

Augmented and Virtual Reality Systems Engineering

**Konzeption und Implementierung von erweiterten und virtuellen
Arbeitswelten**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften
des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften
der Universität Osnabrück

vorgelegt von

Jannis Vogel
M. Sc. Wirtschaftsinformatik

Osnabrück, November 2021

Dekan: Prof. Frank Westermann, Ph.D.

Referenten: Prof. Dr. Oliver Thomas
Prof. Dr. Frank Teuteberg

Tag der Disputation: 23.11.2021

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	II
Teil A – Dachbeitrag.....	III
1 Ausgangssituation.....	1
2 Motivation und Zielsetzung.....	2
3 Einordnung.....	3
4 Methodik.....	5
4.1 Forschungsfragen und Erkenntnisinteresse.....	5
4.2 Methodenspektrum.....	6
4.3 Forschungsplan.....	8
5 Ergebnisse.....	9
5.1 Überblick.....	9
5.2 Zentrale Ergebnisse der Beiträge.....	13
5.3 Theoretische Implikationen.....	21
5.4 Praktische Implikationen.....	22
5.5 Limitationen.....	23
6 Zusammenfassung.....	24
7 Literatur.....	25
Teil B – Einzelbeiträge.....	IV
Beitrag 1: BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications to enable Process Visualisations.....	V
Beitrag 2: Generating Smart Glasses-based Information Systems with BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications.....	VI
Beitrag 3: How Do We Support Technical Tasks in the Age of Augmented Reality? Some Evidence from Prototyping in Mechanical Engineering.....	VII
Beitrag 4: Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen.....	VIII
Beitrag 5: Let’s Do Design Thinking Virtually: Design and Evaluation of a Virtual Reality Application for Collaborative Prototyping.....	IX
Beitrag 6: Understanding the Augmented and Virtual Reality Business Ecosystem: An e ³ -value Approach.....	X

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.	Forschungsplan der Dissertation	8
Abb. 2.	Einordnung der Beiträge in den Erkenntnisprozess gestaltungsorientierter Forschung.....	11
Abb. 3.	Einordnung der Beiträge nach Zielen und Aufträgen.....	12
Abb. 4.	Ontologie von Smart-Glasses-basierten Funktionalitäten in Verbindung mit BPMN- Konzepten (BPMN4SGA)	14
Abb. 5.	Ereignisse der BPMN-Erweiterung für Smart-Glasses-Anwendungen (BPMN4SGA)	14
Abb. 6.	Aktivitäten der BPMN-Erweiterung für Smart-Glasses-Anwendungen (BPMN4SGA).....	15
Abb. 7.	Modellgetriebener Softwareentwicklungsansatz mit der BPMN-Erweiterung BPMN4SGA.....	15
Abb. 8.	AR-basierte Anwendung zur Evaluation des Task-Technology-Fits (TTF).....	16
Abb. 9.	VR-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen.....	17
Abb. 10.	Quantitative Ergebnisse der Case Study	18
Abb. 11.	Raumdesign und Avatare der VR-Anwendung	18
Abb. 12.	Interaktionsmöglichkeiten zur Durchführung des Prototypings in Virtual Reality	19
Abb. 13.	Evaluationsergebnisse hinsichtlich Benutzererfahrung, Kreativität, Zufriedenheit sowie Simulationsempfinden.....	19
Abb. 14.	e ³ -value-Modell des wirtschaftlichen AR- und VR-Ökosystems	20

Tabellenverzeichnis

Tab. 1.	Überblick über eingebrachte Publikationen sowie weitere Forschungsbeiträge	9
Tab. 2.	Factsheet Beitrag 1	V
Tab. 3.	Factsheet Beitrag 2	VI
Tab. 4.	Factsheet Beitrag 3	VII
Tab. 5.	Factsheet Beitrag 4	VIII
Tab. 6.	Factsheet Beitrag 5	IX
Tab. 7.	Factsheet Beitrag 6	X

Teil A – Dachbeitrag

1 Ausgangssituation

Angesichts zunehmend digitalisierter und komplexer Arbeitswelten¹ ist die adäquate Informationsbereitstellung ein entscheidender Wettbewerbsvorteil von Unternehmen (Picot 1988). Die Technologien Augmented Reality (dt.: erweiterte Realität, kurz: AR) und Virtual Reality (dt.: virtuelle Realität, kurz: VR)² ermöglichen die Erweiterung der Realität durch das Einblenden von visuellen Informationen in das Sichtfeld des Nutzens bzw. den Ausschluss der Realität und das Eintauchen des Nutzens in computergenerierte Simulationen mithilfe von Datenbrillen (Azuma 1997). Aufgrund ihrer inhärenten Eigenschaften können sie bestehende Arbeitswelten durch eine kontextuelle Informationsbereitstellung nutzendstiftend erweitern oder neue Arbeitswelten vollständig abbilden. Mit der Integration dieser Technologien in Informationssysteme besteht die Möglichkeit einer effektiveren Informationsbereitstellung im Vergleich zu konventionellen Desktop-basierten Anwendungen. Damit eröffnen AR und VR im unternehmerischen Bereich eine Vielzahl von Anwendungsfällen. Bedingt durch die Vielfalt und Komplexität der Aufgaben gehören beispielsweise die Logistik oder der Maschinen- und Anlagenbau zu den vielversprechenden Anwendungsdomänen (Thomas et al. 2018a; Thomas, Ickerott 2020). Seit der Veröffentlichung der Google Glass im Jahr 2012 sind verschiedene Hersteller von AR- und VR-Brillen in den Markt eingetreten und bieten ein differenziertes Produktportfolio an (Dreesbach et al. 2020).

Die Einführung dieser Technologien stellt Unternehmen jedoch vor ein Bündel verschiedener Barrieren. Bedingt durch die in AR-Brillen verbaute Sensorik, die die Umgebung erfasst, um eine kontextsensitive Informationsbereitstellung zu ermöglichen, sind datenschutzrechtliche Faktoren zu beachten (Rauschnabel et al. 2015, S. 14). Zudem sind bisherige Konventionen der Gebrauchstauglichkeit (engl.: Usability) für AR und VR aufgrund neuer Interaktionsformen nicht ausreichend. Daher sind neue Usability-Standards spezifisch an diesen tragbaren Technologien auszurichten (Zobel et al. 2016). Weiterhin stehen Unternehmen bei Investitionsentscheidungen vor der Herausforderung, die immateriellen Vorteile, wie z.B. eine Schritt-für-Schritt-Anleitung für Serviceprozesse, im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu quantifizieren (Oesterreich, Teuteberg 2018). Die geringe interne und externe Verfügbarkeit von Entwicklern, die mit der Technologie vertraut sind, erschwert weiterhin die Verbreitung der Technologien. Zusätzlich stehen Unternehmen dem Problem gegenüber, dass Anpassungen häufig nur von wenigen externen IT-Unternehmen übernommen werden können (Hobert, Schumann 2017, S. 4281). Ferner sind die Technologien vom sog. „Onlooker-Effect“ betroffen, d.h. Außenstehende bewerten die Technologienutzung und beeinflussen den Nutzens mit ihrer Meinung. Dieser Effekt trat beispielsweise bei den Smart Glasses von Google auf (Sergeeva et al. 2017, S. 1173–1174).

¹ Der Begriff der Arbeitswelt kann aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden (Mütze-Niewöhner, Nitsch 2020). In der vorliegenden Arbeit wird der Begriff im Kontext der Digitalisierung und Industrie 4.0 gesehen und stellt die Mensch-Computer-Interaktion bzw. soziotechnische Informationssysteme in den Vordergrund der Betrachtung, vergleichbar mit den Ausführungen von Becker et al. (2019, S. 7–14).

² Die Definitionen von Augmented und Virtual Reality unterliegen zeitlichen, technologischen sowie domänenspezifischen Einflüssen. Eine interdisziplinäre Betrachtung der Definitionen aus den Disziplinen der Wirtschaftsinformatik, Rechtswissenschaften, Psychologie und Sozialwissenschaften zeigen Vogel et al. (2020a) auf. Im Kern folgt die Arbeit den hier genannten Definitionen. Dabei erfolgt eine Konkretisierung der Definitionen innerhalb der Einzelbeiträge.

Trotz dieser Einführungsbarrieren eröffnen sich mit dem Einsatz erweiterter und virtueller Arbeitswelten diverse Nutzenpotenziale und Anwendungsfälle (Kortekamp et al. 2019). So ermöglichen virtuelle Realitäten bspw. digitale Lernumgebungen, in denen spezifisches, z.B. implizites, Wissen vermittelt werden kann (Thomas et al. 2018b). In diesem Kontext können z.B. Lernszenarien abgebildet werden, die in der Realität nur schwer durchführbar sind. Weiterhin ist die Unterstützung der Vertriebsprozesse durch die Visualisierung von Produkten möglich (Wohlgenannt et al. 2020, S. 458).

Indes ermöglichen AR-Brillen beispielsweise eine kontextsensitive Informationsbereitstellung im technischen Kundendienst, sodass bimanuelle Tätigkeiten nicht unterbrochen sowie durch die Wahrnehmung der Umwelt mittels Sensoren spezifische Informationen passgenau zum Serviceeinsatz bereitgestellt werden (Kammler et al. 2019). Durch diese gezielte Informationsbereitstellung können Prozessverbesserungen erzielt werden (Yeo 2017). Neben diesen pragmatischen Vorteilen können durch dreidimensionale Visualisierungsmöglichkeiten ebenso Steigerungen der hedonistischen Benutzererfahrung erreicht werden, indem Gamification-Ansätze integriert werden (Ro et al. 2018). Um die Nutzenpotenziale zu entfalten und Adoptions- und Diffusionsbarrieren zu minimieren, ist die Gestaltung der Systeme zwingend in den Vordergrund der Betrachtung zu rücken.

2 Motivation und Zielsetzung

Digitale Technologien bilden eine wesentliche Grundlage für Innovationen in Wirtschaft und Gesellschaft (Legner et al. 2017). Diese Innovationen können bestehende Geschäftsmodelle in Organisationen erneuern und transformieren (Kohli, Melville 2019). Dies gelingt, indem sich Technologien als digitale Innovationen³ in Unternehmen manifestieren. Hierfür schlagen Wiesböck und Hess (2020) die Berücksichtigung von vier Forschungsbereichen vor: 1) Konzeptuelle Entwicklungen digitaler Innovationen, 2) Konkrete digitale Innovationen in Form von neuen bzw. veränderten Produkten und Services, Prozessen und Geschäftsmodellen, 3) Enabler digitaler Innovationen auf organisatorischer Ebene sowie 4) Aufbau einer IT-Governance für digitale Innovationen. Die technologiegetriebene Entwicklung von digitalen Innovationen steht im Vordergrund der ersten zwei Forschungsbereiche. Dabei werden digitale Technologien in Konzepte und anschließend in Produkte und Services, Prozesse sowie Geschäftsmodelle überführt (Wiesböck, Hess 2020). Einerseits werden digitale Innovationen durch die Möglichkeiten, die neue digitale Technologien offerieren (engl.: technology-push), und andererseits durch die Anforderungen und Bedürfnisse innerhalb einer Anwendungsdomäne (engl.: technology-pull) getrieben (Wiesböck, Hess 2020, S. 76–77). Bei der Implementierung von digitalen Innovationen findet eine Adressierung der Probleme bzw. Anforderungen mit möglichen digitalen Technologien statt (Nambisan et al. 2017, S. 226–227). Die Fokussierung des Problems bei der Entwicklung von digitalen Innovationen bietet an dieser Stelle die Möglichkeit, die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik (engl.: Design Science Research) zu integrieren (Kohli, Melville 2019, S. 217). Bis zur finalen Durchdringung auf dem Markt durchlaufen digitale Innovationen dabei mit der Entdeckung, Entwicklung, Diffusion sowie Auswirkung insgesamt vier Phasen (Fichman et al. 2014, S. 335).

Analog dazu bieten AR und VR als digitale Technologien die Möglichkeit, als digitale Innovationen bestehende Produkte und Dienstleistungen, Geschäftsprozesse und -modelle zu

³ Digitale Innovationen bezeichnen neuartige oder veränderte Produkte und Dienstleistungen, Geschäftsprozesse und -modelle resultierend aus dem Einsatz von digitalen Technologien (Nambisan et al. 2017, S. 224; Wiesböck, Hess 2020, S. 77).

erneuern bzw. zu verändern. Kontinuierliche Verbesserungen der AR- und VR-Technologien sorgen dafür, dass beide Technologieklassen iterativ die Phasen der Durchdringung digitaler Innovationen durchlaufen. Für erfolgreiche Umsetzungen ist dabei insbesondere die Überwindung der Adoptions- und Diffusionsbarrieren im AR- und VR-Bereich (vgl. Kapitel 1) entscheidend. Lediglich instanziierte Systeme ermöglichen die nutzerseitige Anwendung, um Erkenntnisse im Bereich soziotechnischer Informationssysteme, in die sich AR- und VR-Systeme einordnen lassen, herzuleiten (Brenner et al. 2014). Zusätzlich bieten Umsetzungen die Erprobung und somit die Möglichkeit der Durchführung einer Falsifikation (Salovaara, Merikivi 2015). Da das Spektrum möglicher Anwendungsdomänen für immersive Technologien sehr breit ist (Kortekamp et al. 2019) und sie fortlaufenden Entwicklungen unterliegen, eröffnet sich durch diese Gegebenheiten eine Forschungslücke für neue Konzepte und Implementierungen von erweiterten und virtuellen Arbeitswelten.

Die Zielsetzung dieser Forschungsarbeit ist daher die Herleitung von IT-Artefakten, die bereits Gestaltungswissen repräsentieren oder die im Rahmen einer Evaluation für die Bewertung und Herleitung von Gestaltungswissen geeignet sind. Die vorliegende Dissertation adressiert mit konkreten Konzepten und Implementierungen die ersten zwei Forschungsbereiche von Wiesböck und Hess (2020), da AR und VR in digitale Innovationen überführt werden sollen. Im Vordergrund steht dabei ein technologieinduzierter Untersuchungsgegenstand in verschiedensten Anwendungsdomänen. Zum Aufbau des Gestaltungswissens dienen konkrete Prototypen und IT-Artefakte. Der Forschungsbereich dieser Arbeit konzentriert sich mit AR und VR auf zwei miteinander verwandte Technologien.

3 Einordnung

Die Wirtschaftsinformatik positioniert sich als fächerübergreifende Disziplin zwischen der Betriebswirtschaftslehre und der Informatik (Stahlknecht, Hasenkamp 2002, S. 8). Informationssysteme in Wirtschaft und Gesellschaft bilden dabei den zentralen Untersuchungsgegenstand der Wirtschaftsinformatik (WKWI, GI FB WI 2011). Ihr ursächlicher Zweck ist die Befriedigung der Informationsbedarfe von Menschen bei der Erbringung betrieblicher Aufgaben (Heinrich et al. 2011, S. 257–259). Sie lassen sich als Mensch-Aufgabe-Technik-Systeme mit ihren charakteristischen Eigenschaften als offene, dynamische, komplexe bzw. komplizierte und soziotechnische Systeme bezeichnen (Heinrich et al. 2011, S. 3).

In der Wirtschaftsinformatik haben sich zwei wesentliche Forschungsparadigmen gebildet: Zum einen besteht mit der konstruktionsorientierten bzw. gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik ein Forschungsparadigma, das insbesondere im deutschsprachigen Raum vertreten ist. Das Pendant wird im angelsächsischen Raum als „Design Science Research“ bezeichnet (Österle et al. 2010). Immanentes Erkenntnisziel dieses Forschungsparadigmas sind „Handlungsanleitungen (normative, praktisch verwendbare Ziel-Mittel-Aussagen) zur Konstruktion und zum Betrieb von Informationssystemen sowie Innovationen in den Informationssystemen (Instanzen) selbst“ (Österle et al. 2010, S. 666). Das Forschungsparadigma verfolgt dabei die Phasen Analyse, Entwurf, Evaluation sowie Diffusion als Erkenntnisprozess (Österle et al. 2010, S. 667–668). Zum anderen besteht mit der verhaltensorientierten Wirtschaftsinformatik ein Forschungsparadigma, welches im englischsprachigen, internationalen Raum eine ausgeprägtere Rolle hat und dort als „Information Systems Research“ bezeichnet wird. Erkenntnisziel der verhaltensorientierten Wirtschaftsinformatik ist die Wirkung der Informationstechnologie auf Menschen und innerhalb von Organisationen aus einer sozialwissenschaftlichen Perspektive, um beobachtbare Phänomene mittels Theorien zu erklären sowie die entsprechende Theorieentwicklung voranzutreiben (Robra-Bissantz, Strahinger 2020, S. 164).

Die vorliegende Forschungsarbeit unterliegt dem gestaltungsorientierten Forschungsparadigma und lässt sich im interdisziplinären Forschungsbereich der Mensch-Computer-Interaktion (engl.: human-computer interaction) einordnen. Der Forschungsgegenstand umfasst dabei die Interaktionsforschung von Menschen mit Technologien, Informationen und den Aufgaben im betrieblichen Bereich. Zudem untersucht die Arbeit die Konzeption und Implementierung dieser Systeme unter Berücksichtigung des Nutzerempfindens und der Gebrauchstauglichkeit (Zhang et al. 2002; Zhang, Li 2004). Weiterhin besteht eine Schnittmenge mit dem Forschungsfeld der Modellierung betrieblicher Informationssysteme (Frank et al. 2014), da konzeptuelle Ergebnisse der Systementwicklung mittels Modellen repräsentiert werden. Außerdem wird im Rahmen der Arbeit eine domänen- bzw. technologiespezifische Modellierungssprache entwickelt. Erkenntnisinteresse der Arbeit sind typische Ergebnisse gestaltungsorientierter Forschungsarbeiten wie Konstrukte bzw. Konzepte, Modelle, Methoden sowie deren Umsetzung in konkrete Instanzierungen (March, Smith 1995, S. 256–258). Aus erkenntnistheoretischer Sicht kann nach Iivari (2007, S. 45–49) im Rahmen gestaltungsorientierter Forschungsarbeiten konzeptuelles, deskriptives sowie präskriptives Wissen entstehen, das ebenfalls in dieser Dissertation in den einzelnen Beiträgen erzielt wird:

- Konzeptuelles Wissen umfasst Konzepte und Konstrukte, die einen Forschungsbereich bzw. eine Domäne in Form von Klassifikationen, Taxonomien, Typologien oder gesamten Frameworks darstellen.
- Deskriptives Wissen enthält empirische Regularien, Fakten aus Observationen sowie Theorien und Hypothesen. Im Gegensatz zum konzeptuellen und präskriptiven Wissen handelt es sich um bestätigtes Wissen.
- Präskriptives Wissen umfasst im gestaltungsorientierten Vorgehen insbesondere das instanziierte IT-Artefakt – mit dessen Funktionalitäten, Verhalten und Architektur – sowie die im Gestaltungsprozess erhobenen Gestaltungsprinzipien. Diese dienen als Sollempfehlungen zur Implementierung gleicher bzw. analoger IT-Artefakte.

Damit Gestaltungsempfehlungen und das implementierte Artefakt als präskriptives Wissen bestätigt werden, betonen Sonnenberg und vom Brocke (2012, S. 382–389) die wiederkehrende Abfolge der Implementierung und Evaluation von Artefakten („Build-Evaluate Pattern“). Die Ergebnisse der Evaluationen stellen wiederum deskriptives Wissen dar. Analog dazu werden in dieser Dissertation vorgenommene Gestaltungsentscheidungen durch Evaluationen geprüft. Zur methodischen und nutzenstiftenden Entwicklung der Systeme ist die Berücksichtigung wissenschaftlicher Erkenntnisse aus den Kognitionswissenschaften, der Psychologie, der Sozialwissenschaften und den Rechtswissenschaften erstrebenswert, da AR- und VR-Technologien in jeder der genannten Disziplinen einen spezifischen Forschungsgegenstand einnimmt. Neben dem angewandten Methodenspektrum (vgl. Kapitel 4.2) werden der partizipative und der prototypische Ansatz integriert: Der partizipative Ansatz betont die explizite Berücksichtigung und Einbindung der möglichen Nutzer eines Forschungsartefaktes (Thomas 2006, S. 14). Bei der Entwicklung von AR- und VR-Anwendungen ist dieser Ansatz von besonderer Bedeutung, da die Technologien am Körper getragen werden und als solche nutzerzentriert sind. Durch die Partizipation der Nutzenden können Barrieren frühzeitig entdeckt und begegnet werden. Die tatsächliche Umsetzung eines Konzeptes wird mit dem prototypischen Ansatz berücksichtigt, um Anwendungen in ihrer Domäne erproben zu können (Thomas 2006, S. 14). Im Sinne des gestaltungsorientierten Ansatzes sind konzeptuelle Überlegungen mittels konkreter AR- und VR-Anwendungen durch Evaluationen zu prüfen, die eine prototypische Implementierung erfordern.

4 Methodik

4.1 Forschungsfragen und Erkenntnisinteresse

Durch Forschungsfragen werden in der Wissenschaft differenzierte Erkenntnisinteressen adressiert. Nach Eberhard (1999, S. 16 ff.) bestehen drei verschiedene Erkenntnisinteressen: Das *phänomenale Erkenntnisinteresse* untersucht faktische Gegebenheiten („Was geschieht?“). Mit dem *kausalen Erkenntnisinteresse* hingegen werden die Ursachen von Phänomenen untersucht und erklärt („Warum geschieht es?“). Schließlich enthält das *aktionale Erkenntnisinteresse* die Handlungen und Gestaltungen, um erkannte Phänomene zu begegnen („Was ist zu tun?“). Forschungsgegenstand dieser Arbeit sind AR- und VR-Technologien mit der Zielsetzung, konkrete Konzepte und Implementierungen herzuleiten, um diese als digitale Innovationen in Form von neuen oder veränderten Prozessen, Geschäftsmodellen sowie Produkten und Services zu manifestieren. Durch konkrete Gestaltungen von IT-Artefakten verfolgt dabei die vorliegende Dissertation vorrangig das Ziel nach aktionalem Erkenntnisinteresse, was in Teilfragen durch das phänomenale Erkenntnisinteresse ergänzt wird. Basierend auf der dargelegten Ausgangssituation, Motivation sowie Zielsetzung stellt die Dissertation die folgende Leitfrage auf:

FF: Wie können erweiterte und virtuelle Arbeitswelten gestaltet werden, um nutzerseitig akzeptiert und im betrieblichen Umfeld nutzenstiftend zu sein?

Bedingt durch die Komplexität der zugrundeliegenden Leitfrage sowie die Berücksichtigung von zwei verwandten Technologieklassen in Form von Augmented und Virtual Reality wird die Forschungsfrage in vier Teilfragen gegliedert. Teilfrage 1 (FF1) und Teilfrage 2 (FF2) adressieren jeweils ausschließlich erweiterte Arbeitswelten, während Teilfrage 3 (FF3) die Gestaltung virtueller Arbeitswelten fokussiert. Teilfrage 4 (FF4) führt beide Technologien schließlich im Rahmen einer Analyse des wirtschaftlichen Ökosystems von immersiven Technologien zusammen. In Kombination beantworten die Teilforschungsfragen die übergeordnete Leitfrage der Dissertation. Die erste Forschungsfrage berücksichtigt die AR-Technologie im Sinne eines aktionalen Erkenntnisinteresses. Dabei werden die zugrundeliegenden Konzepte von AR-Technologien, im Speziellen für Smart Glasses, untersucht und diese in eine spezifische Modellierungssprache für einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz integriert:

FF1: Können erweiterte Arbeitswelten zur Verbesserung der Akzeptanz und Nützlichkeit modellgetrieben erstellt werden?

Die erzielten Ergebnisse der Forschungsfrage 1 zeigen die Möglichkeit der Gestaltung von Smart-Glasses-basierten Anwendungen mit einem modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz auf. Darauf aufbauend wird der nutzenstiftende Einsatz von AR-Technologien unter Berücksichtigung von getroffenen Gestaltungsentscheidungen mit konkreten Instanzierungen und Erprobungen für technische Dienstleistungsprozesse zur Beantwortung von FF2 untersucht:

FF2: Welche Gestaltungsentscheidungen sind bei erweiterten Arbeitswelten für einen nutzenstiftenden Einsatz im betrieblichen Umfeld zu berücksichtigen?

Das Gestaltungswissen im Bereich der erweiterten Realitäten konnte aufgrund der technologischen Unterschiede von AR und VR nicht direkt übertragen werden. Jedoch konnten Konzepte, Architekturen sowie die methodische Herangehensweise für die Gestaltung von virtuellen Arbeitswelten adaptiert werden. Analog zu FF1 und FF2 liegt die Motivation in

FF3 in der Gestaltung unter Berücksichtigung der Akzeptanz und Nützlichkeit am Beispiel des Prototypings im Rahmen von Design-Thinking-Prozessen:

FF3: Können virtuelle Arbeitswelten das Prototyping in Design-Thinking-Prozessen ermöglichen und kreativitätsfördernd wirken?

Initial erfolgte zur Beantwortung von FF3 die Konzeption und Implementierung einer VR-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen, die unter Berücksichtigung der Konstrukte wie Kreativität, Effizienz und Intuition erprobt und evaluiert wurde. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde die VR-Anwendung multiuserfähig gestaltet und um Handtracking erweitert, um die Interaktion zu verbessern. Dabei wurden kontinuierlich Gestaltungsentscheidungen reflektiert und dokumentiert, die in Gestaltungsprinzipien für immersive und kreativitätsfördernde virtuelle Arbeitswelten führen.

In den drei Teilfragen konnten Faktoren zur Überwindung von Barrieren sowie entsprechende Mehrwerte des Technologieeinsatzes identifiziert werden. Diese kommen in einem sich stetig entwickelnden Ökosystem für immersive Technologien zu tragen. Dieses Ökosystem wurde in FF4 im Sinne des phänomenalen Erkenntnisinteresses untersucht:

FF4: Welche Wertströme, Akteure und Verbindungen sind innerhalb des wirtschaftlichen Ökosystems von erweiterten und virtuellen Arbeitswelten vertreten?

Die Ergebnisse von FF4 zeigen die angewandten Konzepte und Implementierungen aus FF1, FF2 und FF3 auf einer abstrakten Ebene in einem wirtschaftlichen Ökosystemmodell immersiver Anwendungen auf. Primär wurde das Modell anhand identifizierter Konzepte aus Unternehmensbeschreibungen von Start-ups hergeleitet. Im Folgenden werden die verwendeten Methoden aufgezeigt, die zur Herleitung der wissenschaftlichen Ergebnisse und gestaltungsorientierten IT-Artefakte dienen.

4.2 Methodenspektrum

Forschungsmethoden dienen der Erkenntnisgewinnung in der Wirtschaftsinformatik und sind zugleich Untersuchungsgegenstand der Wirtschaftsinformatik (Wilde, Hess 2007, S. 281). Dabei herrscht ein Methodenpluralismus in der Wirtschaftsinformatik (Loos et al. 2013). Nachfolgend werden daher die angewandten Methoden der Arbeit vorgestellt, die in verschiedenen Kombinationen zur Erkenntnisgewinnung dienen:

- *Literaturanalyse*: Eine Literaturanalyse dient der systematischen Erhebung der Literatur eines Forschungsbereiches sowie deren Analyse. Anfänglich wird der Umfang und Rahmen einer Recherche definiert, danach wird der Suchprozess mit einem Suchterm innerhalb wissenschaftlicher Datenbanken durchgeführt. Abschließend folgen die Literaturauswahl und -analyse (vom Brocke et al. 2009). In dieser Dissertation werden Literaturanalysen zur Aufarbeitung des aktuellen Wissensstandes angewendet. Das Analyzierte wurde zudem in die Forschungsarbeiten, z. B. zur Herleitung von Gestaltungswissen, integriert.
- *Konzeptionell- und argumentativ-deduktive Analyse*: Logisch-deduktives Schließen kann formal, konzeptionell und argumentativ zur Herleitung neuer Artefakte und Erkenntnisse erfolgen (Wilde, Hess 2007). In dieser Arbeit werden konzeptionelle und argumentative Ansätze angewendet.
- *Modellierung*: Modelle gehören zu den zentralen Artefakten der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik (March, Smith 1995). Nach dem konstruktionsorientierten

Verständnis kann ein Modell als „eine durch einen Konstruktionsprozess gestaltete, zweckrelevante Repräsentation eines Objekts“ (Thomas 2006, S. 63) interpretiert werden. In der Wirtschaftsinformatik wird insbesondere konzeptuellen Modellen eine große Bedeutung beigemessen. Diese entstehen unter Verwendung einer Modellierungssprache und der Abstraktion auf zweckrelevante Konzepte einer Domäne. Dabei dienen sie der Komplexitätsreduktion sowie zur fächerübergreifenden Analyse und Kommunikation von Informationssystemen (Frank et al. 2014, S. 49–50).

- *Prototypische Implementierung*: Die Instanziierung von IT-Artefakten in Form von Prototypen ist ein wesentlicher Bestandteil der gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik (Hevner et al. 2004; Peffers et al. 2007). Prototypische Implementierungen zeigen dabei auf, dass die zugrundeliegenden Konzepte realisiert werden können. Zudem können aus der Umsetzung weitere Erkenntnisse resultieren (Thomas 2006, S. 158). Die Gestaltung der IT-Artefakte als solches sowie die getroffenen Gestaltungsentscheidungen können in Form von Gestaltungsprinzipien kommuniziert werden und stellen präskriptives Wissen dar. Sie dienen als Sollempfehlungen zur Implementierung vergleichbarer bzw. analoger IT-Artefakte (Iivari 2007, S. 45–49).
- *Laborexperiment*: Ein Laborexperiment ermöglicht die Überprüfung von Hypothesen in einer kontrollierten Umgebung. Es dient der Untersuchung der Zusammenhänge zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen bei einem definierten Untersuchungsdesign (Heinrich et al. 2011, S. 104–105).
- *Experteninterview*: Die Durchführung von Experteninterviews ist eine qualitative Forschungsmethode, um spezifisches Wissen von Personen zu erheben. Experteninterviews können dabei in strukturierte, semi-strukturierte sowie Gruppeninterviews unterschieden werden (Myers, Newman 2007). Als Experte kann eine Person definiert werden, die über besonderes Wissen in dem untersuchten Forschungsbereich verfügt (Gläser, Laudel 2010). In der vorliegenden Arbeit werden Experteninterviews insbesondere zur Anforderungserhebung und zur Bewertung von erstellten IT-Artefakten eingesetzt.
- *Qualitative Inhaltsanalyse*: Die qualitative Inhaltsanalyse umfasst die systematische Analyse von gespeicherten Inhalten. Zielsetzung ist die Analyse des Inhalts nach der jeweiligen Fragestellung, deren Ergebnisdarstellung quantitativ und qualitativ erfolgen kann (Mayring 2010). Eingesetzt wird diese Methode in der Forschungsarbeit bei der Analyse aufgezeichneter Transkriptionen durchgeführter Interviews sowie zur Herleitung von Konzepten aus extrahierten Unternehmensbeschreibungen.
- *Fokusgruppen*: In Abgrenzung zu Gruppeninterviews im Rahmen der Methode der Experteninterviews grenzen sich Fokusgruppen ab, indem die Gruppeninteraktion unter den Teilnehmenden bewusst gefördert und beabsichtigt ist. Im Gegensatz dazu besteht bei Gruppeninterviews die Interviewbeziehung zwischen Befragten und Interviewer (Kitzinger 1995). Die Methode wird unter anderem angewendet, um bei der iterativen Prototypenentwicklung eine Bewertung von IT-Artefakten vorzunehmen.
- *Beobachtung*: Bei der Beobachtung (engl.: Shadowing) werden standardisiert Wahrnehmungen aufgezeichnet. Ein Beobachtungsplan definiert dabei, was zu beobachten ist, wie die Beobachtungen gedeutet werden können sowie die Form der Dokumentation. Insbesondere sind Beobachtungen zur Erhebung erster phänomenaler Erkenntnisse eines Forschungsgegenstandes geeignet. Weiterhin können in Situationen realistische Informationen gewonnen werden, die bei anderen Methoden wie Befragungen oder Laborexperimenten unerwünschten Verhaltensverzerrungen unterliegen (Bortz, Döring 2006, S. 262–269).

4.3 Forschungsplan

Der in Abbildung 1 dargestellte Forschungsplan stellt die in Kapitel 4.1 aufgestellten Forschungsfragen sowie die in Kapitel 4.2 beschriebenen Methoden strukturiert dar. Dabei wird die Leitfrage der Dissertation in vier Teilfragen untergliedert. Zusätzlich wurden FF1 und FF3 in weitere Unterfragen zerlegt. Die adressierte Domäne sowie verwendete Methoden mit den erzielten Hauptartefakten werden jeweils unter den Teilforschungsfragen stichpunktartig dargelegt.

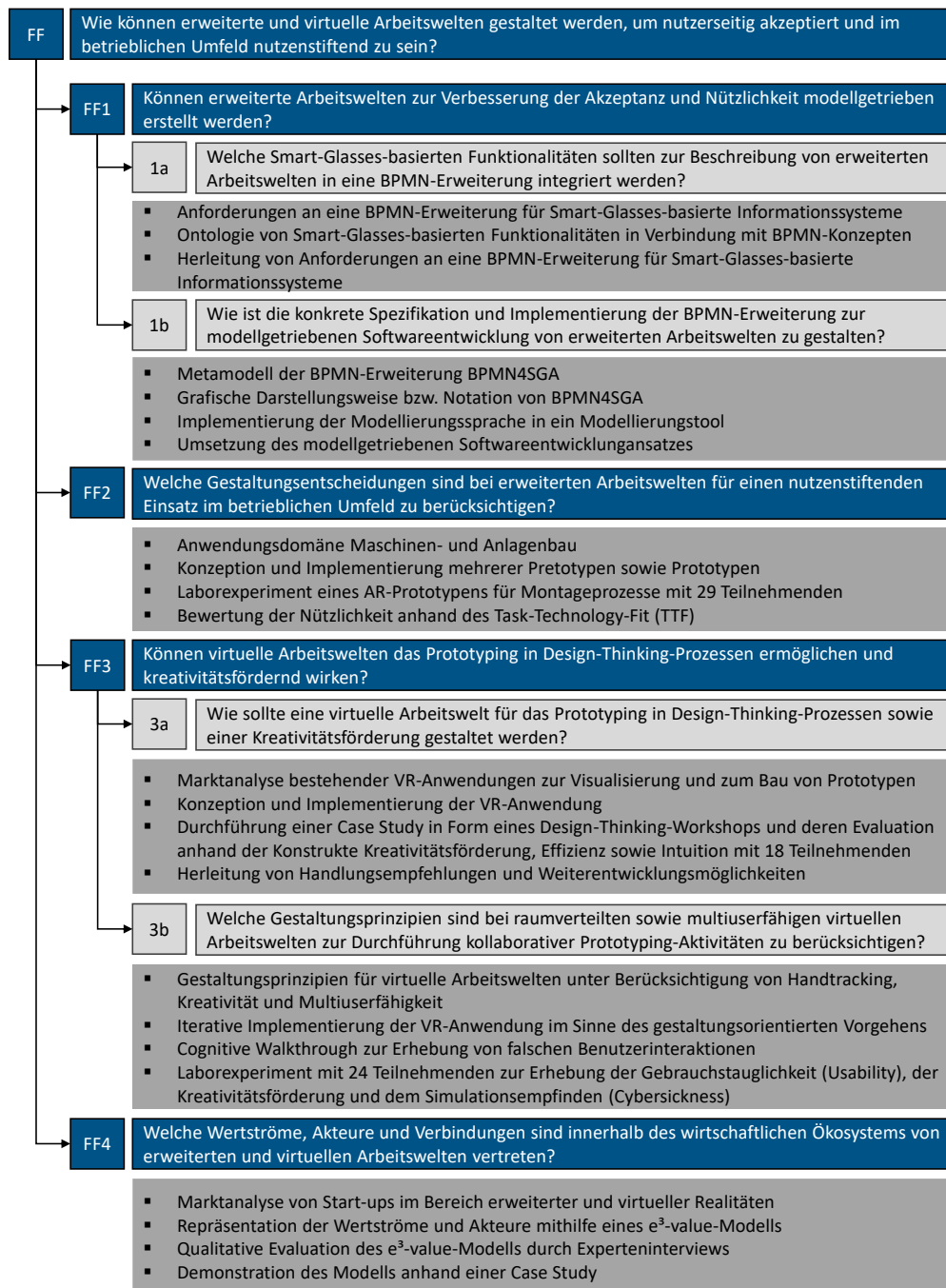


Abb. 1. Forschungsplan der Dissertation

5 Ergebnisse

5.1 Überblick

Die Dissertation enthält 24 Publikationen, wovon sich zwei Beiträge im November 2021 in Veröffentlichung befinden (vgl. Tab. 1). In die Dissertation werden sechs ausgewählte Beiträge (**B1 - B6**) eingebracht. Alle weiteren Beiträge B7 – B24 können dem Forschungsplan und den Teilfragen unterstützend zugeordnet werden. Drei mit X gekennzeichnete Beiträge sind nicht originär dem Forschungsplan (vgl. Abb. 1) zuordenbar, bedingt durch einen anderen Technologiefokus (B10) sowie durch die Abgrenzung der Domäne (B20 und B24).

Tab. 1. Überblick über eingebrachte Publikationen sowie weitere Forschungsbeiträge

#	Publikationsorgan	Medium	Ranking ⁴		Bibliographische Informationen	FF
			WK WI	VHB JQ3		
B1	Workshop ZuGPM Informatik 2018 (LNI 285)	Tagung	B	C	Vogel, J. ; Zobel, B.; Jannaber, S.; Thomas, O. (2018): BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications to enable Process Visualisations. In: Czarnecki, C., Brockmann, C., Sultanow, E., Koschmider, A.; Selzer, A. (Hrsg.): Workshops der INFORMATIK 2018 - Architekturen, Prozesse, Sicherheit und Nachhaltigkeit, Bonn, Köllen Druck+Verlag GmbH, S. 259-273.	1
B2	International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI 2019)	Tagung	A	C	Vogel, J. ; Thomas, O. (2019): Generating Smart Glasses-based Information Systems with BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Germany, S. 259-273.	1
B3	International Conference on Information Systems (ICIS 2019)	Tagung	A	A	Kammler, F.; Brinker, J.; Vogel, J. ; Hmaid, T.; Thomas, O. (2019): How Do We Support Technical Tasks in the Age of Augmented Reality? Some Evidence from Prototyping in Mechanical Engineering. In: Fong Boh, W.; Leimeister, J.M.; Watal, S., (Hrsg.): International Conference on Information Systems (ICIS 2019), München, Germany.	2
B4	HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik	Journal	B	D	Vogel, J. ; Schuir, J.; Thomas, O.; Teuteberg, F. (2020): Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Nr. 57/3, S. 432-450. (HMD Best Paper Award 2020)	3
B5	European Conference on Information Systems (ECIS 2021)	Tagung	A	B	Vogel, J. ; Schuir, J.; Koßmann, C.; Thomas, O.; Teuteberg, F.; Hamburg, K.-C. (2021): Let's Do Design Thinking Virtually: Design and Evaluation of a Virtual Reality Application for Collaborative Prototyping. In: European Conference on Information System (ECIS 2021), A Virtual AIS Conference, Research Paper.	3
B6	International Symposium on Business Modeling and Software Design (LNBIP 391)	Tagung	-	C	Schuir, J.; Vogel, J. ; Teuteberg, F.; Thomas, O. (2020): Understanding the Augmented and Virtual Reality Business Ecosystem: An e ³ -value Approach. In: Shishkov, B. (Hrsg.): International Symposium on Business Modeling and Software Design (BMSD 2020), Springer, Cham, S. 240-256.	4
B7	International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures	Tagung	-	-	Vogel, J. ; Jannaber, S.; Zobel, B.; Thomas, O. (2018): Design and Development of a Process Modelling Environment for Business Process Utilization within Smart Glasses. In: Fellmann, M.; Sandkuhl, K. (Hrsg.): Proceedings of the 9th International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2018), Rostock, Germany, S. 85-89.	1
B8	International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures	Tagung	-	-	Zobel, B.; Berkemeier, L.; Werning, S.; Vogel, J. ; Ickerott, I.; Thomas, O. (2018): Towards a Modular Reference Architecture for Smart Glasses-based Systems in the Logistics Domain. In: Fellmann, M.; Sandkuhl, K. (Hrsg.): Proceedings of the 9th International Workshop	1

⁴ Die Rankings der jeweiligen Beiträge wurden auf Basis der WI-Orientierungsliste der WKWI (WI-Journalliste 2008, Stand 2008-03-03, v39; WI-Liste der Konferenzen, Proceedings und Lecture Notes 2008, Stand 2008-03-03, v27) und des VHB-Journal 3 – Teilrating WI ermittelt.

#	Publikationsorgan	Medium	Ranking ⁴		Bibliographische Informationen	FF
			WK WI	VHB JQ3		
					on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2018), Rostock, Germany, S. 95-99.	
B9	International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI 2019)	Tagung	A	C	Berkemeier, L.; Zobel, B.; Werning, S.; Vogel, J. ; Remark, F.; Ickerott, I.; Thomas, O. (2019): Heuristic Theorizing in Software Development: Deriving Design Principles for Smart Glasses-based Systems. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Germany, S. 542-556.	2
B10	International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI 2019)	Tagung	A	C	Vogel, J. ; Hagen, S.; Thomas, O. (2019): Discovering Blockchain for Sustainable Product-Service Systems to enhance the Circular Economy. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Germany, S. 1493-1507.	X
B11	Workshop ZuGPM Informatik 2019 (LNI 294)	Tagung	B	C	Vogel, Ju.; Vogel, Ja. ; Jannaber, S.; Thomas, O. (2019): Speech2EPC: Entwurf und Implementierung eines Smart Glasses-basierten Modellierungswerkzeugs. In: Draude, C., Lange, M. & Sick, B. (Hrsg.): INFORMATIK 2019: 50 Jahre Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft (Workshop-Beiträge), Bonn, S. 367-380.	1
B12	Workshop EMISA 2019 (LNI 304)	Tagung	B	C	Vogel, J. ; Thomas, O. (2019): Towards a Virtual Reality-based Process Elicitation System. In: Mayr, H. C., Rinderle-Ma, S. & Strecker, S. (Hrsg.): Digital Ecosystems of the Future: Methods, Techniques and Applications: 40 Years EMISA, Bonn, Germany, S. 91-104.	3
B13	Living Lab BPM Research Report	Arbeitsbericht	-	-	Hagen, S.; Brinker, J.; Vogel, J. (2019): Der digitale Zwilling: Datenbasierte Innovationen für die Landwirtschaft. In: Thomas, O. (Hrsg.): Arbeitsbericht Nr. 3 des niedersächsischen Innovationsverbands SmartHybrid - Hybride Wertschöpfung für Niedersachsen, Osnabrück, Living Lab BPM e.V., S. 45-48.	3
B14	Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen	Buchband	-	-	Thomas, O.; Ickerott, I.; Berkemeier, L.; Werning, S.; Zobel, B.; Vogel, J. ; Kaiser, C.; Mollen-Ungru, T.; Neumann, T. (2020): GLASSHOUSE – Smart Glasses zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen. In: Thomas, O.; Ickerott I. (Hrsg.): Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen, Springer Gabler, S. 2-18.	1
B15	Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen	Buchband	-	-	Vogel, J. ; Koßmann, C.; Schuir, J.; Kleine, N.; Sievering, J. (2020): Virtual- und Augmented-Reality-Definitionen im interdisziplinären Vergleich. In: Thomas, O.; Ickerott I. (Hrsg.): Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen, Springer Gabler, S. 19-50.	1, 2, 3
B16	Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen	Buchband	-	-	Berkemeier, L.; Werning, S.; Zobel, B.; Vogel, J. ; Ickerott, I.; Thomas, O. (2020): Konzeption und Implementierung nutzerfreundlicher Smart-Glasses-Applikationen in der Logistik. In: Thomas, O.; Ickerott I. (Hrsg.): Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen, Springer Gabler, S. 70-84.	1
B17	Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen	Buchband	-	-	Berkemeier, L.; McGuire, M.-R.; Steinmann, S.; Niemöller, C.; Thomas, O.; Wahlen, P.; Vogel, J. (2020): Datenschutz und Datensicherheit von Smart Glasses. In: Thomas, O.; Ickerott I. (Hrsg.): Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen, Springer Gabler, S. 85-104.	1, 2
B18	Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen	Buchband	-	-	Vogel, J. ; Thomas, O. (2020): Low-Code-Plattformen zur Verbreitung von Wearable-Technologien. In: Thomas, O.; Ickerott I. (Hrsg.): Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen, Springer Gabler, S. 219-230.	1
B19	Handbuch E-Learning	Buchband	-	-	Dreesbach, T.; Vogel, J. ; Berg, M.; Gösling, H.; Walter, T.; Thomas, O.; Knopf, J. (2020): AdEPT – Eine digitale Lern- und Lehr-Plattform in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung mit Augmented Reality. In: Handbuch E-Learning, Nr. 86., August.	1
B20	Trends in Event Education	Buchband	-	-	Vogel, J. ; Thomas, O. (2020): Digitalisierung als Enabler nachhaltiger Veranstaltungen: Potenziale und Handlungsfelder durch neue Technologien. In: Gehrke, G.; Thilo, I. (Hrsg.): Trends in Event Education - Ein Tagungsband zur Veranstaltungswirtschaft, Springer Fachmedien, Hannover, S. 49-71.	X
B21	European Conference on Information Systems (ECIS 2021)	Tagung	A	B	Gösling, H.; Dreesbach, T.; Vogel, J. ; Kochon, E. (2021): Linking Augmented Reality with Peer Tutoring in Vocational Learning Environments: A Multi-Agent-based Approach. In: European Conference on	1

#	Publikationsorgan	Medium	Ranking ⁴		Bibliographische Informationen	FF
			WK W1	VHB JQ3		
B22	Dienstleistungsinnovationen durch Digitalisierung	Buchband	-	-	Information System (ECIS 2021), A Virtual AIS Conference, Research in Progress. Thomas, O.; Ickerott, I.; Berkemeier, L.; Werning, S.; Zobel, B.; Vogel, J. ; Konusch, D. (2021): GLASSHOUSE – Dienstleistungsinnovationen in der Logistik mit Smart Glasses realisieren. Springer Gabler, Berlin, S. 77-113.	1
B23	Edition HMD	Buchband	-	-	Vogel, J. ; Schuir, J.; Thomas, O.; Teuteberg, F. (2022): Virtual Reality als Prototyping-Medium in Design-Thinking-Prozessen: Proof of Concept und zukünftige Entwicklungsperspektiven, Springer Gabler. <u>In Veröffentlichung.</u>	3
B24	Handbuch Nachhaltige Events	Buchband	-	-	Fukas, P.; Vogel, J. ; Klimek, M.; Thomas, O. (2022): Die Digitalisierung von Events – Die Chance für eine nachhaltige Zukunft. In: Handbuch Nachhaltige Events, Springer Gabler. <u>In Veröffentlichung.</u>	X

Die eingebrachten Forschungsbeiträge können in den Erkenntnisprozess gestaltungsorientierter Forschung mit den Phasen Analyse, Entwurf, Evaluation und Diffusion eingeordnet werden (Österle et al. 2010). Die Diffusion der erzielten Erkenntnisse erfolgt über die jeweiligen Publikationsorgane der Beiträge sowie durch diese Dissertation. Alle Beiträge enthalten mit der Phase Entwurf die methodische Herleitung neuer IT-Artefakte, denen überwiegend eine Analyse vorausgegangen ist. Vier durchgeführte Evaluationen vervollständigen den gestaltungsorientierten Ansatz dieser Forschungsarbeit (vgl. Abb. 2).

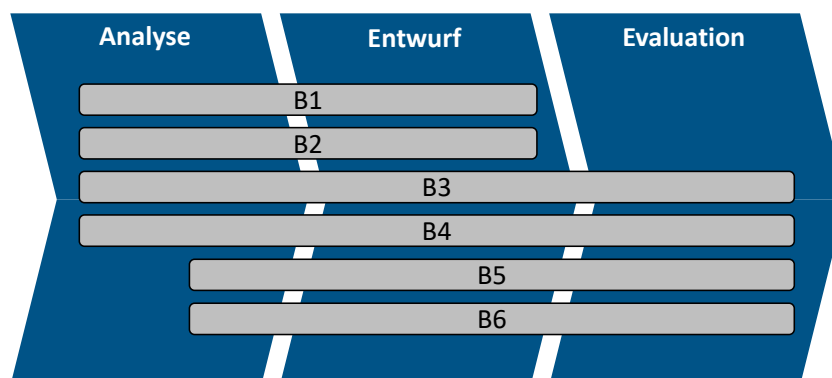


Abb. 2. Einordnung der Beiträge in den Erkenntnisprozess gestaltungsorientierter Forschung (in Anlehnung an Österle et al. 2010)

Die Forschungsergebnisse der Beiträge (B1 – B6) adressieren explizite Ziele und Aufträge der Wirtschaftsinformatik und wurden entsprechend in eine Matrix eingeordnet (vgl. Abb. 3). Die Implikationen der Beiträge sind in der Einordnung mit einer Kante sowie einer darauf gerichteten Kopie angedeutet, deren Artefakte andere Ziele oder Aufträge adressieren. Erkenntnisziele umfassen Analysen bestehender Sachverhalte; im Gegensatz dazu betrachten Gestaltungsziele den Entwurf neuer Sachverhalte (Becker et al. 2004). Die überwiegende Einordnung der Beiträge in die gestaltungszielgeleitete Forschung unterstreicht den gestaltungsorientierten Ansatz der Dissertation.

Auf inhaltlicher Ebene kann zwischen einem methodischen und inhaltlich-funktionalen Auftrag unterschieden werden. Der methodische Auftrag beinhaltet die Entwicklung von Methoden und Techniken für die Gestaltung von Informationssystemen. Im Gegensatz dazu umfasst der inhaltlich-funktionale Auftrag die Gestaltung und den Erkenntnisgewinn von bzw. über Informationssysteme in Wirtschaft und Gesellschaft (Becker et al. 2004).

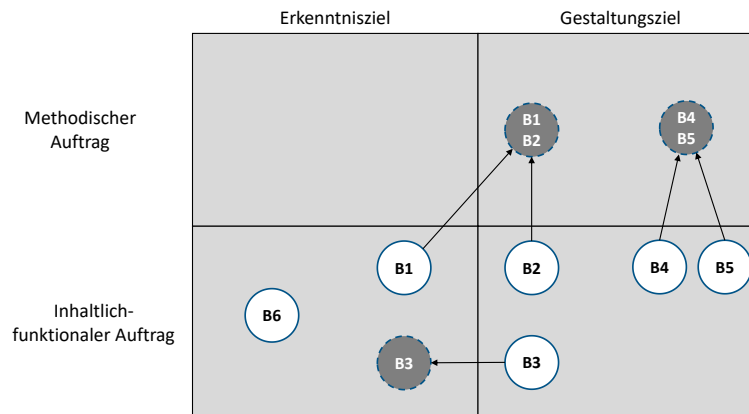


Abb. 3. Einordnung der Beiträge nach Zielen und Aufträgen (in Anlehnung an Becker et al. 2004)

Im Folgenden werden die Beitragseinordnungen nach den Zielen und Aufträgen sowie die Wirkungsbeziehungen erläutert:

- (1) Der erste Forschungsbeitrag erhebt Anforderungen an eine domänen- bzw. technologiespezifische Modellierungssprache für Smart-Glasses-basierte Informationssysteme. Auf inhaltlicher Ebene werden die Konzepte dieser Informationssysteme analysiert und in eine Ontologie für Smart-Glasses-basierte Systeme miteinander in Verbindung gebracht.
- (2) Der zweite Forschungsbeitrag überführt die erhobenen Anforderungen in gestaltungsorientierte IT-Artefakte in Form einer BPMN-Erweiterung, eine spezifische Modellierungssprache zur Gestaltung von Smart-Glasses-basierten Informationssystemen sowie einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz zur Generierung. Damit erreichen Beitrag 1 und 2 eine neue Methode zur Gestaltung von Informationssystemen.
- (3) Der dritte Forschungsbeitrag beinhaltet die Gestaltung von AR-basierten Assistenzsystemen im Maschinen- und Anlagenbau. Mit der iterativen Umsetzung von Prototypen und einem Laborexperiment werden auf inhaltlicher Ebene neue Erkenntnisse zur Wirkung der Systeme gewonnen sowie Annahmen von Vorteilen AR-basierter Systeme falsifiziert. Die im iterativen Gestaltungsprozess vorgenommenen Gestaltungsentscheidungen werden zudem in Beitrag 3 kommuniziert.
- (4) Der vierte Forschungsbeitrag gestaltet und erprobt den Einsatz einer VR-Anwendung zur Unterstützung des Prototyping in Design-Thinking-Prozessen. Als Implikation resultiert eine neue Möglichkeit, die Gestaltung von Prototypen im Rahmen des Design Thinkings zur Erschließung von Innovationen vorzunehmen.
- (5) Aufbauend auf Beitrag vier umfasst der fünfte Forschungsbeitrag die Fortführung des gestaltungsorientierten Ansatzes mit zwei weiteren Iterationen. Dabei stellt der Beitrag Gestaltungsprinzipien für immersive, kreativitätsfördernde VR-Anwendungen auf. Beide Beiträge stellen gemeinsam einen neuen, virtuellen Gestaltungsansatz für die Prototyping-Phase in Design-Thinking-Prozessen vor.
- (6) Der sechste Forschungsbeitrag analysiert Unternehmensbeschreibungen von Start-ups im AR- und VR-Bereich und abstrahiert deren Geschäftsmodelle in ein Modell, das die Akteure, Wertströme und deren Verbindungen gesamtheitlich darstellt. Das evaluierte Modell kann folglich von Akteuren genutzt werden, um ein Verständnis über das Ökosystem zu erhalten und Möglichkeiten zur Kollaboration zu identifizieren. Ferner werden die gestaltungsorientierten Aspekte der einzelnen Beiträge integriert.

Die aufgelisteten Forschungsergebnisse (vgl. Tab. 1) wurden primär im Graduiertenkolleg *va-eva* „Vertrauen und Akzeptanz in erweiterten und virtuellen Arbeitswelten“, durch die Beteiligung an den Konsortialforschungsprojekten *Glasshouse* und *smartTCS* sowie im Rahmen des Forschungsprojektes *IT4GreenEvents* erzielt. Dabei konnten die Ergebnisse bereits in drei weitere Forschungsprojekte einfließen: Die Konzepte aus BPMN4SGA sind eine wesentliche Komponente im Forschungsprojekt *AdEPT* zur Modellierung von Augmented-Reality-basierten Bildungsprozessen. Weiterhin konnten die Ergebnisse im VR-Bereich von dem Forschungsprojekt *Virtual Reality Forestry Training* adaptiert werden. Schließlich bedingt die gleichartige technologische Ausstattung aktueller AR-basierter Endgeräte mit KI-basierter Tiefensensorik zur Umgebungswahrnehmung die Übertragung im Forschungsprojekt *smartMILC* zur Verbesserung des Tierwohls und der Arbeitsorganisation im landwirtschaftlichen Bereich.

5.2 Zentrale Ergebnisse der Beiträge

Im Folgenden werden die zentralen Ergebnisse der eingebrachten Beiträge (B1 – B6) unter Einbezug der aufgestellten Forschungsfragen (vgl. Kapitel 4.3) vorgestellt. Dabei werden die verwendeten Methoden (vgl. Kapitel 4.2), die primären Artefakte sowie Implikationen und Zusammenhänge zwischen den Beiträgen dargelegt.

5.2.1 Herleitung von Konzepten erweiterter Arbeitswelten zur Gestaltung einer technologiespezifischen Prozessmodellierungssprache

Der nutzenstiftende Einsatz erweiterter Arbeitswelten verlangt eine bedarfsgerechte Informationsbereitstellung. Hierfür müssen erweiterte Arbeitswelten flexibel an die unternehmerischen Prozesse angepasst werden können. Zudem können somit nutzerseitige Akzeptanzprobleme adressiert werden. Ein flexibler Ansatz wird allein mit traditionellen Vorgehensweisen zur Entwicklung von Informationssystemen nicht erreicht. Einerseits sind Entwicklungskapazitäten für neue Technologien, wie sie im Rahmen erweiterter Arbeitswelten eingesetzt werden, intern sowie extern bei den anwendenden Unternehmen beschränkt (Hobert, Schumann 2017). Andererseits gehen mit der Implementierung von erweiterten Arbeitswelten investitionstechnische Überlegungen einher (Oesterreich, Teuteberg 2018), sodass kostenintensive Softwareanpassungen eine Barriere für die Adoption darstellen.

Diese Problematik wird mit der modellgetriebenen Softwareentwicklung von erweiterten Arbeitswelten, hier bezogen auf Smart-Glasses-basierte Informationssysteme, begegnet. Die Einsatzfähigkeit ist jedoch von einer Prozessmodellierungssprache abhängig, die technologische Eigenschaften von AR-Technologien adäquat abbilden kann. Beitrag 1 untersucht daher die Eignung bestehender Prozessmodellierungssprachen für die Modellierung erweiterter Arbeitswelten, leitet Konzepte der technologischen Domäne her und vergleicht diese mit der zu erweiternden Prozessmodellierungssprache der Business Process Model and Notation (BPMN). Mit einem Konzeptvergleich werden schließlich Anforderungen an die BPMN-Erweiterung für Smart-Glasses-basierte Anwendungen (kurz: BPMN4SGA) hergeleitet. Die aus technologischer und softwareseitiger Sicht identifizierten Konzepte stellt Abb. 4 in Form einer Ontologie in Verbindung mit den Konzepten der Modellierungssprache BPMN dar.

Die Ergebnisse wurden mithilfe einer konzeptionellen Analyse der identifizierten Literatur im Bereich Smart-Glasses-basierter Informationssysteme hergeleitet. Ausschlaggebend für diese Untersuchung war die Beobachtung, dass standardisierte Modellierungssprachen die technologiespezifischen Konzepte erweiterter Arbeitswelten nur unzureichend für einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz abdecken.

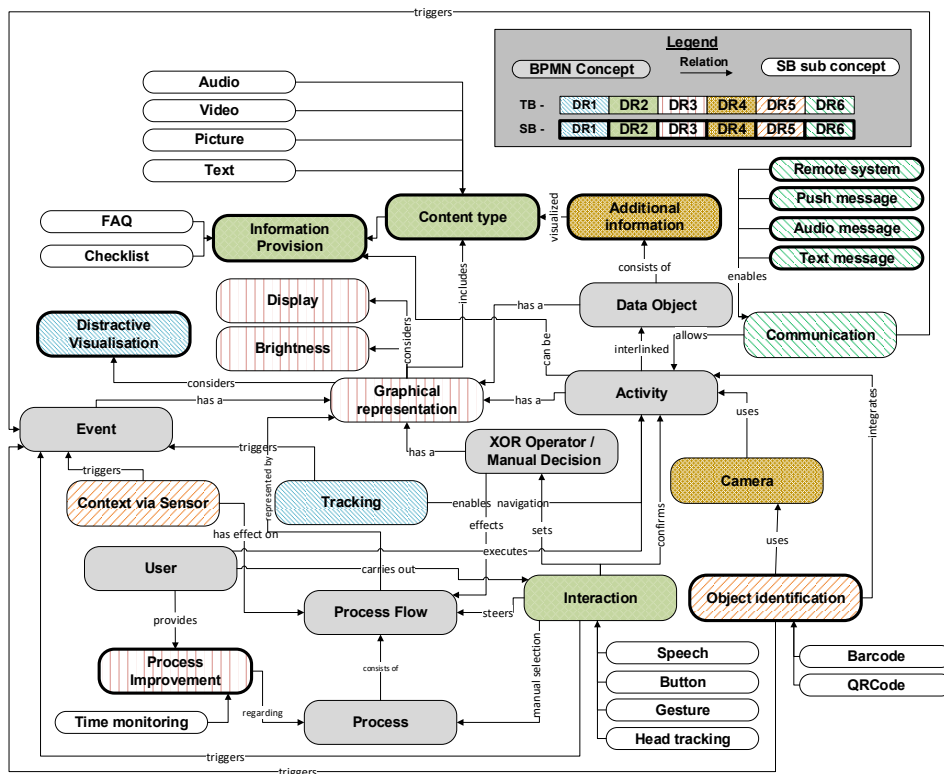


Abb. 4. Ontologie von Smart-Glasses-basierten Funktionalitäten in Verbindung mit BPMN-Konzepten (BPMN4SGA) (Vogel et al. 2018b, S. 267)

5.2.2 Gestaltung des modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatzes für erweiterte Arbeitswelten basierend auf der BPMN-Erweiterung BPMN4SGA

Aufbauend auf den Anforderungen an die abzudeckenden technologischen Konzepte für die BPMN-Erweiterung stellt Beitrag 2 die grafische Notation dar. Ein Metamodell spezifiziert die Erweiterungskonzepte in Verbindung mit bestehenden BPMN-Konzepten. Insgesamt wurden jeweils fünf Start- und Zwischenereignisse in die BPMN-Erweiterung integriert, die die technologischen Eigenschaften von Smart Glasses technologiespezifisch abdecken und insbesondere die Prozessabfolge geeigneter beschreiben können (vgl. Abb. 5). Hierzu gehören Sensor- (1), Sprach- (2), Scan- (3), Interaktions- (4) sowie Pushnachrichtenereignisse (5).

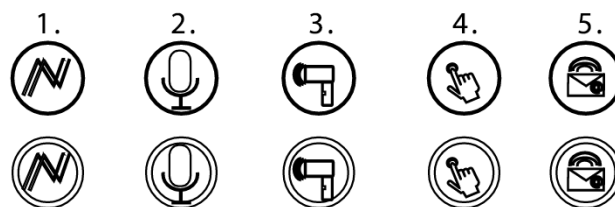


Abb. 5. Ereignisse der BPMN-Erweiterung für Smart-Glasses-Anwendungen (BPMN4SGA) (Vogel, Thomas 2019, S. 266)

Zur Spezifikation von Aufgaben, die mithilfe einer Smart-Glasses-basierten Anwendung unterstützt werden sollen, wurden sechs Smart-Glasses-basierte Aktivitäten (vgl. Abb. 6) integriert. Zusätzliche Attribute des Prozesses, der Aktivitäten und der Ereignisse ermöglichen eine detailliertere Spezifikation im Vergleich zur konventionellen BPMN-Notation.

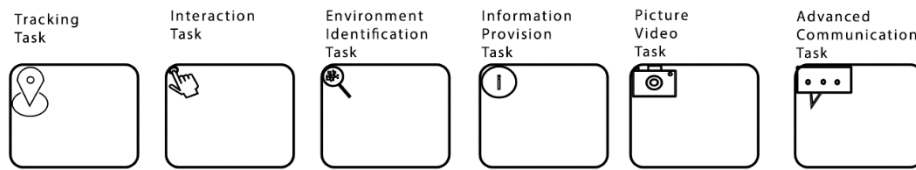


Abb. 6. Aktivitäten der BPMN-Erweiterung für Smart-Glasses-Anwendungen (BPMN4SGA) (Vogel, Thomas 2019, S. 267)

Der modellgetriebene Softwareentwicklungsansatz (vgl. Abb. 7) erfolgt durch drei Teilsysteme. Das erste Teilsystem, ein webbasiertes Modellierungstool, ermöglicht die Modellierung von BPMN4SGA-Prozessen. Die modellierten Prozesse können in Form einer XML-Datei auf einer Plattform im zweiten Teilsystem bereitgestellt werden. Das dritte Teilsystem, eine Smart-Glasses-basierte Anwendung, parst heruntergeladene BPMN4SGA-Prozesse und ruft auf Basis der XML-Datei dynamisch spezifische Smart-Glasses-Funktionalitäten, wie bspw. die Kamerafunktion, auf.

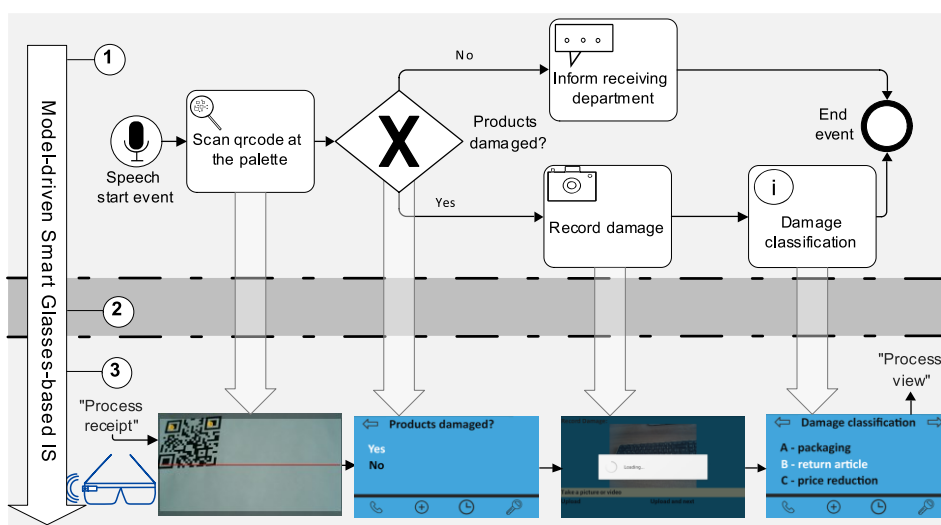


Abb. 7. Modellgetriebener Softwareentwicklungsansatz mit der BPMN-Erweiterung BPMN4SGA (Vogel et al. 2018a)

Im Ergebnis resultiert durch die Zusammenführung der Teilsysteme ein modellgetriebener Softwareentwicklungsansatz für Smart-Glasses-basierte Anwendungen. Anwender einer Domäne ohne IT-Kenntnisse können mithilfe des Systems ihre eigenen Smart-Glasses-Anwendungen gestalten. Aufgrund des geringen Anpassungsaufwandes kann diese Lösung als Low-Code- oder No-Code-Plattform bezeichnet werden (Rymer, Koplowitz 2019). Insbesondere klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) mit geringen Investitionsbudgets (Lindner, Leyh 2019) profitieren von derartigen Low-Code-Plattformen, da diese IT-Anwendungen im Vergleich zu traditionellen Softwareprojekten kostengünstiger bereitstellen können. Beitrag 1 und 2 beantworten in Kombination die aufgestellte FF1.

5.2.3 Gestaltungsempfehlungen für erweiterte Arbeitswelten

Beitrag 3 untersucht die Eignung verschiedener Informationsdarstellungsmöglichkeiten, die für nutzenstiftende erweiterte Arbeitswelten hilfreich sind. Damit beantwortet Beitrag 3 Fragestellungen zur Gebrauchstauglichkeit und zur Akzeptanz, die in Beitrag 1 und 2 aufgrund des thematischen Fokus auf Modellierungssprachen nachrangig untersucht wurden.

In einem gestaltungsorientierten Vorgehen wurden in der Anwendungsdomäne des Maschinen- und Anlagenbaus Prototypen iterativ instanziiert und erprobt. Zunächst wurden in diesem Forschungsprozess Gestaltungsempfehlungen für AR-basierte Anwendungen aus Literatur und Praxis falsifiziert (Salovaara, Merikivi 2015). Anschließend wurden Gestaltungsentscheidungen kontinuierlich hinsichtlich ihrer Nützlichkeit geprüft. Abschließend evaluiert ein Laborexperiment mithilfe des „Task Technology Fit“ von Goodhue und Thompson (1995) die Eignung einer AR-basierten Anwendung zur Unterstützung eines 11-schrittigen Montageprozesses eines Legomodells (vgl. Abb. 8).

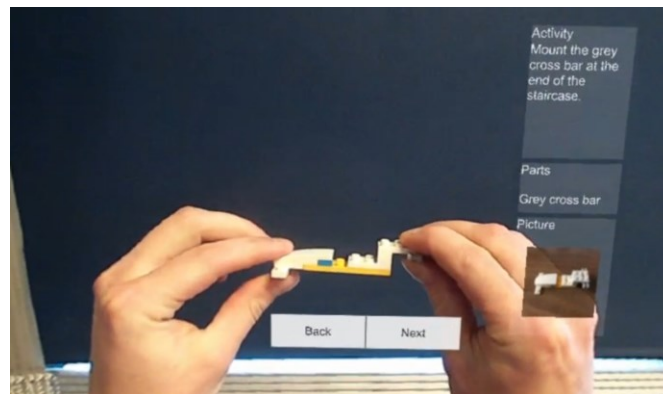


Abb. 8. AR-basierte Anwendung zur Evaluation des Task-Technology-Fits (TTF) (Kammler et al. 2019)

Durch die initiale Falsifikation konnten Vorteile von AR-Anwendungen, die in Literatur und Praxis kommuniziert wurden, widerlegt werden. Hierzu gehören Überlappungen von AR-Darstellungen, die die Sicht zum Serviceobjekt überdecken können. Zudem bewerteten die Nutzenden das freie Platzieren von 3D-Inhalten im Raum für den praktischen Einsatz als ungeeignet, was als sog. „Torchlight-Effekt“ bezeichnet wurde. Aufgrund des eingeschränkten Sichtfelds von AR-Brillen suchten Nutzende nach dem Platzieren von mehreren 3D-Inhalten im Raum notwendige Informationen für den Serviceprozess. Weiterhin wurden 2D-Darstellungen von mehreren Sensorwerten in AR-basierten Anwendungen als nachteilig empfunden, da ihre Darstellungsweise wiederum durch das Sichtfeld und Überlappungen begrenzt ist.

Das erzeugte Gestaltungswissen wurde in einem Prototyp zur Evaluation des Task-Technology-Fits (TTF) instanziiert. Im Rahmen eines Laborexperimentes mit 29 Teilnehmenden wurde die initiale Hypothese, dass AR die Ausführung von Montagetätigkeiten stört, widerlegt. Die Konstrukte *Darstellungsweise*, *Auffindbarkeit*, *Zugänglichkeit der Informationen* sowie *Unterstützung* wurden im Rahmen der Evaluation sowohl von technologieaffinen als auch technologieaversen Probanden positiv beurteilt. Insgesamt beurteilten technologieaffine Probanden die Eignung der AR-Technologie zur Unterstützung der Aufgabe besser. Daher sollten Nutzende mit einer geringeren Technologieaffinität vor der Nutzung mit der AR-Technologie vertraut gemacht werden. In der qualitativen Evaluation des Prototypens nannten die Probanden u.a. die visuelle Unterstützung durch Informationseinblendungen sowie damit verbundene Zeiteinsparungen in der Durchführung von Serviceprozessen als wesentliche Vorteile. Nachteilig wurde u.a. die Gestenerkennung zur Interaktion sowie unscharfe Darstellungen empfunden, die mit neuen Gestaltungsvorschlägen adressiert werden können. Durch das iterative Vorgehen konnte präskriptives Wissen kontinuierlich evaluiert werden, welches abschließend im Rahmen des Laborexperimentes durch deskriptives Wissen mittels quantitativer sowie qualitativer Erhebungen zur Beantwortung der FF2 bestätigt wurde.

5.2.4 Gestaltung und Erprobung einer virtuellen Arbeitswelt für das Prototyping in Design-Thinking-Prozessen

Beitrag 4 untersucht Gestaltungsaspekte virtueller Arbeitswelten und analysiert, wie VR auf methodischer Ebene einen Mehrwert bieten kann. Der Beitrag untersucht am Beispiel einer VR-Anwendung (vgl. Abb. 9), inwiefern virtuelle Arbeitswelten das Prototyping in Design-Thinking-Prozessen unterstützen können. Design Thinking ist eine methodische Vorgehensweise für die problemorientierte Entwicklung von Innovationen in interdisziplinären Teams unter Verwendung verschiedener Tools (Yoo 2017, S. 4).

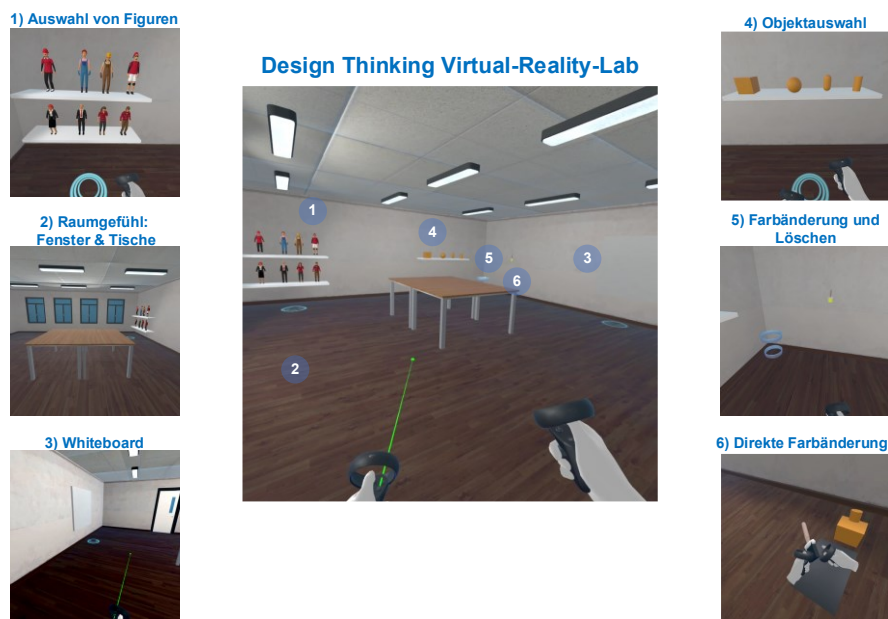


Abb. 9. VR-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen (Vogel et al. 2020b)

Die Konzeption erfolgte im Sinne des gestaltungsorientierten Ansatzes durch eine Virtualisierung klassischer Design-Thinking-Prinzipien. Zudem wurden basierend auf einer Marktanalyse innerhalb der VR-Vertriebsplattformen von Oculus und Viveport verwandte Lösungen identifiziert und geeignete Funktionen in die Lösung integriert. Die VR-Anwendung wurde für die autarke VR-Brille Oculus Quest implementiert. Im Rahmen einer Case Study erprobten sechs Gruppen mit je drei Teilnehmenden die VR-Anwendung und erzeugten Prototypen für einen fiktiven Smarthome-Hersteller, der sein Produktportfolio für ältere Personen erweitern möchte.

Im Ergebnis wurde das Prototyping in VR von den Probanden als kreativitätsfördernd, effizient sowie intuitiv beurteilt (vgl. Abb. 10). Die Bewertungen der Teilnehmenden sowie die Beobachtungen der Versuchsleiter resultieren in praxisorientierte Handlungsempfehlungen für VR-basierte Systeme sowie Ansätze zur Weiterentwicklung der VR-Anwendung.



Abb. 10. Quantitative Ergebnisse der Case Study (Vogel et al. 2020b)

5.2.5 Herleitung von Gestaltungsprinzipien für multiuserfähige und kreativitätsfördernde virtuelle Arbeitswelten

Anknüpfend an Beitrag 4 setzt Beitrag 5 die eruierten Weiterentwicklungsmöglichkeiten, die aus der ersten Evaluation hervorgingen, um. Ergänzend zu den Konzepten aus der anfänglichen Erprobung aus Beitrag 4 wurde die VR-Anwendung multiuserfähig gestaltet. Zudem zielt das integrierte Handtracking als Interaktionsform auf eine intuitivere Bedienung und Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit ab. Das Raumkonzept wurde offener gestaltet, um für das Prototyping mehr Freiräume und ausreichend Platz zu bieten. Es wurden warme und intensive Farben zur Kreativitätsförderung verwendet. Im Raum stehen ein Tutorialbereich (1), eine 3D-Objektsuche (2) sowie Objekte zur Modellierung (3) zur Verfügung. Die Benutzer werden in Form von Avataren in blau mit weißen Händen dargestellt (vgl. Abb. 11).



Abb. 11. Raumdesign und Avatare der VR-Anwendung (Vogel et al. 2021)

Zur Durchführung des Prototypings im virtuellen Raum stehen verschiedene Interaktionsmöglichkeiten und Werkzeuge zur Verfügung (vgl. Abb. 12). Neben den Interaktionen aus Iteration eins zur Skalierung von Objekten (5) sowie zur Teleportation (4), die nun auf Handtracking basieren, können Nutzende freihändig zeichnen (8), Objekte und Zeichnungen einfärben (10) sowie weitere Einstellungen über das Handmenü (6) vornehmen.

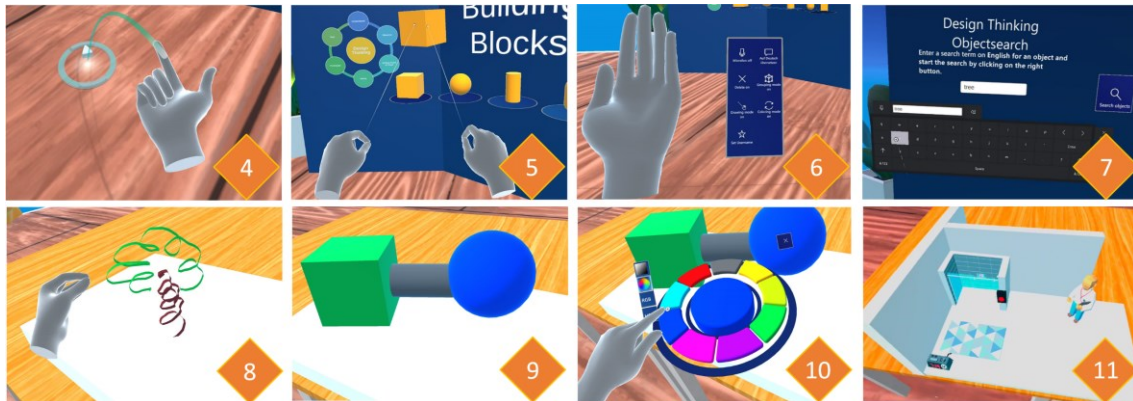


Abb. 12. Interaktionsmöglichkeiten zur Durchführung des Prototypings in Virtual Reality (Vogel et al. 2021)

In insgesamt drei Iterationen wurde das Gestaltungswissen in Form von vier Gestaltungsprinzipien als präskriptives Wissen hergeleitet. In der abschließenden Evaluation bewerteten 24 Teilnehmende die VR-Anwendung hinsichtlich der Benutzererfahrung, der Kreativitätsunterstützung und der Zufriedenheit auf Basis verschiedener Konstrukte. Zudem wurden Symptome der Simulationskrankheit erhoben (vgl. Abb. 13).

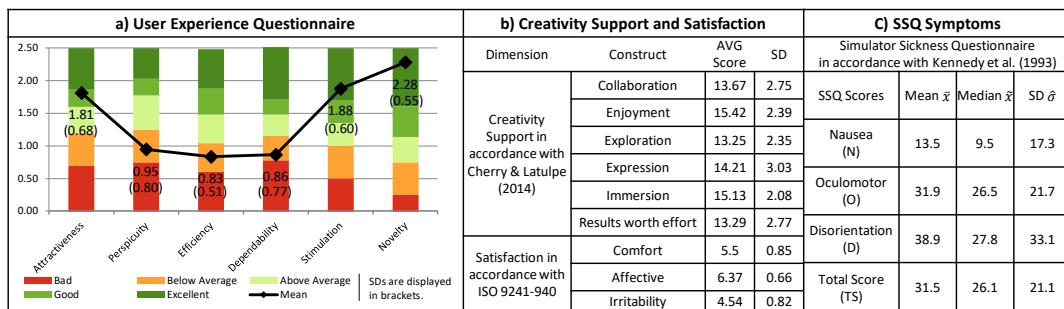


Abb. 13. Evaluationsergebnisse hinsichtlich Benutzererfahrung, Kreativität, Zufriedenheit sowie Simulationsempfinden (Vogel et al. 2021)

Bezüglich der Benutzererfahrung zeigen die Ergebnisse, dass die VR-Umgebung in den Konstrukten *Attraktivität*, *Stimulation* sowie *Neuartigkeit* im Benchmark-Vergleich gute bis exzellente Ergebnisse erzielt. Im Gegensatz dazu wurden *Verständlichkeit*, *Effizienz* sowie *Zuverlässigkeit* unterdurchschnittlich bewertet. Mit einem Index-Wert von 70.79 der maximal erreichbaren 100 Punkte zeigt die Auswertung des Creativity Support Index, dass die Teilnehmenden sowohl die virtuelle Umgebung als auch die bereitgestellten Prototyping-Werkzeuge als kreativitätsfördernd wahrnehmen. Anzeichen von Simulationsbeschwerden, die im Rahmen virtueller Welten auftreten können, werden mit einem Gesamtwert von 31.5 als moderat eingestuft. Im Rahmen der Evaluation haben alle Probanden die Prototyping-Aufgabe erfolgreich absolviert.

Auf übergeordneter Ebene zeigen Beitrag 4 und 5, dass virtuelle Arbeitswelten als kreatives Medium das Prototyping im Design Thinking unterstützen können.

5.2.6 Entwicklung eines wirtschaftlichen Ökosystemmodells erweiterter und virtueller Arbeitswelten

In Beitrag 6 werden systematisch die Akteure, Wertströme und Verbindungen der Akteure basierend auf einer qualitativen Inhaltsanalyse von Unternehmensbeschreibungen aus der Start-up-Datenbank Crunchbase erhoben. Das in diesem Beitrag vorgestellte Ökosystemmodell für immersive Technologien wurde mit der Modellierungssprache e³-value erstellt und abschließend von sechs Experten bewertet (vgl. Abb. 14). Das Modell zeigt aufbauend auf den zuvor entwickelten Konzepten sowie Gestaltungen von erweiterten und virtuellen Arbeitswelten auf, inwiefern diese auf wirtschaftlicher Ebene zusammenhängen.

Insgesamt konnten 25 verschiedene Akteure identifiziert werden, wovon sieben Akteure einen VR- und drei Akteure einen AR-Bezug haben. Weitere 15 Akteure können beiden Technologieklassen zugeordnet werden. Das e³-value-Modell ermöglicht es Unternehmen und Organisationen, sich selbst innerhalb des Ökosystems einzuordnen, um ihre Wertströme und Verbindungen zu weiteren Akteuren, z.B. für Kooperationen, zu identifizieren.

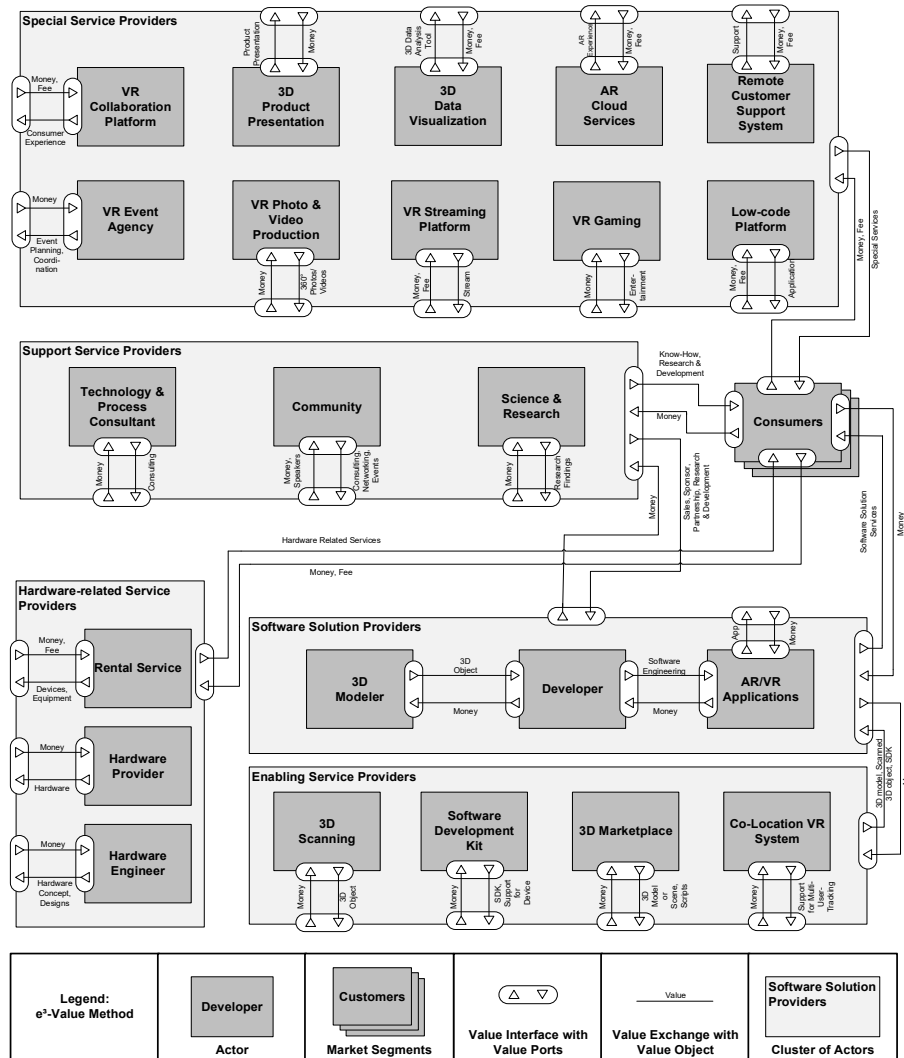


Abb. 14. e³-value-Modell des wirtschaftlichen AR- und VR-Ökosystems (Schuir et al. 2020, S. 250)

5.3 Theoretische Implikationen

Sowohl für AR- als auch für VR-basierte Systeme besteht gleichermaßen die Notwendigkeit – u.a. aufgrund technologischer Entwicklungen der Systeme – neues Gestaltungswissen herzuleiten (Berkemeier et al. 2019, S. 71; Wohlgenannt et al. 2020, S. 459). Mit der Konzeption und Implementierung von erweiterten und virtuellen Arbeitswelten und deren Evaluation erweitert diese Dissertation das Gestaltungswissen für immersive Anwendungen in der Wirtschaftsinformatik.

Durch die Erweiterung der BPMN um Smart-Glasses-spezifische Konzepte und deren Integration in einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz (FF1) resultieren verschiedene theoretische Implikationen: Im Bereich der konzeptuellen Modellierung (Wand, Weber 2002) trägt die BPMN-Erweiterung BPMN4SGA als eine der wenigen technologie-spezifischen BPMN-Erweiterungen (vgl. für eine Übersicht Zarour et al. 2019) zum Verständnis bei, welche Konzepte zur syntaktisch und semantisch präziseren Modellierung von Smart-Glasses-unterstützten Prozessen in der BPMN fehlen. Zudem wird durch die Integration der BPMN-Modelle in einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz die Anwendungsorientierung und Wirtschaftlichkeit der Modelle erhöht. Diese Erhöhung der Wirtschaftlichkeit gilt nach Frank et al. (2014) als ein erklärtes Ziel im Forschungsfeld der Modellierung. Schließlich wird durch die Kombination der BPMN-Erweiterung und dem modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz eine neue Methode zur Gestaltung von erweiterten Arbeitswelten erreicht. Durch den modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz können Barrieren wie fehlende Entwicklungskapazitäten sowie geringe IT-Investitionsbudgets überwunden werden.

Bei der Entwicklung von AR-basierten Anwendungen wurden zuvor kommunizierte Gestaltungsempfehlungen am Beispiel des Maschinen- und Anlagenbaus falsifiziert. Die Falsifikation war dabei ein wichtiges Instrument, um mit kleineren Prototypen bestehendes Gestaltungswissen aus anderen Domänen sowie Technologieklassen zu überprüfen. Anschließend wurden die Gestaltungsentscheidungen in ein ganzheitliches Konzept für Assistenzsysteme überführt (FF2). Durch diese Vorgehensweise konnte Gestaltungswissen erzielt werden, welches auch auf weitere Anwendungsfälle übertragen werden kann.

Mit der iterativen Gestaltung einer kollaborativen, multiuserfähigen VR-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design Thinking wurde präskriptives Wissen in Form von vier Gestaltungsprinzipien hergeleitet (FF3). Diese Ergebnisse liefern, insbesondere unter Berücksichtigung neuer VR-Hardware und unter Einbezug des Handtrackings, neues Gestaltungswissen für multiuserfähige sowie immersive Anwendungen, welche in der Wirtschaftsinformatik bisher nachrangig untersucht wurden (Wohlgenannt et al. 2020, S. 459). Weiterhin wurde durch die methodische Einbettung des Artefaktes in das Design Thinking eine neue Methode zur Gestaltung von Informationssystemen in frühen Produktentwicklungsphasen erreicht. Die Evaluationsergebnisse weisen einen positiven Effekt hinsichtlich der Kreativitätsförderung auf. Daher liefert insbesondere das zweite Gestaltungsprinzip Empfehlungen dafür, wie kreativitätsfördernde VR-Anwendungen gestaltet werden sollten. Zudem wurde das Simulationsempfinden der Probanden mit dem Simulator Sickness Questionnaire von Kennedy et al. (1993) erhoben. Die Ergebnisse ermöglichen einen Vergleichswert für zukünftige VR-Experimente, die moderne VR-Brillen verwenden.

Durch die systematische Analyse von Unternehmensbeschreibungen im AR- und VR-Bereich konnte ein ganzheitliches wirtschaftliches Ökosystemmodell mit 25 Akteuren identifiziert werden (FF4). Mit der Herleitung und Definition der Akteure wird der wissenschaftliche Diskurs im AR- und VR-Umfeld gestärkt, da unterschiedliche Begriffsverständnisse existieren (vgl. Vogel et al. 2020a). Zudem ermöglicht das Modell die Einordnung von

einzelnen Geschäftsmodellen mit deren spezifischen AR- und VR-Lösungen in das gesamte Ökosystem, sodass auf einer höheren Ebene entweder Abhängigkeiten oder Kollaborationsmöglichkeiten zu weiteren Akteuren identifiziert werden können.

5.4 Praktische Implikationen

Durch das Verfolgen des gestaltungsorientierten Forschungsparadigmas (vgl. Kapitel 3) werden in dieser Dissertation relevante Probleme in Wirtschaft und Gesellschaft mit Technologie-basierten Lösungen adressiert (Hevner et al. 2004, S. 83–85). Nachfolgend werden die praktischen Implikationen der zentralen Ergebnisse dargelegt.

Die Entwicklung des modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatzes zur Gestaltung von erweiterten Arbeitswelten basierend auf einer technologiespezifischen Modellierungssprache (B1, B2) ermöglicht es Unternehmen, insbesondere KMUs mit geringen IT-Budgets, Smart-Glasses-basierte Informationssysteme in ihren operativen Prozessen zu erproben. Ein weiterer Vorteil dieses Ansatzes ist die hohe Anwendungsorientierung, die es Mitarbeitenden ohne Programmierkenntnisse ermöglicht, Anpassungen flexibel vorzunehmen und zu erproben. Die Einbettung einer technologiespezifischen Modellierungssprache in einen modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz zur Überwindung geringer IT-Budgets sowie nicht verfügbarer Entwicklungskapazitäten kann ebenso für die Diffusion von weiteren neuartigen Technologien wie z. B. KI-basierten Services verwendet werden. Praktiker können das generierte Gestaltungswissen für erweiterte und virtuelle Arbeitswelten (insbesondere B3, B4, B5) bei der Entwicklung neuer Artefakte anwenden. Hersteller können in den Laborexperimenten identifizierte Limitationen, die hardwareseitig oder softwareseitig bestehen, in ihren weiteren Entwicklungen berücksichtigen. Zudem können Praktiker basierend auf den Erkenntnissen ihre Anwendungsfälle prüfen und neue Wertschöpfungspotenziale realisieren. Mit der Integration des Prototypings in Design Thinking (B4, B5) werden Anwender der Methode darüber informiert, dass VR ein geeignetes und vielversprechendes Medium zur Unterstützung dieser Phase darstellt. Zum einen kann mit der gezielten Gestaltung der virtuellen Arbeitswelt die Kreativität gefördert werden. Zum anderen ermöglicht VR, geografisch verteilte Design-Thinking-Workshops durchzuführen. Zur Kommunikation der Interaktionen und möglichen Kollaborationen wurde ein Use-Case-Diagramm (B5) erweitert. Diesen Ansatz können Praktiker zur Gestaltung von multiuserfähigen VR-Anwendungen auf eigene Lösungen übertragen. Unternehmen im AR- und VR-Umfeld können das wirtschaftliche Ökosystemmodell (B6) verwenden, um Kooperationsmöglichkeiten zu identifizieren und Synergien auszuschöpfen. Weiterhin bietet das Modell einen Überblick für Entscheider und Investoren und hilft dabei, ein besseres Verständnis vom AR- und VR-Markt zu gewinnen und Investitions- oder strategische Entscheidungen gezielt auszurichten.

In den nicht eingebrachten Beiträgen sind weitere IT-Artefakte und Ergebnisse mit einer hohen praktischen Relevanz entstanden, wie eine Referenzarchitektur für Smart-Glasses-basierte Informationssysteme (B8), Gestaltungsprinzipien für Smart-Glasses-basierte Informationssysteme (B9), ein Smart-Glasses-basiertes Modellierungswerkzeug, das die ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) integriert (B11), eine Architektur für die Prozesserhebung in VR (B12), ein Digitaler Zwilling in VR (B13), eine Architektur zur Integration von AR in technische Bildungsprozesse (B19) sowie ein Multiagenten-basierter Ansatz zur Umsetzung des Peer-Tutoring-Konzeptes in AR (B21).

5.5 Limitationen

Die Forschungsergebnisse dieser Dissertation wurden mit ausgewählten Forschungsmethoden (vgl. Kapitel 4.2) hergeleitet. Weiterhin durchliefen alle eingebrachten Beiträge (vgl. Tab. 1) ein doppelblindes Begutachtungsverfahren vor Veröffentlichung der Beiträge. Die wissenschaftliche Qualität der Beiträge wird durch die Veröffentlichung in ausgewiesenen Publikationsorganen der Wirtschaftsinformatik bestätigt, die mit dem Ranking des Verbandes der Hochschullehrer (VHB Jourqual 3-Ranking) oder der Wissenschaftlichen Kommission Wirtschaftsinformatik (WKWI) mindestens in einem der Rankings in Kategorie „C“ oder besser eingeordnet werden können. Zudem konnten mit den Beiträgen 2, 3 und 5 Forschungsergebnisse in renommierten internationalen Konferenzen – mit der WI, ECIS sowie ICIS und deren Einordnung in Kategorie „A“ nach WKWI-Ranking – publiziert werden.

Dennoch unterliegt die vorliegende Dissertation technischen sowie methodischen Limitationen: In den einzelnen Forschungsarbeiten wurde möglichst neuste Hardware aus dem AR- und VR-Bereich verwendet; meist ist die Entwicklung der Technologie schneller als die Forschung selbst (Wohlgemant et al. 2020, S. 459), sodass neue Forschungsarbeiten mit aktuellerer Hardware sowie Software abweichende Ergebnisse oder Implikationen erzielen können. Bei der Durchführung der Laborexperimente (B3, B5) wiesen die Probanden mit Werten von 3.95 (B3) bzw. 4.59 (B5) nach der ATI-Skala eine hohe technologische Affinität auf (Franke et al. 2019). Demnach hätte die Durchführung der Laborexperimente mit Probanden, die eine geringere technologische Affinität aufweisen, zu anderen Bewertungen der IT-Artefakte führen können. Die erzeugten IT-Artefakte wurden durch qualitative Methoden wie Experteninterviews, Laborexperimente, Fokusgruppen sowie Beobachtungen im Rahmen des gestaltungsorientierten Vorgehens evaluiert. Dabei fand zur Wahrung der Durchführbarkeit und aufgrund des explorativen Charakters der Forschungsarbeiten eine geringfügige Integration in die Realumgebung statt. Zukünftige Forschungsarbeiten können hieran anknüpfen und immersive Anwendungen im Sinne des Action Design Research (Sein et al. 2011) konkret in Unternehmen und Organisationen anwenden, um durch die Integration in unternehmerische Prozesse tiefere Erkenntnisse herzuleiten. Die zweite und dritte Evaluation des Einsatzes von Design Thinking in VR konnte unter Einhaltung aller Hygienemaßnahmen in Laboren im Oktober 2020 während der COVID-19-Pandemie durchgeführt werden (B5). Anschließend waren weitere Laborstudien bis zur Einreichung der Dissertation kaum durchführbar. Die Wirtschaftsinformatik-Community ist sich dieser Situation bewusst. Insbesondere Methoden der Beobachtung und Laborexperimente mit am Körper getragener Sensorik wie u. a. auch AR- und VR-Brillen sind von diesen Entwicklungen betroffen (van der Aalst et al. 2020, S. 464).

Die realisierten IT-Artefakte wurden umfangreich in Form von Gestaltungsprinzipien, Konzepten, Architekturen, Modellen sowie visuellen Darstellungen in den einzelnen Forschungsbeiträgen expliziert. Dennoch können bestimmte Teilaspekte in der Explikation fehlen, da Gestaltungswissen ebenso durch das instanziierte IT-Artefakt selbst vorliegen kann (Iivari 2007, S. 46). Zukünftige Forschungsarbeiten können z. B. Richtlinien für eine ganzheitliche und nachhaltige Darstellung von Prototypen und IT-Artefakten entwickeln, die Software-Repositories⁵ in Verbindung mit Publikationen berücksichtigen. Akzeptanz und Nutzen als abhängige Variablen in der Leitfrage dieser Dissertation wurden in den einzelnen Forschungsarbeiten gesondert mit verschiedenen Evaluationsmethoden, wie u. a. Beobachtung (B1), qualitative Erhebungen (B3, B4, B5) sowie Laborexperimente mit

⁵ Insbesondere im Forschungsbereich des maschinellen Lernens werden Software-Repositories u. a. auf Github veröffentlicht, um die Reproduzierbarkeit zu erhöhen (Wattanakriengkrai et al. 2020)

Konstrukten zur Aufgabenunterstützung (B3), Gebrauchstauglichkeit, Kreativitätsunterstützung und Simulationsempfinden (B5), erhoben. Zur Wahrung der Durchführbarkeit der Evaluationen wurde keine ganzheitliche Evaluation der Akzeptanz beispielsweise mit einem Technologieakzeptanzmodell durchgeführt, welches 45 Items zur Erhebung umfassen kann (Venkatesh, Bala 2008). Zudem befindet sich das Technologieakzeptanzmodell weiterhin in Entwicklung zur Integration weiterer Einflussgrößen wie die Immersion (Sagnier et al. 2020). Zukünftige Forschungsarbeiten können praktikablere Technologieakzeptanzmodelle für immersive Anwendungen erforschen und dabei die quantitative Erhebung der Konstrukte selbst in der erweiterten oder virtuellen Arbeitswelt vornehmen.

6 Zusammenfassung

Die Zielsetzung dieser Dissertation umfasst die Herleitung von Gestaltungswissen für erweiterte und virtuelle Arbeitswelten, um AR und VR als digitale Technologien in die unternehmerischen Prozesse, Produkte und Services sowie Geschäftsmodelle als digitale Innovationen zu etablieren. Hierfür wurden bestehende Adoptionsbarrieren durch Konzepte, Implementierungen und Evaluationen mithilfe eines gestaltungsorientierten Vorgehens adressiert. Die zentrale Forschungsfrage lautete dabei: „Wie können erweiterte und virtuelle Arbeitswelten gestaltet werden, um nutzerseitig akzeptiert und im betrieblichen Umfeld nutzenstiftend zu sein?“.

Mit einem modellgetriebenen Softwareentwicklungsansatz, der auf einer technologie-spezifischen Prozessmodellierungssprache für Smart-Glasses-basierte Informationssysteme aufbaut, können erweiterte Arbeitswelten beschrieben und umgesetzt werden. Die Akzeptanz der Nutzenden kann durch den Einbezug und den erhöhten Grad der Anpassungsfähigkeit gesteigert werden. Ferner können bedingt durch einen Skalierungseffekt entsprechende IT-Investitionskosten reduziert und kalkulierbar werden. Zudem konnten Gestaltungsempfehlungen durch die iterative Entwicklung von Prototypen und deren Evaluation beider Technologien entwickelt werden. Zum einen umfasst dies AR als Assistenzsystem im Maschinen- und Anlagenbau und zum anderen VR als Prototypingumgebung für Design-Thinking-Workshops. Abschließend fördert das entwickelte wirtschaftliche Ökosystemmodell für AR- und VR-Technologien den wissenschaftlichen sowie praktischen Diskurs und erleichtert das Verständnis der technologiespezifischen Geschäftsmodelle. Bei der Entwicklung von erweiterten und virtuellen Arbeitswelten konnten zwei neue methodische Ansätze zur Gestaltung von Informationssystemen entwickelt werden: Erstens der modellgetriebene Softwareentwicklungsansatz zur Implementierung von erweiterten Arbeitswelten und zweitens die Verwendung von virtuellen Arbeitswelten als Prototyping- sowie Kreativitätsraum zur Beschreibung und Ideengenerierung neuer Informationssysteme.

Die entwickelten Konzepte sowie Implementierungen beruhen auf dem aktuellen Stand der Technik, der sich zukünftig sowohl auf Hardware- als auch Softwareebene weiterentwickeln wird. Die erzeugten IT-Artefakte wie Modelle, Methoden und Prototypen sowie das hergeleitete Gestaltungswissen helfen Organisationen, bestehende Barrieren zu überwinden. Fortschreitende Technologieentwicklungen und noch ungelöste Barrieren eröffnen für die gestaltungsorientierte Wirtschaftsinformatik weiterhin ein interessantes Forschungsfeld, um die Diffusion beider Technologien voranzutreiben. So können erweiterte und virtuelle Arbeitswelten in der Wirtschaft und Gesellschaft zukünftig akzeptiert werden und gleichzeitig nutzenstiftend wirken.

7 Literatur

- van der Aalst, W.; Hinz, O.; Weinhardt, C. (2020): *Impact of COVID-19 on BISE Research and Education*. Business & Information Systems Engineering 6(62):463–466.
- Azuma, R.T. (1997): *A Survey of Augmented Reality*. Presence 4(6):355–385.
- Becker, J.; Holten, R.; Knackstedt, R.; Niehaves, B. (2004): *Epistemologische Positionierungen in der Wirtschaftsinformatik am Beispiel einer konsensorientierten Informationsmodellierung*. In: Frank, U. (Hrsg.): *Wissenschaftstheorie in Ökonomie und Wirtschaftsinformatik: Theoriebildung und -bewertung, Ontologien, Wissensmanagement*. Wiesbaden, Deutscher Universitätsverlag, 335–336.
- Becker, W.; Ulrich, P.; Fibitz, A.; Schuhknecht, F.; Reitelshöfer, E. (2019): *Grundlagen*. In: Becker, W.; Ulrich, P.; Fibitz, A.; Schuhknecht, F.; Reitelshöfer, E. (Hrsg.): *Digitale Arbeitswelten im Mittelstand: Veränderungen und Herausforderungen*. Wiesbaden, Springer Fachmedien Wiesbaden, 7–60.
- Berkemeier, L.; Zobel, B.; Werning, S.; Ickerott, I.; Thomas, O. (2019): *Engineering of Augmented Reality-Based Information Systems*. Business & Information Systems Engineering 1(61):67–89.
- Bortz, J.; Döring, N. (2006): *Quantitative Methoden der Datenerhebung*. In: Bortz, J.; Döring, N. (Hrsg.): *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin, Heidelberg, Springer, 137–293.
- Brenner, W.; Karagiannis, D.; Kolbe, L.; Krüger, J.; Leifer, L.; Lamberti, H.-J.; Leimeister, J.M.; Österle, H.; Petrie, C.; Plattner, H.; Schwabe, G.; Uebernickel, F.; Winter, R.; Zarnekow, R. (2014): *User, Use & Utility Research*. Wirtschaftsinformatik 1(56):65–72.
- vom Brocke, J.; Simons, A.; Niehaves, B.; Riemer, K.; Plattfaunt, R.; Cleven, A. (2009): *Reconstructing the Giant: On the importance of rigour in documenting the Literature Search Process*. ECIS 2009 Proceedings. 161.
- Dreesbach, T.; Vogel, J.; Berg, M.; Gössling, H.; Walter, T.; Thomas, O.; Knopf, J. (2020): *AdEPT – Eine digitale Lern- und Lehr-Plattform in der betrieblichen Aus- und Weiterbildung mit Augmented Reality*. Handbuch E-Learning. Wiesbaden, Springer Gabler.
- Eberhard, K. (1999): *Einführung in die Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie: Geschichte und Praxis der konkurrierenden Erkenntniswege*. 2., durchges. und erw. Aufl. Auflage. Stuttgart, Kohlhammer.
- Fichman, R.G.; Dos Santos, B.L.; Zheng, Z. (Eric) (2014): *Digital Innovation as a Fundamental and Powerful Concept in the Information Systems Curriculum*. MIS Quarterly 2(38):329–A15.
- Frank, U.; Strecker, S.; Fettke, P.; vom Brocke, J.; Becker, J.; Sinz, E. (2014): *Das Forschungsfeld „Modellierung betrieblicher Informationssysteme“*. Wirtschaftsinformatik 1(56):49–54.
- Franke, T.; Attig, C.; Wessel, D. (2019): *A Personal Resource for Technology Interaction: Development and Validation of the Affinity for Technology Interaction (ATI) Scale*. International Journal of Human–Computer Interaction 6(35):456–467.
- Gläser, J.; Laudel, G. (2010): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse*. Wiesbaden, VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Goodhue, D.L.; Thompson, R.L. (1995): *Task-Technology Fit and Individual Performance*. MIS Quarterly 2(19):213–236.
- Heinrich, L.J.; Heinzl, A.; Riedl, R. (2011): *Wirtschaftsinformatik: Einführung und Grundlegung*. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin Heidelberg, Springer.
- Hevner, A.R.; March, S.T.; Park, J.; Ram, S. (2004): *Design Science in Information Systems Research*. MIS Quarterly 1(28):76–105.

- Hobert, S.; Schumann, M. (2017): *Enabling the Adoption of Wearable Computers in Enterprises – Results of Analyzing Influencing Factors and Challenges in the Industrial Sector*. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences. 4276–4285.
- Iivari, J. (2007): *A Paradigmatic Analysis of Information Systems As a Design Science*. Scandinavian Journal of Information Systems 2(19):39–64.
- Kammler, F.; Brinker, J.; Vogel, J.; Hmaid, T.; Thomas, O. (2019): *How Do We Support Technical Tasks in the Age of Augmented Reality? Some Evidence from Prototyping in Mechanical Engineering*. In: Fong Boh, W.; Leimeister, J.M.; Wattal, S. (Hrsg.): International Conference on Information Systems (ICIS 2019). München, Germany, AISeL.
- Kennedy, R.S.; Lane, N.E.; Berbaum, K.S.; Lilienthal, M.G. (1993): *Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness*. The International Journal of Aviation Psychology 3(3):203–220.
- Kitzinger, J. (1995): *Qualitative Research: Introducing focus groups*. BMJ 7000(311):299–302.
- Kohli, R.; Melville, N.P. (2019): *Digital innovation: A review and synthesis*. Information Systems Journal 1(29):200–223.
- Kortekamp, S.-S.; Werning, S.; Thomas, O.; Ickerott, I. (2019): *The Future of Digital Work – Use Cases for Augmented Reality Glasses*. In Proceedings of the 27th European Conference on Information Systems (ECIS), Stockholm & Uppsala, Sweden. 165.
- Legner, C.; Eymann, T.; Hess, T.; Matt, C.; Böhmman, T.; Drews, P.; Mädche, A.; Urbach, N.; Ahlemann, F. (2017): *Digitalization: Opportunity and Challenge for the Business and Information Systems Engineering Community*. Business & Information Systems Engineering 4(59):301–308.
- Lindner, D.; Leyh, C. (2019): *Digitalisierung von KMU – Fragestellungen, Handlungsempfehlungen sowie Implikationen für IT-Organisation und IT-Servicemanagement*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 2(56):402–418.
- Loos, P.; Mettler, T.; Winter, R.; Goeken, M.; Frank, U.; Winter, A. (2013): *Methodenpluralismus in der Wirtschaftsinformatik?* Wirtschaftsinformatik 6(55):457–464.
- March, S.T.; Smith, G.F. (1995): *Design and natural science research on information technology*. Decision Support Systems 4(15):251–266.
- Mayring, P. (2010): *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. 11., aktualisierte und überarbeitete Auflage. Weinheim und Basel, Beltz.
- Mütze-Niewöhner, S.; Nitsch, V. (2020): *Arbeitswelt 4.0*. In: Frenz, W. (Hrsg.): Handbuch Industrie 4.0: Recht, Technik, Gesellschaft. Berlin Heidelberg, Springer, 1187–1217.
- Myers, M.D.; Newman, M. (2007): *The qualitative interview in IS research: Examining the craft*. Information and Organization 1(17):2–26.
- Nambisan, S.; Lyytinen, K.; Majchrzak, A.; Song, M. (2017): *Digital Innovation Management: Reinventing Innovation Management Research in a Digital World*. MIS Quarterly 1(41):223–238.
- Oesterreich, T.D.; Teuteberg, F. (2018): *Why one big picture is worth a thousand numbers: measuring intangible benefits of investments in augmented reality based assistive technology using utility effect chains and system dynamics*. Information Systems and e-Business Management 2(16):407–441.
- Österle, H.; Becker, J.; Frank, U.; Hess, T.; Karagiannis, D.; Krcmar, H.; Loos, P.; Mertens, P.; Oberweis, A.; Sinz, E.J. (2010): *Memorandum zur gestaltungsorientierten Wirtschaftsinformatik*. Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 6(62):664–672.

- Peppers, K.; Tuunanen, T.; Rothenberger, M.A.; Chatterjee, S. (2007): *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research*. Journal of Management Information Systems 3(24):45–77.
- Picot, A. (1988): *Die Planung der Unternehmensressource 'Information'*. Düsseldorf, Wirtschaftswoche/Diebold Deutschland GmbH, 233–250.
- Rauschnabel, P.A.; Brem, A.; Ro, Y.K. (2015): *Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Conceptual Insights, and Managerial Importance*.
- Ro, Y.K.; Brem, A.; Rauschnabel, P.A. (2018): *Augmented Reality Smart Glasses: Definition, Concepts and Impact on Firm Value Creation*. In: Jung, T.; tom Dieck, M.C. (Hrsg.): *Augmented Reality and Virtual Reality: Empowering Human, Place and Business*. Cham, Springer International Publishing, 169–181.
- Robra-Bissantz, S.; Strahringer, S. (2020): *Wirtschaftsinformatik-Forschung für die Praxis*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 2(57):162–188.
- Rymer, J.; Koplowitz, R. (2019): *The Forrester Wave TM: Low-Code Development Platforms For AD & D Professionals*. Forrester Report.
- Sagnier, C.; Loup-Escande, E.; Lourdeaux, D.; Thouvenin, I.; Valléry, G. (2020): *User Acceptance of Virtual Reality: An Extended Technology Acceptance Model*. International Journal of Human–Computer Interaction 11(36):993–1007.
- Salovaara, A.; Merikivi, J. (2015): *IS Research Progress Would Benefit from Increased Falsification of Existing Theories*. ECIS 2015. 157.
- Schuir, J.; Vogel, J.; Teuteberg, F.; Thomas, O. (2020): *Understanding the Augmented and Virtual Reality Business Ecosystem: An e3-value Approach*. In: Shishkov, B. (Hrsg.): *Business Modeling and Software Design*. Cham, Springer International Publishing, 240–256.
- Sein, M.K.; Henfridsson, O.; Purao, S.; Rossi, M.; Lindgren, R. (2011): *Action Design Research*. MIS Quarterly 1(35):21.
- Sergeeva, A.; Huysman, M.; Vrije Universiteit Amsterdam; Soekijad, M.; van den Hooff, B. (2017): *Through the Eyes of Others: How Onlookers Shape the Use of Technology at Work*. MIS Quarterly 4(41):1153–1178.
- Sonnenberg, C.; vom Brocke, J. (2012): *Evaluations in the Science of the Artificial – Reconsidering the Build-Evaluate Pattern in Design Science Research*. In: Peppers, K.; Rothenberger, M.; Kuechler, B. (Hrsg.): *Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice*. Berlin Heidelberg, Springer, 381–397.
- Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U. (2002): *Einleitung*. In: Stahlknecht, P.; Hasenkamp, U. (Hrsg.): *Einführung in die Wirtschaftsinformatik*. Berlin Heidelberg, Springer, 1–13.
- Thomas, O. (2006): *Management von Referenzmodellen: Entwurf und Realisierung eines Informationssystems zur Entwicklung und Anwendung von Referenzmodellen*. Berlin, Logos-Verlag.
- Thomas, O.; Ickerott, I. (2020): *Smart Glasses: Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen*. Berlin, Springer Gabler.
- Thomas, O.; Metzger, D.; Niegemann, H. (2018a): *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung: Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Berlin, Springer Gabler.
- Thomas, O.; Metzger, D.; Niegemann, H.; Welk, M.; Becker, T. (2018b): *GLASSROOM – Kompetenzaufbau und -entwicklung in virtuellen Lebenswelten*. In: Thomas, O.; Metzger, D.; Niegemann, H. (Hrsg.): *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung: Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg, Springer, 2–19.
- Venkatesh, V.; Bala, H. (2008): *Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions*. Decision Sciences 2(39):273–315.

- Vogel, J.; Jannaber, S.; Zobel, B.; Thomas, O. (2018a): Design and Development of a Process Modelling Environment for Business Process Utilization within Smart Glasses. In: Fellmann, M.; Sandkuhl, K. (Hrsg.): Proceedings of the 9th International Workshop on Enterprise Modelling and Information Systems Architectures (EMISA 2018), Rostock, Germany, 85–89.
- Vogel, J.; Koßmann, C.; Schuir, J.; Kleine, N.; Sievering, J. (2020a): *Virtual- und Augmented-Reality-Definitionen im interdisziplinären Vergleich Einleitung und Motivation*. In: Thomas, O.; Ickerott, I. (Hrsg.): Smart Glasses – Augmented Reality zur Unterstützung von Logistikdienstleistungen. Wiesbaden, Springer Gabler.
- Vogel, J.; Schuir, J.; Koßmann, C.; Thomas, O.; Teuteberg, F.; Hamborg, K.-C. (2021): *Let's Do Design Thinking Virtually: Design and Evaluation of a Virtual Reality Application for Collaborative Prototyping*. ECIS 2021, A Virtual AIS Conference.
- Vogel, J.; Schuir, J.; Thomas, O.; Teuteberg, F. (2020b): *Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen*. HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik 3(57):432–450.
- Vogel, J.; Thomas, O. (2019): *Generating Smart Glasses-based Information Systems with BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications*. 14. International Conference on Wirtschaftsinformatik (WI). Siegen, 259–273.
- Vogel, J.; Zobel, B.; Jannaber, S.; Thomas, O. (2018b): *BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications to enable Process Visualisations*. In: Czarnecki, C.; Brockmann, C.; Sultanow, E.; Koschmider, A.; Selzer, A. (Hrsg.): Workshops der INFORMATIK 2018 – Architekturen, Prozesse, Sicherheit und Nachhaltigkeit. Bonn, Köllen Druck+Verlag GmbH, 259–273.
- Wand, Y.; Weber, R. (2002): *Research Commentary: Information Systems and Conceptual Modeling—A Research Agenda*. Information Systems Research 4(13):363–376.
- Wattanakriengkrai, S.; Chinthanet, B.; Hata, H.; Kula, R.G.; Treude, C.; Guo, J.; Matsumoto, K. (2020): *GitHub Repositories with Links to Academic Papers: Open Access, Traceability, and Evolution*. <https://arxiv.org/abs/2004.00199>, Abruf am 26.06.2021.
- Wiesböck, F.; Hess, T. (2020): *Digital innovations: Embedding in organizations*. Electronic Markets 1(30):75–86.
- Wilde, T.; Hess, T. (2007): *Forschungsmethoden der Wirtschaftsinformatik*. Wirtschaftsinformatik 4(49):280–287.
- WKWI; GI FB WI (2011): *Profil der Wirtschaftsinformatik*. Zürich. https://vhb-online.org/fileadmin/user_upload/Profil_WI_final_ds26.pdf, Abruf am 26.06.2021.
- Wohlgenannt, I.; Simons, A.; Stieglitz, S. (2020): *Virtual Reality*. Business & Information Systems Engineering 5(62):455–461.
- Yeo, J. (2017): *The Theory of Process Augmentability*. Thirty Eighth International Conference on Information Systems (ICIS), South Korea, 11.
- Yoo, Y. (2017): *Design Thinking for IS Research in Editor's Comments: Diversity of Design Science Research*. MIS Quarterly 41(41).
- Zarour, K.; Benmerzoug, D.; Guermouche, N.; Drira, K. (2019): *A systematic literature review on BPMN extensions*. Business Process Management Journal 6(26):1473–1503.
- Zhang, P.; Benbasat, I.; Carey, J.; Davis, F.; Galletta, D.F.; Strong, D. (2002): *AMCIS 2002 Panels and Workshops I: Human-Computer Interaction Research in the MIS Discipline*. Communications of the Association for Information Systems (9).
- Zhang, P.; Li, N. (2004): *An assessment of human-computer interaction research in management information systems: topics and methods*. Computers in Human Behavior 2(20):125–147.

- Zobel, B.; Berkemeier, L.; Werning, S.; Thomas, O. (2016): *Augmented Reality am Arbeitsplatz der Zukunft: Ein Usability-Framework für Smart Glasses*. In: Mayr, H. C. & Pinzger, M. (Hrsg.): *Informatik von Menschen für Menschen (Informatik 2016)*, Bonn, Gesellschaft für Informatik, 1727–1740.

Teil B – Einzelbeiträge

Beitrag 1: BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications to enable Process Visualisations

Titel	BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications to enable Process Visualisations
Autoren	Jannis Vogel , Benedikt Zobel, Sven Jannaber, Oliver Thomas
Publikationsorgan	INFORMATIK 2018. Lecture Notes in Informatics (LNI 285)
Ranking	WKWI: B / VHB JQ3: C
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Vogel, J. ; Zobel, B.; Jannaber, S.; Thomas, O. (2018): BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications to enable Process Visualisations. In: Czarnecki, C., Brockmann, C., Sultanow, E., Koschmider, A.; Selzer, A. (Hrsg.): Workshops der INFORMATIK 2018 - Architekturen, Prozesse, Sicherheit und Nachhaltigkeit, Bonn, Köllen Druck+Verlag GmbH, S. 259-273.
Zusammenfassung	New mobile technologies such as smart glasses cannot be described adequately with standard process modelling languages. This leads to insufficient process documentation, hindering a correct integration of these technologies in business processes. In this paper, we focus explicitly on smart glasses-based processes. We analyse the domain of smart glasses-based processes and develop a smart glasses-based process ontology. Furthermore, we investigate smart glasses-based process concepts and BPMN concepts semantically. Thereby, extension requirements for a new BPMN extension are derived in the domain of smart glasses, using the method for domain-specific development of BPMN extensions. In addition, we include model-driven software development concepts. Finally, we present a part of the graphical syntax with an exemplary smart glasses-based process and the connection with the model-driven architecture.
Identifikation	ISBN: 978-3-88579-679-4 ISSN: 1617-5468
Link	https://dl.gi.de/bitstream/handle/20.500.12116/17226/3032414_GI_P_285_25.pdf
Copyright	© 2018 Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)

Tab. 2. Factsheet Beitrag 1

Beitrag 2: Generating Smart Glasses-based Information Systems with BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications

Titel	Generating Smart Glasses-based Information Systems with BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications
Autoren	Jannis Vogel , Oliver Thomas
Publikationsorgan	14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019)
Ranking	WKWI: A / VHB JQ3: C
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Vogel, J. ; Thomas, O. (2019): Generating Smart Glasses-based Information Systems with BPMN4SGA: A BPMN Extension for Smart Glasses Applications. In: Ludwig, T.; Pipek, V. (Hrsg.): Proceedings of the 14. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2019), Siegen, Germany, S. 259-273.
Zusammenfassung	Although smart glasses allow hands-free interaction with information systems and can enhance business processes, they face problems with the adoption in businesses. Implementation challenges arise due to specific hardware conditions e.g. computational power, limited battery, small screen size and privacy issues caused by the camera. In addition, not many programmers are specialized for the development of smart glasses-based applications to conquer the mentioned challenges. We address this issue with a generation tool for smart glasses-based information systems. A BPMN extension for smart glasses applications allows the abstract specification. Specified processes are then integrated into a model-driven software development approach that transforms processes directly into smart glasses applications. This paper covers the design and development phase of the abstract and concrete syntax of the BPMN extension and the representation of the architecture to generate smart glasses-based information systems with the new developed BPMN extension.
Identifikation	DOI: https://dspace.ub.uni-siegen.de/handle/ubsi/1576 ISBN: 978-3-96182-063-4 AIS-eLibrary: https://aisel.aisnet.org/wi2019/
Link	https://aisel.aisnet.org/wi2019/track03/papers/10/ https://wi2019.de/wp-content/uploads/Tagungsband_WI2019_reduziert.pdf#page=281
Copyright	„Das Copyright verbleibt bei den Autoren.“ (Copyright-Vereinbarung der WI 2019-Website: https://wi2019.de/tagungsband/)

Tab. 3. Factsheet Beitrag 2

Beitrag 3: How Do We Support Technical Tasks in the Age of Augmented Reality? Some Evidence from Prototyping in Mechanical Engineering

Titel	How Do We Support Technical Tasks in the Age of Augmented Reality? Some Evidence from Prototyping in Mechanical Engineering
Autoren	Friedemann Kammler, Jonas Brinker, Jannis Vogel , Tahany Hmaid, Oliver Thomas
Publikationsorgan	International Conference on Information Systems (ICIS 2019)
Ranking	WKWI: A / VHB JQ3: A
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Kammler, F.; Brinker, J.; Vogel, J. ; Hmaid, T.; Thomas, O. (2019): How Do We Support Technical Tasks in the Age of Augmented Reality? Some Evidence from Prototyping in Mechanical Engineering. In: Fong Boh, W.; Leimeister, J.M.; Wattal, S., (Hrsg.): International Conference on Information Systems (ICIS 2019), München, Germany.
Zusammenfassung	Industrial sectors like mechanical engineering currently define themselves primarily through their product business. However, a change can currently be observed. Instead of continuing to engineer products for maximum reliability, solution systems are developed that leverage their performance from services such as maintenance. For these, information supply is an essential factor, since the underlying products are becoming more complex. Additionally, these products are integrating information and communication technology, which can supply technicians, e.g. with actual condition data. To be able to use this information, technicians need service support systems (SSS) that yet exist on mobile and simple wearable devices. This article reports from the development of an SSS-based on augmented reality glasses. The developed system was used to support a LEGO assembly task and evaluated with the Task-Technology Fit model. The result shows that AR glasses can be used for the information supply of technicians but still need further development to allow for adequate service support.
Identifikation	ISBN: 978-0-9966831-9-7
Link	https://aisel.aisnet.org/icis2019/future_of_work/future_work/1/
Copyright	“For all papers accepted into ICIS 2019, authors of accepted papers will retain copyright.” (Copyright-Vereinbarung der ICIS 2019-Website: https://icis2019.aisconferences.org/submissions/revisions/)

Tab. 4. Factsheet Beitrag 3

Beitrag 4: Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen

Titel	Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen
Autoren	Jannis Vogel , Julian Schuir, Oliver Thomas, Frank Teuteberg
Publikationsorgan	HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik
Ranking	WKWI: B / VHB JQ3: D
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Vogel, J. ; Schuir, J.; Thomas, O.; Teuteberg, F. (2020): Gestaltung und Erprobung einer Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen. In: HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, Nr. 57/3, S. 432-450. (HMD Best Paper Award 2020)
Zusammenfassung	Um in zunehmend komplexen und wettbewerbsintensiven Märkten konkurrenzfähig bleiben zu können, muss die Innovationskraft eines Unternehmens sichergestellt werden. Dabei kommt dem Menschen und seiner Kreativität eine zentrale Rolle zu. Design Thinking bietet ein Methodenspektrum, um die Kreativität von Einzelnen in einem gruppenspezifischen, benutzerzentrierten Prozess in Innovationen zu überführen. Es kommen insbesondere spielerische Ansätze zur Kreativitätsförderung zum Einsatz, zu denen beispielsweise das Lego-Prototyping gehört. Digitale Unterstützungswerkzeuge sind bisher selten, obwohl sowohl Forschung als auch Praxis die virtuelle Realität aufgrund ihres immersiven Charakters zunehmend als ein Kreativitätsmedium betrachten. Im vorliegenden Beitrag wird daher eine Virtual-Reality-Anwendung zur Unterstützung des Prototypings in Design-Thinking-Prozessen als ein Proof of Concept vorgestellt und im Rahmen einer Case-Study evaluiert. Im Ergebnis resultiert eine Virtual-Reality-Umgebung, die einen positiven Effekt auf das Design-Thinking-Prototyping hinsichtlich der Kreativitätsförderung, der Effizienz und der Intuition hat. Hervorgehend aus den Evaluationsergebnissen entstehen Ansätze für eine folgende Iteration sowie Handlungsempfehlungen für die Gestaltung und den Einsatz unternehmensbezogener VR-Anwendungen. Perspektivisch gesehen eröffnen VR-Anwendungen neue Potenziale zur Gestaltung von digitalisierten Arbeitswelten.
Identifikation	DOI: 10.1365/s40702-020-00608-9 Online ISSN: 2198-2775 Print ISSN: 1436-3011
Link	https://link.springer.com/article/10.1365/s40702-020-00608-9
Copyright	Open Access: Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz

Tab. 5. Factsheet Beitrag 4

Beitrag 5: Let's Do Design Thinking Virtually: Design and Evaluation of a Virtual Reality Application for Collaborative Prototyping

Titel	Let's Do Design Thinking Virtually: Design and Evaluation of a Virtual Reality Application for Collaborative Prototyping
Autoren	Jannis Vogel , Julian Schuir, Cosmia Koßmann, Oliver Thomas, Frank Teuteberg, Kai-Christoph Hamborg
Publikationsorgan	European Conference on Information Systems (ECIS 2021)
Ranking	WKWI: A / VHB JQ3: B
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Vogel, J. ; Schuir, J.; Koßmann, C.; Thomas, O.; Teuteberg, F.; Hamborg, K.-C. (2021): Let's Do Design Thinking Virtually: Design and Evaluation of a Virtual Reality Application for Collaborative Prototyping. In: European Conference on Information System (ECIS 2021), A Virtual AIS Conference, Research Paper.
Zusammenfassung	Design Thinking (DT) is a widely used approach to develop human-centric solutions in organizational settings. One of the main activities within DT is prototyping, which allows for visualizing design ideas. However, the geographical distribution of teams and the lack of suitable working environments challenge these practices. This paper presents a design science research project that resolves these issues through virtual reality. Drawing on findings for creativity support, we derive meta-requirements and design principles and develop the DTinVR application that allows teams to visualize their ideas based on gestural interaction. To the best of our knowledge, we are the first to enable collaborative prototyping using hand tracking. We confirm the effectiveness and positive usability of DTinVR by means of three evaluations and discuss how our design principles can help to develop immersive solutions. The findings of this study contribute to the design knowledge on immersive applications in the information systems discipline.
Identifikation	ISBN: 978-1-7336325-6-0
Link	https://aisel.aisnet.org/ecis2021_rp/112/
Copyright	"For all papers accepted at ECIS2021, authors retain copyrights." (Copyright-Vereinbarung der ECIS 2021-Website: https://ecis2021.ma/paper-submission)

Tab. 6. Factsheet Beitrag 5

Beitrag 6: Understanding the Augmented and Virtual Reality Business Ecosystem: An e³-value Approach

Titel	Understanding the Augmented and Virtual Reality Business Ecosystem: An e ³ -value Approach
Autoren	Julian Schuir, Jannis Vogel , Frank Teuteberg, Oliver Thomas
Publikationsorgan	Business Modeling and Software Design (BMSD 2020) (LNBIP 391)
Ranking	WKWI: - / VHB JQ3: C
Status	Veröffentlicht
Bibliographische Information	Schuir, J.; Vogel, J. ; Teuteberg, F.; Thomas, O. (2020): Understanding the Augmented and Virtual Reality Business Ecosystem: An e ³ -value Approach. In: Shishkov, B. (Hrsg.): International Symposium on Business Modeling and Software Design (BMSD 2020), Springer, Cham, S. 240-256.
Zusammenfassung	In recent years, augmented and virtual reality have increasingly gained attention. To date, a multitude of solutions has been developed and implemented both in research and in practice. As a result, these technologies create new business opportunities. Particularly in Germany, a variety of startups tried to enter the market. By analyzing 141 tech startups, this paper visualizes the 25 generic roles and value streams within the augmented and virtual reality business ecosystem using the e3-value method. Furthermore, we evaluate the model with semi-structured interviews to verify validity. Practitioners can use the model to identify competitors or collaboration opportunities. Theoretically, our research contributes to the body of knowledge by systematically depicting the services related to augmented and virtual reality. Finally, we provide directions for future research.
Identifikation	DOI: 10.1007/978-3-030-52306-0_15 Print ISBN: 978-3-030-52305-3 Online ISBN: 978-3-030-52306-0
Link	https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-52306-0_15
Copyright	© Springer Nature Switzerland AG 2020

Tab. 7. Factsheet Beitrag 6