparks
- 7 direkte und 35 indirekte Unternehmensbeteiligungen
- 4 Technopole
- 6 Clusterinitiativen
- Büros von ecoplus International in Prag, Bratislava, Budapest, Katowice und, Temeswar, Repräsentationsbüro in Moskau
- 80 Mitarbeiter/innen

Das Netzwerk des Mechatronik- und Kunststoff-Cluster - dessen Kernkompetenzen in der Vernetzung von Unternehmen untereinander sowie zwischen Unternehmen und Forschungsinstitutionen liegen, umfasst mehr als 700 Unternehmen. Der MC und KC sind eine gemeinsame Initiative von Oberösterreich, Niederösterreich und Salzburg. Seit 2001 hat ecoplus Cluster in jenen Bereichen etabliert, die wesentlichen Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung von Niederösterreich haben. Über 250 Kooperationsprojekte mit der Beteiligung von etwa 1200 Unternehmen wurden seitdem umgesetzt.

Wissenschaftliche Projektpartner

Die wissenschaftlichen Partner des Projektes sind:

FH St. Pölten

Das für das vorliegende Projektvorhaben relevante Forschungs-Knowhow wurde an der Fachhochschule St. Pölten (FHStP) in den letzten Jahren gezielt und in strukturierter Form aufgebaut. Am IC\M/T – Institut für Creative\Media/Technologies forschen mehr als 25 wissenschaftliche MitarbeiterInnen in drei Forschungsgruppen. Die in angewandten FEI-Projekten aufgebaute Wissensbasis wird einerseits unmittelbar in die Lehre der Bachelorstudiengänge Medientechnik und Smart Engineering und der Masterstudiengänge Digitale Medientechnologien und Digital Healthcare eingebracht und kommt andererseits in Kooperationen mit Wirtschaftspartnern (u.a. bene, Daimler, EVN, Palfinger, Umdasch, u.v.a) zur Anwendung. Die MitarbeiterInnen des IC\M/T publizieren und referieren regelmäßig auf internationalen Fachtagungen. Außerdem bestehen Kontakte zu Hochschulen im internationalen Umfeld, wie z.B. der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, der Vrije Universiteit Brussel oder der Universidad Politécnica de Valencia.

FH Oberösterreich Standort Steyr

Die FH OÖ bekennt sich zu Qualität und Exzellenz in der Forschung. Die Nützlichkeit, konkret der Nutzen für den Kunden und die Gesellschaft, für die Region, für die Lehre, für die MitarbeiterInnen, steht bei den Forschungsvorhaben stets im Vordergrund. Innerhalb der letzten 15 Jahre hat sich die „forschende“ FH OÖ zu einem erfahrenen und vielseitigen Partner für Wirtschaft und Gesellschaft entwickelt und ist somit in der (ober)österreichischen Forschungslandschaft fest verankert.

Seit ihrer Entstehung im Jahr 2003 konnten die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an den vier Fakultäten in Hagenberg, Linz, Steyr und Wels kontinuierlich ausgebaut werden. Heute ist diese hervorragend aufgestellt. Gesamt 17 Forschungsschwerpunkte, mehrere Forschungskompetenzfelder sowie sechs Exzellenzzentren, eng abgestimmt mit den Kompetenzfeldern der Lehre an den FH-Studiengängen in OÖ, behandeln die aktuellen und wesentlichsten Themenbereiche des 21. Jahrhunderts. Besonderes Merkmal dabei: Eine enge Vernetzung zu Unternehmen und Institutionen in der Praxis. Es werden innovative Lösungen geliefert, die exakt auf die gesellschaftlichen wie wirtschaftlichen Bedürfnisse abgestimmt sind und die rasche Umsetzbarkeit in marktfähige Produkte und Prozesse garantieren. Über 350 nationale und internationale Forschungsprojekte werden jährlich umgesetzt. Knapp 200 Forschungsmitarbeiter*innen unterstützen die ProfessorInnen in Forschungsprojekten unterschiedlicher Größenordnung. Die FH OÖ kooperiert mit mehr als 630 Unternehmen sowie Institutionen aus Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft in Österreich aber auch über die nationalen Grenzen hinweg.

FOTEC - Forschungs- und Technologietransfer GmbH (FOTEC)

Die FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH. wurde 1998 gegründet und steht zu 100% im Besitz der FHWN. Die FOTEC ist das Forschungsunternehmen der FHWN, Aufgabe der FOTEC ist es, die technisch-wissenschaftlichen Studiengänge der FHWN bei der Initiierung und Umsetzung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zu unterstützen. Die FOTEC steht in enger Verbindung mit nationalen und internationalen Auftraggebern, Kooperationspartnern, Universitäten,

Forschungseinrichtungen und Förderstellen und stellt somit eine wesentliche Schnittstelle zwischen Lehre, Wissenschaft und Industrie dar. Die Kernkompetenzen der FOTEC liegen in den Bereichen Generative Fertigung (3D Drucken), Softwareentwicklung und Raumfahrt (siehe www.fotec.at). Die FOTEC betreibt seit 2009 den Geschäftsbereich Innovative Software Systeme. In diesem Geschäftsbereich werden jährlich Auftragsentwicklungen im Volumen von 0,5 Mio. EUR abgewickelt. Zu den wichtigsten Kunden zählen SKIDATA, Siemens, Schmid Industrieholding, PVA, VIE Flughafen Wien. Die Anwendung neuester Technologien (software- und hardwareseitig) steht dabei immer im Vordergrund. Das Vernetzen von Systemen sowie die cloudbasierte Anbindung verschiedenster Komponenten sind dabei ausgewiesene Schwerpunkte der Entwicklungen.

IMC FH Krems

Die IMC FH Krems wurde 1994 als IMC gegründet. IMC bedeutet „International Management Center“ und war der Firmenname der Trägergesellschaft der FH Krems von 1994 bis 2002. Erst am 01. April 2002 wurde der Status „Fachhochschule“ verliehen. Seitdem trägt die Trägergesellschaft den Namen „IMC FH Krems GmbH“. An der IMC FH Krems stehen der Mensch und der gemeinsame Erfolg im Mittelpunkt! Dafür schafft die Organisation die notwendigen Rahmenbedingungen und fördert eine Kultur der Offenheit, des Vertrauens und der gegenseitigen Wertschätzung. Die IMC FH Krems trägt Verantwortung gegenüber ihren Studierenden, ihren MitarbeiterInnen, Partnern, Lehrenden und Forschenden, dem weiteren sozialen Umfeld und gegenüber der Umwelt. Unsere Ziel- und Leistungswerte eines konkurrenzfähigen, fachlich kompetenten und qualitativen Angebots für unsere Stakeholder beruhen auf den Prinzipien der Leistungs- und Innovationsbereitschaft sowie der Kreativität und der Qualität in unserem Team.

TU Wien – Institut für Managementwissenschaften

Der Forschungsbereich Mensch-Maschine-Interaktion am Institut für Managementwissenschaften der TU Wien (BMVIT-Stiftungsprofessur Human Centered Cyber Physical Production and Assembly Systems) betreibt Forschung und Lehre im Bereich der Gestaltung von Arbeitssystemen in der Produktion. Schwerpunkte dabei sind die Konzeption, Gestaltung und Umsetzung digital vernetzter Montagesysteme, Assistenzsysteme in der Produktion, Demographie-robuste Arbeitsgestaltung sowie Arbeitsorganisation, Aufgabenteilung und Kompetenzentwicklung für die zukünftige Produktionsarbeit. Forschung und Lehre des Fachgebiets HCCPAS orientieren sich an der Schnittstelle der Forschungsdisziplinen Produktion, Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement. Eine zentrale Stellung nimmt dabei die kontinuierliche Erstellung von prototypischen Demonstratoren in der Pilotfabrik Industrie 4.0 der TU Wien in Wien-Aspern in enger Abstimmung mit den beteiligten Instituten MIVP, IFT und IMW ein.

Unternehmenspartner

Firma	Adresse	Website
BENE	Bene GmbH Schwarzwiesenstraße 3 3340 Waidhofen/Ybbs	https://bene.com/
BILFINGER	Bilfinger Chemserv GmbH Lunzerstraße 64 4031 Linz	https://www.bilfinger.com/
CODEFLÜGEL	CodeFlügel GmbH Paulustorgasse 8/1 A-8010 Graz	https://codefluegel.com/
ECKL	Autohaus Eckl GmbH Bergland Center 1 3254 Bergland	http://www.eckl.com/
GEODATA	GEODATA Ziviltechnikergesellschaft mbH Branch Office Vienna Hütteldorferstraße 85 1150 Wien	https://www.geodata.com/
GPIXS	GPIXS GmbH Friedensstraße 8 5082 Grödig	https://www.gpixs.com/
JABIL	Jabil Circuit Austria GmbH Gutheil-Schodergasse 17 1230 Wien	https://www.jabil.com/
KBA Mödling	KBA-Mödling GmbH Koenig & Bauer-Str. 2 2344 Maria Enzersdorf	https://at.koenig-bauer.com/de/
KNORR BREMSE – IFE	Knorr-Bremse GmbH Division IFE Automatic Door Systems 33.a Straße 1, 3331 Kematen/Ybbs	https://www.knorr-bremse.at/de/
KOTANYI	KOTÁNYI GmbH Johann Galler Straße 11 2120 Wolkersdorf im Weinviertel	https://www.kotanyi.com/at/de/
KREMSMÜLLER	Kremsmüller Industrieanlagenbau KG Kremsmüllerstraße 1 4641 Steinhaus	https://www.kremsmueller.com/de
LENZE	LENZE Operations Austria GmbH Ipf-Landesstraße 1 4481 Asten	https://www.lenze.com/en-at/
MAN Truck & Bus	MAN Truck & Bus Österreich GesmbH Schönauerstraße 5 4400 Steyr	https://www.mantruckandbus.com/

MAYR-MELNHOF Karton	Mayr-Melnhof Karton AG Brahmsplatz 6 1041, Wien	https://www.mayr-melnhof.com/
MBIT Solutions	MBIT DIGITAL SOLUTIONS Rechte Kremszeile 62a/13, 3500 Krems	https://www.mbit.at/
ÖBB	ÖBB-Business Competence Center GmbH Erdberger Lände 40-48 1030 Wien	https://bcc.oebb.at/
PIESSLINGER	Piesslinger GmbH Im Gstadt 1 4591 Molln	http://www.piesslinger.at/
PROMETA	Prometa GmbH Bahngasse 6 2700 Wiener Neustadt	http://www.prometa.at/
ROTES KREUZ, Landesverband NÖ	Österreichisches Rotes Kreuz Landesverband Niederösterreich Franz-Zant-Allee 3-5 3430 Tulln	http://www.rotekreuz.at/niederostereich/home
SEMPERIT	Semperit AG Holding Modecenterstr. 22 1031 Wien	https://www.semperitgroup.com/
TEST-FUCHS	TEST-FUCHS GmbH Test-Fuchs Strasse 1-5 3812 Gross-Siegharts	https://www.test-fuchs.com/
UMDASCH GROUP VENTURES	Umdasch Group Ventures GmbH Josef-Umdasch-Platz 1 3300 Amstetten	https://www.umdachgroup-ventures.com/
VOITH	Voith Digital Solutions Austria GmbH & Co KG Linzer Straße 55 3100 St. Pölten	https://voith.com/
WITTENMAN- BATTENFELD	Wittmann Battenfeld GmbH Wiener Neustädter Str. 81 2542 Kottingbrunn	https://www.wittmann-group.com/

Tabelle 1 - Übersicht über alle Unternehmenspartner

2.3. Projektstruktur

Das Projekt gliedert sich in die folgenden 4 Themenbereiche, geclustered nach den jeweiligen Anwendungsbereichen der einzelnen Unternehmens-Use-Cases.

THEMENSTREAM UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION

Der Themenstream „Unterstützung in der Produktion“ umfasst Anwendungsfälle aus dem Bereich der direkten Unterstützung am Shopfloor.

THEMENSTREAM SCHULUNG UND TRAINING

Der Themenstream „Schulung und Training“ befasst sich mit Anwendungsfällen aus dem Bereich Aus- und Weiterbildung.

THEMENSTREAM REMOTE SUPPORT

Der Themenstream „Remote Support“ beschäftigt sich v.a. mit dem Spezialfall der Remote-Unterstützung von Vorort-Personal durch Expert*innen.

THEMENSTREAM PRÄSENTATION VON PRODUKTEN

Der Themenstream „Präsentation von Produkten“ beinhaltet Anwendungsfälle aus dem Bereich Marketing, Sales bzw. Produktpräsentationen.

Zusätzlich wird das Querschnittsthema der sozial- und wirtschaftswissenschaftlichen Evaluierung als Themenstream-übergreifendes Thema behandelt.

3. Projektmanagement

3.1. Projektmanagementstruktur

Die zentrale Koordination der Projektgruppe, die Abstimmung der Forschungs- und Unternehmenspartner untereinander sowie die zentrale Terminverwaltung wurde durch die Projektleitung durchgeführt.

Um den Austausch innerhalb der Projektgruppe entsprechend zu forcieren wurden in regelmäßigen Abständen Projekttreffen angesetzt. Neben den halbjährlich stattfindenden Usergroup-Treffen wurde auch pro Themenstream im 2-Monats-Rhythmus ein Projekttreffen abgehalten. Im Rahmen der Treffen wurde die Projektgruppe über die wissenschaftlichen Fortschritte informiert, sowie deren Inputs, Fragestellungen und Themen-spezifische Ausrichtungen in die laufenden Forschungstätigkeiten eingebunden. Auch wurde der Projektgruppe im Rahmen dieser Treffen durch externe Inputs von Gast-Referenten sowie im Rahmen von Firmen-Exkursionen ein guter Überblick der außerhalb des Projektes stattfindenden Entwicklungen und Neuigkeiten präsentiert. Als weitere Treffen wurden sogenannte Hardware-Experience Days abgehalten, im Rahmen dessen die Projektpartner die Möglichkeit hatten, aktuelle Hardware auszuprobieren und zu testen.

Die Gruppe der Forschungsinstitutionen tauschte sich in den in regelmäßigen Abständen angesetzten Kernteamtreffen aus. Die zentrale Projektablage fand auf einem eigens installierten Sharepoint-Ordner statt. Die interne Distribution der Projektergebnisse fand in fünf themenspezifisch geclusterten Disseminationsworkshops statt.

Das Projekt selbst wurde in die folgenden Arbeitspakete aufgeteilt:

- AP 1 Projektmanagement
- AP 2 Ist Zustand Use-Case Definition / Infrastruktur Aufbau
- AP 3 Unterstützung in der Produktion
- AP 4 Schulung / Training
- AP 5 Remote Support
- AP 6 Präsentation von Produkten
- AP 7 Dissemination

3.2. Projekttreffen

Kick-Off Event

Das Projekt Kick-Off Treffen fand am 6. und 7. September 2018 in Waidhofen a/d Ybbs im Rahmen der vierten International Summer School (ISS) der Zukunftsakademie Mostviertel (www.zukunftsakademie.or.at/) unter dem Motto „Die Zukunft der Produktion - Augmented and Virtual Reality“ statt. Rund 90 TeilnehmerInnen, darunter VertreterInnen aus Industrie, Wirtschaft und Bildung sowie zahlreiche Studierende, widmeten sich zwei Tage lang dieser zukunftssträchtigen Technologie und ihren möglichen Anwendungen. Bei der abendlichen Fragerunde wurde das Thema zudem von namhaften Experten eingehend beleuchtet und mit den TeilnehmerInnen diskutiert.

Teil des Kick-Off Events waren Vorträge zu den Themen Digitalisierung, Augmented und Virtual Reality sowie eine Vorstellung des Projektes "Mixed Reality Based Collaboration for Industry". Ebenso hatten Teilnehmer*innen die Möglichkeit bei themenspezifischen und praxisorientierten Workshops verschiedene Teilaspekte von Industrie 4.0 für ihre Unternehmen anzudenken und zu konzipieren.

User-Committee Meetings

In weiterem Projektverlauf fanden in Summe vier Usergroup-Meetings mit Teilnahme des gesamten Projektkonsortiums statt. Aufgrund der COVID-19 Pandemie musste das letzte Treffen als virtuelles Treffen abgehalten werden.

1. Usergrouptreffen - 26.02.2019 Fa. VOITH St. Pölten

Agenda

09:00 - 10:00	Begrüßung und Besichtigung Fa. Voith
10:00 - 10.45	Begrüßung, Projektstatus Berichte der 4 Themenstreams
10:45 - 11:15	World Cafe MRBC4I Use Cases
11:15 - 11:30	Bericht Core Architektur
11:30 - 12:00	Bericht geplante Begleitforschung
12:00 - 12:45	Mittagspause
12:45 - 13:15	Keynote Fa. Codeflügel
13:15 - 13:30	Projekt Timeline + Nächste Schritte
13:30 - 13:45	Hardware Pool Kurzeinführung Terminvereinbarung für HW Workshops
13:45 - 14:00	Feedback + Inputs Teilnehmer
ab 14:00 (opt.)	Hardware Hand-On Experience und Demos



Abbildung 1. Agenda des 1. Usergrouptreffens am 26.2.2019 bei VOITH.



Abbildung 2. Fotos des 1. Usergrouptreffens

2. Usergrouptreffen - 25.09.2019 Fa. Wittmann-Battenfeld Kottingbrunn

Agenda



09:00 - 10:00 Uhr	Begrüßung des Gastgebers, Besichtigung Fa. WIBA
10:00 - 10:45 Uhr	Begrüßung des Projektteams, Projektstatus, Berichte der 4 Themenstreams
10:45 - 11:15 Uhr	World-Café / Kaffeepause
11:15 - 11:30 Uhr	Bericht Core Architektur
11:30 - 12:00 Uhr	Bericht Begleitforschung
12:00 - 12:45 Uhr	Mittagspause
12:45 - 13:15 Uhr	Keynote Fa. Holo-Light
13:15 - 13:30 Uhr	Hardware Pool Update
13:30 - 13:45 Uhr	Projekt Timeline + nächste Schritte
13:45 - 14:00 Uhr	Feedback + Inputs Teilnehmer
14:00 - 15:00 Uhr	Hardware Hands On Experience



Abbildung 3. Agenda des 2. Usergrouptreffens am 25.9.2019 bei WITTMANN-BATTENFELD.



Abbildung 4. Fotos des 2. Usergrouptreffens

3. Usergrouptreffen - 26.02.2020

Fa. Umdasch Group Ventures Amstetten

Agenda



09:00 - 10:30 Uhr	Begrüßung des Gastgebers, Besichtigung Fa. Umdasch
10:30 - 11.00 Uhr	Begrüßung des Projektteams, Projektstatus, Berichte der 4 Themenstreams
11:00 - 11:15 Uhr	Bericht Begleitforschung Teil 1
11:15 - 11:30 Uhr	Kaffeepause
11:30 - 12:45 Uhr	Demos der Use Cases / Hands On Experience
12:45 - 13:00 Uhr	Bericht Begleitforschung Teil 2
13.00 - 14:00 Uhr	Mittagspause
14:00 - 14:30 Uhr	Keynote Fa. R3DT
14:30 - 15:00 Uhr	Projekt Timeline + nächste Schritte
ab 15:00 Uhr	Feedback + Inputs Teilnehmer Ausklang inkl. Use Cases / Hands On Experience



com...

Abbildung 5. Agenda des 3. Usergrouptreffens am 26.2.2020 bei UMDASCH GROUP VENTURES.



Abbildung 6. Fotos des 3. Usergrouptreffens

Projekt Relaunch Treffen - 01.10.20 online

Agenda



15:00 - 15:10 Uhr	Begrüßung, Projektstatus
15:10 - 15:50 Uhr	Updates/Bericht aus den 4 Themenstreams Übersicht Core Features
15:50 - 16:10 Uhr	Updates/Bericht Begleitforschung
16:10 - 16:20 Uhr	Wie geht's weiter im Projekt?
16:20 - 16:30 Uhr	Q/A Session, Zusammenfassung
ab 16:30 Uhr	virtuelle Demos der Use Cases (optional)



apps.live.com...

Abbildung 7. Agenda des virtuellen Projekt Relaunch Treffens am 1.10.2020.

Aufgrund der mit März schlagend gewordenen Einschränkungen aufgrund der COVID-19 Situation, und der damit verbundenen Umstellung auf virtuelle Projekttreffen, wurde am 1.10.2020 der Versuch eines physischen „Relaunch-Treffens“ durchgeführt, um die Projektgruppe und den Austausch innerhalb selbiger wieder zu stärken. Leider musste aufgrund der erneut schlagend gewordenen Verschärfungen auch dieses Treffen auf ein digitales Format umgestellt werden.

Projektabschlusstreffen – 25.02.2021 online

Agenda



13.00 – 13.05 Uhr	Begrüßung
13.05 – 13.45 Uhr	Bericht aus den 4 Themenstreams
13.45 – 14.15 Uhr	Begleitforschung – Ergebnispräsentation
14.15 – 14.30 Uhr	Bericht Hardware
<i>Pause</i>	
14.45 – 15.15 Uhr	Projektergebnisse
15.15 – 15.25 Uhr	Foto Zeitreise des Projektes
15.25 – 15.30 Uhr	Zusammenfassung



3m...

Abbildung 8. Agenda des 4. und letzten Usergrouptreffens am 25.2.2021 (virtuell via MS Teams).

Entgegen der ursprünglicher Pläne musste das Abschluss-Event aufgrund der nach wie vor präsenten Covid-19 Einschränkungen auf ein virtuelles Format umgestellt werden. Im Zuge dessen wurden die Projektergebnisse, ein Streifzug durch die vergangenen 2,5 Jahre sowie die möglichen nächsten Schritte der Projektgruppe präsentiert.

Themenstreamtreffen

Neben den halbjährlich abgehaltenen Usergroup-Treffen wurden in engermaschigerer Sequenz innerhalb der vier Themenstreams regelmäßige Treffen abgehalten (etwa alle 8 Wochen). Im Zuge dieser Themenstream-Treffen wurden die Fortschritte der einzelnen Use-Cases präsentiert, externe Keynotes oder Exkursionen passend zu den jeweiligen fachspezifischen Themenstellungen organisiert sowie Neuigkeiten im Bereich der Hardware-Applikationen der Projektgruppe zum Testen zur Verfügung gestellt.

Unterstützung in der Produktion

19.11.2018 - Fa. KOTANYI

25.03.2019 - Fa. BILFINGER Linz

28.06.2019 - Fa. DAQRI Wien



Abbildung 9. Gruppenfoto eines der Usergroup-Treffen

11.12.2019 - Fa. Piesslinger Molln

Schulung & Training

13.11.2018 - Fa. ÖBB St. Pölten/Wörth

25.03.2019 - Fa. LENZE Asten

17.06.2019 - Rotes Kreuz NÖ Korneuburg



Abbildung 10. Gruppenfoto eines der Usergroup-Treffen

09.12.2019 - Fa. ÖBB Wien

Remote Support

26.11.2018 - Fa. IFE Kematen/Ybbs

01.04.2019 - Fa. Testfuchs Groß Siegharts

28.06.2019 - Fa. DAQRI Wien

11.12.2019 - Fa. Kremsmüller Steinhaus bei Wels

Präsentation von Produkten

26.11.2018 - Fa. BENE Waidhofen/Ybbs

18.03.2019 - Fa. KBA Mödling

17.06.2019 - Fa. Semperit Wimpassing

09.12.2019 - Fa. BENE Wien

Disseminationsworkshops

Insgesamt fanden Disseminationsworkshops zu den folgenden Themenblöcken statt:

Thema	Datum
Spatial Anchors	07.10.2020
Remote Support	07.10.2020
VR Content Authoring	14.10.2020
Interaction Design	14.10.2020
Real Time Import	14.10.2020
Datenanbindung + Bilderkennung + Vereinfachung von 3D Daten	21.10.2020
Learning Analytics	28.10.2020

Tabelle 2. Übersicht über alle Disseminationsworkshops.

Eine detaillierte Beschreibung der jeweiligen Workshops ist in Kapitel 11.4. zu finden.

Hardware Experience Days

Insgesamt fanden im Rahmen des Projektes 2 Hardware Experience Days statt. Im Rahmen derer wurden die aktuell am Markt befindlichen Devices der Projektgruppe im Rahmen eines Stationenbetriebs zur Verfügung gestellt, eine Einschulung in die jeweiligen Geräte gegeben, und mittels Demo-, sowie teilweise bereits umgesetzter Use-Case Applikationen, deren Funktionsprinzip der Gruppe zum Testen gereicht. Auch konnte mittels Verleihsystems Hardware ausgeborgt und im eigene Betriebsumfeld hinsichtlich Tauglichkeit und konkretem Nutzen getestet werden.

1. HW-Day – 04.04.2019 FH St. Pölten
2. HW-Day – 07.11.2019 FH OÖ Steyr
3. HW-Day IMC FH Krems: *nach mehrmaligen Verschiebungen Absage aufgrund Covid-19*

Eine detaillierte Beschreibung der Hardware Experience Days findet sich in Kapitel 4.5.

3.3. Projektstagebuch

Da die Liste aller physischen und virtuellen Treffen, die im Rahmen des Projektes stattgefunden haben, mehrere Seiten umfasst, ist sie für eine einfachere Lesbarkeit dieses Dokumentes im Anhang zu finden.

4. Ist Zustand / Use-Case Definition / Infrastruktur Aufbau

Im Rahmen von AP2 wurden unternehmensspezifische Use Cases definiert und den entsprechenden Themenstreams aus AP 3-6 zugewiesen. Die Konzeptionierung der Use Cases fand in bilateralen Abstimmungsterminen vor Ort bei den jeweiligen Firmen statt. Die grundlegenden Ideen und Konzepte wurden im 3. Quartal 2018 in Dokumenten gesammelt (pro Firma ein „Firmen-Canvas“). Auf Grundlage dieser Dokumente geschah die Einteilung der Firmen in einen der vier „Themenstreams“: Unterstützung in der Produktion (UdP), Schulung und Training (SuT), Remote Support (RS) und Präsentation von Produkten (PvP). Im 4. Quartal 2018 wurden die Grobkonzepte in weiteren Abstimmungsterminen diskutiert und verfeinert. Die daraus entstehenden „Use Case Dokumente“ dienen als Grundlage für die Definition der Core Features (siehe Kapitel 5) und der Planung der Implementierungsarbeiten in AP 3-6.

Tabelle 3 listet alle Firmen, deren Einteilung in Themenstreams und eine Kurzbeschreibung des geplanten Vorhabens auf Basis der bilateralen Abstimmungstermine.

Themenstream	Firma	Kurzbeschreibung
UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION	Voith	Unterstützung eines Servicetechnikers bei der Wartung von Fahrzeugen mittels „Dynamic Content based guidance“
	Kotanyi	Mitarbeiter bekommen wichtige Informationen (Rüst- und Reinigungsabläufe etc.) kontextabhängig an der Datenbrille angezeigt.
	Piesslinger	Profile werden automatisiert optisch identifiziert und die Ergebnisse am Endgerät visualisiert.
	Prometa	Dashboards und Berichte aus der Produktion werden am Tablet und Headset mittels AR angezeigt.
	Witmann Battenfeld	Techniker erhalten Unterstützung in der Linienfertigung und Prüfung der Maschinen: Pläne in 3D, 2D Elektropläne und Checklisten
	Jabil	Unterstützung bei Befüllung der „Kit Box“ mittels AR
	MAN	Virtueller und optischer Vergleich von Abweichungen während der Montage, Montageassistenzsystem mit AR Unterstützung
	Bilfinger	Digitaler Notizblock zur Aufnahme von Bildern und Videos, Setzen von digitalen Markierungen und Remote Support
SCHULUNG UND TRAINING	Lenze	VR Schulungsapplikation für Getriebemotoren, Vermittlung von realitätsnahen Montageabläufen und Schulungsinhalten; Lernszenarien Entwicklung und Didaktisches Konzept; Testung und Integration von Feedback in den Prototyp.
	ÖBB	Interaktives Lernprogramm für Lehrlinge, um aufwendige Szenarien einfacher und ortsunabhängig präsentieren zu können; Lernszenarien Entwicklung und Didaktisches Konzept
	Rotes Kreuz	Virtuelle Simulation und Training von Einsatzübungen für Großunfallszenarien bzw. Katastrophen;

		Lernszenarien Entwicklung und Didaktisches Konzept; Testung und Integration von Feedback in den Prototyp.
REMOTE SUPPORT	Kremsmüller	Remote Support für Mitarbeiter auf der Baustelle mit geringer Erfahrung. Bekommt Support durch erfahrenen Experten.
	IFE Doors	Kunde kann sich mit Back-Office verbinden, um Support bei Fehlersuche mittels verankerter Annotationen zu bekommen.
	Test-Fuchs	Remote Support und Guidance mit AR Unterstützung, Anzeige von Real-Time Werten, Abrufen von Dokumenten
	Geodata	Remote Support für Personal im Außendienst (Vermesser, Messtechniker) durch Experten aus Geodata-Büro
PRÄSENTATION VON PRODUKTEN	BENE	Ein virtueller Schauraum wird vom Kunden in VR konfiguriert. Der Kunde platziert Möbel und kann diese individuell konfigurieren.
	MBIT	Gebäude Visualisierung außen (via AR) und innen begehbar (via VR), Anzeige von Elektro- und Wasserleitungen in AR
	Mayr-Melnhof	AR System zur Beschleunigung des Instandhaltungsprozesses mit Smart Glasses
	KBA Mödling	Über AR werden während der Montage Konstruktionsdaten (Zeichnungen, Stücklisten) für das entsprechende Bauteil angezeigt.
	Umdasch Ventures	Aus einem photogrammetrisch erstellten 3D Scan des neuen „Portable Precast Plant“ entsteht eine VR Experience.
	Semperit	Der Mitarbeiter an der Produktionslinie bekommt Soll- und Istwerte des Prozesses dargestellt und sieht geführte Checklisten.

Tabelle 3. Aufteilung der Use Cases in Themenstreams (TS): Unterstützung in der Produktion (UdP), Schulung und Training (SuT), Remote Support (RS), Präsentation von Produkten (PvP).

4.1. CORE Backend

Mit Hilfe des CORE Backends können Client-Anwendungen Daten abfragen, Daten speichern und Daten löschen. Es bietet somit die Schnittstelle zwischen Anwendungen und Daten, die in einer Datenbank oder auf einem Dateisystem gespeichert werden. Das Core Backend besteht aus den Komponenten Datenquellen und Datenpunkten. Mit Hilfe von Datenquellen können u.a. bestehende Datenbanken angebunden werden. Mit Hilfe von Datenpunkten bekommen Anwendungen Zugriff auf Daten, die in den Datenquellen definiert sind. Der Zugriff auf die Daten kann über die Datenpunkte parametrisiert werden. Die Einschränkung bezüglich Datenbanken kann auf bestimmte Tabellen, bestimmten Feldern und für bestimmte Benutzer festgelegt werden. Somit werden nur relevante Daten der Datenquelle für Anwendungen freigegeben.

Dazu dient das CORE Backend

Das CORE-Backend stellt folgenden Nutzen zur Verfügung

- **Einfache Anbindung** von bestehenden oder neuen **Datenquellen für Applikationen**
- **Unterstützung verschiedener Datenquellen-Typen**
- Durch die Verwendung von **Interfaces** können neue Datenquell-Typen einfach implementiert werden
- **Beliebig erweiterbar** und **konfigurierbar** durch die **Admin-Oberfläche**
- **Standardisierte APIs**, um jede beliebige Applikation anbinden zu können
- Verwendung von Swagger, damit **der Code am Client automatisiert** erstellt werden kann

Architektur

Das Core Backend besteht aus den folgenden 3 Komponenten:

MS SQL Konfigurations-Datenbank: interne Datenbank für das Speichern der konfigurierten Datenquellen und Punkte

.NET Core REST API: abstrahiert die Zugriffe zur internen Datenbank und beinhaltet die Implementierungen der jeweiligen Microservices (Schnittstellenanbindungen)

ASP.NET Core MVC Web Anwendung: beinhaltet diverse Benutzeroberflächen, damit ein Benutzer Datenquellen konfigurieren kann. Die Kommunikation - das Speichern und Laden von Konfigurationen - erfolgt über die REST API.

Das Backend kann in der Cloud oder On-Premise und auch auf Linux Servern gehostet werden.

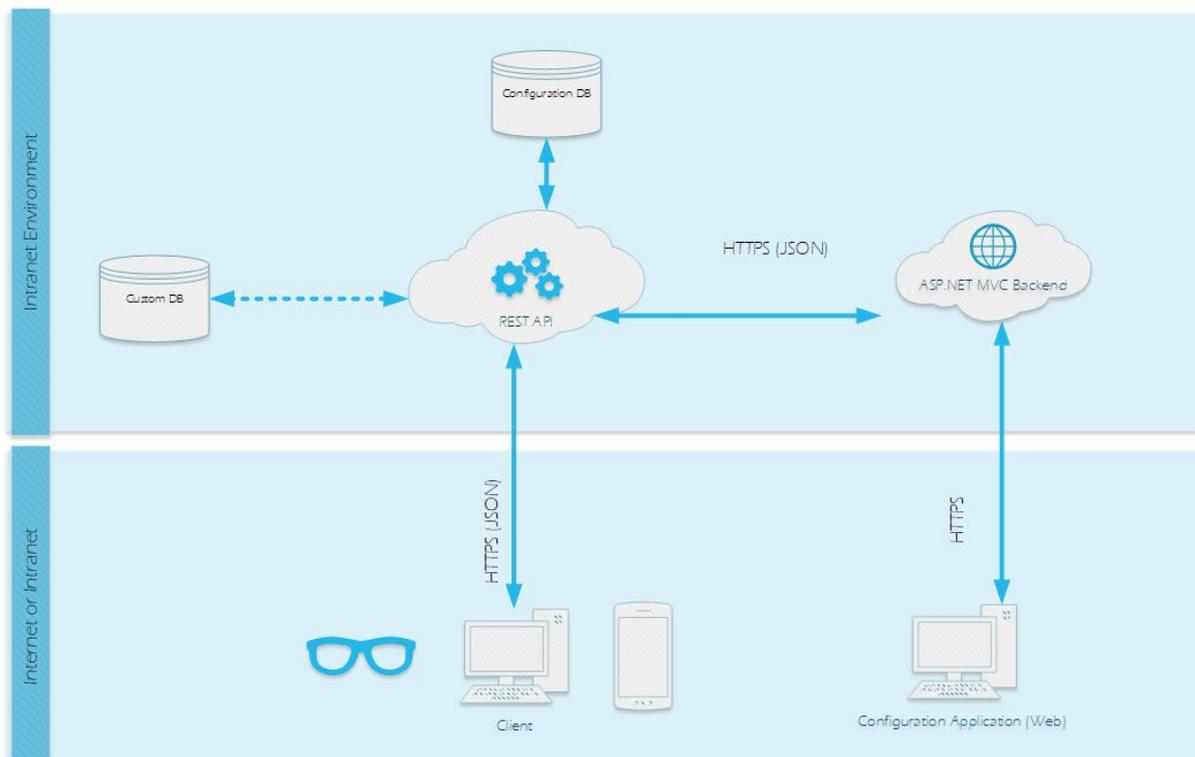


Abbildung 11: Architektur CORE Backend

Daraus besteht das CORE Backend

Das CORE Backend besteht aus den Komponenten Datenquellen und Datenpunkten.

Datenquellen

Als Datenquelle wird eine mögliche Quelle von Daten im Backend bezeichnet. Eine Datenquelle kann unterschiedliche Typen haben (z.B. MS SQL oder Dateisystem). Jeder Typ hat eine eigene Implementierung als Microservice. Somit können pro Backend mehrere Datenquellen erzeugt und konfiguriert werden.

Zum Beispiel kann eine neue MS SQL Server Datenbank als Datenquelle angelegt und mit den jeweiligen Parametern konfiguriert werden.

Folgende Eigenschaften treffen auf Datenquellen zu

- **Konfigurierbar**
Konfigurierbare Datenquelle, damit eine Verbindung zum Datenaustausch zu der genannten Quelle stattfinden kann
- **Eindeutig identifizierbar**
Datenquellen sind über einen Unique Identifier eindeutig im Backend identifiziert
- **Unterstützung von verschiedenen Typen**
 - MSSQL
 - MySQL
 - Dateien (File-System)

Folgende Punkte können bezüglich einer Datenquelle konfiguriert werden

- **Interner Name**
Für Dokumentationszwecke kann auch ein interner Name hinterlegt werden
- **Connection String zur Quelle**
Damit eine Verbindung mit dem Zielobjekt hergestellt werden kann, muss ein Connection String hinterlegt werden. Dieser wird anschließend verschlüsselt und in der Datenbank abgelegt.
- **Datenquelle**
Bevor ein Datenpunkt erstellt werden kann, muss eine Datenquelle erstellt werden. Eine Datenquelle kann mehrere Datenpunkte besitzen. Zum Beispiel wird eine MSSQL Datenbank als Datenquelle konfiguriert. Anschließend könnte dann pro Tabelle, Stored Procedure oder Abfrage ein neuer Datenpunkt angelegt werden.

Datenpunkte

Pro angelegter Datenquelle kann dann eine Datenpunkt definiert werden. Ein Datenpunkt hat unterschiedliche Parameter (je nach Typ der Quelle) und kann als Lese oder Schreiboperation definiert werden. Beispielsweise könnte ein Datenpunkt eine SQL Abfrage der Anlagendaten aus einer SQL Datenquelle sein. Die Datenpunkte können so konfiguriert werden, dass diese bei Abfrage einen der oben genannten Datentypen zurückliefert.

Folgende Eigenschaften treffen auf Datenpunkte zu

- **Ermöglicht das Lesen und Schreiben von Daten**
Ein Datenpunkt ermöglicht eine bestimmte Abfrage oder das Schreiben von Daten an einen gewissen Endpunkt innerhalb einer Datenquelle.
- **Eindeutig identifizierbar**
Datenpunkte haben einen eindeutigen Identifier.
- **Datenpunkt-Typ**
Die Einstellung des Datentyps (Table, Stored Procedure, File System) wird konfiguriert und muss in der jeweiligen Datenquelle vorhanden sein (z.B. FileSystem nur in File Datenquelle, MSSQL Datenquelle für Tables; nicht möglich: SQL Datenquelle und FileSystem Datenpunkt).
- **Standardisiertes Austauschformat für die Datenübertragung**
Standardmäßig werden die Daten in JSON übertragen.

Folgende Punkte können bezüglich eines Datenpunktes konfiguriert werden

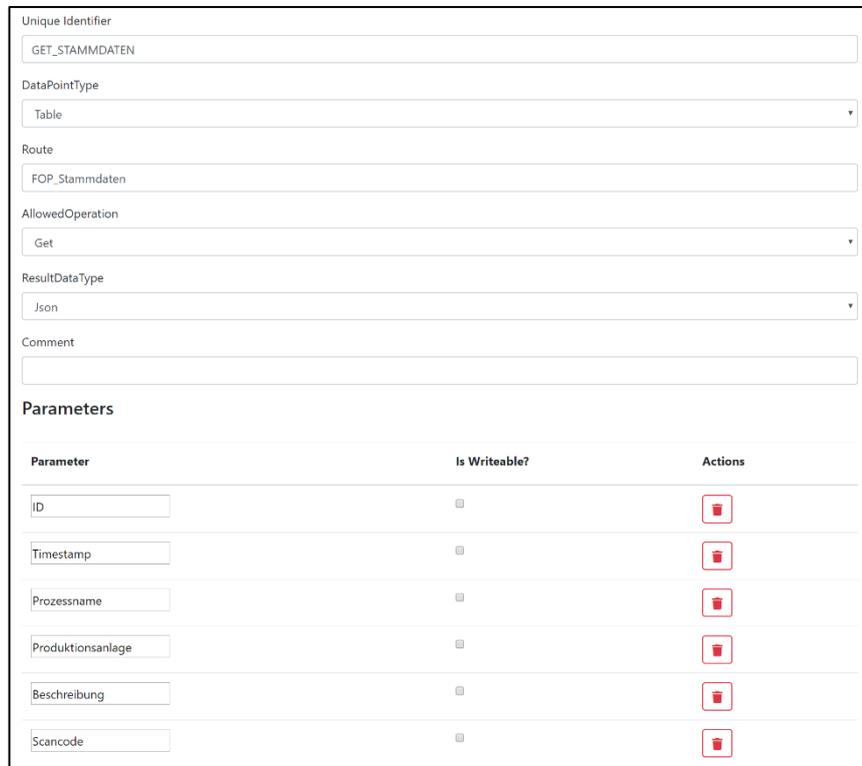
- **Route**
Die Route definiert den jeweiligen, abzurufenden Endpunkt und kann mit der erlaubten Operation entweder Lese oder Schreibzugriff besitzen.
- **Übertragungsart**
Gibt an ob die Daten gelesen oder geschrieben werden
- **Format der zurückgegebenen Daten**
Hier steht JSON Daten zur Verfügung

So funktioniert das CORE Backend

Folgend sind Beispiele für mögliche Konfigurationen angeführt.

Beispiel 1:

Die folgende Abbildung (Abbildung 12: CORE Backend Beispielkonfiguration 1) zeigt eine Beispielkonfiguration für einen reinen Lesezugriff zu einer Tabelle, wobei nur jene Parameter abgefragt werden, welche definiert sind.



Unique Identifier: GET_STAMMDATEN

DataPointType: Table

Route: FOP_Stammdaten

AllowedOperation: Get

ResultDataType: Json

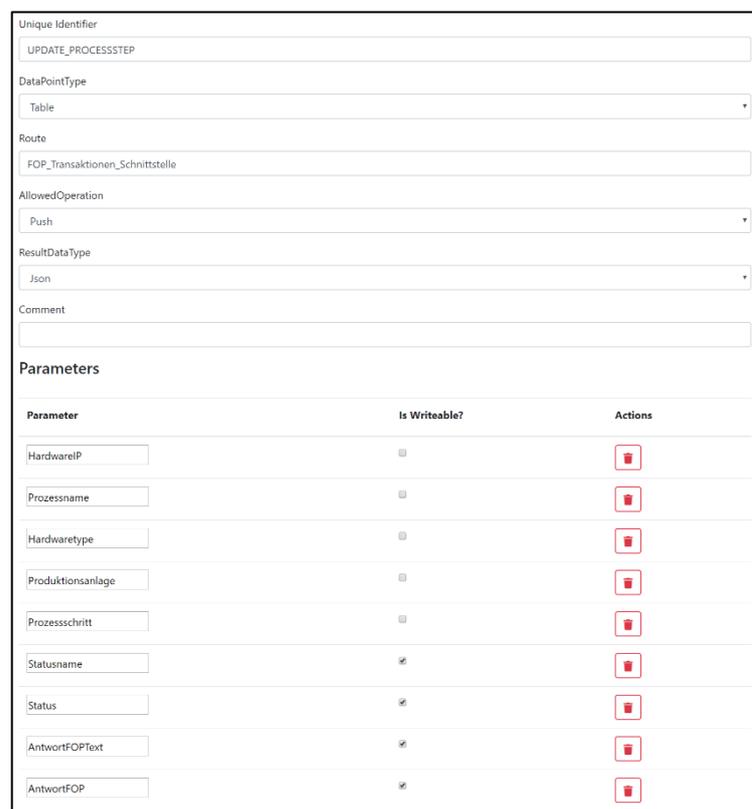
Comment:

Parameter	Is Writeable?	Actions
ID	<input type="checkbox"/>	
Timestamp	<input type="checkbox"/>	
Prozessname	<input type="checkbox"/>	
Produktionsanlage	<input type="checkbox"/>	
Beschreibung	<input type="checkbox"/>	
Scancode	<input type="checkbox"/>	

Abbildung 12: CORE Backend Beispielkonfiguration 1

Beispiel 2:

Die folgende Abbildung (Abbildung 13: CORE Backend Beispielkonfiguration 2) zeigt eine Beispielkonfiguration für einen reinen Schreibzugriff zu einer Tabelle. Dabei wird ein Update Statement generiert, welches die nicht schreibbaren Parameter als Filter für die zu aktualisierenden Daten nimmt. Für das Schreiben der Daten muss die erlaubte Operation auf Push gewählt sein.



Unique Identifier: UPDATE_PROCESSTEP

DataPointType: Table

Route: FOP_Transaktionen_Schnittstelle

AllowedOperation: Push

ResultDataType: Json

Comment:

Parameter	Is Writeable?	Actions
HardwareIP	<input type="checkbox"/>	
Prozessname	<input type="checkbox"/>	
Hardwaretype	<input type="checkbox"/>	
Produktionsanlage	<input type="checkbox"/>	
Prozessschritt	<input type="checkbox"/>	
Statusname	<input checked="" type="checkbox"/>	
Status	<input checked="" type="checkbox"/>	
AntwortFOPText	<input checked="" type="checkbox"/>	
AntwortFOP	<input checked="" type="checkbox"/>	

Abbildung 13: CORE Backend Beispielkonfiguration 2

Beispiel 3:

Die folgende Abbildung (Abbildung 14: CORE Backend Beispielkonfiguration 3) zeigt eine Beispielkonfiguration für den Aufruf einer Stored Procedure mit 2 IN Parametern und einer Tabelle als Resultat mit 5 Spalten.

Abbildung 14: CORE Backend Beispielkonfiguration 3

Unique Identifier	csp_kit_get_open_parts	
DataPointType	StoredProcedure	
Route	csp_kit_get_open_parts	
AllowedOperation	Get	
ResultDataType	Json	
Comment		
Parameters		
Parameter	Is Writeable?	Actions
IN_AssemblyNo	<input checked="" type="checkbox"/>	
IN_SerialNo	<input checked="" type="checkbox"/>	
Part_Assy_No	<input type="checkbox"/>	
Description	<input type="checkbox"/>	
Quantity	<input type="checkbox"/>	
SerNo_required	<input type="checkbox"/>	
Path	<input type="checkbox"/>	

Beispiel 4:

Die folgende Abbildung (Abbildung 15: CORE Backend Beispielkonfiguration 4) zeigt eine Beispielkonfiguration für eine Stored Procedure mit OUT Parametern.

Abbildung 15: CORE Backend Beispielkonfiguration 4

Unique Identifier	csp_kit_add_part	
DataPointType	StoredProcedure	
Route	csp_kit_add_part	
AllowedOperation	Get	
ResultDataType	Json	
Comment		
Parameters		
Parameter	Is Writeable?	Actions
IN_AssemblyNo	<input checked="" type="checkbox"/>	
IN_AssemblySerialNo	<input checked="" type="checkbox"/>	
IN_Part_Assembly_Numbe	<input checked="" type="checkbox"/>	
IN_GRN	<input checked="" type="checkbox"/>	
IN_PartSerialNo	<input checked="" type="checkbox"/>	
IN_ApplicationName	<input checked="" type="checkbox"/>	
OUT_Location	<input checked="" type="checkbox"/>	
OUT_USR_Message	<input checked="" type="checkbox"/>	
OUT_OK	<input checked="" type="checkbox"/>	

File System Datenquelle

Diese Datenquelle benötigt keinen Connection String. Daten werden auf einem vordefinierten Ordner am Server gespeichert. Eine Konfiguration erfolgt in den dazugehörigen Datenpunkten.

Der File System Datenpunkt kann Daten auf dem Server mittels Push ablegen, Daten als binäre Dateien laden sowie den Inhalt eines Ordners abrufen. Die jeweilige Route ist der Hauptordner in dem die Daten gespeichert oder geladen werden. Zusätzlich dazu sind folgende Parameter möglich:

- **subfolder**: Unterordner wo Daten gespeichert oder geladen werden können
- **filename**: Name der Datei die geschrieben wird
- **override**: wenn dieses Flag gesetzt ist, wird die Datei (wenn vorhanden) überschrieben
- **filedata**: der base64 encodierte String der Byte Daten der Datei

Beispiel 5:

Folgende Abbildung (Abbildung 16: CORE Backend Beispielkonfiguration 5) zeigt eine Beispielkonfiguration für das Laden des Inhaltsverzeichnisses des Ordners „bilf“.

Unique Identifier	<input type="text" value="bilftoc"/>
DataPointType	<input type="text" value="FileSystem"/>
Route	<input type="text" value="bilf"/>
AllowedOperation	<input type="text" value="Get"/>
ResultDataType	<input type="text" value="Toc"/>
Comment	<input type="text"/>

Abbildung 16: CORE Backend Beispielkonfiguration 5

So wird das CORE Backend eingerichtet

Folgende Schritte müssen durchgeführt werden um das System auf einem Server aufzusetzen:

- 1) Server aufsetzen oder Cloud-Zugang nutzen
- 2) Datenbank aufsetzen
- 3) Web Rest API einspielen
- 4) Web App einspielen
- 5) Datenpunkte konfigurieren
- 6) Anbindung der App an das Backend

4.2. Initiale Use Case Beschreibungen

Im Rahmen der Kick-Off-Veranstaltung wurde jeder Projektpartner aufgefordert, seine Use-Case Idee in der nachfolgenden Canvas Struktur zu spezifizieren. Die folgenden Canvas stellen daher den initialen Stand der Use-Case Ideen dar, wobei die tatsächlich umgesetzten Use-Cases teilweise im Rahmen der Projektlaufzeit adaptiert und verändert wurden. Die umgesetzten Use-Cases finden sich in der Detailbeschreibung im Kapitel des jeweiligen Themenstreams (siehe Kapitel 6-9).

THEMENSTREAM UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION

Voith

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: <ul style="list-style-type: none"> • Enable (Predictive/Corrective/ Preventive) Maintenance with Smart Service Solutions • Have Everything Ready for an Efficient Service Job • Business Modell Definition <ul style="list-style-type: none"> • Predictive Maint. • Performance Based Maint. • Outcome Oriented Maint. 		„Smart Services for Electronic Power Converters“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? <ul style="list-style-type: none"> • “Completeness Control” <ul style="list-style-type: none"> • (Spare) Parts & Tools • Documentation • Safety Prerequisites • “Guiding” of the Service Job 	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse <ul style="list-style-type: none"> • Grow in Service and AMB • Easily Accessible Data for Service People • New Ways of Part Identification (e.g. Google Data Analytics) 	Voraussetzungen & Hindernisse <ul style="list-style-type: none"> • Platform Independent (e.g. API for Voith OnCumulus) • Multi Supplier Topic resp. Integrateable • Scalable • Data Content (Digital Twin) 	Personen <ul style="list-style-type: none"> • F. Spitzer (PL) • P. Weinmeier (PM) • T. Jankowski (PM) • G. Santos (TM) 	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte <ul style="list-style-type: none"> • User Experience / Acceptance • New Ways od Interaction Needed • Certification for Special Environments Needed? 	

Kotanyi

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Mitarbeiter bekommt ohne Einschränkung der realen Welt bei Bedarf wichtige Informationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rüst-/Reinigungs-/Formatumstellungsablauf-workflow stellt sicher, dass Mitarbeiter in der idealen Reihenfolge arbeitet. • zur Verfügung gestellte Dateien (Videos, Fotos,...) erhöhen die Prozessstabilität. 		<p>„Digitale Information der Arbeitsperson vor Ort bereit stellen“</p>	
		<p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? Wahrnehmung der digitalen Informationen</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeitliche Abfolge muss transparent und messbar werden. • Effektivere Einschulung 	<p>Voraussetzungen & Hindernisse: Keine Beeinträchtigung im Arbeitsalltag, plus einfache Handhabung</p>	<p>Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vecera • Scharinger • Brenner 	
		<p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte:</p>	

Piesslinger

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inhalt: Entwicklung einer Möglichkeit zur teilautomatisierten, optischen Profilidentifizierung • Ergebnis: <ul style="list-style-type: none"> • Identifizierung von verschiedensten Profiltypen • Visualisierung der Ergebnisse und der zugehörigen Auftragsdaten 		<p>„Profilidentifikation Fa. Piesslinger“</p>	
		<p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? Die Identifizierung, Darstellung und Bereitstellung der Profilinformationen für den Anwender (Kunde, Profilnummer, Farbe,...).</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <p>Erhalt der Prozessfähigkeit durch Reduktion von Verschwendungen, trotz steigender Komplexität und Kleinteiligkeit.</p>	<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objekterkennung bei wechselnden Bedingungen (Licht, Abstand, Winkel, Geometrie) • Kurze Zugriffszeiten/Verarbeitungszeiten • Benutzerfreundliche Visualisierung 	<p>Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rohrauer Philipp, MSc • Dipl.-Ing. Nedomlel Stefan 	
		<p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte Entscheidung hinsichtlich Lösungsvariante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datenbrille • Smartphone 	

Prometa

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Fertigungsmitarbeiter Unterstützen durch das Einblenden von Zusatz-Informationen wie: <ul style="list-style-type: none"> • Rüst-, Reinigungs- und Kontrolltätigkeiten • QS-Maßnahmen (Vorgabe von Checklisten, soll/ist Vergleich, Audit Trail) • Cockpit/Dashboard (Aktuelle Auftragsdaten, geplanten Auftragsende, voraussichtliches Ende ,etc.) • Materialkontrolle (Scannen von Etiketten der VP Materialien, etc.) • Hilfe bei der Störungsbehebung • Hilfe/Support bei der Software Bedienung • Online Schulungen in Zusammenspiel Anlage/Software 		METAVIEW - Focus	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? AR: einblenden der gewünschten Informationen am Arbeitsplatz (Tablet, Smartphones, eventuell. Brille/Headset)	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse Durch diese NEUEN Module zusätzliche USP für das Bestands Produkt METAVIEW zu schaffen. Verbesserungen des Supports und <u>Schulung</u>	Voraussetzungen & Hindernisse <ul style="list-style-type: none"> • WLAN Versorgung im Shop Floor • Akzeptanz der Nutzer • Nicht nur Showcase-Fähiges Equipment • Benutze abhängige (Setups) 	Personen: Bernd Zohner Florian Proksch	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte <ul style="list-style-type: none"> • Auswahl der Technologie 	

Witmann Battenfeld

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: <ol style="list-style-type: none"> 1. Unterstützung bei der Linienfertigung 2. Visualisierung von Prozessen während des Spritzgießens 		„NextReality“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? <ol style="list-style-type: none"> 1. Mixed 2. Augmented 	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse <ol style="list-style-type: none"> 1. Optimierungen beim Fertigungsprozess 2. Visualisierung beim Produktionsprozess 	Voraussetzungen & Hindernisse -		
		Personen <ul style="list-style-type: none"> • Wolfgang Roth • Markus Vodosek 	

Jabil

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: <ul style="list-style-type: none"> • Klare, eindeutige Informationen und Arbeitsanweisungen für 1st Level • Material-Leitsystem • Rückverfolgbarkeit von Arbeitsschritten, Material, ausführender Person und außergewöhnliche Ereignisse • Einfache Erstellbarkeit und Editierbarkeit für 2nd Level 		„Manufacturing Controlling System“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? <ul style="list-style-type: none"> • AR Material-Leitsystem und Tracing • Recording von Sicherheitsüberprüfungen (vier Augen-Prinzip) 	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse <ul style="list-style-type: none"> • Verbesserte und einfachere Daten-/Qualitätssicherung • Durchlaufzeiten verringern • Anlernzeiten 1st Level verringern 	Voraussetzungen & Hindernisse <ul style="list-style-type: none"> • Einfachste Erstellung und Editierung durch 2nd Level • Einfache und bequeme Anwendung durch 1st Level • Nachvollziehbarkeit durch Kunde/Audit 	Personen Michael Kuschnig Constantin Scarisbrick Michael Fennes	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte <ul style="list-style-type: none"> • Genaue Erwartungen an das System siehe Jabil Dokument „29-ME60-0064-A-Manufacturing Controlling System“ 	

MAN

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: <p>Virtueller und optischer Vergleich der Abweichung mittels Shape-based Tracking der Geometrie und Oberfläche eines physischen Objektes. Visualisierung der Position des Objektes am Nutzfahrzeug. Visualisierung des Vergleichs mittels einem Gerät (z. B.: AR Brille, Tablet,...). Erfassung/Aufnahme der Objekte erfolgt durch Gerät selbst (Scan). Ergebnis anwendbar auf Montageassistentz.</p>		„digitaler Objektvergleich mit Überlagerung“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? <p>Der digitale und physische Vergleich von Objekten und daraus resultierend, die Darstellung von Abweichungen anhand AR / VR Technologie</p>	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse <p>Strategie: Reduktion von Abweichungen, Zeitersparnis in der Ursachenanalyse, effizientere Möglichkeit zur MA Schulung</p> <p>Ergebnis: Aufwandreduzierung und Beschleunigung beim Bewerten von Abweichungen des Objektes und dessen Position am Nutzfahrzeug. IST- Zustandsanalyse aktueller technischer Möglichkeiten und zukünftiger Ausblick. Im weiteren Schritt, für ausgewählte Bauteile eine digitale Montageassistentz</p>	Voraussetzungen & Hindernisse <ul style="list-style-type: none"> • Einsatzumfeld (Licht, Objektoberflächen, Temperatur...) • Hohe Genauigkeit und Robustheit des Shape-based Tracking • Mobil einsetzbar • Objektreferenzierung • MAN genutzte Dateiformate 	Personen Christian Neuhofer	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte	

Bilfinger

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Einfache, effiziente und nachhaltige Dokumentation von Service-Dienstleistungen:</p> <p>Von Beginn des Auftrags (Anfrage - Vertrieb), über die Leistungserbringung & Umsetzung bis zum Ende des Auftrags (Übergabe / Abnahme / Dokumentation).</p> <p>Die soll dem Kunden und dem Service-Dienstleister einen Mehrwert bietet. (Auftragsklarheit, technische Dokumentation,...)</p> <p>Ein Fokus soll auch auf der Minimierung der involvierten Personen, einfacher IT, und Schnittstellenminimierung gelegt werden.</p>		<p align="center">„ Service-Auftragsabwicklung 4.0“</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <ul style="list-style-type: none"> - Klarer Wettbewerbsvorteil für Dienstleister - Verbesserung der Dokumentationsqualität mit geringerem Aufwand - Effizienzsteigerung verknüpft mit Kundenmehrwert. <p>Wir erwarten schnelle und anwendbare Zwischenergebnisse innerhalb der Projektlaufzeit.</p>		<p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? Der Fokus liegt auf einer „Hands-free-Solution“ zur Erfassung und Anzeige der Auftragsdaten mit bereits marktüblichem Equipment. Der Fokus liegt auf „Augmented und Mixed Reality“, nicht so sehr auf „VR“.</p>	
<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p> <p>Hindernis könnte die Akzeptanz intern (Mitarbeiter) & extern (Kunde) werden. Deshalb ist ein positives Marketing basierend auf Praktikabilität im Geschäftsalltag nach innen und außen zwingend notwendig, um den Nutzen hervorheben zu können.</p>		<p>Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gerhard Cip • Leo Höller • Michael Benisch 	
		<p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zu breite Anforderung? 	

THEMENSTREAM SCHULUNG UND TRAINING

Lenze

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Erarbeiten welche Inhalte für eine Darstellung mittels VR gut geeignet sind. Erarbeiten mit welchen Technologien / Prozessen Schulungsinhalte möglichst realitätsnahe und effizient erstellt werden können.		VR im Onboarding Prozess	
		Mitarbeiterschulungen mittels Virtual Reality	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse Verkürzen von Anlernzeiten VR als Tool im Wissensmanagement (Gleichbleibende Schulungsinhalte) und in Bezug auf Produktschulung im Vertriebsbereich	Voraussetzungen & Hindernisse Große Variantenvielfalt Lebendiges Layout	Personen <ul style="list-style-type: none"> • Marco Gattringer-Ebner • Alfred Ritirc • Benedikt Plöchl 	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte Auswahl von Zielgruppen Auswahl von Schulungsinhalten Auswahl passender Technologie	

ÖBB

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Es soll ein interaktives Lernprogramm für unsere Lehrlinge am Bildungscampus St.Pölten aufgebaut werden. Ein Teil davon wird die Interaktion der Lernenden mit 3D-Daten (Simulation, H0-Anlagen, Stellwerke usw.) sein. Ziel ist große Objekte einfacher und ortsunabhängig präsentieren zu können, gefährliche Bereiche für Lehrpersonal und Auszubildenden zu vermeiden, sowie Stillstandszeiten von Bahneinrichtungen zu minimieren.		„Blended-Learning“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? Anzeige, Animation und Interaktion von bahnnahen 3D-Objekten mit interaktivem Quizfragen Eventuell erweiterte Features wie Bremssimulationen sowie deren Berechnung und Anzeige	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse Sehr wichtig, da in der nächsten Zeit viele junge Mitarbeiter gesucht werden. Kurze und effektive Schulungsphasen sind ein wesentlicher Punkt. Sicherheitsgewinn und Kostenminimierung. Attraktivität der Schulungsmethoden.	Voraussetzungen & Hindernisse VR-Classroom, qualitative hochwertige 3D-Daten, dezentrale Verfügbarkeit der Objektdaten, geeignetes Equipment, Shared Experience, Anbindung an LMS, Datenschutzrichtlinie 2018	Personen <ul style="list-style-type: none"> • Mag. Natascha Haberkorn • Ferdinand Kobermann • Marcus Rottensteiner 	Zusätzliche Fragen & nächste Schritte zur Zeit keine Fragen -Teilnahme am Kickoff - Netzwerken mit Caterpillar Visualisierung DieselMotor 3412EDI-TTA-JW

Rotes Kreuz

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen</p> <p>Inhalt: Einsatzübungen für Großunfallszenarien bzw. Katastrophen sollen künftig virtuell simuliert und trainiert werden.</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition eines Simulationsszenarios, bei dem manche Elemente/Abläufe flexibel gestaltet werden können • Ausarbeiten von Lernzielen, die durch das virtuelle Simulationsszenario erreicht werden können • Dynamisches Eingreifen in das Szenario durch eine externe Person (Operator) • Ausarbeiten und Durchführen eines Tests durch RK Mitarbeiter, bei denen das virtuelle Szenario auf reale Tauglichkeit getestet wird 		<p>VR Einsatzsimulation</p> <p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality?</p> <p>Simulation von Einsatzszenarien bei Großunfällen in der VR Ein Operator soll das Einsatzszenario von außen beeinflussen können</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <p>Durch das Zusammenstellen und Anbieten von Übungen in einer virtuellen Umgebung sollen teure und komplexe Vorbereitungen für reale Simulationsübungen künftig reduziert werden können</p>	<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p> <p>Hindernisse könnten sich dadurch ergeben, dass die Simulationen nicht realitätsnah genug gestaltet werden können, um die zu trainierenden Lektionen innerhalb der Szenarien an die Teilnehmer zu vermitteln</p>	<p>Personen</p> <p>Bernhard Bürger Völkl Peter Weiler Angelika Weingartshofer Philipp</p>	 <p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines konkreten Simulationsszenarios • Erstellung konkreter Lernziele für die Simulation • Besuchen einer real durchgeführten Simulation durch die FH St. Pölten, um die Anforderungen besser beurteilen zu können

THEMENSTREAM REMOTE SUPPORT

Kremsmüller

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Ziele: - Möglichkeit zentral Wissen zu verteilen, ohne logistische Aufwände Inhalte: - Remote Support für Mitarbeiter auf der Baustelle mit geringer Erfahrung. Bekommt Support durch Experten mit viel Erfahrung. - Senior Bauleiter, der gleichzeitig mehrere Baustellen betreuen kann - Nice-to-have: Dokumentation von Wissen (Fotos, Videos, Texte), Gamification Mechanismen Ergebnisse: - Prototyp der Remote Support Applikation, Testing im realen Umfeld		„EFO – Entbündelung von Fachkompetenz und Ort“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? - AR: Assistenz im Userblickfeld (SLAM Tracking) - Anzeigen von Dokumenten, Bildern, Videos etc. im Blickfeld	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse - zentral Wissen verteilen ohne zusätzliche Kosten für Reisen etc. - Jour Fixe Situation mit Einbindung des Kunden (z.B. bei Abnahme)	Voraussetzungen & Hindernisse - Mitarbeiter sind ausgebildet, ggf. wenig Erfahrung - Robustheit der HW (vergleichbar mit <i>Hilti</i> Qualität) - Generelle User-Akzeptanz: Einfache Eingabemöglichkeit - Staub, Wasser, Lärm, Temperaturunterschiede, schwankende Lichtverhältnisse - Hands-free wichtig	Personen - Manfred Bachstädter, fachl. Ansprechpartner - Florian Wiesner, techn. Ansprechpartner	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte - Kickoff, Erarbeitung Detailspezifikation	

IFE Doors

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: - Remote Services - Kunde kann sich mit back office verbinden um bei Fehlersuche zu unterstützen - Marketing - Produktinformationen speziell zu platzieren - z.B. shape based tracking - Maintenance - AR zukünftig unterstützend bei Wartungsschritten (Anleitungen, Fehlersuche) - VR ist bereits eingesetzt bei Lackieranlage		„Innovative Digitale Services“	
		Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? - shape based tracking - über Barcode Erkennung weitere Informationen zu bekommen - Remote Services - über AR Zusatzinformationen den Kunden zu geben	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse: Ergebnisse: • zukünftiges Servicegeschäft nur mit AR/VR Technologien darstellbar • bis 2022 die AR Technologien einzusetzen	Voraussetzungen & Hindernisse: • Hindernis - konzerninterne IT • wearable devices noch nicht marktreif	Personen • Andreas Pumhösel	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte: Partner für die remote Service zu finden	

Test-Fuchs

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen Use Case2: Remote Support mit AR Unterstützung Termin: Q4/2019 Ansatz: Anzeige von Real-time Werten, Remote Guidance am Tablet oder Brille. ZIEL: Erfahrungen in der User Acceptance und AR Anwendung sammeln. Entwicklung einer Schnittstelle zwischen App und bestehenden Systemen (PLM, ERP, etc.), Aufbau einer Knowledge Base für künftige Problemfälle.	Remote Support mit AR Unterstützung		
	Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? Die Datenbrille/Tablet greift auf Daten von PLM-System, ERP-System und IoT Plattform zu und kann dem Anwender diese Daten anzeigen.		
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse Durch die Anwendung von AR im Support Bereich können Reisekosten gesenkt werden. Ein Experte muss nicht mehr Vorort sein, sondern kann per Videokonferenz den Vorfall unterstützen. Der Techniker Vorort hat mit der Benützung von der Datenbrille beide Hände frei um die nötige Reparatur zu erledigen.	Voraussetzungen & Hindernisse Voraussetzungen: Schnittstelle zu Systeme funktioniert. Framework- und Plattform Auswahl ist abgeschlossen. Hindernisse: Schaffung einer Schnittstelle zwischen APP und TF-Systeme (PLM, ERP, DMS,TTM, etc.); Richtigen Entwicklungspartner und Framework finden	Personen <ul style="list-style-type: none"> Not defined 	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte <ul style="list-style-type: none"> Entwicklungspartner finden Framework und zentrale Schnittstelle für App entwickeln Plattformwahl für Datenbrille (HoloLens, Google Glass, etc.) 	

Geodata

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Ziele: - Remote-Assistenz/Support für Personal im Außendienst (Vermesser, Messtechniker) durch Experte aus Geodata-Büro Inhalte: - Suche und Evaluierung geeigneter AR-Systeme (MS HoloLens, Chalk,...) für Echtzeit-Audio&Video-Datenübertragung - Eval. Nutzung Smartphone, Tablet o.ä. (Sicherheit, Tunneltauglichkeit, Ergonomie,...) - Bereitstellung & Entwicklung HW + SW - Prototypentwicklung Ergebnisse: - Prototyp des Assistenzsystems (HW+SW) - Demo des Prototyps anhand eines Supportfalles (z.B. Vermesser im Tunnel auf einer Baustelle) und Experte im Geodata-Büro Graz) - Akzeptanzanalyse + <u>wirtschaftl.</u> Analyse	„Remote Surveyor“		
	Evtl. zu einem späteren Zeitpunkt zusätzlich: „AR-Supported Machine Control“ = Assistenzsystem für Fahrer von Tunnelbaumaschinen - User in der Fahrerkabine - User in größerer Entfernung (200m) hinter Maschine - User im Baubüro Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? - AR: Assistenz im Userblickfeld od. auch Skizze aus Userhandbuch		
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse - Vermeidung von Kosten für teure Reisen, Stillstände und Verzögerungen auf Baustellen, Schäden wegen Fehler,... - Qualitätssteigerung der Dienstleistung	Voraussetzungen & Hindernisse - Internet im Tunnel bzw. auf Baustelle - Robustheit der HW (tunneltauglich) - Anpassung HW an Umfeld (Helmintegration?) - Generelle User-Akzeptanz	Personen - Alois Maierhofer (techn.) - Klaus Chmelina (administr.) - Fritz Reißner, Josef Wagner, Christof Kary (User, Tester)	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte - Kickoff, Erarbeitung Detailspezifikation	

THEMENSTREAM PRÄSENTATION VON PRODUKTEN

BENE

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Inhalt: Es sollen erste Schritte für eine ergänzende Verkaufunterstützung zu einem realen Showroom durch einen virtuellen Showroom entwickelt werden. Ziel: <ul style="list-style-type: none"> Erstellung einer Vorgangsliste wie man Inhalte generiert Betrachtung wie man Inhalte auf diesem Wege vermitteln kann Verständnis aufbauen auf welche Wege ein virtuelles Verkaufsgespräch stattfinden kann (real/virtuell – virtuell/virtuell – virtuell/chatbot) Umsetzung eines Use Cases mit einem ersten Schritt eines VR-Konfigurators Einspielung von eigenem Raumsetting des Kunden – Prozedere wie kommt man dazu und konfigurierbare Bene Raumsettings – aus Inspirationen/Projekten vvm. Vertriebsoptimiertes Tool <ul style="list-style-type: none"> z.B. Möglichkeiten der CRM Anbindung und viele weitere Vertriebsfunktionen welche Relevanz haben Virtuelle kooperierende Projektbesprechungen (Konferenz) Tracking der Bedienung Kundenoptimiertes VR Erlebnis Content Update Funktion Ergebnistypen: <ul style="list-style-type: none"> Erste Erkenntnisse Prototypen Learnings Next Steps 		„BENE MIXED REALITY SHOWROOM“ Prio1 Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality? Kundenbezogene Einspielung von Produkt und Raumkonfigurationen in einer VR Umgebung.	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse Strategische Relevanz: Aufgrund der stetigen Digitalisierung in vielen Bereichen sehen wir hier ein Erfordernis für den Vertrieb ein virtuelles unterstützendes Tool zu konzipieren um dem Kunden ein vollwertiges Erlebnis in der Produktvermittlung zu vermitteln. Erwartete Ergebnisse: Erste Umsetzung von Konzepten und möglichen Use Cases. Der Use Case sollte ein Beratungsgespräch am POS (Showroom) beinhalten wo ein Kundengespräch zwischen einem Bene Vertriebsmitarbeiter und einem potentiellen Kunden mittels VR (Kunde) und Bene Mitarbeiter (VR Brille oder Touchbildschirm) stattfindet und der Bene Vertriebsmitarbeiter durch das Geschehen den Kunden leitet und navigiert Vorschläge macht und dem Kunden auch selber Wahlmöglichkeiten übergibt.	Voraussetzungen & Hindernisse Voraussetzungen: Bewusstes Auseinandersetzen mit einer neuen Technik. Hindernisse: <ul style="list-style-type: none"> Akzeptanz für eine neue Vermittlungstechnik Technische Machbarkeit und problemlose Funktionsgewährleistung 	Personen <ul style="list-style-type: none"> Christian Bodor Martin Stauch 	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte Wie/Wann startet das Projekt? Wann können die ersten Ergebnisse erwartet werden? Wie findet die Koordination der Inhalte statt?	

MBIT

Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: <ul style="list-style-type: none"> Einreichplan -> AR / außen In Planungsphase Gebäude von außen zu betrachten. Eingliederung in Nachbarschaft. Einreichplan -> VR / innen Gebäude in VR begehbar. Gebäude-MRT / AR Elektro- und Wasserleitungen in AR zur einfacheren Wartung angezeigt. 		Gebäude-Lifecycle Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality?	
Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse <ul style="list-style-type: none"> Mediale Präsenz, Kundengewinnung im VR/AR Bereich Sinnvolle MR-Anwendungen kommunizieren SDK 	Voraussetzungen & Hindernisse <ul style="list-style-type: none"> Ist-Analyse bekannter Tools Bisher: Begrenzte Ressourcen, keine Kundenaufträge 	Personen <ul style="list-style-type: none"> Thomas Ederer Martin Böhacker 	
		Zusätzliche Fragen & nächste Schritte <ul style="list-style-type: none"> Projekt-/Arbeitsumfang zu definieren Terminliche Situation 	

Mayr-Melnhof

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen: Wie kann man Instandhaltung durch Mixed Reality erleichtern, beschleunigen, qualitativ verbessern? Fokus auf weniger nötiger Gesamtzeit für die Instandhaltung – z.B. dadurch, dass der Instandhalter nicht mehr zuerst die Beschreibungen etc. holen muss sondern direkt vor Ort über Mixed Reality alle Daten/Fakten/Beschreibungen/ Hilfestellungen usw. zur Verfügung hat.</p> <p>Weiters eine Verknüpfung zur Materialbeschaffung/Materialbereitstellung im Produktionsunternehmen, dass der Instandhalter vor Ort bei der Reparatur Instandhaltungsteile nachbestellen kann oder diese direkt über das Lager zur Stelle im Werk anfordert, wo er gerade steht. D.h. nicht der Instandhalter geht den Weg ins Lager, sondern es wird ihm gebracht. Somit Arbeitszeitverkürzung der wertvollen Ressource „Instandhalter“.</p>		<p>Mixed Reality in der Werksinstandhaltung</p> <p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality?</p> <p>Nutzung von z.B. Datenbrillen die mit Instandhaltungs-Dokumentation Hilfestellungen für den Instandhalter leistet ohne das der Instandhalter den Arbeitsplatz vor Ort verlassen muss. Zusätzlich Verbindung zu Materialbeschaffung/Materialbereitstellung.</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <p>Ziel sollte ein Prototyp sein den wir zusammen mit Vertretern unseres Werkes (wird Ende September fixiert) definieren. Dieser sollte aufzeigen (inkl. z.B. Hardware / Brille) wie ein solches System den Instandhaltungsprozess beschleunigen kann. Der Prototyp sollte dazu dienen andere Werke vom Sinn / Nutzen von Mixed Reality zu überzeugen damit wir dann in eine Umsetzung für Mayr-Melnhof Karton gehen können.</p> <p>Output: Hardware/Software Prototyp für Instandhaltung bei einem MMK Werk</p>	<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p>	<p>Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> Christian Neumann 	 <p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte</p> <p>-</p>

KBA

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen:</p> <p>Inhalt: Über eine Augmented Reality (AR) - Brille soll während des Montageprozesses ermöglicht werden, Konstruktionsdaten (Zeichnungen, Stücklisten, Änderungsaufträge, etc...) für das entsprechende Bauteil /Aggregat/Maschine abzurufen.</p> <p>Ziel soll sein:</p> <ul style="list-style-type: none"> Rückfragen der Montage an die Konstruktion zu minimieren Optimierung des Ressourcen-Einsatzes (Monteur wird nicht durch Rückfragen aufgehalten) Montageprozess weiter zu verbessern DLZ innerhalb der Montage weiter zu verkürzen 		<p>„Montageunterstützung durch Augmented Reality“</p> <p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality?</p> <p>Die Verknüpfung von Konstruktionsdaten mit dem Montageprozess via einer Augmented Reality Brille.</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <p>Durch Fokussierung auf die Kernkompetenz (Montage) am Standort und der Vernetzung der damit verbundenen Prozesse, sollen Wettbewerbsvorteile gegenüber dem Mitbewerbern generiert werden; Know-how-Führer zur Sicherung der strategischen Positionierung des Standortes innerhalb des Konzernes.</p>	<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p> <ul style="list-style-type: none"> Akzeptanz der Geschäftsleitung und der Belegschaft (Monteure) Die benötigten Daten müssen abrufbar, bzw. generierbar sein Die Visualisierung der Daten muss eindeutig zu verstehen sein und darf keine erneuten Rückfragen aufwerfen. Die Bedienung der AR-Brille muss einfach sein und darf den Monteur bei seiner Arbeit nicht behindern. 	<p>Personen</p> <ul style="list-style-type: none"> Vogl Rudolf Kapper Christian Scheffberger Christoph 	 <p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte</p>

Umdasch Ventures

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen</p> <p>Inhalt: Aus einem photogrammetrisch erstellten 3D Scan des neuen „Portable Precast Plant“ soll eine VR Experience entstehen. Diese soll idealerweise künftig erweitert und auf Veranstaltungen (etwa Messen) vorgeführt werden können.</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Koordination mit externem Partner, der die photogrammetrischen Aufnahmen erstellt, um die Daten in einem für VR tauglichen Format und detailgrad zu erhalten. • Einbinden der 3D Daten in eine VR Umgebung und Ausstatten der Experience mit Basis Features (Beleuchtung, Teleport in der VR, ...). • Prüfen (und bei Machbarkeit Durchführung) ob die Aufnahmen in mehreren LODs (Level of Detail) eingebunden werden können, um dem Benutzer dynamisch bei Nahbetrachtung einen höheren Detaillierungsgrad innerhalb der VR zu liefern. • Prüfen und Einbinden zusätzlicher sinnvoller Features (Interaktion in der VR, Animationen, Anleitungen von „außen“, ...). 		<p>VR Portable Precast Plant</p> <p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality?</p> <p>Präsentation einer realitätsnahen virtuellen Form des neuen „Portable Precast Plant“ von Umdasch.</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <p>Durch die VR Experience soll das neue „Portable Precast Plant“ in bei verschiedenen Events „erlebbar“ und somit letztlich besser vorstellbar gemacht werden.</p>	<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p> <p>Für die Umsetzung der VR Experience gibt es eine starke Abhängigkeit von den 3D Daten, die durch den externen Partner geliefert werden. Die Form der Daten, aber auch Zeit und Qualität (sowie Skalierungsmöglichkeiten) sind hier entscheidend. Durch den hohen Detaillierungsgrad der Ausgangsmodell sind zudem eventuelle manuelle bzw. semiautomatische Nachbearbeitungsschritte bei den 3D Modellen erforderlich.</p>	<p>Personen</p> <p>Markus Bittner</p> 	<p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einbinden der fertig exportierten 3D-Daten des externen Partners.

Semperit

<p>Inhalt, Ziele & Ergebnistypen:</p> <p>Der Mitarbeiter an der Produktionslinie bekommt ohne Einschränkung seiner realen Welt</p> <ul style="list-style-type: none"> • orts- und zeitabhängig Soll- und Istwerte des Prozesses dargestellt • Möglichkeit von Sollwertanpassungen • Geführte Checklisten orts- und zeitabhängig mit Rückmeldung • Sichere Rückkanäle für Maschinenkommunikation • Zeitliches und örtliches Logging aller getätigten Aktionen • SQL Server Datenbanken als Backend 		<p>Mixed Reality in der Produktion</p> <p>Was ist in diesem Projekt Augmented/Virtual/Mixed Reality?</p> <p>Orts- und zeitabhängige Präsentation von numerischen und graphischen Daten sowie Texten für den Mitarbeiter entlang der Produktionslinie. Rückmeldung von Mitarbeiter Entscheidungen und Prozess Sollwertanpassungen.</p>	
<p>Strategische Relevanz & erwartete Ergebnisse</p> <p>Ziel sollte ein funktionierender Prototyp sein, der im Semperit Produktionsumfeld an einem abgegrenzten Beispiel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ortsidentifikation • Visualisierungen • Rückmeldungen • Anmeldung am System demonstrieren kann. 	<p>Voraussetzungen & Hindernisse</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz im Schicht- und Durchfahrbetrieb • Bevorzugt hands free • Hersteller neutral • Finale Lösungen müssen ohne Clouddienste möglich sein • Umgebung mit Hitze, Staub und Luftfeuchtigkeit 	<p>Personen</p> <p>Franz Kornberger</p> 	<p>Zusätzliche Fragen & nächste Schritte</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benutzerakzeptanz • Anwendbarkeit in der Praxis

4.3. Aufbau der Infrastruktur

Die interdisziplinäre Zusammenarbeit der Forschungspartner ermöglicht die optimale Bündelung umfangreicher Kompetenzen und Expertisen des jeweiligen Forschungsgebiets. Um eine reibungslose Kommunikation der Teammitglieder zu garantieren, kommen folgende Softwarelösungen im Projekt zum Einsatz:

- Microsoft SharePoint: Dokumentenablage, „Shared Folder“ für Firmenpartner
- Azure DevOps: Milestone-Planung, Planung der Softwareentwicklung
- GitHub Pro: Kollaboratives Repository für Softwareentwicklung
- MS Teams

4.4. Hardware-Pool

Tabelle 4 stellt einen Überblick der im Rahmen des Projekts beschafften MR Hardware dar. Die beschaffte Hardware wurde den Firmen mittels eines Verleihsystems zur Verfügung gestellt.

Bezeichnung	beschafft von
Daqri Smart Glasses	FH St. Pölten
Daqri Smart Glasses	FH Oberösterreich Campus Steyr
Google Glass Enterprise Edition	FH Oberösterreich Campus Steyr
HMT-1	FH St. Pölten
HTC Vive Focus	IMC Krems
HTC Vive Pro	FH St. Pölten
HTC Vive Pro Eye	IMC Krems
Lenovo Mirage	IMC Krems
Manus VR Handschuhe (Dev Edition)	FH St. Pölten
Oculus Quest	IMC Krems
Oculus Rift S	IMC Krems
Pimax 5k Plus	IMC Krems
Samsung Odyssey	FH Oberösterreich Campus Steyr
Vuzix Blade	FH Oberösterreich Campus Steyr
Vuzix M300	FOTEC
HTC Vive Pro Eye	FOTEC
Kinematic Band Basic	FH St. Pölten
Vive Enterprise Advantage - Vive Focus	IMC Krems
Vive Focus Plus	FH St. Pölten
Huawei P30 Plus	FH St. Pölten
Microsoft HoloLens 2	FH St. Pölten
Azure Kinect 2	FH St. Pölten
Leap Motion Controller	FH St. Pölten
Microsoft HoloLens 2	FOTEC

Tabelle 4. Übersicht der beschafften MR Hardware.

Insgesamt haben **13 Firmen** den Hardware-Pool genutzt und regelmäßig Equipment ausgeborgt.

Wie in der Tabelle ersichtlich, wurde die angeschaffte Hardware im Jahr 2019 insgesamt 69 Wochen genutzt (gerechnet von KW 15–KW50). Im Jahr 2020 waren die Geräte insgesamt 95 Wochen lang bei Firmen in Verwendung.

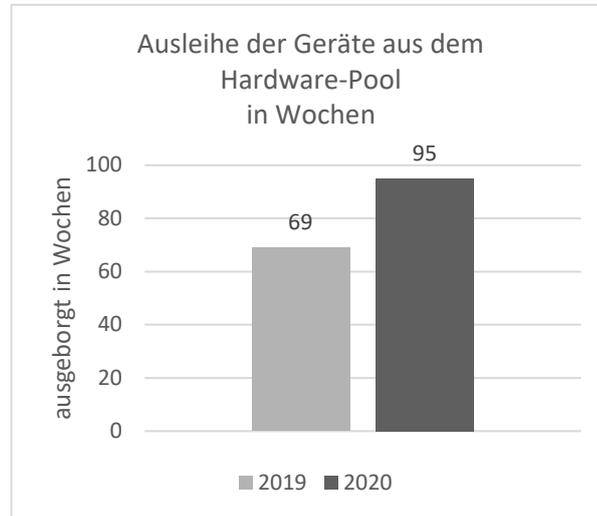


Tabelle 5. Die Grafik beschreibt die gesamte Entleihungsdauer von Geräten aus dem gemeinsamen Hardware-Pool in den Jahren 2019 und 2020.

Dabei wurden an häufigsten/längsten die HTC Vive Pro, die Manus VR Handschuhe und das HMT-1 ausgeborgt.

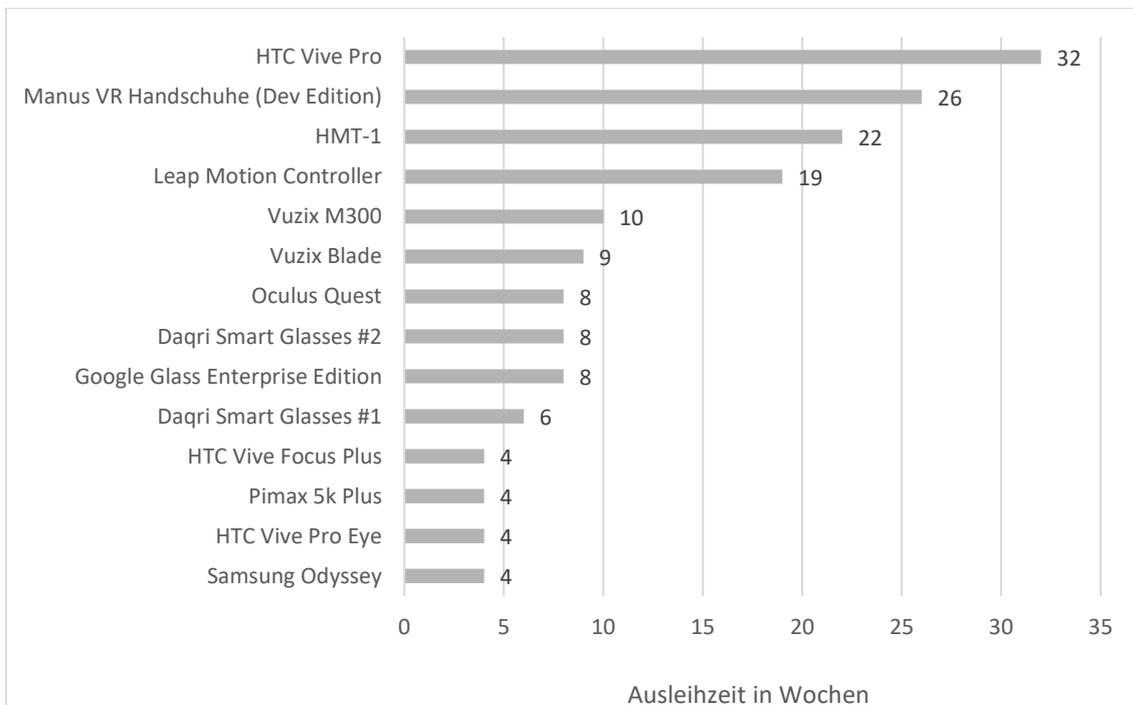


Tabelle 6. Verschiedene Geräte des Hardware-Pools und die Dauer ihrer Entlehnung in Wochen (2019-2020).

4.5. Hardware Experience Days

Außerdem wurde in regelmäßigen Abständen sogenannte „Hardware Experience Days“ an einer der am Projekt teilnehmenden Forschungseinrichtung organisiert. Im Rahmen dieser Events erhielten die am Projekt teilnehmenden Unternehmen die Möglichkeit in einem Stationenbetrieb die im Projekt angeschaffte Hardware auszuprobieren bzw. eine kurze Einschulung zu erhalten und bei Interesse gleich auszuborgen.

1. Hardware Experience Day an der FH St. Pölten

Der erste Hardware Experience Day fand am 4. April 2019 an der Fachhochschule St. Pölten statt. Auf insgesamt 7 Stationen konnten die Teilnehmer*innen Demos ausprobieren, außerdem wurde etwaige Fragen beantwortet sowie Installationshinweise und Einschulungen gegeben. Abbildung 17 stellt einen Überblick der 7 Stationen dar.

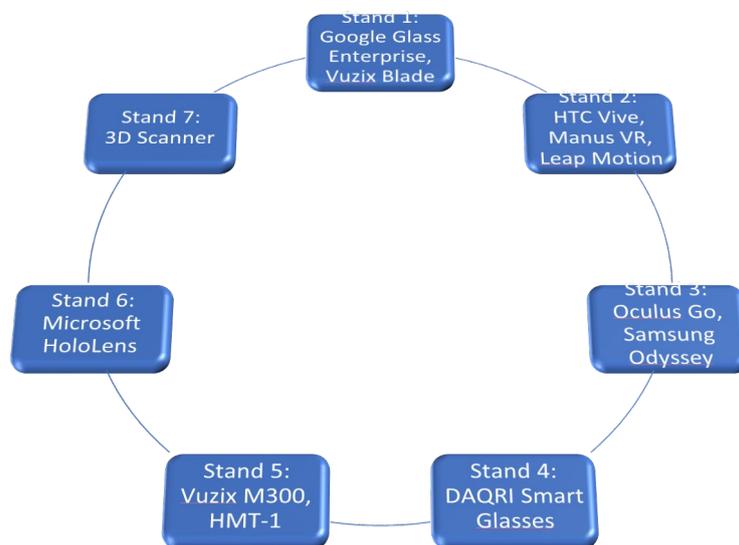
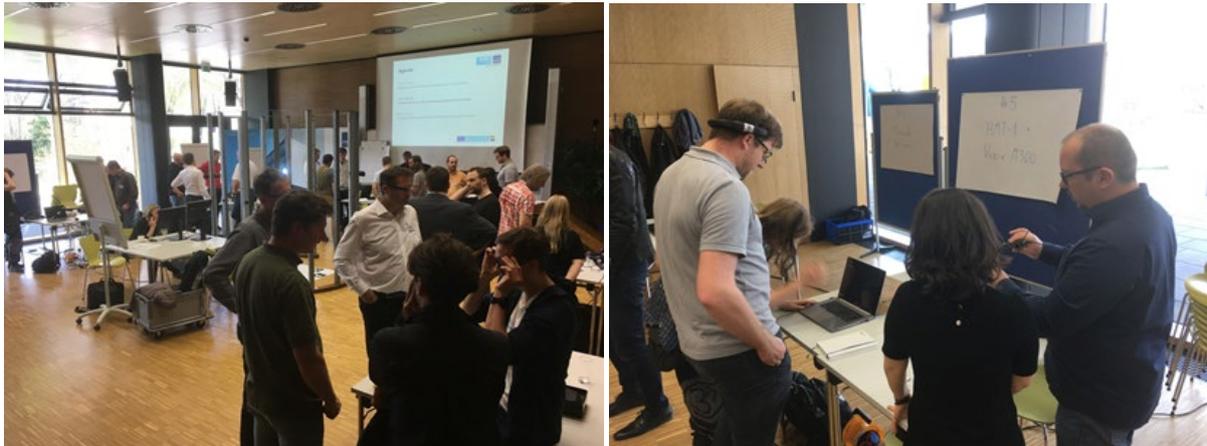


Abbildung 17. Überblick der 7 Stationen des 1. Hardware Experience Days an der FH St. Pölten



Abbildung 18. Fotos des 1. Hardware Experience Days.



2. Hardware Experience Day am Campus Steyr

Am 7.11.2019 fand am Campus Steyr der FHOÖ der 2. Hardware Experience Day statt. An verschiedenen Stationen hatten die TeilnehmerInnen die Möglichkeit Erfahrungen mit den neu angeschafften Geräten zu machen und den aktuellen Status ausgewählter Use Cases zu testen:

Hardware

- HTC Vive Pro
- MS HoloLens
- Vuzix Blade
- Glass Enterprise

Use Cases

- Remote Support Use Case auf Android Smartphone und MS HoloLens
- Lenze Use Case eines VR Trainingsszenarios: Verbrennungsmotor mit interaktiver Montage, Explosions- und Schnittdarstellung



Abbildung 19. Impressionen des 2. Hardware Experience Days.

3. Hardware Experience Day an der IMC FH Krems

Aufgrund der Covid-19 Pandemie konnte der 3. Hardware Experience Day an der IMC FH Krems mit Besichtigung des OmniDecks trotz mehrmaliger Terminverschiebungen leider nicht stattfinden.

5. MRBC4i Core Features

Im Rahmen des Projekts wurden die Basisfeatures für ein generisches und offenes Backend-System für MR Projekte (genannt „MRBC4i Core“) implementiert. Dieses System erlaubt die einfache Anbindung bzw. Integration verschiedenster MR Hardware und Softwarelösungen, unterstützt die Ablage von Daten, Objekten und anderen Inhalten, vereinfacht die Integration von Drittsystemen und Services und bietet außerdem Methoden und Algorithmen zur Datenaufbereitung bzw. Datenkonvertierung. Der MRBC4i Core ermöglicht den Firmen einen schnellen Einstieg in die Erstellung von MR Projekten. Die Verwendung eines gemeinsamen MR Basissystems ermöglicht uns zudem eine raschere Umsetzung der einzelnen Use-Cases und verhindert einen redundanten Entwicklungsprozess.

Die Module des MRBC4i Core Systems wurden auf Basis der Use Case Definitionen aus AP2 definiert. Features, die in mehreren Use Cases Verwendung finden und Themenstream-übergreifend sinnvoll eingesetzt werden können, wurde abstrahiert und in generischer Form im Core integriert. Firmenspezifische Features kommen aus Gründen der Machbarkeit und Sinnhaftigkeit nicht in den Cores und werden ausschließlich für den jeweiligen Use Case entwickelt. Im Folgenden werden die Details zu den definierten Modulen erläutert. Tabelle 7 zeigt die „Backend Module“, die die technische Basis des MRBC4i Cores bilden. Client-Features (siehe Tabelle 8) bezeichnen jene Module, die auch vom Endbenutzer bedient und modifiziert werden können.

Backend-Features

Name	Kürzel	Beschreibung
Data Access Module	CF1	Hinzufügen, Editieren und Konfigurieren von Datenquellen und Datenpunkten im Backend. Über eine REST Schnittstelle können Datenpunkte in der Client App verwendet werden. Die Anbindung zu den Datenquellen ist in Form von Microservices umgesetzt. Folgende Schnittstellen sind vorgesehen: MSSQL, MYSQL, REST, File/Folder
Signal	CF2	Technische Basis für CF10 „Remote Support Module“, beinhaltet das Session Management für die Remote Support Funktionalität, damit Video & Audio Calls zu dem jeweiligen Client über Web stattfinden kann.
Multi User Server Module	CF3	Ermöglicht das gemeinsame Erleben, Lernen und Interagieren im virtuellen Raum. Dieses Modul beinhaltet die serverseitige Behandlung des Session Managements sowie die Synchronisation von Szenen und Objekten über mehrere Sessions hinweg.
Konvertierungs-pipeline	CF4	Automatisierter Workflow zum Aufbereiten von CAD Modellen in MR taugliche Meshes. (siehe Folgeantrag Projektjahr 2)

Tabelle 7. Backend-Features im MRBC4i-Core.

Client-Features

Name	Kürzel	Beschreibung
Anchor Point Layer	CF5	Erstellen, Speichern und Laden von räumlichen Anchorpunkten auf Android, iOS und Hololens, wobei verschiedene AR-Frameworks wie z.B. ARFoundation oder Vuforia als Basis verwendet werden können. Die serialisierten Punkte werden lokal oder in Kombination mit dem Data Access Module (CF1) auf einem File Server gespeichert.

Interaction Layer	CF6	Abstrahiert Touch Eingaben auf Android & iOS. In einem weiteren Schritt sind auch HoloLens Gesten und eine Abstraktion der Spracherkennung geplant.
Visualization Layer	CF7	Für jeden vordefinierten Datentyp wird eine plattformabhängige Implementierung der Visualisierung implementiert. Frameworks für Smartphones & Tablets sowie HoloLens 1 (später v2) und Daqri.
Multi User Client Module	CF8	Ermöglicht kollaborative AR/VR Umgebungen, Auswahl eines Avatars und clientseitige Synchronisation der Szene und Objekte
Annotation Layer	CF9	Setzen von verankerten Annotationen (Texte, Symbole und Markierungen) in Bildern und Videos. Content basierte zusätzlich inhaltsbereichernde Informationen können mittels eines flexiblen Toolsets in Livebild der Kamera gezeichnet werden. Basiert technisch auf dem Modul Remote Support (CF10) und Anchor Point Layer (CF5).
Remote Support Module	CF10	Beinhaltet die clientseitige Implementierung der Remote Support Funktionalität zum Aufbau von Audio- und Video-Calls zwischen den Personen vor Ort und den ExpertInnen in der Zentrale. Durch Hilfestellungsfunktionalitäten können die ExpertInnen zusätzlich zur verbalen Anleitung, Annotationen (CF9) im Livebild der Hilfesuchenden verankern und so die Kommunikation zur Supportanleitung um eine visuelle Komponente erweitern.
Real Time Model Importer	CF11	Ermöglicht das dynamische Laden und Instantisieren zur von 3D Modellen zur Laufzeit.
Configurable Assembly Layer	CF12	Darstellung von 3D Konstruktionsdaten in VR. Definition von Explosionsdarstellungen, Bauteilbenennungen, Querschnittsdarstellungen und Zusammensetzungsabläufen für Schulungszwecke. Interaktive Schritt für Schritt Anleitungen erklären die Zusammensetzung der Bauteile.

Tabelle 8. Client-Features im MRBC4i-Core

Technische Basis

Laut den ursprünglichen Projektanforderungen war als technologische Grundlage für das Backend-System vor allem die Verwendung von Microsoft Azure geplant. Der Fokus von MR-Anwendungen liegt klar auf der Visualisierung von 3D Daten und Interaktion. Microsoft Azure allein bietet auf Frontend-Seite zu wenig Unterstützung im Bereich 3D und Interaktionsdesign. Aus diesem Grund bildet Unity3D die Grundlage für die Entwicklung der Core Features und der firmenspezifischen Use Cases. Unity 3D ist aus heutiger Sicht die Standard Entwicklungsumgebung für MR-Applikationen aller Art. Sämtliche Anbieter für MR Lösungen (z.B. Vuforia, Wikitude etc.) bieten Plugins an, die in der Standardversion auch kostenfrei verwendbar sind.

Dokumentation

Zusätzlich zu den oben erwähnten Core-Features wurde zu den Themen „Tracking Technologies“ und „Datenkonvertierung und Reduktion“ laufend Recherche betrieben. Die Ergebnisse dieser Recherchetätigkeit werden den Unternehmenspartnern über Microsoft Sharepoint zur Verfügung gestellt.

- Tracking Technologies: beschreibt vorhandene Tracking Technologien, sowie einen Überblick über deren Einsatzgebiet bzw. Sinnhaftigkeit. Als besonders vielversprechend wird „Shape-based Tracking“ eingestuft, das hier auch speziell behandelt wird.
- Datenkonvertierung und Reduktion: Die Konvertierung von CAD Modellen zu brauchbaren 3D Meshes für AR/VR Anwendungen bringt einige technische Hürden mit sich. Damit ein Wissenstransfer und Aufbau passieren kann, wurden hier Guidelines und Best Practices gesammelt und in den Disseminationsworkshops verteilt.

6. Themenstream “Unterstützung in der Produktion”

Der Themenstream Unterstützung in der Produktion beschäftigt sich einerseits mit der digitalen Unterstützung von Wartungs- und Produktionsprozessen, andererseits mit der Überwachung von Anlagen und dem Visualisieren von Maschinenparametern. Die Erwartungen der Firmenpartner sind die Optimierung von betriebsinternen Prozessen durch AR/VR, die Möglichkeit neue Prozesse einzubinden sowie die Digitalisierung in der Produktion zu vertiefen.

Im Zuge der Hardware Evaluierung hat sich ergeben, dass die Erwartungshaltung an die aktuell verfügbare Hardware nicht gehalten werden kann. Die Hauptproblematik der Head Mounted Devices (HMD) ist, dass diese zum aktuellen Zeitpunkt noch ein sehr kleines Sichtfeld haben und der Tragekomfort nicht für mehrere Stunden Arbeit ausgelegt ist. Ein weiterer Nachteil ist, dass die Qualität des Scannens von QR Codes mit der integrierten Kamera nur sehr unzuverlässig funktioniert. Die Sprachsteuerung über die Brillen hat in den meisten Fällen auch bei lauten Hintergrundgeräuschen (wie etwa in industriellen Umgebungen) sehr gut funktioniert und kommt auch bei einem Anwendungsfall zum Einsatz.

Aufgrund der unattraktiven Augmented Reality Hardware, wurden die meisten Use Cases für Smartphones entwickelt. Während der Tests hat sich auch gezeigt, dass AR nicht für alle Prozesse geeignet ist und somit im Sinne der Usability nicht immer die erste Wahl bei der Digitalisierung von betriebsinternen Prozessen sein sollte.

Implementierung, Herausforderung und Lösung

Im Zuge der Use Case Spezifikation haben sich 2 große Herausforderungen ergeben:

- Sehr unterschiedliche Schnittstellen auf Unternehmensebene (ERP Systeme) sowie Betriebsleitebene (MES) vorhanden
- Teilweise auch proprietäre Systeme welche auf keinen standardisierten Schnittstellen aufbaut
- Daten oft nicht in strukturierter Form vorhanden
- Systeme betriebsintern sehr gekapselt, wodurch oft ein Testsetup erstellt werden muss

Die Basis für die Umsetzung der Use Cases in diesem Themenstream ist somit das „Data Access Modul“. Da eine Anbindung aller vorhandenen Schnittstellen den Rahmen des Projektes umsetzungstechnisch sprengen würde, wurde mit Hilfe der Firmenpartner die Funktionalität des Moduls dahingehend definiert, dass Schnittstellen leicht ausgetauscht werden können sollen. Unser Lösungsansatz beinhaltet somit ein Backend welches es ermöglicht, unterschiedliche Schnittstellen in Form von Datenquellen über eine Webseite anzubinden und dynamisch zu konfigurieren. Dadurch können Datenquellen ausgetauscht werden ohne das die AR/VR Anwendung neu auf die Zielgeräte verteilt werden muss. In einem ersten Schritt wurden im Data Access Modul Konnektoren für Datenbanken (SQL, MySQL) und Datenträger angebunden. Für jene Use Cases bzw. Firmen bei denen aktuell kein Zugriff zu strukturierten Daten über eine Schnittstelle möglich ist, wurden Sampledaten vorbereitet. Somit können in einem ersten Schritt AR/VR Technologien innerhalb des Betriebes hinsichtlich User Experience & Akzeptanz evaluiert werden und die Anbindung und Aufbereitung der Daten zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Firma	Besonderheiten und Herausforderungen	Trägt bei zu ...
Voith	Unterstützung bei der Durchführung von Wartungsarbeiten (Sicherheitsanweisungen, Checklisten, Dokumentation); Sicherheitshandschuhe bei der Bedienung von AR Hardware; keine einheitliche Datenquellen für eine systematische Anbindung vorhanden.	CF1
Jabil	Unterstützung bei der Vorbereitung von Assembly Kits; Hardware muss flexibel, leicht und handsfree verwendbar sein; Bar Code Scan mit aktuellen Brillen benötigt nahe Distanz für die Erkennung.	CF1, CF6
Piesslinger	Erkennung von Profilen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit, damit Zuordnung möglich ist; Erkennungsalgorithmus benötigt eine Vielzahl an Bildmaterial, damit Wahrscheinlichkeit der richtigen Erkennung auch aussagekräftig ist .	CF1
Prometa	Ursprünglich geplanter UseCase mangels Daten nicht umsetzbar; Stattdessen Erstellung eines Metadaten Editors für AR Anwendungen;	CF1, CF5, CF6
Wittmann Battenfeld	Unterstützung im Prüfprozess der produzierten Anlagen; laute Umgebungsbedingungen; unterschiedliche Datenquellen und Systeme	CF1, CF5, CF6, CF7, CF11
Kotanyi	Unterstützung in der Produktion bei Wartungs-, Reinigungs- oder Rüstprozessen; laute Umgebungsbedingungen; Handsfree; Sprachsteuerung dennoch wünschenswert	CF1, CF6
Bilfinger	Digitale Markierungen werden zusammen mit Bildern, Videos und Annotationen vor Ort erstellt. Zusätzliche Daten (Dokumente, Annotationen) werden im Backoffice hinzugefügt	CF1, CF5, CF6, CF7, CF9
MAN	Aufgedruckte Symbole werden auf ihre Richtigkeit überprüft, durch einen automatischen Erkennungsalgorithmus und einen optischen Vergleich mit der Anzeige in AR. Die große Anzahl an möglichen Symbolen erfordert die Erstellung von synthetischen Testbildern	CF1, CF5, CF6

Tabelle 9. Firmen im Themenstream "Unterstützung in der Produktion".

Im Folgenden befindet sich ein Überblick über alle entwickelte Use Cases im Themenstream Unterstützung in der Produktion.

6.1. Voith

Bei diesem Anwendungsfall wird der Benutzer bei der Durchführung von Wartungsarbeiten für einen elektrischen Antriebsumrichter unterstützt. Dabei werden in einem ersten Schritt relevante Sicherheitsanweisungen visualisiert, welche zwingend abgearbeitet werden müssen, um die Wartungsarbeiten zu starten (z.B. Sicherheitsausrüstung anziehen). Anschließend werden die Wartungsarbeiten durchgeführt, welche in Form einer Checkliste jeden Schritt einzeln visualisiert. Bei der Durchführung eines Schrittes, gibt es die Möglichkeit eine Dokumentation für den Schritt zu hinterlegen. Der Use Case wurde mit simulierten Daten umgesetzt.

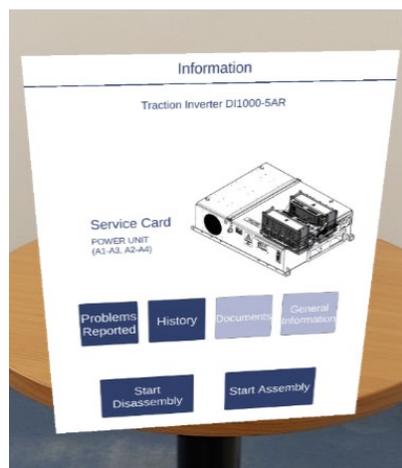


Abbildung 20. Die Servicekarte für einen Inverter.

6.2. Kotanyi

Der Anwendungsfall von Kotanyi soll den Mitarbeiter in der Produktion bei Wartungs-, Reinigungs- oder Rüstprozessen von Maschinen unterstützen. In einem ersten Schritt waren eine handsfree Lösung mit Sprachsteuerung gewünscht. Diese hat sich aufgrund der lauten Umgebungsgeräuschen aber als unzuverlässig herausgestellt. Der Login und die Auswahl des Prozesses (Wartung, Reinigung, ...) erfolgt mittels Scans eines QR Codes. Jede Anlage ist dadurch eindeutig identifiziert, wodurch die verfügbaren Prozesse aus der Datenbank (über das Data Access Modul) geladen werden können. Anschließend wird der Prozess gestartet und der Benutzer Schritt für Schritt durch den Prozess geleitet. Jeder Schritt kann ein Foto oder Textdokumentation enthalten. Dies ist insbesondere relevant, wenn ein Schritt nicht erfolgreich durchgeführt werden kann.

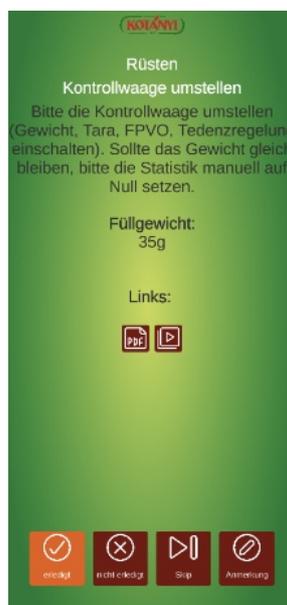


Abbildung 21. Anzeige eines Prozessschrittes.

6.3. Piesslinger

Die Problemstellung bei diesem Partner ist, dass viele unterschiedliche Aluminium-Profile vorhanden sind, welche sich oft nur in kleinen Nuancen unterscheiden. Der Mitarbeiter soll bei der Erkennung

von Profilen unterstützt werden. Dabei werden mittels der Objekterkennungssoftware YoloV4 die Profile erkannt und in einem Live Video Stream lokalisiert visualisiert. Zunächst müssen hierzu Trainingsdaten erstellt werden. Hierbei werden Fotos der Profile annotiert. Dies bedeutet, dass die Position und Größe der Profile, in einem sehr zeitaufwendigen Prozess, auf verschiedenen Fotos markiert wird. Diese Daten werden anschließend genutzt, um ein neuronales Netzwerk zu trainieren. Mit diesem System konnten während ersten Tests mit 5 verschiedenen Profilen sehr zuverlässige Ergebnisse erzielt werden. Sobald jedoch die Anzahl der Profile erhöht wird und sehr ähnliche Profile genutzt werden, wird die Erkennungsrate schlechter. Hierbei wurden während der Tests jedoch stets nur 80 Trainingsfotos pro Profil genutzt. Dies ist ein kleiner Trainingsdatensatz und womöglich der Grund für die schlechten Resultate.



Abbildung 22. Automatische Erkennung des Profils anhand der aufgenommenen Bilddaten.

6.4. Prometa

Der ursprünglich geplante Use Case konnte hier nicht umgesetzt werden, da weder Testdaten noch Schnittstellen verfügbar waren. Eine Überarbeitung der Use Case Spezifikation ergab einen Content Metadata Creator und AR Viewer. Dabei kann über eine Weboberfläche ein 3D Modell hochgeladen werden und anschließend mit Annotation versehen werden. Es kann beispielsweise ein Video mit einem Punkt am Modell verlinkt werden. Des Weiteren werden Bild, Audio sowie Custom Element unterstützt. Wurde ein Modell mit den Metadaten verlinkt kann das Package in der App heruntergeladen werden. Mittels Augmented Reality (AR Foundation) kann das 3D Modell dann im Raum platziert und auch skaliert werden. Jeder verlinkte Punkt ist visualisiert und löst mittels Touch eine Aktion aus.

6.5. Witmann Battenfeld

Bei diesem Use Case geht es um die Unterstützung im Prüfprozess der produzierten Anlagen. Dabei wird mit Hilfe von Augmented Reality ein virtuelles Abbild (3D Modell) der Anlage über die aktuelle Anlage projiziert. Dabei muss es noch manuell ausgerichtet, skaliert und rotiert, werden. Anschließend beginnt der Prüfprozess und Schritt für Schritt werden die zu prüfenden Teile abgearbeitet. Bei jedem Schritt wird das benötigte Teil in der virtuellen Anlage visuell hervorgehoben werden.

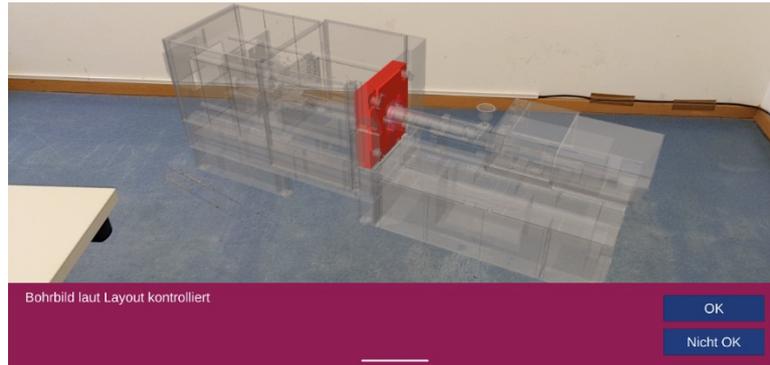


Abbildung 23. Die zu kontrollierenden Baugruppen werden optisch hervorgehoben.

6.6. Jabil

Eine wichtige Anforderung bei diesem Use Case ist, dass die Hardware flexibel, leicht und handsfree verwendbar sein sollte. Die Umsetzung erfolgte auf der HMT-1 Datenbrille. Der Fokus der Anwendung liegt im Erstellen von sogenannten Kit-Boxen. Eine Kit-Box soll mit allen Teilen befüllt werden, welche für das Assemblieren eines „Joints“ benötigt werden. Dabei wird in einem ersten Schritt die Zuordnung zu einer Kitbox mittels Scans ermittelt, wobei ein Fingerreader als Scanner zum Einsatz kommt. Der Fingerscanner kommt deshalb zum Einsatz, da das visuelle Scannen mittels Datenbrillen nicht zuverlässig funktioniert. In der App wird anschließend jedes benötigte Teil sowie dessen Anzahl visualisiert. Mittels Sprachkommando und dem Fingerscanner werden benötigte Seriennummern in der App dokumentiert und in der Kitbox abgelegt. Als Datenquellen kommen Stored Procedures einer Maria DB zum Einsatz.



Abbildung 24. Der Jabil Usecase im Einsatz.

6.7. MAN

Entwickelt wurde ein virtueller und optischer Vergleich von Schalter-Symbolen für Montageassistenz: Die im System hinterlegten Symbolen werden über den realen Symbolen am Schalterpanel angezeigt.

Ein Deep-Learning Algorithmus vergleicht die auf den Schaltern erkannten Symbolen mit den Daten im System und markiert jene Bereiche, die als „falsch montiert“ erkannt werden. Bei 10 Symbolen mit je 25 Testbildern konnten wir so eine korrekte Klassifizierung von 98% erreichen. Die bislang größte Herausforderung besteht im Vergrößern des Samples und der automatischen Generierung von Testdaten.



Abbildung 25. Das System erkennt automatisch die Symbole der montierten Schalter und gibt MitarbeiterInnen Feedback zum aktuellen Status.

6.8. Bilfinger

Die Applikation annotiert eine reale Szene mittels Image-Based Marker und manueller Ausrichtung von Screenshots zur Unterstützung von Angebotslegung/Durchführung eines Serviceauftrages.

In der AR-App können Screenshots und Annotationen erstellt werden. Ein Projekt kann mehrmals geöffnet werden, die Ausrichtung der Szene erfolgt entweder über einen manuellen Screenshot-Vergleich, Marker-Erkennung oder Spatial Anchors. Zusätzlich kann das Projekt in einer Desktop-Anwendung geöffnet und bearbeitet werden, hier können auch zusätzliche Dokumente hinzugefügt werden. Feature List:

Mobile App:

- Projekte anlegen, speichern, öffnen, mit Server synchronisieren
- Registrierungsmöglichkeiten: Azure Spatial Anchors, Marker, händische Bilderüberlagerung
- Screenshots aufnehmen
- Annotationen erstellen
- Videos aufnehmen
- Dokumente öffnen
- Ansichten: Annotationen direkt im AR-View oder statisch über Button, AR-Info ein/aus

Desktop-App:

- Projekte öffnen, löschen, mit Server synchronisieren
- Screenshots, Videos anzeigen und löschen
- Annotationen bearbeiten
- Dokumente hinzufügen, löschen
- Priorität für Inhalte festlegen (0-3 Sterne)

7. Themenstream “Schulung und Training”

Eine wesentliche Aufgabe des Themenstreams war es, innovative Formen von Aus- und Weiterbildung in den Unternehmen durch den Einsatz von Mixed Reality-Lösungen zu ermöglichen. Konkrete Use Cases bei Partnerunternehmen im Arbeitspaket 4 Schulung und Training wurden bei den Firmen Lenze, Rotes Kreuz und ÖBB in unterschiedlichem Ausmaß erarbeitet. Dabei berücksichtigten die Entwickler kognitive, affektive und psychomotorische Lernziele als Basis der didaktischen Planung. Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) sind allesamt Erlebnisräume, bei denen mit Hilfe spezieller Brillen die erfahrene Realität verändert wird. Die Zahl der leicht zugänglichen Bildungsangebote auf Basis von erweiterter und künstlicher Realität für den Unterricht nimmt kontinuierlich zu. Im Fokus der Use Cases stand zunächst die Entwicklung und Analyse der Anforderungsprofile der jeweiligen Unternehmen im Hinblick auf die didaktische Gestaltung der immersiven Lehr-/Lernszenarien. Diese Analyse erfolgte vor dem Hintergrund der drei für den Unterricht relevanten Bereiche: Technologisches (technological knowledge), pädagogisches (pedagogical knowledge) und fachbezogenes (content knowledge) Wissen.

Initial wurde gemeinsam mit den Partnern ein didaktisches Konzept im Rahmen des MRBC4I Projekts in mehreren Workshops sowie auf Basis von Gruppen- und Einzelinterviews erarbeitet, das die grundsätzlichen Ansätze des Projekts in den Bereichen Methodik und Didaktik darstellt und Herangehensweisen deutlich macht. Zum Teil dienten die Workshops auch der Analyse der vorhandenen Inhalte und Herangehensweisen und einer damit verbundenen Reflexion im Hinblick auf die Chancen und Möglichkeiten der Nutzung von AR/MR/VR Szenarien, wobei konkrete Ergebnisse die Anforderungsprotokolle für die Gestaltung entsprechender Szenarien waren. Die MR-Anweisungen sollen in Echtzeit und im Kontext Schritt für Schritt bereitgestellt werden. Die MR-Anweisungen können in einer beliebigen Kombination von einfachen 2D- und komplexen digitalen 3D-Assets präsentiert werden. Die MR-Anweisungen können betrachtet werden, ohne den Blick vom eigentlichen Werkstück zu nehmen. Das am Ende des ersten Projektjahrs vorliegende didaktische Konzept beschreibt und begründet die methodisch-didaktische Gestaltung des Mixed Reality Lernens.

Aus didaktischer Sicht wurden folgende Punkte realisiert:

- Recherche und Framework Erstellung für immersive Lehr-/Lernszenarien in Produktionsunternehmen (kontextbezogene On-the-job-Anweisungen bereitstellen)
- Recherche und Framework Erstellung für immersive Lehr-/Lernszenarien in Dienstleistungsunternehmen
- Fachbezogener Austausch und Vernetzung mit anderen Themenstreams (horizontale Vernetzung im Projekt)
- Analyse der Use Cases im Hinblick auf Rahmenbedingungen der Schulung (Kontext und Infrastruktur)
- Definition relevanter Bereiche der immersiven Lehr-/Lernszenarien
- Analyse der Kompetenzfelder technologisches, pädagogisches und fachbezogenes Wissen
- Definition von firmenspezifischen Learning Outcomes nach Bloom bei den jeweiligen Use Cases
- Erstellung und Beschreibung des Lehr-/Lernkonzepts für den jeweiligen Use Case

Firma	Inhalte
ÖBB	Lehr-/Lernkonzept für eine digitalisierte Lok; Definition der Lehr-/Lerninhalte; Rollen der Lernenden; Feedbackschleifen
Lenze	Lehr-/Lernkonzept für die Produktion; Lernpakete erstellen zum Thema Getriebe, Getriebemontage, Fertigungsprozess
Rotes Kreuz	Lehr-/Lernkonzept für einen komplexen Einsatzkräfteeinsatz am Beispiel eines Verkehrsunfalls auf der Autobahn mit mehreren Verletzten; Training von Handlungsanweisungen der Führungspersonen im Setting im Rahmen der Immersion

Tabelle 10. Firmen im Themenstream "Schulung und Training".

Aufbauend auf den Anforderungsprofilen der Use Cases wurde jeweils ein technischer Prototyp umgesetzt und für die Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen der jeweiligen Unternehmenspartner für ein erstes Feedback zum Testen zur Verfügung gestellt. Die Feedbacks der Echt-User/innen wurden erhoben, und bei der Überarbeitung der Prototypen berücksichtigt. Darauf aufbauend wurden die Testszenarien definiert. Zur Überprüfung des Lerntransfers wurden die Prototypen bei der Firma Lenze mit Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Unternehmens getestet und daraus resultierend wichtige Hinweise zur Überarbeitung gewonnen. Beispielhaft seien erwähnt Hinweis zur Unfall- und Verletzungsgefahr im Realeinsatz (z.B. durch Schleudern, Fliehkräfte bei der Montage), Kostenaspekte im Realeinsatz (Bsp. Sensibilisierung für teure Teile bei der Montage) sowie die Diskussion und Abstimmung der Zeitpunkte wo erfahrene Schulungsleiter aus dem Unternehmen persönlich Feedback im Rahmen der Schulung geben (z.B. Feedback während der Schulung für Montage-Neulinge, Feedback nach der Schulung für erfahrenere Mitarbeiter). Auch bei den anderen Use Cases fanden diese Analysen im Hinblick auf Unterschiede zwischen Single User und Multi-User Szenarien (v.a. bei Szenarien mit Lernbegleitung z.B. durch Trainer/innen bzw. Lerncoaches) statt, indem beim Roten Kreuz etwa zwei Erhebungsrounds mit gesamt 28 Teilnehmenden durchgeführt wurden, bei denen ermittelt wurde, wieviel an Lerncontent nach der Durchführung tatsächlich noch erinnert wurde (Evaluation Lerntransfer). Als wichtige Erkenntnis zeigte sich bei den Use Cases allgemein, dass auch Feedback durch die User relevant sein kann, z.B. bei Lenze wurde die Möglichkeit der Annotation von eigenem Wissen (z.B. aus dem realen Unternehmenskontext) als wichtiges Element identifiziert, womit für die Lernenden die Möglichkeit der Erweiterung von Lerncontent durch die Nutzer/innen im Sinne von User generated Content geschaffen wird (vergleichbar mit einem "virtuellen Post-It").

7.1. Lenze

Auf Basis eines Lehr- und Lernkonzepts wurde ein Schulungsszenario für den Zusammenbau von Getriebemotoren umgesetzt. In der finalen Version kann das Modell visualisiert und (dem Lehrkonzept folgend) geführt zusammengebaut werden. Der Fokus der Entwicklungsarbeit lag dabei auf der intuitiven Bedienbarkeit und der realistischen Darstellung der CAD Daten. Durch Feedback von Lenze wurde die Anwendung in mehreren Iterationen überarbeitet und verbessert.

Folgende Features wurden integriert:

- Interaktive „Schnittebene“ zum Visualisieren innenliegender Komponenten
- Explosionsansicht des 3D Modells
- Autorentool zum Erstellen von Arbeitsanweisungen und Arbeitsschritten ohne Programmierkenntnissen
- Kollaboration-Tool: Lehrende können am Bildschirm in der VR Szene Markierungen hinterlassen und Hinweise geben.

Das Unity-Projekt wurde für die Veröffentlichung (an Teilnehmer des Projekts und Open Source) vorbereitet: Dazu wurde der Code kommentiert und Komponenten durch frei verfügbare Alternativen ausgetauscht.

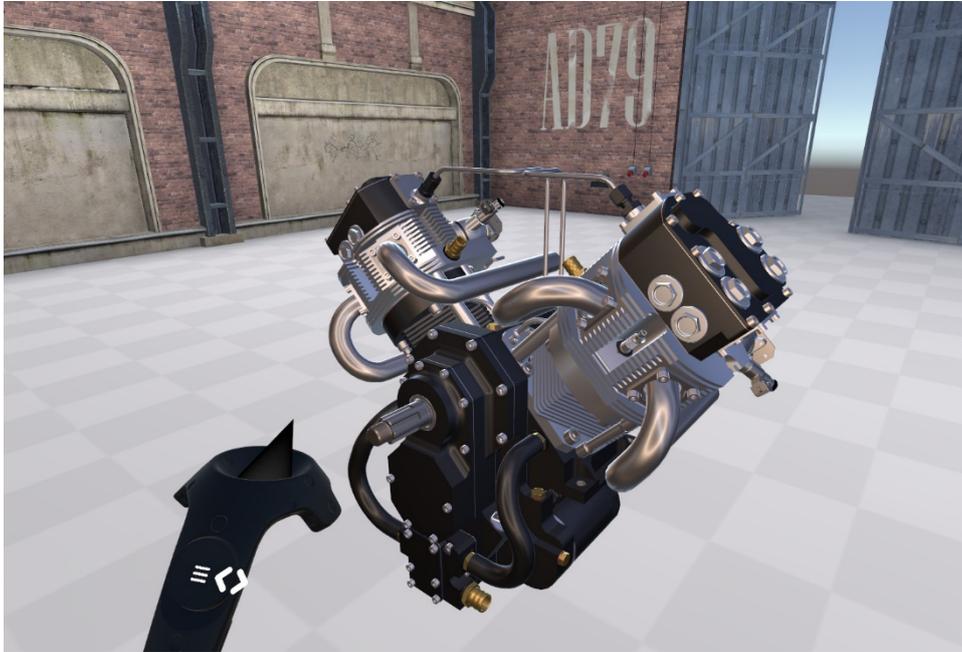




Abbildung 26. Bilder zeigen Ausschnitte aus der umgesetzten VR-Anwendung.

7.2. ÖBB

Um die Mitarbeiter besser schulen und trainieren zu können, wurde eine Virtual Reality Anwendung umgesetzt. In dieser wird einem Benutzer der Aufbau eines Fahrgestells schrittweise nähergebracht. Ein Schritt entspricht dabei einer Baugruppe. Für jede Baugruppe werden auditiv weitere Informationen eingebunden.

Der Schwerpunkt bei der Entwicklung lag auf der Reduktion der Konstruktionsdaten auf eine für VR taugliche Größe, ohne dabei den für Schulungszwecke notwendigen Detailgrad zu verlieren.

Der implementierte Prototyp wird vom Industriepartner weiterentwickelt.

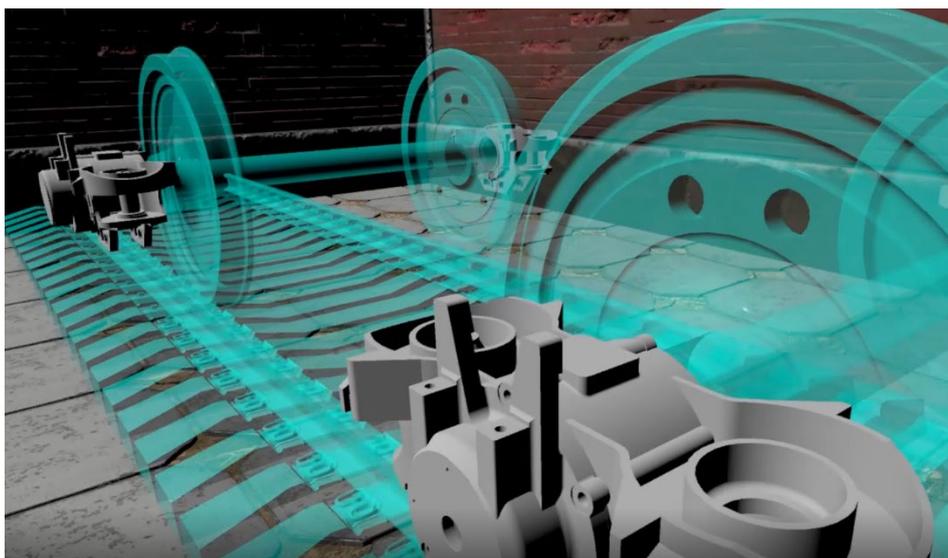


Abbildung 27. Bild zeigt eine der Baugruppen.



Abbildung 28. Bild zeigt die Interaktionsmöglichkeiten für den Benutzer.

7.3. Rotes Kreuz

Problemstellung

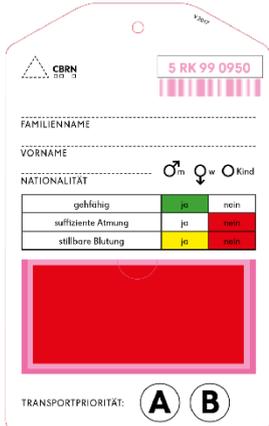
Kommt es zu einem Unfall mit mehreren Beteiligten, entsendet das Rote Kreuz spezielle Einsatzkräfte, die neben medizinischem Fachwissen über starke organisatorische Fähigkeiten verfügen. Bevor diese Einsatzkräfte jedoch am Unfallort eintreffen, übernehmen die ersteintreffenden Rot Kreuz Mitarbeiter vorläufig diese Aufgabe. Um die Rolle des interimistischen Einsatzleiters zu üben, werden Großeinsätze mittels aufwendig gestalteter Übungen trainiert. Diese sind in der Planung und Vorbereitung sehr ressourcen-intensiv. Das Ziel war daher eine VR Anwendung zu gestalten, bei der Teilnehmer diese Szenarios virtuell üben können.



Abbildung 29 – In der virtuellen Umgebung übernehmen Nutzer*innen die Rolle des interimistischen Einsatzleiters.

Umsetzung

Umgesetzt wurde eine VR-Anwendung für die HTC Vive, bei der Mitarbeiter des Roten Kreuzes in sicherer Umgebung die Einsatzführung üben können. Um sagen zu können, ob VR eine geeignete Plattform für Ausbildungsszenarien des Roten Kreuzes ist, sollte die Anwendung den realen Szenarien so ähnlich wie möglich sein. Dabei müssen sie mögliche Gefahren erkennen und in einem Schnellverfahren einstufen, welche Patienten kritisch sind und am dringendsten Hilfe benötigen. Genau wie im realen Training können die Trainierenden mit Patienten interagieren und müssen sie mit Hilfe der Patientenleittasche kategorisieren (siehe Abbildung rechts). Um ein Einschätzen des Gesundheitszustandes zu ermöglichen, werden visuelle und akustische Hinweise eingesetzt. Bei der Interaktion mit einem virtuellen Patienten wird eine Sounddatei abgespielt, die weitere Informationen über den Gesundheitszustand des Patienten preisgibt, z.B. „Mir geht es gut, bitte helfen Sie meinem Vater“ oder "Mein Bein tut so weh. Bitte helfen Sie mir."



gehilflos	ja	nein
suffiziente Atmung	ja	nein
stillbare Blutung	ja	nein

Abbildung 30. Teil der standardisierten Patientenleittasche.

Ein wesentlicher Punkt dieses Trainings ist die Kommunikation mit der Rettungsleitstelle: Teilnehmer müssen laufend kommunizieren wie viele Betroffene und Verletzte es gibt und entsprechend weitere Einsatzkräfte anfordern bzw. diese vor potentiellen Gefahren warnen. Die Trainingssimulation ist

daher für eine Nutzung durch zwei Personen konzipiert. Ein Mitarbeiter des Roten Kreuzes, der die Simulation bereits kennt, übernimmt dabei die Rolle der Rettungsleitstelle. Er/Sie ist auch dafür verantwortlich, die Anwendung zu starten und den Trainierenden bei Fragen zur Simulation oder zum VR-Headset zu helfen. Während des Trainings wird die virtuelle Umgebung auf einem Monitor angezeigt, um leichter nachvollziehen zu können, was der Trainierende gerade erlebt.



Abbildung 31. Ein RK-Mitarbeiter beim Testen der erstellten Anwendung.

Um die Trainierenden bei der Verwendung von VR zu unterstützen, wurde ein Tutorial erstellt, das die Bedienung und Aufgabenstellung in der virtuellen Umgebung erklärt. Vor dem eigentlichen Szenarietraining muss dieses Tutorial von allen Trainierenden absolviert werden.

Teil des Trainings mit der VR-Anwendung ist die Nachbesprechung. Diese Nachbesprechung ist entscheidend für den Lerneffekt, da das Gespräch über die Erfahrungen und das erhaltene Feedback dabei hilft, sich wichtige Aspekte der Schulung einzuprägen.

8. Themenstream “Remote Support”

Remote Support bezeichnet den räumlich getrennten Zugriff auf IT-Systeme zu Wartungs- und Reparaturzwecken. In AP5 wurde eine plattform-offene Remote Support Lösung für tragbare Endgeräte (Smartphone, Tablet, Smart Glasses) implementiert. Die untenstehende Abbildung skizziert das Prinzip: Ein Mitarbeiter benötigt Unterstützung bei der Wartung einer Maschine. Im ersten Schritt greift er auf Daten zu, die zum bestehenden Wartungsfall verfügbar sind (PDFs, Bilder, Videos, 3D Modelle etc.). Kann das Problem nicht gelöst werden, wird ein Video-Call zu einem Experten im Back-Office initiiert, der nun Hilfestellungen geben kann. Kernfeature der Applikation ist die Darstellung verankerter Annotationen in der realen Umgebung mittels Mixed Reality Algorithmen.



Abbildung 32. Übersicht Remote Support Workflow.

Schon zu Projektbeginn hat sich gezeigt, dass sich die Vorstellungen zu den Use Cases im Themenstream Remote Support stark überschneiden. Darum wurde ein genereller Use Case zu diesem Thema entwickelt und die Aufwände gebündelt. Die folgende Tabelle zeigt die teilnehmenden Firmen im Themenstream Remote Support und die erarbeiteten Spezifikationen:

Firma	Besonderheiten und Herausforderungen
Geodata	Snapshots für Dokumentation, Offline-Feature bei Verbindungsabbruch, widrigste Bedingungen (Tunnelbau), Anbindung an Knowledge Base
IFE Doors	Rollen mit variablen Feature-Set, Barcode-Scan am Türensysteem, Step-by-Step Unterstützung bei Wartungsarbeiten, Möglichkeit zur 1:n Verbindung
Kremsmüller	Teilen von Expertenwissen, Abarbeiten von Checklisten, Robustheit auf Baustellen, widrigste Bedingungen (Helmpflicht, Handschuhe etc.)
Test-Fuchs	Support befragt weitere Experten (1:n), Erkennen von Komponenten am Gerät, Anzeige aktueller Messwerte, Shape-based Tracking wünschenswert

Tabelle 11. Besonderheiten und Herausforderungen des Use Cases im Themenstream Remote Support.

Umsetzung

Basierend auf den Spezifikationen wurden folgende Punkte realisiert:

- Schaffung der technischen Basis für „Remote Support“ Applikationen: A/V Übertragung, Integration in die Core Architektur
- Prototypische Implementierung der „Universellen Anchor Point“ Funktion für Mixed Reality Anwendungen
- Implementierung eines Prototyps für Android und iOS Smartphones und Tablets, sowie MS HoloLens und Realwear HMT-1
- Firmenspezifische Anpassungen des Prototyps für Test-Fuchs, Geodata, Kremsmüller und IFE Doors: Chat Funktion, Galerieansicht gespeicherter Ansichten, permanente und temporäre Annotationen, Auswahl der Projektionsebene usw.
- Recherche und Wissensvermittlung zum Thema Datenkonvertierung und Datenreduktion

Für die A/V-Kommunikation zwischen zwei (oder mehreren) Gesprächspartnern wird der offene Standard „WebRTC“ verwendet. Um die Mixed Reality Funktionalität auf möglichst vielen Endgeräten zu gewährleisten, wurde in der aktuellen Version „ARFoundation“ integriert. ARFoundation fasst weit verbreitete Algorithmen zur Feature Point Detection zusammen und ermöglicht in Kombination mit Unity3D die Entwicklung für Endgeräte auf Android und iOS Basis. Allgemeine Features, die auch bei Use Cases in anderen Themenstreams Anwendung finden, wurden in den Core übernommen.

Die vorliegende Version des Prototyps erlaubt den Aufbau einer A/V-Verbindung mit einem Gesprächspartner und das Setzen verankerter digitaler Annotationen im realen Raum (Linien und Symbole). Eine aufrechte (und stabile) Datenverbindung muss dabei gegeben sein. Im Falle einer schlechten Verbindungsqualität besteht die Möglichkeit Bildrate und Qualität zu reduzieren oder den Live-Stream gänzlich zu unterbrechen. In dem Fall können immer noch einzelne Fotos an den Gesprächspartner versandt werden, die wiederum von der Gegenseite annotiert zurückgeschickt werden. So kann zumindest rudimentär Support bei schlechter Datenverbindung erfolgen. Eine weitere Herausforderung stellen äußere Einflüsse dar: In den vorliegenden Use Cases sind wir mit widrigen Bedingungen konfrontiert (Wetter, Schmutz, Lärm, Schutzhelmpflicht, Handschuhe etc.), die die Bedienung aktueller Geräte maßgeblich erschweren werden.

Durch mehrfachen Test unterschiedlicher Prototypversionen durch die Partnerfirmen wurde die Industrietauglichkeit evaluiert und verbesserungspotentiale identifiziert. In mehrere Feedback-Schleifen mit den Partnerfirmen wurde der Funktionsumfang entsprechend und UI/UX verbessert. Ein eigener WebRTC Server an der FHOÖ zur Verwaltung der Kommunikation zwischen den Geräten wurde eingerichtet. Der Sourcecode wurde für die Weiterentwicklung in den Unternehmen und für die Open Source Community dokumentiert und bereinigt. Zusätzlich wurde ein umfangreiches schriftliches Handbuch des Funktionsumfang und der Codebasis erstellt um die Weiterentwicklung zu erleichtern. Eine Videodokumentation erklärt zusätzlich die wichtigsten Erkenntnisse.

Unterstützte Hardware:

Neben Smartphone und Tablet wurden eigene Versionen der Applikation für Smartglasses entwickelt:

MS HoloLens: Die Anwendung wurde ebenfalls als Unity-Projekt aufgebaut und verwendet die selbe technische Basis (WebRTC) zur Verbindung und Übertragung. Damit ist es möglich, mit der HoloLens eine Verbindung zu einem Experten mit einem Desktop-Client aufzubauen. Das Kamerabild von der

Hololens wird zum Experten übertragen und eine Audioverbindung besteht in beide Richtungen. Beide Teilnehmer können Annotationen zeichnen, die gezeichneten Punkte/Linien sind für beide Teilnehmer sichtbar: Der Hololens-Nutzer zeichnet dabei mit Handgesten im Raum. Der Desktop-Nutzer kann das Video zum Zeichnen pausieren.

RealWear HMT-1: Das bestehende Remotesupport Projekt wurde für die HMT-1 angepasst. Die Anwendung wird über Sprachbefehle gesteuert und die Verbindung ist (aufgrund der beschränkten Eingabemöglichkeiten) nur mit vordefinierten Kontakten in einer zuvor definierten Kontaktliste möglich. Weil die Smartglass die für Android verwendete AR-API (ARCore bzw. ARFoundation) nicht unterstützt, sind die Features der Anwendung beschränkt: Der Experte kann über den Desktop-Client Screenshots aufnehmen und annotieren und die annotierten Bilder zum HMT-1 Nutzer zurückschicken.

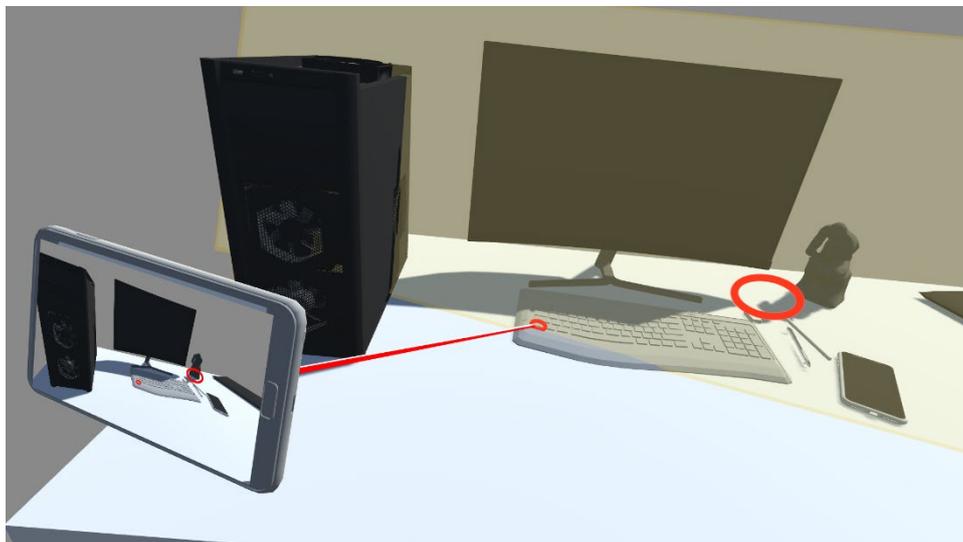


Abbildung 33. Konzeptionelle Darstellung der Applikation. Ein Raycast trifft auf die virtuelle Bildebene. Am Schnittpunkt wird die Annotation erstellt.

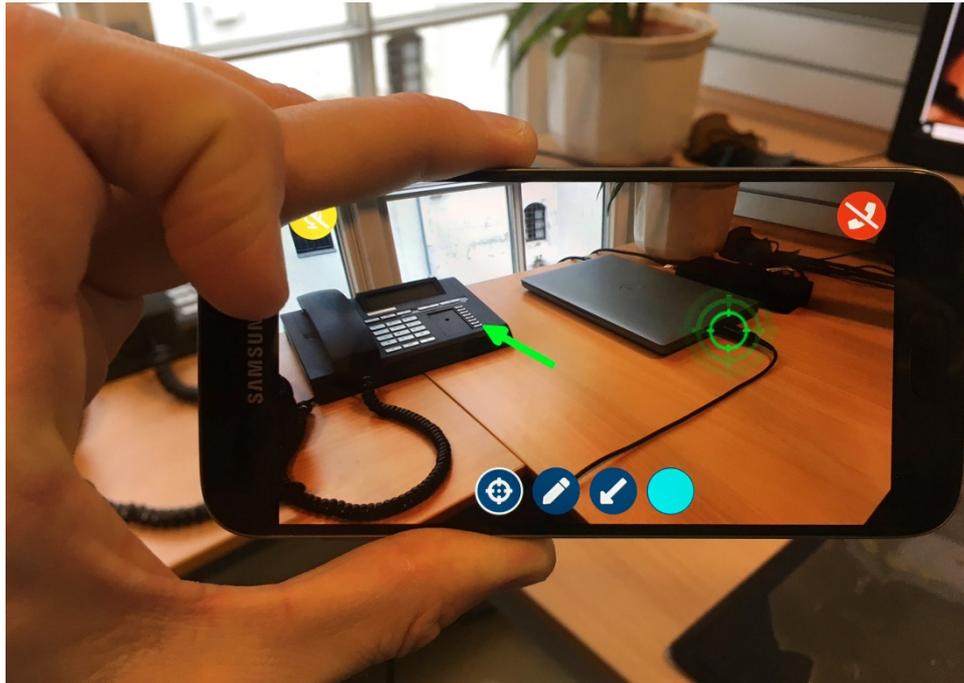


Abbildung 34. Remote Support am Smartphone: Verankerte Annotationen im Sichtbereich der Kamera.

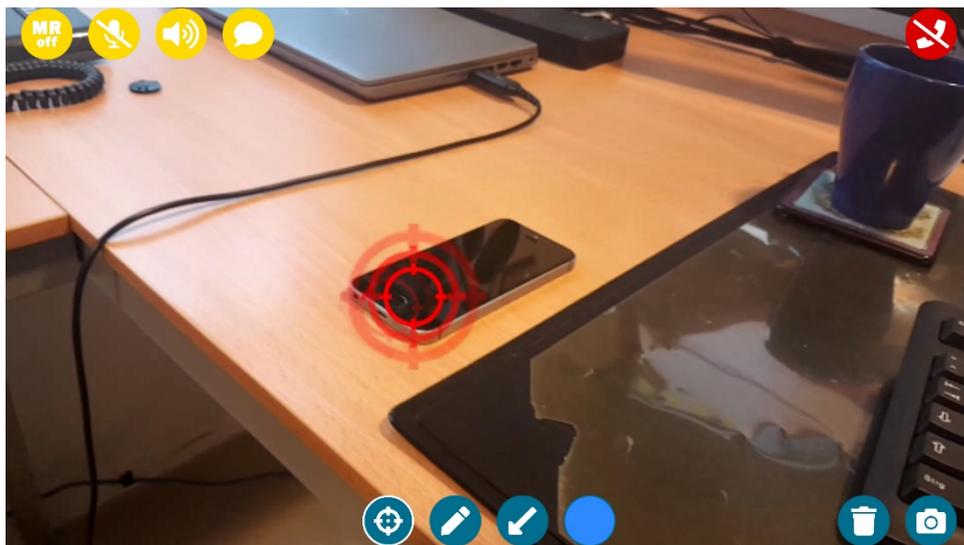


Abbildung 35. Remote Support am PC: Der Experte annotiert den Sichtbereich des Arbeiters und leistet Hilfestellung.

9. Themenstream “Präsentation von Produkten”

Die primären Fragen im Themenstream Produktpräsentation lauten “Was?” und “Wer?”.

- “Was?": Soll ein einzelnes Produkt, eine gewisse Palette oder ein Sortiment präsentiert werden?
- “Wer?": Wie ist die Zielgruppe definiert bzw. wie sieht die typische Situation aus, in der die Präsentation genutzt wird?

Firma	Besonderheiten und Herausforderungen	Trägt bei zu ...
MBIT	AR-Visualisierung des künftigen Firmenstandorts, noch vor Baufertigstellung am tatsächlichen Baustandort.	CF1
UMDASCH Ventures	Möglichst detaillierter virtueller Rundgang durch die portable Fabrik “Portable Precast Plant”	CF3, CF8
Bene	“Echtzeit Schnittstelle” zu Raumplanungssystem. Bene Mitarbeiter gestaltet Einrichtung NutzerInnen sehen die Planung in VR und können dann selbst Möbel umstellen.	CF11
KBA	Informationen zu Sonderfertigungen – in unterschiedlichsten inhaltlichen Formaten (Bilder, Video Texte, ...) sollen standortabhängig abgerufen und in einheitlich angezeigt werden.	CF1, CF6, CF7
Semperit	Dymanische Inhalte (z.B. Maschinendaten oder ganze Webinhalte) sollen in der AR angezeigt werden können. Mittels “Placement” Modus können diese Informationen räumlich als Ankerpunkte gespeichert werden (etwa bei den Maschinen zu denen sie gehören). Über ein Webinterface können diese Ankerpunkte schließlich so konfiguriert werden, dass sie die gewünschten Daten darstellen.	CF7
Mayr Melnhof	Wartungsinformationen sollen nach dem “Post It” Prinzip standortabhängig selbst verankert werden können (etwa an Maschinen) und auch aus dem bestehenden Wartungssystem abgerufen werden können	CF5, CF6

Tabelle 12. Firmen im Themenstream “Präsentation von Produkten”.

Es hat sich gezeigt, dass die teilnehmenden Unternehmen hier sehr verschiedene Vorstellungen und Ansätze verfolgen. Es wurde etwa festgestellt, dass Produktpräsentationen im Bereich MR/AR/VR, aufgrund der immersiven Möglichkeiten, oft nicht nur genutzt werden möchten, um einzelne Produkte zu vermitteln. Die Technologien machen es möglich, Außenstehenden Teile eines Unternehmens selbst zu präsentieren – etwa den Firmensitz und/oder betriebliche Abläufe - ohne Notwendigkeit, physisch vor Ort sein zu müssen. Beim Präsentieren von Produkten in MR/AR/VR sind stets zwei Kernaspekte im Fokus, die sich durch das “Wer” & “Was” ableiten:

Nutzung & Technologie

Die größten Herausforderungen bei Anwendungen der Produktpräsentation liegen in den meist sehr flexiblen Parametern der Nutzung. Während etwa bei Anwendungen für Produktionsunterstützung die Basis der Anwender, das Umfeld (in dem der Einsatz stattfindet), & die eingesetzte Technologie/Hardware oft gut eingrenzbar sind, so ist bei der Präsentation von Produkten meist ein

möglichst breiter Einsatz erforderlich. Oft ist unbekannt, wer exakt die Produktpräsentation wie (z.B. auch in Bezug auf die Hardware), wann oder wo nutzen wird.

Möchte man eine breitere Menge an Personen (etwa potenzielle Endkunden) ansprechen, die die Anwendung selbstständig nutzen, müssen bei der Wahl von Hard- und Software bereits entsprechende Entscheidungen getroffen werden: Head Mounted Displays (HMDs) sind bei Endbenutzern noch kaum verbreitet.

Beispiel aus einem umgesetzten Usecase: MBIT möchte das künftige Firmengebäude an jenem Baugrund visualisieren, wo es entstehen wird. Die Experience soll einem breiten Publikum zur Verfügung gestellt werden (ohne Kontrolle darüber von wem und wie die Experience genutzt wird). Daher wurde Prototyp für Smartphones entwickelt - mit Einschränkungen, die diese Geräte im Bereich MR/AR mit sich bringen. Es handelt sich um eine Outdoor-Experience, weshalb das räumliche Umfeld durch verschiedenste äußere Faktoren beeinflusst wird: Betrachtungswinkel & Entfernung der NutzerInnen, Lichtverhältnisse und natürlich die ständigen Veränderungen, die durch die Bauarbeiten selbst stattfinden. Verschiedene Technologien & Maßnahmen zur optimalen Darstellung unter derartigen Gegebenheiten wurden evaluiert bzw. entwickelt. Es konnte ein funktionaler Prototyp fertiggestellt werden, der über strategisch platzierte, spezielle visuelle Marker – die hauptsächlich mit großen Kontrastflächen arbeiten (ähnlich QR Codes) - der Präsentationsapplikation die Positionierung des/der NutzerIn ersichtlich machen. Dazu enthält jeder dieser Marker eine individuelle visuelle Codierung.

Dies war einer der ersten umgesetzten Prototypen. Daraus gewonnenes Know How wurde stets bei Themenstream-Meetings präsentiert und auch in Form einer studentischen wissenschaftlichen Arbeit aufbereitet. Diese Vorgehensweise wird im Projekt kontinuierlich weitergepflegt. So wurde das aufgebaute Wissen über stabile, persistente Lokalisation von AR-Objekten in weiterer Folge auch außerhalb des Themenstreams weiterverwendet:

Für die Firma Mayer Melnhof wurde auf einem, im Zuge der Entwicklung des MBIT Prototypen evaluiertem (technisch sehr jungem) Softwareframeworks, den “Microsoft Spatial Anchors” ein Prototyp entwickelt, der es erlaubt, persistente Notizen (etwa zu erledigten oder bevorstehenden Wartungsarbeiten) direkt vom Smartphone aus zu generieren und örtlich verankert zur jeweiligen Maschine zu speichern.

Interaktivität und Erlernbarkeit

Bei AR/VR/MR Anwendungen scheiden Standardinterfaces (Maus, Keyboard, Touch, etc.) meist als aus. Innovative Interaktionsformen stehen daher übergreifend in allen Themenstreams im Fokus. Viele Unternehmen wünschen sich Bedienungsformen, bei denen die Hände möglichst frei von zusätzlicher Hardware bleiben. Einzig bei VR Erlebnissen werden eigene Input-Controller noch als Standard angenommen. In jedem Fall soll die Bedienung typischen Usability Paradigmen folgen und möglichst intuitiv bleiben. Speziell im Themenstream Produktpräsentation gibt es, auf Grund der meist sehr breiten Zielgruppe und kurzen Zeitspanne, um sich in neue Input-Paradigmen einzuarbeiten (etwa bei einem Messebesuch o.ä.), spezielle Anforderungen an die Erlernbarkeit. Beim ersten Treffen des Themenstreams „Präsentation von Produkten“ am 26. November 2019 bei der Firma bene gab es einen umfassenden Vortrag zu den Möglichkeiten. Das Know-How in diesem Gebiet wurde durch praktische Umsetzungen immer weiter vertieft und vermittelt. Die Ergebnisse sind auch in Anwendungsfälle anderer Themenstreams eingeflossen:

- Es wird ein Prototyp für die Anzeige von Webinhalten in MR entwickelt, der auch komplexere Interaktionen in Webanwendungen ermöglicht. Dieser Prototyp setzt auf eine Kombination von Gesten- und Sprachsteuerung. Diese Technologie wird in weiterer Folge z.B. auch von der Firma Semperit zur Produktionsunterstützung verwendet.
- In CF6 und CF7 wurde ein universeller Visualisierungs- und Interaktionslayer entwickelt. Unterschiedliche Inhalte (Bilder, Texte, Videos, etc.) werden einheitlich dargestellt und sind übergreifend auf verschiedenen Endgeräten (Smartphones, HMDs, etc.) bedienbar. Dies wird etwa auch für KBA in der Produktionsunterstützung implementiert.
- In CF3 und CF8 wurde ein MR/AR/VR Multiuser Service entwickelt. Damit können User etwa in einer VR Produktpräsentation durch andere geleitet werden. Dies wurde entwickelt, damit Umdasch etwa in seiner virtuellen Werksführung die Anwenderinnen begleiten kann. Diese Technologie wird voraussichtlich aber z.B. auch für die Schulungsanwendung des Roten Kreuzes verwendet, um remote direktes Feedback geben zu können

9.1. Bene

Problemstellung

Digital unterstützte Planung von Räumen wurde in den letzten beiden Jahrzehnten zum Standard. Nicht selten finden Planungen direkt zusammen mit dem Kunden am Bildschirm eines Vertriebsmitarbeiters statt. Letzterer bedient dabei ein (meist mit vielen Funktionen ausgestattetes, in der Handhabung entsprechend komplexes) Softwaretool, während der Kunde zusieht und Inputs geben kann. Bei größeren Projekten, wie sie die Firma Bene meist abwickelt, fährt ein Außendienstmitarbeiter zum Kunden, sieht sich die zu gestaltenden Räumlichkeiten an, nimmt Maß und berät den Kunden nach dessen Vorstellungen. Danach geht es in die Planungsphase. Der Kunde wird dann nochmals besucht, kann sich die Büroplanungen ansehen und zusammen mit dem Vertriebsmitarbeiter nochmals Änderungen durchführen.

Dieser Vorgang birgt jedoch Verbesserungspotential:

Zum einen ist der Kunde eher passiv in den Planungsprozess involviert. Die Software wird vom Planer bedient und der Kunde kann nicht direkt eingreifen. Zum anderen erfüllt die Planungssoftware ihren Zweck zwar optimal – das Planen von Büroräumen. Sie vermittelt aber letztlich kein immersives Erlebnis für das geplante Office, sondern gibt nur eine abstrakte Ansicht innerhalb einer komplexen Software, auf einem 2-dimensionalen Bildschirm wieder. Zudem: Der Kunde ist, um den Fortschritt der Planung zu sehen, auf einen Besuch des Vertriebsmitarbeiters angewiesen.

Umsetzung

Ein Plugin für die Planungssoftware integriert eine Netzwerkkomponente in ebendiese. Über die Netzwerkkomponente kann die Planungssoftware mit einer eigens entwickelten VR Anwendung kommunizieren und Daten austauschen. Die Kommunikation findet entweder direkt zwischen Planungssoftware und VR App oder über einen Proxy statt. Das Plugin exportiert auf Knopfdruck die komplette 3D Geometrie, die innerhalb der Planungssoftware geöffnet ist. Diese wird schließlich an die VR App übermittelt. Der erwähnte Proxy ermöglicht, dass dies nicht nur in lokalen Netzwerken (über Fileshares) passiert, sondern auch remote übers Internet. Damit kann sich der Bediener der Planungssoftware an einem ganz anderen Ort befinden, als der Nutzer der VR Anwendung.

Wenn die VR Anwendung alle Informationen zu den 3D Geometrien erhalten hat, werden diese zur Laufzeit importiert. Das Büro baut sich 3-dimensional vor dem Auge des Nutzers auf. Der Nutzer kann nun die Möbel innerhalb der VR verschieben, drehen oder komplett entfernen. Jede Veränderung durch den Kunden wird über die Netzwerkkomponente an die Planungssoftware zurückübermittelt und dort ebenfalls angewandt. Damit sieht der Vertriebsmitarbeiter jede Änderung, die der Kunde durchführt. Selbstverständlich kann auch der Vertriebsmitarbeiter weiterhin Änderungen in der Planung durchführen (etwa auch neue Möbel hinzufügen oder bereits eingefügte umkonfigurieren). Auf Knopfdruck wird die aktuelle Planung in der VR Ansicht des Kunden dann wiederum in Echtzeit aktualisiert.

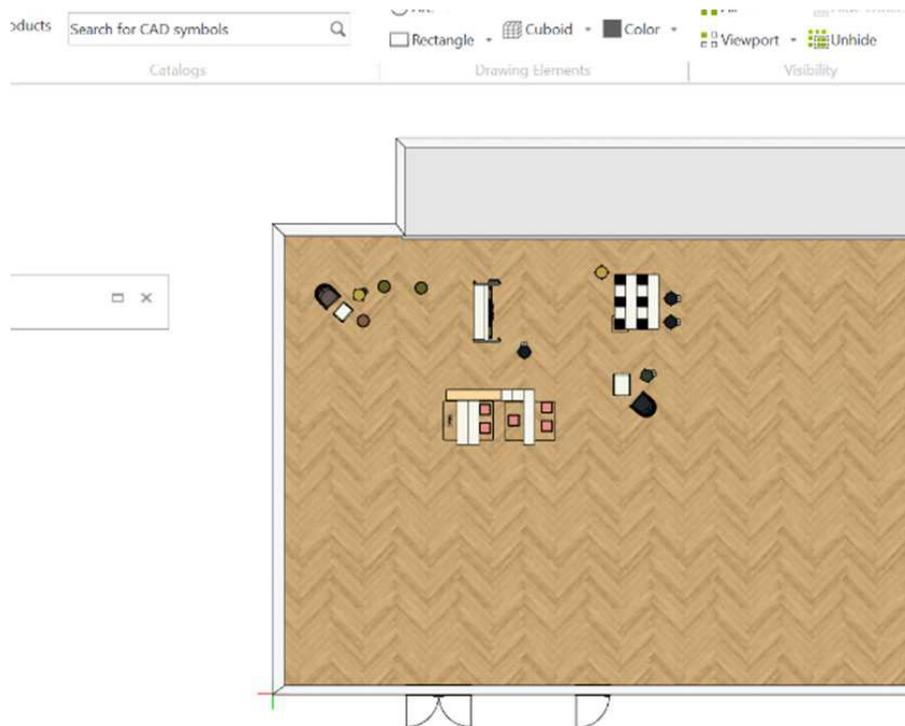


Abbildung 36. 2D-Ansicht des Planungstools

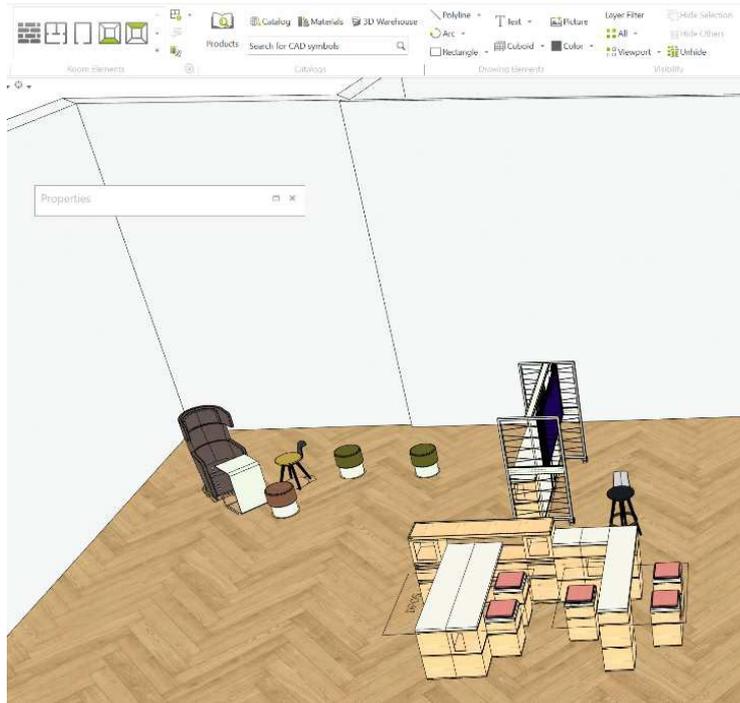


Abbildung 37. 3D-Ansicht des Planungstools

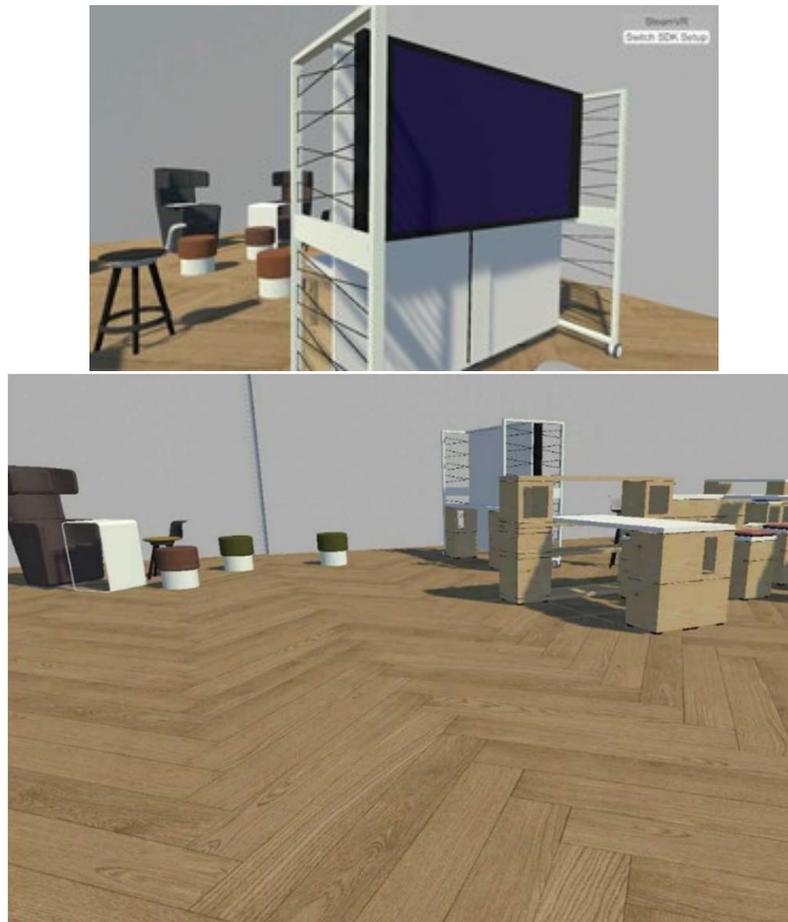


Abbildung 38. Ansicht in der VR

9.2. MBIT

Problemstellung

Augmented und Mixed Reality sind Technologien, die zunächst auf Erkennung der Umgebung eines Geräts, mittels digitaler Sensorik beruhen. Anhand der erkannten Informationen zum räumlichen Umfeld, können AR/MR Devices Inhalte zu Fixpunkten in ebendieser Umgebung verankern. Je nach eingesetzter Sensorik spielen dabei Lichtverhältnisse und die Abgrenzung des räumlichen Areals eine Rolle. Daher sind AR/MR Technologien momentan am besten für den Indoor-Einsatz geeignet. Geschlossene Räume oder klar definier- und erkennbare Teilareale größerer Gebäude (z.B. Produktionshallen in industriellen Betrieben) sind optimale Umgebungen. Bei Anwendungsfällen, die für den Einsatz im Freien konzipiert sind, stellen sich daher einige besondere Herausforderungen. Die Firma MBIT, als expandierendes KMU im IT Bereich, hat die Errichtung eines neuen Firmengebäudes geplant. Dieses sollte bereits vor der Errichtung am geplanten Standort über AR-fähige Geräte im Consumer Bereich (Smartphones, Tablets) ersichtlich für jeden Interessierten werden.

Umsetzung

Im Zuge der Umsetzung wurden mittels des AR Frameworks „Vuforia“ verschiedene AR-Markertypen auf ihre Eignung zum Laden von VR Inhalten auf weite Distanzen und unter verschiedenen Lichtbedingungen evaluiert. Solche Marker dienen für Kameras von Smartphones oftmals als „Initialtrigger“ um eine bestimmte räumliche Information laden zu können. Hierbei gibt es unterschiedliche Möglichkeiten: Einfache „Image-Targets“ sind Marker, bei denen ein Bild (mit sehr vielen eindeutigen Merkmalen) ausgedruckt wird. „Object-Targets“ setzen das vorherige Erfassen von real existierenden 3D Objekten mittels einer speziellen Software voraus. Dabei nimmt man das entsprechende Objekt mit etwa der Kamera eines Smartphones aus verschiedenen Winkeln auf. Ein Algorithmus erkennt daraus eindeutig identifizierbare Merkmale, mit denen eine AR Anwendung später Inhalte zu diesem Objekt laden kann. „Model Targets“ sind existierende digitale 3D Daten, die einem realen Objekt entsprechen. Sie können, ähnlich wie bei „Object Targets“, genutzt werden, um physische Objekte (die den jeweiligen digitalen 3D Daten entsprechen) als Marker zu verwenden. Aus den Ergebnissen ist eine prototypische App entstanden, die auf den Marker Typ „VuMarks“ setzt und eine Bachelorarbeit, die die Evaluierung und die Ergebnisse dieser Evaluierungen beschreibt. „VuMarks“ sind eigene Markertypen von Vuforia. Dabei werden (nach einem speziellen Guide) eigene Bilder gelayoutet, die sich durch eine bestimmte Anordnung/Codierung von fixen Flächen in zwei unterschiedlichen Farben auszeichnen. Diese Flächen müssen einen hohen Kontrast zueinander aufweisen. Diese Marker funktionieren auch, in entsprechender Größe, auf hohe Distanzen und unter schwierigen Lichtbedingungen.

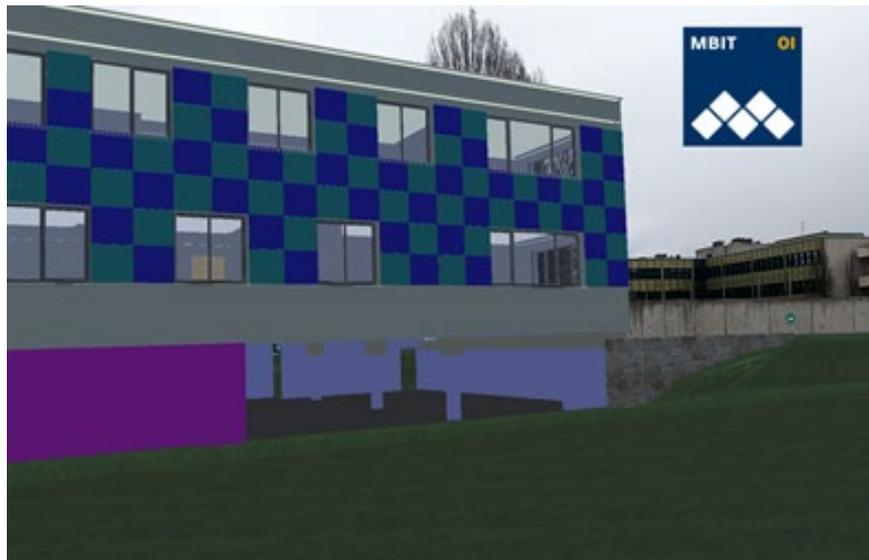


Abbildung 39. Darstellung des virtuellen MBIT Gebäudes im Freien, bei schlechten Lichtverhältnissen.

9.3. Mayr-Melnhof

Problemstellung

In diesem Use Case sollen mit „virtuellen Pinnadeln“ Informationen in Form von Texten, Bildern oder auch Skizzen an realen Objekten angebracht werden. So sollen in einer industriellen Produktionsanlage alle Mitarbeiter die Möglichkeit erhalten, Wartungsbedarf oder Auffälligkeiten an einer Maschine sehr einfach und berührungslos mit ihrem Smartphone zu markieren. Die erstellten Hinweise sind für alle Mitarbeiter per Smartphone oder AR Brille plattformübergreifend einsehbar und befinden sich für alle Benutzer an derselben Position. So wird eine effiziente Kommunikation zwischen Mitarbeitern der Fertigung und Wartungsarbeitern ermöglicht, bei der das Problem direkt vor Ort und beständig markiert und beschrieben werden kann.

Umsetzung

Für die Umsetzung der App wurde das plattformübergreifende Augmented Reality Framework „Azure Spatial Anchors“ verwendet. Dieses bietet die Möglichkeit Anker im Raum zu setzen die ihre Position dauerhaft beibehalten, auch wenn sich ihre Umgebung geringfügig verändert. Die Ankerpunkte werden in der Azure Cloud gespeichert damit sie geräteübergreifend gefunden werden können. Dabei werden jedoch keine Bilder an Microsoft geschickt, sondern nur Anordnungen von „Feature Points“. Diese ermöglichen die optische Erkennung der Umgebung ohne Rückschlüsse auf das eigentliche Bild zu zulassen. Die eigentlichen Informationen, welche zu einem Ankerpunkt erstellt wurden, können firmenintern gespeichert werden, um Datenschutzbedenken zu minimieren.

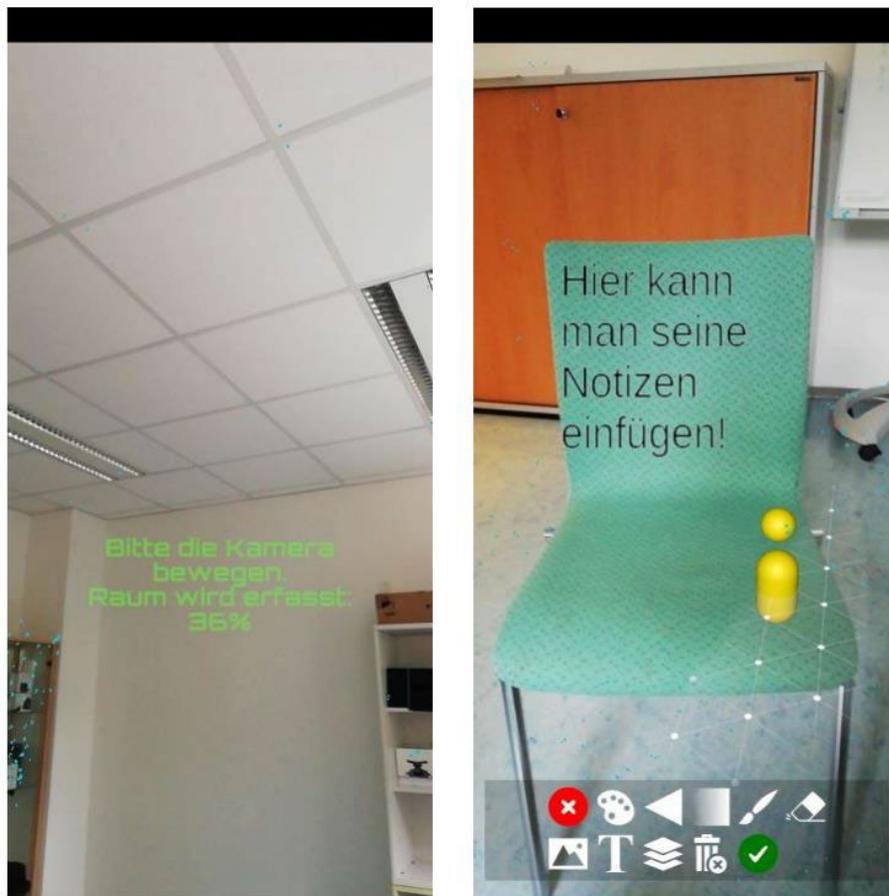


Abbildung 40. Mithilfe der App wird die räumliche Umgebung erfasst.

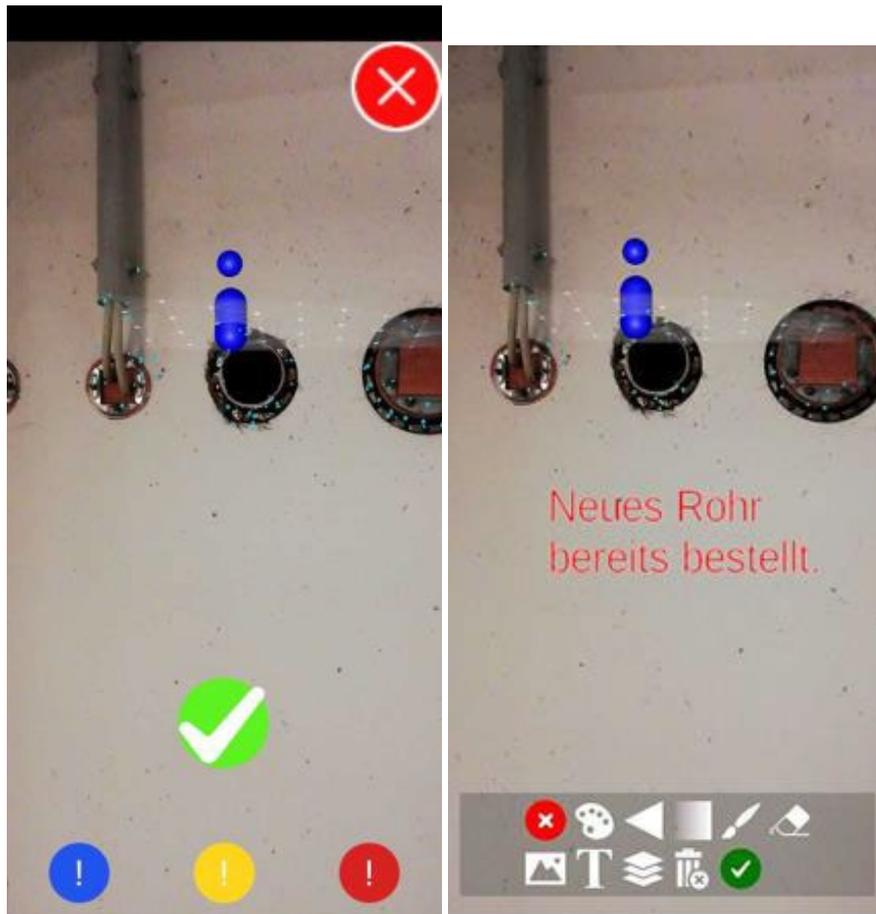


Abbildung 41. Notizen können zu räumlichen Punkten erfasst werden.

9.4. KBA

Problemstellung

KBA stellt Druckmaschinen für Geldscheine her, die weltweit hohen Standards genügen müssen. Jede gefertigte Maschine enthält zwar einen großen Teil an Standardteilen und -modulen. Letztlich handelt aber bei jeder neuen Produktion um einen individuellen Auftrag. Einige Montageschritte sind daher immer wieder als „Sonderfälle“ klassifiziert, da sie nicht den sonst üblichen Montageprozessen entsprechen. Jeder Fertigungsauftrag besteht aus einer Fülle von einzelnen „geläufigen Standard-Montageschritten“ und vereinzelt Sonderfällen. Bislang mussten die Infos für Sonderfälle immer erst über Umwege aus einer Excelliste herausgesucht werden. Dann wurde der Sonderfall anhand dieser Liste umgesetzt und der weitere Montageprozess wurde unmittelbar fortgesetzt, ohne dass es irgendwelche Rückmeldungen zum erledigten Sonderfall gibt.

Umsetzung

Über die Auftragsnummer (Sachnummer) erhält eine mobile App sämtliche Infos zu Montageschritten eines Auftrags (also nicht nur Sonderfälle). Die Sachnummer kann händisch eingegeben oder über QR Code gescannt werden. Diese werden als Liste aufbereitet und bieten eine Checklisten-Funktionalität. Damit hat der Mitarbeiter bereits einen Mehrwert gewonnen, den er bislang nicht hatte: Er kann (optional) jeden getätigten Montageschritt in einer mobilen Anwendung abhaken und damit eine Übersicht über den bisherigen Fortschritt gewinnen. Den eigentlichen Vorteil bringt die Anwendung

jedoch beim Abwickeln von Sonderfällen. Jeder Sonderfall ist rot in der Liste markiert. Wird er ausgewählt, erhält man gezielte Informationen zu den einzelnen Schritten des aktuellen Sonderfall-Monateschritts. Ist der Task erledigt, kann zu Dokumentationszwecken mit der Kamera noch ein Bild der fertigen Montage gemacht und zum Auftrag zentral abgespeichert werden. Die ursprüngliche Planung sah vor, dass Montageschritte via Mixed Reality eingeblendet werden sollten. Im Laufe der praktischen Umsetzung hat sich gezeigt, dass ein solches Vorgehen ungenauer und unzuverlässiger ist, als das Einblenden von textuellen Step by Step Anleitungen (inkl. Bildmaterial), etwa ausgelöst durch einen QR Code als Trigger.

Auch eine solche Erfahrung wertet das KBA als wertvolle Erkenntnis im Zusammenhang mit den Potentialen, aber auch den Limitationen von MR in einem Produktionsunternehmen.

KOENIG & BAUER

Montageprozess Sonderfälle & Checklist

QR Code

Sachnummer eingeben...

Positionen anzeigen

Entstanden im Zuge des Projekts
"Mixed Reality Based Collaboration for Industry"
in Zusammenarbeit der FH St. Pölten.



Abbildung 42. Die Bilder zeigen die Benutzeroberfläche der umgesetzten App. Benutzer können einen QR-Code einscannen.

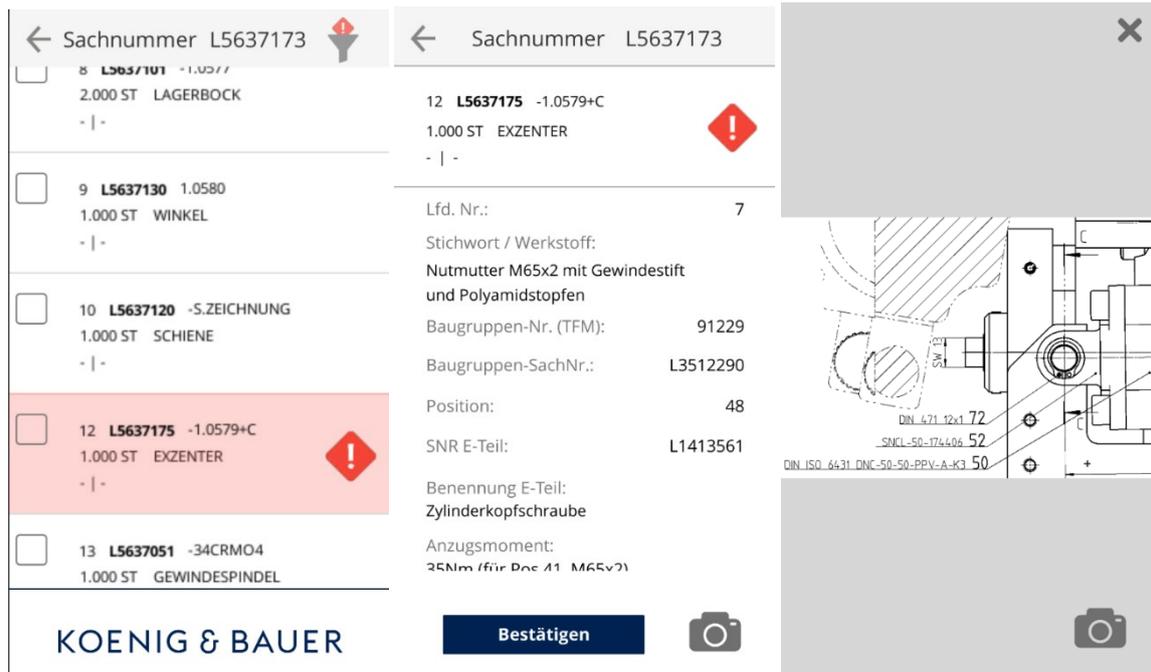


Abbildung 43. Die Montageschritten werden übersichtlich dargestellt. Zu jedem Schritt können Benutzer mehr Informationen ansehen und diese mittels Fotos dokumentieren.

9.5. Umdasch Ventures

Problemstellung

Umdasch Ventures bieten mit Neulandt 3P (Portable Precast Plant) eine portable Produktionsanlage für Beton Fertigteile. Bei diesen Fertigteilen die in dieser Anlage produziert werden handelt es sich um Wandelemente für den schnellen und leistbaren Bau von Wohnraum. Diese Elemente werden in faltbaren, individuell anpassbaren Gussformen hergestellt und können durch den einfachen Auf- und Abbau der Anlage direkt am oder in der Nähe des Projektstandorts produziert werden. Dadurch gestaltet sich die Produktion kostengünstiger und umweltfreundlicher durch kurze Transportwege und fördert die lokale Wertschöpfung.

Auch wenn es sich bei dieser Anlage um eine portable Produktionshalle handelt, nimmt diese doch 1.000m² Fläche ein und dabei hat sich die Frage gestellt wie man die Halle und die eigentliche Produktionstechnik potentiellen KundInnen und Interessierten anschaulich vor Ort oder auf Messen demonstrieren kann.

Umsetzung

Um nun diese Größenverhältnisse realistisch darzustellen wurde die Anlage und die Animationen des Produktionsablaufs vereinfacht in der Open Source 3D-Software Blender 3D nachgebaut. Dieses Modell wurde dann in die Game Engine Unity 3D verwendet, um damit eine Virtual Reality Erfahrung zu entwickeln. Für die Darstellung in Virtual Reality wurde auf eine Oculus Quest der ersten Generation gesetzt. Wir haben uns für dieses Headset entschieden, weil dieses volle Bewegungs- und Interaktionsfreiheit im dreidimensionalen Raum bietet, aber keine Kabel oder einen externen PC oder Laptop benötigt. Dies ist möglich da die Brille bereits die Recheneinheit beinhaltet und die Positionserkennung über vier in der Brille integrierte Kameras gelöst wird. Diese Mobilität bietet aber nicht nur Vorteile, da die Rechenleistung der Oculus Quest mit einem leistungsstarken Smartphone

aus dem Jahr 2018 zu vergleichen ist. Dadurch haben wir die 3D-Modelle, Texturen, Animationen und Sounds so weit vereinfacht, dass ein flüssiges Bedienen mit 65-72 Bildern pro Sekunde möglich ist und die Inhalte trotzdem noch gut vermittelt werden.



Abbildung 44. Vereinfachte Darstellung der Produktionshalle

Die Fortbewegung in der virtuellen Produktionshalle erfolgt per Teleportation mittels Tastendruckes am Controller. Ebenso ist es möglich mit dem Controller die Geschwindigkeit und Laufrichtung des Produktionsablaufes zu steuern und die Außenwände der Halle auszublenden, um einen Gesamtüberblick zu erhalten. Des Weiteren wurden am Produktionsgelände Informationspunkte platziert, die einem den aktuellen Produktionsschritt genauer beschreiben. Diese akustischen Beschreibungen haben wir mit Microsoft Azures Text 2 Speech umgesetzt, welches es ermöglicht realitätsnahe Sprachaufnahmen zu generieren, ohne ein Aufnahmestudio betreten zu müssen. Diese Methode hat es ermöglicht verschiedene Versionen des Textes zu evaluieren ohne hohe Kosten und Zeitaufwand. Mit dieser VR Lösung hat Umdasch nun die Möglichkeit die 1000m² Halle in einen Rucksack zu packen und innerhalb von 5 Minuten dem Kunden auf einer Messe oder auch beim Kunden selbst zu präsentieren.



Abbildung 45: Neuland 3P Halle im mobilen Formfaktor

9.6. Semperit

Problemstellung

Sempermed, als Teil der der Semperit Gruppe, ist auf die Herstellung medizinischer Handschuhe spezialisiert. Innerhalb der Produktion herrschen oft sehr ungewöhnliche Umgebungsfaktoren (z.B. sehr hohe Betriebstemperaturen). Manche Maschinen erfordern zudem besonderes Handling. Mit allen Prozessen sind also eine Vielzahl relevanter Daten verbunden. Einerseits sensorisch erfasste oder betriebsspezifische Werte. Andererseits allgemein relevante Informationen -> etwa wie gewisse Maschinen zu bedienen sind, oder wie gewisse Prozessschritte durchzuführen sind. Wollte man solche Details bislang in Erfahrung bringen, war dies nur dezentral möglich. NutzerInnen mussten etwa über ein Webinterface an einem PC/Terminal die entsprechenden Infos zu einem Prozess oder einer Maschine manuell suchen und dann auf dem Bildschirm anzeigen, ehe sie wieder zum betreffenden Teil der Produktion zurückkehren.

Umsetzung

Über den Cloud-basierten Dienst “Microsoft Spatial Anchors” können räumliche Informationen einer Umgebung erfasst werden. Die räumlichen Daten werden durch eigene Algorithmen in der Cloud zu einem Account gespeichert. Betritt jemand mit denselben Accountdaten später die Umgebung wieder, erkennt der Algorithmus diese Umgebung wieder. Dank dieser Technologie lassen sich räumlich verankerte Daten persistent (also zeitlich unbegrenzt) speichern und jederzeit wieder mit verschiedenen Geräten abfragen.

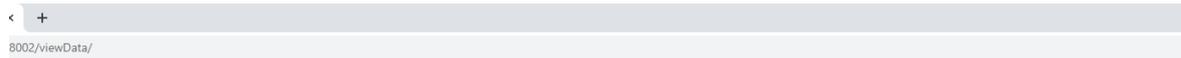
Auf diese Art kann das Unternehmen virtuelle Informationspunkte direkt zu Maschinen oder Maschinenteilen speichern. Der “Create Anchor” Modus lässt einen solchen räumlich verankerten Informationspunkt erzeugen und abspeichern. Bei letzterem Schritt muss der/die NutzerIn eine eindeutige ID vergeben.

Alle gespeicherten Ankerpunkte (mit ihrer ID) erscheinen dann in einem eigens dafür entwickelten Web Portal. Hier können für die Ankerpunkte verschiedenste Layouts definiert werden: Ein Anker kann etwa als “Infopoint” (mit generellen, statischen) konfiguriert werden. Je nach Wichtigkeit kann man ihm hier eine andere Farbe zuordnen. Er kann auch als dynamischer Datencontainer, der JSON Daten empfangen und in Tabellenform ausgeben kann, konfiguriert werden. Letztlich lassen sich auch ganze Webinhalte (dank einer “Webview”) darstellen.

Die Anwendung ist so entwickelt, dass man auf sehr einfache Art und Weise auch noch weitere Datendarstellungen für Ankerpunkte entwickeln und einbinden kann.



Abbildung 46. Ein User sieht etwa eine Web-Info, die an einem Standort verankert ist.



SEMPERIT

Spatial Anchor Backend

Id	Type	Data	Layout	
VMI5_Messer	Webview	https://www.semperit.com	Standard	Show Edit Delete
Home_r353	Webview	https://www.google.com	Standard	Show Edit Delete
Testdataold	Datacontainer	https://atp.fhstp.ac.at:8001/testData2	Hotspot	Show Edit Delete
Home_ResizeV2	Webview	https://atp.fhstp.ac.at:8002/viewData/	Standard	Show Edit Delete
Testdata	Information	Bitte Ventil demnächst wechseln	Hotspot	Show Edit Delete
Home_ResizeV2.2	Information	Betriebstemperatur sollte bei max. 50° Celsius liegen	Simpel	Show Edit Delete
VMI5_Andrueckwalze	Webview	https://github.com/bengreenier/node-dss	Standard	Show Edit Delete
Ttestdaww2	Webview	https://www.msxfq.de/skype_for_business/technik/ice.htm	Standard	Show Edit Delete

Copyright 2021, All rights reserved.

[Back to top](#)

Abbildung 47. Das Web-Backend zur Konfiguration der räumlichen Ankerpunkte.

10. Sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Begleitforschung

Neben der technischen Umsetzung der Prototypen untersuchte die Begleitforschung Problemstellungen auf sozio-ökonomischer Ebene. Vergleichsweise hohe Eintrittsbarrieren für Unternehmen lassen Unternehmens-getriebene MR Projekte nur selten über einen Prototypenstatus hinauskommen. Die oftmals fehlende wirtschaftliche Entscheidungsgrundlage und von allen Stakeholdern akzeptierte Umsetzung, ist eine weitere Bremser im Einsatz von MR Technologie. Die Begleitforschung beschäftigte sich im Rahmen des Forschungsprojekts mit der Bewertung von AR/VR/MR basierten Assistenzsystemen. Um Auswirkungen und Effekte von MR Anwendungen zu bewerten, wurde ein multi-kriterielles Bewertungssystem mit fünf Dimensionen entwickelt. Das Begleitforschungsteam entwickelte ein Konzept für ein Evaluierungsmodell (siehe Abb. Abbildung 48. Multi-kriterielles MRBC4I Evaluierungsmodell) mit den fünf Dimensionen Kosten, Prozesse, Lernen & Entwicklung, MitarbeiterInnen, Technologie. Jede Dimension wird mit verschiedenen Kriterien bewertet und die einzelnen Use-Cases evaluiert.

Das Ziel war es über alle Themenstreams ein repräsentatives und belastbares Ergebnis auf Basis der Projekt Prototypen zu erarbeiten. Die Begleitforschung fundiert auf wissenschaftliches Design, die Ergebnisse sind jedoch ebenfalls praxisrelevant und nutzbar. Die Ergebnisse münden in gemeinsame Publikationen.

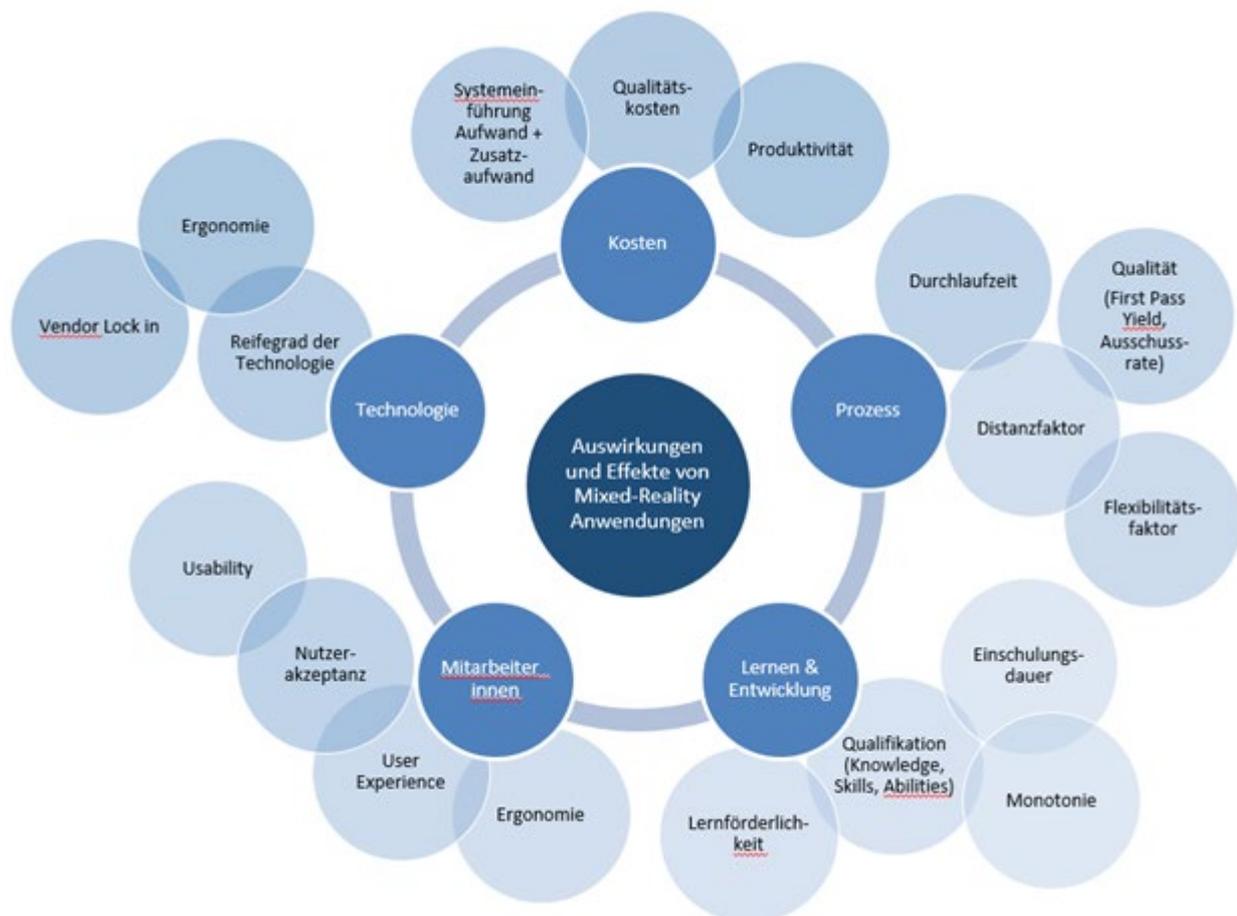


Abbildung 48. Multi-kriterielles MRBC4I Evaluierungsmodell

Für die Erprobung des Evaluierungsmodells wurden 5 Firmen für eine Pilotphase ausgewählt. Aus jedem Themenstream wurde mindestens ein Use Case gewählt. Die Prozesse in der Pilotphase haben sehr vielfältige, stark auf den Anwendungsfall und vom Nutzer abhängige Systemanforderungen. Ziel ist es mit einem Modell verschiedene AR/VR/MR Anwendungen zu evaluieren. In der Pilotphase wurden die Kriterien aus dem multi-kriteriellen Bewertungssystem auf den Ist- und den Idealprozess angewendet. Mittels erweiterter ereignisgesteuerter Prozesskette (eEPK) werden die Prozesse dokumentiert und mit den Kriterien bewertet. Nachdem der Use Case umgesetzt ist, wird der Sollprozess evaluiert und die tatsächlichen Auswirkungen und Effekte der MR-Anwendungen aufgezeigt.

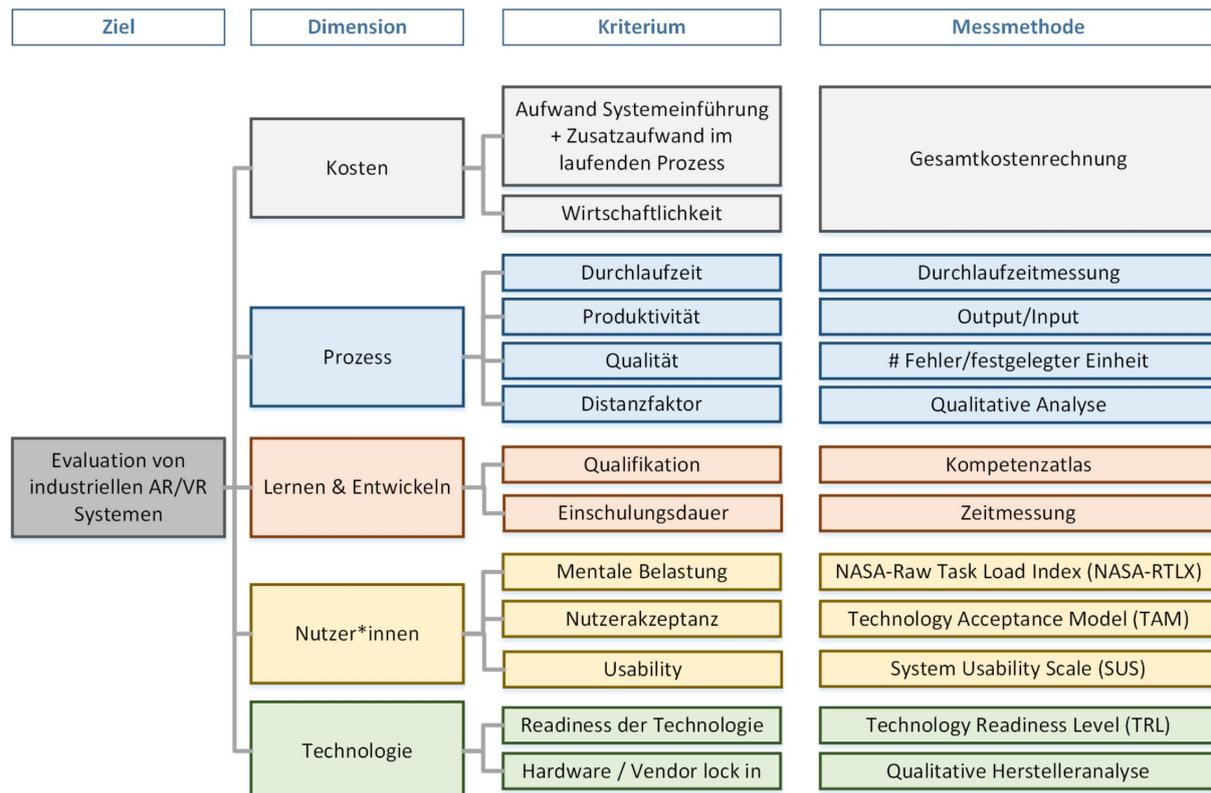


Abbildung 49. Konzept zur Evaluierung von industriellen MR Systemen¹.

Als Learning aus der Pilotphase wurde der Idealprozess als Zwischenschritt zum Sollprozess im weiteren Vorgehen eliminiert. Da die Prototypen nicht im regulären Einsatz sind, war der Sollprozess sehr ähnlich dem Idealprozess. Zusätzlich wurde die Darstellungsform von eEPK auf ein Flussdiagramm geändert, da sich diese Darstellungsform in den Workshops einfacher und verständlicher umsetzen ließ.

¹ Moser, T., Zigart, T., Kormann-Hainzl, G., & Lovasz-Bukvova, H. (2020). *Assistenzsysteme der Zukunft schon heute—Aktuelle Anwendungsfälle von Mixed Reality in der Produktion*. WINGbusiness, 2, 18–24.

10.1. Vorgehensweise und Ergebnisse des Evaluierungsmodells

Einleitung und Vorgehensbeschreibung

Die Begleitforschung teilt sich in zwei Hauptbereiche: Zum einen eine (quantitative) Befragung der Anwender der Prototypen durch Fragebögen (näheres dazu in Kapitel 10.2. „Vorgehensweise für die anwenderzentrierte Evaluierung von MR Prototypen“). Zum anderen eine (qualitativer) Workshop mit dem Management zu den Anwendungsbereichen und Potentialen der Technologie. Die Workshop Teilnehmer bestanden tendenziell aus Projektteam sowie den Bereichsleitern in denen das System (in Zukunft) eingesetzt werden soll. Ein wichtiger Bestandteil der Begleitforschung war die Definition des Ist- als auch Soll-Prozesses sowie die Erhebung des Unterschieds zwischen beiden Prozessen. Der Ist-Prozess bezeichnet dabei den aktuellen Prozess ohne Augmented/Virtual/Mixed Reality (AR/VR/MR)-System. Der Soll-Prozess ist folglich der Prozess mit der entwickelten AR/VR/MR Anwendung. Die Differenz zwischen beiden Prozessen ist daher der Einfluss des Systems so die Grundidee.

Etwa ein bis zwei Wochen vor dem Workshop wurde ein Leitfaden als Excel Tabelle verschickt mit der Bitte diesen auszufüllen und zu retournieren. Im Leitfaden wurden (geschätzte) (Geräte-)Kosten, Produktivitätskennzahlen und Zeiten des Ist- und Soll-Prozesses abgefragt. Der eigentliche Ablauf der Workshop mit einer Dauer von drei Stunden war der folgende:

1. Einleitung und ggf. Vorstellung
2. Aufnahme der Ist- und Soll Prozesse
3. Klärung offener Fragen des vorab ausgesendeten Leitfadens
4. Vergleich der Erwartungshaltung zu Beginn des Projekts und dem tatsächlichen Outcome
5. Semi-strukturiertes Interview zu den Auswirkungen auf die Bereiche Business, Prozesse, Technologie und People (B-P-T-P). (siehe Anhang)
6. Abschlussworte

14 Firmenworkshops haben nach diesem Ablauf stattgefunden, wobei die Fragen teilweise an die Themenstreams bzw. den speziellen Prototyp angepasst wurden oder unpassende Fragen weggelassen wurden. Aufgrund der Covid-19 Einschränkungen wurden die Präsenzworkshops bis auf den ersten, welcher noch vor dem ersten Lockdown stattfinden konnte, auf virtuelle MS-Teams Workshops geändert. Dies hat sehr gut funktioniert, v.a. aufgrund der Verwendung eines gemeinsamen Kollaborationssoftware namens Miro. Miro ist ein Whiteboard, in dem sich alle Beteiligten eigenständig bewegen können und Text sowie Figuren zeichnen können (siehe Abbildung 50. Der Willkommensbereich des verwendeten Miro Boards sowie Beispiele in Kapitel „Thema 4“). So war es relativ einfach möglich Prozesse zu erheben aber auch deren Einflüsse auch abseits des Prozesses zu dokumentieren. Neben einer sauberen Dokumentation führte dieses Vorgehen auch dazu, dass alle beteiligten Forscher als auch die Firmenpartner mit demselben „Bild“ im Kopf in den Hauptteil des Workshops starteten – dem semi-strukturiertes Interview. Im Fall, dass der Use Case für mehrere Prozesse anwendbar ist, wurde ein repräsentativer Prozess (z.B. kommt am häufigsten vor, größter Impact, o.Ä.) als Beispielprozess aufgenommen. Das Interview war grob in acht Teile gegliedert wobei, wie bereits angesprochen, nur zum jeweiligen Use-Case passende Fragen gestellt wurden. Neben dem Vergleich welche Ziele zu Beginn des Projekts definiert wurden und was davon erreicht wurde wurden auch die Gründe dafür sowie vor- und nachgelagerte Prozesse besprochen. Der Hauptteil bestand allerdings die Auswirkungen auf das Geschäft als Ganzes, die damit verbundenen Prozesse, die Mitarbeiter als auch die Technologie selbst abzuschätzen. Viele Fragen folgendem dem beschriebenen Vergleich des Ist- sowie Soll-Zustandes. In zwei Fall wurde auch noch Auswirkungen auf den ökologischen Fußabdruck abgefragt. In dem meisten Fällen war dies aber aus Zeitgründen nicht möglich. Bei drei Unternehmen war zudem nur ein „Light“ Workshop möglich die

nur eineinhalb bis zwei Stunden gedauert haben. Hier wurde entweder die Prozesserhebung ausgelassen oder Kapitel bei der Befragung gestrichen. Nach den Workshops wurden die Ergebnisse aufbereitet. Die Prozesse wurden einheitlich formatiert und auf Wunsch auch den Firmenpartner übermittelt. Alle Interviews wurden aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Die folgenden Top 10 Themen basieren auf den so gesammelten Evaluierungsergebnissen sind hier gelistet und werden im weiteren Verlauf im Detail beschrieben.

Top 10 Themen

1. Anwendungsbereiche und Zielerreichung
2. Veränderte Erwartungshaltungen
3. Potential für neue Geschäftsmodelle
4. Auswirkungen auf Geschäftsprozesse
5. Auswirkungen auf Qualität
6. Auswirkungen auf Effizienz und Produktivität
7. Erweiterungspotentiale und Skalierungseffekte
8. Rahmenbedingungen der Technologie
9. Hard- und Software
10. Nutzungsbereitschaft, Qualifikation und Kompetenzen

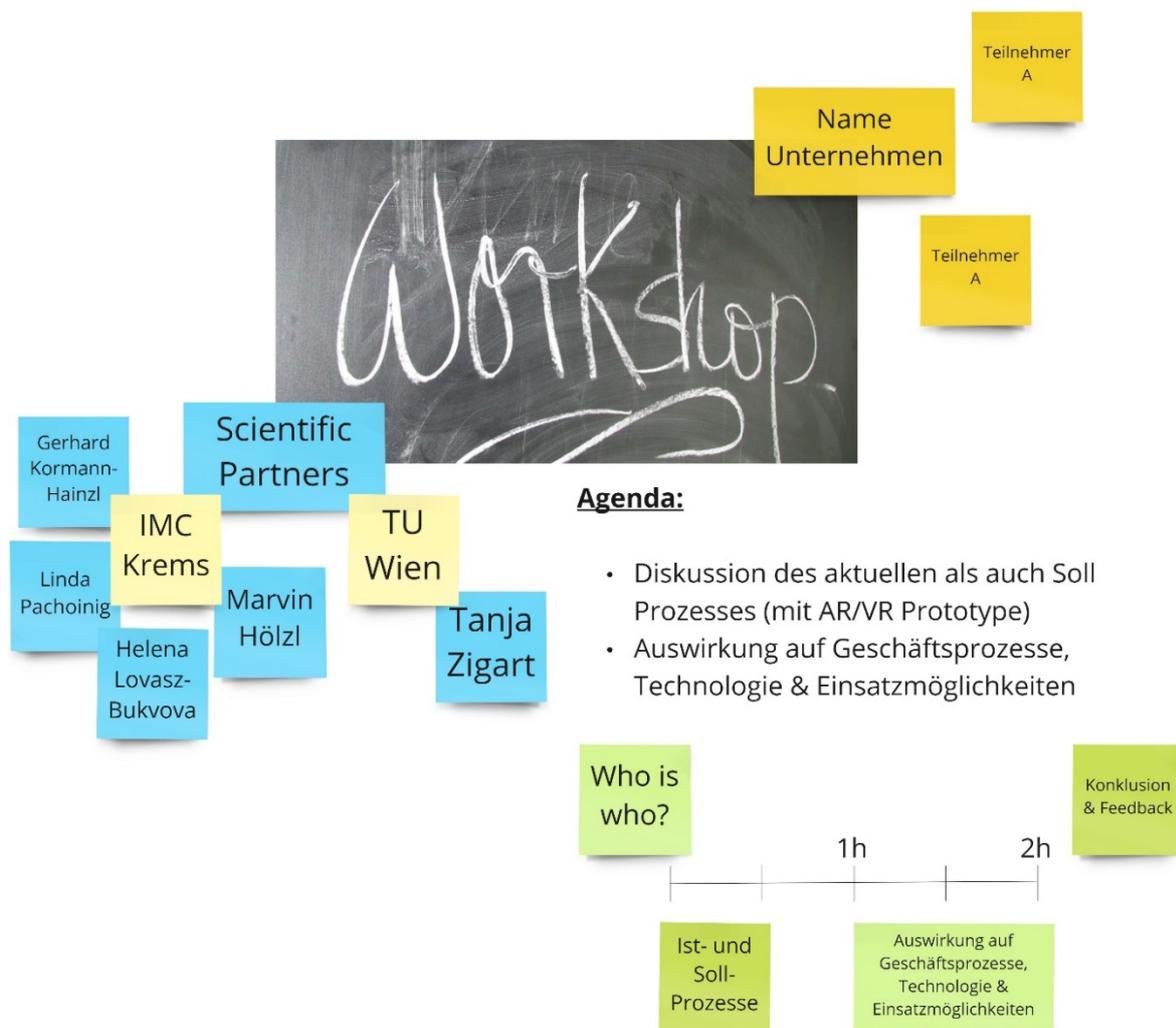


Abbildung 50. Der Willkommensbereich des verwendeten Miro Boards.

Thema 1 - Anwendungsbereiche und Zielerreichung

Auch wenn alle Use-Cases sich bisher nur im prototypischen Stadium befinden so gehen die Unternehmen größtenteils davon aus, dass die mit den Systemen einhergehenden Vorteile und (positiven) Auswirkungen ebenfalls zu erreichen sind. Dabei wurden verallgemeinert vor allem folgende Punkte genannt: Im Lernumfeld fördert die Technologie ein (schnelleres) Verständnis von Abläufen, Prozessen und Produkten. Dies mündet in weniger Lernaufwand, einem schnelleren Lernerfolg sowie die bessere Vorstellung von komplexen Abläufen oder Produkten. So soll die Technologie zu einem besseren Verständnis von Produkten selbst, deren Produktion oder Wartung führen. Kurz es wird sich eine Verbesserung der Wissensvermittlung sowohl in der Produktion, Support und natürlich in der Schulung erwartet. Computer und VR gestützte Produktion ermöglicht zudem komplizierte, feingranulare, differenzierte Produkte, die ohne Unterstützung des Assistenzsystems oder langwierige Schulung nicht möglich wären. Durch die Unterstützung gewinnt der Mitarbeiter Sicherheit insbesondere bei komplizierten Produktionsschritten. Damit einhergehend werden sich Effizienzsteigerungen und Kosten- und Fehlerreduzierungen erwartet. Durch „live“ Dokumentation und Problembeschreibung via Video und Mixed Reality können Informationsverluste durch Weglassen oder Vergessen von Informationen verringert werden. Zusätzlich sind Notizen und Informationen für andere Kollegen verständlicher, wenn diese visuell erfolgen („Ein Bild sagt mehr als tausend Worte“). Dadurch können Fehler minimiert werden und potentielle Nacharbeiten verringert werden. Somit steigt die Qualität sowohl der Produkte als auch deren Servicierung bzw. anderen Serviceleistungen. Eine gute Dokumentation sowie Problemverständnis fördert nicht nur eine geringere Fehlerquote, sondern kann auch die Lernkurve der Mitarbeiter verbessern. Bei rechtlichen Problemen ist zudem die Beweiserbringung, dass ein bestimmter Arbeitsschritt erfolgt ist, leichter zu erbringen. Weniger Nacharbeit sowie Remote Problemlösungsansätze führen zu weniger Reisen zu Kunden. Dadurch wird sich neben Kosteneinsparungen auch eine Erhöhung der Kundenzufriedenheit erwartet. Die durch die Support- und Schulungsapplikationen gewonnenen Zeit kann entweder für andere Aufgaben verwendet werden oder in die eigentliche Wertschöpfung bzw. bessere Qualität investiert werden. Im Bereich Remote Support werden explizit verringerte Personalkosten erwartet da ein (teurer) Experte mehrere Kollegen anleiten kann und so sein Wissen breiter einsetzen kann. Die Flexibilität steigt zudem da ein Experte mehrere Problemstellungen (parallel) abwickeln kann da er nicht vor Ort sein muss. Dies löst außerdem (teilweise) die Personalproblematik da hochqualifiziertes Personal ohnehin schwer zugänglich ist und es angebotsseitig, nicht möglich viele Experten einzustellen. Vertriebswege und ein besseres Verständnis der Kunden für die eigenen Produkte sind die Hauptargumente des Themenstreams „Präsentation von Produkten“. Die genannten Punkte sollen den Unternehmen Wettbewerbsvorteile bringen sowie den Erhalt oder sogar Ausbau der aktuellen Position sichern. Dies war und ist auch gleichzeitig der Anreiz in diese Technologie und das MRBC4i Projekt zu investieren.

Nachdem auch die zur Hardware gehörende Software fertiggestellt wurde und das Projekt beendet wurde lässt sich erfreulicherweise festzuhalten, dass beinahe alle Unternehmen die von Anfang bis Ende im Projekt verblieben sind ihre Ziele als erreicht ansehen. Insbesondere die Unternehmen, die auf kontinuierliche Kommunikation mit den beteiligten Forschungseinrichtungen gesetzt haben, waren (sehr) zufrieden. Dies lag unter anderem daran, dass zu Beginn die Ideen und die daraus resultierenden Anforderungen sauber definiert wurden. Allerdings wurden auch unrealistische Erwartungen aufgezeigt und auf ein realisierbares Niveau gebracht. Insbesondere in den ersten

Monaten nach Projektstart gab es lebhaften Austausch und Feedback das oftmals in Abänderungen der ursprünglichen Ideen bzw. Features mündete. Nach und nach entwickelten sich die ersten Prototypen die wiederum ebenfalls zu neuen Erkenntnissen führten. Kurz um es kam insbesondere Beginn zu (starken) Anpassungen und Veränderungen der ursprünglichen Projektidee(en) die in einem Canvas festgehalten wurden. Bedingt durch die erwähnten starken Veränderungen als auch laufend neue Erkenntnisse, die in die Zielvorgabe eingeflossen sind, ließen die vermeintlich simple Frage ob die Erwartungen erfüllt wurden gar nicht mehr so leicht beantworten. Der Grund war das gar nicht mehr ganz klar war von welchem Status man ausgeht. Ist es nun der den man vor dem Projekt mithilfe des Canvas definiert hat oder der den man nach dem ersten Austausch und „Kennenlernen der Materie“ im Kopf hatte. Der Übergang ist vermutlich fließend und wurde von den Teilnehmern der Begleitforschungsworkshops individuell interpretiert. Auffallend ist das beinahe alle Teilnehmer von Veränderungen der ursprünglichen Idee gesprochen haben. Positiv ist, dass nur zwei Unternehmen die Erwartung als nicht erfüllt ansehen allerdings nur wenn man den ursprünglichen Canvas betrachtet. Da die darin definierten Projektziele waren im Nachhinein betrachtet nicht realistisch und wurden stark angepasst. Auch bei anderen Projektpartnern wurden oftmals Erwartungen gesenkt. Erfreulicherweise sehen die zwei Firmen die Erwartungen als erfüllt an, wenn man von den angepassten Erwartungen ausgeht. Diese Meinung trifft ohnehin auf den Großteil der Teilnehmer zu - etwa 60% sehen der Erwartungen als erfüllt an. 30% sehen sie als mäßig erfüllt an und 10% sehen ihre Erwartungen sogar als übertroffen an wobei die Grenzen natürlich auch hier fließend sind da bestimmte Bereich der Technologie die Erwartungen übertreffen können während andere diese aber nur mäßig erfüllen. Völlig neue Perspektiven eröffnen sich durch die Technologie allerdings für keine der teilnehmenden Firmen.

Es stand die Vermutung im Raum das die Zufriedenheit mit dem Themenstream bzw. dem unterstützten Problem oder der Aufgabe zu tun hat. Auf die Frage welche Art der Problemlösung durch das MR Assistenzsystem unterstützt wird gibt es laut (wissenschaftlicher) Literatur fünf Möglichkeiten: „simpel“, „kompliziert“, „komplex“, „chaotisch“ und „Störung“. Dabei handelt es sich bei „simpel“ um Probleme oder Aufgabenstellungen, bei denen Ursache und Wirkung offensichtlich sind: Wenn man einen Toast in den Toaster gibt und ihn einschaltet, wird der Toast durch die Hitze kross. „Kompliziert“ ist eine Aufgabe, wenn Fachwissen oder eine wie auch immer geartete Analyse benötigt wird, um das Problem zu lösen. „Komplex“ ist die Problemstellung, wenn die Beziehung zwischen Ursache und Wirkung erst im Nachhinein ermittelt werden kann. Eine Problemdomäne, in der keine direkte Beziehung zwischen Ursache und Wirkung bestehen wird als „chaotisch“ bezeichnet. In diesen Bereich fallen beispielsweise Krisensituationen. Bei „Störungen“ können alle der oben genannten Probleme vorliegen - es besteht kein Wissen darüber, welche Situation dominant ist. Einen simplen Task hatten nur drei wovon einer als mäßig erfüllt und der andere als übertroffen klassifiziert wurde. Das dritte Unternehmen enthielt sich einer Bewertung. Warum ein simpler Task Unterstützung benötigt klingt im ersten Moment nicht ganz einleuchtend wurde seitens der Firmen als Antwort mitgeliefert: Monotone Aufgaben führen oft zu Fehlern, weil Mitarbeiter die Aufmerksamkeit verlieren oder (provisorisch) zu automatisieren beginnen. Teilweise war auch die Schwierigkeit, dass die Aufgabe zwar simpel ist aber ab und zu Sonderfälle oder Arbeitsschritte erkannt werden müssen. In diesem Fall ist die Aufgabe dann als kompliziert oder komplex einzustufen. Wie so oft sind die Zuordnungen nicht immer 100% eindeutig. Die meisten Fälle waren in der Kategorie kompliziert zu finden. Wenig überraschend sahen die meisten Ihre Ziele als erfüllt an. Nur zwei, drei Firmen waren Ausreißer die sich in Ihrem Ziel nur mäßig bzw. als übertroffen bestätigt fühlten. Hier waren die Argumente für die Kategorisierung hauptsächlich das benötigte Fachwissen das immer oder auch nur in Spezialfällen

angewandt werden muss. Auch das bessere Vermitteln von räumlichen Vorstellungsvermögen als auch Inhalte trotz Sprachbarrieren wurde genannt. Eine komplexe Aufgabe wird nur bei fünf Unternehmen unterstützt. Allerdings sehen sich drei davon auch im komplizierten Bereich sofern keine Sonderfälle oder spezielle Probleme auftreten. Bei dieser Problemdomäne befanden alle das Ziel als erfüllt. Eine Firma merkte an, dass wenn man das ganz ursprüngliche Ziel nimmt es als nicht erfüllt anzusehen ist die andere, dass es in gewissen Bereichen bereits Erwartungen übertroffen wurden. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es keine Korrelationen zwischen unterstützter Arbeitsaufgabe und Zielerreichung zu finden sind. Ähnlich verhält es sich mit dem Themenstreams. Diese vereinen typischerweise ähnliche Aufgaben in sich. Aber auch hier scheint es wenig Gemeinsamkeiten in der Bewertung zu geben. Dies ist vermutlich auf die Inhomogenität der verschiedenen Use-Cases, auch innerhalb der Themenstreams, zurückzuführen. Die einzige Auffälligkeit ist das mit der Ausnahme eines Use-Cases alle als mäßig erfüllt bewerteten Prototypen aus dem Augmented Reality Bereich stammen. Dies ist insofern nicht verwunderlich als das die AR Technologie wesentlich komplizierter ist und daher mehr Probleme auftreten können.

Thema 2 - Veränderte Erwartungshaltungen

Ein Lernprozess und damit verbunden auch veränderte Ziele aber auch Erwartungen, die teilweise erfüllt wurden, teilweise auch nicht ziehen sich durch das gesamte Projekt. Eben wie man es sich von einem gutem Forschungsprojekt erwarten würde in dem reger Austausch zwischen den teilnehmenden Firmen (untereinander) als auch den beteiligten Forschungseinheiten herrscht. Gemessen an dem Wissen und Vorstellungen vor dem Projekt erfolgten die größten Schritte, wenig überraschend, in den ersten Monaten des Projekts. Zwar wurden die Unternehmen zu Beginn des Projekts einen aufgefordert einen Canvas einreichen in dem das Vorhaben und die Ziele definiert wurden. Dennoch musste in diesem in diesem Stadium teilweise auch noch intern klären auf welche Themen im Detail der Fokus gelegt wird und welche Personen beteiligt sind. Gleichzeitig wurde auch ersten Feedback seitens der technischen Partner bezüglich der Realisierbarkeit der ersten Ideen berücksichtigt werden. Beispielsweise wäre für manche Problemstellungen ein eigenes Backend bzw. Datenbank benötigt wurden. Da dies weder thematisch in das MRBC4i Projekt passt noch die dafür benötigten Ressourcen vorhanden waren wurden manche Ideen und Anforderungen angepasst damit eine erfolgreiche, prototypische Umsetzung realistischere durchführbar war. Unrealistische Funktionen wurden komplett gestrichen, abgeändert oder teilweise so implementiert, dass, sollte sich das jeweilige Unternehmen entscheiden das entsprechenden Backend außerhalb des MRBC Projekts zu entwickeln, das Feature umsetzbar ist. Weitere Hindernisse waren oft firmenintern zu finden. Allerdings konnte auch diese Hindernisse überwunden werden sodass gegen Ende des Projekts alle aktiv mitarbeitenden Unternehmenspartner einen funktionalen Prototypen vorliegen hatten.

Veränderte Erwartungshaltungen gibt es bei einigen Firmen bezüglich des Projektaufwand. Manche mussten sich leider eingestehen, dass der Projektaufwand unterschätzt wurde. Zwar wurden wesentliche (Software) Entwicklungsschritte an Forschungseinheiten ausgelagert und unterstützt dennoch bedarf es auch innerhalb der Firmen genug Ressourcen, um dies voranzutreiben. Dazu zählt neben einer engagierten internen Person oder bessere einem Team auch Mitarbeiter oder Experten die nicht direkt dem Projekt angehören. Beispielsweise um Abläufe deren täglichen Arbeit zu besprechen oder erste Prototypen zu testen. Dies ist leider neben dem täglichen Geschäft nicht immer möglich gewesen. Vor allem wenn das Projekt an einer Einzelperson gegangen hat, gab es oft Schwierigkeiten, wenn diese Person nicht erreichbar war oder es zu einem Abteilungswechsel kam. Zudem war es ein Problem andere Kollegen oder Mitarbeiter für das Projekt und die Thematik zu gewinnen. Insbesondere in größeren Unternehmen ist dies nicht einfach da hier mehr Zeit benötigt

wird, um zu den richtigen Personen zu gelangen bzw. auch nicht immer klar ist wer der richtige Ansprechpartner ist. Interne Entscheidungen die lange gedauert haben oder kurzfristig abgeändert wurden haben teilweise ebenfalls dem Fortschritt entgegengewirkt. Die Covid-19 Krise hat dieses Problem natürlich zusätzlich verschärft da die Prioritäten andere waren und Kontaktbeschränkungen herrschten. Auch die Bedenken der IT-Abteilung, Stichwort IT-Security, war ein ständiger Begleiter konnte aber größtenteils gelöst werden. In selten Fällen war es auch hinderlich, wenn seitens der IT keine klare Mobile (Device) Strategie gab und entweder verschiedene mobile Systeme verwendet wurden oder oftmals zwischen ihnen gewechselt wird. So war nicht klar auf welches Smartphone Betriebssystem man die Software zuschneiden soll. Vor allem im AR Bereich wurden hauptsächlich Smartphones eingesetzt da die Head-Mounted Displays leider doch einige Nachteile mit sich bringen – nähere Infos dazu im Hardwarekapitel. Auch wenn mit Smart Devices kein freihändiges arbeiten möglich ist so waren sie für die meisten Use-Cases ausreichend und damit überraschend ebenbürtig. Hier ist festzuhalten, dass viele Use-Cases auch auf die Limitierungen der Hardware zugeschnitten wurden bzw. mussten. Längeres arbeiten mit einem Device am Kopf oder in der Hand ist nicht zielführend, auch wenn es die Werbung oft suggeriert. Die Tendenz ging daher oft in Richtung punktueller statt dauerhafter Unterstützung. Traten andere Probleme auf wie große Hitze oder Wasserdampf in einer Produktionshalle so wurde, kurzerhand ein Use-Case gesucht und auch fast immer gefunden der dennoch umsetzbar ist. Diese „Learning by Doing“ Mentalität und iterative-inkrementelle Vorgehensweise war daher ein wichtiger Bestandteil des Projekts. Sie führte oft zu besserem Verständnis der Technologie sowie deren Stärken und Schwächen. Ebenfalls bekamen die Teilnehmer ein Gefühl bezüglich des Umsetzungsaufwand und können diesen in Zukunft besser einschätzen. Insgesamt wird man gewisse Dinge nicht mehr so problematisch sehen da viele Features einfacher umzusetzen und auch zu benutzen sind als gedacht. Bei anderen wiederum gab es wesentlich mehr Schwierigkeiten. All dies ist sehr wichtig insbesondere für die Firmen die ihren Prototypen, nachdem Projekt zu einem vollen System ausbauen wollen. Erfreulicherweise ist dies bei viele Firmen der Fall.

Sämtliche Hardware eint, dass sie zu wenig Rechenleistung bieten, um Modelle fotorealistisch darzustellen. Allerdings reicht der aktuelle Grad meist aus um ein (beinahe) realistisches Gefühl zu erzeugen. Generell scheinen „technische Reduzierungen“ eine der Top-Erkenntnis des MRBC Projekts zu sein: Neben AR Brillen die von Smartphones ersetzt werden, nicht ganz perfekt realistischen Modellen die trotzdem ihren Zweck erfüllen werden beim Remote Support oft keine AR Annotationen benötigt. In den meisten Fällen reicht ein „simpler“ Videostream sowie Cursorbewegungen und verbale Erklärungen aus, um einen Mitarbeiter anzuleiten. AR Markierungen die ihre Position halten sind oft gar nicht nötig. Dies hat zu dem Performancevorteile insbesondere hinsichtlich der Akkulaufzeit da viele Berechnungen wegfallen die die Annotation in Position halten. Ähnlich verhält es sich bei einem Assistenzsystem das in der Produktion unterstützt. Hier wurde festgestellt, dass AR Annotationen sogar eher hinderlich und verwirrend sind. Man hat sich daher entschieden die Informationen, die das Assistenzsystem an den Mitarbeiter liefert, direkt am Display des Smart Devices darzustellen und nicht in AR. Bei Remote Applikationen ist zu bedenken, dass etwaige wichtige Informationen, die ansonsten abseits der eigentlichen Arbeit aufgenommen werden, oft verloren gehen. Zum Beispiel, dass ein Katalog der Konkurrenz auf einem Tisch liegt, ein neues Produkt entwickelt wird oder ein neuer Mitarbeiter eingestellt wurde. Diese Informationen können aber immens wichtig sein hinsichtlich Kundenbindung oder Vertrieb. Auch darum werden Unternehmen nie gänzlich auf remote umstellen. Positiv festzustellen ist, dass das Festhalten von Arbeitsschritten per Foto oder Video eine ausreichende Dokumentation darstellt. Auch wenn es nicht immer zwingend als Feature geplant war, kam oft die Erkenntnis, dass dies positive Auswirkungen auf nachgelagerte

Prozesse wie Qualität, rechtliche Absicherung oder Fehlerfindung etc. hat. An diesem letzten Punkt ist vor allem auch interessant, dass sich manche Unternehmen dadurch in Zukunft weniger Fehler erwarten: Die dokumentierten Fehler können zu Lern- und Schulungszwecke eingesetzt werden. Die Lernkurve und die Qualität der Ausbildung soll sich dadurch verbessern. Apropos Lernkurve: Ein interessantes Firmen Feedback war, dass nun die eigenen Mitarbeiter die eigenen Produkte besser verstehen, da sie ihre Funktionsweise und Zusammensetzung im Schulungs- oder Marketingprototypen virtual begutachten konnten. Teilweise war dies aber auch bei rein unterstützenden Systemen der Fall. Beispielsweise wurde durch ein System nicht nur verstanden das ein Schraube anderes zu handhaben ist als die andere, sondern auch warum. Erfreulich ist, dass einige Firmen berichtet haben, dass auch der Austausch abseits von Mixed Reality Themen als positiv wahrgenommen wurde und vermutlich auch nach dem Projekt bestehen bleiben.

Thema 3 - Potential für neue Geschäftsmodelle

In der Literatur werden AR/VR Technologien auch mit neuen Geschäftsmodellen vor allem im Kontext Remote-Support in Verbindung gebracht.

Die Einflüsse auf das Geschäftsmodell durch Einsatz der Technologie zeigt sich in diesem Projekt vorwiegend in Form von Zweitunden-Effekten (second round effects), da bei der Use-Case Wahl als auch die Technologie nicht Aspekte des Geschäftsmodells seitens der Firmen im Vordergrund standen. (siehe dazu Kormann-Hainzl, et. al (in Vorbereitung))²

Kormann-Hainzl, et. al (in Vorbereitung)² lehnt sich in der Analyse am Value Disciplines Modell von Treacy & Wiersema (1993)³ an betrachten wir folgende drei Dimension

- 1) **Operational Excellence** - Wie werden AR/VR Technologien eingesetzt, um im operativen Bereich hervorragende Leistungen zu erbringen? (Kostenmanagement, Prozessoptimierung in Verkauf, Logistik, Produktion, etc.)
- 2) **Customer Intimacy** - Wie werden AR/VR Technologien eingesetzt, um z. B. die Qualität der Kundenbeziehung und „Intimität“ zum Kunden zu erhöhen?
- 3) **Product Leadership** - Wie werden AR/VR Technologien eingesetzt, um Produkte und Dienstleistungen, Produktinnovation und die Vernetzung mit Schlüsselpartnern zu verbessern?

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass im Zuge der Use-Cases alle drei Dimensionen durch den Einsatz der AR/VR Technologie fallweise unterstützt werden. Die Erkenntnisse zu den Thema Operational Excellence werden in Folge in den Themen 4, 5 und 6 erörtert.

Dieser Abschnitt fokussiert auf die Punkte Customer Intimacy und Product Leadership. Beide Themen waren nicht vordergründig Auslöser und Hauptziele der Use-Cases. Im Rahmen der Begleit-Workshops wurden diese Aspekte aber explizit abgefragt und durchwegs als relevant beurteilt.

² Kormann-Hainzl, G., Zigart, T., T., Lovasz-Bukvova, H., Hölzl, M., Moser, T. & Schlund, S. (2021). *Looking behind the obvious – second round effects on remoteness by using assistant systems based on augmented and virtual reality technology – a cross industry comparative case study*. Journal of Manufacturing Technology Management (in Vorbereitung)

³ Treacy, Michael, und Fred Wiersema. 1993. „Customer Intimacy and Other Value Disciplines“.

Folgende zwei Fragen wurden im Wesentlichen abgefragt. Wie ist die Intensität ihrer Kundenbeziehung im betreffenden Einsatzgebietes des AS und wie wird dies durch den Einsatz des AS beeinflusst? Erweitert der AS Einsatz die Möglichkeiten für neue Kunden-Leistungen?

Erkenntnisse aus dem Projekt betreffend Veränderungen bei der Intensivierung der Kundenbeziehung (Customer Intimacy):

- Verbesserte Kundenerfahrung (vorwiegend VR): Virtuelle Produktpräsentationen ermöglichen verbesserte Kundenerlebnisse (Customer Experience) und Interaktion im Zuge des Verkaufsprozesses. Dies umfasst die Möglichkeit eines individualisierten Verkaufsprozesses samt Identifikation der individuellen Bedürfnisse. Weiter verbessert die VR Unterstützung die Positionierung des Produkt-Nutzens bei neuartigen und komplexen Lösungskonzepten und Erklärung des Produktnutzens.
- Universeller Einsatz (vorwiegend VR): Die Anwendung von VR Technologien zeigt sich im Endnutzer Bereich (Business to Consumer) als auch Geschäftskunden (Business to Business) als geeignet.
- Einsatz als Experten-Tool (vorwiegend AR): im Schwerpunkt werden AR-Technologien in den Use-Cases als Expert2Expert-Tools eingesetzt, im Gegensatz zu Anwender-Szenarien, bei welcher Personen ad-hoc mit der Technologie hantieren. Die Ausnahme bilden Tablet- und Smartphone-basierte Lösungen.
- Steigerung der Reputation als digitales Unternehmen (vorwiegend AR): Die technologischen Lösungen werden - auch wenn noch nicht im Echteininsatz befindlich, bereits im Vorfeld mit Kunden diskutiert bzw. vorgestellt. Der Grund liegt hier meist im Reputations- und Marketingwert, sich als kompetenter Partner beim Einsatz neuer Technologien zu positionieren.

Erkenntnisse betreffend Verbesserung der Produktführerschaft (Product Leadership):

- Unterstützung von „Servitization“ des Produktangebotes (vorwiegend AR):
 - Tendenz zu Servitization bei vielen Firmen als strategisches Ziel formuliert. Darunter versteht die Literatur den perspektivischen Switch von produkt-basierten Geschäftsmodellen zu Performance und ergebnisorientierten Serviceangeboten.
 - AR Anwendungen sind werden vielfach in der Literatur als erfolgskritische Assistenz-Technologie genannt. Dies hat sich im Zuge des Projektes vor allem bei den AR-bezogenen Use-Cases bestätigt (Service als Profit-Center).
- Rückenwind für Remote-Services, jenseits von Remote-Support (vorwiegend AR):
 - Klassischer Fernwartungs-Anwendungsszenarien haben sich bestätigt
 - Freilegung von Wachstumspotential durch Entlastung von Schlüsselressourcen von Vor-Ort Einsätzen und Freispielen für Experten-Remote Support für eigene oder Dritt-Ressourcen vor Ort.
- Erhöhung Wettbewerbsfähigkeit durch Differenzierung und Abhebung von Konkurrenzprodukten (sowohl VR als auch AR): jenseits von reinen Marketingaktivitäten, wie beispielsweise Messeauftritten, werden die Technologien als funktionales Upgrade für bestehend Produkt- und Serviceleistungen betrachtet mit dem Zweck einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit.

Erkenntnisse betreffend Verbesserung der Produktivität („Operational Excellence“):

- Teilweise disruptive Produktivitätsgewinne durch Einsatz von sowohl AR als auch VR: Wie in den Themengebieten 4, 5, 7 und 10 in Folge aufgezeigt wird, werden die Produktivitätsgewinne bei den unmittelbar betroffenen Prozessschritten seitens der Unternehmen als signifikant und teilweise disruptiv eingeschätzt (Zeit, Dauer, Qualität).
- „Data instead of Paper“ - Erhöhung des Digitalisierungsgrades (sowohl für AR als auch VR): Die Virtualisierung durch Einsatz als Assistenzsystem geht mit der Digitalisierung der Prozesse einher. Papierbasierte Prozesse wie z. B. Dokumentationen, können durch den Einsatz von AR und VR teilweise in reine digitale und automatisierte Prozess übergeführt werden.
- Erhöhung des Prozessverständnisses und damit verbundene Verbesserungen (sowohl AR als auch VR): Die notwendige, intensive Analyse der IST-Prozesse führt zur grundsätzlichen Redesigns auch jener Abläufe, welche nicht unmittelbar von VR oder AR betroffen sind.
- Verbesserung der Kommunikation & Diversity sowohl für AR als auch VR: Beim Einsatz der VR Technologie vor allem im Schulungsbereich stellt sich als fördernd für die Überwindung von eingeschränkten Sprachfähigkeiten seitens der Anwender heraus. Die AR Technologie fördert vor allem durch neu geschaffene Remote Anwendungen die Möglichkeit, auch ansonsten nicht eingebundene Mitarbeiter vor Ort einzubinden. Sprachschwierigkeiten und auch Barrieren durch Qualifikation werden tendenziell reduziert.

Thema 4 - Auswirkungen auf Geschäftsprozesse

Durch die Mixed Reality Technologie können Informationen für das Auge sichtbar gemacht werden. Dadurch werden Inhalte oft besser vorstellbar und Erklärungen sowie Lösungen können besser vermittelt werden. Dieser zwei Punkte, Problemverständnis und Lösungsvermittlung, waren die tragenden Faktoren für den Remote Support Themenstream. Im bisherigen Supportprozess wurde bisher hauptsächlich verbal kommuniziert. Allerdings ist es nicht einfach komplexe Sachverhalte zu beschreiben geschweige denn, dass diese vom Gegenüber auch (richtig) verstanden werden. Dieses Problem erhärtet sich bei international agierenden Unternehmen: Oft kommt es zwischen Kunden ausländischen Kollegen zu Sprachbarrieren, weil die Sprache, in der kommuniziert wird, nicht (ausreichend) von beiden Partnern beherrscht wird. Wenn das Problem erklärt und „live“ mittels Videostream gezeigt wird ist die Sprache nicht mehr alleiniges Transportmittel der Informationen. Dadurch ist man nicht mehr auf die Erklär- und Beschreibfähigkeit des Gegenübers angewiesen. So können auch Sprachbarrieren leichter überwunden werden. Vor allem geht man aber vom selben Zustand aus. Den selbst bei der besten Erklärung haben verschiedene Personen unterschiedliche Vorstellungen vom Gesagten. Selbiges gilt natürlich vice versa bei der Beschreibung einer potentiellen Lösung für das Problem. Durch die bessere Informationslage können sich viele Dienstreisen erspart werden da es kaum mehr zu dem Fall kommt, dass der sogenannte Experte, der den („normalen“) Mitarbeiter/Fachkräfte anleitet, das Problem nicht versteht und selber anreisen muss. Ähnliches gilt für die Lösung: wird die vermeintliche Lösung nicht verstanden oder kann diese nicht umgesetzt werden muss der Experte ebenfalls persönlich anreisen. Mit dem Assistenzsystem sollen Schwierigkeiten bei der Lösung des Problems gar nicht mehr vorkommen (Vgl. Abb. 51). In Summe können die Experten daher weitgehend stationär arbeiten und ihr Wissen remote an die im jeweiligen Land anwesenden Mitarbeiter weitergeben. Dadurch kann das Know-How der Experten wesentlich flexibler eingesetzt werden und nicht wertschöpfende Zeit, wie zum Beispiel Flüge, werden auf ein Minimum reduziert. Dies führt wiederum zu Kosteneinsparungen da das bestehende Personal effizienter eingesetzt und dadurch wiederum weniger Experten benötigt werden. Allerdings ist hier nicht nur die Kostenstruktur die treibende Kraft, sondern auch der Mangel an gut ausgebildeten Experten. Diese zu finden und für das eigene Unternehmen zu gewinnen ist keine einfache Aufgabe

und führt oft zu einem Personalmangel. Ein weiterer Vorteil dieser Technologie ist, dass grundsätzlich weniger Termine nötig sind um das Problem und die Lösung zu erfassen da beides präziser erfolgen kann. Dies führt zu weniger Rückfragen bzw. weiteren Terminen bei Kunden und Partnern und steigert deren Zufriedenheit. Vor allem in Bereichen in denen eine genaue Dokumentation und Nachvollziehbarkeit wichtig ist stellt das System einen netten Nebeneffekt dar: Wird der Videostream bzw. gewisse Arbeitsaufgaben aufgezeichnet entsteht hier eine saubere Dokumentation die im Zweifelsfall hergenommen werden kann ob bestimmte Arbeitsschritte (nicht) durchgeführt wurden (ebenfalls im Abbildung 51 zu erkennen). Die Aufzeichnungen können zudem auch firmenintern verwendet werden, um Mitarbeiter auszubilden und bestimmte Spezialprobleme näher zu bringen. Die Unternehmen erwarten sich dadurch langfristig qualitativ höherwertige Schulungen sowie eine gesteigerte Lernkurve.

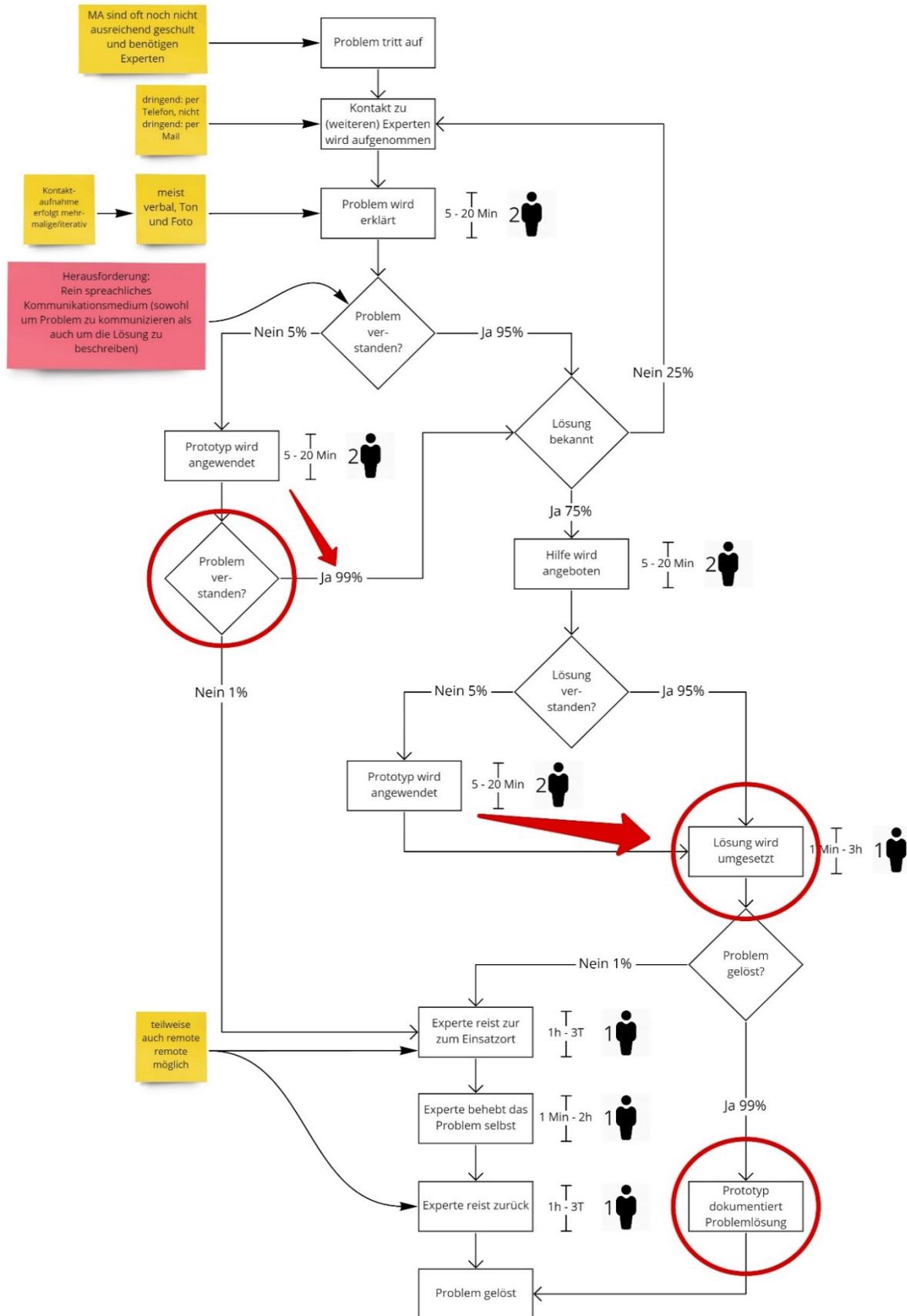


Abbildung 51. Der remote Prozess mit AR Unterstützung.

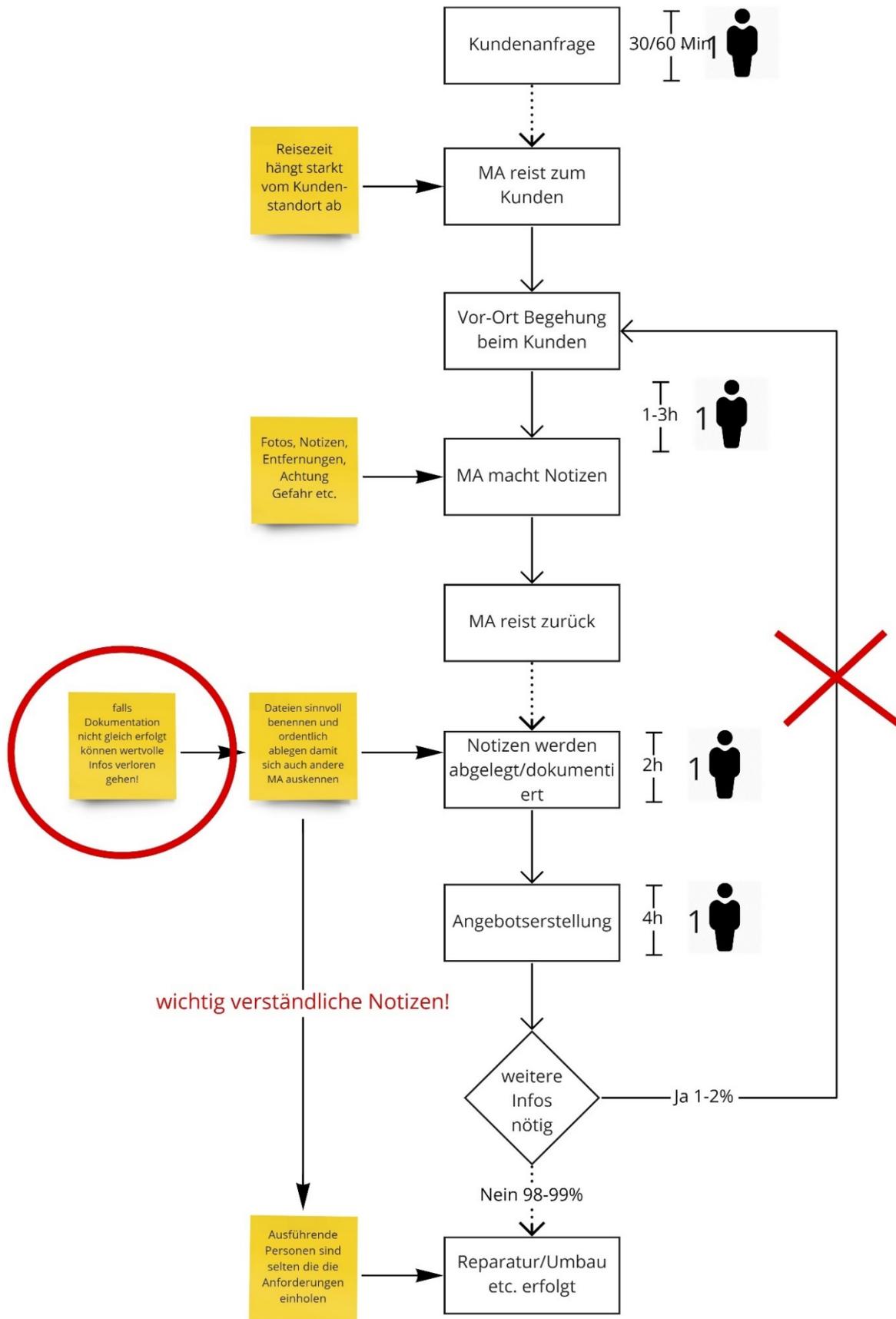


Abbildung 52. Die Dokumentationen von Informationen mittels "digitalen Post-Its".

In eine ähnliche Kerbe schlagen auch Systeme die örtlich verankerte Informationen, eine Art „virtuelle Post-Its“, verwenden – zu sehen auf der vorhergehenden Seite in Abbildung 52. So können Hinweise für spätere Einsätze direkt dort, wo sie benötigt werden, hinterlassen werden. Statt schriftlich zu dokumentieren, dass in der linken oberen Wartungsklappe ein Wackelkontakt vermutet wird, kann direkt an der Klappe die Information mit einer Beschreibung, z.B. gelbes Kabel beobachten, sowie weitere Informationen wie Fotos hinterlassen werden. Wie bereits angesprochen werden wurden bisher solche Fälle meist mit (hand-)schriftlichen Notizen sowie einer Digitalkamera gelöst. Da die Person die diese Informationen aufnimmt, oft nicht die ist die den damit verbunden Auftrag ausführt werden die Notizen im zweiten Schritt direkt an den Kollegen weitergereicht. Meist passiert dies in dem die Informationen und (Bild-)Dateien es in ein entsprechendes System eingegeben und hochgeladen werden. Da dies oft erst Stunden, manchmal Tage später erfolgt gehen immer wieder Notizzetteln und Zeichnungen verloren, Erinnerungen und Details geraten in Vergessenheit oder Fotos werden falsch hochgeladen bzw. mit dem falschen Auftrag verknüpft. Kurzum durch den Medienbruch und die daraus resultierende manuelle Arbeit es besteht die Gefahr, dass wertvolle Informationen verloren gehen. Auch wenn gut eingespielte, erfahrene Teams einige Fehler kaschieren können, so führt dies zwangsläufig oft zu Nacharbeit die wiederum Frustration, hohen Zeitaufwand und Effizienzverlust bedeutet. Durch das Assistenzsystem wird die Informationslage verbessert da es zu keinem Medienbruch kommt und Informationen sowie Fotos direkt dort hinterlassen werden wo ein Problem auftritt oder ein Hinweis benötigt wird. Dadurch kann, ähnlich wie beim Remote Support, erneutes Nachfragen und Nacharbeit verhindert werden. In der Abbildung 52 ist zu sehen, dass die Prozessschleife „weitere Infos nötig“ im Soll-Prozess, mit dem AR-Prototyp, wegfällt. Dies ermöglicht eine schnellere Bearbeitung und Angebotslegung beispielsweise wie aufwändig oder kostenintensiv eine Reparatur ist. Dadurch steigt wie angesprochen der Servicegrad und die Kundenzufriedenheit.

Wenn man den Servicebereich verlässt und in die reine Produktion geht, fällt auf, dass hier meist um die Durchführung und Dokumentation von Kontrollen oder das Erkennen von etwaigen Spezial- oder Sonderfällen geht. Werden Baugruppen von Maschinen verschraubt so ist der Ablauf für gut geschultes Personal an sich ohne Unterstützung bewältigbar. Problematisch wird es aber bei Sonderfällen die nur ganz selten vorkommen. Diese sehen mitunter ähnlich oder gar gleich aus müssen aber mit einem anderen Drehmoment, daher Kraft, verschraubt werden. Diese zu erkennen ist oft sehr schwer da sie nur selten auftreten. Zwar gibt es zumeist eine technische Dokumentation wie welche Baugruppen verschraubt werden müssen allerdings kann diese nicht bei jeder Baugruppe gelesen werden da diese oft mehrere 100 Seiten umfasst. Problematisch ist ebenfalls, dass diese Unterlagen natürlich ab und zu überarbeitet werden aber kaum von (erfahrenen) Personal erneut gelesen werden. So passiert es oft das neue Sonderfälle nur soeben eingeschulten Mitarbeiter bekannt sind. Ob sie diese dann auch erkennen, ist wiederum eine andere Frage. Es kommt daher immer wieder zu Fehlern (siehe Abb. 53). Assistenzsystem die diese Spezialfälle automatisch erkennen reduzieren die Fehleranfälligkeit und geben den Mitarbeiter gleichzeitig die Sicherheit keinen Sonderfall übersehen zu haben. In Zukunft können so auch feingranulare Bauteile entwickelt und gebaut werden da sich der Mitarbeiter die Feinheiten nicht mehr merken muss, sondern vom System darauf hingewiesen wird. Dadurch können differenzierte Produkte angeboten werden die einem wiederum von der Konkurrenz abheben. Zudem kann das Assistenzsystem auch gleichzeitig die Dokumentation übernehmen, dass gewisse Arbeitsschritte auch (richtig) gemacht wurden. Unter der Annahme, dass mit dem System (beinahe) alle Sonderfälle erkannt werden ergibt sich dadurch eine Fehlerquote für anderes wertige Fehler. Aktuell ist oft nicht bekannt wie viel Prozent der Fehler auf nicht erkannte Sonderfälle zurückzuführen sind.

In einem ähnlichen Bereich sind Use-Cases angesiedelt deren Fokus die Kontrolle bereits gefertigten Produkten und Maschinen ist. Bei den Kontrollen geht es beispielsweise darum, ob alle Schrauben eingesetzt wurden. Teilweise muss auch überprüft werden mit welchem Drehmoment diese angezogen wurden. Dazu können noch Kontrollen der Verkabelung, Spannungsmessungen, Entfernung von Sicherheitsstiften oder Produktionsrückständen usw. kommen. Kurzum eine Kontrolle kann bei größeren, komplexen Produkten eine große Herausforderung darstellen. Vor allem wenn neben dem Vorhandensein von Schraubverbindungen auch verschiedene Schraubparameter sowie Schaltkreise geprüft werden müssen. Daher kann es immer wieder vorkommen, dass Schritte aus dem Prüfprotokoll ausgelassen oder vergessen werden. In einem Reklamationsfall ist dann oft die Frage, ob die (End-)Kontrolle richtig durchgeführt wurde. Denn selbst wenn der Prüfpunkt im Protokoll abgehakt wurde, bedeutet dies nicht zwangsläufig, dass der Kontrollschritt stattgefunden hat. Werden die Kontrollpunkte sowie die dazugehörigen Parameter in AR eingeblendet ist die Überprüfung wesentlich einfacher. So passieren weniger Fehler und vor allem wird zum einen dokumentiert, ob etwas überprüft, wurde zum anderen auch was (genau) gemacht wurde. Wird ein Fehler gefunden so ist ebenfalls genau dokumentiert, wo dieser auftrat. Weiterführend kann in so einem Fall beispielsweise eine Führungskraft automatisch informiert werden. Denkbar ist auch, dass Anhäufung von Fehlern bei bestimmten Prüfschritten schneller auffallen und so Konsequenzen gezogen werden können. Zum Beispiel in dem die dafür zuständige Abteilung insbesondere auf diesen Fehler geschult wird, um diesen in Zukunft zu verhindern.

Beide Beispiele eint, dass kaum Änderungen auftreten, wenn man sich nur die Prozesse ansieht. Die Arbeitsweise bleibt sehr ähnlich und Auswirkungen sind abseits der Prozesse zu spüren. Beispielsweise bei Qualität, Sicherheit und Dokumentation etc. Kurzum keine Dinge die sich direkt auf den Prozess auswirken aber dennoch sehr wichtig sind. Dennoch wird das Ende des Prozesses (sh. Abbildung 53) in Zukunft nicht mehr so aussehen da Sonderfälle mit dem Assistenzsystem immer erkannt werden. Somit wird der linke Prozesszweig in Zukunft nicht mehr vorhanden sein wird da nur mehr nach Vorschrift montiert wird bzw. nur mehr „normale“ Fehler passieren. Dies bedeutet zwar nicht, dass keine Reklamationen oder Qualitätsprobleme auftreten, reduziert diese aber auf ein Minimum.

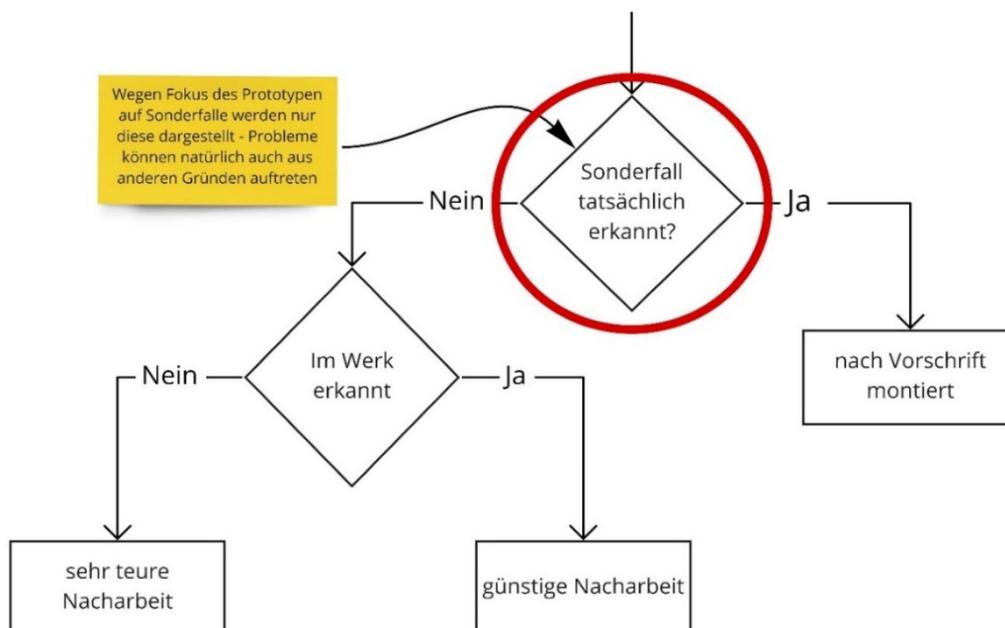


Abbildung 53. Die AR gestützte Erkennung von Sonder- und Spezialfällen.

Bei den Schulungs- und Marketing Use-Cases geht es wenig überraschend um schnelleres Lernen sowie ein besseres Verständnis (von Produkten). Inhalte und komplexe Zusammenhänge können in der virtuellen Realität wesentlich besser transportiert werden als über zweidimensionale Zeichnungen, Fotos und Videos. So führt dies bei komplizierten technischen Produkten, z.B. eine Maschine, zu einem besseren Verständnis wie diese funktionieren. Versteht der Kunde die Funktionsweise und damit den Nutzen des Produkts ist er eher gewillt dieses zu kaufen. Der Vertriebsprozess wird beschleunigt. In Zukunft gibt es auch Überlegungen solche Systeme auch im Aftersales Prozess einzusetzen. Manche Maschinen sind sehr kompliziert aufzubauen. Es dauert daher länger bis diese richtig kalibriert sind und optimal laufen. Daher sollen Sollwerte sowie Echtzeitdaten am virtuellen Produkt eingeblendet werden. So soll beim bzw. nachdem Aufbau der Maschine erkannt werden in welchem Bereich(en) noch nachjustiert werden muss, um eine optimale Leistung zu erhalten. Auch die Vorstellung wie individuellen Produkten wie z.B. Einrichtungen in der Realität aussehen werden kann verbessert werden. Teilweise können die Produkte auch in der VR angepasst und Änderungen besprochen werden. Dadurch kommen es in der Realität zu weniger Adaptionen, bis das Produkt dem Kundenwunsch entspricht. Dies reduziert wiederum die Planungskosten, Wartezeiten und letztendlich die gesamte Zeit der Angebotslegung. Dies spart nicht nur Geld, sondern erhöht auch die Kundenzufriedenheit da weniger Wartezeit von Nöten ist.

Auch bei klassischen Lernsystemen geht es oft um das Verständnis der Produkte - dieses Mal für die eigenen Mitarbeiter. Wie die Einzelteile zusammenwirken, wie diese zusammengebaut werden oder typische Fehler können in der VR wunderbar, ohne negative Konsequenzen, simuliert werden. Dieses „Trockentraining“ führt dazu, dass weniger Schulungspersonal nötig ist das wiederum woanders fehlt. Erfahrene Mitarbeiter die neue Kollegen schulen fehlen wiederum in der Produktion. Zudem hat jeder Instruktor einen eigenen Zugang und unterrichtet etwas anderes als seine Kollegen. Durch die Applikation wird die Ausbildung daher auch zu einem gewissen Teil normiert. Gänzlich automatisch erfolgt die Schulung nicht. Daher wird im zweiten Schritt auch in diesem Szenario mit menschlichen Ausbildern gearbeitet. Zu diesem Zeitpunkt sind die auszubildenden Personen durch die VR Schulung aber schon auf einem gewissen Niveau. Dadurch wird die zweite Phase zu einem fachmännischen Austausch zwischen Lehre und Schüler. So kann gleich eine Überprüfung erfolgen ob und wie gut die Inhalte vom neuen Mitarbeiter tatsächlich verstanden wurden. Bisher war die Phase hauptsächlich durch eine einseitige Kommunikation gekennzeichnet in der der Instruktor dem Schüler nur unterrichtet hat. Es erfolgte somit kein wirklicher Austausch über das Gelernte. Der Hauptvorteil ist allerdings, dass Werkzeuge und Handgriffe schneller gefunden und durchgeführt werden. Dadurch bricht die die Performance der Produktion in einem wesentlich geringeren Umfang ein als dies normalerweise der Fall ist, wenn neue Mitarbeiter in der Produktion beginnen. Zudem wird erwartet, dass der Performancerückgang auch nicht so lange anhält und weniger (Anfänger-)Fehler passieren. Weniger bis keine Fehler sind auch das Stichwort bei ähnlichem Systemen die das Auftreten von kritischen Situationen visualisieren. Beispielsweise Unfälle, Gasaustritte oder Zugentgleisungen. In diesen Szenarien ist es wichtig schnelle, aber auch richtige Entscheidungen zu treffen. Dabei kann es beispielsweise darum gehen Kollegen vor gefährlichen Objekten wie Stromkabeln oder Gasanschlüssen zu warnen oder die richtige Reihenfolge für den Abtransport von Verletzten zu definieren. Um hier in der Realität einen kühlen Kopf zu bewahren kann es helfen ähnliche Situationen virtuell „durchzuspielen“. Ähnlich wie die Instruktoren aus der Produktion können auch hier anwesende, erfahrene Einsatzleiter dann wiederum wichtiges Feedback geben. Beispielsweise was (nicht) gut gelöst wurde, ob etwas vergessen wurde oder Gefahren richtig kennzeichnen wurden. Tipps aus der (realen) Praxis dürfen natürlich auch nicht fehlen.

Thema 5 - Auswirkungen auf Qualität

Der Einfluss der Anwendung von MR-Technologie in Prozessen wurde mittels einer Selbsteinschätzung der Unternehmen auf einer 1-5 Skala abgefragt (5 am besten, 1 am schlechtesten). Folgende Fragen wurden gestellt:

1. Wie standardisiert ist der Prozess im Ist- und Soll-Zustand?
2. Inwieweit ist eine Prozessüberwachung/Qualitätssicherung im Ist- und Soll-Prozess möglich?
3. Inwieweit können im Ist- und Soll-Prozess Daten für eine kontinuierliche Verbesserung des Prozesses gewonnen werden?
4. Inwiefern ist die Rückverfolgbarkeit im Ist- und Soll-Prozess gewährleistet?
5. Wie gut ist die Datenqualität und/oder Dokumentation im Ist- und Soll-Prozess?

Folgende Punkte wurden dabei beobachtet – nähere Infos dazu in der Publikation⁴.

1) Die Standardisierung eines Prozesses ist für die Qualität

Bei 8 Unternehmen waren die Fragen anwendbar und gaben Rückmeldung auf die gestellten Fragen. Die Standardisierung des Prozesses durch den Einsatz von MR Technologie ist bei 5 Unternehmen verbessert. Im Detail hat sich die Standardisierung bei 3 Unternehmen um 1 Punkt verbessert, bei 1 Unternehmen um 2 Punkte verbessert, bei 1 Unternehmen um 3 Punkte verbessert. Bei 3 Unternehmen blieb die Standardisierung unverändert, bei keinem Unternehmen verschlechterte sie sich im Soll-Zustand im Vergleich zum Ist-Zustand.

2) Prozessüberwachung/Qualitätssicherung

MR Anwendungen werden unter anderem zur Unterstützung der Qualitätssicherung eingesetzt. Auch MR Anwendungen, die Qualitätssicherung nicht als primäres Ziel verfolgen, können die Qualitätssicherung indirekt unterstützen.

Von 8 Unternehmen gaben 7 an, dass die Anwendung die Prozessüberwachung bzw. Qualitätssicherung im Vergleich zum Ist-Prozess besser unterstützt. 2 Unternehmen meldeten eine kleine Verbesserung (1 Punkt), 3 Unternehmen eine mittlere Verbesserung (2 Punkte), 2 Unternehmen eine große Verbesserung (3 Punkte). 1 Unternehmen gab an, dass die Anwendung keinen Einfluss auf die Qualitätssicherung hat. Bei keinem Unternehmen kam es zu einer Verschlechterung im Vergleich zum Ist-Zustand.

3) Kontinuierlicher Verbesserungsprozess (KVP)⁵

Um die Qualität eines Prozesses zu verbessern wird häufig der PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) herangezogen. Dieser ermöglicht einen systematischen Ansatz die Qualität kontinuierlich zu verbessern. Im Streben nach ständiger Verbesserung findet der kontinuierliche Verbesserungsprozess (KVP) in Firmen Anwendung. Dabei ist die Identifikation von Verbesserungspotentialen die Ausgangsbasis einer jeden Verbesserung. Die Frage nach Daten für den

⁴ Zigart, T., T., Kormann-Hainzl, G., Lovasz-Bukvova, H., Hölzl, M., Moser, T. & Schlund, S. (2021). *Application of a multi-criteria Evaluation Model for Augmented Reality Use Cases in Manufacturing*. Journal of Manufacturing Technology Management (in Vorbereitung)

⁵ Wappis, Jung (2013) Null-Fehler-Management, Umsetzung von Six Sigma

KVP ist daher essentiell, da die MR Anwendung auf diese Weise zur Identifikation von weiteren Verbesserungspotentialen dienen kann.

Die Befragungen zeigen, dass in 6 von 8 Unternehmen nützliche Daten als Input für den KVP durch die MR Anwendung gewonnen werden. Im Detail haben 2 Unternehmen eine kleine Verbesserung (1 Punkt) angegeben, 3 Unternehmen eine mittlere Verbesserung (2 Punkte) und 1 Unternehmen eine große Verbesserung (3 Punkte). 2 Unternehmen gaben an, keine weiteren Daten für den KVP aus der MR Anwendung generieren zu können. Bei keinem Unternehmen kam es durch die Anwendung zu Verschlechterungen.

4) Rückverfolgbarkeit

In einigen Branchen ist eine Rückverfolgbarkeit von Modulen bis hin zu einzelnen Bauteilen verpflichtend. Um eine solide Prozessstabilität und rasche Reaktion bei Fehlern zu gewährleisten, sind viele Unternehmen an einer guten Rückverfolgbarkeit ihrer Prozesse und Produkte interessiert. Daher ist die Frage, ob MR Anwendungen die Rückverfolgbarkeit verbessert, auch wenn dies nicht das primäre Ziel der Anwendung ist.

Von 8 Unternehmen gaben 2 an, keine Effekte bzgl. Rückverfolgbarkeit von Ist- zu Soll-Zustand zu erwarten. 6 Unternehmen gaben an, eine Verbesserung in der Rückverfolgbarkeit zu erzielen. Im Detail gab 1 Unternehmen leichte Verbesserung (1 Punkt) an, 2 Unternehmen mittlere Verbesserungen (2 Punkte), 3 Unternehmen eine große Verbesserung (3 Punkte).

5) Datenqualität/Dokumentation

Saubere Dokumentation und gute Datenqualität ermöglichen Unternehmen abseits der Vorgaben eine gute Planung, Stabilität, Sicherheit bei Abgängen, etc.

Dokumentation wird oftmals als Belastung empfunden, die zum Schluss eines Auftrags schnellstmöglich abgewickelt wird. MR Anwendungen können aufgrund von Bestätigungsschritten oder Kameraaufnahmen während dem Prozess Daten erfassen. Das reduziert den Dokumentationsaufwand am Ende des Prozesses und beeinflusst die Datenqualität positiv, da die Daten bereits im Moment aufgenommen werden.

Von 8 Unternehmen haben 7 die Frage beantwortet, 2 davon gaben an, keine Effekte bzgl. Datenqualität und Dokumentation von Ist- zu Soll-Zustand zu erwarten. Bei 5 Unternehmen verbessert sich die Datenqualität und Dokumentation. 2 Unternehmen verzeichnen eine kleine Verbesserung (KY, Bilfinger), 2 eine mittlere Verbesserung, 1 eine große Verbesserung.

Der Durchschnitt des Verbesserungsgrads liegt bei 2,8 und der Median bei 2,5. Daraus lässt sich ein mittlerer bis hoher Einfluss auf die Prozessqualität schließen. Die Auswertung der Ergebnisse lässt die Vermutung zu, dass der Grad der Verbesserung von dem Ist-Zustand abhängig ist. Ist der Ausgangswert bereits hoch, z.B. weil der Prozess bereits hoch standardisiert ist, ist keine bzw. nur wenig Verbesserung durch MR-Technologie möglich. Ist der Ausgangswert niedriger, ist das Potential zur Verbesserung durch eine MR-Anwendung deutlich höher.

Zusätzlich haben 2 Unternehmen Details zur Verbesserung der Fehlereinheiten mit -0,1 bis -0,2% bzw. -1 bis -2 % abgeschätzt. Die Einsparung an Qualitätskosten ist schwierig anzugeben. 1 Firma rechnet mit 3.000€ Einsparungen an Qualitätskosten im Monat. Eine weitere Firma rechnet mit -1/3 der costs of poor quality.

Thema 6 - Auswirkungen auf Effizienz und Produktivität

Die Auswirkung auf die Effizienz wurden über verschiedene Abschnitte abgefragt. Bei der Prozessaufnahme von Ist- und Soll-Zustand wurden die Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten der Unternehmenspartner abgeschätzt. Daraus ergibt sich eine quantitative Einschätzung der Veränderungen durch den Einsatz von MR Technologie. Zusätzlich wurden Fragen zur Einschulungsdauer und notwendigen Einschulungszeiten auf die neue Technologie und den geänderten Prozess gestellt. Die Unternehmen haben weiters den größten Nutzen in ihrem spezifischen Use Case beschrieben. Die Bearbeitungszeit, d.h. die Zeit die tatsächlich für die Erledigung der einzelnen Tätigkeiten benötigt wird, wird im Ist- und Soll-Zustand betrachtet.

Von 9 Firmen gab lediglich eine Firma an, dass die Bearbeitungszeit unverändert bleibt, bei keiner Firma kommt es zur Verschlechterung. 7 Unternehmen gaben eine Verbesserung an, davon haben 4 Unternehmen die Effizienzsteigerungen beziffert. Im Durchschnitt kommt es in etwa zu 31% Zeiteinsparung durch die Anwendung der MR Technologie im jeweiligen Prozess.

Die Gründe für Effizienzsteigerungen sind sehr vielfältig. Genannte Gründe der Unternehmen sind:

- Durch vereinfachte, schnellere Informationsbeschaffung entfällt langwierige Suche nach Informationen
- Saubere, teilweise automatische Dokumentation führt zu
 - einer besseren Learning Curve
 - besserer Qualität und weniger Fehler
 - besserer Logistik, da Buchungen für die (Ersatz-)teilentnahme direkt im Prozess getätigt werden anstatt nachträglich zu dokumentieren
- durch die genauere Untersuchung der Prozesse wurden zusätzliche Potentiale im Prozess erhoben

Die Unternehmen wurden nach dem größten Nutzen aufgrund der Einführung der MR-Anwendung im Prozess gefragt, welche hier genannt werden:

- Die Erhöhung der Datenqualität, die Verbesserung der Informationsweitergabe und die Einsparung von Arbeitszeit
- Die Einsparung von Zeit zur Lösung von Problemen, die geringer qualifizierte Mitarbeiter auf Baustellen sonst nicht lösen können. Bestenfalls wird der Reiseaufwand für Experten zur Lösung der Probleme vermieden oder verringert
- Die Steigerung der Produktivität sowie Reisekosteneinsparungen
- Produktivitäts- und Qualitätssteigerung durch Trennung von Montage- und Logistiktätigkeiten und durch AR Unterstützung für Kitting
- Reduzierung von Montagefehlern durch die mobile Montageanleitungen und Qualitätschecks (KBA)
- Bessere Dokumentation der Ist-Prozesse, Qualitätssteigerung, Zeitgewinn durch Qualitätssteigerung und Garantie, dass die Kontrolle durchgeführt wird. Dokumentationsaufwand wird reduziert
- Ablauf wird durch neue Mitarbeiter weniger gestört, dies führt zu erhöhter Produktivität. Weniger Schulungspersonal wird benötigt. Durch die bessere Einschulung kommt es zu einer Steigerung der Qualität.
- Die Einsparung von Dienstreisen und schnellere Problemlösung durch Remote Support vor Ort

- Durch die Prozessanalysen im Rahmen des Projekts wurden viele weitere Potentiale im Prozess gefunden, wodurch die gewonnene Zeit für andere Prozessschritte und zur weiteren Optimierung genutzt werden kann.

Zusätzlich zur tatsächlichen Arbeitszeit wurde die Durchlaufzeit des gesamten Prozesses erfragt. Im Verhältnis zur Bearbeitungszeit kann die Flussrate berechnet werden, welche eine gute Prozesskennzahl darstellt. Von den 11 befragten Unternehmen gaben 6 Unternehmen an, dass die MR Applikation keine Auswirkung auf die Durchlaufzeit hat. 4 Unternehmen rechnen mit einer Durchlaufzeitreduktion zwischen 10 und 25%. Eine Firma im Remote Support rechnet mit einer Reduktion von notwendigen Dienstreisen von 90 auf 50% und somit einer rascheren Lösung eines Problems durch Unterstützung aus der Ferne. Reisezeiten entfallen und wirken sich direkt auf die Durchlaufzeit aus. 1 Unternehmen konnte die Auswirkung auf die Durchlaufzeit noch nicht abschätzen.

Um die Potentiale heben zu können, muss die MR Anwendung in der Praxis zum Einsatz kommen und die MitarbeiterInnen darauf eingeschult werden. Der Einsatz der Technologie ändert den Prozess, teilweise werden durch genaue Prozessanalysen weitere Prozessverbesserungen angestoßen, wodurch es zu weiteren Prozessänderungen kommt. Die Einschulungsdauer für die MitarbeiterInnen ist ein entscheidender Faktor, um die Effizienzpotenziale zu heben. Nachdem es wenig bis keine Erfahrungswerte der Technologie in den Unternehmen gibt, schätzten die befragten Unternehmen die Einschulungszeiten für den neuen Prozess mit der MR Applikation. Im VR Bereich wurde die Einschulungszeiten zwischen 0,25 und 1 Stunde geschätzt. Bei Remote Support Anwendungen schätzten 2 Unternehmen 0,5 Stunden pro Person, 1 Unternehmen schätze 8 Stunden, da sich dadurch der Serviceprozess stark verändert. Ein Use Case im AR Schulungsbereich wurde mit 1,5 Stunden pro MitarbeiterIn abgeschätzt. Im Durchschnitt wurde somit die Zeit auf 2,23 Stunden geschätzt, im Median auf 0,625 Stunden für die Einschulung auf den neuen Prozess mit der AR-/VR- Applikation.

Thema 7 - Erweiterungspotentiale und Skalierungseffekte

Idealerweise kann eine MR Anwendung bzw. einzelne Funktionen und Features für weiteren Geschäftsprozessen in einem Unternehmen zur Anwendung gebracht oder leicht adaptiert wiederverwendet werden. werden oder mit geringem Aufwand angepasst werden. Solche Erweiterungspotentiale und Skalierungseffekte basierend auf folgenden zwei Fragen sind zu beobachten (siehe Kormann-Hainzl, et. al⁶):

- 1) Gibt es weitere Prozesse, wo genau der Prototypen eingesetzt werden kann?
- 2) Gibt es weitere Prozesse, wo ein ähnliches System eingesetzt werden könnte?

Von 8 befragten Unternehmen gaben 2 Unternehmen an, den Prototypen nicht für andere Prozesse einsetzen zu können - auch nicht in veränderter Form. 6 Unternehmen haben weitere Anwendungsfälle für den Prototypen als den geplanten Prozess angedacht und 5 Unternehmen können die MR

⁶ Kormann-Hainzl, G., Zigart, T., T., Lovasz-Bukvova, H., Hölzl, M., Moser, T. & Schlund, S. (2021). *Looking behind the obvious – second round effects on remoteness by using assistant systems based on augmented and virtual reality technology – a cross industry comparative case study*. Journal of Manufacturing Technology Management (in Vorbereitung)

Anwendung in abgeänderter Form in weiteren Prozessen verwenden. Diese Synergieeffekte wirken sich positiv auf die weitere Ausrollung von MR Technologie in den Unternehmen aus.

Aus der Fülle von umgesetzten und teils sehr speziellen Prototypen haben sich grob zwei Arten von Use-Case herauskristallisiert deren Einsatz nicht auf bestimmte Problemstellungen begrenzt ist, sondern die im Gegenteil recht universell einsetzbar ist: Der Remote Support Prototyp sowie die Use-Cases die „virtuelle Post-Its“ verwenden. Im Themenstream Remote Support wurde derselbe Prototyp für alle Unternehmen verwendet wurde. Die Einsätze sind sehr verschieden und keine Spezialisierung ist notwendig. Mittels Sprache und Video können die Probleme vor Ort größtenteils mit Remote Support gelöst werden. Punktuell macht der zusätzliche Einsatz von Annotationen und Markierungen Sinn, um kritische Bereiche hervorzuheben. Hier können fachspezifische Zeichen und Symbole von Nutzen sein.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass auf einem abstrakten Level fast alle Remote Support Fälle ähnlich ablaufen: Der Experte bekommt ein gutes Bild von der Lage, obwohl er oder sie nicht vor Ort ist. Gleichzeitig muss der Lösungsweg für den Mitarbeiter vor Ort verständlich sein. Für diese zwei Punkte werden keine speziellen extra Features benötigt. Folglich kann diese Anwendung auch von anderen Firmen für andere Support Themen verwendet werden. Grundsätzlich ist man aber nicht einmal auf den Support beschränkt, sondern es sind alle Szenarien denkbar in denen eine Art „Qualifikationssharing“ auftritt - sprich wenn jemand mit mehr Fachwissen jemand anderen anleitet.

Persistente virtuelle Markierungen („virtuelle Post-Its“) verbleiben an Ort und Stelle und können Informationen und Hinweise z.B. für Maschinen hinterlassen. Dies funktioniert im Gegensatz zu einer schriftlichen (ungefähren) Positionsbeschreibung wesentlich besser. Die Annotationen können an vielen Orten angebracht werden wie z.B. im eigenen Lager oder in der Wartungsklappe einer Maschine beim Kunden. Die „virtuelle Post-Its“ können vielerlei Zwecke haben: Es kann für die eigenen Servicemitarbeiter der Hinweis hinterlegt werden, ob etwas auffällig ist z.B. „Öl tritt aus“, „beim nächsten Mal die Feder der Maschine zu checken“, da diese auffällige Geräusche macht oder mit welchen Parametern die Maschine serviciert werden sollen. Abseits von Service Einheiten finden sich Anwendungsfälle: Beispielsweise kann ein Bereich auf potentielle Gefahren untersucht werden und davor gewarnt werden - „Achtung Abdeckung hält nicht richtig“, „Bruch in der Mauer“ etc. Ähnliche Umgebungsinformationen sind wichtig, wenn beispielsweise ein größeres Produkt wie eine Maschine oder eine andere Konstruktion angefertigt werden soll und die Umgebung zunächst auf ihre Eignung geprüft werden muss. Kurzum die virtuellen Notizen haben wie der Remote Support ähnlich viele Anwendungsbereiche.

Weitere Vorteile sind bei beiden Bereichen die Dokumentation direkt im Prozess sowie die Reduzierung von Datenverlust. Durch den Videostream des Remote Supports bzw. die Bilder die bei den „virtuelle Post-Its“ hinterlegt werden können kommt es zu einer Dokumentation der Problemstellung sowie von Arbeitsschritten während des Prozesses, da die Informationen in einer Datenbank hinterlegt werden. Dadurch werden vorhandene Medienbrüche reduziert. Werden die Probleme und Informationen gleich digital aufgenommen kann es nicht passieren, dass (handgeschriebene) Notizen verloren gehen oder wichtige Details vergessen werden, weil diese erst später elektronisch erfasst werden. Ansonsten führt dies oft zu Rückfragen oder Fehlern, die den Prozess verlangsamen. Passiert dies nicht mehr (so oft) können Produkte und Services schneller durchgeführt werden. Dies kann zu einer Steigerung der Kundenzufriedenheit führen.

Thema 8 - Rahmenbedingungen der Technologie

Überraschenderweise wird ständige Konnektivität nicht als extrem große Hürde, auch im Ausland, gesehen. Das liegt vor allem auch daran, dass sich viele Systemnutzer bewusst nicht auf dauerhafte Internetverbindungen verlassen wollen und können. Die Prototypen sind oftmals so aufgebaut, dass punktuell up- und downloaden ausreicht. Die Verbindung muss daher nicht zwangsläufig direkt während des Einsatzes vorhanden sein, sondern der Datenaustausch kann auch vorher und/oder nachher passieren. Auch die Bandbreite ist in diesen Fällen kein Problem sofern sie nicht so gering ist, dass der Anwender verzweifelt da ansonsten die Akzeptanz der Mitarbeiter verloren geht. Wenig überraschend ist, dass bei den Use-Cases, die im bisherigen Ablauf (Ist-Prozess) bereits auf ständige Konnektivität angewiesen waren, diese im neuen (Soll-)Prozess als noch wichtiger bewertet wird. Viele davon werden allerdings innerhalb der Firma und nicht im „Feld“ sprich bei einem Kunden oder in rauen Umgebungen wie einem Bergwerk eingesetzt. In diesen Fällen bestehen ebenfalls kaum Probleme. Allerdings wird in diesen Fällen meistens das hauseigene Intranet verwendet da sich die benötigten Daten meist im internen Netzwerk befinden und eine Verbindung nach außen nicht nötig bzw. zu unsicher ist. Fällt allerdings die Verbindung aus so können Daten nicht mehr abgefragt werden und das System steht. Allerdings ist das Risiko diesbezüglich relativ gering. Für Firmen die das System intern verwenden, aber zuvor keine Verbindung benötigt haben, ergeben sich Kosten für die Installation von Routern und Access Points. Für die Systeme die im „Feld“ im Einsatz und ständige Verbindung benötigen führt mangelnde Konnektivität natürlich zu enormen Probleme. Das beste Beispiel ist hier der Themenstream Remote Support der sowohl eine gute Verbindung als auch Bandbreite benötigt da hier live Videodaten übertragen werden. Aber auch hier wird der grundsätzliche Zustand vergleichsweise gut bewertet. Oftmals wird unterschätzt wie gut die Verbindungen im Ausland sind. In Asien ist das LTE bzw. mittlerweile 5G Netz wesentlich besser ausgebaut als hierzulande und auch in Afrika ist das Netz größtenteils sehr gut. Hier wird oft vergessen, dass insbesondere Afrika kaum ein leitungsgebundenes Telefonnetz (Festnetz) hatte und direkt den Sprung auf das mobile Netz vollzogen hat. Viele Unternehmen agieren zudem in Ballungsräumen in denen ganz gleich ob in Europa oder auf anderen Kontinenten die Internetverbindungen sehr gut sind. Kritisch wird es in abgelegenen Regionen vor allem aber in Sonderfällen wie Bergtälern, U-Bahn-Schächten oder Tunnels. Diese Probleme bestehen aber weltweit und können nur durch eine Verstärkung und Weiterleitung des Signals gelöst werden. Dies macht aber nur Sinn, wenn das System länger bzw. dauerhaft an dem Ort benutzt wird da es erhebliche Kosten verursacht. Ebenfalls nicht zu unterschätzen sind die Roaming Kosten außerhalb der EU insbesondere, wenn eine hohe Datenmenge übertragen wird. Ein weiteres Bedenken ist die Gefahr von Zensur bzw. Restriktionen gegen gewisse Technologieframeworks die den Einsatz des Assistenzsystems stören oder gar unmöglich machen. Dies betrifft hauptsächlich das Ausland. Konkret wurde hier China als Beispiel genannt, wo bereits jetzt der Einsatz von WhatsApp verboten ist und dies im aktuellen (Ist-)Prozess teilweise auch problematisch ist.

Viele Einschränkungen finden sich innerhalb des großen Themas Compliance. Vor allem in kritischen Branchen gibt es viele gesetzliche Regeln und Normen die eingehalten werden müssen. Neben diesen Rahmenbedingungen muss, in gewissen Branchen, teilweise auch die Software validiert werden. Dies muss bei jeder noch so kleinen Änderung des Codes wiederholt werden und bedeutet einen extrem hohen Aufwand. Dieser zahlt sich mitunter nicht aus, wenn das Assistenzsystem nicht einen deutlichen Mehrwert bietet. In solchen Bereichen muss auch einwandfrei festgestellt werden welcher Person im

System angemeldet ist und dieses benutzt. Der Account muss dementsprechend mit einem (sehr) sicheren Passwort geschützt werden. Die Eingabe von längeren Passwörtern und Sonderzeichen etc. stellt normalerweise kein großes Problem dar. Bei der Verwendung von Head-Mounted Displays gestaltet sich eine fehlerfreie Eingabe mittels Gestensteuerung mehr als schwierig. Werden wie in diesem Fall Personendaten verwendet muss dies natürlich DSGVO konform passieren. Dies wird aber als kein allzu großes Problem gesehen vor allem in Asien und Amerika da dort dem Datenschutz keine große Rolle zukommt. Aber auch hierzulande wird dies, ähnlich wie firmeninterne Vorgaben, nicht als großartiges Problem gesehen. Hier wurde nur einmal kritisiert, dass aktuell wichtige Firmendaten über das öffentliche Netz gesendet werden. Mithilfe des Assistenzsystems soll dieses Sicherheitsrisiko behoben werden. Kritische Einschränkungen herrschen durch Anforderungen seitens der Kunden. Vor allem Foto- und Videoübertragungen aus Anlagen von Kunden sind nicht erst seit diesem Projekt unerwünscht. Dieses Problem wird sehr divergent gesehen. Während manche Unternehmen dies als (sehr) problematisch sehen sind andere der Meinung das dies, z.B. mittels Compliance Verträge, managebar ist. Andere argumentieren (zusätzlich) wiederum mit dem Vorteil des Assistenzsystems für den Kunden. Eine schnelle und gute Reparatur oder eine genaue Dokumentation bzw. Belege von (nicht) gemachten Arbeitsschritten ist es dem Kunden wert das Risiko einzugehen. Auch wenn Asien hinsichtlich des Datenschutzes wegen rascherer Bestimmungen leichter zu handhaben ist so ist dies im Falle von (Compliance) Verträge ein Nachteil und kann durchaus zu Problem führen. Dies geht sogar so weit, dass manche Unternehmen bewusst, bereits jetzt, nicht mit Kunden arbeiten die zu viele Compliance Themen haben.

Die Verfügbarkeit der Hardware schein hingegen keine Restriktionen hinsichtlich der Nutzung von MR Assistenzsystemen zu sein. Smart Devices wie Tablets und Smartphone sind sehr leicht zu beschaffen. Auch bei AR und VR Brillen ist dies der Fall. Es kann nur zu etwas längeren Lieferzeiten kommen. Problematisch sind eher die Kosten. Insbesondere wenn sehr viele Mitarbeiter damit ausgestattet werden müssen und von vielen Ersatzgeräten auszugehen ist da die Geräte wegen rauer Bedingungen öfter kaputt werden. Dazu mehr im Hardware Kapitel. Auch die Kompetenzen hinsichtlich des Einsatzes und Betriebs des Systems werden mit einem mäßigen bis geringen Aufwand bewertet. Dahingehend sehen sich die Teilnehmer des MRBC4i Projekts gut gerüstet. Problematisch wird allerdings die (Weiter-)Entwicklung der Systeme. Manche gehen davon aus, kleiner Entwicklungen selber zu machen oder dahingehend Kompetenzen aufzubauen. Die Mehrheit sieht aber nicht genug internes Know-How und geben an bei (größeren) Weiterentwicklungen auf externen Partner angewiesen zu sein.

Thema 9 - Hard- und Software

Eine der auffälligsten Erkenntnisse seitens der Hardware ist, dass diverse namhafte Hersteller wie Daqri, Meta, ODG oder StarVR während der Projektlaufzeit, trotz teils millionenschwerer Investments, mittlerweile insolvent sind. Daraus lässt sich ableiten, dass die Hardware noch nicht gänzlich reif für den breiten Markt bzw. die Industrie ist. Dies spiegelt sich auch in den Prototypen sowie der Begleitforschung wieder. Zwar haben die Hersteller Branchen Bedürfnisse teilweise erkannt, beispielsweise entwickelte Daqri einen AR Schutzhelm, dennoch werden potentielle Kunden vermutlich durch den stolzen Preis von 15.000\$ (rund 13.000 €) abgeschreckt. Andere Head-Mounted Displays kostet meist zwischen 500€ und 3.000€ sind allerdings meist nicht sonderlich robust

geschweigen denn industrietauglich. Daher können auch solche Preise schnell eine Summe annehmen die, insbesondere für kleinere Unternehmen, zu hoch ist. Vor allem wenn die Hardware mangels Industrietauglichkeit oft kaputt ist oder schlicht dutzenden Mitarbeitern mit AR/VR Brillen ausgestattet werden müssen. Bei den beteiligten Unternehmen werden im Schnitt meistens entweder 1-3 oder 15-20 Geräte benötigt. Bei 20 oder mehr Geräten kann der häufige Ersatz, wie angesprochen, sehr teuer sein. Auffällig ist auch das neben den Head-Mounted Displays die dazugehörigen Peripheriegeräte, wie beispielsweise Controller oder VR Handschuhe, nicht immer ganz präzise zu bedienen sind. Interessant ist hier, dass aktuelle VR Handschuhe, die preislich mehrere tausend Euro kosten, zum Teil eine schlechtere Performance liefern als die 2013 am Markt gekommene Leap Motion die damals wie heute (sofern noch vertrieben da veraltet) rund 80€ kostet. Während die Entwicklung von MR Applikationen im Allgemeinen als relativ gut durchführbar beschrieben wird und der Vorteil des freihändigen Arbeitens bei Head-Mounted Displays gegenüber Smartphones auf der Hand liegt so finden sich viele Kontra-Argumente auf Seiten dieser Hardware. Die meist genannten Punkte sind Ergonomie- und Akkuprobleme sowie das eingeschränkte Sichtfeld bei AR Brillen. Probleme mit der Ergonomie treten vor allem bei Brillenträgern auf allerdings auch durch die unterschiedlichen Kopfgrößen und Formen. Zudem wurde mehrfach berichtet, dass durch das Gewicht, besonders bei Head-Mounted Displays bei denen sämtliche Hardware am Kopf montiert ist (und nicht beispielsweise am Gürtel), der Kopf und Nacken stark belastet wird. Generell ermüdet man schneller und benötigt mehr Pausen während der Arbeit. Mobile Head-Mounted Displays werden zwar, im Gegenzug zu kabelgebunden, als positiv wahrgenommen dennoch leiden sie wie alle mobilen Devices an Akku Problemen die je nach Einsatzgebiet mehr oder weniger problematisch sind. Bei einigen Use-Cases kann dies aber zum KO-Kriterium werden. Ein bekanntes Problem von AR Brillen ist das geringe Sichtfeld (Display) innerhalb dessen AR Annotationen möglich sind. An größeren Displays wird gearbeitet dennoch sind die meisten Geräte diesbezüglich noch (sehr) begrenzt. Zudem wurde des Öfteren berichtet, dass auch das allgemeine Sichtfeld (der Realität) vergleichsweise klein da dieses durch Brillenränder etc. beschränkt ist. Das führt dazu, dass der Arbeitsplatz nicht gut einsehbar ist beziehungsweise ist das Erkennen von relevanten Informationen in der Umgebung nur durch starkes Drehen des Nackens möglich. Dies bringt uns wieder zu den bereits beschriebenen Ergonomie Problemen. Auch die Eingabe komplizierter Informationen wie beispielsweise Hochsicherheitspasswörter gestaltet sich mit Head-Mounted Displays und derer Gestensteuerung als schwierig.

Wie eingangs erwähnt ergibt sich der Eindruck als wäre die Hardware abseits von Nischenmärkten noch nicht „angekommen“. Dieser Eindruck bestätigt sich auch wenn wir die Ausleihstatistiken des MRBC4i Hardwarepools betrachten. Dieser wurde mit der Idee eingerichtet das Firmen unterschiedliche Head-Mounted Displays sowie Peripheriegeräte (aus-)probieren können ohne diese direkt kaufen zu müssen. Es wurde sich daher seitens des Projekt- und Forscherteams reger Zulauf erwartet da diese Möglichkeit ansonsten nicht besteht. Daher war es umso überraschender, dass im Projektjahr 2019 rund $\frac{1}{3}$ bzw. 6 von 15 Devices nie ausgeborgt wurden und sich ansonsten die Nachfrage auf nicht mal die Hälfte der beteiligten Firmenpartner beschränkte. Ein ähnliches Bild zeichnet sich 2020 trotz Anschaffung von fünf neuen Devices ab. 13 von 20 Geräten bzw. rund $\frac{2}{3}$ wurden nie ausgeborgt. Drei interessierte Unternehmen kamen hinzu allerdings sank verständlicherweise das Interesse der Firmen, die bereits 2019 Hardware ausgeborgt hatten, enorm. Zudem muss erwähnt werden das natürlich die Covid-19 Krise, wie so vielem, auch dem Verleihsystem einen Strich durch die Rechnung machte. In Summe ist dennoch der Trend erkennbar, dass sich das Interesse für die Hardware in Grenzen hielt und nicht mal die Hälfte der Firmen dieses Angebot nutzen.

Bedingt durch die beschriebenen Probleme von Head-Mounted Displays sowie die überraschend geringe Beteiligung am Hardwarepool ist es daher letztendlich nicht mehr sonderlich erstaunlich, dass die meisten Use-Cases auf handelsüblichen Smartphones oder Tablets umgesetzt wurden. Hervorzuheben ist dabei, dass dies vor allem AR Anwendungen zutrifft. Neben den beschriebenen Problemen liegt auch die Vermutung nahe, dass viele zuerst auf Smart Devices entwickeln um die Umsetzbarkeit und Funktionalität zu testen bevor sie unter Umständen auf Head-Mounted Displays wechseln. Dennoch scheinen viele Firmenpartner auch mit der Smart Device Variante zufrieden zu sein. Neben preislichen und ergonomischen Vorteilen können Smartphones oder Tablets auch für andere Zwecke verwendet werden und gehören bereits jetzt oft zum Standardrepertoire. Dadurch ergeben sich bei vielen Firmenpartnern keine (zusätzlichen) Hardwarekosten. Hinzu kommt, dass die Flaggschiffe der aktuellen Smartphone Generation zunehmend mit Tiefensensoren ausgestattet sind die eine dreidimensionale Wahrnehmung der Umgebung ermöglichen. Bisher war dies nur mit den in den Head-Mounted Displays integrierten Sensoren oder externen Geräten möglich. Es ist daher anzunehmen, dass diese Sensoren in einigen Jahren auch in Standardgeräten verbaut wird. In Kombination mit den bereits genannten Punkten sprechen bei AR Anwendungen daher, sofern es nicht zwingend freihändiges Arbeiten bedarf, gar nicht mehr so viele Dinge für die Verwendung einer AR Brille. Ein anderes Bild zeigt sich bei VR Anwendungen: Diese wurden zur Gänze auf VR Brillen umgesetzt. Dies ist insofern ebenfalls wenig überraschend als das ein realistisches Gefühl für eine virtuelle Umgebung nur entstehen kann, wenn diese nahtlos ohne die (echte) Realität angezeigt wird. Dies ist natürlich bei Smart Devices nicht möglich, bei Head-Mounted Displays allerdings schon. VR Darstellungen sind deutlich einfacher umzusetzen sind da sie keine großartigen Umgebungsinformationen benötigen. Daher benötigen VR Brillen auch viel weniger (teure) Sensoren die die Umgebung abtasten. Daraus resultiert ein günstigere Gerätepreise. Festzuhalten ist ebenfalls, dass sich alle VR Use-Cases in den Themenstreams „Präsentation von Produkten“ und „Schulung und Training“ finden. Im Gegensatz zu einigen AR Anwendungen sind daher viele VR Use-Cases nicht für die tägliche Arbeit geplant, sondern nur für punktuelle Schulungen oder um den Kunden ein Produkt näher zu bringen. Daher werden auch nicht so viele Geräte benötigt, die an sich schon günstigeren Hardwarekosten sinken dadurch nochmals. Ergonomieprobleme treten natürlich auch bei VR Brillen auf allerdings sind die meisten Use-Cases nicht darauf ausgelegt diese regelmäßig zu (be-)nutzen. Daher ist diese Problematik, ähnlich wie die Budgetfrage, im VR Bereich als abgeschwächt zu betrachten. Das Argument des beschränkten Sichtfeldes gibt es im VR Bereich ohnehin nicht.

Zusammenfassend ist daher zu sagen, dass für die meisten AR Problemstellungen handelsübliche Smartphones reichen und dies mit zunehmender Rechenleistung sowie besseren Sensoren(-typen) weiterhin verstärkt wird. Allerdings ist hier anzumerken das manche Use-Cases auch an die Nachteile der Hardware angepasst wurden bzw. passende Einsatzgebiete gefunden wurden. Während bei manchen Firmen zu Beginn noch davon ausgegangen wurde das Gerät länger im Arbeitsalltag im Einsatz zu haben wurde schnell klar, dass das nicht wegen der eben beschriebenen Ergonomieprobleme nicht möglich ist. Das ein Gerät die Umgebungsbedingungen wie Dampf und Hitze in der Produktion nicht aushält kommt ebenfalls vor. Daher wurde in diesen Fällen oft ein spezielles Problem oder Arbeitsschritt gefunden der punktuell unterstützt wird sodass die Brille nicht dauerhaft getragen werden muss bzw. in einem Umfeld agiert das hardwarefreundlicher ist. VR Anwendungen machen hingegen auf Smart Devices wenig Sinn da auf diesem Weg nie ein realistisches Gefühl für die virtuelle Realität entsteht. Zudem scheinen VR Anwendungen meist ein anderes Ziel zu verfolgen und erlauben daher eine andere Art der Nutzung(-sdauer). Aus diesem Grund sind typische Probleme von Head-Mounted Displays im VR Bereich als weniger problematisch einzustufen.

Softwareseitig wurden seitens des Begleitforschungsteams folgende Auffälligkeiten registriert: Annotationen und Markierungen und Hinweise die im Raum „schweben“ und im Gegensatz zum Cursor unabhängig von AR Gerät an ihrem Ort verbleiben auch wenn dieses seine Position ändert oder ausgeschaltet wird haben natürlich viele Vorteile. So lassen sich persistente Markierungen oder Notizen generieren die auch Monate später präzise örtlich verankerte Positionsbeschreibung und Informationen liefern. Beispielsweise um den Kollegen anzuweisen ein bestimmtes Verschleißteil bzw. einen Riss zu kontrollieren oder auf Gefahren und gewisse Eigenheiten der Umgebung hinzuweisen (wie eine Art „virtuelle Post-Its“). Dies funktioniert im Gegensatz zu einer schriftlichen (ungefähren) Positionsbeschreibung natürlich wesentlich besser. Mit der Erkenntnis das dies Technik gut funktioniert und es quasi keine Beschränkung auf ganz konkrete Problem- und Themenstellungen gibt werden nun auch andere Bereiche gefunden in der diese Technologie eingesetzt werden kann. Es lässt sich daher der Eindruck gewinnen, dass die „virtuelle Post-Its“ in Zukunft auch in anderen Bereichen als dem ursprünglich geplanten eingesetzt werden da diese universell verwendbar sind. Ein Unternehmen konnte letztendlich gar drei Use-Cases mit einer „virtuelle Post-It“ Applikation abdecken. Solche universell verwendbaren Features treiben daher den „analoge“ themenunabhängigen Anwendungsnutzen.

Allerdings ziehen die Vorteile der Annotationen auch Nachteile mit sich die insbesondere im Remote Support tendenziell überwiegen. Hier hat sich gezeigt, dass oftmals simple Cursor Bewegungen reichen um eine Person bei ihrer Aufgabe zu unterstützen und gar keine Annotationen notwendig sind. Eine der Erkenntnis seitens Software war daher, dass einige Problemstellungen einfacher lösbar sind als angenommen - Stichwort overengineering. Neben dem erhöhten Implementierungsaufwand, der mitunter gar nicht nötig ist, wird zudem wesentlich mehr Rechenleistung benötigt um die Annotationen dauerhaft in Ihrer Position zu halten. Dies führt zu schlechten Akku Leistungen der mobilen AR Devices. Vor allem bei Smartphones da diese unter großer Hitzeentwicklung leiden. Insbesondere bei langen Einsätzen abseits von Stromquellen, wie es oft im Remote Support der Fall ist, ist dies natürlich ein KO Kriterium das durch die Vorteile aber nicht aufgewogen wird. In diesem Fall scheint das Sprichwort „weniger ist mehr“ definitiv zu stimmen. Ein ähnliches Bild einer „technologischen Reduzierung“ zeigte sich bei einem einer Applikation die bei der Verschraubung von Bauteilen unterstützt. Hier stellte sich heraus, dass AR Annotationen direkt a den Baugruppen wenig hilfreich sind und eine Darstellung auf einen simplen 2D (Smartphone/Tablet) Bildschirm ausreicht. Eine Reduzierung gab es auch hardwareseitig, vor allem im VR Bereich, zu sehen. Viele Unternehmen nutzen statt eines Head-Mounted Displays simple, handelsübliche Smartphones da diese, auch wenn sie kein freihändiges arbeiten ermöglichen, in den meisten Fällen ausreichen - dazu mehr im Hardware Kapitel. Im Gegensatz zu iOS bzw. Apple Produkte gibt es dank verschiedener Hersteller im Android Segment 24.000 verschiedene Geräte. Daher lässt sich softwareseitig eine erschwerte Entwicklung bzw. Wartung bei Android Device feststellen, wenn diese für mehrere verschiedenen Android Devices benutzt wird. Dies war im Themenstream Remote Support der Fall da die Applikation für mehrere Firmen, die wiederum verschiedene Android Smart Devices verwendet, entwickelt wurde.

Bei den bereits angesprochenen Annotationen sind insbesondere zwei Dinge aufgefallen: Erst mit der Veröffentlichung des Softwareframeworks Azure Spatial Anchors von Microsoft wurde eine einfache und gute Umsetzung von Annotationen möglich. Zudem löste das Framework einige davor bestehende Probleme. Zuvor haben sich Annotation verschoben oder die Tiefendarstellung nicht gepasst. Im Gegensatz dazu hat sich der im Bereich Object oder Shape based tracking innerhalb der zwei Projektjahren nicht wesentlich weiterentwickelt. Dies ist ein Bereich innerhalb der Computer Vision bei dem es darum geht, Objekte zu verfolgen, während sie sich über mehrere Videobilder

hinwegbewegen. Hier wurde überraschenderweise kaum ein Fortschritt festgestellt. Zudem gibt es nach wie vor keine guten Open Source Projekte und man ist auf kostenpflichtige Algorithmen angewiesen. Schwierigkeiten gab es auch bei der Verwendung von (fotorealistischen) Modellen. Die Rechenleistung ist begrenzt und komplett realistische Modelle noch nicht möglich. Allerdings wurde festgestellt das dies gar nicht so zwingend notwendig ist wie zuvor gedacht um einen realistischen Eindruck eines Produkts oder Lernsituation zu bekommen. Damit einhergehend war es oft nicht möglich bestehende Industriemodelle, die oftmals mit hoher Qualität aufwarten, in eine Applikation einzubauen. Daher gab es zu Beginn eine Try and Error Phase wie sehr die Qualität der Modelle verringert werden musste um dennoch eine gewisse Qualität und vor allem Performance zu erhalten. Da dieses Problem öfter auftrat wurde daher im MRBC4i-Core ein automatisierter Workflow zum Aufbereiten von CAD Modellen in MR taugliche Meshes entwickelt damit dieser Schritt in Zukunft nicht mehr manuell durchgeführt werden muss.

Thema 10 - Nutzungsbereitschaft, Qualifikation und Kompetenzen

Hinsichtlich der Anwender haben die Assistenzsysteme vor allem auch Auswirkungen auf deren Qualifikationsanforderungen. Ob diese steigen oder sinken wird, teils sehr unterschiedlich gesehen. Während viele erwarten, dass die Anforderungen steigen, da nun, zusätzlich neben der bisherigen Arbeit, auch das System verstanden und bedient werden muss, sehen es andere genau umgekehrt: Durch die Assistenzsysteme und dessen Unterstützung müssen weniger Kompetenzen vorhanden sein. Durch die Vorgabe von Arbeitsschritten oder Hinweise bei Sonderfällen bzw. kritischen Situationen wird der Mitarbeiter entlastet. Die Arbeit soll somit einfacher und leichter werden. Auch im Ausland, insbesondere Asien wurde oft genannt, kann das System diesbezüglich helfen. Da das generelle Bildungsniveau dort meist schlechter als in Europa ist hilft ein unterstützendes System umso mehr.

Insbesondere beim Themenstream Remote Support kommt es zu einem „Qualifikationssharing“⁷. Grundsätzlich gut geschulte Mitarbeiter werden von einem noch besser ausgebildeten Experten angeleitet. So können auch normale Mitarbeiter Tätigkeiten von Experten übernehmen. Die Kompetenz bleibt in diesem Fall zwar bei beiden Personen gleich das Wissen kann aber effizienter und flexibler eingesetzt werden. Dadurch können mehr Einsätze durchgeführt werden da der Experte nicht persönlich vor Ort sein muss. Zudem entlastet es das Personalbüro da solch gut geschultes Personal schwer zu finden ist. Das Stichwort Effizienz ist aber auch bei anderen Use-Cases oft gefallen. Die Arbeit soll schneller und weniger fehleranfälliger werden oder mit weniger Personaleinsatz durchführbar sein. Mitarbeiter sollen durch die Unterstützung besser auf externe Umstände oder Sonderfälle bzw. Probleme eingehen können. Wenig überraschen soll auch beim Themenstream Schulung und Training das Erlernen von neuen Kompetenzen besser und schneller von statten gehen. Neue Mitarbeiter können so früher als normalerweise eingesetzt werden und brauchen weniger Zeit um sich an die Arbeitsschritte zu gewöhnen. Dadurch fallen zum Beispiel Produktionsrückgänge, die zu Beginn durch neue Mitarbeiter verursacht werden, wesentlich geringer aus. Zudem gibt es erste Berichte, dass auch das grundsätzliche Verständnis über das Produkt oder das Ereignis, das gelernt wird, steigt. Überraschend war das diese Berichte nicht nur aus dem Bereich der Schulungsprototypen kamen. Auch Produktions- oder Marketing Use-Cases führten zu einem besseren Verständnis.

⁷ Kormann-Hainzl, G., Zigart, T., T., Lovasz-Bukvova, H., Hölzl, M., Moser, T. & Schlund, S. (2021). *Looking behind the obvious – second round effects on remoteness by using assistant systems based on augmented and virtual reality technology – a cross industry comparative case study*. Journal of Manufacturing Technology Management (in Vorbereitung)

Beispielsweise warum gewisse Arbeitsschritte nötig sind oder wie das Produkt funktioniert und dessen Komponenten ineinandergreifen. Dies gilt vor allem für die eigenen Mitarbeiter aber in bestimmten Fällen auch für die Kunden.

Zusammenfassend werden die Kompetenzen der Mitarbeiter als wichtig erachtet, teils auch mäßig wichtig, wenn das Know-How bereits in das Assistenzsystem eingeflossen ist und dieses so gut unterstützt als das Kompetenzen sogar weniger wichtig werden können. Einigkeit herrscht beim aktuellen Qualifikationsfit: Auf die Frage wie gut die Qualifikationen der aktuellen Mitarbeiter zu den Jobprofilen passen (=Qualifikationsfit) waren sich alle Firmen relativ einig, dass der Fit ein hoher ist. Uneins ist man sich wie dies in Zukunft mit dem Assistenzsystem aussieht. Das liegt an der bereits beschriebenen Diskussion ob durch die Bedienung des Systems mehr Kompetenzen benötigt werden oder durch die Anforderungen durch die Unterstützung sogar sinken.

Ein wichtiger Punkt hinsichtlich der Anwender ist natürlich deren Bereitschaft die Assistenzsysteme auch zu (be-)nutzen. Wenige Firmen bewerten diese als schlecht wissen aber dabei auf den sehr prototypischen Status hin oder Funktionen die (noch) nicht implementiert sind. Bei denen die einen gut verwendbaren Prototypen vorweisen wird die Bereitschaft grundsätzlich als positiv gesehen. Auch die Firmen die Bereitschaft schlecht bewerten einschätzen diese als gut ein sollte sich das System zu einem späteren Zeitpunkt dem „Wunsch bzw. Idealsystem“ nähern. Während manche davon ausgehen, dass das Assistenzsysteme sofort angenommen wird bewerten andere die Bereitschaft zu Beginn als mäßig, insbesondere bei Älteren, im weiteren Verlauf allerdings als gut. Diese Unternehmen sehen doch eine gewisse Vorlaufzeit sowie Überzeugungsarbeit, die nötig ist, um erste Berührungspunkte zu nehmen. Das sich junge Mitarbeiter grundsätzlich einfacher bei der Benutzung tun und ihren Arbeitsalltag schneller an das System adaptieren ist ein einstimmiger Konsens des MRBC Firmenkonsortiums. Damit einhergehend ist deren Bereitschaft das System zu nutzen auch eine höhere. Das heißt im Umkehrschluss, dass insbesondere ältere Personen gut an das System herangeführt werden müssen. Die eben genannte Einschätzung des Managements das das Alter der Personen einen Einfluss auf deren Akzeptanz hat, hat sich bei der Analyse der Fragebögen nicht bewahrheitet – siehe nächster Absatz bzw. Kapitel 10.2. Unabhängig vom Alter ist die Voraussetzung für eine gute Akzeptanz schlichtweg, dass der Nutzen für die Belegschaft bzw. den Kunden ersichtlich ist. Zudem muss das System einfach zu bedienen sein und frei von größeren Bugs sein. Vor allem im aktuellen Prototypenstatus ist letzteres nicht immer der Fall. Daher warnen manche Firmen vor der verfrühten Einführung. Durch Fehlfunktionen und der teils noch sehr prototypischen Benutzung kann schnell die grundsätzlich vorhandene Akzeptanz der Mitarbeiter verloren gehen. Daher wollen viele Firmen mit der Einführung warten bis der unausgereifter Prototypenstatus verlassen ist.

Die grundsätzliche Bereitschaft für die Verwendung der Assistenzsysteme wird auch durch Befragungen der Mitarbeiter bzw. Studenten unterstrichen – siehe dazu Kapitel 10.2. Interessant ist dabei, dass vor allem der wahrgenommene Nutzen des Systems für die Anwender ausschlaggebend und weniger die gefühlte Benutzerfreundlichkeit (Usability) ist. Personen die das System als nützlich wahrnehmen nutzen dies daher dann auch. Dies deckt sich mit der Einschätzung der Führungskräfte aus den Management Workshops bzw. des vorigen Absatzes. Was sich nicht deckt ist die Einschätzung, dass das Alter einen Einfluss hat. Überraschenderweise konnten keine Unterschiede zwischen Altersgruppen als auch Geschlechter festgestellt werden. Unter Umständen werden ältere Mitarbeiter daher unterschätzt

bzw. die Jungen überschätzt. Für mehr Details zur Akzeptanzanalyse wird auf das Kapitel 10.2. verwiesen.

10.2. Vorgehensweise für die anwenderzentrierte Evaluierung von MR Prototypen

Einleitung

Neben der technischen Umsetzung der geforderten bzw. benötigten Funktionen ist vor allem auch die Akzeptanz der Personen nötig, die das Systems (regelmäßig) einsetzen, um einen breiten, zufriedenstellenden und damit nachhaltigen Einsatz zu gewährleisten. Allzu oft kommt es vor, dass seitens des Managements falsche Erwartungen oder Anforderungen an die Entwickler weitergegeben werden. Als negatives Paradebeispiel ist hier eine Software für Steuerberater zu nennen die nur mit Maus bedienbar sein sollte. Wer die Arbeit von Steuerberater kennt weiß, dass diese sich hauptsächlich per Tasten (Kombinationen) durch die Software navigieren da sie viel mit tabellarischen Darstellungen arbeiten. Als Folge der Beschränkung auf eine Bedienung per Maus brach der Output der Kanzlei drastisch ein. Neben solch gravierenden Fehlern sind es aber oft auch jene, die weniger offensichtlich sind, die zu Problemen führen. Etwa Abläufe in der Software, in welcher Reihenfolge Eingaben erfolgen müssen, Aufteilung von Icons und Symbolen oder im Falle von AR/VR ob Head-Mounted Displays ein ungutes Tragegefühl oder Schwindel verursachen. Wer könnte seinen Arbeitsplatz und Aufgaben besser beurteilen als Mitarbeiter die ihrem Beruf täglich nachgehen? Dies können weder Softwareentwickler oder das Management. Daher ist es wichtig die Mitarbeiter mit einzubeziehen – im folgenden User oder Anwender genannt. Um die MRBC4i Prototypen aus Sicht der Anwender zu evaluieren, wurde ein hauptsächlich auf quantitativer Befragung basierender Fragebogen mittels der Umfragesoftware Unipark erstellt. Zusätzlich wurden auch papierbasierte Fragebögen angeboten. Je nach Situation der Unternehmen sollte die Variante gewählt werden die je nach (Test-)Situation vorteilhaft ist. Dabei sollen vor allem die Usability, die Akzeptanz, sowie die Ergonomie der Prototypen ermittelt werden. Der Konsens innerhalb des Begleitforschungsteams war hier vor allem auf Messmethoden/Modelle zu setzen die entweder standardisiert oder zumindest eine breite Anwendung finden. Dies gewährleistet eine Vergleichbarkeit mit anderen Projekten bzw. ähnlicher Software. Es wurde sich daher folgenden Modelle gewählt: die System Usability Scale (SUS), das Technology Acceptance Model (TAM) bzw. Konzept der Technologiekompatibilität (Technology-Compatibility), sowie der NASA Task Load Index (NASA TLX). Diese wurden um einige weitere (offene) Fragestellungen ergänzt. Eine Befragung der Anwender war nicht immer möglich (siehe Kapitel Limitierungen) zudem führte auch die Covid-19 Krise zu einer geringen Rücklaufquote da die Unternehmen mit kritischen Dingen beschäftigt waren bzw. sind. Daher wurde neben dem soeben angesprochenen Anwenderfragebogen auch ein Studentenfragebogen erstellt, um die Fallzahlen zu erhöhen. Das TAM misst insbesondere die Akzeptanz von Technologie im Zusammenhang mit den täglichen Arbeitsaktivitäten. Da die Studenten nicht mit der Arbeit der Anwender vertraut sind wurde das TAM, beim Fragebogen für die Studenten, durch das etwas allgemeinere Konzept der Technologiekompatibilität (Technology-Compatibility) ersetzt. Alle erwähnten Modelle werden im Folgenden erläutert. Der Studentenfragebogen wurde in englischer Sprache ausgegeben da die beteiligten Forschungseinrichtungen viele internationale Studenten haben, die nicht oder nur unzureichend deutsch sprechen und verstehen.

Limitierungen

Die Signifikanz der Evaluierungsergebnisse hängt stark von der Fallzahl, sprich Anzahl der Befragten ab. Leider war der Zugang zum Forschungsfeld nicht vollständig gegeben. Bei gewissen Prototypen besteht ein nur eingeschränkter Zugang zu den Anwendern. Vor allem wenn es sich dabei um Kunden der MRBC4i Partnerfirmen handelt oder Servicemitarbeiter die nicht vor Ort sind bzw. in Bereichen arbeiten, die einen Test aus Sicherheits- oder Compliancegründen nicht erlauben. Zu dem gestaltet sich eine Eins zu Eins Vergleichbarkeit der Prototypen sowohl technisch als auch fachlich schwierig: Neben den inhomogenen Problemstellungen sowie deren unterschiedlichen Komplexitäten und Ausprägung der Implementierung spielen Datenverfügbarkeit, Compliance, software- oder hardwareseitige Limitierungen eine Rolle. Vermutlich Covid-19 bedingt wurde die Möglichkeit seitens der Firmen einen Test mit den eigenen Mitarbeitern durchzuführen und anschließend mittels Fragebogen zu evaluieren wenig in Anspruch genommen. Daher wurden allgemeine gültige Modelle verwendet und versucht die Fallzahl Evaluierung mittels Studententests zu erhöhen. Konkrete firmenspezifische Aussagen ergaben sich daher nur bei drei Unternehmen. Auf diese wird hier aus Datenschutzgründen nicht eingegangen, sondern nur auf allgemein gültige Aussagen bzw. Erkenntnisse.

Vorstellung der verwendeten Konzepte und Modelle

System Usability Scale (SUS)

Die System Usability Scale (SUS) ist eine etablierte Methode zur quantitativen Analyse der Gebrauchstauglichkeit die 1986 von John Brooke entwickelt wurde. Es handelt sich dabei um einen technologieunabhängigen Fragebogen, der sich durch seinen geringen Umfang schnell durchführen lässt. Insbesondere die Technologieunabhängigkeit des SUS war bei so inhomogenen Prototypen, wie die des MRBC4i Projekts, sehr wichtig. Die SUS misst die subjektiv wahrgenommene Gebrauchstauglichkeit mithilfe von zehn Fragen:

- SUS_1: Ich kann mir sehr gut vorstellen, das System regelmäßig zu nutzen.
- SUS_2: Ich empfinde das System als unnötig komplex.
- SUS_3: Ich empfinde das System als einfach zu nutzen.
- SUS_4: Ich denke, dass ich technischen Support brauchen würde, um das System zu nutzen.
- SUS_5: Ich finde, dass die verschiedenen Funktionen des Systems gut integriert sind.
- SUS_6: Ich finde, dass es im System zu viele Inkonsistenzen gibt.
- SUS_7: Ich kann mir vorstellen, dass die meisten Leute das System schnell zu beherrschen lernen.
- SUS_8: Ich empfinde die Bedienung als sehr umständlich.
- SUS_9: Ich habe mich bei der Nutzung des Systems sehr sicher gefühlt.
- SUS_10: Ich musste eine Menge Dinge lernen, bevor ich mit dem System arbeiten konnte.

Diese Fragen werden auf einer Likert-Skala beantwortet. Eine Likert-Skala hat fünf Antwortmöglichkeiten deren Pole im Falle der System Usability Scale „Stimme überhaupt nicht zu“ und „Stimme voll zu“ lauten. Durch die Bewertung dieser zehn Fragen, bei denen jede zweite negativ formuliert ist, entsteht ein Score zwischen 0-100. Ein Wert ab 68 gilt als gute Gebrauchstauglichkeit während 100 die perfekte Gebrauchstauglichkeit versinnbildlicht (vgl. Abbildung 54). Dies ermöglicht eine Vergleichbarkeit mit anderem System bzw. Prototypen des Projekts, wenngleich es keinen Hinweis darauf gibt wo Usability Probleme vorliegen. Dafür wurden offene Fragen in den Fragebogen inkludiert.

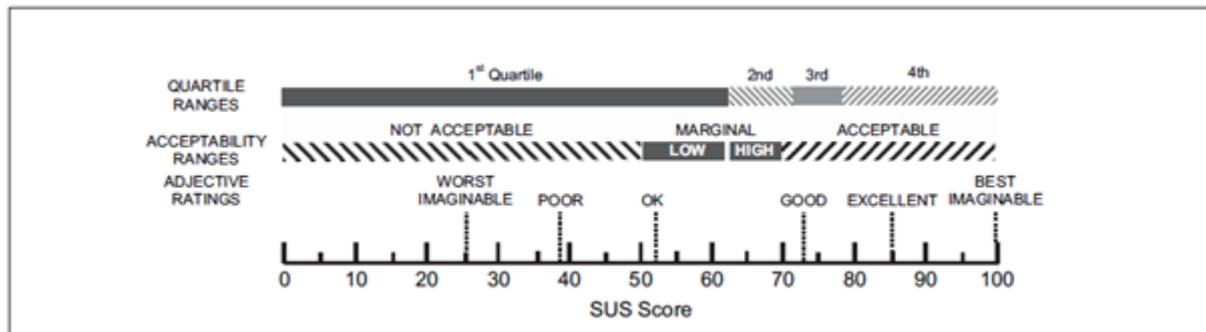


Abbildung 54. Übersetzung des SUS-Scores in Quartile, Akzeptierbarkeit und Adjektive⁸.

Technology Acceptance Model (TAM)

Das Technology Acceptance Model (TAM) stellt einen zentralen Ansatz der Akzeptanzforschung dar und entstand 1989 Fred D. Davis im Rahmen seiner Dissertation. Dieses Modell geht davon aus, dass zwei Ausprägungen entscheidend für die Technologieakzeptanz von Nutzern ist. Zum einen der wahrgenommene Nutzen (Perceived Usefulness) als auch die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (Perceived Ease of Use). Die Perceived Usefulness wird als „Das Ausmaß, in dem eine Person glaubt, dass die Verwendung eines bestimmten Systems ihre Arbeitsleistung verbessern würde“ definiert. Die Perceived Ease of Use hingegen ist „Das Maß, in dem eine Person glaubt, dass die Verwendung eines bestimmten Systems ohne Anstrengung möglich wäre.“ Beide Dimensionen haben wiederum einen direkten Einfluss auf die Einstellung bzw. Absicht eines Probanden das System zu nutzen (Behavioral Intention to Use). Diese beeinflusst ihrerseits die tatsächliche Nutzung des Systems (Actual System Use). Was recht kompliziert klingt ist gut anhand der Abbildung 55 zu verstehen in dem die Pfeile die direkte Beeinflussung der Variablen untereinander kennzeichnen.

⁸ Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). *An empirical evaluation of the System Usability Scale*. International Journal of Human-Computer Interaction, 24(6), 574–594

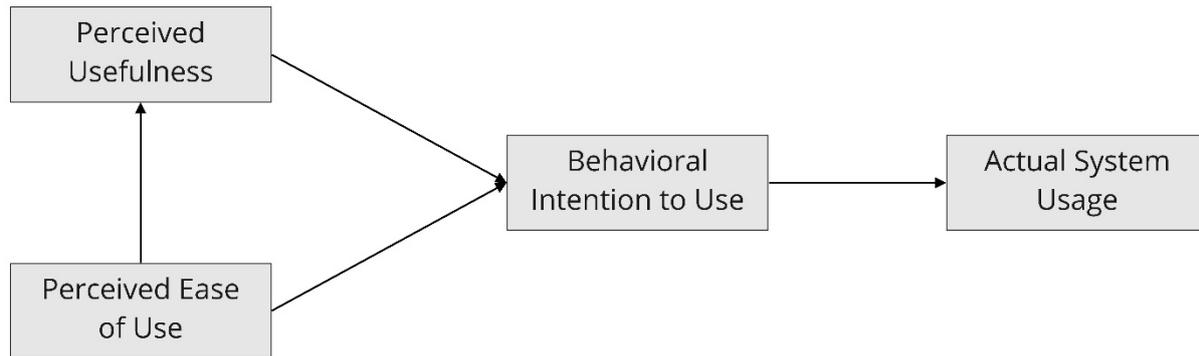


Abbildung 55. Technology Acceptance Model (TAM) Diagramm angelehnt an die Theorien nach Grafik angelehnt an Davies (1989)⁹ und Venkatesh et. al (2003)¹⁰

Der Vollständigkeit halber ist festzuhalten ist hierbei noch, dass es sich um genau genommen um das TAM 1 handelt. Dieses wurde oft kritisiert zu simpel zu sein und daraufhin haben sich auch TAM 2 und 3 entwickelt. Letztere werden wiederum für Ihre Komplexität beanstandet. Daher folgte bewusst der Schritt das einfach TAM 1 zu verwenden, um die Firmen bzw. deren Mitarbeiter nicht mit unnötig vielen Fragen zu traktieren. Die ursprünglichen Fragen von Davies, die sich damals neuartigen Technologie namens E-Mail richteten, wurden durch Assistenzsystems ersetzt bzw. neue Fragen formuliert die im Kontext des MRBC4i Projekts passend sind. Konkret gehören die ersten sechs Fragen zur Perceived Usefulness (PU_1-6), Fragen sechs bis zwölf der Perceived Ease of Use (PEoU_1-6), dreizehn bis fünfzehn der Behavioral Intention to Use (PEoU_1-3) und 16 & 17 dem Actual System Use (U_1 & 2). Alle Fragen werden auch hier auf einer fünfstufigen Likert-Skala beantwortet:

Perceived Usefulness

- PU_1: Durch die Verwendung des Assistenzsystems können Aufgaben schneller erledigt werden.
- PU_2: Der Einsatz des Assistenzsystems hilft Aufgaben besser zu erledigen.
- PU_3: Der Einsatz des Assistenzsystems in der Praxis verbessert die Produktivität.
- PU_4: Der Einsatz des Assistenzsystems in der Praxis verbessert die Effektivität.
- PU_5: Der Einsatz des Assistenzsystems macht es leichter, Aufgaben zu erledigen.
- PU_6: Ich finde die Verwendung des Assistenzsystems in der Praxis nützlich.

Perceived Ease of Use

- PEoU_1: Die Bedienung des Assistenzsystems ist für mich leicht zu erlernen.
- PEoU_2: Ich finde es einfach das Assistenzsystem dazu zu bringen, das zu tun, was ich will.
- PEoU_3: Die Interaktion mit dem Assistenzsystem ist für mich klar und verständlich.
- PEoU_4: Das Assistenzsystem ist im Umgang und in der Bedienung flexibel.
- PEoU_5: Es ist für mich einfach, mir einen gekonnten Umgang mit dem Assistenzsystem anzueignen.
- PEoU_6: Ich finde, dass das Assistenzsystem einfach zu benutzen ist.

⁹ Davis, F. (1989). *Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology*. MIS Quarterly, 13(3), 319-340. doi:10.2307/249008

¹⁰ Venkatesh, Viswanath & Morris, Michael & Davis, Gordon & Davis, Fred. (2003). *User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View*. MIS Quarterly. 27. 425-478. 10.2307/30036540.

Behavioral Intention to Use

- BloU_1: Ich glaube, dass die Verwendung des Assistenzsystems eine gute Idee ist.
- BloU_2: Ich glaube, dass die Verwendung des Assistenzsystems für mich von Vorteil ist.
- BloU_3: Ich habe eine positive Einstellung gegenüber der Verwendung des Assistenzsystems.

Actual System Use

- U_1: Ich kann mir vorstellen das Assistenzsystem zu verwenden.
- U_2: Ich kann mir vorstellen das Assistenzsystem anstelle der traditionellen Vorgehensweise zu verwenden.

Konzept der Technologiekompatibilität (Technology-Compatibility)

Das Ziel des TAM ist die theoretische Erklärung von Technologieakzeptanz speziell bei der Einführung betrieblicher Informationssysteme. Somit nehmen die Items (= die Bewertung der Fragen) einen sehr klaren Bezug auf die betriebliche Anwendung und die zu erwartete Anwendungserfahrung. Während diese Fragen wertvoll sind in Bezug auf betriebliche Anwenderzielgruppe, wären Sie für eine erweiterte Zielgruppe (z.B. Studierende) nicht geeignet: diese könnten ihre Antworten nur grob abschätzen.

Aus diesem Grund wurde für den englischsprachigen Studentenfragebogen eine andere theoretische Grundlage verwendet: das multidimensionale Konzept der Technologiekompatibilität (Technology Compatibility). Karahanna, Agarwal & Angst (2006)¹¹ haben sich mit der Zusammensetzung dieses Konzepts befasst und sein Bezug zu der Technologieakzeptanz (auf Basis zu TAM) untersucht. Sie schlagen vor, die Technologiekompatibilität mithilfe von drei Konstrukten abzubilden: (1) Kompatibilität mit bisheriger Technologieerfahrung (Compatibility with Experience), (2) Kompatibilität mit den eigenen Werten (Compatibility with Values), und (3) Kompatibilität mit den eigenen Präferenzen und Vorlieben (Compatibility with Preferred Practice). Für den Studentenfragebogen wurden alle drei Konstrukte mit folgenden Items abgebildet.

Compatibility with Experience

- CEXP1: Using the assistance system is a new experience for me.
- CEXP2: Using the assistance system is not similar to anything that I've done before.
- CEXP3: Using the assistance system is different from other experiences I have had.
- CEXP4: Using the assistance system is a new work experience for me.

Compatibility with Values

- CVAL2R: Using the assistance system in practice would run counter to my own values.
- CVAL3R: Using the assistance system does not fit the way I view the world.
- CVAL4R: Using the assistance system goes against what I believe computers should be used for.
- CVAL5R: Using the assistance system is not appropriate for a person with my values regarding the role of computers.

¹¹ Karahanna, E., Agarwal, R., & Angst, C. M. (2006). *Reconceptualizing compatibility beliefs in technology acceptance research*. MIS quarterly, 781-804.

- CVAL6R: Using the assistance system runs counter to my values about how work should be done.

Compatibility with Preferred Practice

- CPREF1: Using such an assistance system would fit my preferred work routine.
- CPREF2: The assistance system would enable me to work in the way I prefer.
- CPREF3: Using the assistance system would fit well with the way I like to work.
- CPREF4: Using the assistance system would fit my preferred method of working.

In ihrer Studie stellen Karahanna et al. (2006)¹¹ fest, dass die Technologiekompatibilität einen positiven Einfluss auf die erwartete Nützlichkeit (Perceived Usefulness, PU) und erwartete Nutzbarkeit (Perceived Ease of Use, PEoU) aus TAM und somit, durch moderiert durch diese Konstrukte, auf die Nutzungsintention (Behavioural Intention, BI). Somit wurde für die Untersuchung der Studierenden angenommen, dass eine höhere Technologiekompatibilität ein Indikator für eine potenzielle Akzeptanz der Technologie darstellt.

NASA-(Raw) Task Load Index (NASA-TLX)

Der offizielle NASA-Task Load Index (TLX) ist ein Instrument zur Bewertung der subjektiven Arbeitsbelastung, mit dem Benutzer die subjektive Arbeitsbelastung von Bedienern, die mit verschiedenen Mensch-Maschine-Schnittstellensystemen arbeiten, bewerten können. Ursprünglich als Papier-und-Bleistift-Fragebogen von Sandra Hart vom NASA Ames Research Center (ARC) in den 1980er Jahren entwickelt, hat sich der NASA TLX zum Standard für die Messung der subjektiven Arbeitsbelastung in einem breiten Spektrum von Anwendungen entwickelt. Der NASA TLX wurde weltweit bereits zig Male erfolgreich eingesetzt, um die Arbeitsbelastung in verschiedenen Umgebungen wie Flugzeugcockpits, C3-Workstations (Command, Control and Communication), Überwachungs- und Prozesssteuerung sowie Simulationen und Labortests zu bewerten. Durch ein zweistufiges Bewertungsverfahren leitet das NASA TLX eine Gesamtbewertung der Arbeitsbelastung ab, die auf einem gewichteten Durchschnitt der Bewertungen auf sechs Unterskalen basiert:

1. Mentale/geistige Anforderung
2. Physische/körperliche Anforderung
3. Zeitliche Anforderung/Zeitdruck
4. Leistung
5. Bemühen/Anstrengung
6. Frustration

Ein zweistufiges Bewertungsverfahren bedeutet konkret folgendes: Zunächst reflektiert ein Teilnehmer über die Aufgabe, die ihm gestellt wird (z.B. eine Krankenschwester, die einen Patienten in die Notaufnahme einweist). Daraufhin werden 15 paarweise Vergleiche, der oben vorgestellten Dimensionen, durchgeführt. Dabei wird z.B. entschieden ob Leistung oder Frustration wichtiger ist um die Aufgabe, z.B. die Notaufnahme, durchzuführen. Im zweiten Schritt bewerten die Teilnehmer jede der sechs Dimensionen auf 100-stelligen Skalen von Niedrig bis Hoch bzw. von Gut bis Schlecht. Diese Rohbewertung wird mit dem Gewicht für jedes der sechs Items aus Schritt 1 multipliziert, um die Gesamtbewertung des Arbeitspensums pro Aufgabe zu erhalten. Da dies in der Durchführung aufwendig ist und genauere Ergebnisse durch das zweistufige Verfahren umstritten sind wurde sich stattdessen für den raw (engl. roh) bzw. unweighted (engl. ungewichtet) Task Load Index entschieden. Raw bzw. unweighted bedeutet in dem Fall, dass nur Schritt 2 durchgeführt wird und auf die Gewichtung verzichtet wird. Auch die 100-stellige Skala wurde auf eine 5-stellige skaliert, um den Probanden nicht mit verschiedenen Skalen zu verwirren. Konkret wurden daher die folgenden sechs Fragen gestellt deren Nummerierung ident mit den Dimensionen ist. TLX_1 bezieht sich somit auf 1. Mentale/geistige Anforderung, Frage TLX_4 auf 4. Leistung usw.

- TLX_1: Wie stark wurden Sie während der Verwendung des Assistenzsystems geistig beansprucht?
- TLX_2: Wie sehr wurden Sie während der Verwendung des Assistenzsystems körperlich beansprucht?
- TLX_3: Wie stark war der Zeitdruck während der Verwendung des Assistenzsystems?
- TLX_4: Wie schätzen Sie Ihre Leistung während der Verwendung des Assistenzsystems ein?
- TLX_5: Wie stark mussten Sie sich geistig und körperlich anstrengen, um Ihr Arbeitspensum mithilfe des Assistenzsystems zu bewältigen?
- TLX_6: Wie frustriert waren Sie während der Verwendung des Assistenzsystems?

Weitere Fragestellungen

Da es sein kann, dass User mehrfach einen Fragebogen ausfüllen bzw. bei den Studenten mehrere Prototypen getestet werden wurde ein anonymer Code eingeführt der es ermöglicht Personen anonym zu unterscheiden. Die bietet zusätzlich den Vorteil, dass weitere entstandene Datensätze, beispielsweise mit den Fragebögen der Lernforschung, verknüpft werden können. So können Schlussfolgerungen zur Akzeptanz als auch bei bestimmten Prototypen deren Qualität hinsichtlich Wissenstransfer beurteilt werden, obwohl es sich dabei um zwei verschiedene Fragebögen handelt. Neben den eben etwas ausführlicher beschriebenen Modelle und dem Code wurden natürlich noch weitere Dinge abgefragt, um den Benutzer besser zu verstehen: Sowohl bei Studenten als auch Nutzer, sprich die Mitarbeiter der Unternehmen, wurden demografischen Daten wie Alter und Geschlecht erhoben. Ebenso wurde abgefragt wie die Ergonomie der Prototypen eingeschätzt wird und wie lange dieser zu benutzen ist. Dabei wurde in mit und ohne Pausen unterschieden. Da die Vermutung nahe liegt, dass die (nicht) ausführliche Nutzung von Technologien wie Computer, Tablet und AR/VR eine Auswirkung auf die Antworten hat wurde auch dies abgefragt sowie wie oft am Handy/Computer gespielt wird. Auch Problemen, die den Probanden aufgefallen sind, wurde mittels offener Frage untersucht. Die Nutzer wurden zudem, da sie die Situation besser als Studenten einschätzen können, noch befragt was sich ändern muss damit das Assistenzsystem erfolgreich bzw. woran der Einsatz scheitern kann. Ebenso wurde sie befragt, ob der Prototyp ihre Arbeit abwechslungsreicher und flexibler gestaltet bzw. monotoner und unflexibler macht. Außerdem wurde erhoben, ob die Nutzer für das Unternehmen als direkter Anwender des Systems arbeiten oder nur indirekten Bezug zum Prototypen haben (z.B. jemand der das MRBC Projekt seitens der Firmen betreut aber es in Zukunft nicht in der (täglichen) Arbeit anwenden wird). Auch war die Antwort ich bin Kunde des Unternehmens oder ich habe keinen Bezug zum Unternehmen möglich. Ob die Person direkt am MRBC4i Projekt beteiligt war, wurde ebenso wie die Position im Unternehmen abgefragt. Da bei Mehrfachnutzung eines Systems das Wissen darüber steigt wurde auch evaluiert, wie oft der Prototyp bereits benutzt wurde. Da dies als auch die Fragen nach dem Unternehmensbezug bei Studenten keinen Sinn macht wurde diese nicht gestellt. Stattdessen wurde nur erhoben, ob die Studenten einer Arbeit nachgehen und sie Ihre Affinität zu Technologie einschätzen.

Evaluierungssettings

Für den ersten Test des Fragebogens wurden kleinere Projekttermine verwendet. Für den Haupttest erfolgte beim MRBC4i User-Group Treffen am 26.02.2020 gewählt. Neben dem Auffinden von unverständlichen Formulierungen oder Unstimmigkeiten war es aus Sicht der Begleitforschung wichtig, dass Projektmitglieder den Fragebogen kennen, da diese ihn letztendlich in ihre jeweiligen Unternehmen „tragen“. Daher wurden beim Treffen auch vorgestellt und besprochen wie eine Testablauf aussehen kann und wird die idealen Testkandidaten sind. Kurz nach dem User-Group Treffen wurde der Fragebogen online gestellt. Neben einem Umfragelink wurde auch eine PDF Version zum Ausdrucken zur Verfügung gestellt. Es wurde zudem angeboten seitens der Begleitforschung beim Test zu assistieren. Dieses Angebot wurde zwei Mal angenommen. Die restlichen Unternehmen haben sich entweder selbst um die Tests gekümmert oder sie sind Covid-19 bedingt entfallen da wenige Tage nach dem Aussenden des Fragebogens der 1. Lockdown in Österreich begann und krisenbedingt andere Interessen im Vordergrund standen. Unter anderem dessen wurde versucht auch Studenten miteinzubeziehen, um die Fallzahl zu erhöhen. Auch dies erwies sich nicht als einfach da es Lockdown bedingt Universitäten und Fachhochschulen geschlossen waren. Es war jedoch trotzdem möglich im Frühherbst einige Studenten an der IMC FH KREMS unter sehr strengen Hygienerichtlinien drei Prototypen testen zu lassen. Ähnlich wie in den Unternehmen wurde nach erfolgreichen ausprobieren bzw. absolvieren von konkreten Aufgabenstellungen der für Studenten adaptierte Fragebogen ausgefüllt.

Auswertung

In folgenden werden wesentliche Ergebnisse kurz dargestellt (Lovasz-Bukvova, in Vorbereitung)¹²

Datenaufbereitung und Auswertung

Eine wesentliche Herausforderung der Auswertung war das Vorliegen der Daten in verschiedenen Datensätzen, die z.T. auch strukturelle Unterschiede vorwiesen. Dies war durch die unterschiedlichen Kontexte und Zielgruppen bedingt, die im Rahmen der Datenerfassung notwendig waren. Die ursprüngliche Überlegung, die Prototypen vorwiegend durch potenzielle Nutzer*innen in den Use-Case-Unternehmen oder zumindest durch relevante Mitarbeiter*innen der Unternehmen bewerten zu lassen, wurde stark durch die Covid-19 Pandemie gestört. Aus diesem Grund wurden nach Möglichkeit auch andere Gruppen herangezogen, z.B. Studierende oder Projektmitarbeiter, die allerdings abweichende Fragebögen bedürfen. Ebenso, um eine möglichst breite Datensammlung zu ermöglichen, wurden neben Online-Fragebögen auch Papierfragebögen eingesetzt. Obwohl diese inhaltlich einander entsprachen, wiesen die Daten Unterschiede z.B. in der Anordnung und Kodierung auf. Hierfür war es notwendig die Datensätze z.E. separat auszuwerten (um urteilen zu können inwiefern diese kombinierbar sind) und z.A. relevante Teile zusammenzuführen. Insgesamt lagen folgende Datensatzarten vor:

- Bewertungen aus Projekttreffen
- Bewertungen von Unternehmen
- Bewertungen von Studierenden

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe von R im Programm R Studio. Sowohl für die Datenaufbereitung als auch die Datenauswertung wurden Skripte geschrieben, die die Vorgehensweise der Auswertung zum einen explizieren und zum anderen wiederholbar machten. Dies war notwendig wegen der heterogenen Datensätze (siehe Datenaufbereitung). Für die Auswertung wurden sowohl standardisierte deskriptive Ansätze als auch modellspezifische Auswertungen für SUS, NASA-TLX und TAM.

System Usability Scale (SUS)

Die Antworten des SUS werden zwischen null und vier kodiert wobei null die negativste und vier die positivste Antwort ist. Da die Fragen der System Usability Scale abwechselnd positiv als auch negativ formuliert sind es somit eine Bewertung von „Stimme voll zu“ bei einer positiven Frage mit vier zu bewerten bei einer negativen hingegen mit 0 da eine komplette Zustimmung zu einer negativen Aussage natürlich negativ zu bewerten ist. Nach der richtigen Kodierung der Antworten werden die Zahlen addiert. Die Summe liegt zwischen 0 und 40 und wird anschließend mit 2,5 multipliziert. Dadurch gibt sich der finale SUS Score der zwischen 0-100 sein kann. Ab 68 gilt das System als gut gebrauchstauglich. Die weiteren Unterscheidungen können in Abbildung 54 in vorherigem Kapitel eingesehen werden. Im Schnitt ergibt sich innerhalb des MRBC4i ein Score von 77,76. Dies ist überraschend gut, wenn man bedenkt, dass es sich dabei um Systeme handelt, die in einem prototypischen Stadium sind. Allerdings ist auch hier anzumerken, dass nicht alle Prototypen getestet werden konnten. Die Verteilung des SUS Scores (siehe Grafik) zeigt auch, dass diese positive

¹² Lovasz-Bukvova, Kormann-Hainzl, G., Zigart, T., T., H., Hölzl, T. & Schlund, S. (2021). *Usability and Task-Load of Mixed Reality Prototypes: How applicable are the technologies in corporate settings*. 28th EuroSPI Conference, 2021.(in Vorbereitung)

Beurteilung auch tatsächlich bei den meisten Nutzen vorliegt - viele Nutzer werteten die Usability noch höher.

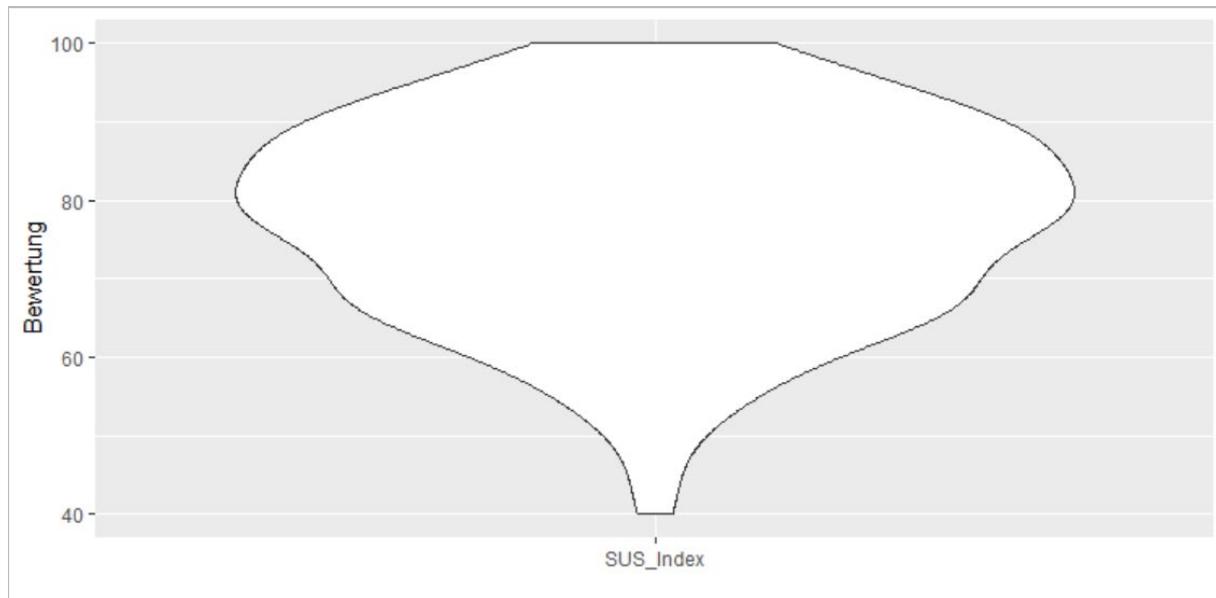


Abbildung 56. Verteilung von SUS-Gesamtbewertungen (SUS Index von max. 100) über alle Teilnehmer*innen

Da aus Datenschutzgründen der Vergleich des SUS Score der einzelnen Prototypen nicht veröffentlicht wird, widmen wir und noch kurz den SUS Fragen aus denen der Wert errechnet wird. Diese zeigen, wenn man die Grafik begutachtet, dass die Prototypen grundsätzlich (gut) nutzbar sind wie auch schon der durchschnittliche Score aufzeigt. Der Lernbedarf ist eher gering und die Komplexität der Nutzung ist zu bewältigen. Aber gleichzeitig sind die Prototypen nicht selbsterklärend und die Anwender benötigen daher ausreichend Unterstützung bei der Nutzung wie vor allem Frage 4 zeigt.

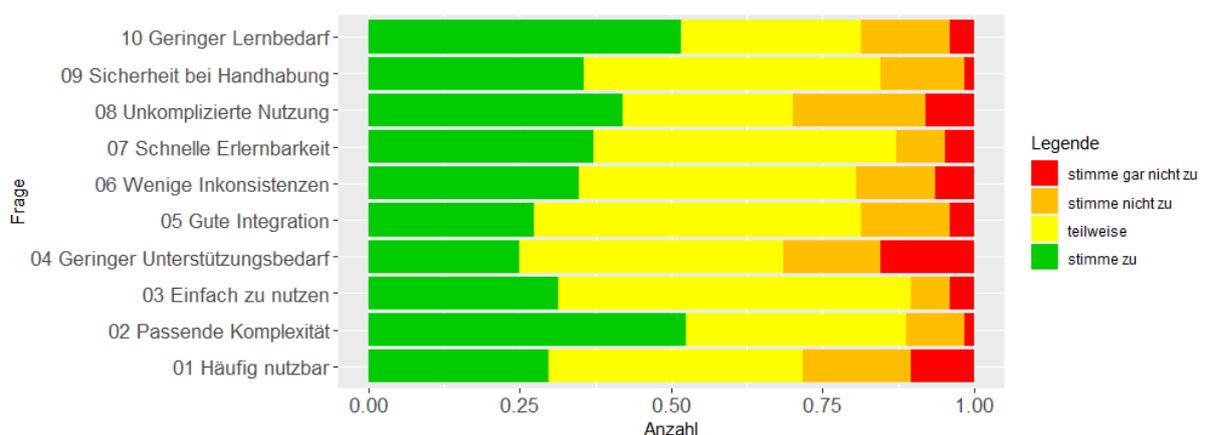


Abbildung 57. Verteilung der Bewertungen den einzelnen SUS Kategorien über alle Teilnehmer*innen

Spaltet man dieselben Fragen in AR und VR auf ergibt sich das folgende Bild: Der Lernbedarf wird für beide Technologien als annähernd gleich eingestuft. VR bedarf dagegen aber mehr Unterstützung als AR. Dies ist vermutlich dem aufwendigen Setting geschuldet bei dem ein HMD aufgesetzt werden und die Steuerung mittels Controller erklärt werden muss. Im Vergleich dazu ist die Nutzung einer AR Handyapp relativ einfach. Zur Erinnerung fast alle AR Prototypen wurden auf Smart Devices und nicht auf HMDs umgesetzt - näheres dazu im 10.1. Kapitel unter Hardware. Obwohl es aufwändiger zu

nutzen ist wird VR als regelmäßiger/häufiger (be-)nutzbar bewertet. AR schneidet dabei etwas schlechter ab. Die AR haben zudem laut Bewertung den Testpersonen mir Inkonsistenzen zu kämpfen. Eine potentielle Erklärung dafür sind die inhomogenen Use-Cases. Die VR Use-Cases sind sich vergleichsweise ähnlich.

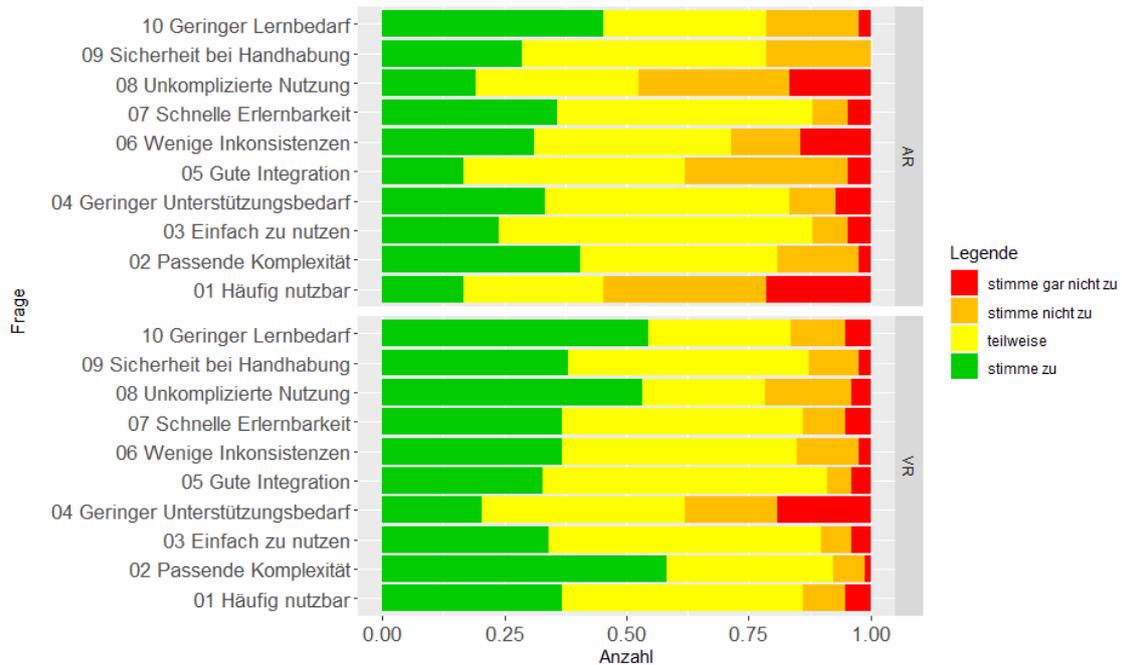


Abbildung 58. Vergleich der SUS Kategorien zwischen AR und VR Technologie über alle Teilnehmer*innen

Technology Acceptance Model (TAM)

Das TAM beschreibt einen Zusammenhang zwischen vier latenten (nicht direkt messbare) Variablen: (1) Perceived Usefulness (PU), (2) Perceived Ease of Use (PEoU), (3) Behavioural Intention of Use (BioU) und (4) Use (U). Die Beziehungen zwischen den Variablen werden in einem Strukturmodell abgebildet (siehe Abbildung B11). Die latenten Variablen werden mit Hilfe beobachtbarer Items gemessen die so ein Messmodell ergeben. Die Items sind dabei die Antworten auf die Fragen die im vorherigen TAM Kapitel aufgelistet wurden. In der folgenden Abbildung sind sie als gelben Kästchen dargestellt.

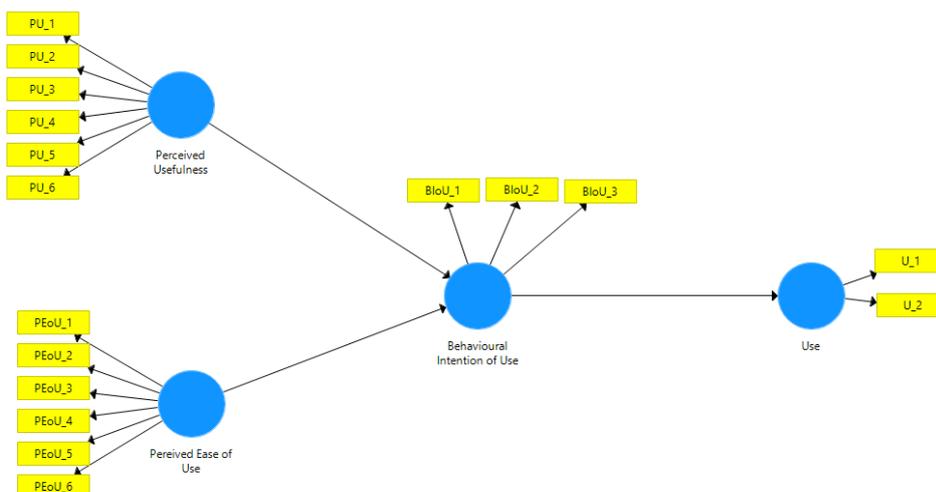


Abbildung 59. Die Struktur des TAM für Analysezwecke

Um die Beziehungen unter den latenten Variablen sowie zwischen den latenten Variablen und den beobachtbaren Items zu berechnen, wird die Partial-Least-Square-Analyse (PLS-SEM) verwendet. Im Rahmen der PLS-SEM werden mit einem iterativen Algorithmus alternierend das Messmodell und das Strukturmodell (auf Basis einer linearen Regression) berechnet. Am Ende der Iteration berechnet das Algorithmus Pfadkoeffizienten für die Beziehungen des Strukturmodells, sowie Gewichtungen des Messmodells. Mit einem Bootstrap-Algorithmus kann sie statistische Signifikanz der Pfadkoeffizienten berechnet werden.

Die Analyse der Daten anhand des TAM erfolgte in der auf PLS-SEM spezialisierten statistischen Software SmartPLS. Da das TAM in seinem Wesen die Akzeptanz in Bezug auf die Nutzung am Arbeitsplatz untersucht, wurden für die Analyse ausschließlich Proband*innen einbezogen, die einen wenigstens indirekten Bezug zum Einsatz am Arbeitsplatz hätten. Somit stand für die Analyse eine Stichprobe von n=41 mit Mitarbeiter*innen von 8 verschiedenen Unternehmen.

Anhand dieser Daten wurden zunächst die Pfadkoeffizienten mit einem PLS-Algorithmus berechnet und anschließend mit Bootstrapping die Signifikanz der Koeffizienten bestimmt. Die folgende Tabelle fasst die Pfadkoeffizienten für die einzelnen Beziehungen in dem Modell sowie die zugehörigen Statistiken zusammen. Alle Pfadkoeffizienten sind statistisch signifikant.

Beziehung	Pfadkoeffizient	Arithmetisches Mittel	Standardabweichung	t-Statistic	p-Values
PU -> BloU	0,596	0,598	0,099	6,017	0
PEoU -> BloU	0,357	0,349	0,102	3,504	0
BloU -> U	0,858	0,856	0,051	16,89	0

Tabelle 13. Zusammenfassung der Ergebnisse der PLS-SEM Analyse für TAM

Aus der Modellrechnung geht hervor, dass sowohl PEoU als auch PU einen signifikanten Einfluss auf die Nutzungsbereitschaft haben, allerdings wirkt sich PU mit einem Wert von 0,596 deutlich stärker aus (siehe nachfolgende Abbildung und Tabelle). Daraus ist zu schließen, dass für die Nutzer*innen die Nutzbarkeit und Relevanz der Prototypen deutlich wichtiger ist als die Handhabung.

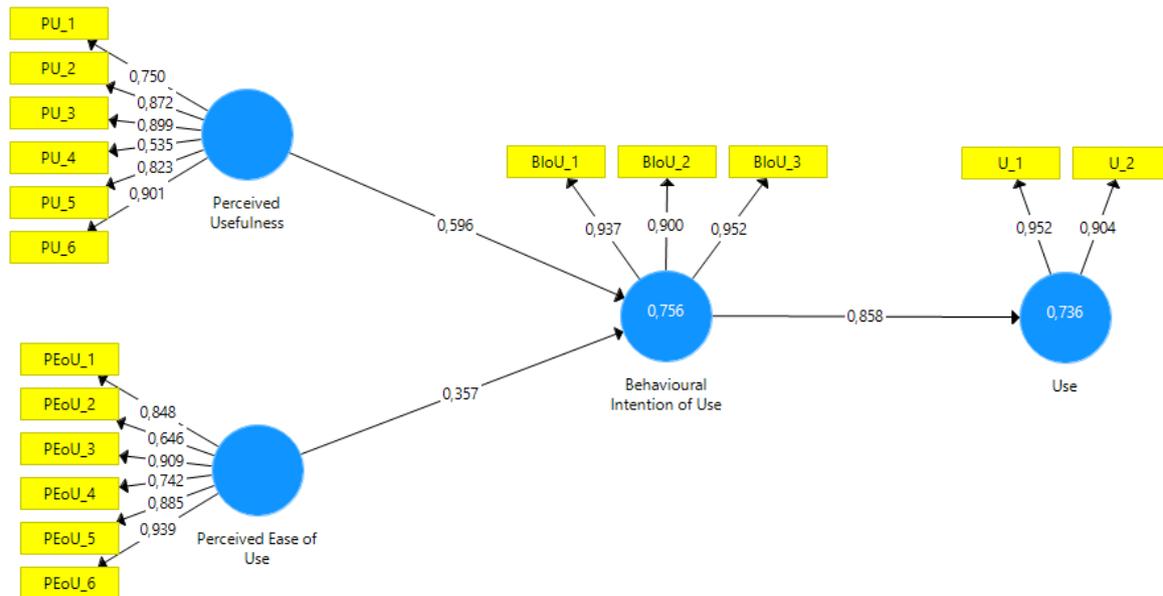


Abbildung 60. Visualisierung der Berechneten Modellbeziehungen aus SmartPLS

Zusätzlich zu der Ergebnisberechnung wurde noch Güte des Modells überprüft. Zunächst wurden die Ladungen der Items aus dem Messmodell auf die latenten Variablen betrachtet, wobei nahezu alle Items ausreichende Ladungen aufwiesen, welche von nahezu allen Items erfüllt wurden. Die Kennzahlen für die Konstruktvalidität sprachen ebenso für eine interne Konsistenz zwischen den Indikatoren und den latenten Variablen. Schließlich wurde die Diskriminanz der Konstrukte anhand des Fornell-Lackner-Kriterium bewertet. Hier weisen die latenten Variablen BloU und U einen Wert knapp über der Grenze, was bedeuten könnte, dass die verwendeten Items der zwei Konstrukte für die Proband*innen eine inhaltliche Überschneidung aufweisen. Dies könnte durch die Art der Überprüfung (Testen eines Prototyps in Bezug auf einen hypothetischen Einsatz) verursacht werden. Insgesamt hatte das Modell eine ausreichende Güte im Hinblick auf die vorhandene Stichprobe und den Untersuchungskontext.

NASA-(Raw) Task Load Index (NASA-TLX)

Für die Auswertung der NASA-TLX Fragen wurde das sogenannte „raw NASA-TLX score“ verwendet. Dabei handelt es sich um eine stark vereinfachte Version der Auswertung, welche der Handhabung des SUS Index ähnelt. Im ersten Schritt wird sichergestellt, dass alle Fragen die gleiche „Richtung“ vorweisen, d.h. dass ein höherer Wert auf eine höhere Belastung hinweist. Zu diesem Zweck muss das Item TLX_4 umgerechnet werden. Dann wird ein einfacher Durchschnitt der Werte errechnet. Da wir im Fragebogen durchweg 5-Punkte Likert-Skalen verwendet haben (um eine verständliche, übersichtliche und konsistente Darstellung zu gewährleisten), wurde außerdem - ähnlich wie beim SUS Index der angegeben Wert mit 20 multipliziert (da original NASA-TLX eine 100er Skala verwendet). Obwohl es sich um eine stark vereinfachte Vorgehensweise handelt, zeigt sie umfangreiche Studie von Said et al. (2020)¹³, dass der so errechnete Score tatsächlich einen Indikator der Belastung darstellt.

¹³ Said, S., Gozdzik, M., Roche, T. R., Braun, J., Rössler, J., Kaserer, A., ... & Tscholl, D. W. (2020). *Validation of the Raw National Aeronautics and Space Administration Task Load Index (NASA-TLX) Questionnaire to Assess Perceived Workload in Patient Monitoring Tasks: Pooled Analysis Study Using Mixed Models*. *Journal of medical Internet research*, 22(9), e19472.

Die folgende Grafik ergibt eine Übersicht über die erhaltenen Antworten. Dabei wird darauf hingewiesen, dass die Fragen beim TLX negativ formuliert sind. Insofern ist es positiv, wenn ein Proband nicht zustimmt. Daher wurden Antworten die (gar) nicht zustimmen grün eingefärbt da sie auf eine geringe Belastung hinweisen. Dies ist zwar etwas verwirrend, wenn man (nur) die Legende betrachtet im Sinne einer leichteren Interpretation der Grafik ist diese Farbcodierung aber vorteilhaft. Über alle erhaltenen Bewertungen verteilt ergibt sich eine Belastung bei der Benutzung der verschiedenen Prototypen die als gut bis akzeptabel zu bewerten ist. Auffällig ist, dass die Frage 4 „gefühlte Erfolgslosigkeit“ sehr schlecht abschneidet. Dies ist aber vermutlich dadurch zu erklären das bei den Tests nicht immer die Zeit war die Aufgabe vollständig zu erfüllen.

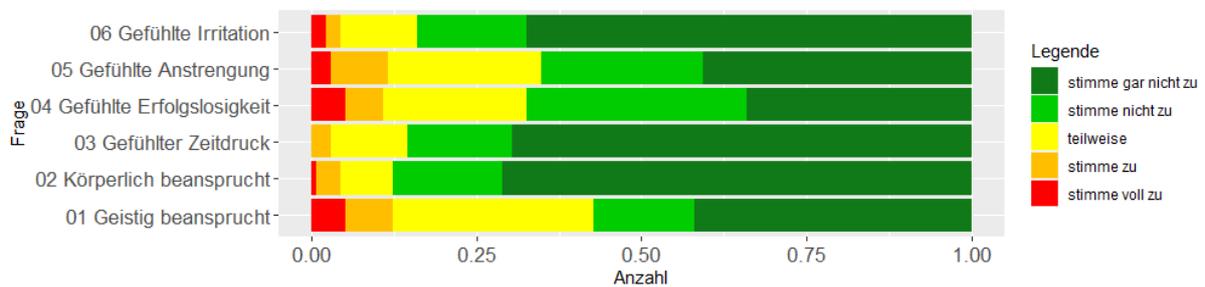


Abbildung 61. Verteilung der Bewertungen den einzelnen NASA-rTLX Kategorien über alle Teilnehmer*innen

Im Vergleich der beiden Technologien hinsichtlich des TLX fällt auf, dass VR als geringfügig anspruchsvolle bzw. anstrengender wahrgenommen wird. Auch körperlich ist VR (deutlich) anspruchsvoller. Ähnlich wie beim SUS liegt die Erklärung darin, dass VR Use-Cases HMDs verwenden während AR Prototypen meist für Smartphones und Tablets ausgelegt sind. Dies zeigt, dass bei HMDs mit deutlich mehr Pausen und Ermüdungserscheinungen zu rechnen ist.

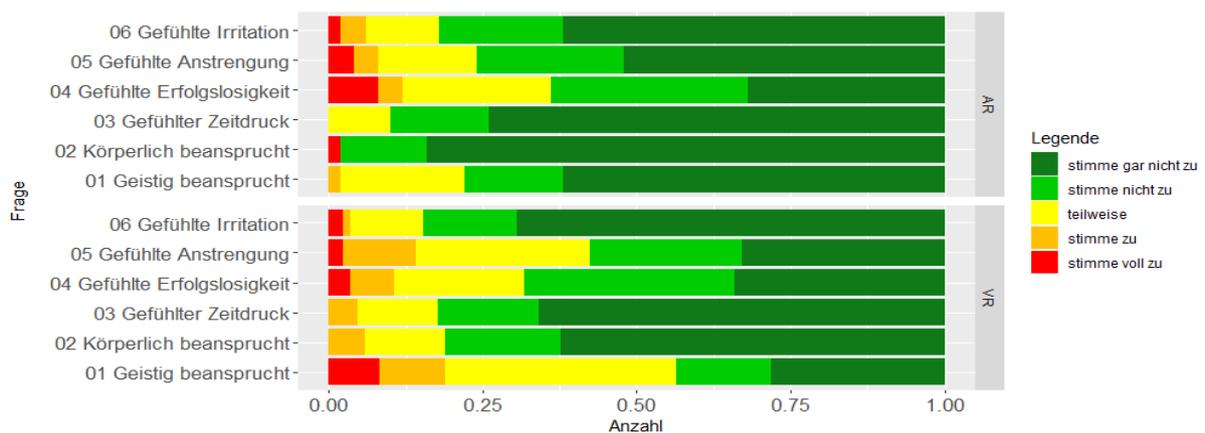


Abbildung 62. Vergleich der NASA-rTLX Kategorien zwischen AR und VR Technologie über alle Teilnehmer*innen

Konzept der Technologiekompatibilität (Technology-Compatibility)

Das Konzept der Technologiekompatibilität besteht aus drei Faktoren, wobei jeder Faktor durch mehrere Items gemessen wurde. Die drei Faktoren sind Kompatibilität mit bisheriger Technologieerfahrung (CEXP), Kompatibilität mit den eigenen Werten (CVAL), und Kompatibilität mit den eigenen Präferenzen und Vorlieben (CPREF) (in Abbildung 63 als Kreise dargestellt). Die Items ergeben sich durch die Antworten auf die Fragen zu den drei Faktoren - mehr dazu im gleichnamigen Kapitel zuvor.

Im ersten Schritt wurde mit Hilfe der Confirmatory Factor Analysis (CFA) überprüft, ob die erhobenen Antworten tatsächlich auch diesem Modell folgen. Das bedeutet insbesondere zu überprüfen, ob die Items, die zu einem Konstrukt zugewiesen sind, auch tatsächlich das gleiche Konstrukt messen, wobei sie sich zugleich nicht überschneiden dürfen. Im Rahmen der Überprüfung wurde ein Item entfernt, welches eine Überschneidung aufwies. Als Ergebnis ist das folgende Modell anzugeben.

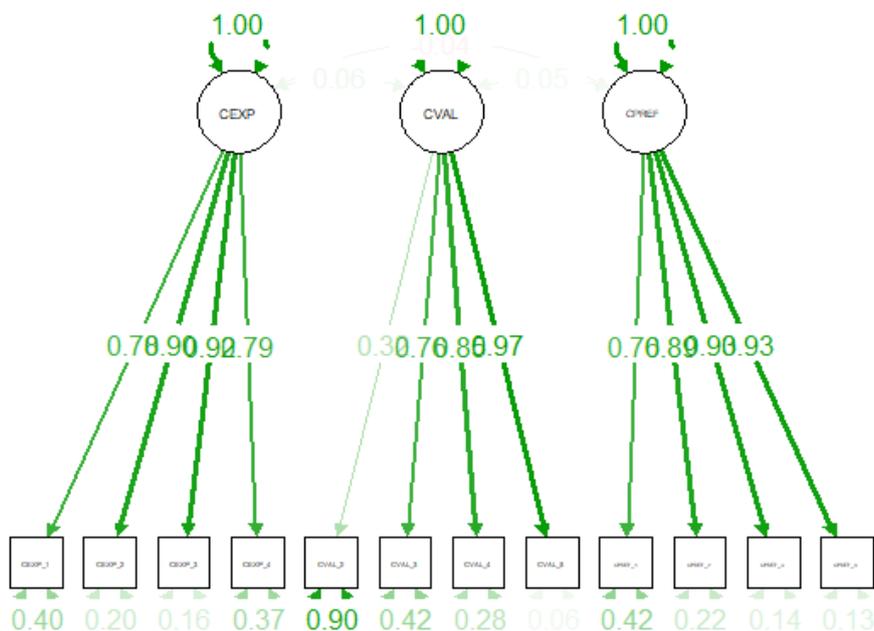


Abbildung 63. Struktur der Itemzuordnung für die Konstrukte der Technologiekompatibilität

Das Ergebnismodell weist einen passenden Fit aus (Comparative Fit Index ist 0,941, was akzeptabel ist, and RMSEA-Kennzahl ist 0,99 und ist signifikant bei 5% Signifikanzniveau). Es ist davon auszugehen, dass die Items also zur Messung der jeweiligen Konzepte geeignet sind.

Für eine inhaltliche Auswertung der Technologiekompatibilität wurde für jeden Konstrukt ein Komposit-Score berechnet, welches anhand der verwendeten Likert Skala (1 - stimme gar nicht zu bis 5 - stimme voll zu). Im Durchschnitt schätzten die Studierenden ihre Technologieerfahrung (CEXP) mit 4,27, die Kompatibilität mit den eigenen Werten (CVAL) mit 4,27 und Kompatibilität mit den eigenen Präferenzen und Vorlieben (CPREF) mit 3,17.

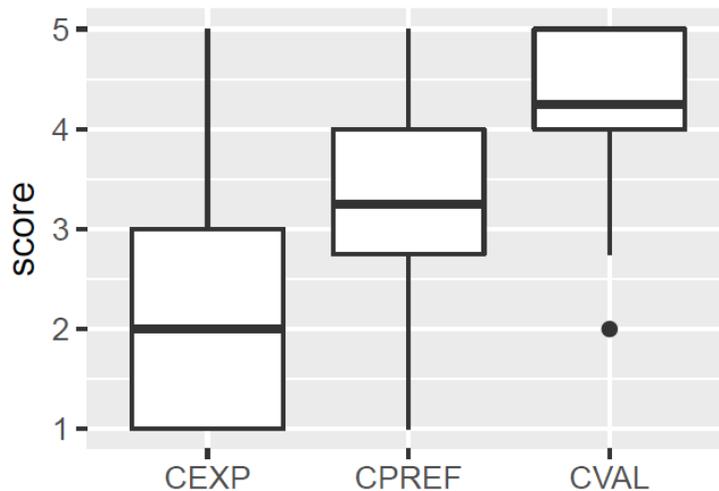


Abbildung 64. Bewertung der einzelnen Konstrukte der Technologiekompatibilität (Kompositindex)

Der vergleichsweise niedrige Wert für die Übereinstimmung mit der bisherigen Technologieerfahrungen (CEXP) kann darauf zurückgeführt werden, dass die teilnehmenden Studierenden bisher wenig aktive Erfahrung mit den AR/VR-Technologien haben, insbesondere nicht mit dem Einsatz dieser Technologien am Arbeitsplatz. Der Einsatz dieser Technologien ist aber zu hohem Grad mit den Werten der Studierenden vereinbar und entspricht sogar vergleichsweise stark ihren eigenen Präferenzen.

Laut Karahanna et al. (2006)¹⁴ ist davon auszugehen, dass Technologiekompatibilität einen positiven Einfluss auf die Wahrgenommene Nützlichkeit (Perveived Usefulness, PU) aus dem TAM hat. Unsere Ergebnisse aus der TAM-Untersuchung mit tatsächlichen Anwender*innen zeigen eine besonders hohe Bedeutung von PU für betriebliche Einsatz von AR/VR. Die hier vergleichsweise gute Technologiekompatibilität von AR/VR Technologien für Studierende (als künftige Anwender*innen) lassen darauf schließen, dass diese Technologien künftig eine positive Wahrnehmung am Arbeitsplatz finden sollten, zumal mit zunehmender Verbreitung der Technologie auch mehr Erfahrungen (CEXP) vorhanden sein werden.

¹⁴ Karahanna, E., Agarwal, R., & Angst, C. M. (2006). *Reconceptualizing compatibility beliefs in technology acceptance research*. MIS quarterly, 781-804.

Weitere Fragestellungen - AR/VR Vergleich

Zusätzlich zu der Anwendung von SUS, NASA-rTLX, TAM (bzw. Technologiekompatibilität) wurden auch durch einzelne Fragen die Wahrnehmungen zum flexiblen Einsatz der Technologien, Abwechslung (d.h. Mangel an Monotonie) und Einschätzung der Gesamtergonomie.

Während die Kennzahlen insgesamt positiv ausfielen, gab es einige Unterschiede zwischen der Wahrnehmung von VR und AR:

- Der Einsatz von VR wurde als geringfügig flexibler eingeschätzt. Es gab nur wenig Personen, die die VR-Prototypen als gar nicht oder wenig flexibel sahen.
- Es gab deutlich mehr Personen, die AR als potenziell monoton einschätzten.
- Bei der Gesamtergonomie von VR gab es keine Personen, die sie als sehr schlecht oder schlecht einschätzten.

Dieser Unterschied kann auch auf den Neuheitsgrad der VR-Technologie zurückgeführt werden. Obwohl auch AR für die Teilnehmer*innen der Studien neu war, wurden die verwendeten Prototypen auf Smart-Phones und Tablets implementiert, was immerhin bekannte Endgeräte sind. Der Unterschied in der empfundenen Gesamtergonomie könnte auch darauf hindeuten, dass die AR-Prototypen (die in der Hand gehalten werden müssen), als etwas Störender empfunden wurden. Es ist auch anzumerken, dass - obwohl die VR als ergonomisch gesehen wurde - die NASA-rTLX Ergebnisse auf eine doch existierende körperliche Belastung hinweisen.

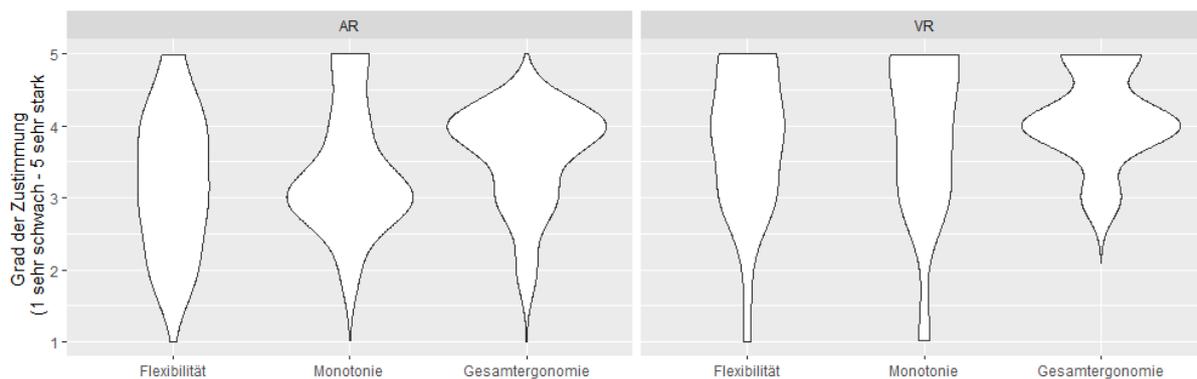


Abbildung 65. Vergleich von Flexibilität, Monotonie, und Gesamtergonomie zwischen AR und VR Technologie über alle Teilnehmer*innen

10.3. Vorschlag für zukünftige Anwendung des Modells sowie Lessons Learned

Die im Projekt entwickelte Vorgehensweise für die Evaluierung von MR Systemen und Anwendung des Modells auf die Use Cases hat sich in der Praxis bewährt und kann zukünftig als Begleitinstrument bei der Umsetzung seitens von Firmen angewandt werden. Die hier vorgestellte Vorgehensweise basiert auf den Erfahrungen des Forschungsteams und für den zukünftigen Gebrauch adaptiert.

Im Zuge der Begleitforschung haben wir im ersten Jahr das Evaluationskonzept erstellt und getestet. Im zweiten Projektjahr, als die Prototypen größtenteils programmiert waren, wurden die Evaluierungsworkshops und die Anwendertests durchgeführt. Die strategische Sicht sollte bereits zu Beginn sowohl mit dem heutigen IST-Prozess sowie dem Zielprozess (in Folge Idealprozess) gemeinsam mit der Firma erfasst werden. Auch die Pilotierung der Anwender-Evaluierung empfiehlt sich am Anfang, um erstens frühzeitig auch Feedback seitens potentieller, zukünftiger Anwender einzuholen und zweitens, die Durchführungsplanung fix im Rahmen des Gesamtprojekts-Plans zu integrieren.

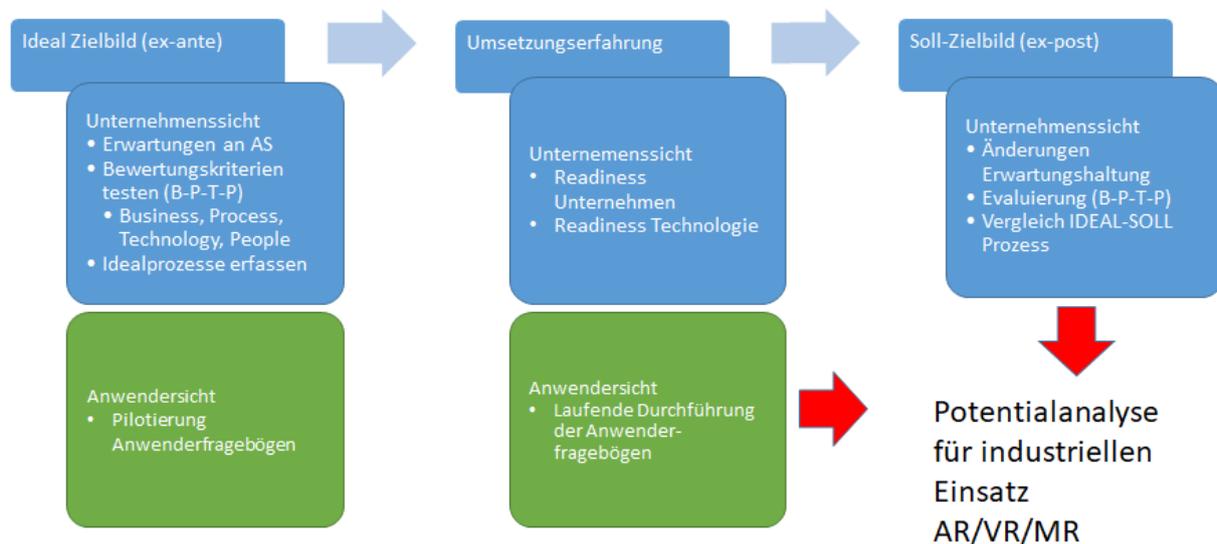


Abbildung 66. Die schematische Darstellung des Vorgehensmodells

Die begleitende Analyse des B-P-T-P Modells (Business-Process-Technology-People) hat sich als nützlich erprobt und ist für den Einsatz bei künftigen Projekten im Rahmen von Evaluierungen geeignet.

Die Covid-19 Maßnahmen haben dazu geführt, dass sämtliche Workshop auf ein online Format umgestellt wurden. Mit Hilfe von MS Teams und dem Einsatz eines virtuellen Whiteboards konnten die Workshops kollaborativ, effizient und qualitativ durchgeführt werden. Das Feedback der teilnehmenden Unternehmenspartner war größtenteils sehr positiv. Das Online-Format wird durchwegs als effektiv, jedoch sehr intensiv wahrgenommen. Die positive Beurteilung des online Formats ist aus Sicht des Forschungsteams jedoch aus dem Faktum zu beurteilen, dass sich alle handelnden Personen sich bereits vorher persönlich kennenlernen konnten und auch die Pilotierungen vor Ort stattgefunden haben. Eine reine virtuelle Durchführung ist somit nicht erfolgt und wird auch nicht empfohlen.

Die quantitativen Fragebögen für Anwender haben sich methodisch bewährt (während Pilotierung und Durchführung). Die angestrebte Sample-Größe je Firma wurde allerdings nur bei zwei

Unternehmen erreicht und die geringe Teilnahme erlaubt nur eingeschränkte empirische Aussagen. Der Grund für die geringe Sample-Größe und Teilnahme sieht das Forschungsteam einerseits in der schwierigen Durchführung der Test während der Pandemie-Einschränkungen und andererseits im methodischen Vorgehen, welchen in diesem Kapitel deshalb adaptiert wurde. (Stichwort: Start der Pilotierung bereits am Anfang und frühzeitige Integration der Tests in die Projektplanung)

Modellierung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse

Die Modellierung der Wirtschaftlichkeitsanalyse ist integraler Bestandteil des oben skizzierten multi-kriteriellen Bewertungsschemas. Über Variablen und Parameter der Dimensionen „Kosten“ und „Prozess“ wird eine Analyse durchgeführt. Bei dieser Analyse handelt es sich um qualitative Einschätzungen seitens der Firmen, auf Basis der Projekterfahrungen.

Zur Vorbereitung auf den Firmenworkshop wurde den Firmen jeweils 1-2 Wochen vor dem Workshop ein Interviewleitfaden mit einer Auswahl von Interviewfragen geschickt. Hier wurden vor allem jene Fragen ausgewählt, die Zahlen und Daten abfragen, die im Vorhinein überlegt und ggf. vorab mit KollegInnen besprochen werden konnten. Die Firmen wurden gebeten, sich diese im Vorhinein grob zu überlegen, damit wir im Workshop schneller vorankommen. In vielen Fällen sind die Zahlen Abschätzungen, da es sich um einen Prototypen handelt und somit keine tatsächlichen Erfahrungswerte aus dem Echtbetrieb vorlagen. Die Use Cases im Projekt unterscheiden sich teilweise sehr von ihrer Anwendung und ihrem Einsatzbereich. Nicht geeignete Fragen wurden als „Nicht anwendbar“ klassifiziert.

Lessons Learned für die zukünftige Anwendung

Vor allem die frühzeitige Erhebung der Ist-Prozess sowie der Erwartungen an den Ideal-Prozess nach Umsetzung sollte bereits zu Projektstart erfolgen. In Kombination empfiehlt es sich die Bewertungskriterien nach eingeschätzter Relevanz vorab zu beurteilen. Die Beurteilung der technologischen Kriterien empfiehlt sich während der Projektumsetzung zu erheben. Zum Ende des Projektes erfolgt dann, analog zum Vorgehen im vorliegenden Projekt, die Durchführung der Workshops je Firma. In diesen werden die am Projektanfang dokumentierten Ideal-Prozesse im Einklang mit den Erfahrungswerten aus dem Projekt gebracht und infolge in einen Soll-Prozess im Detail dargestellt. Auf dieser Basis folgt der Kriterien-Fragebogen.

10.4. Guidelines für Readyness (Reifegrad) Analysen

Die von der FH St. Pölten durchgeführten Tests hatten zum Ziel verschiedene Anwendungen auf Interaktionsprobleme zu testen und Feedback über die allgemeine Usability und User Experience zu sammeln. Zudem sollten die AR-Anwendungen, die die gleiche Zielsetzung hatten, jedoch für unterschiedliche Plattformen entwickelt wurden, verglichen werden. Ebenfalls im Fokus war die Evaluierung der unterschiedlichen Hardware: welche Unterschiede lassen sich bei der Verwendung von unterschiedlichen Geräten feststellen?

Die Tests wurden von 21. September bis 2. Oktober 2020 unter Einhaltung aller Covid-19 Auflagen im BIZ (Nähe FH St. Pölten, Heinrich Schneidmadl-Straße 15, 3100 St. Pölten) durchgeführt. Dabei wurden von 21. – 25. September 2020 drei VR-Anwendungen aus den Themenstreams „Präsentation von Produkten“ und „Schulung und Training“ getestet. Von 28. September bis 2. Oktober 2020 folgten Test mit drei AR-Anwendungen aus dem Themenstream „Präsentation von Produkten“.

Einladungen, um bei den User Tests mitzumachen, wurden an über 900 Studierende der FH St. Pölten ausgeschickt. Dabei sind nur wenige Studierende der Einladung gefolgt. Die geringe Teilnehmerzahl ist dem Umstand geschuldet, dass die User Tests persönlich vor Ort durchgeführt wurden, jedoch aufgrund von COVID-19 der FH-Betrieb auf Fernlehre umgestellt wurde und somit nicht viele Studierende vor Ort waren.

Ablauf

Zu Beginn des Tests erhielten die Teilnehmer*innen eine Einführung in das jeweilige Projekt (Hintergrund, Bedienung, Aufgabenstellung). Für jede einzelne Anwendung standen bei dem Test 10-15 Minuten zur Verfügung. Nach dem Testen einer Anwendung, füllten die Proband*innen einen Fragebogen aus. Dieser Ablauf wurde von jeder teilnehmenden Person drei Mal durchlaufen um drei verschiedene Anwendungen zu testen.

Der verwendete Fragebogen für diese Tests bestand aus drei nominalen Fragen zur Demographie der Teilnehmer, 32 Fragen und Aussagen, die Anhand einer Likert-Skala zu bewerten waren und zwei offene Fragen am Ende. Die Fragen dienten dazu, die Usability und User Experience der Anwendungen zu evaluieren. Zum Abschluss wurden Proband*innen mit zwei offenen, qualitativen Fragen gebeten zu berichten, was ihnen bei der Anwendung besonders gut gefallen hat und ob es etwas gab, das sie gestört hat.

Auswertung/Findings Virtual Reality Anwendungen

Die User Tests haben gezeigt, dass die Anwendungen sehr positiv bewertet wurden (sh. Abbildung 67). Der Einsatz von Virtual Reality für den jeweiligen Anwendungsfall wurde von den Teilnehmer*innen als gute Idee befunden.

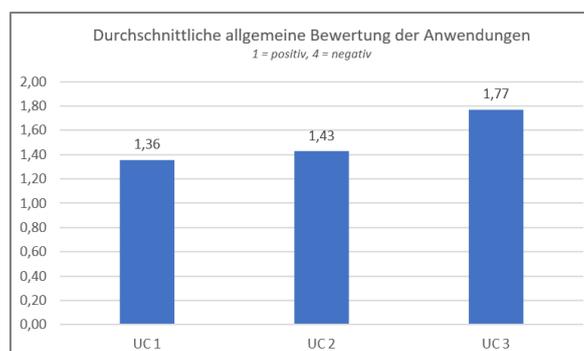


Abbildung 67 – Die durchschnittliche Bewertung der drei getesteten VR-Anwendungen im Vergleich.

Die offene Frage „Gab es etwas, dass dir bei der Anwendung besonders gut gefallen hat? Wenn ja, was?“ brachte sehr viele positive Rückmeldungen hervor:

„Die verschiedenen Abläufe der Produktion waren sehr gut zu sehen.“

„Gute Präsentation – einfach und verständlich.“

„Aus meiner Sicht großes Potenzial!“

„Die Umsetzung und die Zukunftserleichterung! Wahnsinnsprogramm“

„Schnelles intuitives Arbeiten. Lösung von Real World Problems.“

„Prinzipiell eine super Idee.“

„Machte Spaß.“

„Leichter Einstieg; gute Präsentation.“

Feedback zur Interaktion in der virtuellen Umgebung

Die Interaktion mit den Anwendungen wurde als klar und verständlich bewertet. Die Auswertung zeigte jedoch, dass umso simpler die Interaktionen sind, desto leichter konnten die Teilnehmer*innen die Anwendung selbstständig bedienen und umso weniger frustriert waren sie bei der Benutzung. Bei komplexeren Anwendungen zeigten sich Schwachstellen bei den Interaktionsmöglichkeiten. Diese Schwachstellen konnten während der User Tests beobachtet werden, wurden aber auch bei den Anmerkungen der Testteilnehmer*innen bei den offenen Fragestellungen sichtbar:

„Steuerung ist gewöhnungsbedürftig und in der Anwendung nicht erklärt.“

„Die Reihenfolge der Knöpfe zum Auslassen ist kompliziert.“

„Zu Beginn war nicht ganz klar, wie ich mich bewege und Sachen erledige.“

„Teilweise ist es schwer präzise zu sein (allein durch normales Zittern)“

„Man kann recht leicht unabsichtlich herumspringen“

„Sehr viel Aufmerksamkeit für VR nötig, daher war es schwieriger sich auf die eigentliche Aufgabe zu konzentrieren.“

„Es wurde alles erklärt, ich habe trotzdem kurz gebraucht, um mit den Controllern zurecht zu kommen, aber dann ging es mit der Zeit“

Wie einfach die Interaktionen gestaltet werden können, hängt jedoch sehr stark vom Anwendungsfall und den damit verbundenen Aufgabenstellungen ab. Gerade bei komplexeren Anwendungen muss daher besondere Achtsamkeit in das Design und die Umsetzung der Interaktionen investiert werden. Es wird daher empfohlen **verschiedene Interaktionsmöglichkeiten prototypisch umzusetzen** und diese **intensiv zu testen** und **iterativ zu verbessern**, um die optimale Lösung zu finden.

Es ist zusätzlich sinnvoll eine Hilfestellung bzw. ein Tutorial innerhalb der Anwendung zu implementieren. Dies wurde auch bei den offenen Fragestellungen explizit von den Testenden angesprochen:

„Keine Hilfefunktion. Kein Tutorial. Wenn man einen Gegenstand löscht, war er endgültig weg.“

„Kein interaktives Tutorial -> könnte schwer für komplette Neulinge sein.“

Bei Anwendungen, bei denen ein Tutorial vorhanden war, wurde dies positiv hervorgehoben:

„Gutes Tutorial zur Bedienung; angenehme Tastenbelegung.“

„Umfangreiches und leicht verständliches Tutorial.“

Bei komplexeren Anwendungen bzw. Aufgabenstellungen sollte eine Hilfefunktion und/oder ein Tutorial implementiert werden, welche die Nutzer*innen bei der Bedienung unterstützen.

Die Auswertung der Fragebögen zeigte jedoch auch, dass *nur* eine eingebaute Hilfefunktion nicht ideal ist, um Nutzer*innen den souveränen Umgang mit der Anwendung zu erklären (sh. Abbildung 68). Eine persönliche Einschulung in die Benutzung des Systems durch geschultes Personal wird empfohlen um den Nutzer*innen den Einstieg in die Arbeit zu erleichtern.

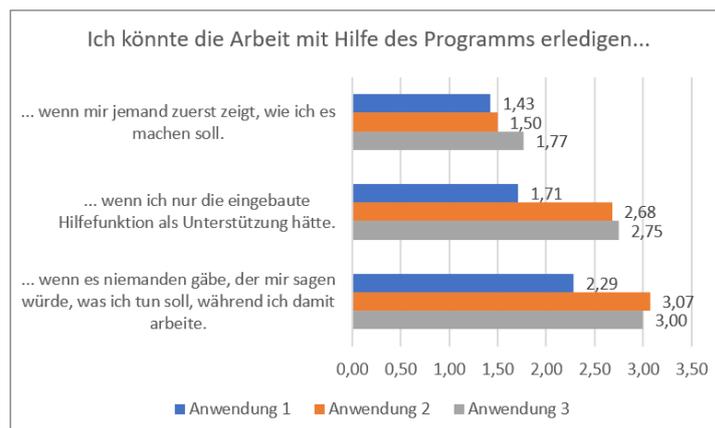


Abbildung 68 – Die Bewertung der drei VR-Anwendungen im Bezug auf deren Bedienbarkeit nach Grad der Hilfestellung.

VR-Headsets im Vergleich

Die Anwendungen wurden auf verschiedenen VR-Brillen getestet. Usecase 1 Quest, UC 2 HTC Vive, UC3 ebenfalls HTC Vive jedoch die Wireless Variante.

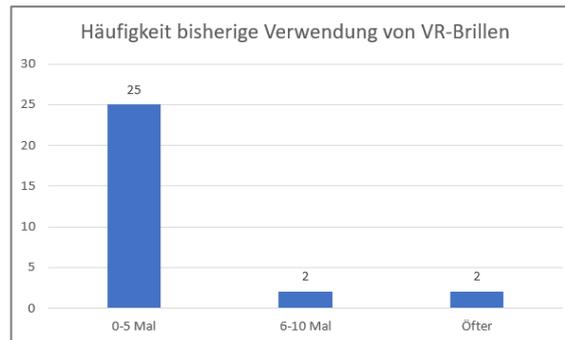


Abbildung 69. Die Grafik zeigt die bisherige Erfahrung der Proband*innen mit VR.

Trotz Unvertrautheit mit dem Medium VR (sh. Abbildung 69), konnte beobachtet werden, dass die Testpersonen größtenteils sehr gut mit der Bedienung der Anwendungen zurechtkamen.

Die Einschränkung der Beweglichkeit durch das kabelgebundene Headset (HTC Vive) wurde sehr unterschiedlich bewertet. Manche Testpersonen haben sich sehr stark eingeschränkt gefühlt, während sich andere nicht daran gestört haben. Das hing vor allem auch davon ab, wie sehr sich die Testpersonen frei im Raum bewegt haben. Die Anwendung erlaubte den Testpersonen sich virtuell zu bewegen, während sie in Wirklichkeit ihre Position nicht verließen, ermöglichte jedoch auch eine tatsächliche Bewegung durch den echten Raum. Bei Anwendungen, bei denen sich die **Nutzer*innen viel bewegen** sollen, wird daher ein **kabelloses Headset** wie die Oculus Quest **empfohlen**.

Generell ließen sich bei den User Tests keine Probleme mit Motion Sickness feststellen.

11. Dissemination

11.1. Events

Projekt Kick-Off im Rahmen der International Summer School

Am 6. und 7. September 2018 fand in Waidhofen a/d Ybbs die vierte International Summer School (ISS) der Zukunftsakademie Mostviertel (www.zukunftsakademie.or.at/) unter dem Motto „Die Zukunft der Produktion - Augmented and Virtual Reality“ statt. Rund 90 TeilnehmerInnen, darunter VertreterInnen aus Industrie, Wirtschaft und Bildung sowie zahlreiche Studierende, widmeten sich zwei Tage lang dieser zukunftssträchtigen Technologie und ihren möglichen Anwendungen. Bei der abendlichen Fragerunde wurde das Thema zudem von namhaften Experten eingehend beleuchtet und mit den TeilnehmerInnen diskutiert.

In drei Keynotes am Vormittag des ersten Tages wurden spannende Vorträge wie "Der Mensch und die Digitalisierung" (Nils Berger, Viewpointssystem), "Aktuelle Trends und Entwicklungen in VR und AR" (Matthias Husinsky, FH St. Pölten) und das Projekt "Mixed Reality Based Collaboration for Industry" (Thomas Moser, FH St. Pölten) vorgestellt. Praxisorientierte Herangehensweisen und Methoden ermöglichten es den TeilnehmerInnen und Teilnehmern, verschiedenste Teilaspekte von Industrie 4.0 in ihren Unternehmen anzudenken, zu konzipieren und in ersten Schritten umzusetzen. So behandelte einer der praxisorientierten Workshops das Thema „Assistenzsysteme in der Produktion - Datenbrillen & Augmented Reality" und untersuchte unter anderem, in welchen Bereichen der Einsatz von Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) in der Produktion sinnvoll sein könnte. Im parallel stattfindenden Projekt Kick-Off der ForscherInnen aus dem Förderprojekt "Collective Research - Mixed Reality Based Collaboration for Industry" wurden die ersten Schritte für den weiteren Projektverlauf besprochen und festgelegt.

Präsentation im Rahmen der Technologiegespräche des Europäischen Forums Alpbach 2019

ecoplus ist seit vielen Jahren Stammgast bei den Alpbacher Technologiegesprächen – bereits zum 17. Mal war die Wirtschaftsagentur des Landes Niederösterreich mit einer eigenen Breakout Session am 24. August 2019 vertreten, diesmal zum Thema „Mixed Reality – die reale Welt digital dargestellt“. Wirtschafts- und Technologielandesrätin Petra Bohuslav: „Niederösterreich hat sich in den letzten Jahren nicht nur als international anerkannter Standort für Spitzenforschung ausgezeichnet etabliert. Auch im Bereich der Digitalisierung spielen wir in der Top-Liga mit.“

Ein Best-Practice-Beispiel, das im Rahmen eines FFG-geförderten Kooperationsprojekts des ecoplus Mechatronik-Cluster in Niederösterreich in Zusammenarbeit mit dem virtuellen „Haus der Digitalisierung“ entwickelt wurde, beschäftigt sich mit dem Bereich Mixed Reality, einer Kombination aus Augmented und Virtual Reality. Thomas Moser, Leiter der Forschungsgruppe Digital Technologies am Institut für Creative Media Technologies der Fachhochschule St. Pölten und wissenschaftliche Leiter des Kooperationsprojekts, sowie Tanja Zigart, die am Institut für Managementwissenschaften im Bereich Mensch-Maschine-Interaktion der TU forscht und im Projekt die arbeitswissenschaftliche Seite beleuchtet, erläuterten die Projektdetails, bevor in einem „Showroom“ einzigartige technische Möglichkeiten vorgestellt wurden, die von den Projektpartnern entwickelt wurden.



Abbildung 70. Impressionen des Besuchs des Forum Alpbach 2019

AWE München Oktober 2019

Eine ca. 20-köpfige Delegation bestehend aus Vertreter*innen der Forschungs- und Unternehmenspartner besuchte im Oktober 2019 im Rahmen des Projekts die AWE (Augmented World Expo) in München um sich einen Überblick über aktuelle Trends im Themenbereich AR/VR zu verschaffen.

Clusterland Award 2019

Bereits zum achten Mal hat die Raiffeisen-Bankengruppe NÖ-Wien in Kooperation mit ecoplus, der Wirtschaftsagentur des Landes Niederösterreich, im Jahr 2019 den „Clusterland Award“ 15 für die beste Wirtschaftskooperation vergeben. Elf Projekte waren dafür nominiert, eines davon auch das vorliegende Projekt. Im Fokus steht bei dieser Auszeichnung die überbetriebliche Zusammenarbeit, einerseits zwischen Unternehmen als auch zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Ziel des „Clusterland Award“ ist es, besondere Kooperationsprojekte vor den Vorhang zu holen und dadurch weitere heimische Unternehmen zu innovativer, überbetrieblicher Zusammenarbeit zu motivieren.



Abbildung 71. Präsentation des MRBC4I Projekts beim Clusterland Award 2019.

¹⁵ https://www.ecoplus.at/media/15278/clusterlandaward_neu.pdf

11.2. Populärwissenschaftliche Artikel und Berichte zum Projekt

Artikel zum Projekt im Chemiereport 2019

Im Chemiereport (Ausgabe 2019.5)¹⁶ wurde ein Interview mit Tanja Zigart (TU Wien) und Thomas Moser (FH St. Pölten) veröffentlicht sowie eine Kurzbeschreibung des Projekts dargestellt.

Artikel zum Thema „Mixed Reality und Arbeit der Zukunft“

In der Presse¹⁷ wurde ein Artikel zum Thema „Potenzial der Integration von Mixed Reality in den Produktionsalltag“ nach einem Interview mit Tanja Zigart (TU Wien¹⁸) verfasst.

Artikel zum Thema „Virtuelle Realität wird zum Geschäftsmodell“

Im Standard¹⁹ wurde ein Artikel zum Thema „Virtual- und Augmented-Reality-Techniken sind in der Praxis der Wirtschaft und Industrie angekommen“ nach einem Interview mit Gerhard Kormann-Hainzl (IMC FH Krems) verfasst.

Artikel zum Projekt im Chemiereport 2021

Im Chemiereport (Ausgabe erscheint Mitte 2021) wird ein Interview mit mehreren Vertreter*innen der Forschungs und Unternehmenspartner veröffentlicht sowie abschließend eine Beschreibung der Projektergebnisse dargestellt.

11.3. Wissenschaftliche Publikationen im Rahmen des Projekts

Moser T., Hohlagschwandtner M., Kormann-Hainzl G., Pözlbauer S., Wolfartsberger J. (2019) Mixed Reality Applications in Industry: Challenges and Research Areas. In: Winkler D., Biffli S., Bergsmann J. (eds) Software Quality: The Complexity and Challenges of Software Engineering and Software Quality in the Cloud. SWQD 2019. Lecture Notes in Business Information Processing, vol 338. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05767-1_7

I. Reisner-Kollmann and A. Aschauer. Design and Implementation of Asynchronous Remote Support. In Proceedings of the XChange Reality! 2020, St. Pölten, Austria, 27-30 April 2020, pp. 9-11.

¹⁶ <https://www.chemiereport.at/epaper/201905/index.html#32>

¹⁷ <https://diepresse.com/home/alpbach/5678570/Was-macht-der-Mensch-in-der-Industrie>

¹⁸ <https://twnews.at/at-news/was-macht-der-mensch-in-der-industrie-4-0>

¹⁹ <https://www.derstandard.at/story/2000123632961/virtuelle-realitaet-wird-zum-geschaeftsmodell?ref=article>

J. Wolfartsberger and D. Niedermayr. Authoring-by-Doing: Animating Work Instructions for Industrial Virtual Reality Learning Environments. In IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), Online Conference, 2020, pp. 173-176.

A. Aschauer, I. Reisner-Kollmann and J. Wolfartsberger. Creating an Open-Source Augmented Reality Remote Support Tool for Industry: Challenges and Learnings. In International Conference on Industry 4.0 and Smart Manufacturing, Online Conference, 23-25 November 2020.

D. Niedermayr and J. Wolfartsberger. Design and Evaluation of a Virtual Training Environment for Industrial Assembly Tasks. In 11th Conference on Learning Factories, 30th June - 2nd July, 2021, Graz, Austria, Abstract accepted for publication.

Zigart, T., Schlund, S. (2020). Multikriterielle Evaluation von industriellen Assistenzsystemen am Beispiel von Augmented Reality-Anwendungen in der Produktion, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hrsg): Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?, Dortmund: GfA-Press

Zigart, T., Schlund, S. (2020). Evaluation of Augmented Reality Technologies in Manufacturing - A Literature Review, In: Advances in Human Factors and Systems Interaction (AHFE), Springer Cham, Vol. 1207, p. 75-82

Moser, T., Zigart, T., Kormann-Hainzl, G. & Lovasz-Bukvova, H. (2020). Assistenzsysteme der Zukunft schon heute, Aktuelle Anwendungsfälle von Mixed Reality in der Produktion, WINGbusiness, 2/20, p. 18-24

Bilek N., Feldhofer A., Moser T. (2021) Virtual Reality Based Mass Disaster Triage Training for Emergency Medical Services. 2021 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW). DOI 10.1109/VRW52623.2021.00135

Zigart, T., T., Kormann-Hainzl, G., Lovasz-Bukvova, H., Hölzl, M., Moser, T. & Schlund, S. (2021). Application of a multi-criteria Evaluation Model for Augmented Reality Use Cases in Manufacturing, Journal of Manufacturing Technology Management (in Vorbereitung)

Kormann-Hainzl, G., Zigart, T., T., Lovasz-Bukvova, H., Hölzl, M., Moser, T. & Schlund, S. (2021). Looking behind the obvious – second round effects on remoteness by using assistant systems based on augmented and virtual reality technology – a cross industry comparative case study, Journal of Manufacturing Technology Management (in Vorbereitung)

Lovasz-Bukvova, Kormann-Hainzl, G., Zigart, T., T., H., Hölzl, T. & Schlund, S. (2021). Usability and Task-Load of Mixed Reality Prototypes: How applicable are the technologies in corporate settings 28th EuroSPI Conference, 2021. (in Vorbereitung)

11.4. Disseminationsworkshops

Zur Dissemination der wesentlichen Projektergebnisse wurden mehrere Workshops abgehalten. Aufgrund der Covid-19 Pandemie wurden diese ursprünglich als physische Events geplanten Workshops rein virtuell via MS Teams abgehalten.

Spatial Anchors

Am 7. Oktober 2020 (9:00 - 12:00) fand der Disseminationsworkshop zum Thema “Spatial Anchors” via MS Teams statt. Den Teilnehmern wurde ein fachlicher Exkurs über das Thema räumliche Erkennung mittels optischer Sensoren gegeben. Es wurde etwa erläutert, wie herkömmliche

Smartphones mittels zweidimensionaler Erfassung (über verbaute Kameras) räumliche Merkmale (“Featurepoints”) erkennen und anhand dieser Daten und spezieller verarbeitender Algorithmen Mappings zu den räumlichen Gegebenheiten erstellen können (“SLAM”). In weiterer Folge wurden sensorische Verfahren nähergebracht, die in modernen MR Brillen, aber auch zunehmend in aktuelleren Smartphones verbaut werden und mittels Time-Of-Flight Prinzip vollständig dreidimensionale Daten/Geometrien einer Umgebung erfassen können

Aufbauend auf diesem Wissen wurde erwähnt, wie moderne AR/MR Frameworks solche Daten – unabhängig von der genutzten Sensorik (Kamera oder genauere TOF Sensoren) – verwenden, um virtuelle Koordinatensysteme zu den erfassten räumlichen Daten zu laden. Innerhalb solcher Systeme können letztlich Ankerpunkte (Koordinaten) gesetzt werden.

Als Überleitung zum praktischen Part wurde schließlich erklärt, wie das Framework “Microsoft Spatial Anchors” dererlei Daten/Algorithmen/Systeme letztlich unabhängig von der eingesetzten Hardware und dem System (Hololens, iOS, Android) verarbeiten kann. Es greift einerseits Technologieübergreifend auf die jeweils zur Verfügung stehenden Informationen und Algorithmen zu und bietet andererseits einen Cloud-basierten Service um diese Informationen in einer einheitlich abstrahierten Form zu persistieren. Somit können zu einer Umgebung erstellte Koordinatensysteme und darin gesetzte Anker (=Koordinaten) online in einem einheitlichen “Format” gespeichert werden. Das Framework bietet somit die Funktion, einmal erzeugte virtuelle Anker in einem Raum zu einem späteren Zeitpunkt wieder zu finden und zu laden; und das auf jedem unterstützten Gerät.

Abschließend wurde das Toolkit/Template “Spatial Anchor Control” für die Realtime Engine “Unity” vorgestellt. Die Entwicklung dieser Sammlung von Komponenten und Scripts bietet einerseits einen sehr einfachen und raschen Einstieg in das Framework “Microsoft Spatial Anchors”, ohne sich mit dem tiefergehenden Aufbau im Detail auseinandersetzen zu müssen. Andererseits bietet es Schnittstellen um Metadaten zu gesetzten Ankern z.B. auf eigenen REST Services speichern und somit auch auf einfache Weise mit eigenen Daten, etwa produktionsspezifischen Informationen verknüpfen zu können. “Spatial Anchors Control” bietet 4 aufeinander aufbauende Programmier-Beispiele, die den Einstieg und die Nutzbarkeit mit Microsoft Spatial Anchors demonstrieren.

Remote Support

Am 7. Oktober 2020 (13:00 – 16:00) fand der Disseminationsworkshop zum Thema “Remote Support” in MS Teams statt. Den Firmen wurde zur Vorbereitung eine umfangreiche schriftliche Dokumentation der Codebasis und des Funktionsumfangs zur Verfügung gestellt. Zusätzlich wurden Details zur Weiterentwicklung und für die Inbetriebnahme im eigenen Unternehmen in einer ausführlichen Videodokumentation erklärt. Diese Videodokumentation umfasste folgende Teilaspekte:

- 1) Die Erklärung des Funktionsumfangs des finalen Prototyps
- 2) Vorstellung der zugrundeliegenden Serverarchitektur und Security-Aspekte
- 3) Zusammenfassung der verwendeten Basistechnologien, die im Prototyp verwendet werden
- 4) Architektur des Unity Projektes.
- 5) Blick ins Unity Projekt und Sourcecode.

Im Workshop hatten die Teilnehmer die Möglichkeit vertiefende Fragen zu den zur Verfügung gestellten Unterlage zu stellen. Weiters wurden die wichtigsten Erkenntnisse aus der Videodokumentation nochmals zusammengefasst.



Abbildung 72. Einige Teilnehmer aus dem Workshop „Remote Support“ (Together Mode in MS Teams)

VR Content Authoring + Real Time Import + Interaction Design

Der Workshop „VR Content Authoring + Real Time Import + Interaction Design“ fand am 14.10.2020 in MS Teams statt.

Für den Workshop-Teil „VR Content Authoring“ wurde von der FHOÖ vorab ein Video erstellt und an alle Interessenten ausgesickt. Im Video wurden die Features einer VR-Trainingsapplikation (basierend auf den Use Case für die Firma Lenze) erklärt und der Prozess zum Erstellen neuer Inhalte für die Anwendung detailliert als Schritt für Schritt-Anleitung gezeigt. Im MS Teams Termin am 14.10. (9:00-10:30) wurde gezielt auf Fragen beim Erstellungsprozess eingegangen und zentrale Features des Authoring Systems live demonstriert.



Abbildung 73. Einige Teilnehmer aus dem Workshop „VR Content Authoring“ (Together Mode in MS Teams)

Im zweiten Teil (“Real Time Import”) wurde zunächst auf das Thema Speichern und Auslesen von grafischen Daten in verschiedenen Dateiformaten eingegangen. Anhand zweidimensionaler grafischer Daten (Bilder/Fotos) wurde zunächst erläutert, wie solche Vorgänge generell funktionieren und welche Informationen zweidimensionale Grafikformate üblicherweise enthalten. Im nächsten Schritt wurde die Überleitung zu dreidimensionalen Grafikformaten gemacht. Es wurde aufgezeigt, dass die hier gespeicherten Informationen noch wesentlich umfangreicher und differenzierter sein können (etwa Speichern von Meshes oder Point Clouds, Speichern von Texturdaten, Animationen, ...) und sich verschiedene 3D-Dateiformate am Markt daher stark unterscheiden.

Anschließend wurde erklärt, dass, wenn es Parser zu unterschiedlichen Formaten gibt, die ihrerseits die ausgelesenen Dateiinformatoren in einheitlich (programmatisch) nutzbare Strukturen überführen, man somit selbstständig Software zum Umgang (etwa zum Darstellen) von 3D Daten aus bekannten 3D Dateiformaten entwickeln kann.

Für die Überleitung zum praktischen Teil wurde die frei verfügbare (und vielfach genutzte) Library “AssImp”, sowie der Wrapper “AssImp .NET” vorgestellt, die viele gängige 3D Formate auslesen und deren Informationen in einheitlicher, objektorientierter Form verwendbar macht. Letztlich wurde im Zuge des Workshops die (auf AssImp basierende) eigens entwickelte Toolchain “N3RDI” vorgestellt. Sie erlaubt das Übertragen von 3D Files von einem PC an einen anderen (oder etwa an Smartphones, sowie an VR oder MR Brillen). Die von der dort laufende Empfängersoftware, die sich mittels eigener Ready-to-Use Komponente für Unity aus jedem Projekt, das mittels ebendieser Engine entstanden ist, erstellen lässt, empfängt diese Daten und bereitet sie in Echtzeit auf.

Der letzte Programmpunkt an diesem Tag behandelte das Thema Interaction Design in VR. Hierbei wurden am Anfang die Grundlagen von Virtual Reality, Interaktionsmethoden in VR, Game Engines und allgemein Best Practices für die Gestaltung von VR-Applikationen und Anwendungen. Im Anschluss wurde in einer Live-Demonstration die Theorie in die Praxis umgesetzt indem in der Game Engine Unity3D, mit Hilfe des VR-Framework XR-Interaction Toolkit Schritt für Schritt eine einfach VR-Anwendung gestaltet wurde. Die einzelnen Schritte wurden alle in einer Präsentation dokumentiert und mit der Aufzeichnung und dem fertigen Unity Projekt mit allen TeilnehmerInnen geteilt.

Datenanbindung + Bilderkennung + Vereinfachung von 3D Daten

Der Workshop „Datenanbindung + Bilderkennung + Vereinfachung von 3D Modellen“ konnte nicht, wie ursprünglich geplant, physisch stattfinden. Stattdessen fand er in zweigeteilter Form statt. Der erste Teil bestand aus je einem Video zu den folgenden Themen:

- Vereinfachung von 3D Daten
- Metadaten für AR Apps erzeugen
- Bilderkennung
- Datenanbindung

Diese Videos wurden den Workshop Teilnehmern vorab zur Verfügung gestellt und hatten die theoretischen Grundlagen sowie erste Einblicke zum Inhalt.

Am 21.10.2020 fand der 2. Teil des Workshops in MS Teams statt. In diesem wurde auf die, in den Videos bereits vorab behandelten, Themen näher eingegangen.

Der erste Tagespunkt behandelte die Simplifizierung eines 3D Modells mittels der Open Source Software MeshLab. Die Simplifizierung wurde Schritt für Schritt durchgeführt. Bei jedem Schritt wurde auf eventuelle Stolpersteine hingewiesen. Nach einer Frage sowie Diskussionsrunde wurde anschließend das Thema Bilderkennung erläutert und mittels einer Livedemonstration auch vorgeführt.

Am Nachmittag wurde den Teilnehmern eines der Core Features des Projekts, der Data-Connector nähergebracht. Dabei wurde mittels einer vorab vorbereiteten Demoinstallation schrittweise eine Datenquelle an den Data-Connector angebunden und anschließend über eine REST Schnittstelle abgefragt. Den Abschluss fand der Workshop mit der Erklärung eines Metadaten Generators für Mixed Reality Anwendungen. Dieser ermöglicht es, beliebige Modelle mit Annotationen bzw. anderen Metadaten zu versehen und für die Verwendung in entsprechenden Applikationen zu exportieren.

Learning Analytics - Wissenstransfer Workshop "Learning Analytics"

Der Workshop Learning Analytics fand virtuell unter Nutzung der Softwareumgebung von MS Teams am 28.10.2020, im Zeitraum von 09.00 - 12.00 Uhr an der IMC FH Krems statt. Er richtete sich als niederschwelliges Weiterbildungsangebot an eine breite Zielgruppe mit einem diversen Ausbildungshintergrund, vor allem Personen aus dem Bereich von Personal und Personalentwicklung sollten dadurch angesprochen werden. Als Vorbereitung und Einstimmung auf das Thema wurde ein Video erstellt, in welchem der Begriff Learning Analytics erläutert und ein Überblick über das zu Thema (anhand der aktuellen Literatur) gegeben wurde. Aufbauen auf dem Konzept der Mustersprachen von Christopher Alexander (Pattern Languages), wurde im Workshop das Thema praxisnah umgesetzt, indem die Workshop Teilnehmenden in die Situation der Schulungsverantwortlichen versetzt wurden, und anhand von Learning Analytics Musterkarten (zu 4 Teilbereichen: 1. Lernende, 2. Lerninhalt, 3. Prozess/Methode, 4. Ergebnis/Mehrwert) wesentliche Fragen aus der Planung und Umsetzung von Schulungsangeboten im Hinblick auf Learning Analytics Prozesse in Form von Kleingruppen erarbeiten konnten. Einen Überblick zu den Learning Analytics Mustern bietet die nachfolgende Abbildung.

1. Wer? Lernende	2. Was? Inhalt, Thema	3. Wie? Prozess, Methode	4. Wie? Ergebnis, Mehrwert
Co-Creator	Fachkompetenz	Peer to Peer (P2P)	Performance Sheet
Co-Designer	Sozialkompetenz	Lernvertrag	Showcase
Prosumer	Aktivitäts- und Handlungskompetenz	Personalisierung	Open Source
Feedback	Personale Kompetenz	Individualisierung	Descriptive Analytics
Gedankenaustausch	Metakompetenz	Prototyping	Diagnostic Analytics
Konkreter Startpunkt	 Lernergebnis X... kann	Lernen durch Lehren	Predictive Analytics
Lernzeit		Rituale	Prescriptive Analytics
Mini Habits		Pointing and Calling	Interest Driven Creator
Keystone Habits			Habit Stacking

Abbildung 74. Überblick der Learning Analytics Muster.

Als Nachweis der Teilnahme am Workshop erhielten die Teilnehmenden am Ende einen so genannten “open badge”²⁰, der von der Workshopleitung Tina Gruber-Mücke per Email versendet wurde und auch nach außen der Öffentlichkeit die durchgeführte Schulung als Dissemination aus dem Projekt sichtbar macht (indem z.B. der badge auf der Unternehmenswebsite oder einem Social Media Profil dargestellt werden kann).

²⁰ <https://eu.badgr.com/public/badges/UIHQEPqLT6OMbaCBmvvZVQ>

12. Anhang

12.1. Projekttagbuch

6./7.9.2018	Projekt Kick-Off "Mixed Reality Based Collaboration for Industry"	Schloss an der Eisenstraße - 3340 Waidhofen an der Ybbs, Am Schlossplatz 1
20.9.2018	Spezifikation Use-Case VOITH	Fa. VOITH, 3100 St. Pölten, Linzerstrasse 55
26.9.2018	Bene Projektmeeting (AR/VR)	Fa. BENE, 1010 Wien, Neutorgasse 4
3.10.2018	Spezifikation Use-Case KOTANYI	Fa. Kotanyi - 2120 Wolkersdorf im Weinviertel, Johann Galler Straße 11
8.10.2018	Spezifikation Use-Case KBA	Fa. KBA Mödling - König und Bauer-Straße 2, 2344 Maria Enzersdorf
10.10.2018	Abstimmung MRBC4I Kernteam	ecoplus, Wien
15.10.2018	Spezifikation Use-Case MBIT	Fa. MBIT - 3500 Krems, Rechte Kremszeile 62a/13
16.10.2018	Spezifikation Use-Case BENE	Fa. BENE Wien - 1010 Wien, Neutorgasse 4
22.10.2018	Abstimmung Begleitforschung	TU Wien, Theresianumgasse 27, 1040 Wien
6.11.2018	Spezifikation Use-Case BENE (Themenstream Schulung)	Fa. BENE Wien - 1010 Wien, Neutorgasse 4
8.11.2018	Use Case Treffen Umdasch Ventures	Fa. Umdasch Ventures - Amstetten
13.11.2018	Kick-Off Themenstream SCHULUNG UND TRAINING	Fa. ÖBB - 3151 St. Pölten, St. Georgener Hauptstraße 91a
19.11.2018	Kick-Off Themenstream UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION	Fa. KOTANYI - 2120 Wolkersdorf im Weinviertel, Johann Galler Straße 11
26.11.2018	Projekt Mixed Reality: Kick-Off Themenstream REMOTE SUPPORT	Fa. KNORR-BREMSE (IFE) - 3331 Kematen an der Ybbs, 33.A Straße 1
26.11.2018	Projekt Mixed Reality: Kick-Off Themenstream PRÄSENTATION VON PRODUKTEN	Fa. BENE - 3340 Waidhofen/Ybbs, Schwarzwiesenstraße 3
3.12.2018	Spezifikation Use-Case JABIL	Fa. JABIL - Wien, Gutheil-Schoder-Gasse 17
5.12.2018	Spezifikation Use-Case Rotes Kreuz	FH St. Pölten
6.12.2018	Vorstellung DAQRI Smart Glasses	Fa. DAQRI, Wien
10.12.2018	Abstimmung Core Entwicklung	Fotec
17.12.2018	Spezifikation Use-Case UMDASCH GROUP VENTURES	FH St. Pölten
9.1.2019	Abstimmung MRBC4I Kernteam	ecoplus, St. Pölten
10.1.2019	Abstimmung Fa. CODEFLÜGEL	ecoplus, Wien
11.1.2019	Abstimmung Begleitforschung	TU Wien, Theresianumgasse 27, 1040 Wien
16.1.2019	Abstimmung MRBC4I Kernteam	ecoplus, Wien
17.1.2019	Vortrag "Mixed Reality Applications in Industry: Challenges and Research Areas"	SWQD 2019, Wien
21.1.2019	Treffen mit FH OÖ, Demo und Erklärung AR Remote	FH St. Pölten

24.1.2019	Treffen mit Philipp Meixner für Use-Case UMDASCH GROUP VENTURES	Linke Wienzeile 4, 1060 Wien
11.2.2019	Abstimmung Detail-Spezifikation Use-Case SEMPERIT	Fa. SEMPERIT: 2632 Wimpassing im Schwarzatale, Triester Bundesstraße 26
13.2.2019	Projekt Mixed Reality: Workshop Fa. CODEFLÜGEL	Fa. CODEFLÜGEL - 8020 Graz, Nikolaiplatz 4
14.2.2019	Abstimmung Forschung Assistenzsysteme	TU Wien, Theresianumgasse 27, 1040 Wien
14.2.2019	Spezifikation Use-Case Rotes Kreuz, VR-Training	Landesverbandszentrale Besprechungszimmer 2. Stock, Franz-Zant Allee 3-5, 3430 Tulln an der Donau
18.2.2019	Detailsspezifikation Use-Case KBA	KBA Mödling - König und Bauer Straße 2, 2344 Maria Enzersdorf
26.2.2019	Projekt "Mixed Reality Based Collaboration for Industry" - Usergroup Treffen	Fa. VOITH - 3100 St. Pölten, Linzerstraße 55
28.2.2019	Termin MBIT (vor Ort, neues Gebäude)	Fa. MBIT - 3492 Diendorf am Kamp
6.3.2019	Collective Research Developer Workshop #1	FH St. Pölten
18.3.2019	Zweites Treffen des Themenstreams PRÄSENTATION VON PRODUKTEN	Fa. KBA Mödling - König und Bauer-Straße 2, 2344 Maria Enzersdorf
19.3.2019	Detailsspezifikation Use-Case KBA	KBA Mödling - König und Bauer Straße 2, 2344 Maria Enzersdorf
20.3.2019	Spezifikation Use-Case MAYR-MELNHOF	Fa. Mayr-Melnhof – Frohnleiten, Wannersdorf 80
25.3.2019	Zweites Treffen des Themenstreams UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION	Fa. BILFINGER - 4021 Linz, St.Peter-Strasse 25
25.3.2019	Zweites Treffen des Themenstreams SCHULUNG UND TRAINING	Fa. LENZE - 4481 Asten, Ipf-Landesstraße 1
29.3.2019	Abstimmung MRBC4I Kernteam	ecoplus, Wien
6.3.2019	Collective Research Developer Workshop #1	FH St. Pölten
18.3.2019	Zweites Treffen des Themenstreams PRÄSENTATION VON PRODUKTEN	Fa. KBA Mödling - König und Bauer-Straße 2, 2344 Maria Enzersdorf
19.3.2019	Detailsspezifikation Use-Case KBA	KBA Mödling - König und Bauer Straße 2, 2344 Maria Enzersdorf
20.3.2019	Spezifikation Use-Case MAYR-MELNHOF	Fa. Mayr-Melnhof – Frohnleiten, Wannersdorf 80
25.3.2019	Zweites Treffen des Themenstreams UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION	Fa. BILFINGER - 4021 Linz, St.Peter-Strasse 25
25.3.2019	Zweites Treffen des Themenstreams SCHULUNG UND TRAINING	Fa. LENZE - 4481 Asten, Ipf-Landesstraße 1
29.3.2019	Abstimmung MRBC4I Kernteam	ecoplus, Wien
1.4.2019	Projekt Mixed Reality: Zweites Treffen des Themenstreams REMOTE SUPPORT	Fa. Test-Fuchs: 3812 Groß-Siegharts, Test-Fuchs-Straße 1-5
4.4.2019	Projekt MRBC4I: Use-Case Rotes Kreuz NÖ - Definition Szenarien	FH St. Pölten
4.4.2019	Projekt MRBC4I: Erster Hardware Experience Day @ FH St. Pölten	FH St. Pölten

8.4.2019	MRBC4I Dev Workshop - Core Features	FOTEC
12.4.2019	Mayr-Melnhof Use Case: Schnittstelle Maximo – Abstimmungsmeeting	Fa. Mayr-Melnhof, Wien
15.4.2019	MRBC4I: Abstimmung Kernteam	ecoplus, Wien
17.4.2019	Forschertreffen Begleitforschung	TU Wien
24.4.2019	Alpbach ecoplus Breakout Session - inhaltliche Vorbesprechung	ecoplus, St. Pölten
2.5.2019	Abstimmung Zwischenbericht MRBC4I	FH OÖ Steyr
10.5.2019	Abstimmungstreffen MRBC4I Projekt	ecoplus, Wien
16.5.2019	Codeflügel Entwickler Workshop	FOTEC
17.5.2019	MRBC4i: 3. Dev Workshop	FH OÖ Steyr
20.5.2019	Abstimmung MRBC4I Kernteam	ecoplus, St. Pölten
20.5.2019	Projekt Mixed Reality Based Collaboration for Industry: Termin BEGLEITFORSCHUNG - Fa. VOITH	Fa. VOITH - Linzerstraße 55, 3100 St. Pölten
22.5.2019	Projekt Mixed Reality Based Collaboration for Industry: Termin BEGLEITFORSCHUNG - Fa. BENE	Fa. BENE Wien - Neutorgasse 4, 1010 Wien
22.5.2019	Projekt Mixed Reality Based Collaboration for Industry: Termin BEGLEITFORSCHUNG - Fa. GEODATA	Fa. GEODATA Ziviltechnikergesellschaft mbH - Hütteldorferstrasse 85 / 4. Stock, 1150 Wien
23.5.2019	Projekt Mixed Reality Based Collaboration for Industry: Termin BEGLEITFORSCHUNG - Fa. JABIL	Fa. JABIL - Gutheil-Schoder-Gasse 17, 1230 Wien
11.6.2019	Meyr-Melnhof Use Case Besprechung	FH St. Pölten
17.6.2019	Projekt MRBC4I: Drittes Themenstream-Meeting SCHULUNG & TRAINING	ROTES KREUZ - Bezirksstelle Korneuburg: Jahnstraße 7, 2100 Korneuburg
17.6.2019	Projekt MRBC4I: Drittes Treffen im Themenstream PRÄSENTATION VON PRODUKTEN	Fa. SEMPERIT - Triester Bundesstraße 26, 2632 Wimpassing im Schwarzatale
24.6.2019	Projekt Mixed Reality Based Collaboration for Industry: Termin BEGLEITFORSCHUNG - Fa. LENZE	Fa. LENZE - Ipflandesstraße 1, 4481 Asten
27.6.2019	Collective Research - Usecasetreffen Umdaschgroup Ventures	FH St. Pölten
28.6.2019	Projekt Mixed Reality: Drittes Treffen der Themenstreams "UNTERSTÜTZUNG IN DER PRODUKTION" & "REMOTE SUPPORT"	Fa. DAQRI - 1010 Wien, Fleischmarkt 3-5
1.7.2019	Begleitforschung Status Update & Nachbesprechung	TU Wien
2.7.2019	Projekt MRBC4I - Folgetermin Use-Case Rotes Kreuz NÖ	FH St. Pölten
3.7.2019	Vorbereitung Kernteam-Meeting	FH St. Pölten
8.7.2019	MRBC4I: Abstimmung Kernteam	ecoplus, St. Pölten
15.7.2019	MRBC4I: Vorbereitung Präsentation Alpbach	TU Wien
16.7.2019	MMK mixed reality Usecase - Testrun der von der FH St. Pölten bereitgestellten Lösung	Fa. Mayr-Melnhof – Frohnleiten, Wannersdorf 80

22.7.2019	Projekt MRBC4I: Use-Case Rotes Kreuz - Status, Abst. weitere Vorgehensweise	TFZ Tulln - 3430 Tulln an der Donau, Technopark 1, Objekt C, 2. Stock
21.8.2019	Abstimmung Endbericht Jahr 1, Neuantrag Jahr 2	ecoplus, Wien
22.8.2019	Videodreh Use Case Fa. Mayr-Melnhof	Fa. Mayr-Melnhof – Frohnleiten
23.8.2019	Forum Alpbach Breakout Session MR	Alpbach
28.8.2019	Finalisierung Endbericht Jahr 1, Folgeantrag Jahr 2	FH St. Pölten
18.9.2019	Abstimmung VR Training Use Case mit Lenze	FH OÖ Campus Steyr
7.10.2019	Developer Workshop – Diskussion und Austausch zu den Use Cases	FH St. Pölten
21.10.2019	MRBC4I: Kernteamtreffen	ecoplus - 3100 St. Pölten, Niederösterreichring 2
05.11.2019	MRBC – Abstimmung Forscher Assistenzsysteme	TU Wien, Theresianumsgasse 27
06.11.2019	MRBC4I: Abstimmung Use-Case Rotes Kreuz	Telko
7.11.2019	Hardware Experience Day + Developer Meeting - Präsentation der Hardware + Use Cases, Diskussion Status Use Cases	FHOÖ Campus Steyr
11.11.2019	MRBC4I: Evaluierungsplan für RK Use Case	Telko
13.11.2019	Begleitforschung: Auswertung HW-Day	TU Wien, Theresianumsgasse 27
2.-4.12.2019	Emotion Artificial Intelligence und Virtual Reality - Zunkunfreise München	München
11.12.2019	MRBC4I: Viertes Treffen im Themenstream "REMOTE SUPPORT"	Fa. Kremsmüller - 4641 Steinhaus, Kremsmüllerstraße 1 Fa. Piesslinger - 4591 Molln, Im Gstadt 1
16.12.2019	MRBC – Abstimmung Forscher Assistenzsysteme	TU Wien, Theresianumsgasse 27
16.01.2020	MRBC – Abstimmung Forscher Assistenzsysteme	TU Wien, Theresianumsgasse 27
20.01.2020	Projekt MRBC4I - Folgetermin Use-Case Rotes Kreuz NÖ	FH St. Pölten, Heinrich Schneidmadl-Straße 15, 3100 St. Pölten
21.1.2020	Workshop zu Disseminationstätigkeiten	FH St. Pölten
30.01.2020	Vorbereitung Begleitforschungstermine - Alternativtermin Skypemeeting	Telefonkonferenz
12.02.2020	MRBC – Abstimmung Forscher Assistenzsysteme	TU Wien, Theresianumsgasse 27
19.02.2020	MRBC – Abstimmung Forscher Assistenzsysteme	TU Wien, Theresianumsgasse 27 + Telefonkonferenz
20.2.2020	Remote Support Usertestplanung mit FH Krems + FHOÖ	FHOÖ Campus Steyr
21.02.2020	MRBC4I: VOR-TEST Rotes Kreuz NÖ	Bezirksstelle Rotes Kreuz Korneuburg - Jahnstraße 7, 2100 Korneuburg
26.02.2020	MRBC - Drittes Usergroup-Treffen	Fa. UMDASCH GROUP VENTURES - Josef-Umdasch-Platz 1, 3300 Amstetten
7.10.2020	Wissenstransfer Workshop Remote Support	MS Teams
02.03.2020	Projekt MRBC4I: Termin Begleitforschung - Evaluierung Use-Case IFE	Fa. IFE - 3331 Kematen/Ybbs, 33.a Straße 1

19.03.2020	MRBC4I Begleitforschung: weitere Vorgehensweise (Covid-19)	MS Teams
25.03.2020	Abstimmung MRBC4I Begleitforschung	MS Teams
30.03.2020	Abstimmung MRBC4I Begleitforschungsteam	MS Teams
08.04.2020	MRBC4I Abstimmung Begleitforschung	MS Teams
21.04.2020	MRBC Begleitforschungsmeeting	MS Teams
27.04.2020	MRBC Begleitforschungsmeeting	MS Teams
05.05.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. Umdasch	MS Teams
05.05.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. BENE	MS Teams
11.05.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. Test-Fuchs	M S Teams
25.05.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. Bilfinger	MS Teams
08.06.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. KBA	MS Teams
08.06.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. GEODATA	MS Teams
15.06.2020	MRBC4I: Projektplanung restliches Projekt & Abschlussbericht	MS Teams
22.06.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF - Endreport Aufteilung	MS Teams
29.06.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF - Vorgehensweise Auswertung der Workshops	MS Teams
06.07.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
15.07.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
28.07.2020	MRBC Auswertung Fragebogen & Workshops	IMC Fachhochschule Krems Am Campus Krems, 3500 Krems an der Donau
31.08.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
03.09.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
04.09.2020	Projekt MRBC4I: Abstimmungscall Rotes Kreuz - IMC FH Krems	MS Teams
07.09.2020	MRBC - Oebb in Krems - mit WS Begleitforschung	IMC Fachhochschule Krems Am Campus Krems, 3500 Krems an der Donau
08.09.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. LENZE	MS Teams
09.09.2020	MRBC4I - Kernteamtreffen	ecoplus - 3100 St. Pölten, Niederösterreiching 2
05.10.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
07.10.2020	Projekt MRBC4I - Wissenstransfer Workshop "SPATIAL ANCHORS"	MS Team
07.10.2020	Projekt MRBC4I - Wissenstransfer Workshop "REMOTE SUPPORT"	MS Teams
12.10.2020	MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. KOTANYI	MS Teams
14.10.2020	Wissenstransfer Workshop VR Content Authoring + Real Time Import + Interaction Design	MS Teams

19.10.2020	Projekt MRBC4I: Begleitforschungstermin Fa. VOITH	MS Teams
21.10.2020	Projekt MRBC4I - Wissenstransfer Workshop "Datenanbindung + Bilderkennung + Vereinfachung von 3D Daten "	MS Teams
28.10.2020	Projekt MRBC4I - Wissenstransfer Workshop "Learning Analytics"	MS Teams
30.10.2020	Projekt MRBC4I: Begleitforschungstermin Fa. MAYR-MELNHOF	MS Teams
16.11.2020	Projekt MRBC4I: Begleitforschungstermin Fa. JABIL	MS Teams
16.11.2020	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
26.11.2020	Projekt MRBC4I – Kernteamtreffen	MS Teams
30.11.2020	MRBC4I Begleitforschungstermin	MS Teams
03.12.2020	Projekt MRBC4I: Begleitforschungsinterview Fa. SEMPERIT	MS Teams
04.12.2020	Projekt MRBC4I: Begleitforschungs-Workshop Fa. Wittmann-Battenfeld	MS Teams
11.12.2020	MRBC4I Begleitforschungstermin	MS Teams
17.12.2020	Projekt MRBC4I – Kernteamtreffen	MS Teams
13.01.2021	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
19.01.2021	Präsentation der finalen Use-Case Ergebnisse bei Piesslinger	Molln
25.01.2021	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
29.01.2021	Projekt MRBC4I: Kernteam-Treffen	MS Teams
08.02.2021	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
15.02.2021	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
15.02.2021	Projekt MRBC4I: Kernteam-Treffen	MS Teams
16.02.2021	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
22.02.2021	MRBC4I: Begleitforschung JF	MS Teams
22.02.2021	Projekt MRBC4I: Kernteam-Treffen	MS Teams
25.02.2021	Projekt MRBC4I: Projekt-Abschlusstreffen	MS Teams

12.2. Leitfaden semi-strukturiertes Interview der Begleitforschung

Kapitel 1) Use-Case Canvas

1.1. Sind die im Canvas gesteckten Ziele/Ergebnisse bei idealer Umsetzung des Assistenzsystems (AS) mit heutiger Erkenntnis erreichbar?

1.1.1 Warum / Warum nicht?

1.2. Gibt Überraschungen (positive / negative) betreffend Nutzen / Ergebnisse durch den Einsatz des AS?

1.3. Wie wurden ihre Erwartungen an das AS erfüllt?

Kapitel 2) Prozesse

2.1. Was ist der übergeordnete Geschäftsprozess in welchem der Use-Case und das AS eingesetzt wird? Was sind die vor (1)- und nachgelagerten (3) Teilprozesse zum Use-Case Teilprozess (2)?

- 2.2. Welche Auswirkungen hat der Use-Case Teilprozess auf diese vor- und nachgelagerten Prozesse?
- 2.3. Wie verändert bzw. verbessert sich der Geschäftsprozess gesamt (4) durch den Teilprozess Use-Case?
- 2.4. Welche Informationen aus dem Use-Case-Teilprozess (2) können für andere Firmenbereiche genutzt werden?
- 2.5. Welche Perspektiven bietet der Einsatz des AS für das Geschäftsmodell? (Verbesserung, neue Modelle)
- 2.6. Beeinflusst der Einsatz des AS die Leistungserstellung spezifisch beim (6) internationalen Geschäft?

Kapitel 3) Impact Geschäftsmodelle (Business Sicht)

- 3.1. Wie ist die Intensität ihrer Kundenbeziehung im betreffenden Einsatzgebietes des AS?
 - 3.1.1. Dauer der Kundenbeziehung: Einmalig Langfristig
- 3.2. Lock-in: von beliebig austauschbar.... Nicht ersetzbar als Lieferant
- 3.3. Partnerschaft: reiner Lieferant ... strategischer (Entwicklungs-) Partner
- 3.4. Strategische Positionierung: Kostenführerschaft ... Produktdifferenzierung
- 3.5. Wie intensiv ist der Einsatz eigener Ressourcen (Mitarbeiter), bei der Leistungserstellung vor Ort? Eigenes Personal versus Dritte (Kunden, Dritt-Leister)

Kapitel 4) Internationalität des Geschäftsprozesses

- 4.1. Konkret betreffend des Assistenzsystems (AS): in welchem Land (Ländern, Regionen) ist der Einsatz im Zuge des definierten Use Case geplant?
- 4.2. In welchen weiteren Ländern/Regionen ist der Einsatz des AS zukünftig geplant?
- 4.3. Konkret zum betroffenen Geschäftsbereich: Wie hoch ist umsatzmäßig der Anteil des internationalen Geschäfts?
- 4.4. Was sind die Hauptgründe für die Internationalität des Geschäftsfeldes?
 - 4.4.1. Die Kundennachfrage nach den Produkten ist international?
 - 4.4.2. Die benötigten Ressourcen, besonders Human Resources sind international?
 - 4.4.3. Das Business-Netzwerk ist international? (Lieferanten, Wertschöpfungskette, etc.)
 - 4.4.4. Die eigene internationale Einstellung führt zu internationalen Aktivitäten?
 - 4.4.5. Die geographische Fokussierung des Geschäftsfeldes ist nicht der Heimmarkt?
 - 4.4.6. Eigentümerschaft / Finanzierung sind international?

Kapitel 5) Impact Geschäftsprozesses (Prozess)

- 5.1. Wie stabil bzw. flexibel ist der Ablauf des Geschäftsprozesses?
 - 5.1.1. Immer gleicher Ablauf ... bis sehr variantenreich
 - 5.1.1.1. Wie hinderlich bzw. förderlich ist dies für den Einsatz des AS?
 - 5.1.1.2. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)
 - 5.1.2. Immer gleiche Mitarbeiter involviert ... stets verschiedene MA
 - 5.1.2.1. Wie hinderlich bzw. förderlich ist dies für den Einsatz des AS?
 - 5.1.2.2. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)
- 5.2. Bei welcher Art von Problemlösung unterstützt das AS in Ihrem Use-Case?
 - 5.2.1. Für welche der oben genannten Problemlösungen sehen sie generell das größte Potential für den Einsatz des AS?
- 5.3. Was sind die logistischen Anforderungen des Prozesses: Viel Logistik notwendig ... reine Serviceleistung
 - 5.3.1. Bei IST-Prozess ohne AS
 - 5.3.2. Bei SOLL-Prozess mit AS
 - 5.3.3. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)
- 5.4. Wie wichtig ist der Zugang zu elektronischen Daten für die Durchführung des Prozesses? Erfahrung des Personals reicht ... Daten sind für Umsetzung essentiell
 - 5.4.1. Bei IST-Prozess ohne AS
 - 5.4.2. Bei SOLL-Prozess mit AS

5.4.3. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)

5.5. Welche neuen elektronische Daten entstehen durch den Einsatz des AS?

5.5.1. Verbessern diese Daten die Effizienz des existierenden Prozesses?

5.5.2. Verbessern diese Daten andere Geschäfts-Prozesse?

5.5.3. Erweitert der AS Einsatz die Möglichkeiten für neue Kunden-Leistungen?

5.5.4. Erweitert der AS Einsatz die Möglichkeiten für neue, interne Leistungen?

Kapitel 6) Impact Geschäftsprozesses (Technologie)

6.1. Wie wichtig ist der permanente Internetzugang für die Durchführung des Prozesses?

6.1.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.1.2. Bei Soll-Prozess mit AS

6.2. Wie wichtig ist die Bandbreite des Internetzugangs?

6.2.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.2.2. Bei Soll-Prozess mit AS

6.2.3. Wie ist die Situation bei Internet/Bandbreite speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distance)

6.3. Wie wirken sich Anforderungen zu Datensicherheit und Compliance auf die effektive Durchführung des Prozesses aus?

6.3.1. Datensicherheit und Compliance: Einfluss durch Anforderungen seitens des Kunden betreffend zu Datensicherheit und Compliance?

6.3.1.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.3.1.2. Bei Soll-Prozess mit AS

6.3.1.3 Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)

6.3.2. Datensicherheit und Compliance: Einfluss durch Anforderungen Aufgrund gesetzlicher Anforderungen

6.3.2.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.3.2.2. Bei Soll-Prozess mit AS

6.3.2.3. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)

6.3.3. Datensicherheit und Compliance: Einfluss durch Anforderungen Aufgrund firmeninterner Vorgaben

6.3.3.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.3.3.2. Bei SOLL-Prozess mit AS

6.4. Stehen die notwendigen Daten zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung?

6.4.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.4.2. Bei SOLL-Prozess mit AS

6.4.3. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)

6.5. Wie hoch ist der Grad an automatisierter Datenverarbeitung bei entstehenden Daten? (z.B. bei Dokumentation)

6.5.1. Bei IST-Prozess ohne AS

6.5.2. Bei SOLL-Prozess mit AS

6.6. Wie schätzen Sie die Verfügbarkeit der notwendigen AS-Technologie für das geplante Einsatzgebiet ein?

6.7. Wie sind die Kosten für den Einsatz der Assistenztechnologie im Vergleich zum (erwarteten) Nutzen?

6.7.1. Generelle Einschätzung Nutzen/Kosten für das geplante Einsatzgebiet?

6.7.2. Kosten der HW (Brillen, Equipment)?

6.7.3. Kosten des Betriebs?

6.7.4. Kosten der Implementierung?

6.8. Wie sind die technischen Voraussetzungen Ihrer Firma für den Einsatz der Assistenztechnologie? (von ready to go bis sehr hoher Aufwand)

6.9. Vorhandene interne Kompetenzen für den technischen Einsatz des AS?

6.9.1. Wie wichtig ist das Vorhandensein der internen Kompetenzen für den technischen Einsatz des AS?

6.9.2. Inwieweit verfügt das Unternehmen über die Kompetenzen für den erforderlichen Betrieb und Weiterentwicklung des AS?

Kapitel 7) Impact Geschäftsprozesses (Anwender)

7.1. Wie hoch sind die Qualifikationsanforderungen an die Mitarbeiter im Prozess? Heute, und wie ändert sich dies durch den Einsatz des AS?

7.1.1. Bei IST-Prozess ohne AS

7.1.2. Bei SOLL-Prozess mit AS

7.1.3. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)

7.2. Wie passen die aktuellen Qualifikations-Profile der Anwender zu den Anforderungen des Geschäftsprozesses? Heute, und wie ändert sich dies durch den Einsatz des AS?

7.2.1. Bei IST-Prozess ohne AS

7.2.2. Bei SOLL-Prozess mit AS

7.2.3. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Distanz)

7.3. Wie schätzen Sie die Bereitschaft der Anwender für den Einsatz des AS ein?

7.3.1. Wie ist die Situation speziell in den Haupt-Einsatz-Ländern des AS? Und ändert sich diese durch den Einsatz des AS? (Stichwörter wie Arbeitsweisen, kulturelle Werte, ...) (Distanz)

Kapitel 8) Ökologischer Fußabdruck

8.1. Denken Sie, dass Sie sich durch die Einführung des Assistenzsystems Geschäftsreisen und -treffen im Ausland ersparen können?

8.1.1. Welche positiven Auswirkungen hat dies auf Kostensituation, den Ressourcenaufwand, etc.?

8.1.2. Welche eventuellen negativen Auswirkungen könnten weniger Geschäftsreisen und -treffen auf das Unternehmen haben?

8.1.3. Welche Schwierigkeiten könnten bei der Realisierung von weniger Geschäftsreisen und -treffen auftreten bzw. sind in der Vergangenheit aufgetreten?

8.2. Bitte schildern Sie mir grob die Reiseroute Ihrer Arbeitskraft von dem Punkt der Abfahrt, bis zu dem Punkt der Rückkehr im Heimatmarkt der jeweiligen Person (Flug, Auto, Bus/Bahn Wege, Hotelübernachtungen, etc.).

8.2.1. Bitte schätzen Sie grob die Dauer der einzelnen Verkehrsträger und Hotelübernachtungen.

8.2.2. Bitte schätzen Sie grob die Gesamtdauer der zurückgelegten Route ein.

8.2.3. Können Sie grob den Prozentsatz der einzelnen Verkehrsträger einschätzen? (bspw. 50% aller Dienstreisen mit der Bahn, etc.)

8.3.1. Wie viele Personen legen pro Reise diese Route zurück?

8.3.2. Wie viele Personen legen diese Route pro Jahr zurück?

8.3.3. Wie häufig legen Ihre Mitarbeiter diese Route pro Jahr zurück?

8.4.1. In welcher Sitzklasse befinden sich Ihre Arbeitskräfte in den jeweiligen Verkehrsträgern?

8.4.2. Wie viele Sterne haben die Hotels, in denen Ihre Arbeitskräfte nächtigen, im Durchschnitt?

8.5. Ihrer persönlichen Einschätzung nach: denken Sie, dass Sie sich durch die Einführung des Assistenzsystems Ihren CO₂-Fußabdruck reduzieren können?

Kapitel 9) Kompetenzen

9.1. Welche Mitarbeiterrollen wären von dem Assistenzsystem direkt betroffen?

9.2.1. Welches grundlegende Wissen oder welches Verständnis werden derzeit von diesen Mitarbeitern benötigt? (Ist-Prozess)

9.2.2. Haben neue Mitarbeiter dieses Wissen typischerweise schon oder müssen Sie erst eingeschult werden?

9.2.3. Könnte man auf dieses Wissen bzw. dieses Verständnis beim Einsatz des Assistenzsystems teilweise oder vollständig verzichten?

- 9.3.1. Welche konkreten Fertigkeiten werden derzeit von diesen Mitarbeitern benötigt (d.h. was müssen sie tun können)? (Ist-Prozess)
- 9.3.2. Haben neue Mitarbeiter diese Fertigkeiten typischerweise schon oder müssen Sie erst eingeschult werden?
- 9.3.3. Könnte man auf diese Fertigkeiten beim Einsatz des Assistenzsystems teilweise oder vollständig verzichten?
- 9.3.4. Gibt es anderweitige Fertigkeiten, welche beim Einsatz des Assistenzsystems dazu kommen würden?
- 9.4.1. Welche grundlegenden sozialen Fähigkeiten (z.B. Kommunikation, Teamfähigkeit) werden derzeit von diesen Mitarbeitern benötigt? (Ist-Prozess)
- 9.4.2. Haben neue Mitarbeiter diese sozialen Fähigkeiten typischerweise schon oder müssen Sie erst eingeschult werden?
- 9.4.3. Könnte man auf diese sozialen Fähigkeiten beim Einsatz des Assistenzsystems teilweise oder vollständig verzichten?
- 9.4.4. Gibt es anderweitige soziale Fähigkeiten, welches beim Einsatz des Assistenzsystems dazu kommen würde?
- 9.5.1. Unabhängig vom Fachwissen und Fachkompetenzen, gibt es Persönlichkeitsmerkmale, die die Mitarbeiter haben sollten?
- 9.5.2. Würden Sie sich beim Einsatz des Assistenzsystem verändern?
- 9.6.1. Wie lange dauert es derzeit, bis neue Mitarbeiter für diese Position(en) eingeschult werden?
- 9.6.2. In welcher Form verläuft die Einschulung und wie lange dauert sie?
- 9.6.3. Wie glauben Sie würde sich Einschulung beim Einsatz des Assistenzsystems verändern?

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Agenda des 1. Usergrouptreffens am 26.2.2019 bei VOITH.....	14
Abbildung 2. Fotos des 1. Usergrouptreffens	14
Abbildung 3. Agenda des 2. Usergrouptreffens am 25.9.2019 bei WITTMANN-BATTENFELD.....	15
Abbildung 4. Fotos des 2. Usergrouptreffens	15
Abbildung 5. Agenda des 3. Usergrouptreffens am 26.2.2020 bei UMDASCH GROUP VENTURES.....	16
Abbildung 6. Fotos des 3. Usergrouptreffens	16
Abbildung 7. Agenda des virtuellen Projekt Relaunch Treffens am 1.10.2020.	17
Abbildung 8. Agenda des 4. und letzten Usergrouptreffens am 25.2.2021 (virtuell via MS Teams).....	17
Abbildung 9. Gruppenfoto eines der Usergroup-Treffen	18
Abbildung 10. Gruppenfoto eines der Usergroup-Treffen	19
Abbildung 11: Architektur CORE Backend	24
Abbildung 12: CORE Backend Beispielkonfiguration 1	26
Abbildung 13: CORE Backend Beispielkonfiguration 2	26
Abbildung 14: CORE Backend Beispielkonfiguration 3	27
Abbildung 15: CORE Backend Beispielkonfiguration 4	27
Abbildung 16: CORE Backend Beispielkonfiguration 5	28
Abbildung 17. Überblick der 7 Stationen des 1. Hardware Experience Days an der FH St. Pölten	43
Abbildung 18. Fotos des 1. Hardware Experience Days.	43
Abbildung 19. Impressionen des 2. Hardware Experience Days.	45
Abbildung 20. Die Servicekarte für einen Inverter.	51
Abbildung 21. Anzeige eines Prozessschrittes.....	51
Abbildung 22. Automatische Erkennung des Profils anhand der aufgenommenen Bilddaten.	52
Abbildung 23. Die zu kontrollierenden Baugruppen werden optisch hervorgehoben.....	53
Abbildung 24. Der Jabil Usecase im Einsatz.....	53
Abbildung 25. Das System erkennt automatisch die Symbole der montierten Schalter und gibt MitarbeiterInnen Feedback zum aktuellen Status.	54
Abbildung 26. Bilder zeigen Ausschnitte aus der umgesetzten VR-Anwendung.....	59
Abbildung 27. Bild zeigt eine der Baugruppen.	59
Abbildung 28. Bild zeigt die Interaktionsmöglichkeiten für den Benutzer.	60
Abbildung 29 – In der virtuellen Umgebung übernehmen Nutzer*innen die Rolle des interimistischen Einsatzleiters.....	61
Abbildung 30. Teil der standardisierten Patientenleittasche.	61
Abbildung 31. Ein RK-Mitarbeiter beim Testen der erstellten Anwendung.	62
Abbildung 32. Übersicht Remote Support Workflow.	63
Abbildung 33. Konzeptionelle Darstellung der Applikation. Ein Raycast trifft auf die virtuelle Bildebene. Am Schnittpunkt wird die Annotation erstellt.....	65
Abbildung 34. Remote Support am Smartphone: Verankerte Annotationen im Sichtbereich der Kamera.	66
Abbildung 35. Remote Support am PC: Der Experte annotiert den Sichtbereich des Arbeiters und leistet Hilfestellung.....	66
Abbildung 36. 2D-Ansicht des Planungstools	70
Abbildung 37. 3D-Ansicht des Planungstools	71
Abbildung 38. Ansicht in der VR	71
Abbildung 39. Darstellung des virtuellen MBIT Gebäudes im Freien, bei schlechten Lichtverhältnissen.....	73
Abbildung 40. Mithilfe der App wird die räumliche Umgebung erfasst.	74
Abbildung 41. Notizen können zu räumlichen Punkten erfasst werden.	75
Abbildung 42. Die Bilder zeigen die Benutzeroberfläche der umgesetzten App. Benutzer können einen QR-Code einscannen.	76
Abbildung 43. Die Montageschritten werden übersichtlich dargestellt. Zu jedem Schritt können Benutzer mehr Informationen ansehen und diese mittels Fotos dokumentieren.	77

Abbildung 44. Vereinfachte Darstellung der Produktionshalle	78
Abbildung 45: Neuland 3P Halle im mobilen Formfaktor	78
Abbildung 46. Ein User sieht etwa eine Web-Info, die an einem Standort verankert ist.....	80
Abbildung 47. Das Web-Backend zur Konfiguration der räumlichen Ankerpunkte.	80
Abbildung 48. Multi-kriterielles MRBC4I Evaluierungsmodell.....	81
Abbildung 49. Konzept zur Evaluierung von industriellen MR Systemen [Moser et. al, 2020].	82
Abbildung 50. Der Willkommensbereich des verwendeten Miro Boards.	84
Abbildung 51. Der remote Prozess mit AR Unterstützung.	93
Abbildung 52. Die Dokumentationen von Informationen mittels "digitalen Post-Its".	94
Abbildung 53. Die AR gestützte Erkennung von Sonder- und Spezialfällen.	96
Abbildung 54. Übersetzung des SUS-Scores in Quartile, Akzeptierbarkeit und Adjektive.	112
Abbildung 55. Technology Acceptance Model (TAM)	113
Abbildung 56. Verteilung von SUS-Gesamtbewertungen (SUS Index von max. 100) über alle Teilnehmer*innen	119
Abbildung 57. Verteilung der Bewertungen den einzelnen SUS Kategorien über alle Teilnehmer*innen	119
Abbildung 58. Vergleich der SUS Kategorien zwischen AR und VR Technologie über alle Teilenehmer*innen	120
Abbildung 59. Die Struktur des TAM für Analysezzwecke	120
Abbildung 60. Visualisierung der Berechneten Modellbeziehungen aus SmartPLS	122
Abbildung 61. Verteilung der Bewertungen den einzelnen NASA-rTLX Kategorien über alle Teilnehmer*innen	123
Abbildung 62. Vergleich der NASA-rTLX Kategorien zwischen AR und VR Technologie über alle Teilenehmer*innen	123
Abbildung 63. Struktur der Itemzuordnung für die Konstrukte der Technologiekompatibilität	124
Abbildung 64. Bewertung der einzelnen Konstrukte der Technologiekompatibilität (Kompositindex).....	125
Abbildung 65. Vergleich von Flexibilität, Monotonie, und Gesamtergonomie zwischen AR und VR Technologie über alle Teilenehmer*innen.....	126
Abbildung 66. Die schematische Darstellung des Vorgehensmodells.....	127
Abbildung 67 – Die durchschnittliche Bewertung der drei getesteten VR-Anwendungen im Vergleich.....	129
Abbildung 68 – Die Bewertung der drei VR-Anwendungen im Bezug auf deren Bedienbarkeit nach Grad der Hilfestellung.....	131
Abbildung 69. Die Grafik zeigt die bisherige Erfahrung der Proband*innen mit VR.	132
Abbildung 70. Impressionen des Besuchs des Forum Alpbach 2019	134
Abbildung 71. Präsentation des MRBC4I Projekts beim Clusterland Award 2019.	134
Abbildung 72. Einige Teilnehmer aus dem Workshop “Remote Support” (Together Mode in MS Teams)	138
Abbildung 73. Einige Teilnehmer aus dem Workshop “VR Content Authoring” (Together Mode in MS Teams)	138
Abbildung 74. Überblick der Learning Analytics Muster.	140

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Übersicht über alle Unternehmenspartner	11
Tabelle 2. Übersicht über alle Disseminationsworkshops.	19
Tabelle 3. Aufteilung der Use Cases in Themenstreams (TS): Unterstützung in der Produktion (UdP), Schulung und Training (SuT), Remote Support (RS), Präsentation von Produkten (PvP)	22
Tabelle 4. Übersicht der beschafften MR Hardware.	41
Tabelle 5. Die Grafik beschreibt die gesamte Entlehnungsdauer von Geräten aus dem gemeinsamen Hardware-Pool in den Jahren 2019 und 2020.	42
Tabelle 6. Verschiedene Geräte des Hardware-Pools und die Dauer ihrer Entlehnung in Wochen (2019-2020).	42
Tabelle 7. Backend-Features im MRBC4i-Core.	46
Tabelle 8. Client-Features im MRBC4i-Core	47
Tabelle 9. Firmen im Themenstream "Unterstützung in der Produktion".	50
Tabelle 10. Firmen im Themenstream "Schulung und Training".....	57
Tabelle 11. Besonderheiten und Herausforderungen des Use Cases im Themenstream Remote Support.	63
Tabelle 12. Firmen im Themenstream "Präsentation von Produkten".	67
Tabelle 13. Zusammenfassung der Ergebnisse der PLS-SEM Analyse für TAM	121



ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH
Niederösterreich-Ring 2, Haus A
3100 St. Pölten, Österreich
Tel.: +43 2742 9000-19650
cluster@ecoplus.at
www.ecoplus.at/cluster

Stand: Mai 2021