

Sachbericht zum Verwendungsnachweis

Verbundprojekt

Datenmanagement für Augmented Reality (DM4AR)



in der Fördermaßnahme

„Internetbasierte Dienstleistungen für komplexe Produkte,
Produktionsprozesse und -anlagen (Smart Services)“

Autoren:

Florian Schuldt, Dr.-Ing. Lennard Holst, Jan-Niklas Abels, Alina Breuers
FIR e. V. an der RWTH Aachen
Campus-Boulevard 55
52074 Aachen

Projektlaufzeit: 01.05.2020 – 30.11.2023

Erstellungsdatum: 08.01.2024

Projektpartner

oculavis GmbH

Software AG

Thyssenkrupp Polysius GmbH

YNCORIS GmbH & Co. KG

TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co.

KG

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt der Veröffentlichung liegt bei der Autorin / beim Autor.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhaltsverzeichnis

I.	Teil I Kurzbericht	3
I.1	Aufgabenstellung	3
I.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens	3
I.3	Wesentliche Ergebnisse im Überblick	3
II.	Teil II Eingehende Darstellung.....	5
II.1	Motivation und Aufgabenstellung.....	5
II.1.1	Überblick über das Projekt und seine Ziele	6
II.2	Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens	9
II.3	Planung und Ablauf des Vorhabens	14
II.4	Erzielte Ergebnisse	17
II.4.1	Erläuterung der Verwendung der Zuwendung und Beschreibung der erzielten Ergebnisse	24
II.4.1.1	AP 1: Untersuchung der vorhandenen Service- und Informationsprozesse 24	
II.4.1.2	AP 2: Integration von strukturierten und unstrukturierten Daten	33
II.4.1.3	AP 3: Erstellung von Referenz-Service- und Informationsprozessen und integrierten Arbeitssystemen.....	35
II.4.1.4	AP 4: AR-gerechte Aufbereitung der Inhalte.....	55
II.4.1.5	AP 5: Iterative Umsetzung und Analyse der Usecases	58
II.4.1.6	AP 6: Dokumentation, Projektmanagement und Transfer	64
II.5	Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen	67
II.6	Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse	68
II.7	Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojekts.....	70
II.8	Veröffentlichungen, Vorträge, Referate etc.....	71
II.9	Literaturverzeichnis	73
II.10	Abbildungsverzeichnis.....	84
II.11	Tabellenverzeichnis.....	85

I. Teil I Kurzbericht

I.1 Aufgabenstellung

Das Projekt DM4AR diene dem Ziel, eine Augmented Reality (AR)-Plattform zu schaffen, die eine automatisierte Generierung von AR-Inhalten ermöglicht und so das Expert:innenwissen digital und kontextbezogen bereitstellt. Die AR-Plattform trägt dazu bei, individuelles Wissen in kollektives Unternehmenswissen umzuwandeln. Durch die Verwendung von AR können Kund:innen befähigt werden, Instandhaltungsarbeiten selbst durchzuführen, was wertvolle Arbeitszeit einspart, Ausfallzeiten reduziert sowie einen positiven ökologischen Einfluss hat.

I.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Im Kontext des demografischen Wandels, der Umwandlung in eine Wissensgesellschaft und des generellen Fachkräftemangels sehen sich Unternehmen immer größeren Herausforderungen ausgesetzt. Besonders im technischen Service, der das Arbeiten an komplexen, hochindividuellen Maschinen erfordert, besteht ein großer Bedarf an Expert:innenwissen. Daher wird angestrebt, dieses Wissen zugänglich zu machen und langwierige Reisezeiten sowie Umweltbelastungen zu reduzieren.

Der aktuelle wissenschaftliche und technische Stand im Bereich des Produkt- und Servicedatenmanagements berücksichtigt die Bereitstellung von AR-gerechten Inhalten weitestgehend nicht. Es bestehen zwei Hauptprobleme: erstens der hohe manuelle Aufwand, der für die Generierung solcher Inhalte notwendig ist, und zweitens die mangelnde Berücksichtigung und Belohnung für die Dokumentation und das Generieren von Wissen in den aktuellen Serviceprozessen. Technische Herausforderungen bestehen auch in der Vielzahl und Varianz der benötigten Informationen, insbesondere im Lebenszyklusdatenmanagement von Anlagen. Derzeitige Product-Lifecycle-Management-Systeme (PLM-Systeme) sind hauptsächlich auf die frühen Phasen des Lebenszyklus ausgerichtet und vernachlässigen daher das Generieren AR-gerechter Inhalte. Programme wie *InscapeAR* bieten erste Lösungen für die manuelle Erzeugung von AR-Inhalten aus Stücklisten und CAD-Modellen, doch die automatisierte Aufbereitung dieser Daten ist für den Erfolg von AR unerlässlich. Es besteht darüber hinaus ein Mangel an Lösungen, die Daten aus verschiedenen Systemen integrieren und AR-tauglich aufbereiten können.

I.3 Wesentliche Ergebnisse im Überblick

Für den Erfolg des Projekts wurden die frühzeitige Festlegung und Ausgestaltung der Usecases als entscheidend erachtet. In der Usecase-Erstellung durch die TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG lag der Fokus auf dem Austausch defekter Teile bei Fotodruckern, die im Alltagskontext in Drogeriemärkten Anwendung finden. Es handelte sich dabei um eine standardisierte Aufgabe, die unter Zeitdruck durchzuführen war. Demzufolge haben die Ergebnisse des Projekts DM4AR positiven Einfluss auf das tägliche Leben. Eine besondere Herausforderung bestand darin, die

Belegschaft von der Nutzung der AR-Technologie zu überzeugen, insbesondere aufgrund deren teilweise kritischer Einstellung gegenüber der neuen Technologie.

Die YNCORIS GmbH & Co. KG legte besonderes Augenmerk auf den Reparatur- und Wartungsprozess von Pumpen und Motoren in Werkstätten. In die AR-Plattform wurden Checklisten und weitere erforderliche Medien für die Durchführung von Wartungen und Reparaturen integriert. Die Einbindung von Stammdaten der Pumpen und Motoren aus dem Enterprise-Resource-Planning-System (ERP-System) wurde ebenfalls vorgenommen, um Dateninkonsistenzen zu vermeiden.

Der Usecase von Thyssenkrupp fokussierte die Wartung einer Kugelmühle für Zementwerke. Als Besonderheit ist hier anzumerken, dass Instandhaltungsarbeiten direkt durch den Kund:innen durchgeführt werden sollten. Neben Wartungsanleitungen wurden Fotos und Videos bereitgestellt. Die Integration von Schwingungsdaten stellte eine zusätzliche Herausforderung dar, da diese als Indikator für mögliche Beschädigungen fungieren.

In allen Usecases wurden zunächst die jeweiligen Prozesse erfasst und digitalisiert. Ineffizienzen in den Prozessen konnten dabei eliminiert werden. Die Implementierung von Anreizsystemen für die Wissensweitergabe wurde als weiterer kritischer Faktor identifiziert. Hierbei wurde eine Analyse bestehender Anreizsysteme durchgeführt und darauffolgend ein eigenes Anreizsystem mit besonderem Fokus auf Gamification erstellt.

Die Software AG war für die Gestaltung des Datenmodells für die AR-Plattform verantwortlich und ermöglichte dadurch die Verarbeitung der Daten für die AR-Nutzung. Des Weiteren wurde ein Konzept für die Integration unstrukturierter Daten sowie das IT-Sicherheits- und Datenschutzkonzept entwickelt. Die Bereitstellung der AR-Plattform erfolgte durch die oculavis GmbH.

Das Potenzial der in DM4AR entwickelten Lösungen liegt in der Erfassung und Formalisierung des impliziten Wissens der Angestellten. Darüber hinaus wird von den Projektpartnern das Potenzial erkannt, die prototypischen Lösungen unternehmensweit zu skalieren, weitere Anwendungsfälle für den Einsatz von AR zu identifizieren und durch die Nutzung von AR das Anlernen unerfahrener Mitarbeitender zu beschleunigen sowie Kund:innen für die Wartung ihrer Maschinen zu qualifizieren. Diese Faktoren könnten erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen mit sich bringen und gleichzeitig den ökologischen Fußabdruck der Unternehmen reduzieren.

II. Teil II Eingehende Darstellung

II.1 Motivation und Aufgabenstellung

Der gesellschaftliche Umbau zu einer Wissensgesellschaft mit all ihren Implikationen hat Wissen zu dem zentralen Erfolgsfaktor jedes Unternehmens gemacht (s. Miklosik u. Zak 2015; Probst et al. 2013). Gleichzeitig wird sich der Fachkräftemangel in den kommenden Jahren immer weiter verstärken. Schon jetzt sorgt er im Mittelstand für jährliche Umsatzeinbußen von fast 50 Milliarden Euro (s. Barth u. Englisch 2017) und gilt als eine der größten Wachstumsbremsen der deutschen Wirtschaft (s. Grömling & u. Schäfer 2017). Dies gilt insbesondere im technischen Service, da dieser häufig an komplexen und hochindividuellen Maschinen und Anlagen durchgeführt wird und daher viel individuelles Expert:innenwissen erfordert.

Die fortschreitende Vernetzung und Digitalisierung bieten dabei das Potenzial, vorhandenes Wissen einzelner Mitarbeitender eines Unternehmens deutlich effizienter aufzunehmen und durch eine gezielte, kontextbezogene Bereitstellung einer Vielzahl an Mitarbeitenden und Kund:innen zur Verfügung zu stellen. Gerade darin liegt die herausragende Chance von Augmented-Reality-Anwendungen. So können bspw. per Datenbrille getätigte Videoanrufe digital aufbereitet werden, um Expert:innenwissen zu skalieren (s. Usecase YNCORIS GmbH & Co. KG). Die Durchführung von Wartungen und Störungsbehebungen kann über AR-Technologien zurückgemeldet und dokumentiert werden, um Arbeitsanweisungen sukzessive mit multimedialen Inhalten zu flankieren und gleichzeitig den administrativen Aufwand zu reduzieren (s. Usecase thyssenkrupp). Schulungsinhalte können zentral aufgezeichnet und dezentral verteilt werden, um neue Services noch schneller in den Markt zu bringen und Techniker:innen im Einsatz zu unterstützen (s. Usecase TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG).

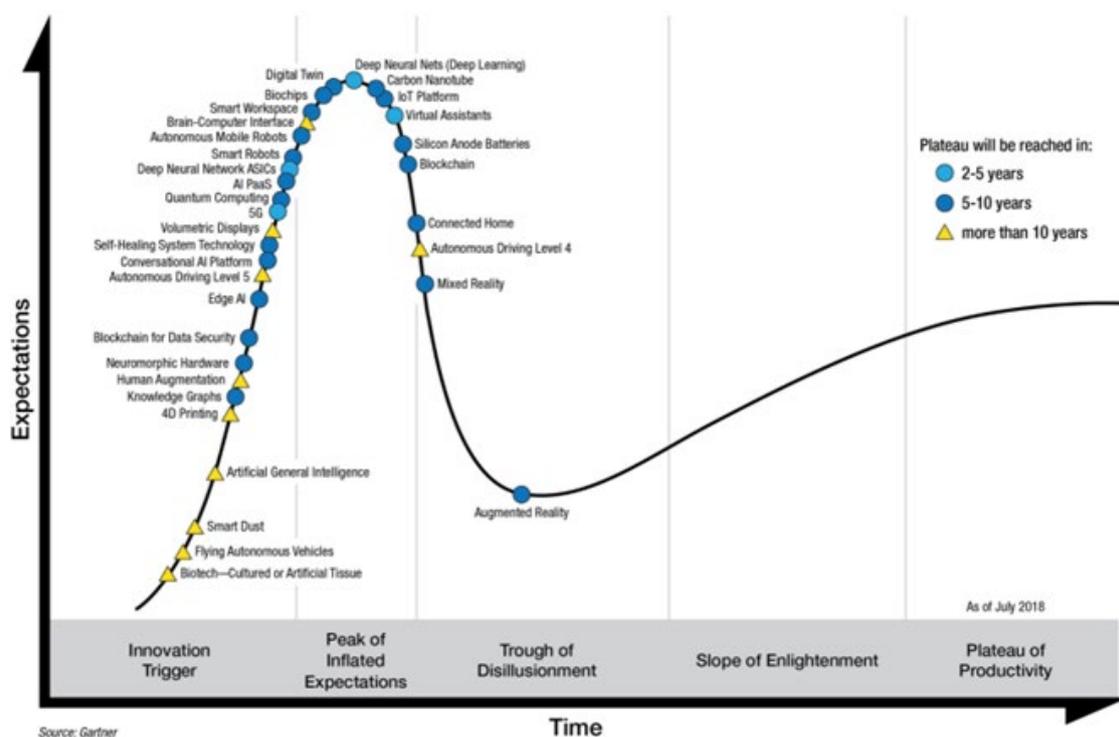


Abbildung 1: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies (Walker 2018, zit. n. Panetta 2019)

Aktuelle Lösungen, wie z. B. Datenbrillen, weisen bereits einen hohen Reifegrad bspw. im Hinblick auf Akkulaufzeit und Tragekomfort auf. Die Vielfalt und Qualität des Angebots steigt stetig (s. Syberfeldt et al. 2017). Bisherige AR-Anwendungen fokussieren dabei allerdings lediglich die kontextbezogene Bereitstellung der Informationen. Die tatsächliche Hürde für einen wirtschaftlich tragfähigen und damit flächendeckenden Einsatz von AR (s. Abbildung 1, Abbildung 2) im technischen Service ist allerdings der hohe manuelle Aufwand, welcher für die vorherige Generierung der AR-tauglichen Inhalte notwendig ist.

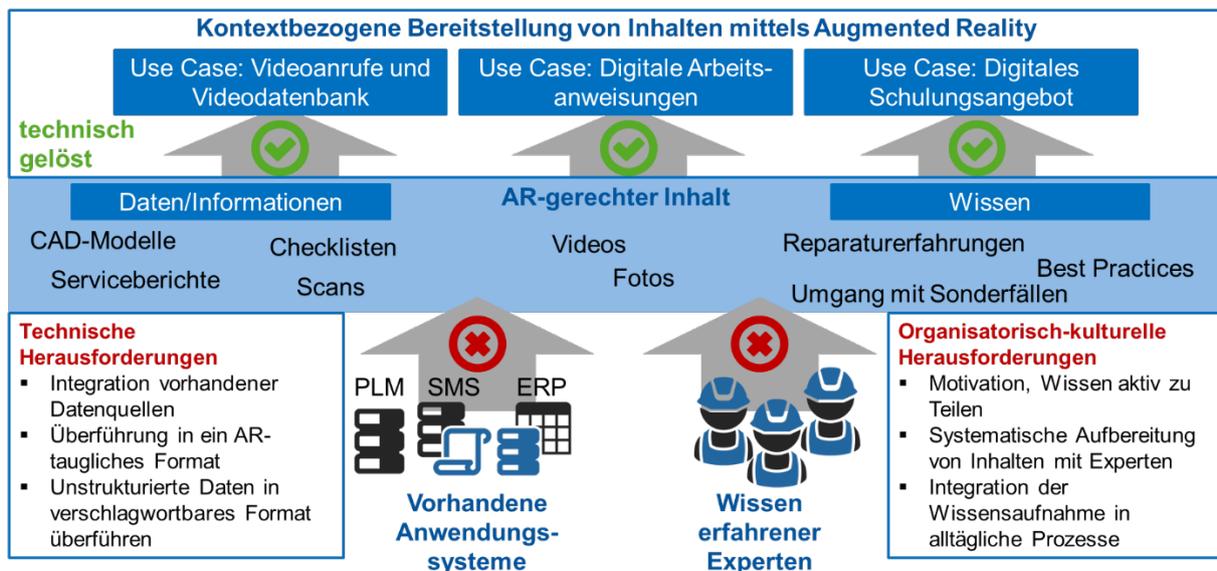


Abbildung 2: Hürden für eine flächendeckende Nutzung der AR-Technologie

Um die genannten Szenarien umzusetzen, besteht die Herausforderung somit darin, sowohl bereits digital vorhandene Daten (z. B. Checklisten, CAD-Modelle) als auch implizites Wissen der Mitarbeitenden (z. B. die Vorgehensweise in der Fehlerbehebung) automatisiert oder möglichst aufwandsarm in AR-Anwendungen zu integrieren. Hierzu gilt es, Wissens- und Systemsilos, sowohl technische als auch organisatorisch-kulturelle, aufzubrechen (s. Weisbecker et al. 2015). Durch eine nahtlose Integration der AR-Technologie in die Serviceprozesse und die bestehende IT-Landschaft besteht großes Potenzial, diese Hürde zu nehmen.

II.1.1 Überblick über das Projekt und seine Ziele

Ziel des Vorhabens ist es, eine flächendeckende Nutzung der Technologie Augmented Reality im technischen Service zu ermöglichen. Hierzu werden eine AR-Plattform zur automatisierten Generierung von AR-Inhalten sowie Anreizsysteme und Referenzprozesse für die integrierte Erfassung von implizitem Wissen entwickelt.

Bezug des Vorhabens zu den förderpolitischen Zielen (z. B. Förderprogramm)

Mit dem Projekt „Datenmanagement für Augmented Reality [DM4AR]“ wird die Bereitstellung von AR-Technologien und Anwendungen für den technischen Service angestrebt. Hierbei wird explizit zwischen den technischen und organisatorisch-kulturellen Herausforderungen hinsichtlich der Etablierung von AR-Technologien in

Unternehmen differenziert. Die technische Komponente des Projekts wird zunächst durch eine cloudbasierte Datenintegration und die Gewährleistung der Datenverfügbarkeit mithilfe von Usecase-Partnern bearbeitet. Eine Kategorisierung der gesammelten Datentypen bildet die Grundlage für geeignete Plattformlösungen und Austauschformate. Zur Überwindung der organisatorisch-kulturellen Herausforderungen werden prozessinterne Anreizsysteme nach dem Prinzip der Gamification entwickelt. Auf diese Weise werden/sollen die Mitarbeitenden zur digitalen Weitergabe von Wissen überzeugt werden.

Somit leistet das Vorhaben einen wesentlichen Beitrag zum Technologiewettbewerb im Rahmen des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. In der nachfolgenden Tabelle 1 werden die geforderten Ziele der Richtlinie den in dem Verbundvorhaben „Datenmanagement für Augmented Reality“ anvisierten Zielen gegenübergestellt:

Tabelle 1: Gegenüberstellung der förderpolitischen Ziele und des Verbundprojekts DM4AR

Geforderte Ziele der Ausschreibung (zitiert aus der Bekanntmachung der Richtlinie „Internetbasierte Dienstleistungen für komplexe Produkte, Produktionsprozesse und -anlagen (Smart Services)“, März 2018)	Zielerreichungsmaßnahmen des Forschungsvorhabens „Datenmanagement für Augmented Reality“
Dienstleistungsinnovationen für Produktionsprozesse und -anlagen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Technische Datenintegration mittels einer digitalen AR-Plattform ▪ Sicherstellen der Datenverfügbarkeit mithilfe von Usecase-Partnern ▪ Fallunterscheidung zwischen strukturierten und unstrukturierten Daten
Konzepte und technologische Ansätze für kooperative und kollaborative VR(Virtual Reality)- und AR-Anwendungen im Serviceumfeld	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Unstrukturierte Daten: Integration von gesammelten visuellen Daten in eine Plattformlösung im technischen Service ▪ Bilanzierung der monetären Bewertung der Datenbestände zur Nutzung auf lokaler und globaler Ebene
Verbindung von AR-Assistenz mit Informationsvisualisierung und Visual Analytics <i>(z. B. Einbeziehung aktueller Sensordaten und deren Visualisierung in einer AR-Assistenzumgebung zur Unterstützung fundierter Entscheidungen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Strukturierte Daten: Erforschung und Adaption/(Weiter)-Entwicklung von Schnittstellen und Austauschformaten
Integrative Smart Service-Konzepte für wissensintensive Dienstleistungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erstellung von Referenz-Service- und Informationsprozessen und integrierten Anreizsystemen ▪ Mitarbeiter:innen zur digitalen Weitergabe von Wissen überzeugen ▪ Entwicklung von Anreizsystemen nach dem Prinzip der Gamification

Ziel und Ergebnisse des Vorhabens

Die Ergebnisse wurden in zwei symbiotisch wirkenden Themenbereichen erarbeitet: Zum einen wurde eine reibungslose technische Integration und Aggregation bestehender Datenquellen eines Unternehmens in AR-Anwendungen angestrebt. Zum anderen wurden Prozesse und Incentivierungsmechanismen entwickelt, die eine

Integration der digitalen Wissensgenerierung in die operativen Arbeitsabläufe ermöglichen. In drei Usecases wurden jeweils beide Aspekte aufgegriffen, jedoch mit unterschiedlichem Schwerpunkt umgesetzt (s. Abbildung 3).

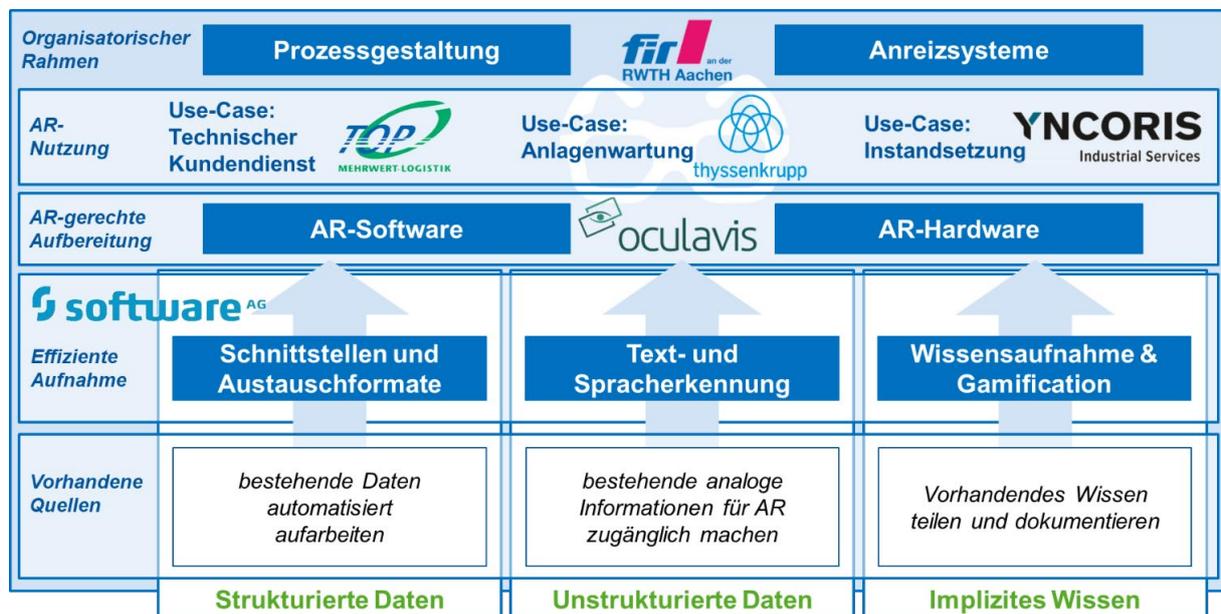


Abbildung 3: Zielbild des Verbundprojekts DM4AR

Die **technische Integration** der benötigten Daten, Informationen und des Wissens erfolgt über die von der *Software AG* und der *oculavis GmbH* im Vorhaben entwickelte AR-Plattform. Hierbei waren insbesondere Schnittstellen zu den bestehenden Systemen der Usecase-Partner zu erforschen und ein übergreifendes Datenmodell zu konzipieren. Als Grundlage dafür diente der von HARLAND beschriebene digitale Schatten für Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau (s. Harland 2019). Für die technische Integration von bereits digital vorhandenen Daten und Informationen wurden im beantragten Vorhaben zwei Fälle unterschieden: Für *strukturierte Daten*¹ wurden Schnittstellen zwischen Systemen sowie entsprechende Austauschformate adaptiert bzw. (weiter-)entwickelt. Beispiele für strukturierte Daten im Service sind Auftragsdaten, Checklisten und CAD-Modelle der Anlage. Hierbei steht im Fokus, die Daten automatisiert für eine AR-Anwendung adaptierbar zu machen. Im Fall von begrenzt auftretenden Inhalten war es notwendig, neue implementierbare Daten zu generieren. Für *unstrukturierte Daten*² wurden Verfahren der Text-, Sprach- und Bilderkennung ausgewählt und in die AR-Plattform integriert. Zu den unstrukturierten Daten im technischen Service zählen bspw. Bild- und Sprachaufnahmen oder eingescannte Berichte. Die Verfügbarkeit strukturierter und

¹ Strukturierte Daten weisen eine definierte Länge und ein definiertes Format auf, welche in Datenbanken abgelegt und verarbeitet werden können. Beispiele für strukturierte Daten sind Daten, Bilanzdaten und Adressen (s. Nugent u. Hurwitz 2013, S. 26).

² Unstrukturierte Daten folgen keinen definierten Formatvorgaben und können zum Beispiel in Bilddateien oder Audiodateien enthalten sein (s. Nugent u. Hurwitz 2013, S. 29).

unstrukturierter Daten wurden innerhalb des Projekts von den drei Usecase-Partnern sichergestellt.

Daneben waren **organisatorisch-kulturelle Maßnahmen** zu ergreifen, um das vorhandene Wissen der Belegschaft ebenfalls digital zu sichern und es mittels AR anderen Mitarbeitenden zur Verfügung zu stellen. Jene bestehen zum einen in der Umgestaltung von Prozessen im Service: Konkret wurden Referenzprozesse für die integrierte Wissensaufnahme und -weitergabe in unterschiedlichen Serviceszenarien entwickelt (z. B. Auswertung von Videoanrufen). Zum anderen gilt es, das Personal zu motivieren und dessen Wissen in digitaler Form zu teilen. Hierfür wurden Anreizsysteme nach dem Prinzip der Gamification entwickelt. Eine Idee vor Beginn des Projekts war z. B., ein Ratingsystem zu implementieren, mit dem Techniker:innen Lösungsvorschläge aus der Datenbank bewerten können. Die Einreichenden eines Lösungsvorschlags erhalten einen persönlichen Bonus in Abhängigkeit vom Rating ihres digital zur Verfügung gestellten Inhalts. Die genannten Ergebnisse des Projekts wurden entwickelt und prototypisch mit den Anwendungspartnern in Form von drei Usecases umgesetzt. Dabei erlaubt die Heterogenität der Usecases, der Bandbreite der typischen Anforderungen im technischen Service gerecht zu werden.

II.2 Wissenschaftlicher und technischer Stand zu Beginn des Vorhabens

Im Stand der Wissenschaft und Technik wird der Status quo hinsichtlich der Forschung in der Generierung von AR-Inhalten betrachtet. Dazu wird neben dem Anwendungswissen der Partner eine umfangreiche Literaturrecherche genutzt. Um die Erfahrungen und Anwendungskenntnisse der Partner darzulegen und die inhaltliche Legitimation der Zusammenstellung des Konsortiums zu beschreiben, folgt sodann die Qualifikation der Antragsteller:innen.

Stand der Wissenschaft und Technik

In aktuellen Systemen des Produkt- und Servicedatenmanagements findet die Bereitstellung von AR-gerechten Inhalten kaum Berücksichtigung. Dafür gibt es im Wesentlichen zwei Hürden:

1. Können: Die Generierung von AR-gerechten Inhalten erfordert einen hohen manuellen Aufwand. Daher kann ein wirtschaftlicher Einsatz im Service-Kontext derzeit nicht gewährleistet werden.
2. Wollen: Die vorherrschenden Serviceprozesse berücksichtigen die integrierte Sicherstellung des Wissens nur unzureichend und belohnen die Dokumentation und Generierung von Wissen nicht.

Dafür ist in hohem Maße die Individualität im Service ausschlaggebend, welche durch bestehende Ansätze derzeit nicht abgedeckt werden kann.

Bestehende technische Ansätze zur Generierung von AR-Inhalten

Die besondere Herausforderung im technischen Service liegt in der Vielzahl und Varianz der benötigten Informationen, welche sich auch als Lebenszyklusdaten der Anlagen verstehen lassen (s. Abbildung 4). Allein durch die Verwaltung und

Bereitstellung der Daten bestehen große Herausforderungen für die PLM-Systeme der Zukunft, welche das Ziel haben, komplette Lebenszyklen von Anlagen darzustellen. Gegenwärtig sind diese Systeme vorrangig auf die frühen Phasen des Lebenszyklus (Konstruktion und Produktion) ausgerichtet, weil jene im Verfügungsbereich der Hersteller liegen und meist keine komplette Übergabe der Dokumentation und Daten an den Betreiber erfolgt (s. Meier u. Uhlmann 2017). Aus diesem Grund wird in diesen Phasen derzeit nur vereinzelt Wert daraufgelegt, AR-gerechte Inhalte zu generieren. Daten aus den CAD-Systemen müssen unter hohem manuellen Aufwand überführt und aufgrund der großen Dateigröße simplifiziert werden (s. Arth 2021). Dabei bieten Programme wie bspw. *InscapeAR* erste Lösungen an, aus Daten wie Stücklisten und CAD-Modellen manuell aufwendig AR-Inhalte zu generieren (s. Menou 2015). Die (semi-)automatisierte Aufbereitung mithilfe von definierten Schnittstellen und Austauschformaten ist für den Erfolg von AR unabdingbar (s. Dhueb et al. 2014). Es mangelt jedoch an Lösungen, die Daten anbieterübergreifend aus diversen Systemen zu integrieren und AR-tauglich aufzubereiten.



Abbildung 4: Lebenszyklusdaten von Anlagen

Neben den beschriebenen strukturierten Daten ist es auch notwendig, sog. unstrukturierte Daten oder sogar implizites Wissen von Mitarbeiter:innen AR-fähig aufzubereiten. Zur Nutzung unstrukturierter Daten müssen z. B. Ereignisdaten, die u. a. durch Protokolle, Wartungsberichte, Störmeldungen usw. vorliegen, über eine qualitative Textanalyse eingebunden werden können (s. Scheu et al. 2018). Weitere Ansätze, um den Systemen zusätzliche unstrukturierte Daten zur Verfügung zu stellen, bestehen z. B. in der Auswertung von Sprache mithilfe von Natural-Language-Processing (NLP) (s. Luber u. Litzel 2016). Videoanalysetechniken sind in der Lage, die Arbeit von geschultem Personal aufzunehmen und mit minimalem Bearbeitungsaufwand ungeschulten Mitarbeitenden über AR zugänglich zu machen (s. Hegenberg, 2021). Doch die simple Wiederholung eines Montageprozesses ist für die Arbeit im Service nicht ausreichend. Zusätzlich muss eine Rückkopplung mit dem:der Mitarbeitenden vor Ort stattfinden, welche:r sein implizites Erfahrungswissen effektiv (hoher Informationsgrad, bei kleiner Datenmenge) in die Systeme einbringt.

Bestehende organisatorisch-kulturelle Ansätze zur Generierung von AR-Inhalten

Eine Vielzahl von Ansätzen zielt darauf ab, das Wissen des Unternehmens langfristig zentral zu sichern – gerade im Hinblick auf die zunehmende Personalfuktuation und das Ausscheiden von Mitarbeiter:innen in den Ruhestand (s. Becerra-Fernandez u. Sabherwal 2010). Das Wissensmanagement hat dabei die Aufgabe, dringend benötigtes Wissen zu identifizieren und die Verfügbarkeit sowie Aktualität und Qualität sicherzustellen. Unternehmensinterne Communities, die auf digitalen Plattformen

arbeiten, stellen dabei eine moderne Lösung dar, um den Wissensaustausch zu systematisieren und zu digitalisieren (s. Simone 2018). Aktuell ist der Wissensaufbau jedoch nicht direkt in die operative Arbeit der Belegschaft integriert. AR bietet das große Potential, die Wissenssicherung und -bereitstellung nahtlos in die operativen Prozesse im technischen Service einzugliedern. Die Anforderung an ein „Wissensmanagement 4.0“ ist es, digital verfügbare und automatisch generierte Informationen auszuwerten und in verschiedenen Ausprägungen nutzbar zu machen (s. Bermejo et al. 2017; North u. Maier 2018). Die Herausforderung besteht daher zum einen darin, automatisch generierte und aggregierte Informationen bereitzustellen und zum anderen darin, mit Erfahrungswissen (implizitem Wissen) zu verknüpfen. Es sind daher neben IT-Systemen geeignete Prozesse und Unternehmensstrukturen notwendig, um die Ressource Wissen in allen Unternehmensbereichen effektiv aufnehmen und verteilen zu können (s. Weisbecker et al. 2015). Gleichzeitig gilt es, Mitarbeitende zu motivieren, sich aktiv in den Wissensaustausch einzubringen. Klassische Systeme wie das Vorschlagswesen greifen dabei allerdings zu kurz, da diese nie in die operativen Prozesse eingebunden sind, sondern als zusätzliche Arbeit neben der eigentlichen Aufgabe gesehen werden (s. Schuh et al. 2017).

Arbeiten und Ergebnisse Dritter

Das Vorhaben stellt einen neuen Aspekt der AR-Forschung dar, welche sich aktuell im Service primär mit der benötigten Hardware und AR-Visualisierung beschäftigt. Die folgenden Projekte stellen thematisch angrenzende Forschungsprojekte dar, daher wurde eine Zusammenarbeit mit diesen angestrebt bzw. die Ergebnisse wurden in das Forschungsvorhaben *DM4AR* eingearbeitet.

AcRoSS (AR-basierte Produkt-Service-Systeme)³:

Anwendungen auf Basis von Augmented Reality generieren in unterschiedlichen Bereichen des alltäglichen Lebens ein erhöhtes Interesse. Im industriellen Sektor sind die Anwender größtenteils auf Großunternehmen beschränkt.

Die Unterrepräsentierung von KMU liegt insbesondere im hohen Entwicklungsaufwand begründet. Durch die Verwendung von AR-Systemen können industrielle Abläufe unterstützt werden. Im Rahmen des Projekts *AcRoSS* sollen AR-Anwendungen für ein möglichst hohes Unternehmensspektrum bereitgestellt und zugänglich gemacht werden. Hierfür werden eine Serviceplattform und wiederverwendbare, modular kombinierbare Servicebausteine entwickelt.

Die AR-Service-Plattform beinhaltet eine Bibliothek für AR-Bausteine, welche zu einer AR-Anwendung zusammengestellt werden. Weiterhin verfügt die Plattform über eine Laufzeitumgebung, in welcher die AR-Anwendungen individuell zu lauffähigen AR-Services verknüpft werden. Ein wesentlicher Bestandteil ist hierbei die Verbindung der Softwaresysteme und Maschinen mit den AR-Services. Zudem gilt es, den

³ https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Standardartikel/SmartServiceWeltProjekte/Produktion/SSWI_Projekt_AcRoSS.html

sicherheitstechnischen Aspekt durch entsprechenden Schutz von personenbezogenen Daten zu gewährleisten und gleichzeitig Konzepte für die IT-Sicherheit der Plattform auszuarbeiten.

Das Projekt besteht somit aus der Implementierung von AR-Service-Systemen für KMU durch das Zusammenstellen einer geeigneten Plattform. Des Weiteren werden über die Plattform alle notwendigen Daten zwischen den Endgeräten abgerufen, ausgetauscht und miteinander vernetzt.

Glass@Service (Schiefelbein 2019): Interaktive personalisierte Visualisierung in Industrieprozessen am Beispiel der digitalen Fabrik (Prüfprozess in der Elektronikfertigung)

Die Eingabe von Informationen in technische Geräte erfolgt häufig über Tastatur, Schalter, Maus oder Touchscreens und lenkt die Aufmerksamkeit des:der Nutzers:Nutzerin von der eigentlichen Arbeit auf das Informationssystem. Mithilfe von AR-basierten Datenbrillen werden die benötigten Informationen in das Arbeitsfeld eingeblendet. Hierdurch werden unnötige Bewegungsabläufe, wie ständige Kopfdrehungen zwischen Bildschirm und Arbeitsflächen, vermieden.

Für das Projekt *Glass@Service* kommen Durchsichtoptiken zum Einsatz, mit denen Zusatzinformationen in die reale Umgebung eingebracht werden. Somit sollen neue Komponenten für Intelligente Datenbrillen und die damit verbundenen Services entwickelt werden. Des Weiteren werden aktuelle Sensoren und Algorithmen erweitert, um bspw. die Augenbewegungen des:der Nutzers:Nutzerin zu verfolgen (Eye-Tracking). Weitere wichtige Anforderungen sind flexible Schnittstellen zur Einbindung in lokale IT-Systeme sowie eine geeignete Datensicherheit und der Datenschutz, um einen hohen Tauglichkeits- und nutzungsgrad zu ermöglichen.

safeguARd (Schulz 2019): Nutzfahrzeug-Assistenzsystem zur Steigerung des Sicherheitsniveaus auf Basis von Augmented Reality

Die Arbeitssituation einer Maschine muss auch in anspruchsvollen Umfeldern, wie der Baustelle, zuverlässig sowie schnell erfasst und verarbeitet werden. Hierfür sind innovative Ansätze in der Personen- und Objekterkennung notwendig.

Im Projekt *safeguARd* wird ein Assistenzsystem für Anwender:innen von Nutzfahrzeugen entwickelt, um auf die hohe Anzahl schwerer Unfälle aufgrund einer eingeschränkten Sicht des:der Fahrzeugführers:Fahrzeugführerin zu reagieren. Das System analysiert mithilfe von Kameras und Sensoren die nähere Umgebung des Fahrzeugs. Im Rahmen dieser Analyse werden Gefahren erkannt und hinsichtlich der jeweiligen Fahrzeugbewegungen im Voraus berechnet, um das Eingreifen der Maschinensteuerung zu ermöglichen. Auf Basis von AR-Technologien werden ein virtuelles Lagebild und mögliche Gefahren dargestellt.

ARSuL (Naujoks 2019b): AR-basierte Lernunterstützung im Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk

Im Rahmen des Projekts *ARSuL* werden eine bedarfsgerechte Qualifizierung und Unterstützung der Beschäftigten angestrebt. Hierbei wird auf die komplexe Integration

von Sensorik sowie Mensch-Technik-Schnittstellen und ein ganzheitliches Lernmanagement-System zurückgegriffen. Das Lernsystem soll sowohl mit Computern als auch über mobile Endgeräte abrufbar sein und erfolgt nach dem Ansatz des integrierten Lernens. Zudem wird das lebenslange Lernen im Rahmen von praxisnahen und innovativen Lernkonzepten berücksichtigt, um den berufsbegleitenden Lernerfolg auszubauen.

ALUBAR (Naujoks 2019a): Adaptives Lern- und Unterstützungssystem, basierend auf Augmented Reality

Ausgangssituation dieses Projekts ist die Wissenserhaltung älterer Arbeitnehmer:innen, welche genanntes Know-how über ein längeres Zeitfenster hinweg erworben haben. Im Projekt *ALUBAR* wird dazu ein neuartiges und adaptives Schulungs- und Unterstützungssystem entwickelt, das mithilfe von Sensorik, Kommunikationselementen und modernsten Visualisierungstechniken agiert. Explizit wird die Erfassung neuer Daten für die Mitarbeitenden vereinfacht, indem der Lern- und Unterstützungsprozess durch eine Belastungsmessung begleitet wird. Diese verwendeten Systeme funktionieren über Tablet-PC oder AR-Brillen. So werden der individuelle Bedarf und die aktuelle Aufnahmefähigkeit des älteren Menschen kontinuierlich berücksichtigt.

ExpertSHARE (Große Böckmann 2018): Kollaborative Augmented-Reality-Lösung für Live-Expert;innenservice im Werkzeugbau

Das Projekt *ExpertSHARE* dient der Erweiterung der Videounterstützung um eine kollaborative AR-Lösung mit Kontextinformationen für den Werkzeugbau. Hierbei werden den Techniker:innen Maschinen- und Produktdaten per AR ins Sichtfeld einer Datenbrille eingeblendet. Die Daten werden per VPN-verschlüsselter Verbindung an die jeweiligen mobilen Endgeräte weitergeleitet. Zudem wird eine Zusammenarbeit zwischen einem:einer Expert:in und der Person vor Ort ermöglicht. Das Projekt stützt sich neben dem allgemeinen Feedback besonders auf die Bereitstellung sowie den Abruf von Daten auf Mobilgeräten für den:die Techniker:in und die praktische Anwendung jener im Arbeitseinsatz.

ARinFlex (Keller 2016): Unterstützung der Ausführung von flexiblen Dienstleistungsprozessen durch Augmented Reality

Das Verbundprojekt *ARinFLEX* dient der Anknüpfung an hocheffiziente Dienstleistungssysteme und einer besseren Einbindung der Konsument:innen in die Dienstleistung. Zum Schluss bestehen Möglichkeiten für Unternehmen und Kund:innen, die Dienstleistung individuell zu gestalten und anzuwenden. *ARinFLEX* unterstützt KMU bei der Umsetzung von Digitalisierungsmaßnahmen im Rahmen von AR mithilfe eines Index zur Selbstidentifikation und Bewertungsoptionen. Auf Basis der Ergebnisse werden den KMU ihre Digitalisierungspotenziale aufgezeigt. Des Weiteren werden Fallbeispiele für die Anwendung von Datenbrillen und Tablets in der Pflege und industriellen Wartung erarbeitet. Der gesteigerte Automatisierungs- und Digitalisierungsgrad sowie die Darstellung kontextspezifischer Informationen durch AR

haben neben Effizienzgewinnen zudem eine erhöhte Kund:innen- und Mitarbeitendenzufriedenheit zur Folge.

Die Mitarbeitenden in den anwendenden Unternehmen beispielsweise werden durch die Nutzung der digitalen Unterstützungsleistungen entlastet, da sie sich auf die eigentlichen Kernprozesse (z. B. in der Pflege oder in der Wartung) konzentrieren können und sich nicht mit Informationsbrüchen oder zeitraubenden Nachfragen befassen müssen. Mithilfe eines Geschäftsmodells wird durch den IT-Partner eine Onlineplattform für KMU bereitgestellt, die eine kontinuierliche „Übersetzung“ von Daten aus flexiblen Dienstleistungsprozessen in AR für Dritte ermöglicht.

Forschungsvorhaben	Kurzbeschreibung	Schnittstellen/ Austauschformate	Aufnahme unstrukturierter Daten	Incentivierung Mitarbeitern	Prozessgestaltung
AcRoss (SSWI)	Entwicklung einer Plattform zum Austausch aller nötigen Daten und Bereitstellung unterschiedlicher AR-Services	●	◐	○	○
Glass@Service (SSWI)	Verbinden von AR-Datenbrillen mit Interaktionsmöglichkeiten wie Augen- oder Gestensteuerung und innovativen IT-Dienstleistungen	◐	●	◐	○
safeguARd (2018-2020, BMBF)	Nutzfahrzeug-Assistenzsystem zur Steigerung des Sicherheitsniveaus auf Basis von Augmented Reality	◐	●	◐	○
ARSuL (2017-2019, BMBF)	Augmented Reality-basierte Unterstützung für das Lernen im Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk	●	◐	●	○
ALUBAR (2013-2016, BMBF)	Adaptives Lern- und Unterstützungssystem für ältere Arbeitnehmer basierend auf Augmented Reality	◐	◐	●	◐
ExpertSHARE (2017-2018, BMBF)	Kollaborative Augmented Reality-Lösung für Live-Expertenservice im Werkzeugbau	◐	◐	◐	○
ARinFlex (2015-2019, BMBF)	Unterstützung der Ausführung von flexiblen Dienstleistungsprozessen durch Augmented Reality	◐	◐	○	◐
DM4AR	Effizientes Verteilen von implizitem und explizitem Wissen einer Serviceorganisation unter der Nutzung der Technologie Augmented Reality	●	●	●	●

○ nicht erfüllt ◐ teilweise erfüllt ● voll erfüllt

Abbildung 5: Abgrenzung zu relevanten Projekten

Im Vergleich zu anderen Forschungsprojekten aus dem Themenfeld AR grenzt sich *DM4AR* insbesondere in Bezug auf die Prozessgestaltung und Incentivierung der Belegschaft ab. Die Voraussetzung wurde durch die technische Vereinfachung des Datenaustauschs und die aufwandsarme Aufnahme von unstrukturierten Daten geschaffen. Dadurch wurde eine skalierbare technische Plattform geschaffen, die der AR-Technologie im Service zur flächendeckenden Umsetzung verhilft. Zusammenfassende Details zur Abgrenzung sind Abbildung 5 zu entnehmen.

II.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Für das Vorhaben wurde eine Laufzeit von drei Jahren bzw. 36 Monaten geplant. Die ursprüngliche Zeitplanung wurde durch die Corona-Pandemie beeinträchtigt, weshalb eine Projektverlängerung um sechs Monate beantragt und genehmigt wurde. Das Vorhaben umfasst sechs Arbeitspakete inklusive Projektmanagement sowie korrespondierende Transfer- und Verwertungsmaßnahmen. Die zeitlichen Abhängigkeiten der Arbeitspakete und deren Zusammenspiel sind dem bereitgestellten Balkenplan (s. Tabelle 2) zu entnehmen.

Die Projektverlängerung wurde, wie bereits auf Seite 14 geschildert, insbesondere aufgrund der Corona Pandemie notwendig. Durch pandemiebedingte Vorgaben wie Kontaktbeschränkungen wurde der persönliche Austausch zum Voranbringen des Projekts erschwert. Aufgrund von Betretungsverboten auf diversen Werksgeländen im Zuge der Pandemie kam es darüber hinaus zu Verzögerungen beim Vorantreiben der Use-Cases. Die notwendige Verlängerung hatte insbesondere Einfluss auf die Arbeitspakete 2, 3, 4 und 5.

Innerhalb von Arbeitspaket 2 wurden so die Unterarbeitspakete 2.4 und 2.5 bis zum Projektende verlängert. Hierdurch hatten alle Partner mehr Zeit für die schlussendliche Integration von strukturierten und unstrukturierten Daten. In Arbeitspaket 3 wurden die Unterarbeitspakete 3.2 sowie 3.3 bis 11/2023 gestreckt. Dies ermöglichte insbesondere die Entwicklung und Implementierung des passgenauen Anreizsystems, welches vom FIR entwickelt wurde (vgl. II 4.1.3). Zusätzlich wurden im Arbeitspaket 4 die Unterarbeitspakete 4.3 und 4.4 sowie das gesamte Arbeitspaket 5 bis zum Projektende ausgedehnt. Der Vorteil hier lag insbesondere in der erweiterten Zeitspanne, zur Testung der im Projekt getätigten Entwicklungen.

Das Vorgehen des Projekts DM4AR war von der begleitenden, iterativen Umsetzung der Usecases geprägt. Die technische sowie organisatorische Integration erfolgte in drei Schritten. Die Anforderungen wurden entwicklungsbegleitend überarbeitet und neu priorisiert. Daraus abgeleitet ergaben sich die vier Meilensteine (s. Tabelle 3) mit dazugehörigen Abbruchkriterien des Projekts, durch den Start bzw. Abschluss der Sprints.

Tabelle 3: Meilensteine des Projekts DM4AR

Nr.	Meilenstein	Abschlussdatum	Abbruchkriterium
M1	Projekt-Kick-off	Juni 2020	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorstellung der Vorarbeiten und Vorkenntnisse der Projektpartner ▪ Abstimmung der Vorgehensweise und Grobplanung der erforderlichen Personen in verschiedenen Projektphasen
M2	Iteration der Usecases abgeschlossen: Integration strukturierter Daten	Ende Mai 2021	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestehende Daten liegen in schlechter Qualität vor, eine Aufbereitung der Daten ist fehlgeschlagen. ▪ Eine Verknüpfung der Daten mit einer automatisierten / teilautomatisierten Aufbereitung ist nicht möglich.
M3	Iteration der Usecases abgeschlossen: Integration unstrukturierter Daten	Ende Mai 2022	Die für den Prozess notwendigen unstrukturierten Daten können nicht automatisiert aufbereitet werden.
M4	Iteration der Usecases abgeschlossen: Integration impliziten Wissens	Ende November 2023	Kein Abbruchkriterium, da Projektende

II.4 Erzielte Ergebnisse

Um einen umfassenden Einblick zu ermöglichen, wird eine detaillierte Übersicht über die festgelegten Ziele und die tatsächlich erreichten Ergebnisse in den einzelnen Arbeitspaketen präsentiert. Dabei werden die Ergebnisse der Arbeitspakete 1 bis 6 im Detail beschrieben (s. Tabelle 4).

Tabelle 4: Übersicht über die sechs Arbeitspakete

Arbeitspaket	Geplantes Ergebnis	Tatsächliches Ergebnis
AP 1: Untersuchung der vorhandenen Service- und Informationsprozesse	1) Aufnahme der Service-Prozesse 2) Untersuchung des Informationsflusses 3) Klassifizierung der Informationen	1) Serviceprozesse von Anwendungspartnern wurden hinsichtlich Daten und Visualisierung analysiert. Daraufhin wurden AR-gestützte Anleitungen für Reparaturen und Inspektionen entwickelt. 2) Serviceprozesse wurden mittels Aixperanto in ARIS Connect und SHARE modelliert. Durch die Analyse von Datenquellen und Informationsflüssen wurden optimale Einsatzbereiche für AR-Technologie und Digitalisierung identifiziert. 3) Serviceprozesse und dazugehörige IT-Landschaften wurden analysiert. Durch Workshops und die Nutzung von DIN-Normen wurden diese Prozesse validiert, weiter spezifiziert und für die AR-Anwendung klassifiziert.
AP 2: Integration von strukturierten und unstrukturierten Daten	1) Informations-technische Bewertung der Daten inkl. Formulierung eines Sicherheitskonzepts und Datenschutzkonzepts 2) Schnittstellenbewertung und	1) Die Datenübertragung und Vertraulichkeit von Anwendungsfällen wurden analysiert. Ein DM4AR-Sicherheitskonzept wurde auf Basis von BSI-Standards implementiert. Es wurden Kommunikationsprotokolle wie HTTPS und MQTT verwendet und die Sicherheit durch Verschlüsselung und X.509-

	<p>Konzeption eines Datenmodells (eERM)</p> <p>3) Anforderungsbewertung zur Analyse von unstrukturierten Daten</p> <p>4) Implementierung der Bewertungsansätze für die Daten</p> <p>5) Instanziierung der Plattform für die Use Cases-Unternehmen</p>	<p>Zertifikate erhöht.</p> <p>2) Es wurden drei Hauptwissensquellen für AR-Content festgelegt. Datenintegration erfolgte über Schnittstellen wie oculavis SHARE, MQTT und Cumulocity IoT. Ein spezifisches Datenmodell und BPMN-Workflow wurden für YNCORIS GmbH & Co. KG entwickelt.</p> <p>3) Eine detaillierte Untersuchung des Aufbereitungsbedarfs der unstrukturierten Daten wurde durchgeführt. Der Fokus lag dabei auf dem Transfer der generierten Daten, ihrer Verarbeitung innerhalb der Softwarelösung "Cumulocity" der Software AG und der Übermittlung zu "oculavis SHARE", wobei Schnittstellen- und Sensorkompatibilität diskutiert wurden.</p> <p>4) Nach Abschluss der Usecases wurde die DM4AR-Plattform-Architektur unter Einbeziehung von SHARE, Cumulocity IoT und Partner-Apps wie Paledo finalisiert. Die Integration erfolgte durch mehrere von der Software AG entwickelte REST-Services, wobei Cumulocity IoT speziell die IoT-Sensorintegration übernahm.</p> <p>5) Die DM4AR-Plattform für strukturierte und unstrukturierte Daten wurde konzipiert und prototypisch umgesetzt. Sie fokussiert die Kommunikation zwischen verschiedenen Akteuren, wobei Sicherheitsaspekte wie Authentifizierung und</p>
--	---	---

		<p>Datenverschlüsselung beachtet wurden. Die Plattform integriert die AR-Plattform SHARE, Cumulocity IoT und verschiedene Service-Partner-Apps wie Paledo. Die Datenintegration erfolgte über diverse Schnittstellen und Systeme, und die Kompatibilität der Sensoren wurde geprüft.</p>
<p>AP 3: Erstellung von Referenz-Service- und Informationsprozessen und integrierten Anreizsystemen</p>	<p>1) Prozessuale Schwachstellen analysieren</p> <p>2) Erstellung der Anreizsysteme</p> <p>3) Definition der Soll-Prozesse</p>	<p>1) Serviceprozesse wurden systematisch analysiert, wobei besonders die regelmäßigen Überschreitungen der Planeinsatzzeit auffielen, was auf Wissensverluste durch hohe Fluktuationsraten zurückgeführt wurde. AR-Brillen wurden als potenzielles Unterstützungstool betrachtet, aber mit dem "Bootstrapping-Problem" konfrontiert. Es wurde ein Set von existierenden und neuen Kennzahlen entwickelt, um den Einfluss von AR auf die Serviceprozesse zu quantifizieren und darauf basierend Optimierungsempfehlungen gegeben.</p> <p>2) Ein Anreizsystem wurde entwickelt, um Mitarbeitendenziele mit Unternehmenszielen in der AR-Plattform zu synchronisieren. Dabei bildet eine Balanced Scorecard die Basis. Das System nutzt Gamification-Elemente wie "Likes", "Badges", "Tutorials" und "Regionale Ranglisten", die aus einem Workshop hervorgingen, um Mitarbeitendenmotivation und -beteiligung zu steigern. Das finale Konzept kombiniert wissenschaftliche Theorien und praktische Ansätze für maximale Effizienz und</p>

		<p>Motivation.</p> <p>3) Ein integratives Konzept für AR-Anwendungen wurde erstellt, das IoT-Sensordaten, Stammdaten von Anlagenkomponenten und implizites Wissen von Expert:innen kombiniert. Durch Teilen von Serviceprozessen in Teilschritte erhalten Techniker:innen alle notwendigen, kontextbezogenen Informationen über ein Gerät. Das Design ist sowohl skalierbar als auch fehlertolerant und unterstützt insbesondere weniger erfahrene Techniker:innen durch den Zugriff auf Expert:innenwissen.</p>
<p>AP 4: AR-gerechte Aufbereitung der Inhalte</p>	<p>1) Anforderungsdefinition / User-Stories erstellen</p> <p>2) Prototypen / Klick-Dummys erstellen und Prototyp weiterentwickeln</p> <p>3) Technische Konzepte umsetzen</p> <p>4) Testen der Umsetzung</p>	<p>1) Ein technisches und arbeitspsychologisches Anforderungsprofil für User-Stories wurde erstellt, basierend auf den Rückmeldungen von Techniker:innen. Die Evaluierung von Geräten wie Smartglasses und Tablets erfolgte mit dem Ziel, Technologien zu entwickeln, die sich effizient in den Arbeitsprozess integrieren lassen. Dieses Profil diente als Grundlage für die nachfolgende Entwicklung eines Prototyps.</p> <p>2) Basierend auf den festgelegten Anforderungen wurde ein technisches Konzept entwickelt und mittels Klick-Dummys validiert. Ein Demonstrator, der eine industrielle Kugelmühle simuliert, wurde entwickelt und mit Sensoren ausgestattet, um</p>

		<p>die AR-Anwendungen unter realen Bedingungen zu validieren. Dieser Demonstrator wurde in mehreren Entwicklungsphasen stetig verbessert und schließlich auf einer Abschlusskonferenz präsentiert. Parallel dazu wurde ein Hilfsdemonstrator entwickelt, der die technische Interaktion der Systeme veranschaulichte. Nach der Entwicklung wurden die AR-Konzepte mittels Klick-Dummys validiert und hinsichtlich des Designs und Benutzerführung optimiert. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse wurde in verschiedenen Kontexten getestet.</p> <p>3) Die AR-Plattform oculavis SHARE wurde weiterentwickelt, wobei der Schwerpunkt auf der automatischen Konvertierung strukturierter Daten in AR-kompatible Formate lag. Zur Unterstützung der Servicetechniker:innen wurden detaillierte Schritt-für-Schritt-Anleitungen implementiert.</p> <p>4) Die AR-Applikationen wurden getestet und weiterentwickelt. Der Demonstrator diente als Testplattform. Ein zentrales Feature war die Verknüpfung von Dokumentationen mit QR-Codes, um Techniker:innen schnellen Zugriff auf Informationen zu ermöglichen. Durch Integration von IoT-Sensoren konnten Systemdaten verarbeitet werden. Workflows und Interaktionsmöglichkeiten wurden optimiert. Der abschließende Demonstrator verdeutlichte die Potenziale der AR-Anwendungen in der Praxis.</p>
--	--	---

<p>AP 5: Iterative Umsetzung und Analyse der Usecases</p>	<p>1) Strukturierte Daten in Prozess implementieren</p> <p>2) Unstrukturierte Daten in Prozess implementieren</p> <p>3) Implizites Wissen in Prozess implementieren</p>	<p>1) Drei Wissensquellen wurden identifiziert: implizites Wissen, strukturierte und unstrukturierte Daten. Stammdaten wurden über eine Software AG-Schnittstelle aus SAP extrahiert. QR-Codes auf Aggregaten ermöglichen einen direkten Datenzugriff. Ein Demonstrator veranschaulichte die Kombination von IoT und AR. Ein Bewertungsmodell analysierte den Nutzen von AR im industriellen Service, wobei Kund:innenzufriedenheit und Prozessoptimierung hervorgehoben wurden.</p> <p>2) Unstrukturierte Daten, stammend aus Quellen wie Dokumentationen und Videos, wurden ins zentrale SHARE-System integriert. Dieses System ermöglicht verschiedene Interaktionen und wurde mit spezifischen Workflows für alle Usecases ausgestattet. Die Kombination von unstrukturierten Daten mit AR-Technologie hat signifikante Vorteile für industrielle Dienstleistungen hervorgebracht, darunter Effizienzsteigerungen und die Umwandlung von implizitem in explizites Wissen.</p> <p>3) Implizites Wissen wurde erfasst und in die SHARE-Plattform integriert. Durch dessen systematische Einbindung in Workflows profitieren Servicetechniker:innen von erweiterten Informationen und einer gesteigerten Servicequalität. Die Transformation von implizitem zu explizitem Wissen ermöglicht eine effizientere</p>
--	---	--

		<p>Wissensnutzung im Unternehmen. Kombiniert mit AR-Technologie führt dies zu Effizienzsteigerungen, Kostensenkungen und erhöhter Dienstleistungsqualität. Die Nutzwertanalyse unterstreicht die Vorteile dieser Integration für die Serviceprozesse.</p>
<p>AP 6: Dokumentation, Projektmanagement und Transfer</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Projektplanung 2) Qualitätsmanagement 3) Projektcontrolling 4) Risikomanagement 5) Kommunikation 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Regelmäßige Projekttreffen und Workshops wurden organisiert. Bei Anfangstreffen in Aachen und Online-Kick-offs wurden Grundlagen und Anforderungen definiert. Prozessaufnahmen bei Partnern ermöglichten tiefe Einblicke, und Schulungen stellten sicher, dass alle Beteiligten kompetent waren. Durch regelmäßige Treffen wurde der Fortschritt überwacht, und in speziellen Workshops wurden Schlüsselthemen behandelt. 2) Prüfkriterien wurden basierend auf Erfüllung von Aufgaben und Erwartungen der Partner festgelegt. Fehlerüberprüfung und Verbesserungsmanagement wurden implementiert. Usecases und Informationslogistikmodelle halfen, Datenstrategien zu entwickeln. 3) Das Controlling umfasste regelmäßige Berichte und Audits mit Schwerpunkt auf Managementüberprüfung. Effizienzsteigerungen durch Digitalisierung wurden ständig überwacht. 4) Eine multidimensionale Bewertung des AR-Einsatzes wurde durchgeführt. Risiken, insbesondere personelle

		<p>Veränderungen, wurden dokumentiert und angegangen.</p> <p>5) Ergebnisse wurden über die FIR-Website, Interessengruppeninformationen und Publikationen verbreitet. Die Abschlusspublikation bietet einen umfassenden Überblick über die Projektergebnisse.</p>
--	--	--

II.4.1 Erläuterung der Verwendung der Zuwendung und Beschreibung der erzielten Ergebnisse

Das Vorgehen zum Erreichen der vorgestellten Ziele und der damit verbundene Entwicklungsprozess gliedern sich in fünf Arbeitspakete (AP) und werden durch ein unterstützendes AP zur Dokumentation, Projektmanagement und Transfer ergänzt. Das iterative Vorgehen in Sprints erforderte eine sehr enge Zusammenarbeit der Projektpartner, welche sich darin äußert, dass verstärkt auf Projekttreffen und gemeinsame Workshops gesetzt wurde.

II.4.1.1 AP 1: Untersuchung der vorhandenen Service- und Informationsprozesse

In Arbeitspaket 1 (AP 1) wurden die Serviceprozesse der Anwendungspartner auf ihre Eignung für die Integration von Augmented Reality hin analysiert.

1.1 Aufnahme von Serviceprozessen bei den teilnehmenden Projektpartnern mit Fokus auf Daten und Informationen sowie Nutzung der Informationen und Visualisierung

Im Rahmen des Forschungsprojekts DM4AR wurden die Serviceprozesse verschiedener Umsetzungspartner untersucht, um diese mittels Augmented Reality zu optimieren. Ziel war es, durch eine umfassende Digitalisierung der Inhalte die Effizienz der Prozesse zu steigern und Fehler zu minimieren.

Bei der TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG wurde ein spezifischer Service-Prozess aufgenommen, bei dem das Ersatzteil durch den Logistikpartner nicht nur geliefert, sondern im Idealfall schon montiert werden soll. Dies soll durch eine AR-Anleitung ermöglicht werden, die durch die SHARE-Plattform bereitgestellt wird. Bei thyssenkrupp Polysius wurde ein Wartungsprozess aufgenommen, der den kompletten Auftrag von der Vorbereitung bis zum Reporting sowie verschiedene Komplexitätsgrade an Maschinen umfasst. Die Prozessaufnahme bei der YNCORIS GmbH & Co. KG hat gezeigt, dass es eine Vielzahl von Prozessen gibt, die durch AR optimiert werden können. Insbesondere die Wartung und Reparatur von Pumpen, die ein zentraler Bestandteil der industriellen Produktion sind, könnten durch AR-Anwendungen effizienter gestaltet werden.

Die Prozessaufnahme hat gezeigt, dass es eine Reihe von Herausforderungen bei der Implementierung von AR in den Serviceprozessen gibt. Besonderes Augenmerk bei den Prozessaufnahmen wurde auf die relevanten Dokumente und Systeme gelegt.

Ihnen kommt eine hohe Bedeutung zu, denn sie sind maßgebend für den Informationsfluss innerhalb der Prozesse. Bei der Prozessaufnahme wurde festgestellt, dass die Nutzung von AR in den Serviceprozessen nicht nur die Effizienz der Prozesse erhöht, sondern auch die Qualität der erbrachten Dienstleistungen verbessern kann.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, der bei der Prozessaufnahme hervorgehoben wurde, ist die Notwendigkeit einer sorgfältigen Planung und Vorbereitung bei der Implementierung von AR in den Serviceprozessen. Schließlich wurde bei der Prozessaufnahme auch die Bedeutung der Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Stakeholdern bei der Implementierung von AR in den Serviceprozessen betont.

Aufgrund der Corona-Pandemie musste die ursprünglich vor Ort geplante Prozessaufnahme am 27. Oktober 2020 bei thyssenkrupp Industrial Solutions online durchgeführt werden. Dabei wurde ein Field-Service-Einsatz im Rahmen eines Auftrags aufgenommen, welcher den kompletten Auftrag vom Eingang bis zum Reporting sowie verschiedene Komplexitätsgrade der diversen Einsätze an Maschinen und Anlagen umfasst.

Auf Grundlage der Prozessaufnahme wurde die finalen Usecases der Umsetzungspartner definiert:

Usecase 1: TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG

Der Usecase der TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG ist die Optimierung von Service- und Dienstleistungsprozessen, insbesondere in Bezug auf die Reparatur von Fotodruckern. Um dies zu erreichen, wurde ein spezialisiertes System entwickelt, das Schritt-für-Schritt-Anleitungen für Servicetechniker:innen bereitstellt. Die Anleitungen werden anhand von Diagnosedaten erstellt und sollen die Techniker:innen bei der Fehlersuche und Reparatur unterstützen. Dabei werden auch Informationen über benötigte Ersatzteile und spezifische Werkzeuge integriert. Dies soll die Effizienz steigern und die Fehlerquote verringern.

Usecase 2: YNCORIS GmbH & Co. KG

Der von der YNCORIS GmbH & Co. KG gewählte Usecase konzentriert sich auf die Implementierung von zwei unterschiedlichen Arten der Reparatur von Pumpen, sowohl intern als auch extern. Die internen Reparaturen werden durch qualifizierte Techniker:innen des Unternehmens durchgeführt, wobei die externen Reparaturen von Vertragspartnern übernommen werden. Beide Arten müssen spezifische Anforderungen erfüllen und werden durch standardisierte Verfahren und Qualitätskontrollen überwacht. Ziel war es, einen nahtlosen Reparaturprozess zu gewährleisten, der die Ausfallzeit minimiert und die Qualität der Reparaturen sicherstellt.

Usecase 3: thyssenkrupp Polysius GmbH

Der Usecase der thyssenkrupp Polysius GmbH galt der Durchführung von Inspektionen an Kugelmöhlen seitens der Kund:innen. Dies sollte durch spezialisierte Anleitungen und eine mögliche Fernunterstützung durch thyssenkrupp erreicht werden. Kund:innen erhielten detaillierte Handbücher und Zugang zu Online-Support, um die Inspektionen selbständig durchzuführen. Bei Bedarf konnten sie sich auch direkt an Expert:innen wenden, die Fernhilfe leisteten. Ziel war es, die Inspektionsprozesse zu dezentralisieren und Kund:innen mehr Kontrolle und Flexibilität zu geben, ohne die Qualitätsstandards zu beeinträchtigen.

1.2 Identifikation der Datenquellen und Erstellung einer Übersicht über den Informationsfluss

Im Rahmen des Forschungsprojekts DM4AR wurden die Serviceprozesse sowie die dazugehörigen IT-Landschaften und Datensysteme mithilfe der Prozessaufnahmemethode Aixperanto erfasst. Die aufgenommenen Prozesse wurden im Anschluss als ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) modelliert. Hierzu stellte die Software AG die Plattform *ARIS Connect* zur Verfügung. Die Modellierung als EPK wurde gewählt, da sich in dieser Darstellungsweise die nötigen Dokumente sowohl auf der Input- als auch auf der Output-Seite sowie alle genutzten Anwendungssysteme übersichtlich darstellen lassen.

Der Serviceprozess des:der Servicetechniker:in wurde in *ARIS Connect* und in die *SHARE*-Plattform der oculavis GmbH übertragen.

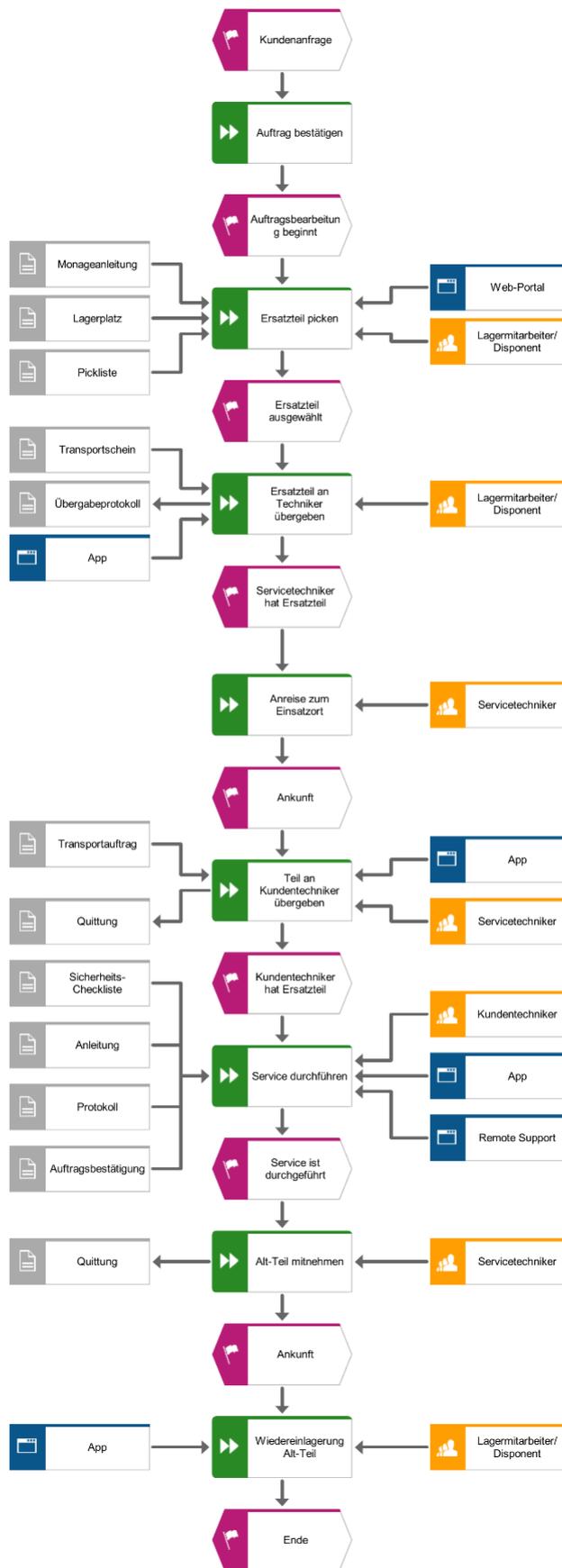


Abbildung 6: EPK TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG in Aris

Der EPK-Prozess der TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG beginnt mit einer Kund:innennanfrage, bei der der:die Kund:in ein spezifisches Problem mit einem Fotodrucker meldet. Sobald die Anfrage eingeht, wird der Auftrag bestätigt und die Auftragsbearbeitung beginnt.

Ein spezialisiertes System, das in diesem Usecase entwickelt wurde, generiert Schritt-für-Schritt-Anleitungen für Servicetechniker:innen. Diese Anleitungen basieren auf Diagnosedaten und unterstützen die Techniker:innen bei der Fehlersuche und Reparatur. Ebenfalls integriert sind Informationen über benötigte Ersatzteile und spezifische Werkzeuge, um die Effizienz zu steigern und die Fehlerquote zu verringern. Im Lager wird das benötigte Ersatzteil ausgewählt und vorbereitet, einschließlich der Erstellung eines Transportscheins und eines Übergabeprotokolls. Der:Die Servicetechniker:in erhält das Ersatzteil und reist zum Einsatzort, wo er:sie das Teil dem:der Kund:innentechniker:in übergibt. Die Reparatur beginnt mit einer Sicherheitsüberprüfung, gefolgt von der Durchführung des Service mit Unterstützung durch eine App und Remote-Support. Die Schritt-für-Schritt-Anleitungen führen den:die Techniker:in durch den Prozess, und die Reparatur wird durchgeführt. Nach Abschluss des Service wird der Auftrag als abgeschlossen bestätigt, und der:die Servicetechniker:in nimmt das alte Teil mit. Bei der Rückkehr wird das Teil wieder eingelagert (s. Abbildung 6).

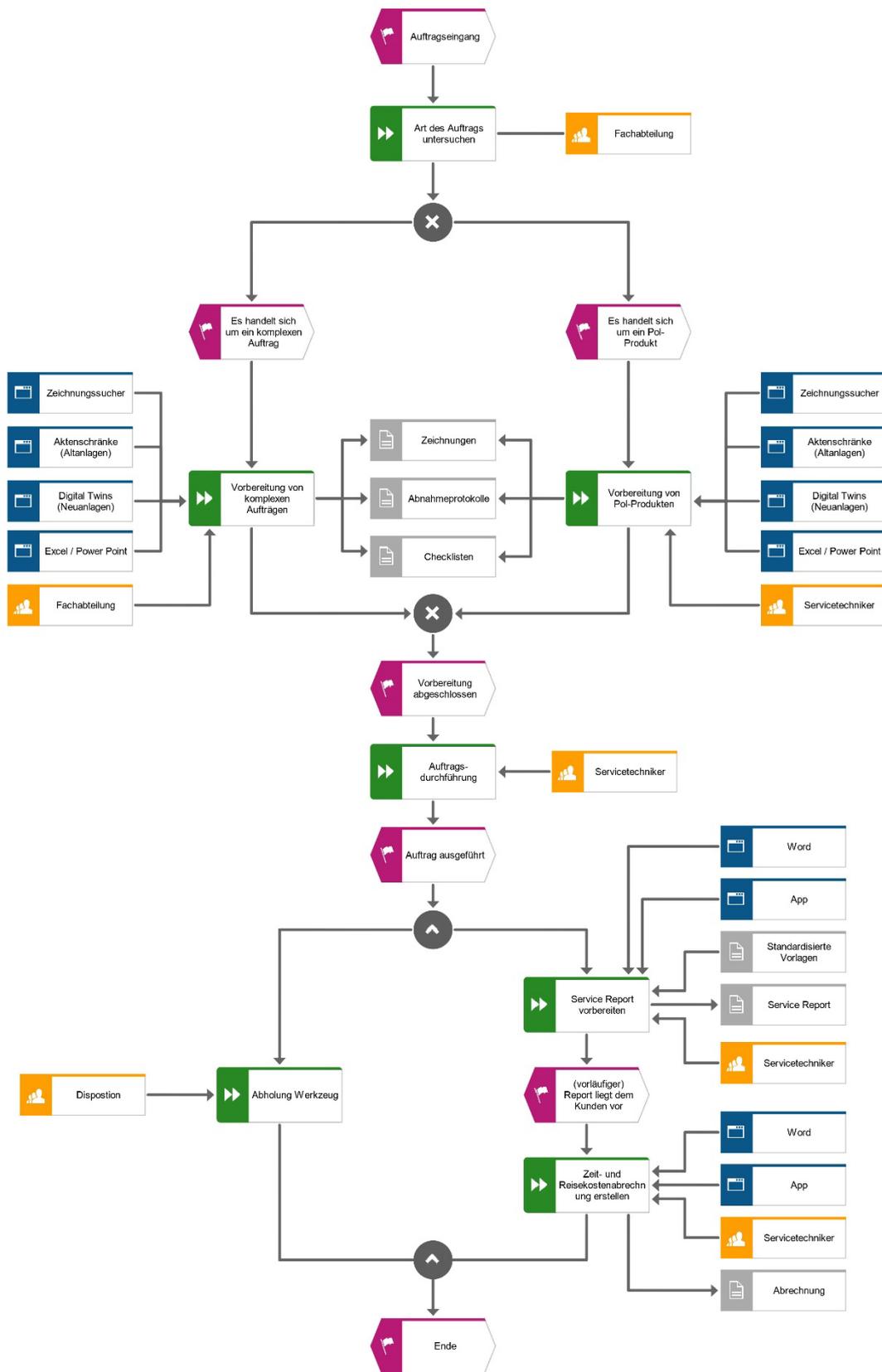


Abbildung 7: EPC thyssenkrupp Polysius GmbH in Aris

Der EPK-Prozess der thyssenkrupp Polysius GmbH beginnt mit der Identifikation und Kategorisierung. Dabei wird identifiziert, ob es sich um einen komplexen Auftrag handelt. In der folgenden Vorbereitungsphase werden Zeichnungen für Altanlagen aus physischen Archiven gesucht und Digital Twins für Neuanlagen unter Verwendung von gängigen Softwaretools wie Excel und PowerPoint erstellt.

In der Dispositionsphase wird das notwendige Werkzeug für die Durchführung des Auftrags organisiert und zur Abholung bereitgestellt. Der Auftragseingang wird sorgfältig analysiert, und die Fachabteilung bestimmt die Art des Auftrags. Es wird auch festgestellt, ob spezielle Produkte, wie Pol-Produkte, beteiligt sind. Der:Die Servicetechniker:in bereitet daraufhin den Service-Report vor, einschließlich der Erstellung von Zeichnungen, Abnahmeprotokollen und Checklisten. Nach Abschluss der Vorbereitung wird der Auftrag ausgeführt. Der:Die Servicetechniker:in verwendet standardisierte Vorlagen, um einen vorläufigen Bericht zu erstellen, der den Kund:innen vorgelegt wird. Der Prozess endet mit der Ausführung des Auftrags und der Erstellung einer Zeit- und Reisekostenabrechnung (s. Abbildung 7).

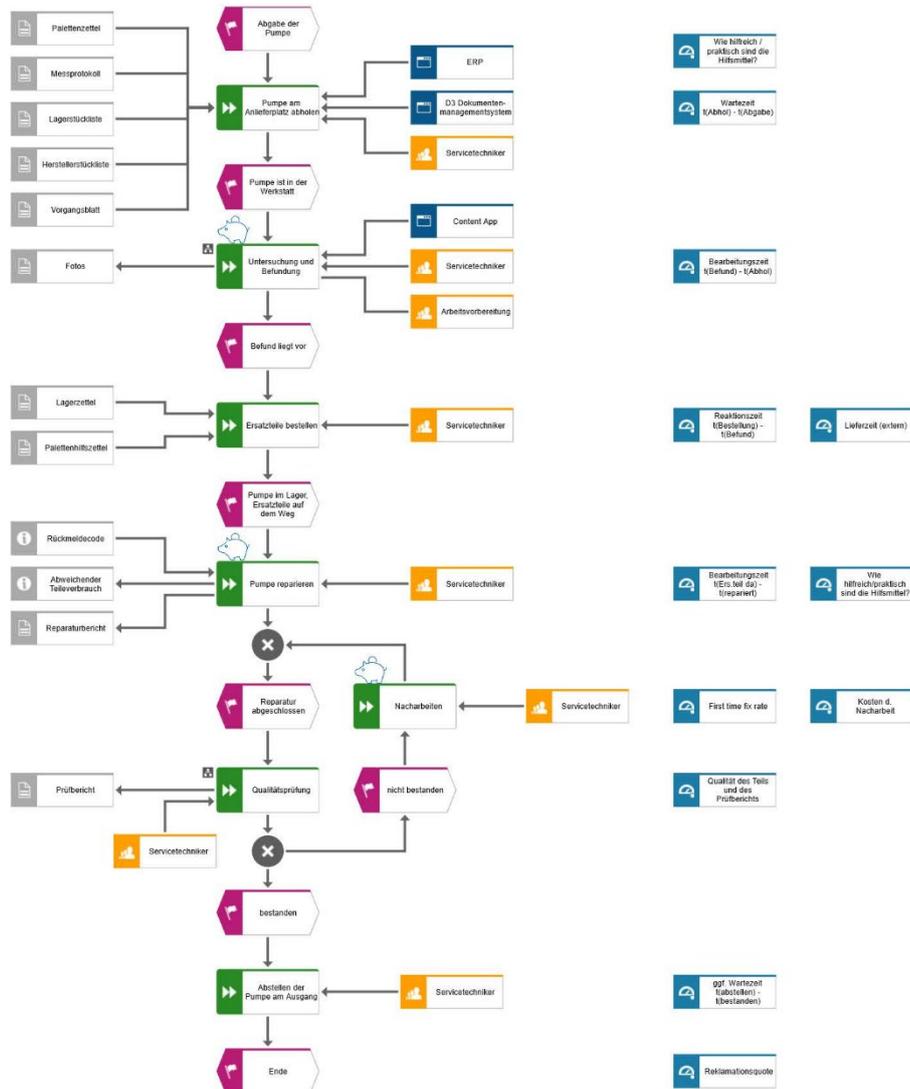


Abbildung 8: EPK YNCORIS GmbH & CO. KG in Aris

Der EPK-Prozess von YNCORIS GmbH & CO. KG beginnt mit der Abgabe von Palettenzetteln für eine Pumpe und der Nutzung von ERP-Hilfsmitteln. Ein Messprotokoll für die Pumpe wird abgeholt und es gibt Wartezeiten für die Abholung und Abgabe. Die Lagerstückliste und Herstellerstückliste werden verwendet, und die Pumpe wird in der Werkstatt präsentiert. Die Vorgänge mit einem:einer Servicetechniker:in umfassen Bearbeitungszeiten, Fotos, Untersuchungen und Befunde sowie Arbeitsvorbereitung und eine Verbindung zu einer Content-App.

Es erfolgen das Erstellen von Lagerzetteln und Palettenhilfszetteln sowie die Verarbeitung eines Rückmeldecodes. Abweichungen im Teileverbrauch werden notiert und ein Reparaturbericht wird erstellt. Ersatzteile werden bestellt und es gibt Statusupdates zur Lieferung der Teile und zur Reparatur der Pumpe. Nacharbeiten könnten erforderlich sein und Metriken wie Reaktionszeit, Bearbeitungszeit, First-Time-fix-Rate und externe Lieferzeit werden verfolgt.

Der Prozess schließt mit der Qualitätsprüfung des Teils und des Prüfberichts ab. Der:Die Servicetechniker:in führt die Prüfung durch, und die Pumpe wird am Ausgang abgestellt. Die Qualitätsprüfung wird bestanden, oder es könnten zusätzliche Schritte erforderlich sein, wenn sie nicht bestanden wird. Es gibt eine Wartezeit zwischen dem Abstellen der Pumpe und dem Bestehen der Prüfung. Eine Reklamationsquote könnte auch verfolgt werden (s. Abbildung 8).

Die Prozessaufnahme konzentrierte sich insbesondere auf die verwendeten Systeme und die im Prozess benötigten Dokumente, die im gesamten Prozess eine hohe Relevanz haben. Dies gewährleistet einen optimalen Informationsfluss im weiteren Verlauf.

Die erstellte Prozesskette wurde in die Plattform SHARE der oculavis GmbH überführt. Im weiteren Verlauf des Projekts wurden sowohl in der Software ARIS als auch in SHARE den Prozessschritten Dokumente, wie Videos, Screenshots usw. angefügt, die mittels AR-Technologie von Datenbrillen oder Tablets generiert werden. Im März 2021 wurden Prozessworkshops durchgeführt, deren Ziel es war, die Informationsflüsse zu erarbeiten und erste Usecases zu identifizieren, die praktisch aufgesetzt und ausprobiert werden konnten. Jeder Projektpartner sollte in der Lage sein, seine Prozesse zu bearbeiten, was zu lebenden Prozessen führte. Dafür wurde der Umgang mit ARIS und SHARE in einer Schulung gezeigt.

Es ist wichtig, zu betonen, dass die Digitalisierung nicht nur eine Verbesserung der Effizienz, sondern auch eine Verbesserung der Qualität der Prozesse ermöglicht. Durch die Nutzung von AR-Technologie können komplexe Prozesse visualisiert und besser verstanden werden, was zu einer Reduzierung von Fehlern und einer Verbesserung der Arbeitsleistung führt. Im Anschluss an den Prozessaufnahme-Workshop bei der YNCORIS GmbH & Co. KG besichtigten die Beteiligten die Pumpenwerkstatt, um sich vor Ort einen Überblick über den Werkstattprozess zu verschaffen. Diese Besichtigung war von entscheidender Bedeutung, um ein tieferes Verständnis für die tatsächlichen Arbeitsabläufe zu erlangen und zu identifizieren, wo Verbesserungen durch die Implementierung von AR-Technologie möglich sind.

Darüber hinaus wurde eine umfassende Analyse der Datenquellen durchgeführt, um die Informationsflüsse innerhalb der Prozesse zu identifizieren. Diese Analyse umfasste die Überprüfung von Dokumenten, Arbeitsanweisungen und anderen relevanten Datenquellen. Die Ergebnisse dieser Analyse tragen dazu bei, die Bereiche zu identifizieren, in denen die Digitalisierung und AR-Technologie am effektivsten eingesetzt werden können.

Eine Detailbetrachtung der Informationslogistik wurde durchgeführt, um relevante Dokumente, Fotos und genutzte Anwendungssysteme zu identifizieren. Hierbei wurden verschiedene Sichten des Modells betrachtet, darunter die Funktionssicht, die Wissenssicht, die Organisationssicht und die Prozesssicht (s. Hauser 2022).

Im Projekt wurden drei relevante Wissensquellen identifiziert: implizites Wissen sowie strukturierte und unstrukturierte Daten. Dabei wurde der möglichst aufwandsarmen Erstellung von AR-Content aus diesen Wissensquellen besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Zusätzlich wurden die Stammdaten, wie z. B. Aggregate und Bauteile, von Bedeutung erachtet. Welche der Daten Verwendung finden, hängt vom jeweiligen Servicepartner ab.

Die Informationsflüsse und Informationsaufnahmen sollten durch AR unterstützt werden. AR-Anwendungen wurden in oculavis SHARE in Verbindung mit angeschaffter Hardware umgesetzt. Bestehende Checklisten bei YNCORIS GmbH & Co. KG, beispielsweise zu Installationsbescheinigungen, Explosionsschutz-Prüfaufzeichnungen oder Wartungsbescheinigungen, wurden als Workflows in SHARE abgebildet.

Die Analyse der Datenquellen und der Informationsflüsse hat gezeigt, dass die Implementierung von AR-Technologie in den Serviceprozessen nicht nur die Effizienz und Qualität der Prozesse verbessern kann, sondern auch dazu beiträgt, komplexe Prozesse zu visualisieren und besser zu verstehen. Dies führt zu einer Reduzierung von Fehlern und einer Verbesserung der Arbeitsleistung. Die Identifikation der Datenquellen und die Erstellung einer Übersicht über den Informationsfluss waren wichtige Schritte in der Untersuchung der vorhandenen Service- und Informationsprozesse. Die gewonnenen Erkenntnisse haben dazu beigetragen, die Bereiche zu identifizieren, in denen die Digitalisierung und AR-Technologie am effektivsten eingesetzt werden können.

1.3 "Klassifizierung der Ergebnisse von Schritt 2 und Bewertung (qualitativ & quantitativ) ihrer Tauglichkeit für AR-Anwendungen sowie Einordnung in den Prozess und den Stand der Technik"

Im Verlauf der Bearbeitung Arbeitspakets 1 wurden verschiedene mögliche Usecases sowie Prozessketten bei der TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG untersucht, die großes Potenzial für eine Optimierung mittels Augmented Reality aufweisen. Für die nachfolgende Prozessaufnahme wurde der Usecase des:der Servicetechniker:in ausgewählt, da dieser nicht nur die Logistik abdeckt, sondern auch technische Dienstleistungen beim Kund:innen einschließt. Dieser Usecase stellt den optimalen Anwendungsfall dar, da die hohe Anzahl an verschiedenen

Techniker:innendienstleistungen, die die Servicetechniker:innen der TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG in diesem Usecase durchführen müssen, ein umfangreiches Prozesswissen erfordert. Die Unterstützung durch eine AR-Anwendung in diesem Usecase verspricht den höchsten Nutzen, da nicht jede:r Servicetechniker:in zu jeder Zeit über das implizite Wissen zu jeder möglichen Techniker:innendienstleistung beim Kund:innen verfügt.

Im Rahmen des Projekts wurde ein Präsenzworkshop durchgeführt, um die Serviceprozesse des technischen Kuriers strukturiert zu analysieren. Dabei wurden die Serviceprozesse sowie die dazugehörigen IT-Landschaften und Datensysteme mittels der Prozessaufnahmemethode Aixperanto aufgenommen. Zudem wurden die vorhandenen Arbeitsanweisungen und Schulungsmaterialien zu den einzelnen Prozessschritten erfasst. Anhand dieser Prozessaufnahmen wurden EPK modelliert und der Serviceprozess des:der Servicetechniker:in wurde in *ARIS Connect* und in eine *SHARE*-Plattform übertragen.

Zur Validierung der charakteristischen Prozesse wurden die im Dezember 2017 veröffentlichte DIN EN 17007 und die DIN SPEC 77007 genutzt. Die Nutzung der DIN SPEC 77007 diente dazu, die Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt schnell und effizient für Anwender aus der Praxis nutzbar zu machen. Die Spezifikation der Usecases wurde weiter verfeinert und erweitert, um eine möglichst aufwandsarme Abbildung der Usecases in der AR-Plattform zu ermöglichen.

Des Weiteren kann die Ontologie für Energieinformationssysteme produzierender Unternehmen bei der Bereitstellung von kontextbezogenen relevanten Informationen als Hilfe zur Selbsthilfe in AR-Anwendungen von Vorteil sein. Abschließend wurde festgestellt, dass die Prozesse, die mittels AR-Technologie unterstützt werden sollen, in den Workshops weiter spezifiziert und iterativ verbessert wurden. Dabei wurden auch Informationen zu Messgeräten und anderen relevanten Daten ergänzt.

II.4.1.2 AP 2: Integration von strukturierten und unstrukturierten Daten

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Arbeitspakets 2 (AP 2) des Forschungsprojekts DM4AR detailliert beschrieben. AP 2 beinhaltete die Integration von strukturierten und unstrukturierten Daten, die für die Erstellung von AR-Inhalten relevant sind.

2.1 Bewertung der Ergebnisse des ersten APs hinsichtlich Sicherheit und Datenschutz

Im Rahmen des ersten Arbeitspakets wurden alle möglichen Anwendungsfälle mit den entsprechenden Prozessschritten und den dazugehörigen Informationsflüssen im Detail aufgenommen und anschließend in die *SHARE*-Plattform übertragen. Diese umfassende Datenerfassung und -integration erforderte eine sorgfältige Bewertung hinsichtlich Sicherheit und Datenschutz. Die Bewertung konzentrierte sich auf die Sicherheit der Datenübertragung, die Einhaltung von Datenschutzbestimmungen und die Gewährleistung der Vertraulichkeit der gesammelten Informationen. In diesem Kontext war es besonders wichtig, den Prozessfluss und die verwendeten Tools sorgfältig zu prüfen. Das DM4AR-Sicherheitskonzept legt die Grundlage für die

Gewährleistung der Integrität, Verfügbarkeit und Vertraulichkeit von Unternehmensdaten und bietet einen klaren Handlungsrahmen für alle Beteiligten.

2.2 Festlegung der Schnittstellen zu den relevanten Datenquellen und Konzeption eines Datenmodells

Für eine lauffähige Pilotierung innerhalb des Usecase war eine gemeinsame Schnittstelle zwischen dem ‚TOP Mehrwert-Logistik‘-Informationssystem und der AR-Plattform geplant. Gemeinsam mit der Software AG wurde der Ist-Zustand seitens der TOP Mehrwert-Logistik identifiziert. Im nächsten Schritt sollten Anforderungen einer Kommunikationsschnittstelle identifiziert und notwendigen Bedingungen schrittweise umgesetzt werden.

2.3 Untersuchung des Aufbereitungsbedarfs der unstrukturierten Daten

In weiteren Analysen wurden mögliche Datenquellen innerhalb der Usecases identifiziert. Besonders innerhalb der Usecases der YNCORIS GmbH & Co. KG und thyssenkrupp wurden die Verwendung und Integration von Messgeräten und Sensoren in das DM4AR-AR-System untersucht. Der Schwerpunkt der Betrachtung lag hierbei auf dem Transfer der generierten Daten, deren Verarbeitung innerhalb der Softwarelösung Cumulocity IoT der Software AG und der Übermittlung zu oculavis SHARE, wo sie für den Anwender visualisiert werden sollten.

2.4 Gamification-Ansätze zur Bewertung von AR-Inhalten und Referenzprozesse zur Aufnahme von implizitem Wissen

Nach der Fertigstellung der Usecases konnte die Architektur der DM4AR-Plattform finalisiert werden. Im Fokus der Betrachtungen stehen dabei die AR-Plattform SHARE von der oculavis GmbH, Cumulocity IoT von der Software AG und die Apps der Servicepartner wie z. B. Paledo von YNCORIS GmbH & Co. KG.

2.5 Konzeption und Prototyp einer AR-Plattform für strukturierte und unstrukturierte Daten

Im Rahmen des Arbeitspakets 2.5 wurden die Konzeption und der Prototyp einer AR-Plattform für strukturierte und unstrukturierte Daten entwickelt.

Nach der Fertigstellung der Usecases der Service-Partner oculavis GmbH und TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG konnte die Architektur der DM4AR-Plattform finalisiert werden.

Die Integration der einzelnen Komponenten wurde durch mehrere REST-Services von der Software AG ermöglicht, die mithilfe der Database-Plattform bereitgestellt wurden. Ebenso im Fokus stand Cumulocity IoT von der Software AG, das für die IoT-Integration der Sensoren (IoT-Devices) sorgte.

Die Datenquellen wurden in verschiedenen Systemen gespeichert und über verschiedene Schnittstellen zugänglich gemacht. Dazu gehörten das AR-System oculavis SHARE, IoT-Sensoren, Cumulocity IoT, der webMethods SAP Adapter zur Integration mit SAP und das Datenmodell, das von dem konkreten Usecase des einzelnen Servicepartners abhängt.

Das FIR unterstützte die Durchführung der Aufgaben dieses Arbeitspakets aus wissenschaftlicher Perspektive. Auf die vom FIR erarbeiteten Ansätze zur Gamification wird in den Ausführungen zum nachfolgenden Arbeitspaket 3 eingegangen.

II.4.1.3 AP 3: Erstellung von Referenz-Service- und Informationsprozessen und integrierten Arbeitssystemen

In AP 3 wurden Referenz-Service- und Informationsprozesse sowie integrierte Anreizsysteme erstellt. Ein zentraler Inhalt dieses Arbeitspakets war die Erstellung eines Anreizsystems mithilfe von Gamification zur Partizipation der Mitarbeitenden an der Datenerhebung. Auf Basis der bereits aufgenommenen Prozesse wurden Soll-Prozesse erstellt, die einen optimalen Informationsfluss erlauben. Die Mitarbeitenden wurden dazu animiert, ihr Wissen zu teilen und es regelmäßig und selbstständig in die Wissensdatenbank einzupflegen. Parallel dazu begann der Aufbau des Anreizsystems.

3.1 Untersuchung der bestehenden Serviceprozesse hinsichtlich des Verbesserungspotenzials

Im Rahmen der umfangreichen Untersuchung wurden die bestehenden Serviceprozesse der Anwendungspartner systematisch analysiert. Diese Analyse basierte auf einer sorgfältigen Sammlung und nachfolgenden Auswertung diverser interner Datensätze der Anwendungspartner (s. Abbildung 9).

Eines der signifikanten Ergebnisse dieser Untersuchung war das regelmäßige Überschreiten der Planeinsatzzeit. Dieses wiederkehrende Muster deutete unweigerlich auf existierende Schwachstellen innerhalb der Prozessabläufe hin. Vertiefende Diskussionen mit den zuständigen Fachbereichen bestätigten eine identifizierte Problematik im Bereich der Wissensvermittlung. Besonders in einem Arbeitsumfeld, das von hohen Fluktuationsraten charakterisiert ist, treten erhebliche Wissensverluste auf. Dadurch werden verlängerte Einarbeitungszeiten für neues Personal notwendig und eine zeitnahe Erreichung optimaler Arbeitsproduktivität wird behindert.

In der Suche nach innovativen Lösungsansätzen zur Behebung dieses Problems wurde das Potenzial von AR-Brillen als Unterstützungstool evaluiert. Trotz der vielversprechenden Anwendungen dieser Technologie wurde festgestellt, dass die Einführung und Nutzung dieser Brillen mit eigenen Anlaufschwierigkeiten – hier als "Bootstrapping-Problem" bezeichnet – verbunden sind. Infolgedessen wurde ein detaillierter Vergleich zwischen AR-Brillen und anderen mit den Händen bedienten Geräten vorgeschlagen, um eine fundierte Entscheidung bezüglich ihrer Praktikabilität zu treffen.

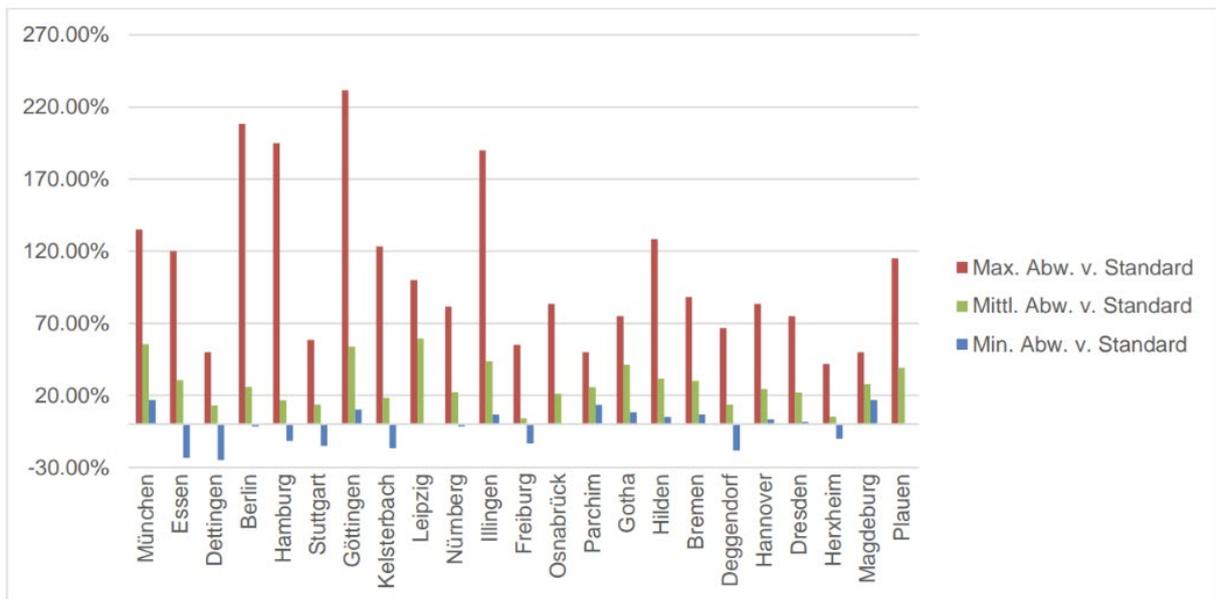


Abbildung 9: Auswertung von Handlingszeiten der TOP Mehrwert-Logistik-Techniker:in beim Kund:innen

Ein zentraler Aspekt der Untersuchung bestand in der systematischen Bewertung der bestehenden Prozesse, um potenzielle Verbesserungsmöglichkeiten zu identifizieren. Dabei lag der potenzielle Mehrwert durch den Einsatz von Augmented Reality im Fokus. Basierend auf den Ergebnissen wurde ein Set von Kennzahlen entwickelt, das dazu diente, den Einfluss von AR auf die Serviceprozesse zu quantifizieren.

Die folgende Liste zeigt die im Rahmen der Untersuchung definierten Kennzahlen, sowohl die bereits vorhandenen als auch die neu vorgeschlagenen, zur umfassenden Analyse und Bewertung der Serviceprozesse:

1. Auftragseingang

○ Vorhandene Kennzahlen:

- Durchschnittliche Auftragsvorbereitungszeit
- Termintreue
- Anteil an Aufträgen mit Rückfragen an den Kund:innen oder die Fachabteilung

○ Neue Kennzahlen:

- Zufriedenheit des:der Servicetechniker:in mit den bereitgestellten Unterlagen hinsichtlich des Informationsgehalts und der Aufarbeitung

2. Unterstützung des Servicetechnikers

○ Vorhandene Kennzahlen:

- Durchschnittliche Auftragsbearbeitungszeit
- Reklamationsquote

○ Neue Kennzahlen:

- Zufriedenheit des:der Servicetechniker:in mit den Hilfsmitteln
- Umfang an erforderlicher Nacharbeit

3. Auftragsnachbereitung

- **Vorhandene Kennzahlen:**
 - Durchschnittliche Auftragsnachbereitungszeit
 - Informationsgehalt von Berichten/Protokollen
- **Neue Kennzahlen:**
 - Zufriedenheit der Fachabteilungen mit dem Bericht (Darstellung und Informationsgehalt)
 - Produkt- und Prozessverbesserungen infolge der digitalen Dokumentation

4. Nutzung von AR-Gadgets für Schulungen

- **Vorhandene Kennzahlen:**
 - Durchschnittlicher Zeitaufwand für Schulungen
 - Gesamte Schulungskosten, Rückgang der Personalkosten und Weiterbildungsaktivität der Mitarbeitenden
- **Neue Kennzahlen:**
 - Wissensstand nach der Schulung

5. Tätigkeitsübergreifende Bewertung

- **Vorhandene Kennzahlen:**
 - ROI, Rückgang der Servicekosten in allen Arbeitsschritten, Kund:innenabwanderungsrate, Krankheits- bzw. Fehltage und Fluktuationsquote
- **Neue Kennzahlen:**
 - Zufriedenheit der Beteiligten mit der Handhabung der Soft- und Hardware

Mithilfe dieser Kennzahlen konnten eine detaillierte Analyse und Bewertung der Serviceprozesse durchgeführt werden. Darauf basierend wurden gezielte Maßnahmen zur Optimierung identifiziert und Empfehlungen für die Implementierung entsprechender Prozessverbesserungen gegeben.

3.2 Entwicklung des Anreizsystems zur Sicherung des Wissens in der AR-Plattform

Ein Schwerpunkt von AP 3 war die Entwicklung eines Anreizsystems zur Sicherung des Wissens in der AR-Plattform. Das Anreizsystem dient der Ausrichtung der Mitarbeitendenziele auf die Unternehmensziele (s. Krafft 1995). Die Basis für das Anreizsystem bildet eine Balanced Scorecard, der wiederum ein

Zielvereinbarungssystem aus übergeordneten Zielen und persönlichen Zielvereinbarungen zugrunde liegt (s. Horváth & Partners 2007). Die Ziele leiten sich ab aus Kennzahlen der vier Perspektiven Finanzen, Kund:innen, interne Prozesse (zur Erreichung der Ziele der Finanz- und Kund:innenperspektive) sowie Lernen und Entwicklung (s. Fink u. Heineke 2006). Um von Anfang an auf dieses Anreizsystem hinzuarbeiten, beinhalten die ausgewählten Kennzahlen bereits die vier Perspektiven einer Balanced Scorecard. (s. Abbildung 10).

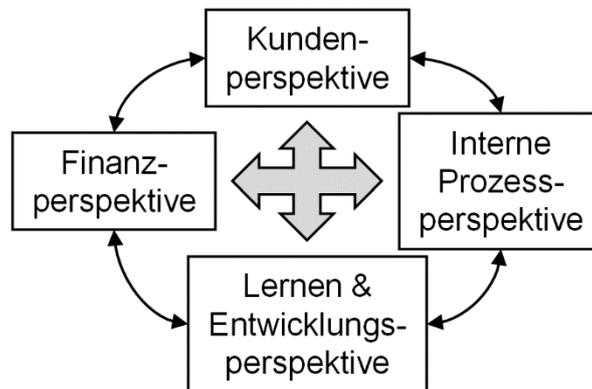


Abbildung 10: Die vier Perspektiven der Balanced Scorecard

Zusätzlich wurden weitere theoretische Grundlagen bezüglich Anreizsystemen zur Weitergabe von implizitem Wissen erarbeitet. Die Hauptfunktionen betrieblicher Anreizsysteme sind Motivation, Koordination und Selektion der Mitarbeitenden und müssen erfüllt sein (s. Schütte 2015). Beim Design eines Anreizsystems müssen verschiedene Faktoren berücksichtigt werden, um wirksame Anreize zu schaffen. Auf der Grundlage der Motivationspsychologie wurden sieben Themen identifiziert, die bei der Entwicklung eines Anreizsystems berücksichtigt werden müssen (s. Stropková 2014): Transparenz, Individualität, Nachhaltigkeit, Qualifizierung, Flexibilität, Leistung und Wirtschaftlichkeit (s. Abbildung 11).



Abbildung 11: 7 Bereiche der Motivationspsychologie nach (Stropková 2014, S. 4)

Transparenz: Es ist wichtig, dass das Anreizsystem klar und verständlich ist, damit die Mitarbeitenden verstehen, wie sie belohnt werden und welche Ziele sie erreichen müssen.

Individualität: Jede:r Mitarbeitende:r hat unterschiedliche Bedürfnisse und Motivationen. Ein effektives Anreizsystem berücksichtigt diese Individualität und bietet maßgeschneiderte Anreize, um die Motivation jedes Einzelnen zu steigern.

Nachhaltigkeit: Ein Anreizsystem sollte langfristig wirksam sein und die Motivation der Mitarbeitenden über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten. Es sollte nicht nur kurzfristige Anreize bieten, sondern auch langfristige Ziele und Belohnungen berücksichtigen.

Qualifizierung: Mitarbeitende möchten sich weiterentwickeln und neue Fähigkeiten erlernen. Ein Anreizsystem sollte Möglichkeiten zur Qualifizierung und Weiterbildung bieten, um die Motivation der Mitarbeitenden zu steigern.

Flexibilität: Ein starres Anreizsystem kann demotivierend sein. Es ist wichtig, Flexibilität zu bieten und den Mitarbeitenden die Möglichkeit zu geben, ihre eigenen Ziele zu setzen und ihre Belohnungen anzupassen.

Leistung: Die Anerkennung und Belohnung von Leistung ist ein wichtiger motivierender Faktor. Ein Anreizsystem sollte die Leistung der Mitarbeitenden erkennen und angemessen belohnen.

Wirtschaftlichkeit: Ein effektives Anreizsystem sollte wirtschaftlich sein und die Ressourcen des Unternehmens effizient nutzen. Es sollte darauf abzielen, die Motivation der Mitarbeitenden zu steigern, ohne dabei die Kosten zu stark zu erhöhen.

Diese sieben Themen sind wichtige Aspekte bei der Gestaltung eines Anreizsystems, um die Motivation der Mitarbeitenden zu fördern und langfristig den Unternehmenserfolg zu sichern. In Expert:innengesprächen zum Thema Mitarbeitendenmotivation und Anreizsysteme wurden verschiedene Kategorien an Anreizen identifiziert, die sowohl monetäre als auch nichtmonetäre Aspekte umfassen. Nichtmonetäre Anreizkategorien beinhalten Anerkennung, Wissen, Team-Building und Zeitersparnis, während monetäre Anreize Prämien und Deckungsbeitragsbeteiligungen umfassen.

Bei der Analyse von Anreizsystemen ist es hilfreich, zwischen materiellen und immateriellen Anreizen zu unterscheiden. Materielle Anreize bieten direkte und greifbare Vorteile und können weiter in monetäre und nichtmonetäre Anreize unterteilt werden. Unabhängig davon, ob sie materiell oder immateriell sind, können Anreize auch als erfolgsabhängig oder erfolgsunabhängig eingestuft werden.

Die Anreiz-Beitrags-Theorie bietet eine wertvolle Perspektive auf Anreizsysteme in Unternehmen, indem sie die Betrachtung von beiden Seiten – Unternehmen und Mitarbeitende:r – berücksichtigt. Aus Sicht des Unternehmens ist es das Ziel, das Verhalten der Mitarbeitenden auf die Unternehmensziele auszurichten. Aus der Sicht der Belegschaft müssen die Anreize jedoch auch attraktiv genug sein, um sie zu Beteiligung und Engagement zu motivieren. Ein wichtiger Aspekt, der aus

Unternehmenssicht berücksichtigt werden muss, ist die Rentabilität der Anreizsysteme (s. Jahnke et al. 2006)

Als erster praktischer Schritt zur Erarbeitung eines Anreizsystems wurde ein Konsortialtreffen zu dem Thema Anreizsysteme veranstaltet. Während des Konsortialtreffens im Jahr 2021 wurde ein Workshop zum Thema Anreizsysteme durchgeführt. Der Workshop verfolgte einen strukturierten Ansatz:

1. Spezifizierung von Anwendungsfällen
2. Identifikation passender Anreizarten zu den spezifizierten Anwendungsfällen
3. Priorisierung der Ergebnisse nach Kriterien wie Wirksamkeit, Umsetzbarkeit und Relevanz

Den Projektpartnern wurde ein Überblick über die existierenden materiellen (monetären und nichtmonetären) sowie nichtmateriellen Anreizarten gegeben. Während des Workshops konnten sie sich eine Meinung dazu bilden, welche Arten von Anreizen im Kontext des Projekts und der bekannten Usecases geeignet sein könnten. Dies sollte der Definition der Anforderungen und der Schaffung eines Verständnisses für die Anreizarten bei den Projektpartnern dienen (s. Abbildung 12).

Prozessschritte/Info	Anreize	Priorisierung
<u>Standort-Hinweise</u> <ul style="list-style-type: none"> • Tipps & Tricks (Spezifika) • Ansprechpartner (z.B. Pforte) • PSA/Ex-Bereicher... • Mittagessen • Zugangszeiten + Beschränkungen 	Intrinsisch / Gruppendynamik/-zwang „Daumen hoch“	
<u>Kunde</u> <ul style="list-style-type: none"> • Vertragsinfos • Ansprechpartner (z.B. Schichtleiter) • Entscheidungsträger • Arbeitserlaubnis (z.B. Produktion anhalten) 	Expertenanerkennung Kunde/Anlage	1 -> AR-Remote Unterstützung „Kompetenzpartner“
<u>Auftrag</u> <ul style="list-style-type: none"> • Spezialwerkzeuge • Anleitungen • Anlagenspez./historiel/-komplikationen • Tätigkeiten & Ersatzteile • Fehlersuche & Schritte zur Lösung 	Ideenmanagement <ul style="list-style-type: none"> • Geld • Auszeichnungen + Rangliste Feedback (Kunde & Chef) <ul style="list-style-type: none"> • Dokugüte -> Schulterklopper 	2 -> z.B. „Benutzung der Anleitungen“ + „Bewertung der Anleitung“ 3 -> Wettbewerbe <ul style="list-style-type: none"> • Namensfindung • Fotowettbewerb
<u>Vertrieb</u> <ul style="list-style-type: none"> • Installierte Basis & Zustand • Folgeauftrag & Crossselling • Entscheidungsträger (Budget) • Kaffeeklatsch: Pain + Needs 	Deckungsbeitragsbeteiligung	
<u>Kriterien</u> <ul style="list-style-type: none"> • Medium (Bild, Workflow, Text) • Informationsgüte & -qualität • Aktualität 		

Abbildung 12: Workshopzusammenfassung bzgl. Anreizsysteme innerhalb des Serviceprozesses

Im Rahmen der Entwicklung prozessinterner Anreizsysteme nach dem Prinzip der Gamification wurde ein theoretischer Hintergrund erarbeitet. Gamification kann als Lösung dienen, da Menschen von Natur aus eine angeborene Neigung zu spielerischem Verhalten haben. Die Verbindung zwischen Gamification und Anreizsystemen ist eng, da Gamification häufig verwendet wird, um Anreize zu schaffen. Dabei werden spieltypische Elemente in einem Kontext außerhalb des Spiels eingesetzt, um Nutzer:innen zu motivieren und ihr Verhalten zu steuern (s. Deterding et al. 2011).

Es wird das Gamification-Design-Framework von Werbach u. Hunter (2012) herangezogen. Dieses wird weiterentwickelt, um eine entsprechende projektspezifische Anwendung zu ermöglichen. Innerhalb des Frameworks werden folgende Schritte durchlaufen: Zunächst wird das Verhalten der Mitarbeitenden, welches durch Gamification gesteuert werden soll, definiert. Anschließend werden die Geschäftsziele benannt, die mithilfe von Gamification erreicht werden sollen. Diese müssen nach dem SMART-Prinzip aufgestellt und nach ihrer Wichtigkeit gereiht werden. Danach werden die Nutzer:innen analysiert, um anhand deren Eigenschaften und motivierender und demotivierender Faktoren effizient ein Gamification-Konzept implementieren zu können. Zuletzt werden die Gamification-Elemente gewählt, die sich im System wiederfinden sollen. Diese werden in drei Hierarchieebenen eingeteilt: Spieldynamiken, Spielmechaniken und Spielkomponenten (s. Abbildung 13: *Gamification Design Framework* nach Werbach u. Hunter 2012)).



Abbildung 13: *Gamification Design Framework* nach (Werbach u- Hunter 2012, S. 73ff.)

Bei der Anwendung von Gamification ist es wichtig, die unterschiedlichen Motivationen der Nutzer:innen zu berücksichtigen, wie sie von BARTLE in seinen vier Spieler-Typen beschrieben werden (s. Bartle 1996):

- **Killer:** Wettbewerb und Siegen sind ihre Hauptmotivation.
- **Achiever:** Sie streben danach, Punkte zu sammeln und Auszeichnungen zu erhalten.
- **Socializer:** Der Austausch und die soziale Anerkennung stehen im Vordergrund.
- **Explorer:** Ihr Ziel ist es, möglichst alles zu erkunden und neue Erfahrungen zu sammeln.

Durch den gezielten Einsatz von Gamification-Elementen können Anreizsysteme effektiver gestaltet werden. Die Verwendung spielerischer Elemente beeinflusst das Verhalten der Nutzer:innen auf unterhaltsame Weise, was zu einer höheren Motivation und einer besseren Umsetzung der gestellten Aufgaben führen kann. Gleichzeitig kann

Gamification die Wahrnehmung von Anreizen positiv beeinflussen, da sie mit positiven Emotionen und einem Gefühl von Erfolgserlebnissen verbunden ist.

Indem Unternehmen die individuellen Motivationen und Vorlieben der Nutzer:innen verstehen und gezielt Gamification-Elemente einsetzen, können sie ihre Anreizsysteme optimieren und ein motivierendes Umfeld schaffen. Dies kann zu einer gesteigerten Partizipation, verbesserten Leistungen und einer positiven Nutzungserfahrung führen.

Um ein ideales Anreizsystem mit Gamification-Elementen zu entwickeln, das die Mitarbeitenden zur aktiven Teilnahme und zum Wissensaustausch motiviert, wurde ein Workshop mit allen Konsortialpartnern durchgeführt. Der Workshop fand am 27.02.2023 statt und konzentrierte sich auf die Anwendung des Gamification-Frameworks von WERBACH U. HUNTER.

Im Workshop wurden verschiedene Gamification-Elemente diskutiert und analysiert, darunter "Likes", "Badges", "Tutorials" und "Regionale Ranglisten" (s. Tabelle 5). Jedes dieser Elemente wurde hinsichtlich seiner Vor- und Nachteile sowie seiner möglichen Integration in das System bewertet. Darüber hinaus wurden die Verhaltensweisen der Nutzer:innen, die durch diese Elemente beeinflusst werden könnten, berücksichtigt.

Tabelle 5: Übersicht Kernergebnisse Workshop Gamification & Anreizsysteme 27.02.2023

Gamification-Element	Vorteile	Herausforderungen	Integration	Beeinflusste Verhaltensweisen
Likes	Einfache Interaktion und Feedback, erhöhtes Vertrauen in Inhalte, Motivation zur Wissensfreigabe	Anonymität, Begrenzung der Likes pro Tag, Vermeidung von Missbrauch	Anonymität, Limitierung, Vermeidung von Missbrauch, Integration weiterer Gamification-Elemente	Wertschätzung für Wissensbeiträge, Steigerung der Bereitschaft zum Teilen von Wissen, Nutzung von AR-Tools
Badges	Erhöhung der Motivation und des Engagements, Visualisierung von Erfolgen, Förderung von Wettbewerb und Zusammenarbeit	Festlegung klarer Kriterien, Personalisierung, Vermeidung von Hierarchisierung und Ausgrenzung	Klare Kriterien, Personalisierung, inklusive Badges	Steigerung der Bereitschaft zum Teilen von Wissen, Nutzung von AR-Tools
Tutorials	Verbesserter Umgang mit System, Aufzeigen der Vorteile, Erhöhung der Nutzerkompetenz	Klare Struktur und ansprechendes Design, Feedback und Belohnungen	Klare Struktur und Design, Feedback und Belohnungen	Steigerung der Bereitschaft zum Teilen von Wissen, Nutzung von AR-Tools

Regionale Ranglisten	Förderung von Wettbewerb und Teamgeist, Leistungsverbesserung, Verantwortung gegenüber Region	Fairness durch standardisierte Leistungsindikatoren, positives Framing	Fairness, positives Framing	Steigerung der Bereitschaft zum Teilen von Wissen, Nutzung von AR-Tools
-----------------------------	---	--	-----------------------------	---

Die "Likes" wurden als einfache und intuitive Möglichkeit zur Interaktion und zum Feedbackgeben identifiziert. Sie können das Vertrauen in die Qualität der Inhalte erhöhen und die Mitarbeitenden dazu motivieren, ihr Wissen zu teilen. Allerdings wurde auch angemerkt, dass "Likes" anonym sein sollten, um mögliche Auswirkungen auf die Leistungsbewertung der Mitarbeitenden zu vermeiden. Darüber hinaus wurde die Notwendigkeit einer Begrenzung der Anzahl der "Likes", die ein:e Mitarbeiter:in pro Tag vergeben kann, hervorgehoben, um die Gefahr einer Manipulation zu minimieren.

"Badges" wurden als effektives Mittel zur Erhöhung der Motivation und des Engagements durch Anerkennung und Belohnung angesehen. Sie bieten die Möglichkeit, Erfolge und Fortschritte zu visualisieren und fördern den Wettbewerb und die Zusammenarbeit zwischen den Nutzer:innen. Es wurde jedoch betont, dass die Kriterien für den Erhalt von "Badges" klar festgelegt werden müssen und dass sie für einzelne Nutzer:innen und ihre spezifischen Erfolge personalisiert werden sollten.

"Tutorials" wurden als hilfreich angesehen, um den Lernprozess der Nutzer:innen zu verbessern und die Vorteile des neuen Systems klar aufzuzeigen. Sie können die Kompetenz der Nutzer:innen erhöhen und so deren Selbstvertrauen und Engagement in der Nutzung von *oculavis SHARE* fördern. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass die Tutorials eine klare Struktur und ein ansprechendes Design haben sollten, um die Nutzer:innen zu motivieren und nicht zu überwältigen.

"Regionale Ranglisten" wurden als effektives Mittel zur Förderung des Wettbewerbs und des regionalen Teamgeistes angesehen. Sie können dazu beitragen, dass die Techniker:innen sich mehr engagieren und ihre Arbeit verbessern, um ihre Region auf der Rangliste zu verbessern. Es wurde jedoch darauf hingewiesen, dass die Ranglisten fair und ausgewogen sein sollten und dass sie auf standardisierten Leistungsindikatoren basieren sollten.

Insgesamt war der Workshop ein wichtiger Schritt in der Entwicklung eines effektiven Anreizsystems mit Gamification-Elementen. Die Ergebnisse des Workshops tragen dazu bei, ein System zu schaffen, das die Belegschaft motiviert, ihr Wissen zu teilen und aktiv an der Verbesserung der Serviceprozesse mitzuwirken.

Im Anschluss an die Diskussion und Analyse im Workshop wurde ein maßgeschneidertes Anreizsystem mit Gamification-Elementen entwickelt, das auf den zuvor erörterten Grundprinzipien beruht (s. Abbildung 23). Diese Lösung zielt darauf ab, die Mitarbeitenden zur aktiven Teilnahme und zum Wissensaustausch innerhalb des Unternehmens zu motivieren. Der nachfolgende Abschnitt erläutert das entwickelte System detailliert.

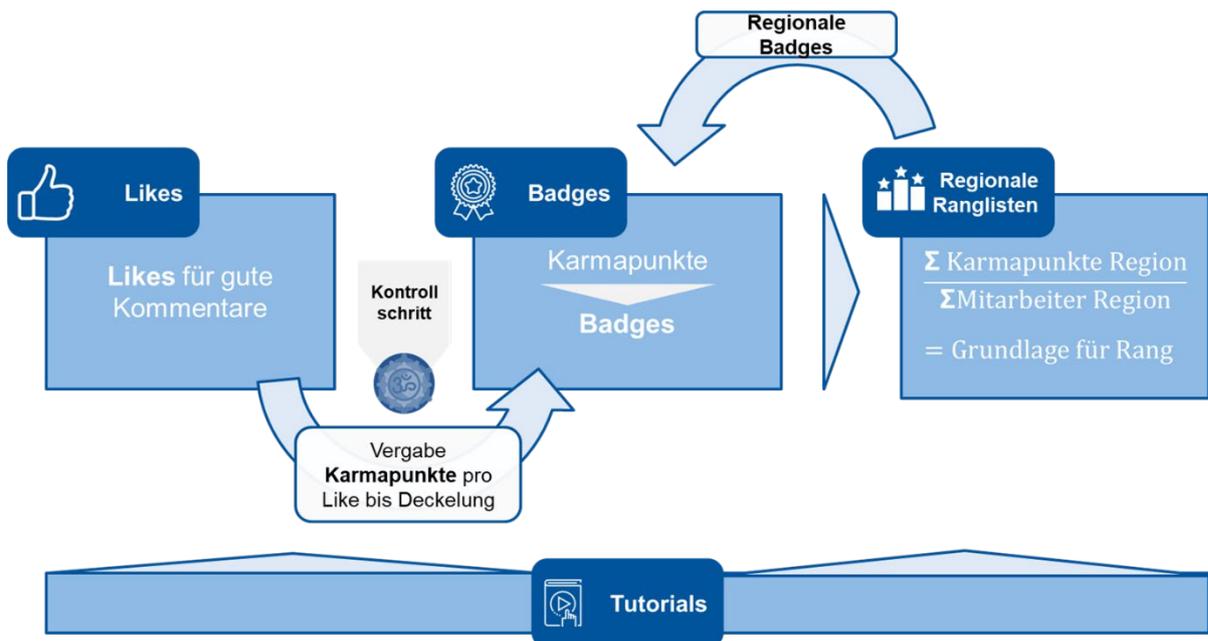


Abbildung 14: Finales Gamification-Anreizsystem-Konzept

Die "Likes" dienen als direktes, intuitives Feedbackinstrument. Mitarbeitende haben die Möglichkeit, ihre Kolleg:innen für wertvolle Kommentare oder Beiträge zu belohnen, indem sie ihnen ein "Like" geben. Für jedes erhaltene "Like" wird dem:der Beitragsersteller:in ein „Karmapunkt“ vergeben, bis eine festgelegte Obergrenze erreicht ist. Diese Deckelung der „Karmapunkte“ erfüllt dabei zwei Hauptfunktionen: Sie stellt sicher, dass die Vergabe von "Likes" nicht manipuliert wird und ermöglicht einen fairen Vergleich zwischen größeren und kleineren Regionen innerhalb des Unternehmens.

Mitarbeitende können anhand der gesammelten „Karmapunkte“ in verschiedene Stufen aufsteigen und Badges erhalten. Diese Auszeichnungen sind sowohl ein Symbol für die Anerkennung ihrer Beiträge als auch ein zusätzlicher Anreiz, weiterhin wertvolle Informationen und Ideen mit ihren Kolleg:innen zu teilen. Sie fördern somit ein gesundes Wettbewerbsklima und steigern die Motivation zur kontinuierlichen Verbesserung.

Um die Zusammenarbeit und den Teamgeist innerhalb der verschiedenen Regionen zu fördern, wurden regionale Ranglisten implementiert. Die „Karmapunkte“ jeder Region werden in einem bestimmten Zeitraum summiert und durch die Anzahl der Mitarbeitenden in der Region geteilt. Der daraus resultierende Score ermöglicht es, eine Rangliste zu erstellen, die einen fairen Vergleich zwischen den Regionen ermöglicht. Die Deckelung der „Karmapunkte“ wird so gewählt, dass weder Regionen mit vielen noch mit wenigen Mitarbeitenden bevorteilt oder benachteiligt werden. Auch den Regionen können Badges verliehen werden, um den Wettbewerb und die Zusammenarbeit innerhalb der verschiedenen Gebiete zu fördern.

Die Integration von Tutorials in das System unterstützt die Mitarbeitenden beim Verständnis und der effektiven Nutzung der AR-Plattform. Gut gestaltete und

strukturierte Tutorials erleichtern den Lernprozess, steigern die Nutzungskompetenz und fördern das Selbstvertrauen und Engagement der Nutzer:innen. Durch ein ansprechendes Design und eine klare Struktur wird eine Überforderung der Nutzer:innen vermieden und die Einführung in die Plattform erleichtert.

Das entwickelte Anreizsystem mit Gamification-Elementen stellt ein ausgewogenes und motivierendes Konzept dar, das auf den individuellen und regionalen Bedürfnissen und Verhaltensweisen der Mitarbeitenden basiert. Durch die sorgfältige Integration von "Likes", "Badges", "Tutorials" und "Regionalen Ranglisten" fördert es den Wissensaustausch, die Zusammenarbeit und das Engagement der Techniker:innen. In der weiteren Implementierung und stetigen Überwachung liegt das Potenzial, den Erfolg des Anreizsystems sicherzustellen und kontinuierlich an die Bedürfnisse des Unternehmens und seiner Belegschaft anzupassen.

Darüber hinaus basiert es auf theoretischen Grundlagen. Im Folgenden werden die Hauptaspekte des Konzepts im Kontext der relevanten theoretischen Modelle und Rahmenbedingungen analysiert.

Die Verwendung von "Likes" als Feedbackinstrument und die Einführung einer Obergrenze für Karmapunkte reflektieren die theoretischen Grundlagen bezüglich der Transparenz und Individualität (s. Stropková 2014). Die Implementierung von Punktesystemen, einschließlich „Karmapunkten“, als Metrik zur Information und Rückmeldung an den:die Nutzer:in wurde in der Literatur hervorgehoben (s. Bunchball 2012; Werbach u. Hunter 2012). Die flexible Möglichkeit, Kolleg:innen für ihre Beiträge zu belohnen, und die Verwendung von „Karmapunkten“ zur Anerkennung fördert die Individualität und soziale Verbundenheit. Diese Aspekte wurden in den Arbeiten von ZICHERMANN U. CUNNINGHAM (2011) sowie CHOU (2021) diskutiert. Die motivationsfördernden Eigenschaften von Punktesystemen, einschließlich „Karmapunkten“, wurden in einer Vielzahl von Studien identifiziert (s. Cheong et al. 2013; Eickhoff et al. 2012; Farzan et al. 2008). Die Möglichkeit, Punkte gegen reale Preise oder Boni einzutauschen, wurde als effektiver Anreiz in den Arbeiten von CHOU (2021) hervorgehoben.

Die Implementierung von Regulierungsmechanismen zur Verhinderung von Punkteausnutzung und die Berücksichtigung von Qualität durch Punktevergabe für bestimmte Leistungen wurden in der Literatur unterstützt (s. Dong et al. 2012; Hamari u. Koivisto 2013; Thom et al. 2011; Witt et al, 2011). Das Konzept erfüllt auch STROPKÓVAS wirtschaftliche Anforderung durch eine geregelte Deckelung von „Karmapunkten“, um Manipulationen zu verhindern und die Ressourcen des Unternehmens effizient zu nutzen.

Das Konzept der Badges und Stufen ist ebenfalls eng verbunden mit den Theorien der Motivationspsychologie, insbesondere mit der Leistung und Qualifizierung (s. Stropková 2014). Diese Auszeichnungen dienen als Symbol für die Anerkennung von Leistung und bieten einen klaren Anreiz zur Weiterentwicklung und kontinuierlichen Verbesserung, in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Balanced Scorecard (s. Horváth & Partners 2007; Krafft 1995). Badges sind eine weit verbreitete

Spielkomponente und dienen als visuelle Repräsentation von Punkten. Sie werden in den meisten Fällen nach erledigten Quests oder Aufgaben vergeben und können auch überraschend und zufällig auftreten, um die Neugier zu wecken (s. Cugelman 2013; Jimenez 2013). Status und Macht können durch Komponenten wie einfache Danksagungen, Abzeichen, Ranglisten und Machtpositionen abgebildet werden (s. Cugelman 2013; Deterding et al. 2011). Durch die Erledigung von Quests oder Durchführung von unterschiedlichen Handlungen können für einen bestimmten Zeitraum Boni gewährt werden wie die Verdoppelung von Erfahrungspunkten (s. Chou 2021).

Regionale Ranglisten sind ein wichtiger Schritt in Richtung Nachhaltigkeit und Flexibilität des Anreizsystems. Sie fördern langfristige Motivation und bieten durch die Deckelung einen fairen Vergleich zwischen den Regionen, was die Koordination und die faire Ausrichtung der Mitarbeitendenziele auf die Unternehmensziele unterstützt. Ranglisten werden in Gamification häufig verwendet, um den Status darzustellen oder durch den Vergleich von Levels zu ermitteln. Die unendliche Rangliste ermöglicht den Nutzer:innen unterschiedliche Filteroptionen in lokale, regionale, soziale oder globale Bereiche (s. Marczewski 2014; Zichermann u. Cunningham 2011). Studien über den Wirkungsgrad von Ranglisten in gamifizierten Anwendungen berichteten über positive Resultate (s. Halan et al. 2010; Witt et al. 2011).

Unternehmen wie Nike+ und das amerikanische Unternehmen NextJump haben unterschiedliche Ranglistensysteme, Herausforderungen, Wettbewerbe und andere Komponenten kombiniert, die Vergleiche zulassen.

- **Nike+:** Nike+ ist eine Laufapp, die Gamification-Elemente verwendet, um die Benutzer:innen zu motivieren und zu engagieren. Durch die Kombination von Ranglisten, Herausforderungen und Wettbewerben schafft Nike+ eine Wettbewerbsatmosphäre, die die Benutzer:innen dazu anregt, ihre Leistung zu steigern und ihre Fitnessziele zu erreichen.
- **NextJump:** NextJump ist ein amerikanisches Unternehmen, das ebenfalls Gamification-Elemente in seine Systeme integriert hat. Ähnlich wie Nike+ kombiniert NextJump Ranglistensysteme, Herausforderungen und Wettbewerbe, um Vergleiche zwischen den Benutzern zu ermöglichen und die Motivation und das Engagement zu steigern.

Studien haben gezeigt, dass mannschafts- oder gruppenorientierte Wettkämpfe den Leistungsoutput zusätzlich steigern können. Diese Art von Gamification-Ansatz fördert die Zusammenarbeit und den Wettbewerb zwischen den Teams und trägt dazu bei, die individuellen und kollektiven Ziele zu erreichen (s. Wylie 2014; Zichermann u. Cunningham 2011).

Die Integration von Tutorials in das System spiegelt die Anforderungen an Qualifizierung und Transparenz wider. Durch die Unterstützung der Mitarbeitenden im Lernprozess mit Schritt-für-Schritt-Anweisungen, die mit Gamification-Komponenten erweitert werden können, wird die Einführung in die Plattform erleichtert (s. Li et al.

2008; Santos et al. 2013). Dies fördert das Selbstvertrauen und Engagement der Nutzer:innen und trägt zur Sicherung des impliziten Wissens bei. Die Implementierung der Gamification-Elemente entspricht dem Gamification-Design-Framework von Werbach u. Hunter (2012) und steht im Einklang mit Bartles Spieler-Typen (s. Bartle 1996). Durch die sorgfältige Auswahl der Gamification-Elemente, die das Verhalten der Mitarbeitenden steuern sollen, werden die Unternehmensziele gemäß dem SMART-Prinzip erreicht. Die Kaskadierung von Informationen, bei der nur die für das Verständnis der Quest benötigten Informationen bereitgestellt werden, trägt zur Effizienz bei (s. Koch u. Richter 2009). Die Einbettung von Tutorials in Unternehmenswikis, kombiniert mit Quests, Fortschrittsbalken und Belohnungen, macht das Tutorial ansprechender und motivierender.

Die Spielmechanik der Narration, die das Arbeiten als Erlebnis gestaltet, kann hinzugefügt werden. Durch die Erzählung einer Geschichte oder Handlung im Tutorial wird der Lernprozess bereichert, und die Nutzer:innen können sich stärker mit den Inhalten identifizieren. Es ermöglicht eine tiefere Verbindung mit dem Material und fördert das Engagement (s. Kumar 2013; Reeves u. Read 2009; Yee 2006).

Die Verwendung von Technologien wie What-You-See-Is-What-You-Get(WYSIWYG)-Editoren in Tutorials kann die Nutzer:innenfreundlichkeit maximieren. WYSIWYG ermöglicht es den Nutzer:innen, Inhalte so zu sehen, wie sie tatsächlich angezeigt werden, ohne sich mit komplexen Codierungen oder Formatierungen befassen zu müssen. Im Kontext von Tutorials erleichtert es den Lernprozess, indem es die Technologie zugänglicher macht und den wahrgenommenen Aufwand verringert (s. Buffa 2006; Désilets et al. 2005; Parker u. Chao 2007).

Beispiele für die Anwendung von gamifizierten Tutorials sind GamiCAD und LevelUp for Photoshop. GamiCAD ist ein gamifiziertes Tutorial-System für AutoCAD-Anfänger, das den Lernprozess durch Spielmechaniken wie Quests und Belohnungen erleichtert (s. Li et al. 2012). LevelUp for Photoshop ist ein weiteres Beispiel, das die Lernkurve für die Nutzung von Photoshop durch Gamification erleichtert, indem es den Lernprozess in Tutorial-Levels und Herausforderungen unterteilt (s. Paharia 2013).

Insgesamt trägt die Integration von Tutorials mit Gamification-Elementen, einschließlich der bewussten Verwendung von Narration und WYSIWYG-Editoren wesentlich zur Steigerung der Motivation, zum Lernen und zur Verbesserung der Nutzer:innenerfahrung bei. Es ermöglicht eine klare Struktur und Unterstützung, die die kontinuierliche Verbesserung und Weiterentwicklung fördert, in Übereinstimmung mit den Prinzipien der Balanced Scorecard (s. Horváth & Partners 2007; Krafft 1995).

Die Integration von wissenschaftlichen Theorien und Modellen in das entwickelte Anreizsystem mit Gamification-Elementen bietet eine solide Grundlage für die Förderung des Wissensaustauschs und der Zusammenarbeit innerhalb des Unternehmens. Die Berücksichtigung von Transparenz, Individualität, Nachhaltigkeit, Qualifizierung, Flexibilität, Leistung und Wirtschaftlichkeit sowie die Einbindung von Gamification stellen sicher, dass das System sowohl motivierend als auch effizient ist. Die ständige Überwachung und Anpassung in der weiteren Implementierung wird es

ermöglichen, den Erfolg des Anreizsystems sicherzustellen und es kontinuierlich an die Bedürfnisse des Unternehmens und seiner Belegschaft anzupassen. Es zeigt, wie das Verständnis und die Integration von theoretischen Grundlagen in der Praxis zu einer effektiven und innovativen Lösung führen können.

3.3 Sollprozesse für Service und Anreizsystem

Es wurde ein Konzept zur Integration von Wissens- und Datenquellen für AR-Anwendungen erstellt. Das erstellte Konzept zur Integration von unterschiedlichen Wissens- und Datenquellen für AR-Anwendungen basiert auf den extrahierten Informationen des durchgeführten Expert:inneninterviews und dem technischen Stand zur Verwendung von AR-Applikationen in Wartungs- und Reparaturprozessen. Sowohl folgende Literatur (Baird u. Barfield 1999, Meuser u. Nagel 2009, Carneiro et al. 2018, Henderson u. Feiner 2011, Döringer 2021, Feiner et al. 1993, Flatt et al. 2015) als auch interviewte Servicetechniker:innen beschreiben, dass die kontextbezogene Integration von Informationsquellen relevant ist, um Serviceprozesse im Wartungs- und Reparaturbereich effizient durchzuführen. Das Konzept ist grundsätzlich anwendbar auf Serviceprozesse, die in einzelne Teilschritte unterteilt sind. Ziel des Konzepts ist es, dass Servicetechniker alle benötigten Informationen und Daten konsolidiert in einer Anwendung und über ein Endgerät kontextbezogen ausgegeben bekommen. Im Fokus des Konzepts steht die Integration der unterschiedlichen Informationsquellen. Die zu integrierenden Informationen wurden aus den Ergebnissen des Interviews ermittelt und sind wie folgt zu kategorisieren:

IoT-Sensordaten der Anlagenkomponenten:

Sensordaten sind physikalische Parameter der Anlagenkomponente. Die Voraussetzung ist die Integration von Sensordaten in AR-Anwendungen, sodass diese die physikalischen Daten digital über das Internet oder andere Netzwerke übertragen können. Die Anbindung von Sensoren an lokale oder globale Netzwerke macht diese „IoT-fähig“ (Jo u. Kim 2016). Für Serviceprozesse ist es relevant, dass ein möglichst aktueller Messwert übertragen wird und die Quantität, die Größeneinheit (bzw. die physikalische Einheit) sowie der Zeitpunkt der Messung einsehbar sind. Darüber hinaus ist für die zu erstellende Diagnose relevant, dass überprüft werden kann, ob der zuletzt übertragene Messwert in einem gültigen Bereich liegt. Dies signalisiert die korrekte Funktionalität der Anlagenkomponente.

Stammdaten der Anlagenkomponenten:

Stammdaten sind Informationen, die die Komponenten grundlegend beschreiben. Dem Anwender wird dadurch vermittelt, um welche Komponente es sich handelt, wie diese funktioniert und wie diese verwendet wird. Hinterlegte Informationen sind bspw. die Bezeichnung, Seriennummer, der Typ, Hersteller, das Installationsdatum und die Wartungsintervalle. Darüber hinaus werden technische Eigenschaften wie die Größe, das Gewicht oder das Material, aus dem die Komponente besteht, hinterlegt. Diese Daten werden benötigt, um die Verwaltung und Wartung der Anlagenkomponente zu planen und durchzuführen.

Bereitgestelltes Wissen

Das bereitgestellte Wissen ist implizites Wissen von Servicetechniker:innen. Vor allem das Wissen von Servicetechniker:innen mit langjähriger Erfahrung (sog. Serviceexpert:innen), welche die Serviceprozesse bereits häufig durchgeführt haben, ist zu berücksichtigen. Zu unterscheiden ist zwischen

anlagenkomponentenspezifischem Wissen und anlagenspezifischem Wissen.

Anlagenkomponentenspezifisches Wissen beschreibt das implizite Wissen eines:einer Servicetechniker:in bzgl. einer Anlagenkomponente, welche in einer Vielzahl von Anlagen verbaut sein kann. Es ist also Wissen, welches für alle Serviceprozesse bzw. Aufträge, in denen diese Anlagenkomponente bearbeitet wird, gültig ist. Dieses Wissen besteht z. B. aus Zusatzinformationen bzgl. Wartungs- und Reparaturanleitungen, welches weniger erfahrene Servicetechniker:innen benötigen, wenn die bereitgestellten Informationen unzureichend sein sollten.

Anlagenspezifisches Wissen hingegen ist lediglich auf eine spezifische Anlage bzw. einen spezifischen Kund:innenauftrag zu beziehen. Diese Art des impliziten Wissens berücksichtigt Besonderheiten, welche bei spezifischen Kund:innen vor Ort anzutreffen sind. Dazu können bspw. Eigenheiten einer Anlage oder auch Informationen zu den Räumlichkeiten (z. B. einer Produktionshalle) gehören.

Die Wartungs- und Reparaturprozesse, die ein:e Servicetechniker:in durchführt, sind durch Anleitungen bzw. Prozessabläufe beschrieben. Diese Prozessabläufe sind in einzelne Teilschritte einzuteilen und sind in der AR-Anwendung in einem sog. Workflow zu hinterlegen. Zu Beginn des Serviceprozesses startet der:die Servicetechniker:in den ersten Prozessschritt des Service-Workflows. Die Anleitung des aktuellen Prozessschrittes wird geladen und dem:der Servicetechniker:in angezeigt. Das Format der Anleitung unterscheidet sich je nach Anwendungsfall und kann sowohl als Text, Video oder Bild ausgegeben werden. Daraufhin sind die externen Informationen – Sensordaten und Stammdaten der Anlagenkomponenten und das Wissen von anderen Servicetechniker:innen – zu laden. Voraussetzung für das Laden und Anzeigen von externen Informationen ist, dass diese vorhanden sind und ein Zugriff auf die externen Informationsquellen möglich ist, sofern diese im jeweiligen Workflow-Schritt benötigt werden. Dies bedeutet, dass eine Verbindung zu den Services, welche die Integration der benötigten Informationen übernehmen, on Demand zu implementieren ist. Durch die Authentifizierung des:der Servicetechniker:in über die AR-App und das Überprüfen von dessen:deren Zugriffsberechtigungen wird diesem:dieser ermöglicht, einzelne Service-Workflows zu starten. Abbildung 15 zeigt, wie die Stammdaten einer Anlagenkomponente durch einen Service aus einer externen Datenquelle geladen werden und der AR-App zur Verfügung gestellt werden. Der dargestellte Stammdatenservice dient dabei als Schnittstelle zwischen der AR-Anwendung und der Stammdatenquelle.

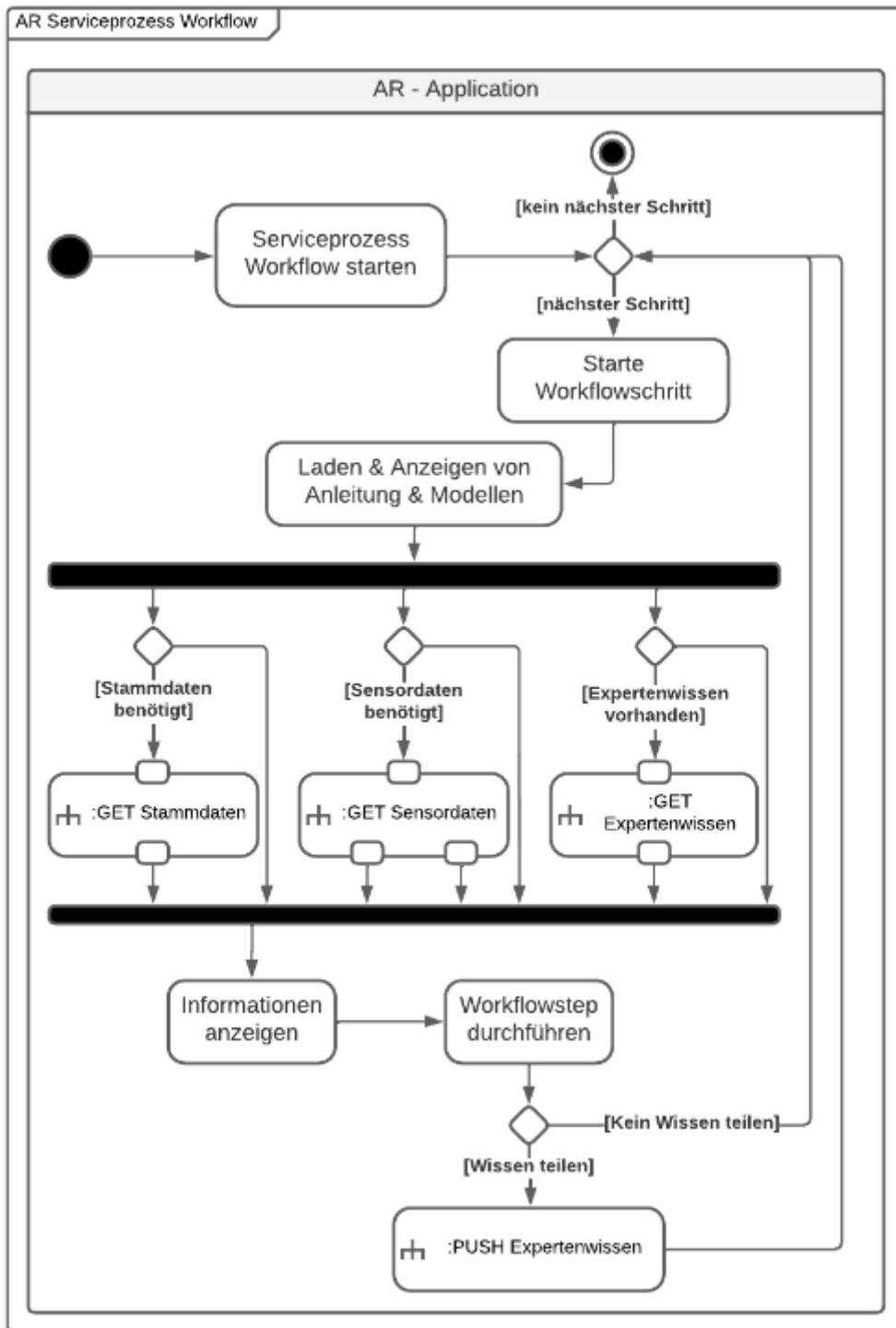


Abbildung 15: Konzept Serviceprozess-Workflow

Die Stammdaten einer Anlagenkomponente sind über einen Identifikator (ID) eindeutig zuordenbar. Die ID wird an den Stammdatenservice übergeben. Der Service führt eine Anfrage (*Request*) an die Stammdatenquelle aus und erhält (*Receive*) daraufhin die benötigten Stammdaten. Je nach Formatierung der Stammdaten ist es notwendig, dass der Service diese in das von der AR-Anwendung benötigte Format transformiert. Daraufhin werden die angeforderten Stammdaten an die AR-App zurückübergeben und können dem:der Nutzer:in angezeigt werden. Das Abfragen von Sensordaten der

jeweiligen Anlagenkomponenten von einem dedizierten Service wird in Abbildung 16 schematisch dargestellt.

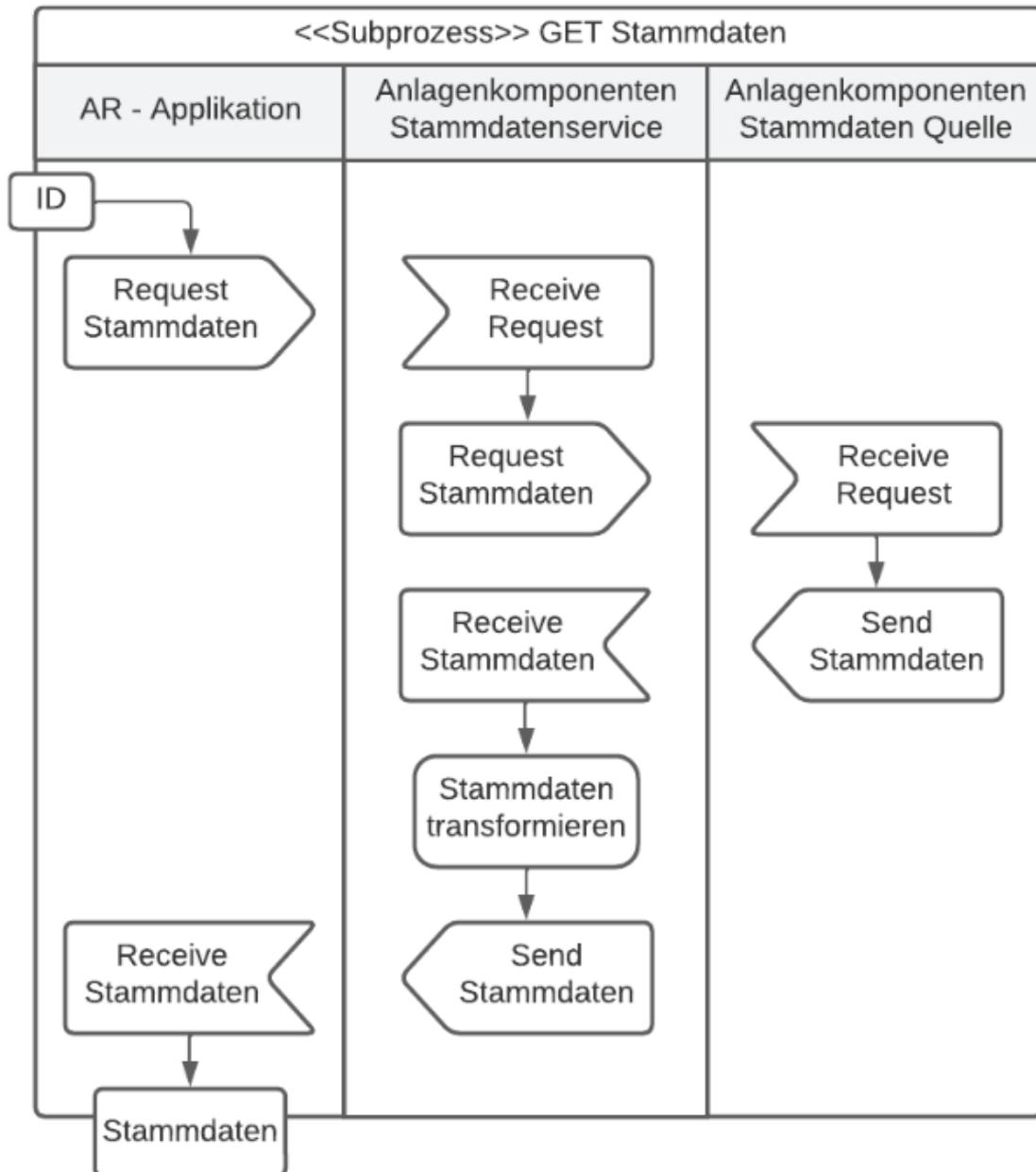


Abbildung 16: Integration von Stammdaten

Sensoren senden Messwerte in einem vordefinierten Zeitintervall. Der Sensordatenservice empfängt (*Receive*) diese Sensordaten. Sensordaten des jeweiligen Sensors werden ebenfalls über eine ID abgefragt. Auf Basis dieser ID, welche an den Sensordatenservice übergeben wird, werden die Sensordaten des entsprechenden Sensors abgefragt. Neben der Rückgabe der Messwerte des Sensors prüft der Service, ob ein Alarm ausgelöst werden sollte. Alarme werden ausgelöst, wenn Messwerte des Sensors außerhalb eines vordefinierten Bereichs liegen oder der Sensor durch den Service nicht erreichbar ist. Ein Sensor ist nicht erreichbar, wenn dieser defekt ist oder keine Konnektivität zu dem Netzwerk herstellen kann.

Vorhandene Alarmer und der aktuelle Messwert (Sensordaten) des Sensors werden von dem Sensorservice an die AR-App zurückgegeben (s. Abbildung 17). Die dritte zu integrierende Datenquelle ist das bereitgestellte Wissen von Servicetechniker:innen.

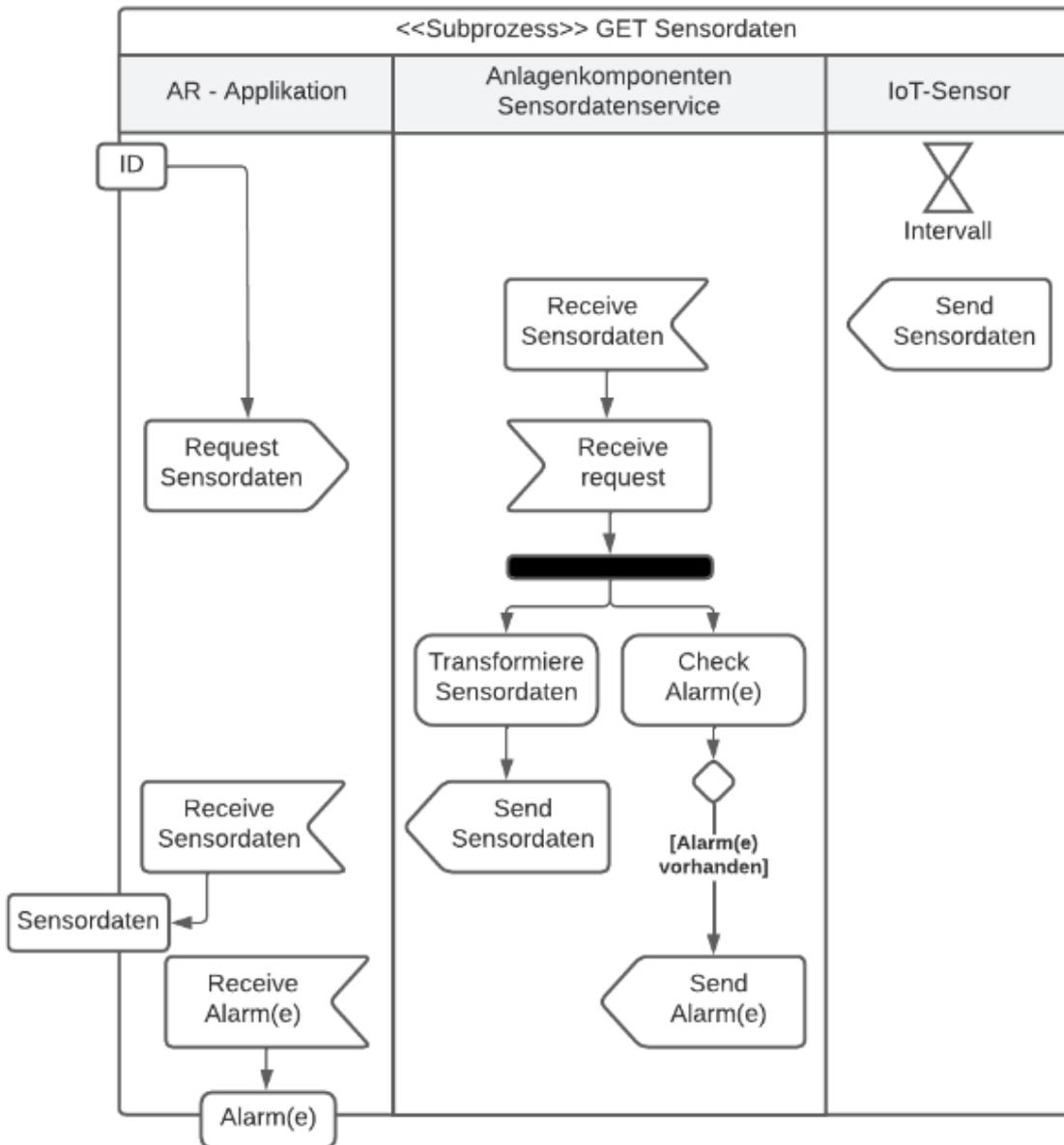


Abbildung 17: Integration von Sensordaten

Die Voraussetzung für das Bereitstellen von Wissen ist, dass ein:e weitere:r Servicetechniker:in für den jeweiligen Workflow-Schritt bereits zuvor Wissen hinterlegt hat. Die Abfrage dieses Expert:innenwissens ist kongruent zu der Abfrage der Stammdaten von Anlagenkomponenten. Auch das Expert:innenwissen wird über eine ID von dem dedizierten Expert:innenwissensservice abgefragt. Dieser stellt wiederum eine Anfrage (*Request*) an die Expert:innenwissensquelle. Das erhaltene Expert:innenwissen wird anschließend in ein passendes Format transformiert und an die AR-App zurückgeben, um dort dem:der Servicetechniker:in angezeigt zu werden. In Abhängigkeit des aktuellen Workflow-Schrittes kann sowohl anlagenspezifisches als auch

anlagenkomponentenspezifisches Wissen abgefragt werden. Der individuelle Informationsgehalt des Wissens bzw. ob der:die Servicetechniker:in dieses für das Durchführen des Workflow-Schrittes benötigt, hängt von der Expertise des:der Servicetechniker:in ab. Weniger erfahrene Servicetechniker:innen profitieren mehr von dem bereitgestellten Wissen im Vergleich zu Serviceexpert:innen, die den jeweiligen Serviceprozess bereits häufig durchgeführt haben.

Nachdem die Information von den drei dedizierten Datenservices abgefragt wurde, wird diese dem:der Servicetechniker:in durch die AR-App in dem Head-Management-Device (HMD) angezeigt. Nachdem der Workflow-Schritt durchgeführt wurde, kann der:die Servicetechniker:in, falls erforderlich, sein:ihr implizites Wissen teilen. Bei Erstellung des Workflows wird zunächst festgelegt, ob der:die Servicetechniker:in nach Durchführung des jeweiligen Workflow-Schrittes die Möglichkeit hat, Wissen über die AR-App zu teilen. Ebenfalls ist zu prüfen, ob der:die Servicetechniker:in berechtigt ist, Wissen zu teilen. Servicetechniker:innen mit langjähriger Erfahrung sind dafür qualifiziert, Wissen zu hinterlegen, wovon andere Anwendende (weniger erfahrene Servicetechniker:innen) profitieren können. Das Teilen von implizitem Wissen ist je nach Workflow-Schritt in anlagenspezifisches oder anlagenkomponentenspezifisches Wissen zu differenzieren. Dies ist in der AR-App dem:der Servicetechniker:in zu verdeutlichen, sodass diese:r Kenntnis darüber hat, ob das potenziell geteilte Wissen mit der Anlage bzw. dem Auftrag oder der Anlagenkomponente assoziiert wird. Nach der textuellen Eingabe des Wissens über die AR-App wird dieses an den Expert:innenwissensservice gesendet. Nach Erhalt des eingegebenen Wissens leitet der Service dieses an die Expert:innenwissensquelle weiter. Der Service erhält eine Statusmeldung von der Wissensquelle, ob das Wissen erfolgreich abgespeichert wurde. Dieser Status wird von dem Service an die AR-App weitergegeben, um dem:der Servicetechniker:in zu signalisieren, dass das Anlegen der Wissensangabe erfolgreich war. Nachdem das Wissen erfolgreich abgelegt wurde oder sich der:die Servicetechniker:in gegen die Eingabe von Wissen entschieden hat, wird überprüft, ob ein weiterer Workflow-Schritt vorliegt. Falls ein weiterer Schritt vorliegt, wiederholt sich der Ablauf des Abrufs und des Anzeigens von Informationen. Der Workflow wird beendet, sobald kein weiterer Workflow-Schritt abzuarbeiten ist und der Serviceprozess somit als abgeschlossen gilt. Zusammenfassend ist festzustellen, dass das dargestellte Konzept drei relevante Informationsquellen vereint und diese dem:der Servicetechniker:in kontextbezogen bereitstellt. Der Kontextbezug wird durch die Abhängigkeit des jeweiligen Workflow-Schrittes hergestellt. So werden Informationen erst abgerufen, wenn diese in dem jeweiligen Schritt benötigt werden. Dementsprechend ist es dem:der Servicetechniker:in möglich, sich auf die für den Schritt relevanten Informationen zu konzentrieren. Somit wird der:die Servicetechniker:in nicht durch zu viele, gleichzeitig dargestellte Informationen überfordert (s. Abbildung 18).

Durch die Aufteilung der Datenbeschaffung auf drei dedizierte Services wird ein *Single Point of Failure* vermieden, welcher bei monolithischen Anwendungen ein Problem darstellen kann. Des Weiteren ist das Konzept skalierbar, da weitere Services zur

Integration anderer Informationsquellen mit geringem Aufwand hinzugefügt werden können.

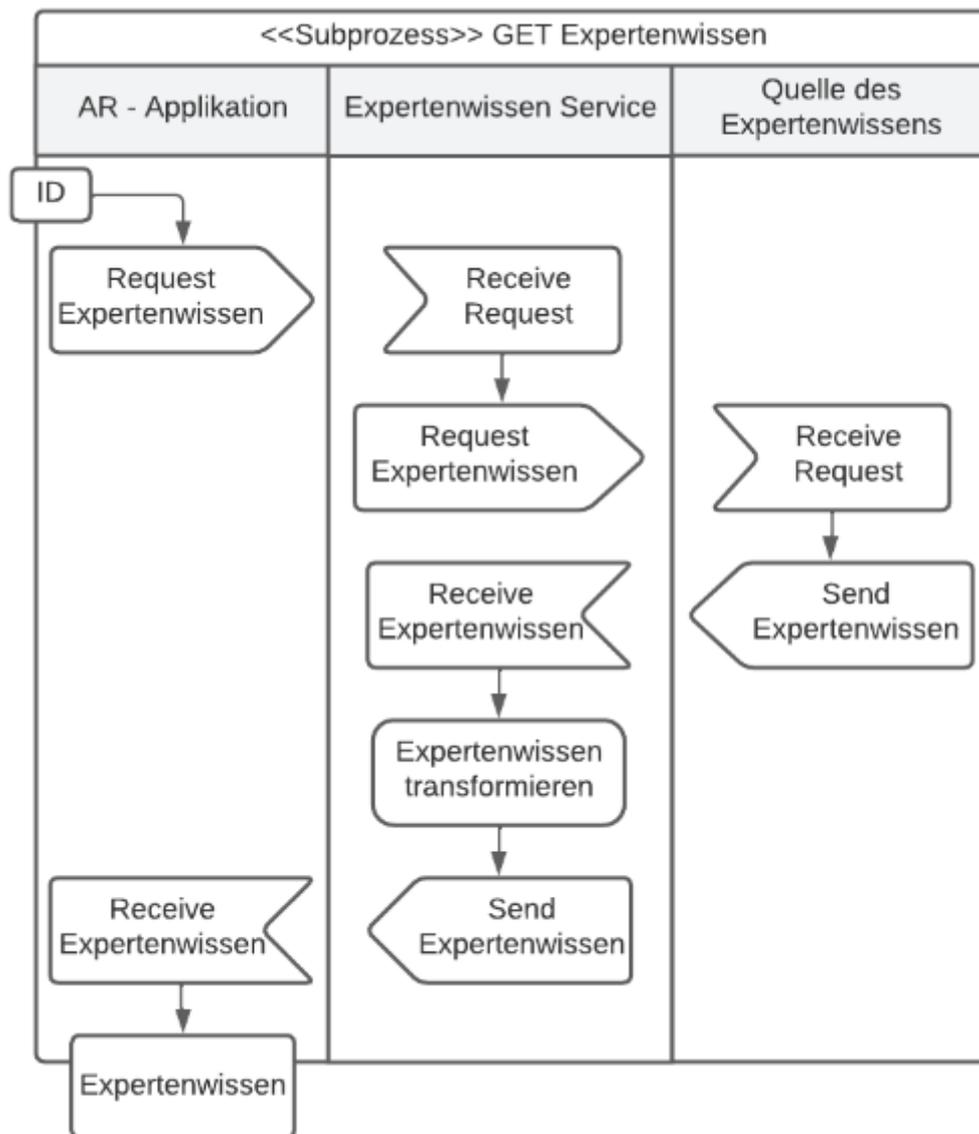


Abbildung 18: Integration von Expert:innenwissen

Erfassung von Expert:innenwissen

In Abhängigkeit des aktuellen Workflow-Schrittes kann sowohl anlagenspezifisches als auch anlagenkomponentenspezifisches Wissen abgefragt werden. Der individuelle Informationsgehalt des Wissens bzw. ob der:die Servicetechniker:in dieses für das Durchführen des Workflow-Schrittes benötigt, hängt von der Expertise des:der Servicetechniker:in ab. Weniger erfahrene Servicetechniker:innen profitieren mehr von dem bereitgestellten Wissen im Vergleich zu Serviceexpert:innen, die den jeweiligen Serviceprozess bereits häufig durchgeführt haben. Nachdem die Information von den drei dedizierten Datenservices abgefragt wurde, wird diese dem:der Servicetechniker:in durch die AR-App im HMD angezeigt. Im Idealfall profitiert der:die Servicetechniker:in von dem Informationsgehalt und es erleichtert das Bearbeiten des Workflow-Schrittes. (s. Abbildung 19)

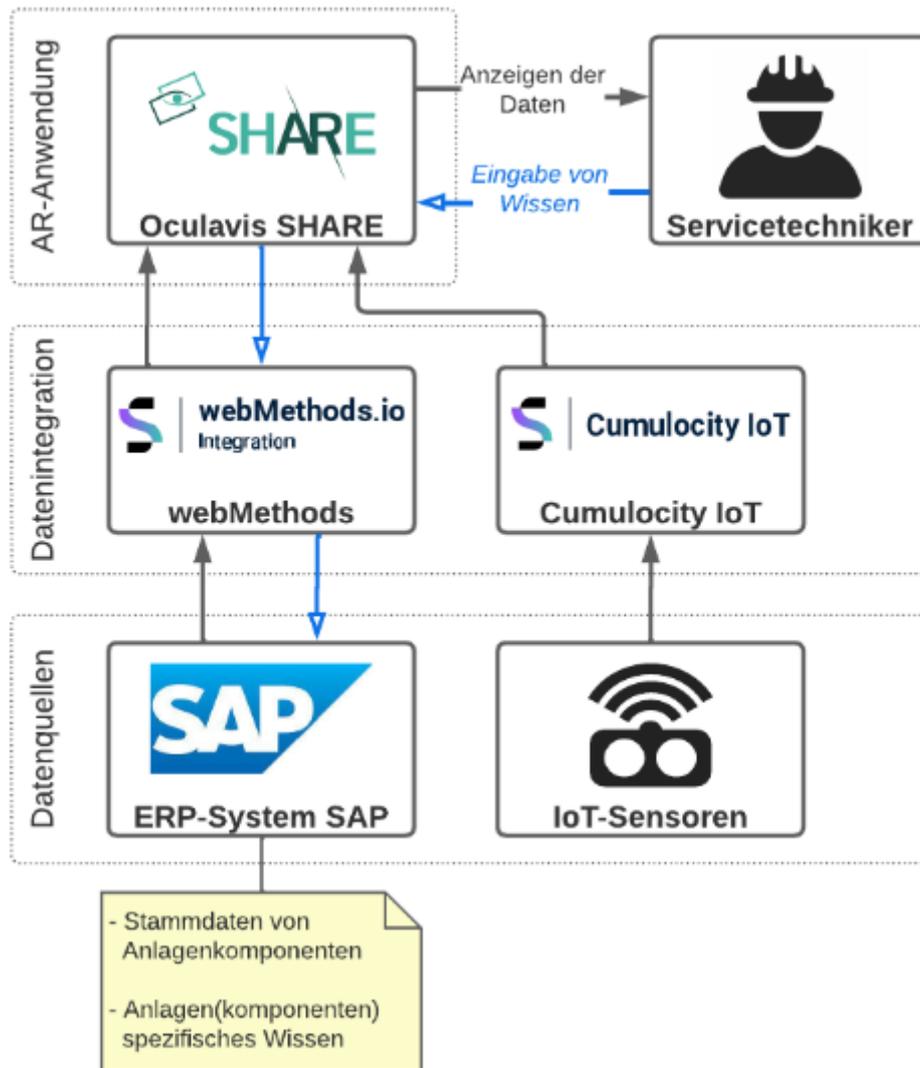


Abbildung 19: Erfassung von Expert:innenwissen

II.4.1.4 AP 4: AR-gerechte Aufbereitung der Inhalte

Im Arbeitspaket 4 (AP 4) lag der Fokus auf der "AR-gerechten Aufbereitung" der Inhalte. Ziel dabei war es, die bestehenden Systeme und Dienstleistungen so anzupassen und zu optimieren, dass sie den Anforderungen der Augmented Reality gerecht werden. Dies beinhaltete die spezifischen, technischen und arbeitspsychologischen Herausforderungen, die sich aus dem Einsatz dieser neuen Technologie ergeben. Eine zentrale Rolle spielten dabei die Veränderungen, die notwendig sind, um die Daten und Informationen, die traditionell in Text- oder Bildform dargestellt werden, in einer Weise zu präsentieren, die ihre Darstellung und Wahrnehmung in der erweiterten Realität ermöglicht.

4.1 Anforderungsprofil (technisch sowie arbeitspsychologisch) der User-Stories

Die erste Phase des Arbeitspakets 4 zielte auf die Erstellung eines technischen und arbeitspsychologischen Anforderungsprofils für die User-Stories ab. Hierbei wurden die notwendigen Eigenschaften sowohl hinsichtlich der technischen Ausstattung als auch in Bezug auf die Arbeitspraktiken und die kognitiven Anforderungen der

Techniker:innen berücksichtigt. Das Konsortium arbeitete eng mit den Techniker:innen zusammen, um ein fundiertes Verständnis ihrer Bedürfnisse, Herausforderungen und Arbeitsabläufe zu gewinnen. Dies war entscheidend für die anschließende Entwicklung von technischen Konzepten, die effektiv den Anforderungen der User-Stories zugrunde lagen.

Im technologischen Aspekt wurden verschiedene Hardware-Elemente evaluiert, darunter insbesondere Smartglasses und Tablets. Im arbeitspsychologischen Aspekt lag das Augenmerk darauf, die Software so zu gestalten, dass sie den Arbeitsalltag der Benutzer unterstützt und nicht stört.

4.2 Entwicklung technischer Konzepte aus den Anforderungen und Validierung von Oberflächen mithilfe von Klick-Dummys

Im Rahmen des Unterarbeitspakets 4.2 des Projekts lag das Hauptaugenmerk auf der Entwicklung technischer Konzepte aus den in AP 4.1 erarbeiteten Anforderungen und deren Validierung anhand von Klick-Dummys. Dabei handelt es sich um vereinfachte Modelle eines Systems, die dazu dienen, die Funktionalität und Bedienbarkeit des Konzepts zu testen und zu veranschaulichen.

Im ersten Schritt wurde ein Konzept für den Demonstrator des Projekts erarbeitet. Auf der Abschlusskonferenz des Projekts wurde der Demonstrator vorgeführt und der gemahlene Kaffee konnte in einer Kaffeemaschine genutzt und den Teilnehmer:innen ausgeschenkt werden, um die praktischen Anwendungsmöglichkeiten und das Potenzial der im Projekt entwickelten Technologien zu demonstrieren. Die Entwicklungen wurden in drei Phasen umgesetzt. (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Iterative Entwicklung des Prototyps

Nr.	Phasen des Prototyps	Zeithorizont
1	Umsetzung der Hardware um eine Wartung / Instandsetzung nachzubilden. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundgestell / Gestaltung / individuelle Transportsicherung ▪ Pneumatik Kompressor / Leitungsnetz / anzutreibende Fördertechnik / Montage ▪ Sensorik / Verkabelung / Steuerung Server / Netzwerkintegration ▪ Tablet für AR-Anwendung / Monitor 	Ende 2020
2	Ergänzung, um die Integration in den Prozess noch anschaulicher darstellen zu können und mithilfe der CAD-Modelle Instandsetzungs-Schritt-für-Schritt-Anleitungen umzusetzen. Durch die iterative Arbeitsweise werden sich neue Anwendungen ergeben, die durch eine passende Sensorik unterstützt werden. <ul style="list-style-type: none"> ▪ AR-Brille ▪ Ergänzende Sensorik 	Ende 2021
3	Durch die iterative Arbeitsweise werden sich neue Anwendungen ergeben, die durch eine passende Sensorik unterstützt werden. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Ergänzende Sensorik 	Ende 2022

4	Nachnutzung des Prototyps, um die Verbundergebnisse anschaulich darstellen und verbreiten zu können.	Ab November 2023
---	--	------------------

In der zweiten Phase lag der Fokus auf der Integration von AR-Technologie in den Demonstrator. In der dritten und letzten Phase wurde der Demonstrator stetig weiterentwickelt und verbessert, um die Forschungsergebnisse optimal darzustellen und zu verbreiten.

Schließlich wurde die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse im Themenpark des Clusters Smart Logistik auf dem RWTH Aachen Campus und auf Messen getestet, um sicherzustellen, dass die Ergebnisse und technischen Konzepte auch in anderen Kontexten anwendbar und effektiv nutzbar sind.

Zusammenfassend konnten in AP 4.2 durch die Entwicklung und Validierung technischer Konzepte in Form von Klick-Dummys die Umsetzung und Funktion der AR-gerechten Formate im Demonstrator erfolgreich getestet und optimiert werden.

4.3 Ausarbeitung der technischen Konzepte auf Basis von SHARE und ASSIST, Weiterentwicklung der bestehenden Konzepte um die automatische Umwandlung strukturierter Daten in AR-gerechte Formate

Das Unterarbeitspaket 4.3 beinhaltete die Weiterentwicklung der technischen Konzepte auf der Grundlage der virtuellen Realität und der AR-Plattformen SHARE und ASSIST.

Am Ende führte das Konsortium mehrere Testdurchläufe durch, sowohl intern als auch mit externen Partnern. Diese Tests umfassten verschiedene Szenarien, darunter die Installation und Nutzung der AR-Software auf Tablets und Smartglasses sowie den eingehenden Test des Demonstrators. Durch diese Tests konnte sichergestellt werden, dass das endgültige Produkt sowohl technisch als auch arbeitspsychologisch den Anforderungen der Benutzer:innen gerecht wird.

Insgesamt hat AP 4.3 entscheidend dazu beigetragen, wie komplexe industrielle Prozesse und Daten mit AR-Technologien visualisiert und erlebbar gemacht werden können. Es wurde ein funktionaler Prototyp entwickelt, der sowohl auf Veranstaltungen vorgeführt werden kann als auch in zukünftigen Projekten wiederverwendet werden kann. Es wurden neue Workflows und Schnittstellen eingeführt, die eine reibungslose und effiziente Interaktion zwischen den Benutzer:innen und der Technologie ermöglichen. Dieser Fortschritt hat eine solide Grundlage für die nachfolgende Test- und Weiterentwicklung der Anwendung in AP 4.4 geschaffen.

4.4 Test und Weiterentwicklung der Applikationen

Im Rahmen des Arbeitspakets 4.4 wurde der iterativ entwickelte finale Prototyp als Demonstrator für die vorgeschlagenen Anwendungen und die im Projektverbund entwickelten Prozesse und Technologien genutzt. Der Prototyp diente auch als Testplattform für die Applikationen, die im Verlauf des Projekts weiterentwickelt

wurden. Die oculavis GmbH wurde während dieses AP vom FIR e. V. fachlich beraten. Das FIR unterstützte die Tätigkeiten aus wissenschaftlicher Perspektive.

II.4.1.5 AP 5: Iterative Umsetzung und Analyse der Usecases

Im Rahmen des Arbeitspakets 5 (AP 5) des Projekts DM4AR wurden iterative Umsetzungen und Analysen der Usecases durchgeführt. Dieses Arbeitspaket beinhaltete die Implementierung und Analyse von strukturierten und unstrukturierten Daten sowie die Nutzung impliziten Wissens. Bevor die spezifischen Details des APs 5 betrachtet werden, muss ein übergeordneter Kontext geschaffen werden. Im Zuge des Forschungsprojekts DM4AR wurde die wissenschaftliche Publikation „*Evaluation of Potential Benefits of Augmented Reality for Industrial Services*“ in Zusammenarbeit mit dem FIR an der RWTH Aachen und den Projektpartnern erstellt. In dieser Publikation wurde ein Bewertungsmodell für den Einsatz von AR im industriellen Service entwickelt, das einen multiperspektivischen Ansatz basierend auf der Balanced Scorecard verfolgt. Durch diesen multiperspektivischen Ansatz werden wertvolle Einblicke in die unterschiedlichen Dimensionen und die potenziellen Vorteile von AR im industriellen Service geliefert, die für die Betrachtung und Analyse der Aktivitäten in AP 5 von essenzieller Bedeutung sind.

Dieser Ansatz berücksichtigt die Auswirkungen von AR in den vier Perspektiven der Balanced Scorecard (Finanzen, Kund:innen, interne Geschäftsprozesse, Lernen und Wachstum) und basiert auf Bewertungsmodulen für den monetären und qualitativen Nutzen, die aus bestehender Literatur abgeleitet wurden. Den inhaltlichen Fokus bildet hierbei die Anwendung von AR im industriellen Service. Die herangezogenen Module sind die monetäre Bewertung (Return on Investment (ROI)), die Wirkungskettenanalyse (Strategy-Map) und die qualitative Bewertung (Nutzwertanalyse (NWA)). (s. Abbildung 20: Überblick über das auf dem multiperspektivischen Ansatz basierende Bewertungsmodell (s. Bollinger et al. 2022))

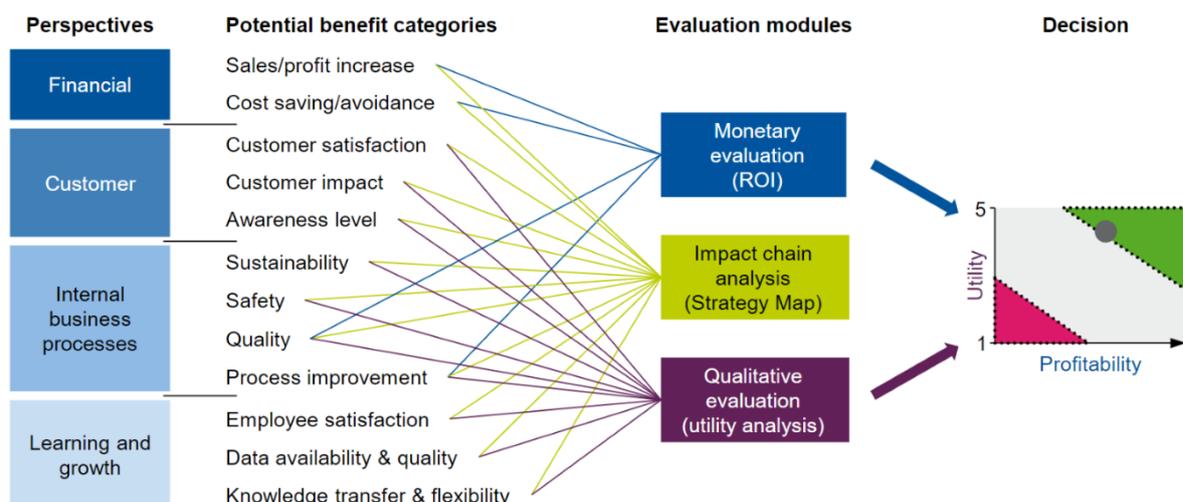


Abbildung 20: Überblick über das auf dem multiperspektivischen Ansatz basierende Bewertungsmodell (Bollinger et al. 2022, S. 138)

Die monetäre Bewertung gibt Aufschluss darüber, ob ein Einsatz von AR im industriellen Service auch zu einem messbar verbessertem ROI führt. Ein Mehrwert ergibt sich z. B. aus Effizienzsteigerungen, Zeit- und Kostenersparnissen, einer verbesserten Qualität und verkürzten Einarbeitungszeiten. Diesen stehen die Kosten für die AR-Nutzung gegenüber. Dazu gehören Lizenzkosten, Zeitaufwände, Personalkosten und Aufwände, um die Akzeptanz der Mitarbeitenden zu steigern.

Die Strategy-Map betrachtet die Abhängigkeiten der verschiedenen Nutzenpotenziale. Ausgehend von den Potenzialen, die ein neues Informationssystem bietet, lassen sich durch die Wirkungskettenanalyse Folgewirkungen und Abhängigkeiten für die anderen Perspektiven ableiten (s. Abbildung 21).

Es wurden einige positive Effekte durch die Einführung eines AR-Systems identifiziert: Zunächst werden die Beschäftigten befähigt, neue Aufgaben zu übernehmen, wodurch ihre Flexibilität erhöht wird. Dies resultiert in einer gesteigerten Zufriedenheit und einer Qualitätsverbesserung der erbrachten Arbeit. Aus prozessorientierter Sicht ergeben sich verbesserte Dienstleistungsproduktivitätsraten durch die Verkürzung der Einarbeitungszeit neuer Mitarbeitender, die Reduzierung von Prozessdurchlaufzeiten, die Vermeidung von Fahrten und Reisen sowie die Einsparung von Material.

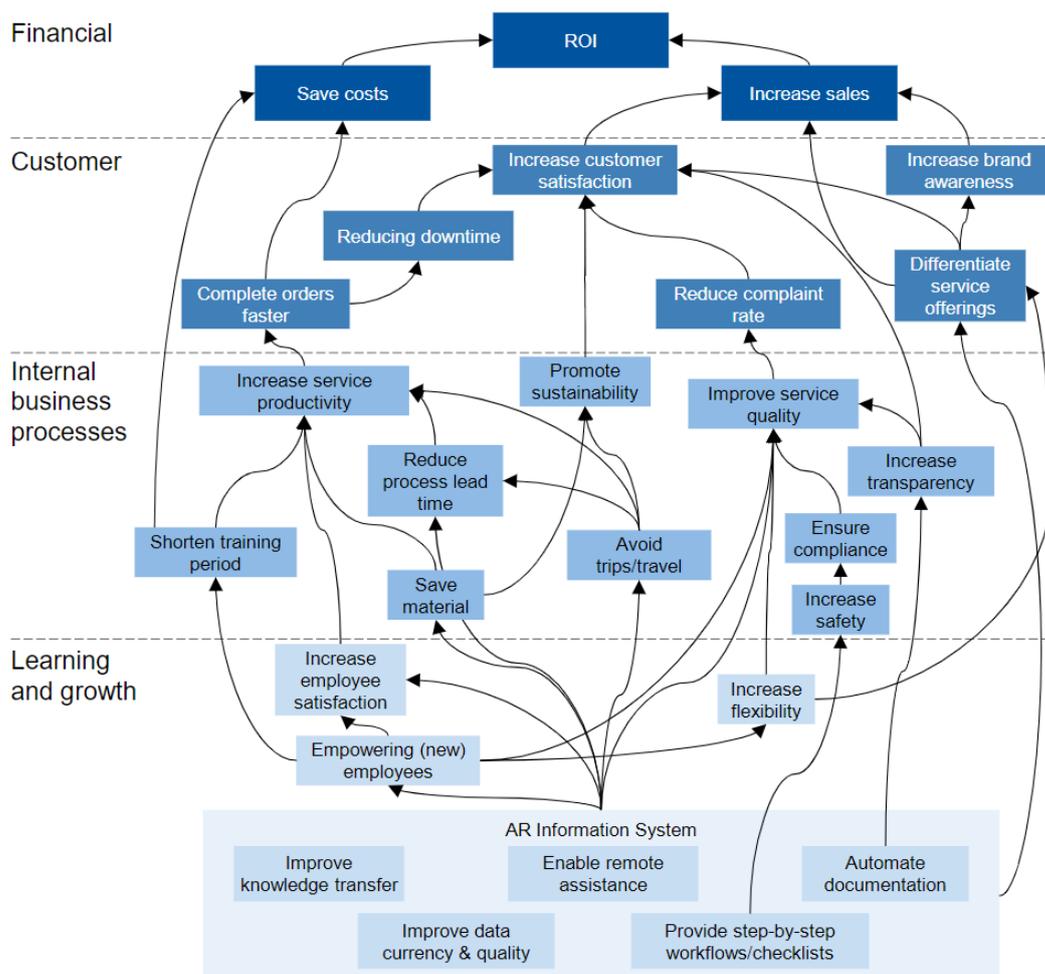


Abbildung 21: Strategy Map für AR in der Instandhaltung (Bollinger et al. 2022, S. 139)

Sicherheit und Compliance können durch Workflows und Checklisten gewährleistet werden, die kontextbezogene Sicherheitsanleitungen bieten, während eine automatisierte Dokumentation zu mehr Transparenz führt.

Der Einsatz von AR kann direkte Vorteile für die Kund:innen bringen: schnellere Reaktionszeiten, effizientere Prozesse und eine verbesserte Qualität, die weniger Reklamationen zur Folge hat. AR bietet auch die Möglichkeit, spezifische Serviceleistungen anzubieten, um sich von der Konkurrenz abzuheben. All dies kann zu einer größeren Kund:innenzufriedenheit, einer besseren Bekanntheit des Unternehmens und schließlich zu Umsatzzuwächsen führen. Die Nutzwertanalyse dient der qualitativen Bewertung des Nutzens von AR im industriellen Service. In diesem Fall werden die Veränderungen zum Status quo bewertet. Herausforderungen und Risiken, die mit der AR-Nutzung einhergehen, werden ebenfalls berücksichtigt. Dazu gehören die Netzwerkanbindung, die IT-Sicherheit, die Datenschutzrechte der Belegschaft, die Benutzerfreundlichkeit und -akzeptanz, die „*Motion Sickness*“ sowie eine mögliche erhöhte Distanz zwischen Servicetechniker:innen und Kundinnen. Das Ergebnis dieses Bewertungsmodells ist eine 2D-Matrix, die bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich des Einsatzes von AR unterstützt.

Dieses Bewertungsmodell wurde 2022 von der IFIP in den Tagungsband „Advances in Production Management Systems“ aufgenommen und konnte dadurch international publiziert werden.

Am 27. September 2022 fand das 2. DM4AR-Konsortialtreffen in Darmstadt statt, um den aktuellen Status des Projekts DM4AR zu diskutieren. Im Rahmen dieses Treffens wurde ein Workshop zum Thema Potenzialbewertung durchgeführt. Für den Workshop lieferte das Bewertungsmodell der o.g. Publikation den theoretischen Hintergrund und wurde von den Projektpartnern auf praktische Anwendungsfälle übertragen (s. Abbildung 22).

In einem ersten Teil des Workshops haben die Projektpartner, aufgeteilt in drei Gruppen, eine Wirkungskettenanalyse bezüglich AR im Service für die Bereiche „Auswirkungen auf den Kunden“ und „Prozessverbesserungen“ durchgeführt.

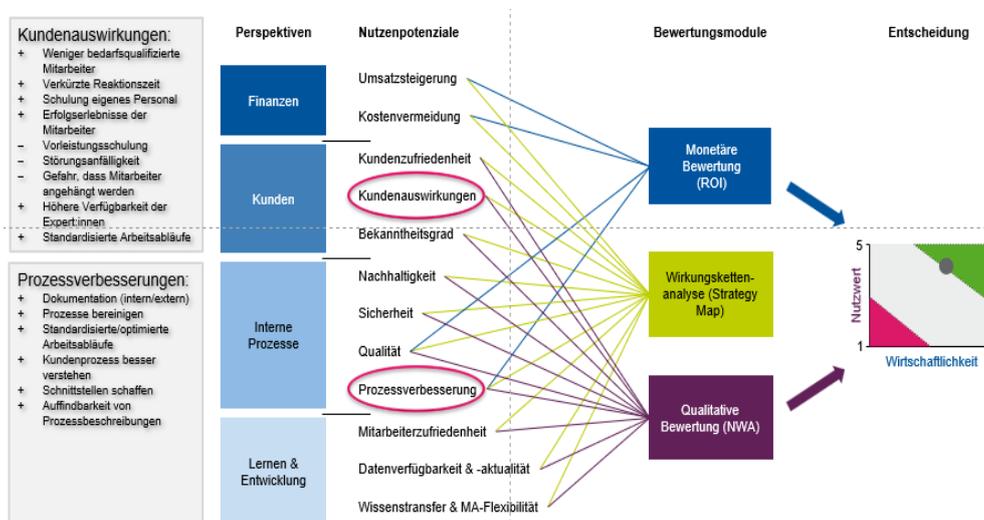


Abbildung 22: Ergebnisse Workshop Potentialbewertung –Kundenauswirkungen und Prozessverbesserungen

Darauffolgend sieht das entwickelte Bewertungsmodell vor, dass die aus dem ersten Teil der Wirkungskettenanalyse gewonnenen Erkenntnisse auf Zusammenhänge untersucht werden. Hierzu wurde die Strategy-Map als Methode angewendet. Das Ergebnis der Projektpartner ist Abbildung 25 zu entnehmen.

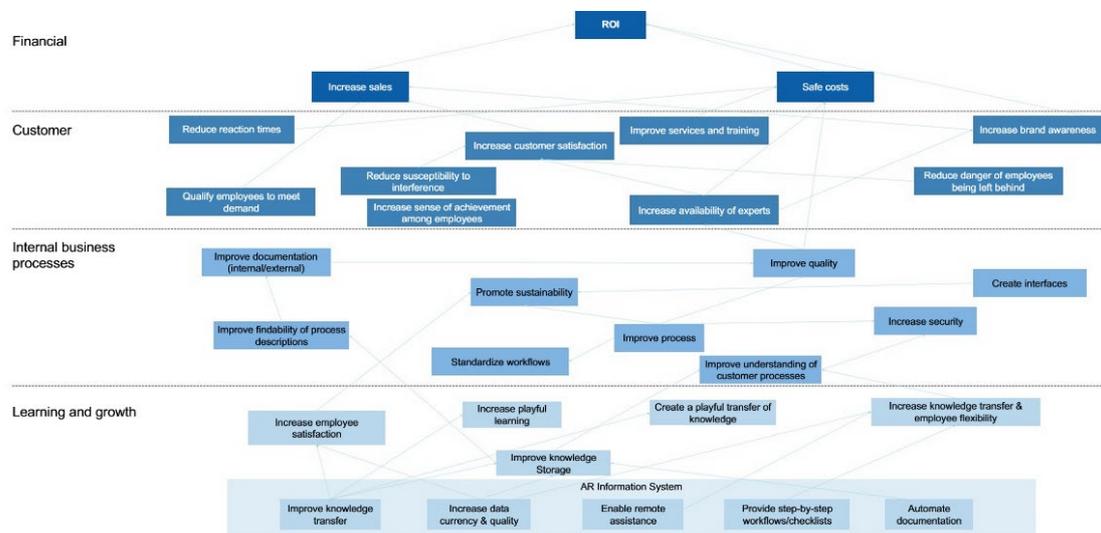


Abbildung 23: Ergebnisse Workshop Potentialbewertung – Strategy-Map

Abschließend haben die Projektpartner in einer Nutzwertanalyse die unterschiedlichen Zielkriterien gewichtet und dadurch Schwerpunkte ermittelt. Die von den Workshopteilnehmer:innen vorgenommene Nutzwertanalyse ist in Abbildung 24 dargestellt und schließt die Bewertung ab.

Perspective	Weight, g _i	Criteria	Weighting G _j	Weighting G _{ij}	Characteristics (description)	Fulfillment (numeric value)	Partial Utility	Utility Perspective
Customers	35 %	Customer satisfaction	50 %	17,5 %	Increases slightly	4	0,7	1,33
		Customer impact	30 %	10,5 %	Low positive impact	4	0,42	
		Visibility	20 %	7 %	Remains unchanged	3	0,21	
Internal processes	35 %	Sustainability	16,67 %	5,83 %	Slightly improved	4	0,2332	1,2826
		Security	27,27 %	9,54 %	Remains unchanged	3	0,2862	
		Quality	27,27 %	9,54 %	Slightly improved	4	0,3816	
		Process improvement	27,27 %	9,54 %	Slightly improved	4	0,3816	
Employees & information systems	30 %	Employee satisfaction	30,77 %	9,23 %	Remains unchanged	3	0,2769	1,2923
		Data availability & currency	30,77 %	9,23 %	Remains unchanged	3	0,2769	
		Knowledge transfer & employee flexibility	38,46 %	11,54 %	Slightly improved	4	0,4616	
Utility							3,9049	3,9049

Abbildung 24: Ergebnisse Workshop Potentialbewertung – Nutzwertanalyse

In dem Artikel „[DM4AR: Wann lohnt sich Augmented Reality im Service?](#)“ der UdZ, Heft 3 2022, S. 92–97, wurden die theoretischen Grundlagen mit den praktischen Ergebnissen des Workshops hinsichtlich Gemeinsamkeiten und Diskrepanzen verglichen. Die in drei Gruppen erarbeitete Strategy-Map lieferte erste Erkenntnisse über die Diskrepanz der Inhalte, die sich aus der Literatur ergeben, im Vergleich zu

denen, die die Projektpartner als wichtig erachten. Dazu gehören vor allem die Fokussierung verbesserter interner und externer Dokumentation, das optimierte digitale Image und ein verbessertes Marketing. Es wurden auch einige Gemeinsamkeiten zwischen der auf Literaturbasis entwickelten Strategy-Map und den Workshop-Erkenntnissen festgestellt. Insbesondere die Überführung von implizitem Wissen in explizites Wissen wurde als großer Mehrwert für Unternehmen gesehen. Auch ein positiver Einfluss von AR-Anwendungen auf Bereinigungen des Service-Prozesses wurde beschrieben, was zu schlankeren Prozessen und einem geringeren Anteil an nicht wertschöpfenden Tätigkeiten führt. Die Nutzwertanalyse wird im Kontext der qualitativen Bewertung des Nutzens von AR im Service verwendet. Die Ergebnisse sind wichtig, da die Literatur die Ausprägungen und Erfüllungsgrade der verschiedenen Zielkriterien von AR im Service nicht thematisiert. Es stellte sich heraus, dass die Kund:innenzufriedenheit intuitiv als wichtiger erachtet wird, obwohl interne Prozesse die notwendige Grundlage bilden, um die vom Kund:innen geforderte Qualität zu erreichen. Darunter fallen insbesondere die Zufriedenheit der Belegschaft sowie die digitale Infrastruktur. Eine hohe Zufriedenheit der Belegschaft setzt voraus, dass Akzeptanz gegenüber neuen Technologien gewährleistet ist. Dazu sind laut den Teilnehmenden des Workshops Schulungen und Weiterbildungen notwendig. Die digitale Infrastruktur umfasst die Voraussetzungen für die Implementierung neuer Technologien. Beispiele hierfür können eine stabile Internetverbindung oder eine bedienungsfreundliche Plattform sein. Ferner ist von zentraler Bedeutung, dass die internen Geschäftsprozesse auf die jeweils genutzte Technologie abgestimmt sind, um neben einer hohen Kund:innenzufriedenheit auch wirtschaftliche Nachhaltigkeit zu erreichen. Remote-Service bietet sowohl kund:innenseitig als auch für das ausführende Unternehmen große Chancen. Es ist klar, dass die Umsetzung einer Strategie für Remote-Service nicht nur auf die Kund:innenzufriedenheit, sondern auch auf die Erfüllung der internen Anforderungen ausgerichtet sein muss. Dazu gehören effiziente Prozesse, die Zufriedenheit der Belegschaft, eine bedienungsfreundliche Plattform und die Abstimmung der internen Geschäftsprozesse auf die Technologie. Ergebnis des Vergleichs ist, dass insgesamt Remote-Service als ein wertvoller Ansatz angesehen wird, um den Service zu verbessern und die Kund:innenzufriedenheit zu erhöhen.

5.1 Implementierung der strukturierten Daten

Strukturierte Daten sind in vordefinierten Formaten oder Schemata organisiert und leicht maschinenlesbar. Beispiele hierfür sind Datenbanken oder Tabellen. Im Rahmen des Projekts wurden Stammdaten wie Aggregate und Bauteile als wesentliche strukturierte Datenquellen identifiziert.

Zu den weiteren strukturierten Daten gehören Dokumentationen von Aggregaten und Bauteilen, Wartungsaufzeichnungen, spezifische Sicherheitschecklisten für Kund:innen, Schadensvorhersagen und Ausrichtungsberichte.

Als Beispiel für die Datenintegration dient der Hilfsdemonstrator. Wenn die Luftpumpe Luftdruck erzeugt, wird dieser Wert umgehend in das Datenfeld „Druck“ des AR-Viewers des SHARE-Systems übermittelt. Ein:e Techniker:in, der:die das System in

Echtzeit verwendet, kann den aktuellen Druckwert direkt im AR-Viewer ablesen, sobald er:sie das Produkt betrachtet. Weiterhin sind im SHARE-System für alle Usecases spezifische Workflows hinterlegt. Diese Workflows werden nach und nach mit Fotos, Videos und anderen relevanten Informationen gefüllt. Dabei bieten sie den Anwendenden verschiedene Interaktionsmöglichkeiten wie Optionen-Feedback, Textanweisungen oder Text-Feedback.

5.2 Implementierung der unstrukturierten Daten

Unstrukturierte Daten sind Informationen, die nicht in einer vordefinierten Struktur oder einem vordefinierten Format vorliegen. Sie können aus verschiedenen Quellen stammen, darunter Dokumentationen, Videos, Bauteildaten, implizites Wissen und Anmerkungen und Hinweise von Mitarbeitenden, Wartungshistorien und Herstellerstücklisten. Diese Daten können in verschiedenen Formaten wie PDF-Dokumenten, Flat-Files und Einträgen in SHARE oder SAP vorliegen.

Die Implementierung der unstrukturierten Daten hat gezeigt, dass die Kombination von AR-Technologie mit diesen Daten erhebliche Vorteile bieten kann, insbesondere die Überführung von implizitem Wissen in explizites Wissen und die Effizienzsteigerungen in industriellen Dienstleistungen.

5.3 Nutzbarmachen des impliziten Wissens

Implizites Wissen, welches in den Köpfen der Mitarbeitenden gespeichert ist und bisher nicht formalisiert dokumentiert wurde, stellt eine wertvolle Ressource dar. Es kann sich dabei um Anmerkungen, Hinweise, Video- und Sprachaufzeichnungen oder Textnotizen handeln. Im Rahmen des Projekts wurde besonderer Wert darauf gelegt, dieses Wissen mittels Video-Recordings, Sprachnachrichten und Textanmerkungen zu erfassen und systematisch in der SHARE-Plattform zu speichern, insbesondere im Bereich "Produkt".

Durch die Integration dieses erfassten Wissens in bestehende Workflows können Servicetechniker:innen umfassende Anleitungen und Informationen bereitgestellt werden, die die Qualität und Effizienz des Serviceprozesses erhöhen. Die Überführung von implizitem in explizites Wissen wird als großer Mehrwert für Unternehmen gesehen, da es die Verbreitung und Nutzung des vorhandenen Wissens optimiert.

Die Anwendung von AR-Technologie in Kombination mit diesem Wissen kann industrielle Dienstleistungen erheblich verbessern. Informationen und Anweisungen beispielsweise werden intuitiver präsentiert, was die Fehlerquote senken und die Dienstleistungsqualität erhöhen kann.

Die durchgeführte Nutzwertanalyse im Kontext der Bewertung des AR-Nutzens im Service gibt Aufschluss darüber, wie AR-Technologie Serviceprozesse verbessern und den Unternehmenswert steigern kann. Schließlich zeigt die erfolgreiche Integration von implizitem Wissen, dass die Kombination von Wissen und AR-Technologie zu Effizienzsteigerungen, Kosten- und Zeiteinsparungen, verbesserter Qualität und schnellerer Einarbeitung führt.

II.4.1.6 AP 6: Dokumentation, Projektmanagement und Transfer

Die Dokumentation, das Projektmanagement und der Transfer wurden, wie im Rahmenplan festgelegt, in erster Linie vom FIR an der RWTH Aachen durchgeführt.

6.1 Organisation der Projekttreffen und Workshops, Schnittstellenkoordination zwischen den Projektpartnern

Die strukturierte Organisation von Projekttreffen und Workshops stellte ein zentrales Element im Rahmen des DM4AR-Projekts dar und hatte zum Ziel, den konstanten Dialog sowie die Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Projektpartnern sicherzustellen.

Das interne Kick-off-Treffen, welches am 25. Mai 2020 in Aachen abgehalten wurde, fungierte als Beginn für das Projekt. In diesem Zusammenhang wurden die Grundlagen, Zielsetzungen und die geplante methodische Herangehensweise detailliert erörtert. Den Teilnehmer:innen wurde eine Übersicht über die jeweiligen Erwartungshaltungen und Verantwortlichkeiten geboten.

Am 28. Juli 2020 erfolgte das Realisierungs-Kick-off in einem Online-Format. Dieses Treffen konzentrierte sich auf die konkrete Implementierung der Projektziele und fungierte als Plattform zur Definition der spezifischen Anforderungen der einzelnen Arbeitspakete.

In den Monaten September und Oktober 2020 wurden Prozessaufnahmen bei den Anwendungspartnern TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co KG, YNCORIS GmbH & CO. KG und thyssenkrupp durchgeführt, die ein detailliertes Verständnis der internen Abläufe und Bedürfnisse der Partner ermöglichten. Diese Erkenntnisse waren von zentraler Bedeutung für die Entwicklung von Lösungen, die den realen industriellen Anforderungen entsprachen.

Ein besonderes Augenmerk lag auf der Schulung und Weiterbildung der Projektpartner. Die Schulung bezüglich der Werkzeuge *Aris* und *SHARE* im März 2021 vermittelte den Teilnehmer:innen die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse, um diese spezifischen Instrumente effizient einzusetzen. Die Konsortialtreffen, exemplarisch das Treffen in Beckum am 9. September 2021, fungierten als regelmäßige Kontrollpunkte zur Überwachung des Fortschritts, zur Identifikation von Herausforderungen und zur Entwicklung von Lösungsansätzen. Im weiteren Verlauf des Projekts wurde am 27. September 2022 ein Schlüsseltreffen zum Thema Potenzialbewertung abgehalten. An diesem Tag wurde auch ein Workshop basierend auf dem Bewertungsmodell der Publikation „*Evaluation of Potential Benefits of Augmented Reality for Industrial Services*“ durchgeführt.

Ein weiteres wichtiges Koordinierungstreffen fand am 20. Oktober 2022 in München unter dem Titel "Innovation nachhaltig gestalten" statt. Ein finalisierter Workflow, der zuvor von verschiedenen Servicetechniker:innen auf Zementwerken getestet wurde, wurde präsentiert. Der Workshop in Hennef am 25. August 2022 stellte einen bedeutenden Moment dar, indem technische Details diskutiert und entwickelte Lösungen validiert wurden. Er bot eine Plattform für fundierte Diskussionen und

praktische Erprobungen. Der Workshop zum Thema ‚Anreizsysteme und Gamification‘ am 27. Februar 2023 eröffnete eine Gelegenheit zur Erforschung innovativer Ansätze zur Steigerung der Mitarbeiter:innenmotivation und des Engagements. Die Teilnehmenden erörterten die mögliche Anwendung von Gamification im Kontext von Augmented Reality zur Verbesserung der Benutzer:innenerfahrung.

Die Abschlussveranstaltung in Kassel am 20. Juli 2023 diente nicht nur der Präsentation der erreichten Ergebnisse, sondern auch der Reflexion über die langfristige Vision und die zukünftige Ausrichtung des Projekts.

6.2 Definition der Prüfkriterien für die Ergebnisse und Schaffung der Arbeitsumgebung

Die Definition der Prüfkriterien war ein zentraler Aspekt im Projekt und wurde durch verschiedene Faktoren gestaltet. Die Qualität der Arbeit wurde nach bestimmten Kriterien bewertet, darunter die Erfüllung der Aufgabenstellung aus dem Antrag, die regelmäßige Abfrage von Geldern und die Erfüllung der Erwartungen der Umsetzungs-/Anwendungspartner. Es gab auch Diskussionen über Abweichungen und den Umgang mit Risiken im Projekt, wobei die systematische Überprüfung von Fehlern und Verbesserungsmanagement eine Rolle spielte.

Die Analyse von Usecases war ein weiterer wichtiger Aspekt, bei dem die Informationsflüsse und Informationsaufnahmen durch Augmented Reality unterstützt werden sollten. Die Umsetzung von Anforderungen durch Tools wie oculavis SHARE war ein wesentliches Kriterium. Darüber hinaus gab es Überlegungen zur Wirtschaftlichkeit der Lösungen und zum Einsatz von AR, einschließlich der Möglichkeiten für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung.

In Bezug auf die Schaffung der Arbeitsumgebung wurde den Unternehmen durch die Erstellung von Informationslogistikmodellen der Usecases und die Bewertung der resultierenden Einsatzmöglichkeiten ermöglicht, Rückschlüsse auf eine sinnvolle Datenstrategie zu ziehen. Ziel war es auch, die Effizienz der Prozesse durch umfassende Digitalisierung der Inhalte zu steigern und Fehler zu verhindern. Die Spezifikation von Anforderungen und die Schaffung eines Verständnisses für Anreizarten bei den Projektpartnern wurden durch Workshops erreicht.

6.3 Projektcontrolling der Teilergebnisse über die Laufzeit

Das Projektcontrolling wurde durch regelmäßige Fortschrittsberichte und Audits gewährleistet, mit Fokus auf der stichprobenartigen Überprüfung des Managementsystems. Es gab keine Abweichungen oder Maßnahmen im Projekt. Die Prüfung weiterer AR-Potenziale war Teil des Controllings, ebenso wie die Betrachtung der Effizienzsteigerung durch Digitalisierung der Prozesse.

6.4 Bewertung und Management des Risikos über die gesamte Projektlaufzeit

Die Risikobewertung umfasste die multidimensionale Potenzialbewertung des AR-Einsatzes im industriellen Service. Mögliche Bewertungsverfahren wie ROI-Kalkulation und Nutzwertanalyse wurden diskutiert. Der Umgang mit Risiken, wie der Wechsel des:der Projektmitarbeiters:in, wurde dokumentiert. Es wurde auch erörtert,

wie AR-Lösungen/Remote-Services vertrieben werden können, einschließlich der möglichen Vertriebskanäle.

6.5 Kommunikation, Verbreitung und Dokumentation der Ergebnisse

Die Verbreitung und Dokumentation wurden durch die Veröffentlichung eines Projektprofils auf der Website des FIR an der RWTH Aachen, die Information des Club of Logistics über den Projektfortschritt und die Veröffentlichung in Zeitschriften erreicht. Präsentationen bei Veranstaltungen wie den Instandhaltungstagen in Bonn und der InStand in Stuttgart trugen zur Verbreitung bei.

Im Laufe des Forschungsprojekts DM4AR wurden verschiedene Veröffentlichungen erstellt, um die Forschungsergebnisse und Innovationen im Bereich Augmented Reality im technischen Service zu präsentieren. Im August 2020 wurde der UdZ-Forschungsartikel mit dem Titel "Anlauf des Projekts DM4AR: Datenmanagement für Augmented Reality" veröffentlicht. Darin wird das Ziel des Projekts beschrieben, die automatische Generierung von AR-Inhalten aus verschiedenen Datenquellen zu ermöglichen.

Ebenfalls im August 2020 wurde ein One-Pager veröffentlicht, der eine kompakte Darstellung der Projekthighlights bot.

Im Jahr 2022 erschien der Artikel "[Bewertung von Augmented Reality im industriellen Service](#)" in der Service Today. Der Artikel bietet eine tiefgehende Bewertung von AR im Bereich der industriellen Dienstleistungen und präsentiert ein Bewertungsmodell, das entwickelt wurde, um den Nutzen von AR im industriellen Service messbar zu machen.

Im September 2022 wurde das APMS-Paper mit dem Titel "[Evaluation of Potential Benefits of Augmented Reality for Industrial Services](#)" vorgestellt. Innerhalb des Forschungsprojekts DM4AR wurde ein Bewertungsmodell entwickelt, um die potenziellen Vorteile von AR im Bereich industrieller Dienstleistungen zu evaluieren.

Im Juni 2023 wurde die gemeinsame Abschlusspublikation „[Innovationen für datenbasierte Wertschöpfung](#)“ der Förderlinie veröffentlicht, die als zentrales Abschlussdokument des Projekts eine umfassende Übersicht über die gesamten Projektergebnisse, Innovationen und Erkenntnisse bot. Im September 2023 folgte ein weiterer UdZ-Artikel mit dem Titel "DM4AR vorgestellt auf der Abschlusskonferenz 'Datenorientierte Wertschöpfung nachhaltig gestalten'". In dem Artikel wird die innovative Lösung unseres Verbundprojekts DM4AR beschrieben, das individuelles Wissen in organisatorischen Mehrwert transformiert. Die Plattform sammelt, verarbeitet und teilt Expert:innenwissen, was zu effizienteren Instandhaltungsarbeiten führt. Auf der Abschlusskonferenz vorgestellt, markiert DM4AR einen Fortschritt in der Nutzung von AR zur Wissenskonservierung und -weitergabe.

II.5 Darstellung des während des Vorhabens bekannt gewordenen Fortschritts auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

Während der Laufzeit des Projekts hat die Technologie der Augmented Reality erhebliche Fortschritte gemacht, insbesondere im Bereich der Instandhaltung. Diese Fortschritte haben die Art und Weise, wie Unternehmen ihre Instandhaltungsprozesse durchführen, revolutioniert und optimiert.

Zunächst ist die Akzeptanz von AR in der Instandhaltung gestiegen. Unternehmen haben die erheblichen Vorteile erkannt, die AR bietet, und haben begonnen, diese Technologie verstärkt einzusetzen (s. Mainelli 2023). Dies ist vor allem auf den Wunsch der Unternehmen zurückzuführen, ihre Effizienz zu steigern und ihre Wartungsprozesse zu optimieren. Tatsächlich hat die Nutzung von AR in der Instandhaltung zugenommen, da Unternehmen die Vorteile dieser Technologie erkennen. AR wird bereits für Remote-Prozesse in der Wartung, Instandhaltung und im Service eingesetzt (s. Mirbach 2021). Durch den Einsatz von AR können Techniker:innen Probleme schneller erkennen und lösen, was zu einer effizienteren Instandhaltung führt.

Technische Fortschritte haben ebenfalls zur steigenden Akzeptanz von AR in der Instandhaltung beigetragen. In den letzten Jahren gab es erhebliche Verbesserungen bei AR-Brillen, die nun eine höhere Auflösung und ein größeres Sichtfeld bieten (s. PTC 2020). Dies ermöglicht es Techniker:innen, detailliertere Informationen zu sehen und ihre Arbeit effektiver zu erledigen. Darüber hinaus haben Fortschritte in der AR-Software zu einer höheren Genauigkeit und besseren Visualisierungen geführt (s. Mainelli 2023), während verbesserte Schnittstellen eine einfachere und intuitivere Bedienung ermöglichen (s. Anderson 2022). Die Remote-Unterstützung durch AR-Technologie hat ebenfalls Fortschritte gemacht, wodurch eine höhere Bildqualität und eine stabilere Verbindung gewährleistet werden (s. Mirbach 2021).

Trotz dieser Fortschritte gibt es noch keine spezifischen Statistiken zur Nutzung von AR in der Instandhaltung zwischen 2020 und 2023. Es ist jedoch bekannt, dass Unternehmen AR-Technologie verstärkt in ihre Instandhaltungsprozesse integrieren, um die Effizienz zu steigern und die Fehlerquoten zu reduzieren (s. Mirbach 2021; Anderson 2022).

Zusammenfassend haben die Akzeptanz gegenüber und die Nutzung von AR in der Instandhaltung in den letzten Jahren erheblich zugenommen. Technische Fortschritte, verbesserte AR-Brillen, bessere Schnittstellen, Fortschritte in der AR-Software und verbesserte Remote-Unterstützung haben dazu beigetragen, die Effizienz und Genauigkeit der Instandhaltungsprozesse zu steigern. Es wird erwartet, dass diese Trends in den kommenden Jahren anhalten werden, da Unternehmen weiterhin die Vorteile der AR-Technologie nutzen, um ihre Instandhaltungsprozesse zu optimieren.

Während der Durchführung des Projekts DM4AR wurden in der Förderrichtlinie erhebliche Fortschritte in anderen Forschungsprojekten erkannt. Diese Fortschritte spiegeln die Innovation und den Wandel wider, der in der Branche stattfindet.

Im Projekt SmARtPlaS wurde eine Smart-Factory-Schnittstelle entwickelt, die den Zugriff auf Daten unterschiedlichster Anlagen ermöglicht. Die Mitarbeitenden werden aktiv auf Abweichungen hingewiesen und können direkt Wartungs-, QS- oder Rückmeldeprogramme aufrufen. Das ermöglicht eine optimierte, energiesparende Prozessführung und vorausschauende Wartung. Die Vernetzung von Anlagen und Prozessen hat dazu geführt, dass Entscheidungen schneller getroffen und Maschinenstillstandszeiten reduziert werden können, was Unternehmen Zeit und Geld spart und den ökologischen Fußabdruck reduziert. Die entwickelte AR-App ermöglicht es, Live-Daten von Anlagen direkt im Kamerabild einzublenden, sodass Mitarbeitende alle Informationen vor Ort zur Hand haben.

Im Forschungsprojekt Machine@Hand-AR lag der Fokus auf der Unterstützung der Schiffscrew bei der Wartung oder Reparatur von Anlagen und Maschinen. Die Anwendung bietet eine Step-by-Step-Wartungsanleitung auf Basis von 3D-Modelldaten und visualisiert diese Inhalte mittels Augmented Reality direkt am Ort des Geschehens. Dies ermöglicht fehlerfreie Wartungsabläufe und reduziert den Schulungsaufwand erheblich. Zusätzlich wurde ein Modul zur interaktiven Visualisierung von maschinenbezogenen Daten (IViMaD) entwickelt, das den Zugriff auf verknüpfte Daten und die Visualisierung eines 3D-Modells des Geräts ermöglicht.

Im Projekt secureAR wurde die Gaze-Blicksteuerung implementiert, die eine "Handsfree-Steuerung" des Head-mounted Displays ermöglicht. Dieses innovative Feature platziert das User-Interface im Sichtfeld des Menschen, sodass der Operator es nicht im Raum suchen muss. Die Integration von Technologien zur Überprüfung der Integrität und Zuverlässigkeit von AR-Inhalten stellt sicher, dass nur sichere und vertrauenswürdige Inhalte bereitgestellt und abgerufen werden können. Die entwickelte Datenbrille ist modular und lässt sich den Anforderungen des industriellen Umfelds anpassen.

Diese Fortschritte in den verschiedenen Forschungsprojekten zeigen, dass der Bereich der Instandhaltung und Wartung durch die Integration von Technologien wie AR und vorausschauender Wartung erheblich vorangekommen ist. Die Implementierung dieser Technologien hat nicht nur die Effizienz und Genauigkeit der Wartungsprozesse verbessert, sondern auch die Möglichkeit geschaffen, die Umweltauswirkungen zu reduzieren und die Anforderungen des industriellen Umfeldes zu erfüllen.

II.6 Voraussichtlicher Nutzen, insbesondere die Verwertbarkeit der Ergebnisse

In diesem Abschnitt wird der voraussichtliche Nutzen des DM4AR-Projekts aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Anhand konkreter Nutzungsszenarien der Anwendungspartner werden die vielfältigen Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der entwickelten AR-Technologie erörtert. Darüber hinaus werden die Skalierbarkeit und die potenzielle Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Kontexte und Branchen evaluiert. Der FIR e. V. hat als Konsortialführer eine umfassende Darstellung durchgeführt.

Der jährliche Absatz von AR-Brillen wird für das Jahr 2020 mit 5,4 Millionen Brillen pro Jahr vorausgesagt (s. Syberfeldt et al. 2017), da eine Vielzahl von Industrien den großen Mehrwert der Technologie erkannt hat. Insbesondere der technische Service kann durch den Einsatz von AR große Potenziale u. a. in der Reduktion von Fahrtzeiten, der Reduktion des Schulungsaufwands, der Steigerung der Qualität der Dienstleistung sowie der Steigerung des Umsatzes durch einfacheres Skalieren realisieren. Jedoch ist die Herausforderung der Datenaufbereitung besonders im technischen Service sehr hoch, da wenig repetitive Tätigkeiten vorherrschen. Der Nutzen des Projekts besteht darin, diese wesentliche Barriere für die flächendeckende und produktive Nutzung der AR-Technologie im technischen Service zu überwinden.

Nutzungsszenario FIR e. V.: Dem FIR e. V. kommt in der Konsolidierung und Kommunikation der Erkenntnisse eine zentrale Rolle zu (u. a. über VDI, KVD, Arbeitskreis Instandhaltung). Die Erkenntnisse werden in die Weiterbildung und die Demonstrationsumgebung am Cluster Smart Logistik integriert, das jährlich von mehr als 10.000 Fach- und Führungskräften der Industrie besucht wird. Das FIR verwertet die Ergebnisse in angrenzenden Lehrveranstaltungen (u. a. FIR-Zertifikatskurse „Digital Product Manager“, „Business Transformation Manager“), in Demonstrationsumgebungen u. a. auf Messen (u. a. HMI, CeBIT, Aachener Dienstleistungsforum) sowie als Input für weitere Forschungsarbeiten. Durch die gute Vernetzung des FIR e. V. (ca. 200 Mitgliedsunternehmen) kann ein ausreichend großer Adressatenkreis für sämtliche Projektkommunikation sichergestellt werden.

Die Skalierbarkeit und die Anwendbarkeit in unterschiedlichen Kontexten sind zentrale Kriterien für die Bewertung des Potenzials des DM4AR-Projekts. In Bezug auf die Skalierbarkeit zeichnet sich das Projekt insbesondere durch seine Fähigkeit zur automatisierten Generierung von Augmented-Reality-Inhalten aus. Diese Automatisierung ermöglicht eine effiziente Übertragung der entwickelten Lösungen auf andere Anwendungsgebiete und Branchen, was die Plattform im Hinblick auf Skaleneffekte sehr attraktiv macht. Darüber hinaus gewährleistet die Integration verschiedener Datenquellen, darunter Enterprise-Resource-Planning- und Product-Lifecycle-Management-Systeme, eine hohe Kompatibilität mit bestehenden Unternehmensstrukturen. Dies erleichtert die unternehmensweite Implementierung und fördert somit die Skalierbarkeit.

Ein weiterer Faktor, der zur Skalierbarkeit beiträgt, ist die modulare Struktur der Plattform. Die verschiedenen beschriebenen Usecases von der Wartung von Fotodruckern bis zur Instandhaltung komplexer industrieller Anlagen verdeutlichen die Vielseitigkeit der DM4AR-Lösung. Diese Modularität erleichtert die Anpassung an spezifische Unternehmensbedürfnisse und somit die Skalierbarkeit der Technologie.

Auf der anderen Seite darf nicht übersehen werden, dass die Skalierbarkeit auch durch Faktoren wie die Qualität und Verfügbarkeit der benötigten Daten, die Akzeptanz der Mitarbeitenden sowie technologische Einschränkungen begrenzt werden könnte.

Hinsichtlich der Anwendbarkeit in anderen Kontexten bietet DM4AR ebenfalls ein breites Spektrum an Möglichkeiten. Die Grundlagen des Projekts könnten

beispielsweise auf Branchen mit ähnlichen Anforderungen an die Wissensweitergabe und Expertise, wie die Medizintechnik oder den Bereich der erneuerbaren Energien, übertragen werden. Auch für Ausbildungs- und Schulungszwecke könnte die Technologie vorteilhaft sein. Die Möglichkeit, AR für die Bereitstellung von kontextspezifischen Informationen zu nutzen, könnte darüber hinaus die Anwendbarkeit der Plattform in geografisch verteilten Teams oder im Rahmen von Remote-Arbeit erweitern.

II.7 Zusammenarbeit mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojekts

In diesem Abschnitt wird auf den Austausch mit anderen Stellen außerhalb des Verbundprojekts eingegangen.

High Tech meets High Touch: Während dieser digitalen Veranstaltung am 28. Oktober 2020 tauschten sich verschiedene Expert:innen aus der Industrie und Forschung über die Vision der Dienstleistungswende aus und diskutierten, wie Deutschland bis 2030 zu einem der führenden Länder im Dienstleistungsbereich werden kann. Dabei wurden die Ergebnisse der ersten Hälfte des Projekts DM4AR vorgestellt und dabei darauf eingegangen, wie das Projekt aktuell voranschreitet, in welchen Aspekten ein Austausch mit anderen Forscher:innen gewünscht ist und worin auch andere Teilnehmende durch die Ergebnisse des Projekts unterstützt werden können.

Workshop WizARd (Hennef Denkschmiede): Auf dem Workshop "Digitale Innovationen in Dienstleistungsprozessen: Erfahrungen mit dem Einsatz von Augmented Reality" am 25. August 2022, organisiert durch den AFSMI und die TU Dortmund, bot sich die Gelegenheit, das Projekt DM4AR vorzustellen. Man konnte sich mit anwesenden Forscher:innen anderer Projekte zum Zweck des Wissensaustauschs vernetzen. Dazu gehört das Projekt "WizARd – Wissensvernetzung und Kollaboration durch Anwendung erweiterter Realität in produktionsnahen Dienstleistungen" der TU Dortmund. Ziel des Workshops war es, existierende Lösungen in Bezug auf den Einsatz von AR kennenzulernen sowie Best Practices und auch Herausforderungen gemeinsam zu diskutieren.

IntDL-Koordinierungstreffen (München Design Office): Am 20. Oktober 2022 fand ein Treffen der Projektbearbeitenden der Förderlinie „Internetbasierte Dienstleistungen für komplexe Produkte, Produktionsprozesse und -anlagen (Smart Services)“ statt, um sich mit anderen Forscher:innen zu vernetzen und Erfahrungen auszutauschen. Hervorzuheben ist speziell der Austausch mit den Projekten Sealed Services (Infrastruktur zur Realisierung industrieller Dienstleistungen in Wertschöpfungsnetzwerken im Kontext digitaler Integrität und Souveränität) und secureAR (Entwicklung einer branchenübergreifenden und offenen cloudbasierten Serviceplattform mit offenen Industrieschnittstellen), aus denen wichtige Erkenntnisse für das Projekt DM4AR gewonnen werden konnten. Darüber hinaus wurde innerhalb des Metaprojekts „Innovationen nachhaltig gestalten“ die Teilnahme an der gemeinsamen Abschlussveranstaltung in Kassel sowie die Mitwirkung an dem

gemeinsamen Booklet angestrebt. Die Arbeiten hierzu erfolgten fortlaufend und in guter Zusammenarbeit.

VDI-Instandhaltungsforum in Köln: Am 14. Juni 2023 wurden auf dem VDI-Forum Vorträge zum Projekt DM4AR gehalten und sich vor Ort mit den Teilnehmenden darüber ausgetauscht.

Abschlussveranstaltung (Universität Kassel): Die Abschlussveranstaltung in Kassel am 20. Juni 2023 diente nicht nur der Präsentation der erreichten Ergebnisse, sondern auch der Reflexion über die langfristige Vision und die zukünftige Ausrichtung des Projekts.

II.8 Veröffentlichungen, Vorträge, Referate etc.

In diesem Abschnitt wird auf verschiedene Veröffentlichungen und Messen eingegangen, in denen die Projektergebnisse präsentiert oder zusammengefasst wurden.

Auf den Messen Maintenance in Dortmund (29.03. – 31.03.2022), der IN.STAND in Stuttgart (17.10. – 19.10.2022), der Instandhaltungstage in Essen (13.02. – 15.03.2023) wurden die Projektergebnisse von den Projektpartnern vorgestellt.

Darüber hinaus wurde im Zusammenhang mit dem DM4AR-Projekt folgende Literatur veröffentlicht:

Projekt DM4AR: Anlauf der Projekts DM4AR: Datenmanagement für Augmented Reality (Defer; 17.12.2020)

Das Projekt 'DM4AR' dient dem Ziel, die automatische Generierung von Augmented-Reality-Inhalten aus verschiedenen Datenquellen zu ermöglichen. Hierbei wird eine AR-Plattform zur automatisierten Aufbereitung und Umwandlung von Daten geschaffen und den Mitarbeitenden ermöglicht, über diese Plattform auf vorhandene Informationen und generierte Inhalte zuzugreifen. So können notwendige Informationen während des Leistungsprozesses kontextbezogen abgerufen werden. Dabei müssen die Mitarbeitenden mit geeigneten Ziel- und Anreizsystemen sowie Referenzprozessen in der Bereitstellung von implizitem Wissen unterstützt werden. Die Verbreitung und Dokumentation wurden durch die Veröffentlichung eines Projektprofils auf der Website des FIR an der RWTH Aachen und die Veröffentlichung in Zeitschriften erreicht. Präsentationen bei Veranstaltungen wie den Instandhaltungstagen in Bonn und der InStand in Stuttgart trugen zur Verbreitung bei.

Einsatz von Augmented Reality im Service (Defer, Frank, Koch; 16.03.2021)

Welche Möglichkeiten ergeben sich für den Einsatz von Augmented Reality (AR) im Service und welche Potenziale lassen sich daraus für die effizientere Gestaltung der Serviceprozesse ableiten?

Bewertung von Augmented Reality im industriellen Service (Bollinger et al. 25.07.2022):

Augmented Reality (AR) bietet ein großes Nutzenpotenzial im Bereich der industriellen Dienstleistungen. Der genaue monetäre und qualitative Nutzen ist jedoch, wie bei IT-Investitionen im Allgemeinen, schwer zu bewerten. Im Rahmen des Forschungsprojekts Datenmanagement for Augmented Reality (DM4AR) wurde aus diesem Grund ein Bewertungsmodell entwickelt, welches den Nutzen von AR im industriellen Service messbar macht.

Wann lohnt sich Augmented Reality im Service? (Schuldt, Ziskel; 20.09.2022)

Im Bereich des industriellen Service bietet Augmented Reality (AR) großes Nutzenpotenzial. Ein Bewertungsmodell hierfür wurde im Rahmen des Forschungsprojekts ‚DM4AR‘ entwickelt. Dabei wird ein multiperspektivischer Ansatz genutzt, der den Nutzen der AR-Anwendung in den vier Perspektiven einer Balanced Scorecard (Finanzen, Kund:innen, interne Geschäftsprozesse, Lernen und Wachstum) berücksichtigt. Es ist also nun zu klären, inwieweit Praktiker:innen gleiche, ähnliche oder verschiedene Bewertungen in den einzelnen Bewertungskategorien im Vergleich zur Literatur abgeben. Zur Klärung dieser Frage wurde ein Workshop durchgeführt, bei dem Vertreter:innen aus der industriellen Praxis eine Bewertung mithilfe des multiperspektivischen Ansatzes vorgenommen haben.

Innovationen für datenbasierte Wertschöpfung (Langes et al., Juni 2023)

Dieser Abschlussbericht ist das zentrale Abschlussdokument des Projekts und beinhaltet eine umfassende Übersicht über die gesamten Projektergebnisse, Innovationen und Erkenntnisse.

DM4AR vorgestellt auf der Abschlusskonferenz: 'Datenorientierte Wertschöpfung nachhaltig gestalten' (September 2023)

In dem Artikel wird die innovative Lösung des Verbundprojekts DM4AR beschrieben, das individuelles Wissen in organisatorischen Mehrwert transformiert. Die Plattform sammelt, verarbeitet und teilt Expert:innenwissen, was zu effizienteren Instandhaltungsarbeiten führt. Auf der Abschlusskonferenz vorgestellt, markiert DM4AR einen Fortschritt in der Nutzung von AR zur Wissenskonservierung und -weitergabe.

II.9 Literaturverzeichnis

- Arth, C.: Augmented Reality in der Industrie - Chancen und Herausforderungen 2021
S. 7 https://www.arth.co.at/data/papers/baubetrieb_2021.pdf
- Anderson, D.: Augmented Reality in der Instandhaltung einsetzen. Handelsblatt online,
22.06.2022. <https://www.handelsblatt.com/adv/firmen/augmented-reality-instandhaltung.html> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Baird, K. M.; Barfield, W.: Evaluating the effectiveness of augmented reality displays for a manual assembly task. In: Virtual Reality 4(1999)4, S. 250–259.
<https://doi.org/10.1007/bf01421808>
- Barth, H.; Englisch, P.: [Pressemitteilung] Fachkräftemangel im Mittelstand spitzt sich zu – Umsatzeinbußen von knapp 50 Milliarden Euro. Ernst & Young GmbH
26.01.2017. <https://www.presseportal.de/pm/119840/3544573> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Bartle, R.: Hearts, clubs, diamonds, spades: Players who suit MUDs. In: Journal of MUD research 1(1996)1, S. 19 – 45. Link Preprint, 27 S.
https://www.researchgate.net/profile/Richard-Bartle/publication/247190693_Hearts_clubs_diamonds_spades_Players_who_suit_MUDs/links/540058700cf2194bc29ac4f2/Hearts-clubs-diamonds-spades-Players-who-suit-MUDs.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6lnB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6lnB1YmxpY2F0aW9uIn19 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Becerra-Fernandez, I.; Sabherwal, R.: Knowledge Management: Systems and Processes. M. E. Sharpe, New York 2010.
- Bermejo, C.; Huang, Z.; Braud, T.; Hui, P.: When Augmented Reality meets Big Data. In: [Proceedings] 2017 IEEE 37th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW), Atlanta (GA), 2017, S. 169 – 174.
DOI: [10.1109/ICDCSW.2017.62](https://doi.org/10.1109/ICDCSW.2017.62)
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7979812> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Bollinger, S.; Stich, V.; Holst, L.; Defèr, F.; Schuldt, F.: Evaluation of Potential Benefits of Augmented Reality for Industrial Services. In: Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing and Logistics Systems: Turning

- Ideas into Action. Hrsg.: D. Y. Kim; G. v. Cieminski; D. Romero. Springer, Cham [u. a.] 2022, S. 135–144.
- Brand., P., Aschbacher, H., Hösch, S.: Mobiles Wissensmanagement in der Industrie 4.0 (S.225-232). In: Weisbecker, A.; Burmester, M.; Schmidt, A. (Hrsg.): Mensch und Computer 2015 - Workshopband. De Gruyter, Berlin 2015. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783110443905/html?lang=de>
- Buffa, M.: Intranet wikis. In: Proceedings of the IntraWebs Workshop 2006 at the 15th International World Wide Web Conference. Link Preprint: https://www-sop.inria.fr/acacia/WORKSHOPS/IntraWebs2006/Bufa_Intrawebs2006.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Bunchball Inc. (Hrsg.): [Whitepaper] Enterprise Gamification: The Gen Y Factor. Redwood City (CA) 2012. https://www.gamification.co/wp-content/uploads/getting-started/White%20Paper_Enterprise%20Gamification_The_Gen_Y_Factor_2012.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Fragen und Antworten zu den Aufgaben und Themen des BSI. Bonn, 07.01.2021. https://www.bsi.bund.de/DE/Service-Navi/FAQ/BSI-Aufgaben/faq_bsi-aufgaben_node.html#%3A~%3Atext%3DWas%20ist%20das%20BSI%3F%20Das%20Bundesamt%20f%C3%BCr%20Sicherheit%20Cerm%C3%B6glichen%20und%20voranzutreiben.%20Das%20BSI%20wurde%20am%20 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Lerneinheit 4.1: Grundlegende Definitionen - Lerneinheit 4.1. Bonn, 14.03.2022. https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Standards-und-Zertifizierung/IT-Grundschutz/Zertifizierte-Informationssicherheit/IT-Grundschutzschulung/Online-Kurs-IT-Grundschutz/Lektion_4_Schutzbedarfsfeststellung/4_01_Definitionen.html (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): BSI – Technische Richtlinie: Kryptographische Verfahren: Empfehlungen und Schlüssellängen. BSI TR-02102-1. Bonn, 09.01.2023. <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Techni>

- scheRichtlinien/TR02102/BSI-TR-02102.pdf?__blob=publicationFile&v=8 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Carneiro, J.; Rossetti, R. J. F.; Silva, D. C.; Oliveira, E. C.: BIM, GIS, IoT, and AR/VR Integration for Smart Maintenance and Management of Road Networks: a Review. In: 2018 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2). IEEE, Piscataway (NJ) 2018, 7 S. DOI: 10.1109/isc2.2018.8656978
- Cheong, C.; Cheong, F.; Filippou, J.: Quick Quiz: A Gamified Approach for Enhancing Learning. In: PACIS 2013 Proceedings. 206. <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1206&context=pacis2013> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Chou, Y.: The Octalysis Framework for Gamification & Behavioral Design. 2021. <https://yukaichou.com/gamification-examples/octalysis-complete-gamification-framework/> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Cugelman, B.: Gamification: what it is and why it matters to digital health behavior change developers. In: JMIR serious games 1(2013)1, S. e3. DOI: 10.2196/games.3139.
- Désilets, A.; Paquet, S.; Vinson, N. G.: Are wikis usable? In: WikiSym '05: Proceedings of the 2005 international symposium on Wikis, 16. – 18.10.2005, San Diego (CA), S. 3 – 15. DOI: 10.1145/1104973.1104974.
- Deterding, S.; Dixon, D.; Khaled, R.; Nacke, L.: From game design elements to gamefulness. In: MindTrek '11: Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, September 2011, S. 9–15. DOI: 10.1145/2181037.2181040. Deterding, S.; Khaled, R.; Nacke, L. E.; Dixon, D.: Gamification: Toward a definition. In: Proceedings: Conference: CHI 2011 Gamification Workshop, 79 S. https://www.researchgate.net/profile/Sebastian-Deterding/publication/273947177_Gamification_Toward_a_definition/links/5515c8a20cf2d70ee272d21d/Gamification-Toward-a-definition.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Dhuieb, M. A.; Belkadi, F.; Laroche, F.; Bernard, A.: Thinking Factory for the Future: From PLM to Augmented Reality. In: EuroVR 2014 – Conference and Exhibition of the European Association of Virtual and Augmented Reality (2014). Hrsg.: G. Zachmann; J. Perret; A. Amditis. The Eurographics Association, Eindhoven

2014. <http://dx.doi.org/10.2312/eurovr.20141340> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Dong, T.; Dontcheva, M.; Joseph, D.; Karahalios, K.; Newman, M.; Ackerman, M.: Discovery-based games for learning software. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. Hrsg.: J. A. Konstan; E. H. Chi; K. Höök. ACM, New York 2012, S. 2083 – 2086. DOI: 10.1145/2207676.2208358
- Döringer, S.: 'The problem-centred expert interview'. Combining qualitative interviewing approaches for investigating implicit expert knowledge. In: International Journal of Social Research Methodology 24 (2021) 3, S. 265 – 278. DOI: 10.1080/13645579.2020.1766777.
- Eickhoff, C.; Harris, C. G.; Vries, A. P. de; Srinivasan, P.: Quality through flow and immersion. In: SIGIR'12: The proceedings of the International ACM SIGIR Conference on Research & Development in Information Retrieval; August 12 – 16, 2012, Portland (OR) 2012. ACM, New York 2012, S. 871 – 880. DOI: 10.1145/2348283.2348400.
- Farzan, R.; DiMicco, J. M.; Millen, D. R.; Dugan, C.; Geyer, W.; Brownholtz, E. A.: Results from deploying a participation incentive mechanism within the enterprise. In: The 26th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI 2008: Conference proceedings; April 5-10, 2008 in Florence, Italy. Hrsg.: M. Czerwinski; A. Lund; D. Tan; M. Burnett. ACM, New York 2008, S. 563 – 572. DOI: 10.1145/1357054.1357145.
- Feiner, S.; Macintyre, B.; Seligmann, D.: Knowledge-based augmented reality. In: Communications of the ACM 36 (1993) 7, S. 53 – 62. DOI: 10.1145/159544.159587.
- Fink, C. A.; Heineke, C.: Die Balanced Scorecard mit dem Zielvereinbarungssystem verbinden. In Strategische Unternehmensführung: Stand und Entwicklungstendenzen. Hrsg.: D. Hahn; B. Taylor. 9., überarb. Auflage. Springer, Berlin [u. a.] 2006, S. 375 – 394.
- Flatt, H.; Koch, N.; Rocker, C.; Gunter, A.; Jasperneite, J.: A context-aware assistance system for maintenance applications in smart factories based on augmented reality and indoor localization. In: 2015 IEEE 20th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA); Luxemburg 2015. IEEE, Piscataway (NJ) 2015, S. 1–4. DOI: 10.1109/etfa.2015.7301586.

- Grömling, M.; Schäfer, H.: Die deutsche Konjunktur am Limit? Fachkräftemangel als Wachstumsbremse: IW-Konjunkturprognose Herbst 2017. Vierteljahresschrift zur empirischen Wirtschaftsforschung 44 (2017): IW-Trends; Nr. 4/2017. Institut der deutschen Wirtschaft, Köln 2017
https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2017/370137/IW-Trends_2017-04-01_Prognose.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Große Böckmann, M.: DAS PROJEKT EXPERTSHARE: Kollaborative Augmented Reality Lösung für Live-Expertenservice im Werkzeugbau.
<https://docplayer.org/82662094-Uebersicht-der-i4kmu-projekte.html> (2018)
- Halan, S.; Rossen, B.; Cendan, J.; Lok, B.: High Score! – Motivation Strategies for User Participation in Virtual Human Development. In: JIntelligent Virtual Agents. 10th International Conference, IVA 2010, Philadelphia, PA, USA. Proceedings. Lecture Notes in Computer Science (LNCS); Bd. 6356. Hrsg.: N. Allbeck; T. Badler; C. Bickmore; C. Pelachaud; A. Safonova. : Springer, Berlin [u. a.] 2010, S. 482 – 488.. DOI: 10.1007/978-3-642-15892-6_52.
- Hamari, J.; Koivisto, J.: Social motivations to use gamification: An empirical study of gamifying exercise. In: ECIS 2013 – Proceedings of the 21st European Conference on Information Systems 2013, 11 S.
https://www.researchgate.net/profile/Juho-Hamari/publication/236269293_Social_motivations_to_use_gamification_An_empirical_study_of_gamifying_exercise/links/0c96051a8bf2e6a8f7000000/Social-motivations-to-use-gamification-An-empirical-study-of-gamifying-exercise.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Harland, T.: Gestaltung des Digitalen Schattens für Instandhaltungsdienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau. Schriftenreihe Rationalisierung; Bd. 160. RHrsg.: G. Schuh. Apprimus, Aachen 2019. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2018.
- Hauser, A.: Ein Referenzmodell zur Modellierung wissensintensiver Prozesse bei Ingenieurdienstleistungen zur kooperativen Planung verfahrenstechnischer Anlagen. Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung; Bd. 88. RHrsg.: G. Schuh. Shaker, Aachen 2008. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2008.

- Hegenberg, J., Schmidt, L.: Augmented-Reality-basierte Assistenz für das Anlernen manueller und roboterunterstützter Montageprozesse (2021) <https://link.springer.com/article/10.1007/s41449-021-00278-3>
- Henderson, S.; Feiner, S.: Exploring the benefits of augmented reality documentation for maintenance and repair. In: IEEE transactions on visualization and computer graphics 17(2011)10, S. 1355 – 1368. DOI: 10.1109/tvcg.2010.245.
- Horváth & Partners (Hrsg.): Balanced Scorecard umsetzen. 4., überarb. Auflage. Schäffer-Poeschel, Stuttgart 2007
- Jahnke, B.; Yalcin, E.; Bauer, S.: Anreizsysteme zur Verbesserung der Wissensteilung in Unternehmen. Arbeitsberichte zur Wirtschaftsinformatik; Bd. 21. Hrsg.: B. Jahnke. Universität Tübingen, Tübingen 2006. https://publikationen.uni-tuebingen.de/xmlui/bitstream/handle/10900/47581/pdf/ab_wi31.pdf?sequence=1&isAllowed=y (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Jimenez, S.: Gamification Model Canvas. gamedeveloper online, 06.11.2013. <https://www.gamedeveloper.com/business/gamification-model-canvas> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Jo, D.; Kim, G. J.: ARIoT: scalable augmented reality framework for interacting with Internet of Things appliances everywhere. In: IEEE Transactions on Consumer Electronics 62(2016)3, S. 334 – 340. DOI: 10.1109/tce.2016.7613201.
- Keller, J.: Unterstützung der Ausführung von flexiblen Dienstleistungsprozessen durch Augmented Reality (ARinFLEX). Universität Osnabrück, 2016. <https://fis.uni-osnabrueck.de/vivouos/display/projectd3558cddaecdc6f9b57aaab4fc140af9> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Koch, M.; Richter, A.: Enterprise 2.0: Planung, Einführung und erfolgreicher Einsatz von Social Software in Unternehmen. 2., akt. u. erw. Auflage. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München [u. a.] 2009.
- Krafft, M.: Außendienstentlohnung im Licht der Neuen Institutionenlehre. Neue betriebswirtschaftliche Forschung; Bd. 149. Gabler, Wiesbaden 1995. – Zugl.: Kiel, Univ., Diss., 1994.
- Kumar, J.: Gamification at Work: Designing Engaging Business Software. In: Design, User Experience, and Usability. Health, Learning, Playing, Cultural, and Cross-Cultural User Experience. Lecture Notes in Computer Science; Bd. 8013. Hrsg.: (D. Hutchison; T. Kanade; J. Kittler; J. M. Kleinberg; F. Mattern; J. C. Mitchell; M. Naor; O. Nierstrasz; C. Pandu Rangan; B. Steffen; M. Sudan; D.

- Terzopoulos; D. Tygar; M. Y. Vardi; G. Weikum; A. Marcus. Springer, Berlin [u. a.] 2013, S. 528 – 537. DOI: 10.1007/978-3-642-39241-2_58.
- Li, W.; Grossman, T.; Fitzmaurice, G.: GamiCAD. In: UIST 2012: Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, October 7-10, 2012, Cambridge (MA). ACM, New York 2012, S. 103 – 112. DOI: 10.1145/2380116.2380131.
- Li, X.; Hess, T. J.; Valacich, J. S.: Why do we trust new technology? A study of initial trust formation with organizational information systems. In: The Journal of Strategic Information Systems 17 (2008) 1, S. 39 – 71. DOI: 10.1016/j.jsis.2008.01.001.
- Luber, S-.; Litzel, N.: Was ist Natural Language Processing? bigdata insider online, 01.09.2016. <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-natural-language-processing-a-590102/> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Mainelli, T.: Wie die Einführung von Augmented Reality die Prozesse in der Fertigung verändert. ptc online, 09.08.2023. <https://www.ptc.com/de/blogs/ar/augmented-reality-adoption-in-manufacturing> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Marczewski, A.: Non-Competitive Leaderboards. Gamified UK, 23.06.2014. https://www.gamified.uk/2014/06/23/non-competitive-leaderboards/#.VAXK_mOrY09 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Meuser, M.; Nagel, U.: Eth Expert Interview and Chnages in Knowlegde Production (S. 17-43) In: Bogner, A.; Littig, B.; Menz, W. (Hrsg.): Interviewing Experts. Palgrave Macmillan, London 2009. <https://doi.org/10.1057/9780230244276>
- Menou, E.: Practical Augmented Reality in the PLM World. 2015, 35 Folien. https://gpdisonline.com/wp-content/uploads/past-presentations/VMH-Eric_Menou_Practical%20AR%20in%20the%20PLM%20world_PDST_Open.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Miklosik, A.; Zak, S.: Framework for effective removal of knowledge management implementation barriers. In: Procedia Economics and Finance, 30(2015), S. 513–521.
- Mirbach, D.: [Blogbeitrag] Remote Prozesse für Wartung, Instandhaltung und Service. mobileX. mobilex ag online, 12.10.2021. <https://www.mobilexag.de/blog/remote-prozesse-fuer-wartung-instandhaltung-und-service/> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)

- Naujoks, C.: ALUBAR: Adaptives Lern- und Unterstützungssystem basierend auf Augmented Reality. 2019. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/alubar> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023) [=2019a]
- Naujoks, C.: ARSuL: Augmented Reality basierte Unterstützung für das Lernen im Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk. 2019. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/arsul> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023) [=2019b]
- North, K.; Maier, R.: Wissen 4.0 – Wissensmanagement im digitalen Wandel. In: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik55(2018), 17 S. Online publiziert: 08.05.2018. DOI: 10.1365/s40702-018-0426-6.
- Nugent, A.; Hurwitz, J.: Big Data for Dummies: A Wiley Brand. Bestselling Computer
- Paharia, R.: Loyalty 3.0: How big data and gamification are revolutionizing customer and employee engagement. McGraw-Hill, Sebastopol (CA) 2013.
- Panetta, K.: Hype Cycle for Emerging Technologies. Gartner online, 05.11.2019. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Parker, K.; Chao, J.: Wiki as a Teaching Tool. In: Proceedings of the 2007 InSITE Conference. Informing Science Institute, Santa Rosa (CA) 2007. DOI: 10.28945/3131.
- Probst, G. J. B.; Raub, S. P.; Romhardt, K.: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. 7. Auflage. Gabler, Wiesbaden 2012, Nachdruck 2013.
- Przygodda, I.: Anreizsysteme zur Bildung und Steigerung der Motivation für den Wissenstransfer In: Wissensmanagement in Dienstleistungsnetzwerken: Wissenstransfer fördern mit der Relationship Management Balanced Scorecard. Hrsg.: S. Zelewski; D. Ahlert; P. Kenning; R. Schütte. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2015.
- PTC (Hrsg.): PTC Provides “Leading AR Platform in the Market”, According to Independent Analyst Report. PTC online, 17.09.2020. <https://www.ptc.com/en/news/2020/ptc-provides-leading-ar-platform-teknowlogy-report> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Reeves, B.; Read, J. L.: Total Engagement: How Games and Virtual Worlds Are Changing the Way People Work and Businesses Compete. Harvard Business Review Press, Cambridge (MA) 2009.

- Rinke, A.: Was ist OPC UA? Die wichtigsten Begriffe im Überblick. opc router online, 2022. <https://www.opc-router.de/was-ist-opc-ua/> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Santos, C.; Almeida, S.; Pedro, L.; Aresta, M.; Koch-Grunberg, T.: Students' Perspectives on Badges in Educational Social Media Platforms: The Case of SAPO Campus Tutorial Badges. In: 2013 IEEE 13th International Conference on Advanced Learning Technologies. IEEE, Piscataway (NJ) 2013. DOI: 10.1109/icalt.2013.108.
- Scheu, A. M.; Vogelgesang, J.; Scharkow, M.: Qualitative Textanalyse. Blaupause und Potenziale (teil-)automatisierter Verfahren. In: Auswertung qualitativer Daten. Strategien, Verfahren und Methoden der Interpretation nicht-standardisierter Daten in der Kommunikationswissenschaft. Hrsg.: A. M. Scheu. Springer Gabler, Wiesbaden 2018, S. 309 – 322. DOI: 10.1007/978-3-658-18405-6_20.
- Schiefelbein, F.-P.: Glass@Service: Technologieprogramm Smart Service Welt I. https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/SSW_Factsheet_GlassService.pdf?__blob=publicationFile&v=1 (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Schuh, G.; Anderl, R.; Gausemeier, J.; ten Hompel, M.; Wahlster, W. (Hrsg.): Industrie 4.0 Maturity Index: Die digitale Transformation von Unternehmen gestalten. Utz, München 2017. <https://www.acatech.de/publikation/industrie-4-0-maturity-index-die-digitale-transformation-von-unternehmen-gestalten/download-pdf?lang=de> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Schulz, C.: safeguARd: Nutzfahrzeug-Assistenzsystem zur Steigerung des Sicherheitsniveaus auf Basis von Augmented Reality. 2019. <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/safeguard> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Simone, S.: Knowledge Management and Moving to the Cloud. KM World, 01.06.2018. <https://www.kmworld.com/Articles/News/News/Knowledge-Management-and-Moving-to-the-Cloud-125391.aspx> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)
- Software AG (Hrsg.) Hybrid integration: In the era of digital disruption. Vortrag, 2020, 8 Folien. <https://www.softwareag.com/content/dam/softwareag/global/marketing-material/en/whitepaper/webmethods/wp-hybrid-integration->

en.pdf.sagdownload.inline.1633611350091.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)

Stropková, A.: The importance of incentive systems to knowledge sharing in manufacturing environment. [www.semanticscholar.org. https://www.semanticscholar.org/paper/The-importance-of-incentive-systems-to-knowledge-in-Stropkov%C3%A1-mana%C5%BEmentu/e6ca68a64be6330727aaddbf207a207e02b6b5ee](https://www.semanticscholar.org/paper/The-importance-of-incentive-systems-to-knowledge-in-Stropkov%C3%A1-mana%C5%BEmentu/e6ca68a64be6330727aaddbf207a207e02b6b5ee) (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)

Syberfeldt, A.; Danielsson, O.; Gustavsson, P.: Augmented Reality Smart Glasses in the Smart Factory: Product Evaluation Guidelines and Review of Available Products. In: IEEE Access 5(2017), S. 9118 – 9130. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2703952.

Thom, J.; Millen, D.; DiMicco, J.: Removing gamification from an enterprise SNS. In: CSCW '12: Proceedings CSCW '12 Companion: February 11 – 15, 2012, Seattle (WA). ACM, New York 2011, S. 1067 – 1070. DOI: 10.1145/2145204.2145362.

Werbach, K.; Hunter, D.: For the Win: How Game Thinking can Revolutionize your Business. Wharton School Press, Philadelphia (PA) 2012.

Witt, M.; Scheiner, C.; Robra-Bissantz, S.: Gamification of Online Idea Competitions: Insights from an Explorative Case. In: Tagungsband INFORMATIK 2011 – Informatik schafft Communities. 41. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik , 4. – 7.10.2011, Berlin. Lecture Notes in Informatics; Bd. P192. https://www.researchgate.net/profile/Susanne-Robra-Bissantz/publication/267365902_Gamification_of_Online_Idea_Competitions_Insights_from_an_Explorative_Case/links/559e515108ae04e3650949d4/Gamification-of-Online-Idea-Competitions-Insights-from-an-Explorative-Case.pdf (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)

Wylie, J.: Fitness Gamification: Concepts Characteristics and Applications. <https://www.semanticscholar.org/paper/Fitness-Gamification-%3A-Concepts-%2C-Characteristics-%2C-Wylie/418f05db42378d831603153d2630d28efac816f4> (Link zuletzt geprüft: 16.11.2023)

Yee, N.: Motivations for play in online games. In: Cyberpsychology & behavior 9(2006)6, S. 772– 775. DOI: 10.1089/cpb.2006.9.772.

- Yuessef et. al.: Lifecycle Management industrieller Produkt-Service-Systeme (S. 245-297) In: Meier, H.; Uhlmann, E. (Hrsg.): (Industrielle Produkt-Service Systeme: Entwicklung, Betrieb und Management. Springer, Berlin [u. a.] 2017.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-662-48018-2>
- Zichermann, G.; Cunningham, C.: Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. O'Reilly, New York 2011.

II.10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies (Walker 2018, zit. n. Panetta 2019).....	5
Abbildung 2: Hürden für eine flächendeckende Nutzung der AR-Technologie.....	6
Abbildung 3: Zielbild des Verbundprojekts DM4AR	8
Abbildung 4: Lebenszyklusdaten von Anlagen	10
Abbildung 5: Abgrenzung zu relevanten Projekten	14
Abbildung 6: EPK TOP Mehrwert-Logistik GmbH & Co. KG in Aris	27
Abbildung 7: EPK thyssenkrupp Polysius GmbH in Aris	29
Abbildung 8: EPK YNCORIS GmbH & CO. KG in Aris.....	30
Abbildung 9: Auswertung von Handlingszeiten der TOP Mehrwert-Logistik-Techniker:in beim Kund:innen	36
Abbildung 10: Die vier Perspektiven der Balanced Scorecard	38
Abbildung 11: 7 Bereiche der Motivationspsychologie nach (Stropková 2014, S. 4).....	38
Abbildung 12: Workshopzusammenfassung bzgl. Anreizsysteme innerhalb des Serviceprozesses	40
Abbildung 13: Gamification Design Framework nach (Werbach u- Hunter 2012, S. 73ff.)	41
Abbildung 14: Finales Gamification-Anreizsystem-Konzept.....	44
Abbildung 15: Konzept Serviceprozess-Workflow.....	50
Abbildung 16: Integration von Stammdaten	51
Abbildung 17: Integration von Sensordaten	52
Abbildung 18: Integration von Expert:innenwissen	54
Abbildung 19: Erfassung von Expert:innenwissen	55
Abbildung 20: Überblick über das auf dem multiperspektivischen Ansatz basierende Bewertungsmodell (Bollinger et al. 2022, S. 138).....	58
Abbildung 21: Strategy Map für AR in der Instandhaltung (Bollinger et al. 2022, S. 139).....	59
Abbildung 22: Ergebnisse Workshop Potentialbewertung –Kundenauswirkungen und Prozessverbesserungen.....	60
Abbildung 23: Ergebnisse Workshop Potentialbewertung – Strategy-Map.....	61
Abbildung 24: Ergebnisse Workshop Potentialbewertung – Nutzwertanalyse.....	61

II.11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gegenüberstellung der förderpolitischen Ziele und des Verbundprojekts DM4AR.	7
Tabelle 2: Zeitlicher Ablauf des Vorhabens DM4AR	15
Tabelle 3: Meilensteine des Projekts DM4AR	16
Tabelle 4: Übersicht über die sechs Arbeitspakete	17
Tabelle 5: Übersicht Kernergebnisse Workshop Gamification & Anreizsysteme 27.02.2023	42
Tabelle 6: Iterative Entwicklung des Prototyps	56