

Masterthesis

Malte Laska

Augmented Reality in der Enterprise Architecture:
Potenziale und Einflüsse von AR-Visualisierung auf die
Darstellung und Kommunikation von EA-Daten

Malte Laska

Augmented Reality in der Enterprise Architecture: Potenziale und Einflüsse von AR-Visualisierung auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten

Masterthesis eingereicht im Rahmen der Masterprüfung
im Studiengang *Master of Science Informatik*
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Ulrike Steffens
Zweitgutachter: Prof. Dr. Philipp Jenke

Eingereicht am: 31. July 2023

Malte Laska

Thema der Arbeit

Augmented Reality in der Enterprise Architecture: Potenziale und Einflüsse von AR-Visualisierung auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten

Stichworte

Augmented Reality (AR), Enterprise Architecture (EA), Visualisierung, narrative Review, Theorie

Kurzzusammenfassung

Hintergrund: Augmented Reality hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht und bietet neue Möglichkeiten für die Visualisierung und Interaktion von komplexen Datensätzen. In der Enterprise Architecture kann diese Technologie genutzt werden, um die zunehmende Komplexität und Dynamik der IT-Landschaften in Unternehmen zu adressieren. Diese Arbeit untersucht Potenziale und Einflüsse von AR-Visualisierung auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten.

Methodik: Eine narrative Literaturübersicht wurde durchgeführt, um Studien zu identifizieren, die die Nutzung von AR auf EA-Daten untersuchen, definiert in Bezug auf die Potentiale und Auswirkungen. 14 Studien zur Effektivität von AR in EA-Tools wurden für eine vollständige Überprüfung identifiziert.

Ergebnisse: Alle Studien zeigten einen positiven Zusammenhang zwischen der Verwendung von AR in EA-Tools und der Verbesserung der Visualisierung und Interaktion mit EA-Daten. Dies umfasste das bessere Verständnis komplexer Zusammenhänge sowie die Analyse durch EA-Entscheidungsträger und den Einstieg in die Nutzung.

Schlussfolgerungen: Basierend auf den begrenzt verfügbaren Beweisen scheint AR positive Auswirkungen auf die EA-Visualisierung und -Kommunikation zu haben. Allerdings bedeutet die relative Neuheit der breiteren Anwendung von AR in EA-Tools, dass zu diesem Zeitpunkt nur vorsichtige Schlussfolgerungen gezogen werden können. Weitere Forschungen, idealerweise mit großen Stichprobengrößen, robusten Ergebnismaßen und längeren Nachbeobachtungszeiträumen, werden empfohlen.

Malte Laska

Title of Thesis

Augmented Reality in Enterprise Architecture: Potentials and Influences of AR Visualization on the Representation and Communication of EA Data

Keywords

Augmented Reality (AR), Enterprise Architecture (EA), Visualization, Narrative Review, Theory

Abstract

Background: Augmented reality has made significant progress in recent years and offers new possibilities for the visualization and interaction of complex data sets. In enterprise architecture, this technology can be used to address the increasing complexity and dynamics of enterprise IT landscapes. This work explores potentials and influences of AR visualization on the representation and communication of EA data.

Methods: A narrative literature review was conducted to identify studies examining the use of AR on EA data, defined in terms of potentials and impacts. 14 studies on the effectiveness of AR in EA tools were identified for full review.

Results: All studies showed a positive correlation between the use of AR in EA tools and improved visualization and interaction with EA data. This included better understanding of complex relationships as well as analysis by EA decision makers and onboarding.

Conclusions: Based on the limited evidence available, AR appears to have positive effects on EA visualization and communication. However, the relative novelty of the broader application of AR in EA tools means that only tentative conclusions can be drawn at this time. Further research, ideally with large sample sizes, robust outcome measures, and longer follow-up periods, is recommended.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	viii
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	3
1.2 Ziele	4
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Grundlagen	6
2.1 Augmented Reality	6
2.1.1 Historische Entwicklung	7
2.1.2 Definitionen	9
2.1.3 AR im Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum	10
2.1.4 Devices und Sensoren	11
2.1.5 Arten der Implementierung von AR	13
2.1.6 AR-Methoden	14
2.2 Enterprise Architecture	16
2.2.1 Definition der EA	16
2.2.2 Kontext und Ziele der EA	18
2.2.3 Enterprise Architecture Management (EAM)	20
2.3 Visualisierung von Enterprise Architecture	22
2.3.1 Grundlagen der Datenvisualisierung	22
2.3.2 Visualisierung von EA-Daten	23
2.3.3 Spezifische Visualisierungsansätze EA-Daten	24
2.3.4 Tools und Software für die EA-Datenvisualisierung	25
2.3.5 Concerns, Views und Viewpoints	26
2.3.6 Layer-Modell	27
2.3.7 Immersive Analytics	29
2.3.8 Stadtmetapher	29

2.3.9	Cognitive Load & Cognitive Fit - Theorien	30
3	Methoden	32
3.1	Strategische Vorgehensweise der Literatursuche	32
3.2	Resultate	34
3.3	Limitationen	35
4	Literaturanalyse	36
4.1	Analyse der Studien mit Anwendung von AR	37
4.1.1	Let's Get in Touch - Decision Making about Enterprise Architecture Using 3D Visualization in Augmented Reality	37
4.1.2	Visualization of Software Architectures in Virtual Reality and Augmented Reality	39
4.1.3	The Augmented Space of a Smart City	40
4.1.4	Evaluating the User Experience of an Augmented Reality Prototype for Enterprise Architecture	42
4.1.5	Watch that Seam! Designing Hybrid Presentations with Data Visualisation in Augmented Reality	43
4.1.6	Initial Concepts for Augmented and Virtual Reality-based Enterprise Modeling?	45
4.2	Analyse der Studien ohne Anwendung von AR	47
4.2.1	Put your glasses on: Conceptualizing affordances of mixed and virtual reality for enterprise architecture management	48
4.2.2	Conceptualizing EA Cities: towards Visualizing Enterprise Architectures as Cities	49
4.2.3	Comparing the Quality of Business Decisions Supported by Alternative Visualisation Platforms	52
4.2.4	Analyse der Studien VR-EvoEA+BP: Using Virtual Reality to Visualize Enterprise Context Dynamics Related to Enterprise Evolution and Business Processes	54
4.3	Analyse einer Reihe aufeinander aufbauenden Studien zur progressiven Entwicklung von VR-Anwendungen	54
5	Diskussion	61
6	Fazit	68

Literaturverzeichnis	70
A Anhang	79
Selbstständigkeitserklärung	81

Abbildungsverzeichnis

2.1	Gartner Hypecycle - Verlauf AR & VR 2005 - 2018 [Vigkos et al., 2021]	7
2.2	Vereinfachte Darstellung von Milgrams Virtuality Continuum [Milgram and Kishino, 1994]	10
2.3	EA als Management-Instrument [Lankhorst, 2017, S. 7]	20
2.4	Architekturkommunikation [Lankhorst, 2017, S. 4]	26
2.5	EA-Visualisierung mit Verbindungen zwischen EA-Objekten auf 3 Ebenen [Rehring et al., 2019b]	28
4.1	Dreidimensionale EA-Stadt gruppiert nach Organisationseinheiten [Rehring et al., 2019a]	50
4.2	Visualisierung von BPMN in VR [Oberhauser et al., 2018]	55
4.3	Konzeptkarte, die VR-EvoEA+BP (blau) in Beziehung zu vorherigen Konzepten zeigt [Oberhauser et al., 2023]	59

1 Einleitung

Mit dem exponentiellen Wachstum digitaler Technologien haben sich die Paradigmen der Informationsdarstellung und -kommunikation in der Unternehmensarchitektur (Enterprise Architecture, EA) verändert. In der sich stetig wandelnden Informationstechnologie-Landschaft haben Fortschritte in der Augmented Reality (AR) Technologie neue Möglichkeiten für die visuelle Darstellung und Kommunikation komplexer Daten eröffnet [Gartner, 2021a]. AR ermöglicht die Integration von virtuellen Informationen in die reale Umgebung und bietet somit eine verbesserte und erweiterte Wahrnehmung der Realität. Diese Technologie hat entsprechend hohes Potential, die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten erheblich zu beeinflussen.

Trotz der potenziellen Vorteile, die AR in der Unternehmensarchitektur bieten kann, fehlt es bisher an umfangreichen Untersuchungen, die die spezifischen Einflüsse und Potenziale von AR-Visualisierungen auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten systematisch analysieren. Während einzelne Studien existieren, haben diese tendenziell einen engen Fokus und bieten keinen umfassenden Überblick über das Feld. Daher besteht die Notwendigkeit, eine eingehende und breit angelegte Analyse durchzuführen, die einen Überblick der aktuellen Forschung bietet.

In der vorliegenden Arbeit wird ein narratives Literaturreview durchgeführt [Green et al., 2006], um folgende Forschungsfragen zu beantworten:

1. Welches Potential hat AR für die Visualisierung von EA-Daten?
2. Welchen Einfluss hat AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten?

Die erste Forschungsfrage zielt darauf ab, das Potenzial von AR für die Visualisierung von EA-Daten zu ermitteln. Hier stehen die Möglichkeiten und Vorteile im Vordergrund, die die AR-Technologie bieten könnte, um komplexe EA-Daten visuell darzustellen. Das Hauptaugenmerk liegt auf den technischen Aspekten von AR, wie beispielsweise der Art

und Weise, wie AR-Elemente in die Visualisierung von EA-Daten integriert werden können, um diese besser verständlich und zugänglich zu machen. Die Forschung könnte sich darauf konzentrieren, wie AR-Technologien die Datenvisualisierung verbessern können, um Entscheidungsfindung und Kommunikation zu erleichtern.

Die zweite Forschungsfrage zielt auf den Einfluss von AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten ab. Hier liegt der Schwerpunkt auf den Auswirkungen von AR auf die Art und Weise, wie EA-Daten präsentiert und kommuniziert werden können. Die Forschung könnte sich mit den sozialen, organisatorischen und kulturellen Auswirkungen von AR befassen, wenn es darum geht, EA-Daten zu teilen und zu kommunizieren. Es geht nicht nur um die technischen Aspekte der Datenvisualisierung, sondern auch um die menschlichen und organisatorischen Dimensionen, wie beispielsweise die Akzeptanz von AR-Technologien durch Mitarbeiter oder die Effektivität der Kommunikation von EA-Daten mit AR.

Diese Arbeit verfolgt das Ziel, eine umfassende und interpretative Diskussion der Literatur zu diesem spezifischen Thema bereitzustellen. Dabei wird ein analytischer Ansatz angewandt, der unterschiedliche Forschungsansätze berücksichtigt, um eine Vielzahl von Perspektiven und Kontexten zu integrieren. Die Hauptzielsetzung besteht darin, Erkenntnisse und Ergebnisse aus verschiedenen Literaturquellen zu präsentieren und zu integrieren, wobei ein besonderer Fokus auf das Potenzial und den Einfluss von AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten gelegt wird. Es wird angestrebt, einen neutralen und objektiven Standpunkt einzunehmen, um eine umfassende Synthese des bestehenden Wissens zu erzielen.

Im Zuge dieser Arbeit wird eine selektive Methode zur Literaturlauswahl verfolgt. Es werden relevante Quellen berücksichtigt, die zwischen 2018 und 2023 in ausgewählten Datenbanken veröffentlicht wurden. Diese Herangehensweise gewährleistet, dass die präsentierten Ergebnisse den aktuellen Stand der Technik reflektieren. Die thematische Organisation der Arbeit ermöglicht es, die ausgewählten Studien entsprechend ihrer Beiträge zu gruppieren.

Diese Arbeit richtet sich primär an ein akademisches Publikum und an Forschungspersonal sowie Fachleute in den Bereichen Enterprise Architecture und Augmented Reality. Darüber hinaus strebt sie an, grundlegende Erkenntnisse zu liefern, die potenziell Unternehmen dabei unterstützen könnten, die Möglichkeiten der AR-Technologie weiter zu nutzen und die Effizienz ihrer EA-Visualisierungen zu steigern. Im weiteren Sinne könnte diese Forschungsarbeit zu einer Weiterentwicklung von EA-Management-Praktiken

beitragen und Möglichkeiten zur Optimierung der internen Kommunikationsprozesse innerhalb von Organisationen aufzeigen. Die gewonnenen Erkenntnisse könnten daher für die praktische Anwendung von AR im Kontext von EA von erheblicher Bedeutung sein. Durch die Anwendung von methodologischen Grundsätzen wird die wissenschaftliche Qualität und Zuverlässigkeit der Arbeit sichergestellt und eine transparente und nachvollziehbare Vorgehensweise bei der Durchführung des Literaturreviews ermöglicht.

1.1 Problemstellung

Die Unternehmensarchitektur spielt in der heutigen, schnelllebigen Geschäftswelt eine strategisch entscheidende Rolle für viele Organisationen. Die fortschreitende Digitalisierung erzeugt eine Fülle von Daten, die innerhalb der EA verwaltet werden müssen [Ziemann, 2022, S. 5]. Als strategisches Management-Werkzeug trägt die EA zur Gestaltung einer kohärenten, nachhaltigen und effizienten IT-Landschaft bei und hilft bei der Entscheidungsfindung auf verschiedenen Organisationsebenen [Ross et al., 2006, S.46 ff.]. Unternehmen stehen jedoch ständig vor Wandlungsprozessen, ausgelöst durch sich ändernde Marktanforderungen, die zunehmende Digitalisierung von Geschäftsmodellen sowie Umstrukturierungen infolge von Fusionen und Übernahmen [Khosroshahi et al., 2015].

Angesichts dieser sich ständig verändernden Umgebung sind EA-Informationen von hoher Komplexität und Vielschichtigkeit. Die Qualität und Effektivität der Visualisierung und Kommunikation dieser Informationen stellt sowohl eine Herausforderung als auch eine Notwendigkeit dar. Traditionelle Visualisierungsmethoden wie Diagramme, Tabellen oder Berichte sind oft nicht ausreichend, um die umfangreichen Zusammenhänge der EA-Daten adäquat darzustellen [Billinghurst and Duenser, 2012, S.56]. Dies kann zu einer hohen kognitiven Belastung für Stakeholder führen, die diese Darstellungen interpretieren und ihre Entscheidungen darauf basieren.

In diesem Zusammenhang bietet AR neue Möglichkeiten. AR hat sich in den letzten Jahren rasant entwickelt und ermöglicht die Integration von virtuellen Informationen in die reale Umgebung, wodurch eine verbesserte und erweiterte Wahrnehmung der Realität ermöglicht wird [Gartner]. Die Anwendung von AR zur Visualisierung von EA-Daten wird daher zunehmend relevanter. Allerdings steht die Technologie vor signifikanten Herausforderungen, sowohl auf technischer als auch auf konzeptioneller Ebene [Lamberti et al., 2014, Nee and Ong, 2023].

Trotz des Potenzials von AR für die Visualisierung von EA-Daten gibt es bisher nur wenig Literatur, die sich diesem Thema angenommen hat. Die Potenziale und Mehrwerte von AR in diesem Kontext sind daher noch nicht vollständig geklärt. Dies unterstreicht die Notwendigkeit weiterer Forschung, um die Möglichkeiten und Herausforderungen von AR für die Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten besser zu verstehen und zu nutzen.

1.2 Ziele

Die vorliegende Arbeit zielt darauf ab, die Potenziale und Einflüsse von AR-Technologie auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten basierend auf vorhandener Literatur umfassend zu erfassen und zu analysieren.

Die Intention ist es, sowohl quantifizierbare als auch qualitative Verbesserungen zu identifizieren, die durch die Anwendung von AR-Technologien in der EA erzielt werden können. Hierzu zählen etwa beschleunigte Entscheidungsfindungsprozesse, eine Reduktion von Fehlinterpretationen der Daten sowie ein verbessertes Verständnis und gesteigerte Zufriedenheit der Stakeholder. Dies soll durch die ausgiebige Untersuchung und Synthese von Primärstudien erreicht werden, die den Einsatz von AR-Technologie im Kontext von EA thematisieren.

Diese Literaturanalyse trägt zur aktuellen Forschung bei, indem sie ein umfassendes Verständnis der Rolle von AR in der EA liefert und aufzeigt, wie diese Technologie die Darstellung und Kommunikation von Daten beeinflusst und verbessert. Die Erkenntnisse aus dieser Forschungsarbeit werden dazu beitragen, die technischen und konzeptionellen Herausforderungen zu identifizieren, die der breiteren Implementierung von AR in diesem Kontext entgegenstehen. Es wird erwartet, dass dieses Literaturreview Unternehmen dabei unterstützen wird, das Potenzial von AR-Technologien weiter auszuschöpfen und somit stellt es eine wertvolle Ergänzung zur aktuellen Forschung dar.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Masterarbeit ist systematisch in XXX aufeinander aufbauende Kapitel gegliedert.

Kapitel 1 (Einleitung) präsentiert das Forschungsthema und erörtert die Problemstellung sowie Ziele dieser Arbeit. Es stellt die Forschungsfrage vor und gibt eine kurze Übersicht über die Struktur der Arbeit.

Kapitel 2 (Grundlagen) führt in die Kernkonzepte von Enterprise Architecture und Augmented Reality ein und diskutiert die damit verbundenen theoretischen Aspekte und Prinzipien. Dieses Kapitel beinhaltet auch eine kurze Einführung in die Visualisierung von EA-Daten.

Kapitel 3 (Methode) stellt den methodischen Prozess dar, der für die Literaturrecherche angewendet wurde und listet die Ergebnisse.

Kapitel 4 (Literaturanalyse) bietet eine umfassende Analyse der existierenden Studien und Artikel zu AR und EA. Es werden die aktuellen Methoden zur Darstellung und Kommunikation von EA-Daten zusammengefasst und die Rolle und der Einfluss von AR-Visualisierungen in diesem Bereich bewertet.

Das Kapitel 5 (Diskussion & Fazit) Weiterhin werden Empfehlungen und Vorschläge für zukünftige Forschungsrichtungen zur Integration von AR in die EA, basierend auf den im Laufe der Arbeit identifizierten Forschungslücken, gemacht und Möglichkeiten zur Optimierung der Darstellung und Kommunikation von EA-Daten aufgezeigt.

Die Arbeit endet mit einer Zusammenfassung und Schlussfolgerung, die die wichtigsten Erkenntnisse zusammenfasst und die Antworten auf die Forschungsfrage darstellt. Dieses Schlusskapitel bietet auch Raum für abschließende Gedanken und Reflexionen über die Arbeit.

2 Grundlagen

Dieses Kapitel stellt die für diese Arbeit relevanten Konzepte und Grundlagen vor, um ein fundiertes Verständnis zu gewährleisten.

Aufgrund der enormen Breite der betrachteten Themengebiete wäre es nicht praktikabel, in dieser Arbeit jeden Aspekt eingehend zu untersuchen. In Anbetracht dessen liegt der Fokus auf den für diese Arbeit relevanten Konzepten und Informationen. Für eine umfassende Einführung in das Gebiet der Enterprise Architecture wird auf die Arbeit von Lankhorst [2017] verwiesen. Ebenso bietet die Arbeit von Schmalstieg and Hollerer [2016] einen tiefgreifenden Einblick in das Feld der Augmented Reality.

2.1 Augmented Reality

Die renommierte Beratungsfirma Gartner Inc. veröffentlicht jährlich einen ‘Hype Cycle’-Bericht zur Darstellung technologischer Trends und Entwicklungen. Abbildung 2.1 zeigt die Entwicklung der Technologie AR innerhalb des Hype Cycle im Verlauf von 2005 bis 2018.

Seit 2019 wird AR, nach einer zunehmenden Reifephase und überwundenem ‘Hype’-Status, nicht mehr im Hype Cycle dargestellt [Gartner, 2021a].

Durch diese rasante Entwicklung in den letzten Jahren findet AR zunehmend Anwendung in einer Vielzahl von Branchen und Anwendungsbereichen. Gleichzeitig sind viele Unternehmen noch nicht ausreichend mit konkreten Anwendungserfahrungen im Bereich der AR vertraut, was die Identifizierung relevanter Einsatzmöglichkeiten erschwert [Fromm et al., 2022]. Diese Herausforderung kann in vielen Fällen eine gewisse Skepsis gegenüber Investitionen in AR-Technologien fördern. Angesichts der Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten und deren zunehmender Verbreitung ist eine eingehende Untersuchung und

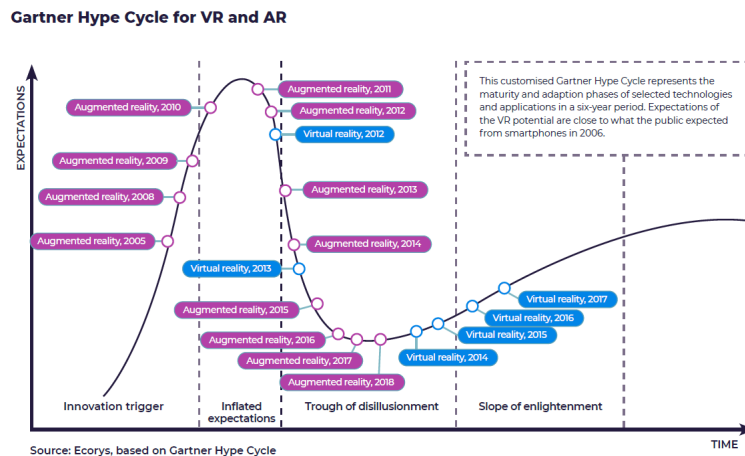


Abbildung 2.1: Gartner Hypecycle - Verlauf AR & VR 2005 - 2018 [Vigkos et al., 2021]

Definition dieser Technologie für eine umfassende Analyse der Nutzung von AR zur Visualisierung von EA-Daten unerlässlich.

2.1.1 Historische Entwicklung

Die Anfänge der AR können bis in die 1960er Jahre zurückverfolgt werden, als Ivan Sutherland das erste Head-Mounted Display (HMD), genannt ‘The Sword of Damocles’, vorstellte [Sutherland, 1968]. Sutherlands HMD war ein großer Durchbruch, weil es die Möglichkeit schuf, ein computergeneriertes Bild direkt in das Sichtfeld des Benutzers zu projizieren. Dies legte den Grundstein für das, was wir heute als AR kennen, da es den Weg für die Überlagerung von digitalen Informationen auf die physische Welt ebnete.

In den 1970er Jahren erfolgte ein weiterer bedeutender Schritt mit der Entwicklung des Videoplace-Systems von Myron Krueger [Krueger, 1983]. Das Videoplace war eine künstlerische und technologische Innovation, die es Benutzern ermöglichte, in Echtzeit mit virtuellen Objekten in einer Live-Video-Umgebung zu interagieren. Kruegers System zeigte die Möglichkeit auf, menschliche Gesten zur Interaktion mit virtuellen Elementen zu nutzen - eine Funktion, die heute in vielen AR-Anwendungen essentiell ist. Später, in den 80er Jahren, wurden Fortschritte in Richtung tragbarer Computer-Vision-Systeme erzielt, die wichtige Schritte in Richtung moderner AR-Anwendungen darstellten [Mann, 2001].

Mit den technologischen Fortschritten der 90er Jahre wurde AR erstmals kommerziell nutzbar. Eine bedeutende Errungenschaft dieser Zeit war die Prägung des Begriffs „Augmented Reality“ durch Caudell and Mizell [1992]. Azuma formulierte 1997 eine Definition von AR, die bis heute weit verbreitet und zitiert wird [Azuma, 1997]. 1999 wurde das ARToolKit eingeführt, eine Open-Source-Software-Bibliothek, die Markererkennung in Echtzeit ermöglicht, was für AR-Anwendungen von entscheidender Bedeutung ist [Kato and Billinghurst, 1999].

Die jüngste Verbreitung von AR wurde durch Fortschritte in der Vernetzung, Miniaturisierung, gesteigerter Rechenleistung und Kostenreduktion der Hardware begünstigt. Besonders bemerkenswert sind Verbesserungen in der Darstellung hochauflösender Inhalte ohne spezielle Grafikkarten und die Integration von Anzeigen in tragbare Accessoires [Zenisek et al., 2021]. Im Laufe der 2000er Jahre wurde AR aufgrund technologischer Fortschritte und der zunehmenden Verbreitung von Smartphones massentauglich. Eine Reihe von Unternehmen und Anwendungen trugen zur Förderung von AR bei und brachten sie in den Mainstream. Snapchat zum Beispiel führte 2015 AR-Filter ein, die es Benutzern ermöglichten, ihre Selfies mit computergenerierten Overlays zu versehen [McLaughlin, 2023].

2016 wurde das Augmented Reality-Spiel Pokémon Go veröffentlicht und schnell zum kulturellen Phänomen. Millionen von Menschen auf der ganzen Welt nahmen an dem Spiel teil, das die Verwendung von AR für das Fangen von Pokémon in der realen Welt beinhaltete. Diese breite Akzeptanz von AR in einer so beliebten App trug dazu bei, das Bewusstsein und das Interesse für AR zu erhöhen.

In der gleichen Zeit stellte Microsoft die ‘HoloLens’ vor, ein Head-Mounted Display mit fortschrittlichen Sensoren und Prozessoren, das die Interaktion mit holographischen Daten ermöglichte und neue Anwendungsbereiche für AR in professionellen und industriellen Umgebungen öffnete [Gieselmann, 2015].

Die Einführung von AR-Entwicklungsplattformen wie Apples ARKit im Jahr 2017 und Googles ARCore im Jahr 2018 hat es Entwicklern erleichtert, AR-Anwendungen für mobile Geräte zu erstellen. Diese Plattformen trugen dazu bei, die Zugänglichkeit und Vielfalt der AR-Anwendungen zu erhöhen, indem sie Entwicklern die notwendigen Tools zur Verfügung stellten, um ihre eigenen AR-Erfahrungen zu schaffen [Nellis, 2017].

Im Jahr 2024 plant Apple die Einführung der ‘Vision Pro’, eines hochleistungsfähigen Mixed Reality (MR)-Head-Mounted Displays. Mit dieser Ankündigung wird erwartet,

dass der Zugang zu und die Nutzung von AR weiter zunehmen wird, was die Relevanz und das Potenzial dieser Technologie für die Zukunft unterstreicht [Apple, 2023].

2.1.2 Definitionen

Augmented Reality ist ein umfassendes und mehrdimensionales Konzept, das sich über eine Vielzahl von Disziplinen erstreckt und im Laufe der Zeit kontinuierlich weiterentwickelt hat. Ein tiefgreifendes Verständnis der Definitionen und charakteristischen Merkmale von AR ist unabdingbar, um ihre Anwendung und ihr Potenzial in vollem Umfang zu erfassen. Daher ist die sorgfältige Untersuchung der Definitionen und der Entstehung von AR ein notwendiger Schritt in der weitergehenden Betrachtung der Nutzung und Implikationen dieser Technologie.

Frühe Definitionen wie die von Azuma [1997] und aufbauend Azuma et al. [2001] haben die Grundlagen für heutige Definitionen von AR gelegt, indem sie dieser Technologie drei wichtige Eigenschaften zuschreiben. Erstens kombiniert AR die reale und die virtuelle Welt. Zweitens reagiert AR in Echtzeit auf Benutzerinteraktionen und drittens stellt AR virtuelle Objekte in korrekter räumlicher Beziehung zum Benutzer dar. Diese Definition betont die Echtzeiteinbindung von computergenerierten Informationen in die Nutzersicht und die Interaktivität dieser Elemente in der realen Umgebung.

Diese Anfänge haben den Weg für modernere Auffassungen von AR geebnet, die durch den Fortschritt der Technologie und das Verständnis ihres Potenzials möglich wurden. Beispielsweise heben Schmalstieg and Hollerer [2016] hervor, dass moderne AR-Systeme durch die Verwendung verschiedener Sensoren und Techniken ein höheres Maß an Immersion erreichen, einschließlich der Verfolgung der Kopfbewegung, der Augenverfolgung, und der Verwendung von Handgesten und Sprachbefehlen zur Interaktion.

Eine moderne Definition von AR stammt von Gartner. Sie definiert: „Augmented reality (AR) is the real-time use of information in the form of text, graphics, audio and other virtual enhancements integrated with real-world objects. It is this ‘real world’ element that differentiates AR from virtual reality. AR integrates and adds value to the user’s interaction with the real world, versus a simulation.“[Gartner]. Diese Definition betont, dass AR sich von VR durch das Element der ‘realen Welt’ unterscheidet und durch die Integration von virtuellen Informationen Mehrwert zur Nutzerinteraktion schafft, im Gegensatz zu einer Simulation.

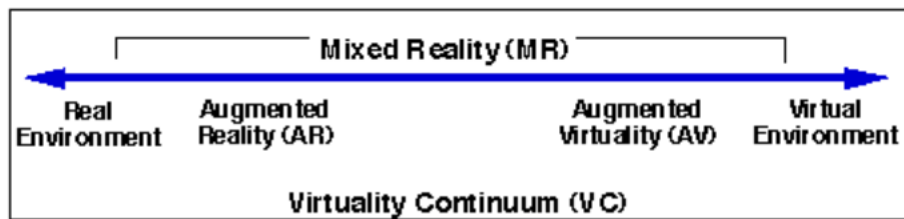


Abbildung 2.2: Vereinfachte Darstellung von Milgrams Virtuality Continuum [Milgram and Kishino, 1994]

Basierend auf diesen vielfältigen Definitionen kann AR als Technologie charakterisiert werden, die die Realzeit-Einbindung von computergenerierten Informationen und Bildern in die Nutzersicht ermöglicht. Sie fusioniert eine Live-Ansicht der physischen Welt mit diesen computergenerierten Bildern, die hochgradig kontextsensitiv und an die spezifischen Anforderungen des Nutzers angepasst sind. Durch die Nutzung verschiedener Sensoren und Kameras ermöglicht AR eine präzise Erfassung der physischen Umgebung und der Position des Nutzers, was eine genaue Ausrichtung und Registrierung der virtuellen und realen Objekte gewährleistet. Dies ermöglicht eine hohe Interaktion und Immersion für den Nutzer.

2.1.3 AR im Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum

Die Abgrenzung von AR gegenüber verwandten Technologien wie Virtual Reality (VR), Mixed Reality (MR), Virtual Environment (VE), Augmented Virtuality (AV) und Real Environment (RE) ist essentiell, da diese Differenzierung zur Identifikation spezifischer Anforderungen und Herausforderungen bei der Analyse für die Visualisierung von EA-Daten beiträgt.

Um diese verschiedenen Grade der Mischung von realen und virtuellen Informationen besser zu klassifizieren, etablierten [Milgram and Kishino, 1994] das in Abbildung 2.2 dargestellte 'Virtuality Continuum', eine kontinuierliche Skala zwischen vollständiger Realität und vollständiger Virtualität. Die vollständige Realität, also die physische Welt, in der wir existieren und die durch die Gesetze der Physik bestimmt ist, wird dabei als RE an einem Ende der Skala abgebildet. Den Gegenpol definiert VE als vollständige Virtualität, welche einen Rahmen bietet für computergenerierte Umgebungen, die vorrangig visuell, jedoch auch haptisch und auditiv für Nutzer erfahrbar sind. Innerhalb dieses Kontinuums ist AR näher an der RE, indem es virtuelle Informationen in die physische Welt

einbettet. Gleichzeitig ist AR eine Unterform von MR, welches ein breiteres Spektrum an Technologien umfasst, die eine Kombination aus realen und virtuellen Elementen ermöglichen. MR umfasst neben AR auch VR und AV. Bei AV besteht der Hauptinhalt aus virtuellen Objekten oder einer virtuellen Umgebung. Reale Objekte oder Informationen werden in diese virtuelle Welt integriert. VR stellt vollständig computergenerierte Umgebungen dar und nimmt damit den größtmöglichen Abstand von der Realität [Riva et al., 2016]. Diese Umgebungen werden unter anderem häufig im Zusammenhang von Bildung und Training eingesetzt, um immersives und interaktives Lernen zu ermöglichen, das über traditionelle Lehrmethoden hinausgeht [Radianti et al., 2020]. Beispielsweise können VR-Simulationen in der Medizin dazu beitragen, Fachkräfte im Gesundheitswesen in komplexen medizinischen Verfahren und Techniken zu schulen [Kyaw et al., 2019]. Es ist wichtig zu beachten, dass die Grenzen zwischen AR, VR und AV fließend sind und von den spezifischen Anwendungen und Technologien abhängen, die verwendet werden.

2.1.4 Devices und Sensoren

AR-Devices können grob in drei Formfaktoren eingeteilt werden: Head-Mounted Displays (HMD), Handheld-Devices (wie Smartphones und Tablets) und projektionsbasierte Systeme. Jede Kategorie hat ihre spezifischen Merkmale und Einsatzbereiche und nutzt eine Reihe von Sensoren zur Positionierung und Interaktion mit der AR-Umgebung.

Head-Mounted Displays (HMD), auch als AR-Headsets oder Smart Glasses bekannt, werden am Kopf getragen und bieten ein hochgradig immersives AR-Erlebnis. Diese Geräte können von überall aus verwendet werden, was sie besonders nützlich für Anwendungen macht, bei denen beide Hände frei sein sollen [Milgram and Kishino, 1994]. HMDs sind in zahlreichen Anwendungen einsetzbar, zum Beispiel in der Chirurgie [Meola et al., 2017] oder der generellen Ausbildung [Lee, 2012]. Sie bieten erweiterte Funktionen wie Spracherkennung, Bewegungssteuerung und Handgestenerkennung, die es dem Benutzer ermöglichen, AR-Erlebnisse noch intuitiver zu steuern [Azuma et al., 2001]. Sie zeichnen sich durch ein hohes Maß an Immersion aus, da sie in der Lage sind, virtuelle Inhalte in Echtzeit über ein breites Sichtfeld darzustellen. Darüber hinaus ermöglichen sie trotz der Nutzung von Augmented Reality eine face-to-face Kommunikation in der realen Umgebung [Birchfield and Megowan-Romanowicz, 2009]. Aufgrund der jüngsten Fortschritte in der Steigerung der tragbaren Rechenleistung und den gesunkenen Kosten dieser Technologie sind Head-mounted AR-Devices sehr stark im Aufschwung [Nee and

Ong, 2023, S.45].

Handheld-Geräte wie Smartphones und Tablets zeichnen sich durch ihre Portabilität, Flexibilität, Interaktivität und Fähigkeit, mit anderen Geräten zu kommunizieren, aus. Sie verwenden eine Reihe von Sensoren, darunter Bewegungssensoren, GPS und Kameras, um die Position und Bewegungen des Geräts zu erfassen und die virtuellen Inhalte entsprechend zu aktualisieren [Lee, 2012]. Neuere Modelle verfügen außerdem über LiDAR-Sensoren, die detaillierte 3D-Scans der Umgebung erstellen können, um ein genaueres Tracking und eine realistischere Integration von virtuellen und realen Elementen zu ermöglichen [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 108]. Ein Nachteil der Nutzung dieser Geräteklasse ist die ständige Belegung einer Hand und damit eingeschränkte Interaktion mit Inhalten [Rehring and Ahlemann, 2020]. Mit der zunehmenden Beliebtheit von Smartphones und Tablets hat sich Mobile Augmented Reality als Mainstream-Technologie etabliert und stellt gegenwärtig ein zentrales Forschungsthema in verschiedenen Disziplinen dar, wobei Handheld-Geräte aufgrund ihrer Verbreitung und Benutzerfreundlichkeit besonders für Verbraucheranwendungen, wie beispielsweise mobile Spiele wie Pokémon Go, geeignet sind [Dirin and Laine, 2018].

Projektionsbasierte AR-Systeme, wie das MIT's SixthSense-Projekt, projizieren digitale Informationen direkt auf physische Objekte, was ein breites Spektrum an Anwendungen, von interaktiven Lernumgebungen bis hin zur industriellen Fertigung, ermöglicht [Mistry and Maes, 2009]. Diese Geräte werden oft in einem größeren Format angeboten als head-mounted oder handheld AR-Devices und ermöglichen es dem Benutzer, AR-Erlebnisse auf einem großen Bildschirm oder einer Projektionsfläche zu genießen. Dazu werden Beamer oder andere Projektionstechnologien genutzt. Sie können auch mit einer Vielzahl von Sensoren und Kameras ausgestattet sein, um die Position und Interaktionen des Benutzers zu verfolgen und eine interaktive AR-Erlebnis zu ermöglichen. Ein weiteres wichtiges Merkmal von projectiven AR-Devices ist ihre Fähigkeit, in einem gemeinsamen Raum gemeinsam genutzt zu werden. Dies kann die Zusammenarbeit und Kommunikation zwischen mehreren Benutzern erleichtern und verbessern [Azuma et al., 2001].

AR kann alle fünf Sinne des Menschen ansprechen, wird jedoch am häufigsten für visuelle Anwendungen genutzt [Kipper and Rampolla, 2012, S. 1]. In Bezug auf die Darstellungstechnologie sind AR-Geräte typischerweise entweder optisch durchsichtig, Videodurchsichtig oder projektionsbasiert. Optisch durchsichtige HMDs lassen das natürliche

Licht durch und überlagern virtuelle Objekte mit der realen Welt, was ein hohes Maß an Immersion ermöglicht. Video-durchsichtige Geräte verwenden eine Kamera, um das Live-Bild der realen Welt auf einem Display darzustellen, das dann mit virtuellen Elementen überlagert wird [Azuma, 1997].

Schließlich variiert der Grad der Immersion, den AR-Geräte bieten, stark und hängt von einer Kombination der oben genannten Faktoren ab [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 105]. Während HMDs in der Regel ein höheres Maß an Immersion bieten, können weniger immersive Anwendungen, wie AR auf einem Smartphone, für bestimmte Anwendungsfälle besser geeignet sein. Insgesamt wird die Auswahl des AR-Geräts und der Sensoren von den spezifischen Anforderungen der AR-Anwendung und den Erwartungen des Benutzers bestimmt.

2.1.5 Arten der Implementierung von AR

AR kann in verschiedenen Ausprägungen und Devices realisiert werden. Unabhängig von Zielsetzung und Funktionalität führen sämtliche AR-Systeme vier grundlegende Funktionen aus: Lokalisierung (Tracking), Koregistrierung, Darstellung (Rendering) und Visualisierung [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 126]. Jede dieser Funktionen ermöglicht das AR-Erlebnis, indem sie virtuelle Inhalte in die reale Welt integrieren.

Das Tracking in Augmented Reality-Systemen beinhaltet die Verfolgung der Benutzerposition und -ausrichtung innerhalb einer Szene, um eine realitätsgetreue Überlagerung virtueller Inhalte auf die reale Welt zu ermöglichen. Dies erfolgt durch die Definition einer Benutzerabbildung in Echtzeit und deren Übertragung auf ein globales Referenzsystem, welches der Umgebung des Benutzers zugewiesen wird [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 127]. Beispiele für Geräte, die dieses Prinzip verwenden, sind AR-Brillen wie Microsoft HoloLens oder AR-fähige Mobiltelefone, die mit GPS und Bewegungssensoren ausgestattet sind.

Die Koregistrierung beinhaltet die Ausrichtung der virtuellen Objekte aus der Perspektive des Beobachters, wobei geometrische Transformationen, Beleuchtung, Schattenwurf und Verdeckung berücksichtigt werden. Dadurch wird eine realistische Überlagerung und Integration der virtuellen Inhalte in die physische Welt ermöglicht [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 127].

Das Rendering bezieht sich auf die Echtzeitgenerierung der visuellen Inhalte, die überlagert werden sollen, während die Visualisierung den Prozess beschreibt, bei dem der Benutzer das Ergebnis der Überlagerung von virtueller und physischer Welt mithilfe von Geräten und Technologien wahrnehmen kann [Nee and Ong, 2023, S.36]. Ein prominentes Beispiel ist das ARKit von Apple, das eine Vielzahl von Rendering- und Visualisierungstechniken nutzt, um immersive AR-Erfahrungen auf iOS-Geräten zu ermöglichen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt in der Funktionalität von AR-Systemen ist die Implementierung von Six Degrees of Freedom (6DoF). 6DoF bezieht sich auf die Fähigkeit, sich in drei linearen und drei Winkelachsen zu bewegen, was die Freiheit einer Körperbewegung in einem dreidimensionalen Raum ausmacht [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 135]. In AR-Systemen ermöglichen Sensoren, die 6DoF unterstützen, eine realitätsnahe Überlagerung virtueller Inhalte auf die reale Welt, indem sie sowohl die Position als auch die Orientierung des Benutzers im Raum erfassen. Dies erlaubt eine freie Bewegung und Interaktion in der digital erweiterten physischen Umgebung und führt zu einem verbesserten, immersiven Erlebnis [Nee and Ong, 2023, S. 36]. Beispielsweise können bei der Lokalisierung und Koregistrierung 6DoF-fähige Sensoren genutzt werden, um genaue und realistische Überlagerungen von virtuellen und physischen Welten zu ermöglichen. Bei der Darstellung und Visualisierung können 6DoF-Bewegungen genutzt werden, um das Benutzererlebnis zu verbessern und eine natürlichere Interaktion mit der AR-Umgebung zu ermöglichen.

AR-Geräte nutzen eine Vielzahl von Sensoren, um die Position und Orientierung des Benutzers in der realen Welt zu ermitteln. Diese Sensoren können von Kameras, die zur Marker- oder Merkmalerkennung verwendet werden, über Inertialsensoren (wie Gyroskope und Beschleunigungssensoren), die zur Bewegungserfassung eingesetzt werden, bis hin zu GPS-Sensoren für ortsbasierte AR-Anwendungen reichen. Diese Sensoren tragen wesentlich zur Verbesserung der Benutzerinteraktion mit der AR-Umgebung bei. Die Wahl der Sensoren hängt stark von den spezifischen Anforderungen der AR-Anwendung ab [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 146].

2.1.6 AR-Methoden

Gemäß der AR-Definition von Azuma [1997], müssen AR-Systeme in der Lage sein, virtuelle Inhalte in der realen Welt zu verankern, so dass sie als Teil der physischen

Umgebung erscheinen. In der Praxis wird diese Anforderung durch ein breites Spektrum von Methoden erfüllt, darunter markerbasierte und markerlose, projektionsbasierte, Superpositions-basierte, Location-based, Overlay-basierte, sensorbasierte, SLAM-basierte, Cloud-basierte und kollaborative AR. Jede Methode bietet unterschiedliche Vor- und Nachteile, abhängig von der Anwendung und den verfügbaren Ressourcen. Nachfolgend eine kurze Erläuterung der häufigst genutzten Methoden:

Markerbasierte und markerlose AR: Markerbasierte AR-Methoden verwenden visuelle Marker, beispielsweise QR-Codes oder 2D-Bilder, um die Position und Ausrichtung virtueller Inhalte in der realen Welt zu bestimmen. Obwohl diese Methode eine präzise Überlagerung bietet, ist sie von der Verfügbarkeit der Marker in der Umgebung abhängig. Im Gegensatz zur markerbasierten AR erfordert die markerlose AR keine spezifischen Marker. Stattdessen erkennt sie die physische Umgebung und verwendet diese Informationen, um die Position und Ausrichtung virtueller Inhalte zu bestimmen [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 199 ff.].

Location-based AR: Location-based AR nutzt GPS- und andere Sensordaten, um digitale Informationen und virtuelle Elemente basierend auf dem Standort des Benutzers anzuzeigen [Nee and Ong, 2023, S. 228].

Sensorbasierte AR: Sensorbasierte AR nutzt verschiedene Sensoren (wie Beschleunigungsmesser, Gyroskope und Magnetometer), um die Position und Orientierung des Mobilgeräts in der realen Welt zu bestimmen, und überlagert digitale Informationen entsprechend dieser Position und Orientierung [Yu et al., 2016].

Projektionsbasierte AR: Diese Methode verwendet Projektionstechnologie, um virtuelle Inhalte auf physische Oberflächen zu projizieren. Dies ermöglicht AR-Erfahrungen auf größeren Displays oder Projektionsflächen [Schmalstieg and Hollerer, 2016, S. 85].

Die Wahl der richtigen AR-Methode hängt von vielen Faktoren ab, darunter die spezifischen Anforderungen des Anwendungsfalls, die verfügbaren Geräte und Technologien sowie die Präferenzen. Ein entscheidendes Element bei diesen Methoden ist die Gewährleistung der sechs Freiheitsgrade (6DoF), die eine vollständige und realistische Bewegungsfreiheit in einer virtuellen Umgebung ermöglichen.

2.2 Enterprise Architecture

In diesem Abschnitt werden die Grundlagen der EA beleuchtet, um ein tiefergehendes Verständnis dieses komplexen und vielschichtigen Feldes zu ermöglichen. Dies ist ein essentieller Schritt, um die Forschungsfragen in den richtigen Kontext zu setzen.

2.2.1 Definition der EA

Die Heterogenität in Theorien, Frameworks und Methoden hat eine Vielzahl von Definitionen für EA hervorgebracht, die teilweise erhebliche Unterschiede aufweisen und zu Inkonsistenzen führen können [Khosroshahi et al., 2015, S.11]. Folgende ausgewählte, repräsentative Definitionen unterstreichen verschiedene Aspekte von EA.

Der ISO/IEC/IEEE 42010 Standard, formell „Systems and software engineering - Architecture description“ genannt, definiert Architektur als „Fundamental concepts or properties of a system in its environment embodied in its elements, relationships, and in the principles of its design and evolution“ [ISO/IEC/IEEE, 2022]. Diese Definition unterstreicht die integrierte, evolutionäre Struktur des Systems und legt den Fokus auf die Gesamtheit der Systemkomponenten und ihre Interdependenzen. Systeme bestehen in diesem Rahmen aus interagierenden, interdependenten Komponenten, die eine Gesamteinheit bilden [Ziemann, 2022, S. 23 f.] und Komponenten innerhalb eines Systems werden als integral angesehen, wenn sie nicht weiter in sub-systemische Komponenten zerlegt werden können [Feess and Gillenkirch, 2018]. Dabei wird betont, dass die Bewertung nicht nur die gegenwärtige Gestaltung, sondern auch die historische Entwicklung und Evolution des Systems einbeziehen sollte.

Nach Lankhorst [2017, S.3] und Gartner [2021b] wird EA als eine kohärente Gesamtheit von Prinzipien, Methoden und Modellen definiert, die zur Gestaltung und Realisierung der Unternehmensstruktur verwendet werden. Diese Definitionen betonen, dass EA eine integrierte Anstrengung ist, die alle Aspekte des Unternehmens umfasst und aufeinander abstimmt, um Unternehmensziele zu erreichen. Die Integration einer Unternehmensperspektive erfordert den Einsatz geeigneter Methoden zur kohärenten Architekturbeschreibung und deren effektive Kommunikation mit Stakeholdern, die divergierende Architektursichten haben könnten [Lankhorst, 2017, S. 4].

Schließlich beschreibt EA nach Group [2022] den zukünftigen Zustand eines Unternehmens und leitet die notwendigen Veränderungen, um diesen Zustand zu erreichen. Sie

hilft dabei, zu verstehen, was in ihrem Unternehmen vorhanden sein muss, um die Ziele, die Mission und die Vision des Unternehmens im Kontext seiner Betriebsumgebung zu erfüllen. EA identifiziert und analysiert die Lücke zwischen dem aktuellen und dem zukünftigen Zustand des Unternehmens, um zu bestimmen, was innerhalb des Unternehmens geändert werden muss.

Darüber hinaus wird EA nach Gartner [2021b] und Group [2022] als Disziplin gesehen, die proaktiv und ganzheitlich Unternehmensreaktionen auf disruptive Kräfte lenkt. Sie identifiziert und analysiert Veränderungen in Richtung der gewünschten Geschäftsziele und liefert wertvolle Empfehlungen zur Anpassung von Richtlinien und Projekten zur Erreichung spezifischer Geschäftsergebnisse.

Eine weitere prominente Definition von EA stammt von Bernard [2012]: „Enterprise Architecture is a management and technology practice that is devoted to improving the performance of enterprises by enabling them to see themselves in terms of a holistic and integrated view of their strategic direction, business practices, information flows, and technology resources“ [Bernard, 2012, S. 23] wonach EA als eine Management- und Technologiepraxis definiert wird, die sich der Verbesserung der Leistung von Unternehmen widmet, indem sie es ihnen ermöglicht, sich in Bezug auf eine ganzheitliche und integrierte Sicht ihrer strategischen Ausrichtung, Geschäftspraktiken, Informationsflüsse und Technologieressourcen zu sehen. Diese Definition betont das Verständnis und die Verbesserung der Performance eines Unternehmens aus einer integrierten und ganzheitlichen Perspektive und berücksichtigt dabei sowohl Management- als auch Technologieaspekte.

Zusammenfassend bedeutet es, dass EA eine disziplinierte und ganzheitliche Methode ist, die eine kohärente Gesamtheit von Prinzipien, Methoden und Modellen nutzt, um die Struktur eines Unternehmens zu verstehen und zu gestalten. Sie reagiert proaktiv und ganzheitlich auf disruptive Kräfte und leitet Veränderungen hin zu den gewünschten Geschäftszielen. Sie liefert wertvolle Empfehlungen zur Anpassung von Richtlinien und Projekten, um spezifische Geschäftsergebnisse zu erreichen und erkennt die Bedeutung der Kommunikation mit den Stakeholdern und der Beschreibung der Architektur in einer für alle verständlichen Weise an.

2.2.2 Kontext und Ziele der EA

Die EA fungiert als ganzheitliches Abbild der zentralen Unternehmens- und IT-Komponenten und hat ihre Wurzeln in den 1980er Jahren [Lankhorst, 2017, S. 3], in Reaktion auf die wachsende Komplexität von Informationssystemen und die Notwendigkeit eines architektonischen Ansatzes zur Sicherung der kohärenten Systemintegration auf Unternehmenzebene [Ziemann, 2022, S. 5]. Seitdem hat sich die EA stetig weiterentwickelt, was sich sowohl in der wachsenden Zahl der sie implementierenden Organisationen als auch in der umfangreichen wissenschaftlichen Literatur, die sie thematisiert, widerspiegelt [Gampfer et al., 2018].

Die Architekturperspektive auf das Unternehmen hat Parallelen zu den Prinzipien der klassischen Architektur [Ching, 2015, S. 19], die sowohl technische als auch ästhetische Aspekte vereint und den gesamten Prozess des Entwurfs und der Errichtung von Gebäuden umfasst [Arnold, 2022, S. 14]. In ähnlicher Weise umfasst die EA die Planung, den Entwurf und die Implementierung von Strukturen innerhalb eines Unternehmens, insbesondere in Bezug auf IT-Systeme und Geschäftsprozesse [Ross et al., 2006]. Analytisches Denken, Problemlösungsfähigkeiten und Kommunikationsfähigkeiten stehen in beiden Disziplinen im Mittelpunkt. Der Enterprise-Architekt agiert dabei in Analogie zum Architekten im Bauwesen als Hauptkoordinator für die unternehmensweite Gestaltung von Strukturen und Prozessen [Ziemann, 2022, S. 2 ff.]. Er harmonisiert und optimiert die verschiedenen Elemente einer Organisation unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben, technischer Anforderungen sowie Aspekte der Sicherheit und Effizienz [Tiemeyer, 2011, S. 114]. Ebenso ist die Kommunikation mit Stakeholdern, darunter Vorstandsmitglieder, Geschäftsprojektmanager, Geschäftsprojektanalysten oder Anwendungsmanager zentral für die Rolle der Enterprisearchitekten [Khosroshahi et al., 2016]. Ein Unterschied zur klassischen Architektur besteht jedoch in der bis heute fehlenden gemeinsamen Sprache und Kultur in der EA, wodurch das Feld weniger standardisiert und formalisiert ist [Lankhorst, 2017, S. 1 ff.].

Die EA bietet einen bedeutenden Mehrwert für Unternehmen, indem sie die strategische Ausrichtung und Entscheidungsfindung unterstützt [Kotusev et al., 2015], IT- und Geschäftsstrategien abstimmt [Jung and Fraunholz, 2021, S. 18 f.] und somit sicherstellt, dass IT-Systeme die Geschäftsanforderungen erfüllen [Iyamu and Mphahlele, 2014]. EA reduziert die Komplexität in digitalen Unternehmen durch einheitliche Standards, Richtlinien und Governance-Strukturen [Ross et al., 2006, S. 11] [Tiemeyer, 2011, S. 24], fördert Systemintegration und Interoperabilität [Jung and Fraunholz, 2021, S. 97] und verbessert

dadurch die betriebliche Effizienz [Ross et al., 2006, S. 8]. Darüber hinaus unterstützt sie Kosten- und Ressourcenoptimierung durch Identifikation von Doppelarbeit und ineffizienten Prozessen [Drews and Schirmer, 2014] [Tiemeyer, 2011, S. 28], und trägt zum Risikomanagement und zur Sicherheit bei, indem sie hilft, potenzielle Risiken und Bedrohungen zu erkennen [Ross et al., 2006, S. 13]. Schließlich stärkt EA die Agilität und Innovationsfähigkeit eines Unternehmens, indem sie einen Rahmen für kontinuierliche Verbesserung und Anpassung an Veränderungen bietet [Agievich and Skripkin, 2014].

Jedoch ist die Implementierung von EA nicht ohne Herausforderungen. Beispielfhaft können Widerstand gegen Veränderungen [Kotusev et al., 2015, S. 3 f.], mangelnde Institutionalisierung [Weiss et al., 2013, S. 2] oder fehlende strategische Weitsicht [Simon et al., 2014, S. 6] die erfolgreiche Implementierung von EA beeinträchtigen. Letztendlich führen schlecht koordinierte organisatorische Veränderungen häufig zu heterogenen, isolierten, kostspieligen und inkompatiblen Unternehmensarchitekturen [Ahlemann et al., 2012, S. 5].

EA spielt auch eine wichtige Rolle im Kontext aktueller Trends und Entwicklungen. Im Zuge der digitalen Transformation kann EA dazu beitragen, den Übergang von traditionellen zu digitalen Geschäftsmodellen zu erleichtern und die Implementierung neuer Technologien wie Big Data und künstliche Intelligenz zu steuern [Jung and Fraunholz, 2021, S. 210 f.].

Die EA dient als strategisches Managementinstrument, das eine holistische und integrierte Modellierung, Analyse und Gestaltung einer Organisation und ihrer Informationssysteme ermöglicht [Lankhorst, 2017, S. 3]. In dieser Funktion unterstützt sie die Umsetzung strategischer Ziele im operativen Kontext und fördert die Koordination zwischen Geschäftsaktivitäten und Informationstechnologie [Winter and Fischer, 2006].

Die zentrale Rolle der EA wird auch in der hierarchischen Struktur der Unternehmensführung, repräsentiert durch die EA-Pyramide (Abbildung 2.3), deutlich. Hier fungiert die EA als Bindeglied zwischen der strategischen Ebene, dargestellt durch Unternehmensmission, -vision und -strategie, und der operativen Ebene, repräsentiert durch die täglichen Geschäftsprozesse. Sie umfasst organisatorische und technologische Strukturen und Prozesse und unterstützt die Übersetzung der strategischen Ziele in den operativen Kontext, gewährleistet die Konsistenz zwischen den Geschäftsprozessen und der strategischen Ausrichtung und ermöglicht eine effiziente und effektive Implementierung der Unternehmensstrategie. Sie stellt somit den „harten“ Aspekt des Unternehmens dar und bildet den Rahmen für die Unternehmensführung, während die Unternehmenskultur als

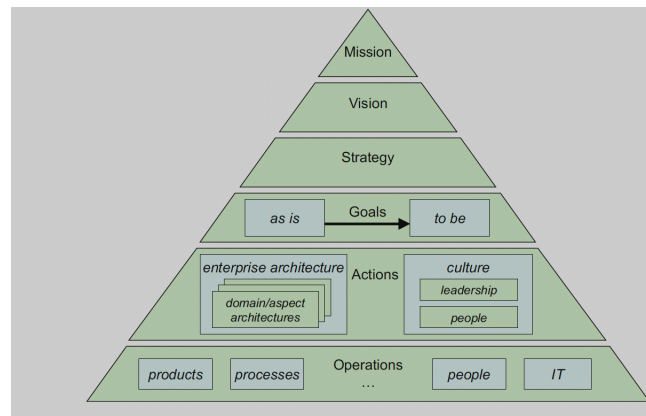


Abbildung 2.3: EA als Management-Instrument [Lankhorst, 2017, S. 7]

„weicher“ Aspekt, geprägt durch Mitarbeiter und Führung, ebenfalls zur Erreichung der Unternehmensziele beiträgt [Lankhorst, 2017, S. 7].

Die Fachliteratur hebt hervor, dass die EA drei zentrale Funktionen erfüllt. Sie dient erstens der Kommunikation zwischen diversen Stakeholdern, fördert das Verständnis der Unternehmensstrukturen und hilft, Unterstützung für geplante Architekturen zu gewinnen. Zweitens fungiert sie als Basis für den Entwurfsprozess und drittens unterstützt sie Entscheidungsträger durch bereichsübergreifende Analysen [Land et al., 2009, Boh and Yellin, 2006] [Lankhorst, 2017, S. 3 f.].

Die mehrdimensionale EA beinhaltet verschiedene Aspekte eines Unternehmens [Tiemeyer, 2011, S. 100 ff.], darunter Geschäfts-, Daten-, Applikations- und Technologieperspektiven, wobei jede Perspektive spezifische Modelle und Beschreibungen enthält [Al-Kharusi et al., 2017]. Die EA ist ein kontinuierlicher Prozess und erfordert regelmäßige Überprüfung und Anpassung an sich ändernde Geschäfts- und IT-Anforderungen. Ihre Implementierung erfordert eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Stakeholdern eines Unternehmens [Lankhorst, 2017, S. 3 f.]. Der Aufwand zur Erstellung von Architekturmodellen wird jedoch typischerweise nur bei komplexen Systemen aufgebracht [Ziemann, 2022, S. 26 f.].

2.2.3 Enterprise Architecture Management (EAM)

EAM ist nicht nur eine systematische Methode zur Planung, Organisation, Modellierung und Steuerung der komplexen Interaktionen von Geschäftsprozessen und IT-Systemen

innerhalb eines Unternehmens [Bernard, 2012], sondern auch ein iterativer Prozess, der zur kontinuierlichen Entwicklung, Aktualisierung und Pflege der Unternehmensarchitektur eingesetzt wird [Jung and Fraunholz, 2021, S. 24 ff.]. Das primäre Ziel des EAM besteht in der Erstellung einer ganzheitlichen Darstellung der Unternehmensarchitektur, die die Anforderungen aller Stakeholder berücksichtigt [Schekkerman, 2006, S. 30 ff.].

Der EAM-Prozess lässt sich nach Lankhorst [2017, S. 4 f.] in vier Hauptphasen unterteilen:

Strategieentwicklung: In dieser Phase wird die strategische Ausrichtung des Unternehmens festgelegt. Die Geschäftsziele und -anforderungen werden definiert und bilden die Grundlage für die Gestaltung der Architektur. **Architekturplanung:** Nach der Strategieentwicklung folgt die Analyse der aktuellen Architektur und die Planung der zukünftigen Architektur. Dies umfasst die Erstellung von Modellen, die die verschiedenen Aspekte der Unternehmensarchitektur repräsentieren. **Implementierung:** In dieser Phase wird die geplante Architektur umgesetzt. Dies kann die Entwicklung neuer Systeme oder die Anpassung bestehender Systeme beinhalten. **Bewertung und Anpassung:** Nach der Implementierung wird die Wirksamkeit der Architektur bewertet und gegebenenfalls angepasst. Dieser iterative Prozess trägt zur kontinuierlichen Verbesserung und Weiterentwicklung der Architektur bei.

Im Zentrum der EAM stehen Modelle, die verschiedene Aspekte der Unternehmensarchitektur repräsentieren. Diese Modelle dienen der Dokumentation, Analyse sowie der Initiierung von Maßnahmen zur Gewährleistung einer umfassenden und strategisch ausgerichteten Optimierung der Elemente der Unternehmensarchitektur. Sie werden anhand von festgelegten Viewpoints kreiert, die die Perspektive einer ausgewählten Stakeholder-Gruppe repräsentieren [IEEE, 2000].

Jeder Viewpoint stellt eine Ansicht oder Perspektive auf die Architektur dar, die einem bestimmten Stakeholder oder einer Gruppe von Stakeholdern dient. Dies kann zum Beispiel die Geschäftsführung, die IT-Abteilung oder das Management-Team sein. Jede dieser Stakeholder-Gruppen hat unterschiedliche Bedürfnisse und Anforderungen an die Unternehmensarchitektur, und die Modelle ermöglichen es, diese unterschiedlichen Bedürfnisse zu berücksichtigen und in die Gesamtdarstellung der Architektur zu integrieren [Lankhorst, 2017, S. 172 ff.].

Die Visualisierung spielt in diesem Kontext eine entscheidende Rolle. Sie dient als Kommunikationsmittel zwischen den verschiedenen Stakeholdern und ermöglicht es ihnen, die

komplexe Struktur der Unternehmensarchitektur und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen zu verstehen. Je nach Komplexität und Umfang der Architektur können verschiedene Visualisierungstechniken zum Einsatz kommen, um die relevanten Informationen auf eine leicht verständliche Weise darzustellen.

2.3 Visualisierung von Enterprise Architecture

In diesem Unterabschnitt wird das Fundament der EA-Visualisierung diskutiert. Als unerlässliches Instrument zur Gewährleistung der Übereinstimmung zwischen Geschäftsstrategien und Informationstechnologie, fördert die EA-Visualisierung die Analyse, Planung, Konzeption und Implementierung von EA-Modellen. Sie nimmt eine zentrale Position in der Informationsverarbeitung und -kommunikation innerhalb von Organisationen ein.

2.3.1 Grundlagen der Datenvisualisierung

Die Datenvisualisierung stellt eine bedeutende Schnittstelle zwischen Datenanalyse und Informationsnutzung dar und ist integraler Bestandteil moderner Datenverarbeitungsprozesse. Durch Visualisierungsverfahren werden hochdimensionale, oft abstrakte Datenstrukturen in eine zugänglichere, interpretierbare Form überführt, welche die Erkenntnisgewinnung aus diesen Daten vereinfacht und deren Kommunikation optimiert [Cairo, 2012, S. 264].

Baker et al. [2009] identifiziert die wesentlichen Aspekte, die die individuelle Wahrnehmung komplexer Informationen durch Informationsvisualisierung beeinflussen. Diese Aspekte dienen als Leitprinzipien zur Entwicklung effektiver Informationsvisualisierungstechniken und -strategien. Der erste Aspekt bezieht sich auf die Unterstützung grundlegender visueller Wahrnehmungsansätze. Hierbei wird der Einsatz von Elementen wie Farben, Formen und räumlichen Beziehungen genutzt, um die angeborenen visuellen Fähigkeiten zu nutzen und Informationen effektiv zu vermitteln. Der zweite Aspekt, die Unterstützung von Gestaltqualitäten, fokussiert sich darauf, die Prinzipien der Gestaltpsychologie zu verwenden, um die Strukturierung der Informationsvisualisierungen zu verbessern und die Beziehungen und Muster innerhalb der dargestellten Daten hervorzuheben. Der dritte Aspekt, die Konsistenz mit vorhandenem Wissen, bezieht sich auf die Wichtigkeit der Übereinstimmung von Informationsvisualisierungen mit dem, was der

Benutzer bereits weiß oder erwartet. Der vierte und letzte Aspekt, die Unterstützung analoger Schlussfolgerungen, hebt die Bedeutung hervor, Visualisierungen so zu gestalten, dass sie intuitive und direkte Schlussfolgerungen ermöglichen. Diese Aspekte tragen dazu bei, die Wirksamkeit von Informationsvisualisierungen zu erhöhen und die Benutzer dabei zu unterstützen, komplexe Daten zu verstehen und zu interpretieren [Baker et al., 2009].

Verschiedene Visualisierungsmethoden erlauben die adäquate Darstellung unterschiedlichster Datentypen und Informationsgehalte. Beispielsweise können Balkendiagramme prägnant kategorische Daten repräsentieren, während Liniendiagramme zur Illustration zeitlicher Trends und Verläufe dienen. Kreisdiagramme bieten sich an zur Darstellung von Proportionalitäten innerhalb eines Gesamten, und Streudiagramme visualisieren effektiv Korrelationen zwischen zwei Variablen. Die Auswahl einer geeigneten Visualisierungstechnik hängt maßgeblich von den inhärenten Eigenschaften der zugrunde liegenden Daten, den damit verknüpften Fragestellungen sowie den spezifischen Anforderungen der Zielgruppe ab, die auf die resultierenden Informationen zugreifen soll [Roth et al., 2014].

Neben diesen Aspekten gibt es vier zentrale Anforderungen an Visualisierungen: Verständlichkeit, Konsistenz, Skalierbarkeit und Anpassungsfähigkeit. Verständlichkeit bezieht sich auf die Fähigkeit einer Visualisierung, ihre Information klar und unmissverständlich zu vermitteln. Konsistenz betrifft die einheitliche Verwendung von visuellen Elementen und Codes. Skalierbarkeit stellt sicher, dass die Visualisierung auch bei wachsendem Datenvolumen effektiv bleibt, und Anpassungsfähigkeit ermöglicht es, die Visualisierung an spezifische Kontexte oder Benutzeranforderungen anzupassen [Ware, 2019].

Demnach ist Datenvisualisierung nicht lediglich eine technische Methode, sondern vielmehr eine Kunst, die sowohl ein tiefes Verständnis der zugrunde liegenden Datenstrukturen, als auch der Nutzeranforderungen und -bedürfnisse erfordert. Adäquat gestaltete Datenvisualisierungen ermöglichen es, komplexe Information zugänglich zu machen, Trends und Muster in Datensätzen zu erkennen und basierend auf diesen Informationen fundierte Entscheidungen zu treffen.

2.3.2 Visualisierung von EA-Daten

Die effiziente Nutzung von EA ist stark mit der Fähigkeit zur Visualisierung von EA-Daten verbunden [Lankhorst, 2017, S. 171 ff.]. Diese Fähigkeit erleichtert das intuitive Verständnis komplexer Informationen, unterstützt die Entscheidungsfindung, verbessert

die Kommunikation, hilft bei der Identifizierung von Mustern und Trends und führt somit letzten Endes zu verbesserter Entscheidungsfindung [Rehring and Ahlemann, 2020]. Das Hauptziel der EA-Visualisierung besteht darin, komplexe architektonische Modelle und Strukturen verständlicher zu machen und in eine leicht verständliche Darstellung zu transformieren [Lankhorst, 2017, S. 46 f.]. Dies erfüllt die individuellen Informationsbedürfnisse verschiedener Stakeholder. Modellierungssprachen wie ArchiMate, UML und BPMN werden zur Visualisierung und Modellierung von EA verwendet, um eine standardisierte Darstellung der Architekturelemente und ihrer Beziehungen zu ermöglichen [Lankhorst, 2017, S. 123]. Diese sind für die Analyse, Gestaltung, Planung und Implementierung der EA unerlässlich, die die Kohärenz zwischen Geschäftsstrategien und Informationstechnologie sicherstellt und eine zentrale Rolle bei der Erreichung strategischer Unternehmensziele spielt.

2.3.3 Spezifische Visualisierungsansätze EA-Daten

Die Transformation komplexer Unternehmensarchitekturdaten in visuell interpretierbare Modelle ist ein essentieller Bestandteil der Kommunikation und Entscheidungsfindung in Organisationen. Hierzu werden verschiedene Visualisierungsmethoden eingesetzt, welche die spezifischen Aspekte und Zusammenhänge innerhalb der Unternehmensarchitektur darstellen [Lankhorst, 2017, S. 50 f.].

Anwendungslandschaften sind eine solche Visualisierungstechnik, die den Überblick über alle Anwendungssysteme eines Unternehmens und deren Interdependenzen ermöglicht. Sie stellen eine effektive Methode dar, um die Komplexität von IT-Systemen auf einer abstrakteren Ebene zu visualisieren und bieten Stakeholdern Einblicke in die strukturelle Ordnung der IT-Landschaft [Lankhorst, 2017, S. 178].

Technologie-Roadmaps hingegen bieten eine zeitliche Darstellung der geplanten technologischen Entwicklungen und Erneuerungen innerhalb des Unternehmens. Sie unterstützen die strategische Planung und ermöglichen eine langfristige Ausrichtung der IT-Landschaft an den Unternehmenszielen [Ziemann, 2022, S. 155].

Im Kontext der Geschäftsprozesse werden oft Geschäftsprozessmodelle genutzt. Diese Modelle visualisieren die Sequenzen von Aktivitäten, deren Verbindungen und Abhängigkeiten, und helfen dabei, die Effizienz und Effektivität der Prozesse zu verstehen und zu verbessern [Ziemann, 2022, S. 121].

Datenflussdiagramme hingegen konzentrieren sich auf die Darstellung des Flusses von Daten durch Systeme hinweg. Sie helfen dabei, die Bewegung und Transformation von Daten zu verstehen und ermöglichen so eine optimale Gestaltung der Informationsflüsse [Lankhorst, 2017, S. 240].

2.3.4 Tools und Software für die EA-Datenvisualisierung

Die Visualisierung der Unternehmensarchitektur-Daten erfordert geeignete Werkzeuge und Softwarelösungen, die sowohl die Komplexität der Daten verwalten als auch den Zugang zu den Informationen durch relevante Stakeholder erleichtern können [Lankhorst, 2017, S. 277]. Eine Reihe von Tools hat sich in der Praxis als besonders nützlich erwiesen. Die Wahl des richtigen Tools für die EA-Visualisierung hängt von den spezifischen Anforderungen und Kontexten ab. Während einige Tools eine größere Detailgenauigkeit und Modellierungskomplexität ermöglichen, konzentrieren sich andere auf die Bereitstellung einer übersichtlichen und leicht verständlichen Visualisierung für eine breite Palette von Stakeholdern. Stellvertretend sind an dieser Stelle ArchiMate, TOGAF und LeanIX als EA-Tools zu nennen.

ArchiMate ist eine standardisierte und offene Methode zur Beschreibung, Analyse und Visualisierung von Architekturen in verschiedenen Geschäftsbereichen. Es ermöglicht Architekten, klar verständliche Modelle zu erstellen, die verschiedene Aspekte der Unternehmensarchitektur repräsentieren, einschließlich Geschäfts-, Anwendungs- und Technologieebenen [Lankhorst, 2017, S. 281]. TOGAF (The Open Group Architecture Framework) ist ein weit verbreitetes Framework zur Unternehmensarchitektur, das sowohl Methodik als auch Werkzeuge für die Entwicklung von Architekturen bietet. Obwohl TOGAF selbst kein Software-Tool ist, stellt es jedoch Leitlinien und Standards zur Verfügung, die zur Erstellung von Unternehmensarchitekturen genutzt werden können. Innerhalb von TOGAF können Architekten mit Hilfe spezieller Tools wie Archi oder Bizdesign umfangreiche Visualisierungen erstellen, die das gesamte Unternehmen abbilden [Group, 2022]. LeanIX ist eine Cloud-basierte EA-Tool-Lösung, die darauf abzielt, die Transparenz der IT-Landschaft zu erhöhen und die strategische Entscheidungsfindung zu unterstützen. Es bietet Funktionen zur Berichterstattung und Analyse, die dazu beitragen können, Muster und Trends in den Architekturdaten zu identifizieren und fundierte Entscheidungen auf der Grundlage dieser Informationen zu treffen. Darüber hinaus bietet LeanIX Unterstützung für mehrere Architektur-Frameworks, einschließlich TOGAF und ArchiMate,

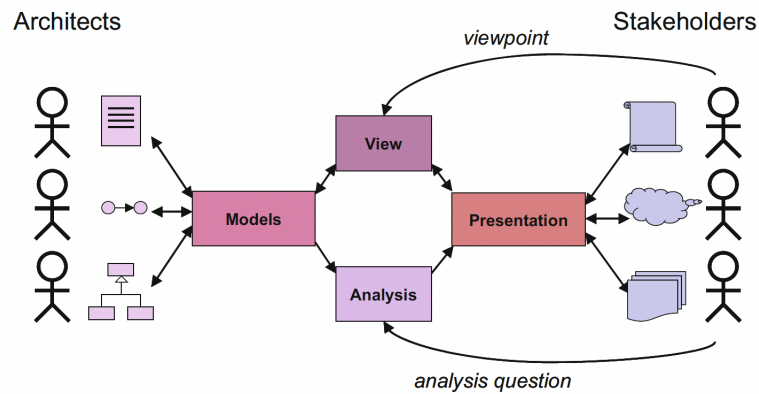


Abbildung 2.4: Architekturkommunikation [Lankhorst, 2017, S. 4]

was es zu einer flexiblen Lösung für Organisationen verschiedener Größen und Branchen macht.

2.3.5 Concerns, Views und Viewpoints

Wie in Abbildung 2.4 dargestellt, müssen Unternehmensarchitekten auf bestehende Methoden und Techniken aus verschiedenen Bereichen zurückgreifen, ohne in der Lage zu sein, das 'große Bild' zu erstellen, das diese Bereiche zusammenfügt. Dies erfordert ein integriertes Set von Methoden und Techniken zur Spezifikation, Analyse und Kommunikation von Unternehmensarchitekturen, das den Bedürfnissen der verschiedenen beteiligten Stakeholdertypen gerecht wird. Die Belange (Concerns) von Stakeholdern, die sich aus ihrer jeweiligen Rolle innerhalb der Organisation ableiten, bilden einen zentralen Fokus für die Arbeit von Unternehmensarchitekten. Diese Concerns können sich auf eine Vielzahl von Aspekten der Unternehmensarchitektur beziehen, wie beispielsweise Systemleistung, Sicherheit, Kosten und Interoperabilität [ISO/IEC/IEEE, 2022]. Das Adressieren dieser Belange durch die Unternehmensarchitektur ist entscheidend für die erfolgreiche Umsetzung organisatorischer Ziele.

Ein bedeutendes Instrument zur Berücksichtigung dieser Belange ist die Visualisierung der IT-Architektur und der Geschäftsprozesse. Sie transformiert komplexe Informationen in eine intuitive und leicht verständliche Form und ermöglicht Stakeholdern ein tieferes Verständnis der Architektur sowie fundierte Entscheidungsprozesse. In diesem Zusammenhang spielen die Konzepte von "Views", "Viewpoints", "Models", "Analysis" und "Presentation" eine zentrale Rolle.

Ein "Viewpoint" stellt in diesem Kontext eine spezifische Perspektive oder einen Betrachtungswinkel dar, der auf die individuellen Informationsbedürfnisse eines oder mehrerer Stakeholder zugeschnitten ist [ISO/IEC/IEEE, 2022]. Ein "View" hingegen repräsentiert die spezifische visuelle Darstellung, die aus diesem Viewpoint resultiert. Diverse Viewpoints können somit unterschiedliche Views auf dieselbe Architektur erzeugen, je nach den jeweiligen Belangen der Stakeholder.

Ein "Model" ist eine abstrakte Darstellung der Architektur und dient als Grundlage für die Erstellung von Views. Es enthält die Struktur, Verhaltensweisen und Eigenschaften der Architektur, die zur Beantwortung der Concerns von Stakeholdern erforderlich sind. Die "Analyse" bezieht sich auf den Prozess der Auswertung und Interpretation der in den Modellen enthaltenen Informationen, um die Auswirkungen von Änderungen zu bewerten, Trends zu identifizieren oder bestimmte Aspekte der Architektur zu verstehen. Die "Präsentation" hingegen bezieht sich auf die effektive Kommunikation der Ergebnisse der Analyse an die Stakeholder. Sie umfasst die Erstellung von Berichten, Diagrammen, Tabellen und anderen visuellen Darstellungen, die die Stakeholder dabei unterstützen, die Informationen zu verstehen und fundierte Entscheidungen zu treffen.

Die notwendigen Informationen zur Generierung dieser Views, Modelle, Analysen und Präsentationen werden in der Regel in sogenannten "Repositories" archiviert. Ein Repository ist eine strukturierte Datenbank, die die für die Modellierung und Visualisierung der Unternehmensarchitektur relevanten Daten und Informationen enthält. Dies beinhaltet Informationen über sämtliche Aspekte der Architektur, einschließlich IT-Infrastruktur, Geschäftsprozesse, eingesetzte Technologien und organisatorische Strukturen. Der Zugriff und die Analyse dieser Repositories ist ein essenzieller Schritt bei der Erstellung von Visualisierungen, die auf die spezifischen Belange der Stakeholder eingehen und zur Optimierung des Unternehmens beitragen können [Lankhorst, 2017, S. 279].

2.3.6 Layer-Modell

Die Unternehmensarchitektur kann aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden, die jeweils unterschiedliche Aspekte des Unternehmens hervorheben. Das Layermodell zur Visualisierung der EA besteht aus drei Schichten:

Die Geschäftsschicht (Business Layer) repräsentiert die Geschäftsdienstleistungen, die den Kunden angeboten werden, und die Geschäftsprozesse, die diese Aktivitäten unterstützen. Diese Aktivitäten werden von Geschäftsrollen innerhalb der Organisations-

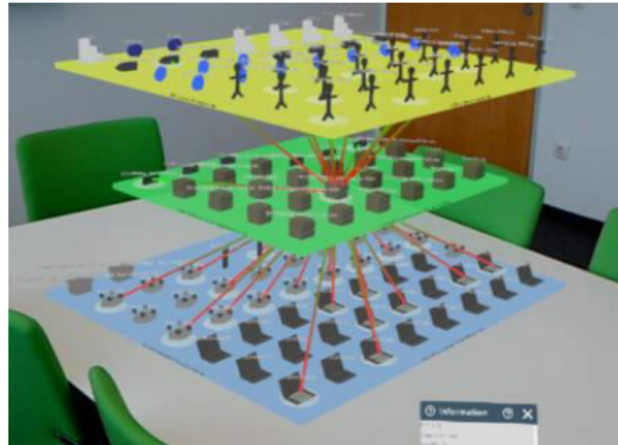


Abbildung 2.5: EA-Visualisierung mit Verbindungen zwischen EA-Objekten auf 3 Ebenen [Rehring et al., 2019b]

struktur ausgeführt. Die Geschäftsschicht befasst sich mit der hochrangigen Sicht auf die Geschäftstätigkeit des Unternehmens und den Dienstleistungen, die es seinen Kunden anbietet [Lankhorst, 2017, S. 88 ff.].

Die Anwendungsschicht (Application Layer) repräsentiert die Softwareanwendungen, die die Geschäftsprozesse unterstützen. Sie repräsentiert auch die von ihnen angebotenen Anwendungsdienste und die Schnittstellen zwischen ihnen, die den Informationsaustausch ermöglichen. Die Anwendungsschicht befasst sich mit der Implementierung der Geschäftsprozesse in Bezug auf die Anwendungen und Dienste, die sie unterstützen [Lankhorst, 2017, S. 95 ff.].

Die Technologieschicht (Technology Layer) repräsentiert die Kommunikationshardware und die Systemsoftware, die benötigt werden, um Technologiedienste zur Unterstützung und Ausführung der Anwendungen bereitzustellen. Sie bietet einen Überblick über die materiellen Ressourcen und Fähigkeiten des Unternehmens und ermöglicht es den Stakeholdern, die physische Infrastruktur und die damit verbundenen Prozesse zu verstehen und zu bewerten [Lankhorst, 2017, S. 99 ff.].

Dieses Modell ermöglicht eine strukturierte Darstellung und Analyse der Unternehmensarchitektur, indem es die verschiedenen Aspekte des Unternehmens in unterschiedlichen Schichten darstellt. Es bietet einen Rahmen für das Verständnis der Beziehungen zwischen den verschiedenen Elementen der Unternehmensarchitektur und ermöglicht eine effektive Kommunikation und Koordination zwischen den verschiedenen Stakeholdern.

Abhängig von den Anforderungen und Zielen der EA-Visualisierung, ist dieses Modell für die 3D-Visualisierung von EA durchaus geeignet und wurde bereits in verschiedenen Kontexten, wie beispielhaft in Abbildung 2.5 dargestellt, angewendet.

2.3.7 Immersive Analytics

Immersive Analytics, ein Forschungsfeld, das sich auf die Untersuchung und Entwicklung neuer Interaktions- und Anzeigetechnologien konzentriert, zielt darauf ab, die menschliche Datenanalyse und -interpretation zu verbessern [Fonnet and Prié, 2021]. Durch den Einsatz von Technologien wie VR, AR und MR bietet es Benutzern eine immersive, interaktive und intuitive Erfahrung bei der Datenanalyse.

Wie Chandler et al. [2015] feststellt, konzentriert sich Immersive Analytics auf die Anwendbarkeit und Entwicklung neuer Benutzerschnittstellentechnologien, um ansprechendere und immersivere Erfahrungen sowie nahtlosere Arbeitsabläufe für Datenanalyseanwendungen zu schaffen [Chandler et al., 2015]. Die Methode nutzt die natürlichen Fähigkeiten des Menschen zur Mustererkennung und räumlichen Wahrnehmung, um die menschliche Informationsverarbeitung zu verbessern. Durch die Schaffung einer immersiven Umgebung, in der Benutzer mit Daten interagieren können, trägt Immersive Analytics dazu bei, komplexe Daten verständlicher und greifbarer zu machen.

Immersive Analytics stützt sich auf die Bereiche Datenvisualisierung, visuelle Analytik, Computergrafik und Mensch-Computer-Interaktion. Es zielt darauf ab, Barrieren zwischen Menschen, ihren Daten und den Werkzeugen, die sie zur Analyse verwenden, zu beseitigen. Dabei unterstützt es das Verständnis von Daten und die Entscheidungsfindung sowohl bei der individuellen Arbeit als auch bei der Zusammenarbeit [Marriott et al., 2018, S. 1].

Mit Anwendungsbereichen, die von der Geschäftsdatenanalyse über wissenschaftliche Forschung bis hin zu Bildung und Training reichen, hat Immersive Analytics das Potenzial, die Art und Weise, wie wir Daten verstehen und interpretieren, grundlegend zu verändern.

2.3.8 Stadtmetapher

Die Stadtmetapher stellt eine weit verbreitete und effektive Methode zur Visualisierung von Software und zur Darstellung komplexer Sachverhalte dar [Schreiber et al., 2019,

Wettel and Lanza, 2007]. Ihr Nutzen basiert auf der Verwendung bekannter räumlicher Anordnungen und Konzepte wie Stadtviertel, Gebäude und Straßen, die es Benutzern ermöglichen, stadtähnliche Strukturen leicht zu verstehen und zu navigieren [Sparacino et al., 2002]. Durch die allgemeine Vertrautheit mit dem Stadtkonzept - das Wissen, dass eine Stadt in Bezirke mit mehreren Gebäuden organisiert werden kann - werden diese drei hierarchischen Ebenen zur Grundlage der meisten Implementierungen der Stadtmapher.

Neben der Visualisierung von Software findet die Stadtmapher auch Anwendung in der Darstellung von Anwendungsarchitekturen [Camero and Alba, 2019]. Innerhalb dieses Kontexts werden Blöcke als Systeme von Anwendungen definiert und Gebäude repräsentieren einzelne Anwendungen, die mehrere Module enthalten. Unterschiedliche Positionen, Farben und Größen der Gebäude können genutzt werden, um zusätzliche Informationen zu vermitteln.

Insgesamt hat sich die Stadtmapher als nützlich erwiesen, um die Komplexität von Software zu reduzieren, die Korrektheit der Aufgabenausführung zu verbessern und die Aufgabenbearbeitungszeit zu verringern. Sie stellt daher eine intuitive und effektive Methode zur Visualisierung und Navigation in Software dar, die auf vertrauten räumlichen Konzepten basiert.

2.3.9 Cognitive Load & Cognitive Fit - Theorien

Die Theorie der kognitiven Belastung (Cognitive Load Theory, CLT) ist ein zentrales Konzept, das entwickelt wurde, um die Auswirkungen der kognitiven Belastung auf die Informationsverarbeitung und das Verständnis zu erklären. Diese Theorie postuliert, dass die kognitiven Ressourcen des menschlichen Gehirns begrenzt sind und daher nur eine bestimmte Menge an Informationen gleichzeitig verarbeiten können [Plass et al., 2010, S. 15 ff.]. Im Kontext der Datenvisualisierung, insbesondere mit AR, bedeutet dies, dass das Design der Visualisierung sorgfältig abgewogen werden muss, um eine Überlastung der kognitiven Ressourcen zu vermeiden. Wenn die Menge der zu verarbeitenden Informationen, also die kognitive Belastung, diese Kapazität übersteigt, kann dies das Verständnis und die Interpretation der visualisierten Daten beeinträchtigen .

Die Theorie des kognitiven Fits (Cognitive Fit Theory) hingegen postuliert, dass die Effektivität einer Informationsdarstellung - in diesem Fall eine Datenvisualisierung - maßgeblich davon abhängt, inwieweit sie zur zu erfüllenden Aufgabe des Benutzers passt

[Vessey, 1991]. Im Kontext der AR-Datenvisualisierung bedeutet dies, dass das Design der Visualisierung und die Art und Weise, wie die Daten präsentiert werden, eng mit der spezifischen Aufgabe oder Fragestellung, die der Benutzer zu beantworten versucht, abgestimmt sein sollten. Ein guter kognitiver Fit, also eine hohe Übereinstimmung zwischen Darstellung und Aufgabe, führt zu einer effizienteren Informationsverarbeitung und verbessert die Fähigkeit des Benutzers, aus den Daten Erkenntnisse zu gewinnen. Ein schlechter kognitiver Fit hingegen, also eine geringe Übereinstimmung zwischen Darstellung und Aufgabe, kann zu einer weniger effizienten Informationsverarbeitung und einer verminderten Fähigkeit, Erkenntnisse aus den Daten zu gewinnen, führen.

3 Methode

In diesem Kapitel wird das Vorgehen zur Realisierung der Literaturrecherche dargestellt. Trotz des narrativen Charakters dieser Arbeit wurden bestimmte methodologische Grundsätze implementiert, um eine robuste und umfassende Datenbasis sicherzustellen.

Konkrete Auswahlkriterien sind definiert, um relevante wissenschaftliche Beiträge gezielt zu identifizieren. Zudem sind Informationsquellen und Suchstrategien präzisiert, um eine systematische Erfassung der zugehörigen Literatur zu gewährleisten. Dieses methodisch strenge Vorgehen in der Literaturbeschaffung stellt eine solide Grundlage für die anschließende Analyse und Interpretation dar.

3.1 Strategische Vorgehensweise der Literatúrauswahl und -suche

Am 03. Juni 2023 wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um wissenschaftliche Beiträge zu identifizieren, die den Einsatz und die Auswirkungen von AR in der Visualisierung von Enterprise Architecture behandeln.

Die Recherche fokussierte auf die Nutzung von AR zur Visualisierung von EA-Daten. Verwandte Technologien aus dem Virtuality Continuum, wie VR und MR, wurden mit einbezogen, sofern ihre Anwendungsbereiche und Konzepte auf AR anwendbar und als Ergänzung zu den Forschungsfragen geeignet sind.

Die Suchstrategie dieser Studie berief sich auf die wissenschaftlichen Datenbanken IEEE Explore, GVK - Gemeinsamer Verbundkatalog und ResearchGate. Besonders hervorzuheben ist, dass ResearchGate den bedeutendsten Anteil relevanter Publikationen zu diesem spezifischen Forschungsthema bereitstellt. Jedoch wurden die Optionen für eine detaillierte Dokumentation von Suchanfragen auf dieser Plattform als eingeschränkt identifiziert, da sie keine Funktionen zur Speicherung oder zum Export von Suchanfragen

und -ergebnissen bietet.

Darüber hinaus wurde festgestellt, dass ResearchGate auch auf externe Datenbanken verweist, was die Diversität der gesammelten Literatur vergrößert. Berücksichtigt werden sollte, dass ResearchGate nicht immer Volltexte zur Verfügung stellt und stattdessen auf andere Datenbanken verlinkt. Die Volltexte werden, soweit Zugänge verfügbar sind, separat gesammelt.

Spezifische In- und Exklusionskriterien wurden festgelegt, um die Relevanz und Qualität der potenziellen Studien zu beurteilen. Primärstudien, die explizit den Einsatz von AR in der EA untersuchen und dabei die Potenziale und Auswirkungen von AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten analysieren, wurden in die Betrachtung aufgenommen. Dies schließt Studien ein, die quantitative, qualitative oder gemischte Forschungsmethoden einsetzen.

Studien, die AR nur peripher oder unterstützend in der EA thematisieren, ohne spezifisch auf die Auswirkungen oder Potenziale von AR in der Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten einzugehen, wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Hingegen konnten Studien, die sich generell auf die Anwendung von AR in der Datenvisualisierung konzentrieren und dabei relevante Erkenntnisse liefern, berücksichtigt werden. Weiterhin wurden systematische Reviews, sowie nicht frei erhältliche Publikationen explizit nicht berücksichtigt.

Die Eignung einer Studie für die Einbeziehung in die Analyse wurde anhand der Informationen im Titel, Abstract und gegebenenfalls im Volltext der Studie getroffen.

Zeitlich begrenzte sich die Auswahl auf Publikationen, die zwischen 2018 und 2023 erschienen sind, um eine aktuelle Technologieperspektive zu gewährleisten. Dabei wurden Studien, die nicht auf Englisch oder Deutsch veröffentlicht wurden, ausgeschlossen.

Die Suche in den Datenbanken wurde mit folgenden Begriffen durchgeführt:

(Augmented Reality OR Virtual Reality OR Mixed Reality) AND Enterprise Architecture

(Augmented Reality OR Virtual Reality OR Mixed Reality) AND data AND visualization

Die identifizierten Studien durchliefen einen zweistufigen Screening-Prozess: Zunächst wurden die Abstracts zur Beurteilung der Relevanz für die Forschungsfragen gesichtet.

Relevant erscheinende Studien wurden anschließend im Volltext gelesen, um die Vollständigkeit der benötigten Informationen zu gewährleisten.

3.2 Resultate

Die sorgfältige Anwendung der systematischen Suchmethodik führte zur Identifikation von 14 relevanten Studien, die zwischen 2018 und 2023 veröffentlicht wurden und einen signifikanten Beitrag zur Beantwortung der Forschungsfragen leisten. Die methodische Diversität innerhalb dieser Arbeiten ist begrenzt, wobei der Großteil (12 von 14) den Design Science Research (DSR)-Ansatz verfolgt. Diese Arbeiten konzentrieren sich hauptsächlich auf die Entwicklung und Bewertung von Artefakten im Zusammenhang mit EA. Eine Arbeit implementiert den Research through Design-Ansatz, während eine weitere sich auf die Ausarbeitung eines theoretischen Konzepts konzentriert.

Es ist bemerkenswert, dass fünf der Arbeiten aufeinander aufbauen und das VR-Konzept sowie das Modell weiterentwickeln. Diese Arbeiten stammen von Prof. Roy Oberhauser und einem variierenden Forschungsteam. Darüber hinaus sind vier Arbeiten das Ergebnis der Arbeit von Dr. Kevin Rehring et al., was auf eine Konzentration der Forschung in diesen beiden Gruppen hindeutet.

Die Arbeiten fokussieren sich auf diverse Visualisierungstechnologien: Drei Arbeiten konzentrieren sich auf AR und VR, vier Arbeiten auf AR, eine auf MR und VR, fünf auf VR und eine Arbeit beinhaltet keine spezifische Visualisierungstechnologie. Trotz dieser Vielfalt liegt der Fokus der Forschungsfragen auf AR. Dies impliziert, dass die Konzepte und Inhalte der Arbeiten kritisch hinterfragt und auf ihre Übertragbarkeit auf AR geprüft werden.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass eine Arbeit aus der Analyse ausgeschlossen wurde, da es sich um die Dissertation von Dr. Kevin Rehring handelte, die bereits in den anderen Arbeiten enthalten ist. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, bei der Analyse von Forschungsergebnissen auf mögliche Überschneidungen und Redundanzen zu achten.

Trotz der hohen Homogenität des Forschungsdesigns liefern die Studien eine Vielzahl von Erkenntnissen und Auswertungen, die die Verbesserung der EA-Visualisierung durch die Nutzung von AR gegenüber herkömmlichen Methoden in verschiedenen Disziplinen (z.B. Benutzererfahrung oder Zusammenarbeit) aufzeigen.

Die umfassende Untersuchung der ausgewählten Literatur ermöglicht ein differenziertes Bild der bestehenden Forschungslandschaft und dient als solide Grundlage für die inhaltliche Auseinandersetzung mit der Thematik in dieser Arbeit. Die relativ geringe Anzahl an identifizierten Studien, die sich spezifisch mit den in dieser Arbeit gestellten Forschungsfragen auseinandersetzen, deutet darauf hin, dass dieses Forschungsgebiet noch in den Anfängen steckt und bisher wenig Beachtung gefunden hat. Dies unterstreicht die Notwendigkeit und Relevanz weiterer Forschung in diesem Bereich.

3.3 Limitationen

Diese Übersichtsarbeit ist nicht frei von Begrenzungen, die im Folgenden skizziert werden. Zunächst handelt es sich hierbei um ein narratives Review, das im Gegensatz zu einem systematischen Review keine strengen Ein- oder Ausschlusskriterien kennt. Dies kann dazu führen, dass wichtige Studien übersehen werden oder dass die Auswahl der Studien nicht vollständig transparent ist.

Darüber hinaus werden in dieser Arbeit keine Urteile auf der Grundlage statistischer Erkenntnisse getroffen, wie es bei einer Metaanalyse der Fall wäre. Dies bedeutet, dass die Ergebnisse qualitativ und nicht quantitativ sind, was die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert, insbesondere wenn die einbezogenen Studien unterschiedliche Methoden oder Messungen verwenden.

Trotz intensiver Recherche besteht zudem die Möglichkeit, dass nicht alle Studien, die für diese Übersichtsarbeit relevant gewesen wären, identifiziert wurden. Dies unterstreicht die Herausforderung, eine umfassende und vollständige Übersicht über die bestehende Literatur zu erstellen.

Schließlich wurde in dieser Übersichtsarbeit keine formelle Bewertung der Qualität oder Zuverlässigkeit der einbezogenen Studien durchgeführt. Dies kann dazu führen, dass Studien mit geringer Qualität oder mit hohem Bias in die Überprüfung einbezogen werden. Darüber hinaus könnte die Arbeit anfällig für Publikationsbias sein, d.h. die Tendenz, dass positive oder signifikante Ergebnisse eher veröffentlicht werden als negative oder nicht signifikante Ergebnisse.

Diese Limitationen sollten bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Übersichtsarbeit berücksichtigt werden.

4 Literaturanalyse

Das primäre Ziel dieses Kapitels ist es, die relevantesten Argumente und Erkenntnisse aus der im Anhang (Tabelle A.1) aufgeführten Literatur zu extrahieren und eine Analyse der gesammelten Daten vorzunehmen, um den aktuellen Stand des Wissens sowie eventuelle Wissenslücken zu identifizieren. Dabei werden die Studien auf ihre Relevanz im Hinblick der Forschungsfragen dieser Arbeit sowie die Qualität der angewandten Forschungsmethoden untersucht.

Die meisten Studien werden individuell betrachtet, da sie sich durch die Entwicklung eines unabhängigen Artefakts auszeichnen. Es gibt jedoch eine bemerkenswerte Ausnahme: fünf Studien von einem Forschungsteam um Roy Oberhauser werden in Abschnitt 4.3 gemeinsam analysiert, da sie eine kontinuierliche Weiterentwicklung eines spezifischen Konzepts und Modells repräsentieren.

Die Stärken und Schwächen der einzelnen Studien sowie deren Schlussfolgerungen werden aufgezeigt, wobei ein besonderes Augenmerk auf die Erkenntnisse zur Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten gelegt wird. Dieser Ansatz ermöglicht eine tiefgreifende Auseinandersetzung mit der Komplexität des Forschungsgegenstandes, basierend auf der systematischen Aufarbeitung der Daten, die während der Literaturrecherche gesammelt wurden.

Die Struktur der Analyse orientiert sich an den in der Literatur identifizierten Visualisierungstechnologien. Zunächst werden die Studien analysiert, die sich mit AR befassen, gefolgt von denjenigen, die andere Visualisierungstechnologien thematisieren. Innerhalb dieser Kategorien orientiert sich die Reihenfolge der besprochenen Studien an ihrem Veröffentlichungsdatum. Den Abschluss der Analyse bilden die fünf aufeinander aufbauenden Studien.

4.1 Analyse der Studien mit Anwendung von AR

In diesem Unterkapitel werden sechs Studien mit Anwendung von AR-Visualisierung analysiert.

4.1.1 Let's Get in Touch - Decision Making about Enterprise Architecture Using 3D Visualization in Augmented Reality

Die Studie „Let's Get in Touch - Decision Making about Enterprise Architecture Using 3D Visualization in Augmented Reality“ von Rehring et al. [2019b] untersucht die Anwendung von AR zur Visualisierung von EA und deren Einfluss auf Entscheidungsprozesse. Die Studie basiert auf der Cognitive Fit Theory, die besagt, dass effiziente Problemlösungsprozesse von einer mentalen Übereinstimmung zwischen der Problempräsentation und den Merkmalen der Problemlösungsaufgabe abhängen.

Die Autoren identifizierten vier Hauptprobleme im Zusammenhang mit der Visualisierung von EA: EA-Dokumentationen werden kaum von EA-Beteiligten genutzt; einige Entscheidungsträger empfinden bestimmte EA-Visualisierungen als zu einfach oder zu detailliert; die Darstellung einiger EA-Visualisierungen scheint den Entscheidungsträgern nicht dabei zu helfen, die Beziehungen und Abhängigkeiten innerhalb der bestehenden IT-Landschaft zu verstehen; und die verfügbaren EA-Visualisierungen sind eher statisch und erlauben keine weitere Interaktion mit den Daten.

Um diese Herausforderungen zu bewältigen, leiteten die Autoren Designziele für den Prototyp ab und entwickelten im Rahmen eines Design Science Research (DSR) Ansatz einen AR-basierten EA-Prototyp, den sie in einer praktischen Umgebung bewerteten. Dieser Prototyp wurde mit dem Ziel entwickelt, die Eignung für die stakeholderabhängige EA-Entscheidungsfindung zu testen. Dabei wurden vier Designziele verfolgt: die Entwicklung leicht zugänglicher EA-Visualisierungen, die Bereitstellung von Analysefunktionen, die Ermöglichung von stakeholder-spezifischen Visualisierungen und die intuitive und spielerische Interaktion mit EA-Darstellungen. Sie führten sechs halbstrukturierte Interviews mit EAM-Entscheidungsträgern in der Fallstudienfirma durch, um sicherzustellen, dass der Prototyp den Informationsdarstellungsbedürfnissen entspricht.

Die Visualisierung des Prototyps basiert auf dem TOGAF-Metamodell und der ArchiMate-Notation. Als exemplarische EA-Visualisierung wurde ein allgemein bekanntes Dreischichten-Modell gewählt. Das gesamte EA-Modell ändert sein Aussehen abhängig von

den ausgewählten Analysekriterien, basierend auf grundlegenden Prinzipien der kognitiven Psychologie in Bezug auf Verbindung, Farbe und Größe. Dies ermöglicht es, nur spezifische Beziehungen zwischen EA-Objekten darzustellen und eine Überladung des Modells zu vermeiden. Darüber hinaus lenkt das Ändern der Farbe von EA-Objekten die Aufmerksamkeit eines Entscheidungsträgers, während ein Ampelfarbschema positive oder negative Bewertungen anzeigt. Eine Filterkomponente ermöglicht es den Entscheidungsträgern, individuell relevante EA-Objekte anzuzeigen, wodurch die Abdeckung des Schichtenmodells reduziert wird.

Die Autoren argumentieren, dass Entscheidungsträger von der Interaktion mit EA- Visualisierungen in AR profitieren können, da dies eine konsistente, aufgabenbezogene mentale Darstellung ermöglicht, die auf der natürlichen Nutzung der visuell-räumlichen Fähigkeiten der Entscheidungsträger basiert. Darüber hinaus könnte AR die Kommunikation und das Verständnis zwischen verschiedenen Stakeholdern verbessern, indem es eine gemeinsame visuelle Sprache bietet.

Die Evaluation des Prototypen erfolgte durch sechs semi-strukturierte Interviews mit Experten. Die Ergebnisse zeigen, dass AR eine geeignete unterstützende Technologie für die EA-Entscheidungsfindung zu sein scheint. Trotz der positiven Bewertung äußerten einige Befragte Bedenken hinsichtlich der Akzeptanz des Prototyps durch andere Stakeholder, der Lernkurve, die mit der Nutzung des Prototyps verbunden ist, der Genauigkeit der Daten und der Notwendigkeit, die Daten regelmäßig zu aktualisieren. Zudem wurden verschiedene Verbesserungsvorschläge für den Prototypen geäußert, darunter die Verbesserung der Datenqualität, die Bereitstellung zusätzlicher Funktionen und die Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit.

Die Studie leistet zwei wichtige Beiträge: Erstens die erfolgreiche Entwicklung und Evaluation eines AR-basierten EA-Prototypen in einer praktischen Umgebung und zweitens die Erweiterung des Wissens über die CFT im Kontext von EA und AR.

Insgesamt trägt die Studie zum bestehenden Wissen bei, indem sie das Potenzial von AR für die Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten aufzeigt. Sie liefert einen Prototypen, der diese Möglichkeit demonstriert, und bietet eine theoretische Grundlage für die Verwendung von AR in diesem Kontext. Die Studie hebt auch die Notwendigkeit hervor, die Benutzerfreundlichkeit von AR-Technologien zu verbessern und unterstreicht die Bedeutung der regelmäßigen Aktualisierung und Genauigkeit der Daten.

4.1.2 Visualization of Software Architectures in Virtual Reality and Augmented Reality

Die Studie „Visualization of Software Architectures in Virtual Reality and Augmented Reality“ von Schreiber et al. [2019] untersucht die Nutzung von AR und VR zur Visualisierung von Softwarearchitekturen mittels einer speziell entwickelten Software namens IslandViz. Diese konzentriert sich auf die Verbesserung der Darstellung und Kommunikation von Softwarearchitekturen durch die Anwendung einer Inselmetapher.

Die Studie zeigt ein hohes Potenzial von AR für die Visualisierung von Softwarearchitekturen und möglicherweise auch von EA-Daten. Die Autoren verwenden eine Inselmetapher, die jedes Modul als eine eigene Insel darstellt, um die Struktur und die Abhängigkeiten innerhalb der Software auf eine intuitive und verständliche Weise darzustellen. Durch den Einsatz von AR/VR-Technologien wird eine intuitive und natürliche Navigation und Interaktion ermöglicht, die auf ein Minimum reduziert ist, um die kognitive Belastung zu minimieren. So werden abhängig von der Entfernung oder Interaktionen drei Informationsebenen dargestellt. Die Implementierung nutzt die Hololens-Technologie, um Gesten, Sprache und Blickrichtung als Navigationselemente zu integrieren. Weiterhin ist so gewährleistet, dass verbale und nonverbale Kommunikationsmittel erhalten bleiben, während mehrere Benutzer gleichzeitig und unabhängig von ihrem Standort auf die Visualisierungen zugreifen können. Zusätzlich wurde identifiziert, dass große Textmengen aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht in der Welt verankert sein sollten. IslandViz nutzt ein virtuelles Tablet, um diese anzuzeigen. Dieses Tablet ist an die nicht-dominante Hand des Benutzers angebracht, so dass es mit der dominanten Hand bedient werden kann. Dies vermeidet unnötige Verdeckungen und unbeabsichtigte Interaktionen.

Darüber hinaus deutet die Studie darauf hin, dass AR die Darstellung und Kommunikation von Softwarearchitekturdaten erheblich beeinflussen kann. Durch die Verwendung von AR können Benutzer die Daten auf eine neue Art und Weise visualisieren und interagieren, die über traditionelle 2D-Diagramme hinausgeht. Dies ermöglicht es den Benutzern, die Komplexität einer Visualisierung interaktiv zu erkunden und die Abhängigkeiten zwischen den Modulen zu verstehen. Somit werden auch die Kommunikation und das Verständnis von EA-Daten verbessert, insbesondere in Teams mit unterschiedlichen technischen Kenntnissen und Kommunikationsfähigkeiten.

Die Studie hat mehrere Stärken und Schwächen in Bezug auf die Forschungsfragen. Eine der Stärken ist, dass die Studie zeigt, dass AR ein effektives Werkzeug für die Visualisie-

nung komplexer Softwarearchitekturen sein kann und dass die Verwendung der Inselmetapher die Visualisierung intuitiver und verständlicher macht. Eine der Schwächen ist, dass die Studie speziell auf OSGi-basierte Projekte ausgerichtet ist, so dass die Ergebnisse möglicherweise nicht generalisiert werden können oder auf andere Arten von Softwarearchitekturen oder EA-Daten übertragbar sind. Zudem fehlen empirische Beweise oder Benutzerstudien, die die Wirksamkeit und Benutzerfreundlichkeit der vorgestellten AR-Visualisierungsmethode bestätigen.

Diese Forschung trägt zum bestehenden Wissen bei, indem sie zeigt, wie AR zur Visualisierung von Softwarearchitekturen verwendet werden kann. Sie erweitert das Verständnis darüber, wie komplexe Daten auf eine intuitive und verständliche Weise dargestellt werden können. Die Studie könnte als Grundlage für weitere Forschungen dienen, die sich auf die Anwendung von AR auf andere Arten von Daten (wie EA-Daten).

4.1.3 The Augmented Space of a Smart City

Die Studie „The Augmented Space of a Smart City“ von Fernandez et al. [2020] präsentiert ein innovatives Konzept eines Enterprise Architecture Framework (EAF) für Smart Cities. Dieses basiert auf dem Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF) und einem hybriden Modell, das ein geographisches Informationssystem (GIS) und eine zugehörige Graph-Datenbank (GDB) kombiniert. Aufbauend auf Pop and Proştean [2018], Lee et al. [2014], Camero and Alba [2019] werden Smart Cities definiert als sozioökonomisch-technische Systeme und einem damit verbundenen Prozess, der die besten verfügbaren Strategien, Ressourcen und Technologien nutzt, um die Lebensqualität der Bürger, die betriebliche Effizienz und die Einnahmequellen kontinuierlich zu verbessern. Das gezeigte Modell ermöglicht die effektive Verwaltung und Integration verschiedener Arten von Daten und nutzt die Prinzipien von AR und Augmented Space (AS), um entsprechende Stadtdienste zu verbessern.

Die Autoren schlagen ein erweitertes EAF für Smart Cities vor, das auf dem Federal Enterprise Architecture Framework (FEAF) basiert. Dieses Framework ermöglicht die kontinuierliche Abstimmung der unterschiedlichen Ziele, Technologien, Ökosysteme und Roadmaps der verschiedenen städtischen Stakeholder.

Ein zentraler Bestandteil der Studie ist das innovative Konzept der Augmented Landmarks. Im Gegensatz zu klassischen Landmarks, die physische Merkmale oder Strukturen sind, die zur Orientierung in einer physischen Umgebung dienen [Richter and Winter,

2014], werden Augmented Landmarks in dieser Forschung sowohl als physische als auch konzeptuelle oder virtuelle Entitäten definiert, welche als Positionsreferenzen nicht nur in räumlichen, sondern auch in nicht-räumlichen Domänen dienen. Das bedeutet, dass sie dazu verwendet werden können, Informationen oder Daten in einem bestimmten Kontext zu positionieren oder zu verankern. Sie können beispielsweise dazu verwendet werden, bestimmte Orte oder Regionen in der Stadt hervorzuheben und zusätzliche Informationen über diese Orte oder Regionen zu liefern.

In Bezug auf die Visualisierung von EA können Augmented Landmarks eine wichtige Rolle spielen. Sie können als visuelle Ankerpunkte dienen, die dazu beitragen, komplexe EA-Daten und Informationen auf eine leicht verständliche Weise zu präsentieren. Durch die Bereitstellung zusätzlicher Informationen über die entsprechende Region oder den entsprechenden Kontext können sie dazu beitragen, die Komplexität der Daten und Informationen zu reduzieren und sie für verschiedene Stakeholder zugänglicher und verständlicher zu machen.

Die Studie verwendet eine theoretische Forschungsmethode, um ihre Argumente zu untermauern. Sie stützt sich auf bestehende Literatur und Forschung, um die Grundlagen ihrer Argumentation zu legen und ihre Modellierung zu informieren. Allerdings fehlt eine empirische Validierung des vorgeschlagenen Modells, was die Zuverlässigkeit der Ergebnisse einschränken könnte.

Im Hinblick auf die Forschungsfragen weist die Studie eine bedingte Relevanz auf. Sie erforscht die Anwendung von AR in der Stadtplanung und -verwaltung und liefert Erkenntnisse über die Potenziale zur Verbesserung der Visualisierung und Kommunikation von Daten in intelligenten Städten. Jedoch fehlen konkrete Anwendungsbeispiele für die Visualisierung durch AR. Stattdessen konzentriert sich die Arbeit auf die theoretischen Konzepte und die Rolle von AR und AS in der Gestaltung von Smart Cities. Es ist daher zu schlussfolgern, dass die Studie relevante Konzepte und Modelle vorstellt, die für die Forschungsfragen von Interesse sein könnten, aber keinen direkten Bezug auf die praktische Anwendung von AR zur Visualisierung von EA-Daten nimmt. Die vorgestellten Konzepte, insbesondere das erweiterte Unternehmensarchitektur-Framework und die Augmented Landmarks, könnten jedoch als theoretische Grundlage für zukünftige Forschungen dienen, die sich auf die praktische Anwendung von AR in der Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten konzentrieren.

4.1.4 Evaluating the User Experience of an Augmented Reality Prototype for Enterprise Architecture

Die Studie „Evaluating the User Experience of an Augmented Reality Prototype for Enterprise Architecture“ von Rehring and Ahlemann [2020] untersucht aufbauend auf [Rehring et al., 2019b] die Anwendung von AR zur Visualisierung von EA. Die Autoren argumentieren, dass AR das Verständnis komplexer architektonischer Beziehungen verbessern und eine natürlichere Manipulation von Visualisierungen ermöglichen kann, was letztendlich zu besseren Entscheidungen führt. Auch diese Studie basiert auf einem DSR-Projekt und berichtet über eine empirische Bewertung der Benutzererfahrung eines EA-Visualisierungsprototyps durch 13 Praktiker.

Die Studie vertieft die gemachten Erkenntnisse und erweitert das Verständnis über die Analyse von EA mit Hilfe von AR. Die Forschungsmethoden zeichnen sich durch Solidität und Durchdachtheit aus, wobei die empirische Bewertung auf der Einladung von 13 Experten basiert, die eine Reihe von Aufgaben unterschiedlicher Komplexität ausführten. Die Autoren sammelten sowohl quantitative (Zeitmessung zur Aufgabenerfüllung) als auch qualitative (Feedback, Fragebögen, Beobachtungen) Daten gesammelt und analysiert. Sie haben weiterhin auch die Benutzererfahrung bewertet und Designempfehlungen gegeben.

Die Studie ist in Bezug auf die Forschungsfragen sehr relevant. Zu ihren Stärken gehört die gründliche empirische Bewertung, die eine wertvolle Einsicht in die Benutzererfahrung dieses Prototyps bietet. Sie liefert wertvolle Erkenntnisse darüber, wie AR zur Verbesserung der Visualisierung und Analyse von EA-Daten eingesetzt werden kann. Die Generalisierbarkeit ließe sich eventuell durch die relativ kleine Stichprobe von 13 Praktikern einschränken. Darüber hinaus basiert die Studie auf einem einzigen Prototyp, was bedeutet, dass die Ergebnisse möglicherweise nicht auf andere AR-Systeme übertragbar sind.

Die Studie hat mehrere Erkenntnisse hervorgebracht, darunter die Tatsache, dass die meisten Teilnehmer die Visualisierung von Unternehmensarchitekturen in AR als eine gute Idee bewerteten und viele behaupteten, dass sie einen umfassenden Überblick über die Unternehmensarchitektur bot. So bietet sich diese Form der Visualisierung insbesondere für Stakeholder an, die weniger Erfahrung mit EA haben. Die visualisierte EA wurde auch als berührbar wahrgenommen, was die Verständlichkeit erhöhen könnte. Einige Teilnehmer äußerten den Wunsch nach detaillierteren Daten und Informationen zur EA.

Beispiele für solche möglicherweise hilfreichen Details sind verschiedene Statistiken zu jedem ausgewählten EA-Objekt, einschließlich Standard- und bekannten EA-Berichten. Auch wurden Erfahrung im Umgang mit der Technologie dokumentiert. So wurde beispielsweise der Wunsch nach Verbesserungen bei den genutzten Gesten geäußert, um eine einfachere und intuitivere Interaktion mit dem AR-Prototyp zu ermöglichen.

Die Studie zieht mehrere Schlussfolgerungen, darunter die Tatsache, dass die 3D-Darstellung des dreischichtigen Modells in AR von der Perspektive des Benutzers abhängt, was die Lesbarkeit des Modells beeinflusst. Dies könnte erklären, warum die Einbeziehung weiterer EA-Objekte oder die Erhöhung der Anzahl von Objekten die Benutzer überfordern könnte. Die Hauptergebnisse der Studie sind, dass die Benutzerleistung trotz anfänglicher Schwierigkeiten mit den Gesten und der Bedienung der HoloLens insgesamt positiv bewertet wurde. Die Teilnehmer fanden die Visualisierung hilfreich und konnten sich vorstellen, sie in ihren eigenen Unternehmen einzusetzen. Sie machten jedoch auch mehrere Verbesserungsvorschläge, insbesondere in Bezug auf die Bereitstellung detaillierterer Informationen und die Verbesserung der Gestensteuerung.

Im Kontext des bestehenden Wissens trägt die Forschung zum begrenzten Forschungsfeld der Entwicklung von AR HMD-basierten Visualisierungsprototypen bei. Sie liefert eine umfassende, empirisch fundierte Analyse der Anwendung eines solchen Prototyps und untersucht, wie die durch den Prototyp realisierten Merkmale von AR, die Analyse von EAs durch Benutzer unterstützen können. Darüber hinaus werden bestehende Mängel sowie technologische und betriebliche Herausforderungen identifiziert. Insgesamt wird durch diesen Beitrag nicht nur das Verständnis von AR in diesem Kontext erweitert, sondern auch die bestehenden Visualisierungsansätze in der EA bereichert.

4.1.5 Watch that Seam! Designing Hybrid Presentations with Data Visualisation in Augmented Reality

Die Studie „Watch That Seam: Designing Hybrid Presentations with Data Visualisation in Augmented Reality“ von Bravo et al. [2021] untersucht eingehend die Möglichkeiten von AR zur Verbesserung der Datenvisualisierung. Die Autoren konzentrieren sich auf die Gestaltung von hybriden Präsentationen, die sowohl physische als auch digitale Elemente nutzen. Sie entwickelten und testeten im Rahmen eines Research through Design (RtD) Forschungsansatzes eine AR-Anwendung, die Datenvisualisierungen in einer phy-

sischen Umgebung darstellt, um die Auswirkungen auf die Datenvisualisierung direkt zu beobachten und zu messen.

Die Studie ist von signifikanter Relevanz für die Untersuchung des Potenzials von AR in der Visualisierung von EA-Daten. Sie baut auf vorangegangenen Arbeiten auf, die die Vorteile der Verwendung eines HMD gegenüber einem Computer in Aufgaben hervorheben, die eine intensive Interaktion erfordern. Die Studie illustriert detailliert die Anwendung von AR in der Datenvisualisierung und unterstreicht dabei die verbesserte räumliche Wahrnehmung und Interaktivität, die durch AR ermöglicht wird. Darüber hinaus liefert die Studie wertvolle Erkenntnisse über den Einfluss von AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten. Sie hebt die Fähigkeit hervor, Daten in einem dreidimensionalen Raum mittels AR darzustellen, wodurch die Daten von allen Seiten betrachtet und analysiert werden können. Dies kann dazu beitragen, komplexe Datenmuster und -beziehungen besser zu verstehen, da die zusätzliche Dimension eine tiefere und detailliertere Analyse ermöglicht.

Die methodische Herangehensweise der Studie ist gut konzipiert. Die Autoren haben eine Mischung aus Literaturrecherche, Designexperimenten und Benutzertests eingesetzt, um ihre Schlussfolgerungen zu formulieren. Sie haben mehrere Iterationen von Design und Testing durchgeführt, begleitet von kontinuierlichen Feedbackschleifen, was auf eine gründliche und methodische Vorgehensweise hindeutet. Weiterhin wurde der Designprozess durch die „cognitive fit“- und „cognitive load“-Theorien gestützt. Die cognitive-fit-Theorie besagt, dass die Entscheidung, Informationen auf einer Tabelle oder einem Diagramm zu präsentieren, von der Art der unterstützten Aufgabe abhängt. Die cognitive-load-Theorie befasst sich ergänzend mit der Aufrechterhaltung der wesentlichen Menge an Informationen im Sichtfeld des Benutzers.

Die Stärken der Studie liegen in ihrer detaillierten Untersuchung der Verwendung von AR für die Datenvisualisierung, einschließlich spezifischer Designüberlegungen und Benutzererfahrungen. Sie liefert konkrete Beispiele und eine Fallstudie, die ihre Punkte veranschaulichen. Darüber hinaus bietet sie ein theoretisches Rahmenwerk zum Verständnis hybrider Präsentationen und praktische Designrichtlinien, die diese Einblicke für Praktiker operationalisieren.

Die Autoren führen drei zentrale Konzepte für hybride Präsentationen ein und definieren sie: „Seams“, „Narrativ“ und „Kanäle“. Seams stehen im Zentrum der Studie und definieren die Verbindung zwischen verschiedenen Medien in einer Präsentation, die kognitive Belastungen verursachen oder Aufmerksamkeit erregen können, insbesondere bei

der abwechselnden Nutzung von physischen und virtuellen Medien. Das Narrativ ist die strukturelle und inhaltliche Basis der Präsentation, die durch die Interaktion von physischen und virtuellen Medien geformt wird. Als Kanäle werden die verschiedenen Medien bezeichnet, die in der Präsentation verwendet werden. Ihre Gestaltung beeinflusst das Narrativ und die Gesamterfahrung.

Die Autoren entwickelten aufbauend auf diesen Konzepten Richtlinien für Seams in hybriden Präsentationen. Diese Richtlinien sind für Designer von hybriden Präsentationen gedacht und beinhalten die Berücksichtigung sowohl von Kanal- als auch von Narrativ-Seams, die Synchronisation von Seams und die Minderung der Verwendung von unbekannten Kanälen. Darüber hinaus wurden Richtlinien für eine AR-Datenvisualisierung in Präsentationen entwickelt. Diese beinhalten die bewusste Einfachheit im Präsentationsdesign zur Förderung des Verständnisses und der Aufmerksamkeit, die Vertrautheit mit der Datenvisualisierung zur Förderung des Vertrauens und die Flexibilität im Interaktionsdesign zur Förderung des dynamischen Denkens.

Im Kontext des bestehenden Wissens trägt die Forschung dazu bei, spezifische Designprinzipien und Überlegungen für die Verwendung von AR in der Datenvisualisierung hervorzuheben. Sie erweitert das Verständnis darüber, wie AR zur Verbesserung der Datenvisualisierung und -kommunikation eingesetzt werden kann. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie scheinen valide zu sein, basierend auf den vorgestellten Methoden und Daten. Die Autoren stellen jedoch klar, dass weitere Forschung und Experimente notwendig sind, um ihre Erkenntnisse zu bestätigen und zu erweitern. Die Studie legt somit den Grundstein für weitere Forschung, beispielsweise für die Kombination verschiedener Medien aus dem Virtualitätskontinuum. Darüber hinaus könnte zukünftige Forschung die Vorstellung von Berührung und Greifbarkeit mit Seams in Präsentationen erforschen.

4.1.6 Initial Concepts for Augmented and Virtual Reality-based Enterprise Modeling?

Die Studie „Initial Concepts for Augmented and Virtual Reality-based Enterprise Modeling“ von Muff and Fill [2021] baut auf einer Vision für die Unternehmensmodellierung auf, die besagt, dass die Modellierung in einigen Jahren in unsere täglichen Arbeitspraktiken eingebettet sein wird [Sandkuhl et al., 2018], so dass die Modellierung zu einer gängigen Praxis wird, ähnlich wie die Nutzung von Büroanwendungen heute.

Um diese Vision zu realisieren, werden Herausforderungen wie geeignete Modellformate, Stakeholder-Kontexte und Modellumfang adressiert. In dieser Forschung werden erste Ergebnisse in AR/VR-basierter konzeptioneller Modellierung präsentiert, wobei der Fokus auf Modellpräsentation, -darstellung und -umfang liegt. Die Autoren präsentieren ein innovatives Meta-Metamodellierungs-Framework für AR- und VR-basierte konzeptionelle Modellierung und implementieren es in einem prototypischen Tool. Dieses Framework ermöglicht es, weitere Anforderungen für die Darstellung und Verarbeitung von Unternehmensmodellen abzuleiten.

Die in der Studie angewandten Forschungsmethoden erscheinen fundiert. Durch die Anwendung eines explorativen und experimentellen Forschungsdesigns wurde ein Meta-Metamodellierungs-Framework entwickelt. Dies beinhaltete die Untersuchung bestehender Meta-Metamodelle und die Ableitung der für AR und VR erforderlichen Konzepte. Abschließend wurde ein Prototyp implementiert und getestet, um die technische Machbarkeit des Frameworks zu überprüfen.

In diesem Zusammenhang wurden Tests durchgeführt, indem Teilmengen von Business Process Model and Notation (BPMN) und Entity-Relationship Diagram (ERD) mit dem neuen Tool spezifiziert wurden. Diese Tests wurden mit einem AR-HMD, konkret einer MS HoloLens2, durchgeführt. In vorläufigen Tests konnte die Machbarkeit der Verwendung des Frameworks und der Implementierung einiger grundlegender Modellierungssprachen für Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) bestätigt werden. Die Implementierung eröffnet neue Möglichkeiten für Unternehmensmodellierungsszenarien, einschließlich der Verwendung von Unternehmensmodellen als kartographische Leitfäden in der realen Welt.

Die Autoren vertreten in dieser Arbeit die Hypothese, dass AR und VR das Potenzial haben, die Unternehmensmodellierung zu revolutionieren. Dies könnte durch die Ermöglichung einer dreidimensionalen Darstellung und Interaktion mit Modellen geschehen, was die Visualisierung, Interpretation und Kommunikation von EA-Daten verbessert und eine intuitivere, interaktive Benutzererfahrung bietet. Darüber hinaus könnte die Effizienz und Genauigkeit der Dateninterpretation durch die Darstellung komplexer Daten in einem leicht verständlichen Format verbessert werden.

Die Studie hat sowohl Stärken als auch Schwächen in Bezug auf die Forschungsfragen. Einerseits bietet die Studie einen innovativen Ansatz zur Integration von AR in die Unternehmensmodellierung und zeigt, wie diese Technologie verwendet werden kann, um die Visualisierung und Interaktion mit EA-Daten zu verbessern. Sie konzentriert sich

jedoch hauptsächlich auf die technischen Aspekte der Integration von AR in die Unternehmensmodellierung und bietet weniger Einblicke in die praktischen Auswirkungen auf die Kommunikation und Interpretation von EA-Daten. Andererseits ist die Studie noch in einem frühen Stadium und es sind weitere Untersuchungen und Tests erforderlich, um die Wirksamkeit und Anwendbarkeit des vorgeschlagenen Frameworks vollständig zu bewerten. Trotz dieser Einschränkungen liefert diese Studie wertvolle Erkenntnisse über die Art und Weise, wie EA-Daten durch Nutzung von AR visualisiert und interpretiert werden.

Aufgrund des gewählten Ansatzes gewinnt die Studie an erheblicher Bedeutung, indem sie konzeptionelle und methodologische Perspektiven auf die Anwendung von AR in der Unternehmensmodellierung und dessen Auswirkungen auf die Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten liefert. Die Autoren betonen jedoch, dass weitere Forschungen und Tests erforderlich sind, um die Wirksamkeit und Anwendbarkeit des vorgeschlagenen Frameworks vollständig zu bewerten.

4.2 Analyse der Studien ohne Anwendung von AR

Trotz des primären Fokus dieser Arbeit auf AR, ist es unerlässlich, auch die Rolle und den Einfluss von VR in Betracht zu ziehen. AR und VR, obwohl unterschiedliche Technologien, teilen das gemeinsame Potenzial, die Paradigmen der Datenvisualisierung und -kommunikation zu revolutionieren. Daher ist die Einbeziehung von VR in diese Studie, insbesondere im Kontext der gestellten Forschungsfragen, von entscheidender Bedeutung. Die folgende Analyse der VR-Literatur zielt darauf ab, ein umfassendes Verständnis der Möglichkeiten und Herausforderungen dieser Technologie zu vermitteln und ihre Relevanz für die Visualisierung von Enterprise Architecture zu beleuchten.

Es ist bemerkenswert, dass es fünf Studien ([Oberhauser et al., 2018, Oberhauser and Pogolski, 2019, Oberhauser et al., 2020, 2022, 2023]) gibt, die in engem Zusammenhang stehen und eine sequenzielle Reihe von Untersuchungen darstellen. Diese Studien sind nicht nur thematisch miteinander verbunden, sondern jede einzelne erweitert und evaluiert auch einen zuvor entwickelten Prototypen, wodurch ein kontinuierlicher Entwicklungs- und Verbesserungsprozess stattfindet. Jede Studie baut auf den Erkenntnissen und Ergebnissen der vorherigen auf, verfeinert den Prototypen und erforscht seine Anwendbarkeit weiter. Daher wird in der vorliegenden Analyse ein integrierender Ansatz gewählt, um die Fortschritte und Entwicklungen in diesen aufeinander aufbauenden

Studien hervorzuheben und zu diskutieren. Dieser Ansatz bietet einen tieferen Einblick in die kontinuierliche Entwicklung und Evaluation der Prototypen, als wenn die Studien einzeln betrachtet würden.

4.2.1 Put your glasses on: Conceptualizing affordances of mixed and virtual reality for enterprise architecture management

Die Studie „Put your glasses on: Conceptualizing affordances of mixed and virtual reality for enterprise architecture management“ von Rehring et al. [2018] untersucht das Potenzial von MR und VR für das EAM. Im Zentrum der Untersuchung steht das Konzept der Affordanzen im Kontext von Informationssystemen.

Affordanzen, ursprünglich aus der ökologischen Psychologie stammend [Chemero, 2018], werden als Beziehungen zwischen den Fähigkeiten eines Organismus und den Merkmalen der Umgebung verstanden [Stendal et al., 2016]. Sie bezeichnen die Möglichkeiten für Aktionen, die ein Objekt oder eine Umgebung einem Organismus bietet, basierend auf den Fähigkeiten des Organismus und den Eigenschaften des Objekts oder der Umgebung. Im Kontext von Informationssystemen reflektieren Affordanzen die Ziele des Benutzers und wie der Benutzer die IT-Fähigkeiten nutzt, um diese Ziele zu realisieren.

Die Autoren argumentieren, dass MR und VR eine intuitive und immersive Interaktion mit IT- und Geschäftsarchitekturen ermöglichen. Sie ermöglichen eine intuitive Interaktion mit Daten, eine bessere Verwaltung großer Datenmengen und verbesserte analytische Fähigkeiten durch die Nutzung natürlicher räumlicher und visueller Fähigkeiten. Mit Fokus auf EAM werden Affordanzen als Möglichkeiten für Aktionen verstanden, die durch IT-Artefakte ermöglicht werden, die mit MR und VR visualisiert werden.

Das Paper stellt einen Zusammenhang zwischen Affordanzen und dem Konzept der „Communities of Practice“ (CoP) her. CoPs sind Gruppen von Mitarbeitern, die regelmäßig interagieren und eine gemeinsame Erfahrungsbasis entwickeln. Im Kontext von EAM teilen alle Mitglieder einer CoP die gleichen Anliegen, da sie Teil der Etablierung, Aufrechterhaltung und Entwicklung einer Enterprise Architecture sind. Sie speichern EA-Ressourcen und -Vermögenswerte in einem EA-Repository, das als Wissensbasis angesehen werden kann.

Die Autoren identifizieren drei Haupt-Affordanzen, die durch MR und VR in EAM ermöglicht werden: Kollaborative Affordanzen, organisatorische Gedächtnis-Affordanzen und

Prozessmanagement-Affordanzen. Kollaborative Affordanzen ermöglichen es Benutzern, dreidimensionale EA-Artefakte zu teilen, zu vermitteln und zu integrieren. Organisatorische Gedächtnis-Affordanzen ermöglichen es Benutzern, dreidimensionale EA-Artefakte zu erstellen, zu speichern, zu transformieren, zu verfeinern, zuzugreifen, zu mobilisieren, anzuwenden und zu nutzen. Prozessmanagement-Affordanzen ermöglichen es Benutzern, Prozesse mit dreidimensionalen EA-Artefakten zu entwerfen, zu koordinieren, zu implementieren und zu überwachen.

Die Autoren stellen die Hypothese auf, dass diese Affordanzen die Qualität der Entscheidungsfindung positiv beeinflussen und damit die Wirksamkeit von EAM erhöhen. Sie argumentieren, dass MR und VR einen positiven Einfluss auf die Wirksamkeit von EAM haben könnten und bereiten den Boden für zukünftige Forschungen in diesem Bereich vor.

Obwohl AR nicht explizit in der Studie diskutiert wird, erkennt sie das Potenzial von AR für die Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten und Affordanzen an und betont, dass AR eine verbesserte Zusammenarbeit und interaktive Datenvisualisierung ermöglicht. Darüber hinaus lassen sich viele der vorgestellten Konzepte auf AR übertragen. Insbesondere die Fähigkeit von AR, die reale Welt mit virtuellen Objekten zu bereichern, könnte genutzt werden, um die gleichen Vorteile zu bieten, die die Autoren für MR und VR identifizieren.

Die Studie schließt mit Vorschlägen für zukünftige Forschungsmöglichkeiten. Die Autoren betonen, dass die interaktive dreidimensionale Simulationsfähigkeit von MR und VR große Möglichkeiten im Kontext von EAM bietet. Sie argumentieren, dass MR und VR über die Funktionen aktueller EAM-Tools hinausgehen, da beide Technologien die Bewegungen der Benutzer verfolgen und auf diese reagieren können. Sie schlagen vor, dass zukünftige Forschungen die Auswirkungen von MR und VR auf die Effektivität von EAM weiter untersuchen sollten.

4.2.2 Conceptualizing EA Cities: towards Visualizing Enterprise Architectures as Cities

Die Arbeit von Rehring et al. [2019a] stellt einen neuartigen Ansatz zur Visualisierung von Unternehmensarchitekturen mittels der Stadtmetapher vor. Obwohl die Studie nicht explizit die Anwendung von AR zur Darstellung von EA-Daten thematisiert, könnte

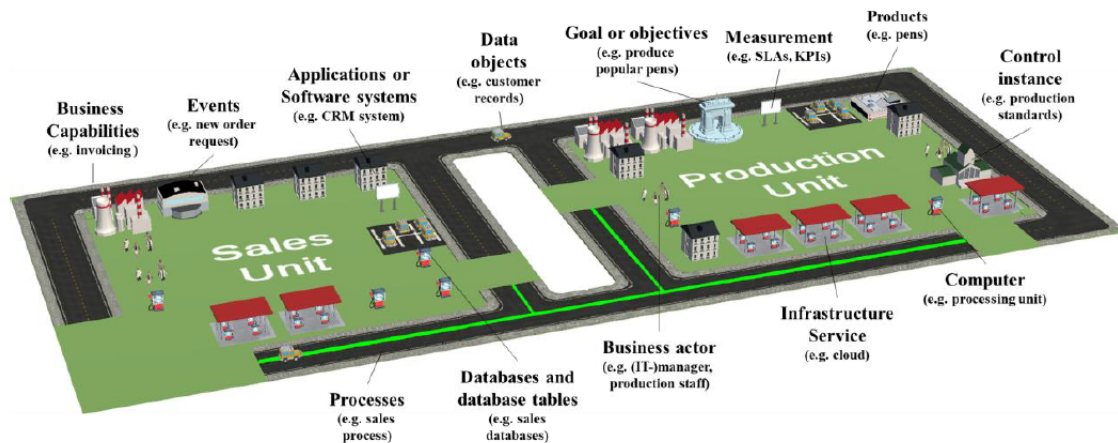


Abbildung 4.1: Dreidimensionale EA-Stadt gruppiert nach Organisationseinheiten [Rehring et al., 2019a]

die vorgestellte Methodik zur Visualisierung von EA als Stadt eine Basis für zukünftige Untersuchungen zur Nutzung von AR in diesem Bereich darstellen.

Die in der Studie angewandten Forschungsmethoden zeichnen sich durch ihre Solidität und durchdachte Planung aus. Die Autoren führten eine umfassende Literaturrecherche durch, um relevante EA-Objekte und Stadtelemente zu identifizieren. Anschließend wurden drei Runden des offenen Card Sortings durchgeführt, um die mentalen Modelle der Teilnehmer zu untersuchen und eine allgemein akzeptierte Darstellung von EA in Form einer Stadt zu entwickeln. Die Ergebnisse dieses Prozesses mündeten in die Entwicklung einer formalen Sprache, die eine maschinenlesbare Spezifikation verschiedener Ansichten, bezeichnet als „EA City“, ermöglicht. Die Autoren stimmen mit vorherigen Arbeiten überein, dass herkömmliche Darstellungsformen von EA, wie Text, Zahlen, Tabellen, Diagramme und Modelle, oft nicht intuitiv genug sind und eine Komplexität erzeugen, die das Verständnis und die Kommunikation erschweren können. Sie schlagen daher eine erweiterte Form der Visualisierung vor, die speziell für die Nutzung von AR optimiert ist. Die Autoren illustrieren die Vorteile der Stadtmeter bei der Visualisierung komplexer Informationsstrukturen und weisen auf die Aktivierung kognitiver Fähigkeiten des menschlichen Gehirns hin. Diese Metapher fördert nicht nur die räumliche Orientierung und das Gefühl körperlicher Bewegung, sondern erleichtert auch die Wahrnehmung und das Verständnis konzeptueller Bedeutungen[Lakoff et al., 1999] .

Die Autoren diskutieren ausführlich die Konzepte von „Districts“, „City Elements“ und „Streets“ in der EA City. „Districts“ sind Gruppen von EA-Objekten, die aufgrund gemeinsamer Eigenschaften oder Beziehungen zusammengefasst sind. Sie repräsentieren verschiedene Aspekte der EA und können auf der Grundlage von EA-Objekten oder anderen Analysekr Kriterien dynamisch erstellt werden. Dies ermöglicht flexible Visualisierungen, die mehrere Perspektiven auf die gleiche EA unterstützen. „City Elements“ sind die verschiedenen Komponenten, die in der Stadtmethapher verwendet werden, wie beispielsweise Gebäude, Straßen und Fahrzeuge. Sie repräsentieren verschiedene Arten von EA-Objekten. „Streets“ repräsentieren die Verbindungen zwischen verschiedenen EA-Objekten und ermöglichen die Visualisierung von Beziehungen und Interaktionen zwischen ihnen. Die in der Studie entwickelte formale Sprache ermöglicht eine maschinenlesbare Spezifikation verschiedener Ansichten. Sie ermöglicht die Darstellung komplexer EA-Strukturen in einer intuitiven und leicht verständlichen Form. Sie ermöglicht es auch, verschiedene Aspekte der EA zu spezifizieren und zu visualisieren, einschließlich der Beziehungen zwischen den EA-Objekten, ihrer Eigenschaften und ihrer Interaktionen. Einige Beispiele für das Mapping von EA-Objekten auf Stadtobjekte sind: Geschäftsprozesse wurden auf Straßen gemappt, IT-Komponenten auf Gebäude und Datenobjekte auf Fahrzeuge. Abbildung 4.1 illustriert einen Teilbereich der Stadt, einschließlich Details wie Gebäuden und Straßen. Bei der Auswahl eines spezifischen Autos wird dessen Route visualisiert, wodurch die passierten Gebäude kenntlich gemacht werden.

Die Untersuchung stellt fest, dass gegenwärtige EA-Visualisierungen die ersten drei Aspekte gemäß Baker et al. [2009] implementieren, jedoch eine geringe Anwendung von Analogien und Metaphern aufweisen. Es wird hervorgehoben, dass der dynamische Charakter von Distrikten flexible Visualisierungen zulässt, die vielfältige Perspektiven auf dieselbe EA unterstützen. Dieser Ansatz könnte insbesondere das Verständnis von EA für Nicht-IT-Mitarbeiter erleichtern. Trotz der innovativen Herangehensweise und der gründlichen Methodik weist die Studie einige Schwächen im Hinblick dieser Analyse auf. Sie konzentriert sich nicht spezifisch auf die Verwendung von AR für die Visualisierung von EA-Daten, was die direkte Relevanz der Studie für die gestellten Forschungsfragen begrenzt. Zudem könnte die Studie von einer stärkeren empirischen Validierung profitieren, z.B. durch die Durchführung von Benutzertests mit dem entwickelten EA City-Prototyp.

Die Studie leistet einen wertvollen Beitrag zur Literatur über EA-Visualisierung, indem sie einen neuen Ansatz zur Darstellung von EA als Städte vorstellt. Dieser Ansatz könnte das Verständnis und die Kommunikation von EA in Organisationen verbessern. Die Studie könnte auch als Ausgangspunkt für zukünftige Forschungen zur Anwendung von AR

in der EA-Visualisierung dienen. Die Validität der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie scheint hoch zu sein, da die Autoren eine gründliche Methodik angewendet und ihre Ergebnisse ausführlich diskutiert haben. Allerdings könnte die Validität der Studie durch eine stärkere empirische Validierung, z.B. durch Benutzertests mit dem entwickelten EA City-Prototyp, weiter gestärkt werden.

4.2.3 Comparing the Quality of Business Decisions Supported by Alternative Visualisation Platforms

Die vorliegende Untersuchung „Comparing the Quality of Business Decisions Supported by Alternative Visualisation Platforms“ von Beltrán [2022] widmet sich der Analyse der Qualität von Geschäftsentscheidungen, die durch unterschiedliche Visualisierungsplattformen unterstützt werden. Hierbei werden zwei Visualisierungsoptionen gegenübergestellt: Daten, die auf einer 2D-Oberfläche wie einem Computerbildschirm dargestellt werden, und Daten, die in einer virtuellen Realitätsumgebung visualisiert werden.

Im Rahmen der Untersuchung werden zwei Werkzeuge herangezogen: eine 2D-Applikation namens Gephi (www.gephi.org/) und ein von den Autoren entwickelter Prototyp für eine immersive VR-Umgebung, Aroaro. Letzterer ist eine MR-, Multi-User-Plattform, die auf verschiedenen Virtual-Reality- und Augmented-Reality-Geräten eingesetzt werden kann. Der Prototyp ermöglicht es Benutzern, Datenvisualisierung auf eine neuartige Weise zu erleben und bietet eine innovative Möglichkeit, Daten in einer immersiven MR-Umgebung zu visualisieren.

Die zentrale Forschungsfrage lautet: Welches Potenzial hat die immersive Technologie für die Visualisierung von Netzwerkdaten? Es wird von den Autoren argumentiert, dass die Nutzung von immersiven Technologien wie dem Prototyp nicht nur die Interaktion, sondern auch die Qualität der Analyse bereichert, mit dem Potenzial für bessere Entscheidungen. Dies unterstreicht das Potenzial von Immersive Analytics, die Art und Weise, wie wir Daten verstehen und interpretieren, grundlegend zu verändern.

Im Kontext des Vergleichs zwischen dem Prototyp und der 2D-Applikation hinsichtlich Geschwindigkeit, Effektivität und Qualität der getroffenen Entscheidungen eröffnet die Integration von Immersive Analytics in den Prototyp neue Möglichkeiten. Er bietet eine vollständige Immersion, die ein tieferes Verständnis der Daten ermöglicht und Nutzern das Gefühl gibt, in das Netzwerk „hineinzufiegen“. Darüber hinaus ermöglicht er eine

synchrone und asynchrone Zusammenarbeit in einer Multi-User-Umgebung. In der virtuellen Umgebung können sich Entscheidungsträger treffen und Anmerkungen zu relevanten Objekten hinterlassen, die von anderen Teammitgliedern später eingesehen werden können.

Die Untersuchung verwendet eine mit Probanden durchgeführte Studie, bei der 15 Teilnehmende zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt wurden. Jeder Teilnehmende musste zwölf Entscheidungen treffen, die in zwei Gruppen von sechs aufgeteilt waren, um eine fiktive Marketingkampagne mit beiden Plattformen zu unterstützen. Um einen Ordnungseffekt zu vermeiden, verwendete die erste Gruppe von Entscheidungsträgern zuerst Aroaro, und die andere Gruppe verwendete zuerst Gephi. Die Antworten und die Reaktionszeiten auf die Fragen wurden aufgezeichnet und als Indikatoren für den Erfolg der Anstrengungen der Entscheidungsträger verwendet. Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass die Teilnehmer in der Regel mehr Zeit mit dem Prototypen verbrachten, um die Fragen zu beantworten. Allerdings wiesen die Antworten auf hochkognitive Fragen einen höheren Qualitätsindex auf als ihre Gegenstücke in der 2D-Applikation. Dies deutet darauf hin, dass der Prototyp eine tiefere Analyse und ein besseres Verständnis der Daten ermöglicht.

Eine interessante Beobachtung war, dass die Teilnehmer, die zuerst den Prototypen verwendeten, danach in der 2D-Applikation besser abschnitten. Dies könnte ein Hinweis darauf sein, dass die immersive Erfahrung mit dem Prototypen die Teilnehmer auf eine Weise mit den Daten vertraut macht, die ihre anschließende Arbeit in einer traditionelleren 2D-Umgebung verbessert.

Schlussfolgernd lässt die Studie vermuten, dass immersive Analytik-Plattformen wie der Prototyp das Potenzial haben, die Art und Weise, wie wir Daten visualisieren und analysieren, zu verbessern und zu erweitern. Sie könnten insbesondere in Situationen nützlich sein, in denen eine tiefere Analyse und ein besseres Verständnis der Daten erforderlich sind. Zukünftige Arbeiten könnten weitere Untersuchungen durchführen, um die Effektivität und Anwendbarkeit des Prototyps weiter zu verbessern.

Zu den Stärken der Studie gehören die solide experimentelle Methodik, die Berücksichtigung sowohl quantitativer als auch qualitativer Aspekte und der direkte Vergleich einer AR/VR-Plattform mit einer traditionellen 2D-Visualisierungsplattform. Allerdings gibt es auch Schwächen. So konzentriert sich die Studie auf Netzwerkdaten in einem Geschäftskontext, die möglicherweise nicht direkt auf EA-Daten anwendbar sind, die relativ kleine Stichprobe von 15 Teilnehmern und der Vergleich nur zweier spezifischer Plattformen.

4.2.4 Analyse der Studien VR-EvoEA+BP: Using Virtual Reality to Visualize Enterprise Context Dynamics Related to Enterprise Evolution and Business Processes

4.3 Analyse einer Reihe aufeinander aufbauenden Studien zur progressiven Entwicklung von VR-Anwendungen

Diese Analyse beschäftigt sich mit fünf wissenschaftlichen Studien (Oberhauser et al. [2018], Oberhauser and Pogolski [2019], Oberhauser et al. [2020, 2022, 2023]), die eng miteinander verknüpft sind und in Teilen aufeinander aufbauen. Die Studien verfolgen das gemeinsame Ziel, die Anwendung von VR in der Visualisierung und Interaktion mit EA-Daten zu untersuchen. Dabei entwickeln die Autoren in einem inkrementellen Ansatz innovative Prototypen, die die Möglichkeiten von VR nutzen, um komplexe Datenstrukturen und Modelle in einer immersiven Umgebung darzustellen und zu analysieren.

Die Autoren der untersuchten Studien haben initial eine signifikante Diskrepanz in der Darstellung von EA-Daten durch herkömmliche Methoden identifiziert. Sie postulieren, dass diese Methoden häufig die Komplexität und den Umfang der EA-Daten nicht adäquat repräsentieren können. Des Weiteren argumentieren sie, dass VR das Potenzial besitzt, eine intuitivere und umfassendere Visualisierung von EA-Daten zu ermöglichen. Folglich präsentieren sie VR als ein potentielles Instrument zur Adressierung und Überwindung dieser identifizierten Herausforderungen.

Die untersuchten Studien illustrieren die inkrementelle funktionale Erweiterung der Prototypen im Rahmen weiterer Anwendungsfälle, was die fortschreitende Entwicklung innovativer Lösungsstrategien im Bereich der EA mittels VR unterstreicht. Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass die gewonnenen Erkenntnisse nicht ausschließlich auf die Verwendung von VR beschränkt sind und ebenso Implikationen für die Anwendung von AR haben könnten.

Die erste Studie, „VR-BPMN: Visualizing BPMN Models in Virtual Reality“ von Oberhauser et al. [2018], präsentiert ein VR-Lösungskonzept, das die Visualisierung, Navigation, Annotation und Interaktion mit BPMN-Modellen unterstützt. Dieses Konzept umfasst grundlegende Funktionen wie Teleportation, Fly-Through-Navigation, die Darstellung von Teilprozessen über gestapelte Hyperplanes, das Zeichnen von annotativen Assoziationen zwischen BPMN-Elementen, das Einfärben von Modellelementen und das

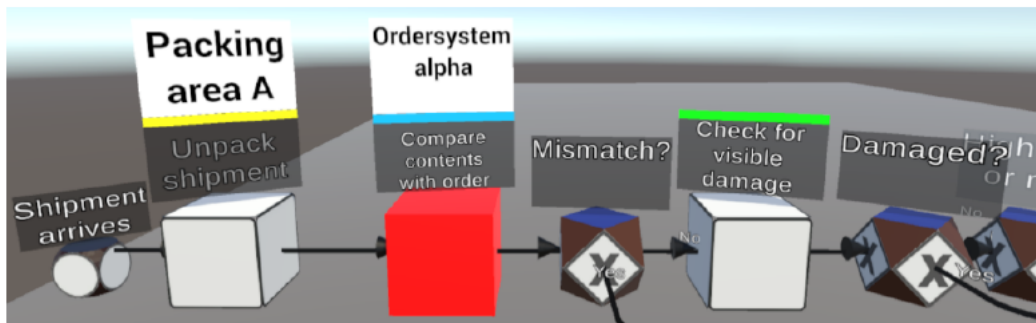


Abbildung 4.2: Visualisierung von BPMN in VR [Oberhauser et al., 2018]

Anbringen von textuellen Elementen mithilfe von Mixed-Reality-Tastaturunterstützung. Diese spezifische Implementierung resultierte in einer VR-Lösung, die speziell für BPMN konzipiert ist.

Im Rahmen der Studie wurde ein Prototyp für die Visualisierung, Navigation, Interaktion und Annotation von BPMN-Modellen in VR entwickelt. Die Autoren haben die bestehende BPMN-Notation in 3D umgesetzt und in bestimmten Fällen erweitert mit dem Ziel, die Verständlichkeit zu verbessern und die Interaktion zu erleichtern. Der Prototyp visualisiert BPMN-Daten, wie in Abbildung 4.2 dargestellt, durch verschiedene 3D-Formen für die BPMN-Elemente. Die BPMN-Symbole sind in Schwarz-Weiß an den Seiten der 3D-Formen platziert und mit weißem Text auf einem halbtransparenten dunklen Hintergrund beschriftet. Subprozesse werden als gestapelte Hyperplanes dargestellt und über farbige, halbtransparente Pyramiden mit ihren übergeordneten Prozessen verbunden.

Darüber hinaus führt die Studie eine empirische Evaluierung durch, um zu untersuchen, inwieweit die Analyse, das Verständnis und die Interaktion von auf BPMN basierenden Prozessen durch eine VR-Umgebung beeinflusst werden. Im Rahmen dieser Untersuchung vergleichen die Forscher VR-BPMN mit zwei anderen gängigen visuellen Darstellungsmodi. Um einen Bias für bestimmte BPM-Paradigmen oder Tools aufgrund vorheriger Erfahrungen zu vermeiden, verwendet die Studie eine Stichprobe von Masterstudierenden mit wenig oder keiner vorherigen BPMN-Erfahrung.

Die zweite Studie, „VR-EA: Virtual Reality Visualization of Enterprise Architecture Models with ArchiMate and BPMN“ von Oberhauser and Pogolski [2019], erweitert das vorherige VR-Konzept, um generische Modellelemente in der Visualisierung und Interaktion von EA- und BPMN-Modellen zu unterstützen.

Die Autoren tragen in dieser Arbeit ein verallgemeinertes VR-MF und das spezifischere VR-EA bei, ein VR-Hypermodell-Lösungskonzept für die Visualisierung, Navigation und Interaktion von EA-Modellen. Um die tiefere Integration, Komplexität und Vernetzung von EA mit Geschäftsprozessen zu adressieren, erleichtert es die Konvergenz von Archimate-Unternehmensmodellen und BPMN-Modellen in VR, so dass beide im gleichen Sichtfeld visualisiert und analysiert werden können.

Das verallgemeinerte VR-MF konzentriert sich auf die Verbesserung der Modellierung in VR durch die gezielte Behandlung der drei Hauptaspekte Visualisierung, Navigation und Interaktion. Zur Visualisierung verwenden die Entwickler generische 3D-Würfel, die jeweils mit einem Textlabel und gegebenenfalls einem Typensymbol versehen sind, um verschiedene Modellelemente zu repräsentieren. Die Navigation innerhalb des Modells wird durch die Darstellung von Beziehungen zwischen den Elementen erleichtert, und durch Gruppierung verwandter Elemente in verschiedenen Schichten oder Ansichten wird die Interaktion verbessert. Dieses innovative Modellierungsframework wird speziell auf Unternehmensarchitekturmodelle in VR, auch bekannt als VR-EA, angewendet und umfasst sowohl BPMN als auch ArchiMate Modelle, was zu einer intuitiveren und effektiveren Darstellung und Interaktion führt.

Die dritte Studie, „VR-EAT: Visualization of Enterprise Architecture Tool Diagrams in Virtual Reality“ von Oberhauser et al. [2020], baut auf den vorherigen Forschungen von Oberhauser et al. [2018] und Oberhauser and Pogolski [2019] auf und vertieft die Untersuchung der Anwendung von VR zur Visualisierung von EA-Diagrammen. Im Fokus steht ein VR-Lösungskonzept, das die Visualisierung, Navigation und Interaktion mit dynamisch generierten Diagrammen und Modellen ermöglicht. Diese Modelle basieren auf dem EA-Tool Atlas, einem fortschrittlichen Werkzeug, das ein vollständig konfigurierbares Metamodell in einem Repository beherbergt. Atlas generiert vollständig anpassbare Ansichten und repräsentiert dabei alle notwendigen Informationen, um die Ansichten zu jedem Zeitpunkt darzustellen, einschließlich der Darstellung jedes Artefakts in seinem jeweiligen Lebenszyklusstatus [Sousa et al., 2018].

Die in der Studie verwendeten Modelle wurden gegenüber den Vorstudien nur minimal angepasst, jedoch wurden die Darstellungen und Beschriftungen verbessert, um eine höhere Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Die räumliche Anordnung der Atlas-Blueprints in VR-EAT folgt einem Stapel-basierten Schema mit maximal drei parallelen Stapeln, wobei jeder Stapel eine unbegrenzte Anzahl von Ansichten enthalten kann, dank des in VR verfügbaren unbegrenzten Raums.

Die vierte Studie „VR-EA+TCK: Visualizing Enterprise Architecture, Content, and Knowledge in Virtual Reality“ von Oberhauser et al. [2022] untersucht aufbauend auf den zuvor genannten Studien den Einsatz von VR zur Visualisierung von EA, Inhalten und Wissen. Die vorgeschlagene Lösung der Autoren verbindet EA mit Wissensmanagement-Systemen (KMS) und Enterprise Content Management Systemen (ECMS). Diese Integration kann laut den Autoren zusätzlichen Nutzen stiften, indem sie es ermöglicht, EA-Daten in einen größeren Kontext zu setzen und so ein tieferes Verständnis der Daten zu fördern.

Die Studie evaluiert den Prototyp durch vier Szenarien, die unterschiedliche Anwendungen und Nutzen der vorgeschlagenen Lösung darstellen. Diese beinhalten die Visualisierung und Analyse der Abdeckung von ECMS und KMS, Geschäftsprozessen, Wissensketten in der EA und der Anwendung zur Visualisierung und Analyse von Wardley Maps. Diese Szenarien demonstrieren, wie die Lösung unterschiedliche Aspekte der EA visualisieren und analysieren kann, zur Identifikation und Adressierung von Verbesserungspotenzialen und Risiken genutzt werden kann.

Die Autoren betonen, dass die Lösung eine Brücke zwischen verschiedenen Wissens- und Inhaltsquellen schafft, dabei eine umfassende Visualisierung bietet, die über traditionelle 2D-Diagramme hinausgeht und verschiedene Arten von Modellen und Datenquellen in einer übersichtlichen Darstellung integriert. Sie unterstreichen, dass diese verbesserte Visualisierung zu erweiterten Erkenntnissen und Entscheidungen beitragen kann. Somit heben sie die VR-EA+TCK-Lösung als bedeutenden Fortschritt für eine umfassendere und intuitivere Darstellung und Analyse von EA und verbundenen Wissens- und Inhaltsaspekten hervor und argumentieren, dass sie das Potenzial hat, die Wahrnehmung und Nutzung von EA durch Stakeholder grundlegend zu verändern.

Die fünfte Studie, „VR-EvoEA+BP: Using Virtual Reality to Visualize Enterprise Context Dynamics Related to Enterprise Evolution and Business Processes“ von Oberhauser et al. [2023] nutzt das erweiterte VR-Lösungskonzept VR-EvoEA+BP, das auf einem Nexus-basierten Ansatz beruht.

Der inhaltliche Mehrwert gegenüber den bisherigen Iterationen liegt in der Fähigkeit begründet, das „lebende Unternehmen“ darzustellen und zu vermitteln. Dieses Konzept bezieht sich auf die kontinuierliche Entwicklung und Anpassung von Unternehmen im Laufe der Zeit, die durch die Integration der Zeitdimension in den VR-Raum explizit visualisiert wird. Darüber hinaus ermöglicht die kontextualisierte Ausführung von Geschäftsprozessen ein tieferes Verständnis und Erleben der operativen Dynamiken inner-

halb des Unternehmens. Dieses erweiterte Verständnis der Unternehmensdynamik kann zu verbesserten Entscheidungen und Strategien führen.

Die Anwendung des Prototyps wird in verschiedenen Szenarien demonstriert und im Rahmen einer Fallstudie evaluiert. Im Szenario der Unternehmensentwicklung wird die Fähigkeit, die Evolution eines Unternehmens zu visualisieren, hervorgehoben. Farbige Glows repräsentieren den Zustand des Objekts zu einem ausgewählten Zeitpunkt. Im Szenario der Geschäftsprozesse, Varianten und Prozess-Mining wird die Fähigkeit von VR-EvoEA+BP, Geschäftsprozesse und ihre Varianten in ihrem gesamten Unternehmenskontext umfassend darzustellen, demonstriert. Es ermöglicht das sequenzielle Durchlaufen einer Geschäftsprozess-Variante oder Spur mit vollständigem Unternehmenskontext und ergänzt jede Geschäftsprozess-Aktivität mit zusätzlichem realen Inhalt, Dokumentation und Wissen.

Die Studie bietet eine innovative Anwendung von VR zur Visualisierung von EA und Geschäftsprozessen und führt eine umfangreiche Diskussion über die Schwierigkeiten bei der Visualisierung und Kommunikation von EA-Daten und beleuchtet, wie VR dazu beitragen kann, diese Herausforderungen zu meistern. Dies könnte für Unternehmen und Organisationen, die nach effektiven Methoden zur Darstellung und Kommunikation von EA-Daten suchen, von großem Nutzen sein.

Die Validität der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie ist schwer zu beurteilen, da detaillierte Informationen über die Methodik der Fallstudie fehlen. Die Schlussfolgerungen der Autoren, dass VR zur Visualisierung von EA und Geschäftsprozessen genutzt werden kann, scheinen jedoch plausibel und stützen sich auf die in der Studie vorgestellten Konzepte und Beispiele.

Die Übersicht der unterschiedlichen Konzepte, welche im Rahmen dieser Studien entwickelt wurden, wird in Abbildung 4.3 dargestellt. Die Implementierung und Evaluierung der Prototypen ist ein starker Aspekt der Studien, da sie für jede Iteration die praktische Anwendbarkeit der Konzepte demonstriert. Jedoch basieren die Evaluierungen auf jeweils einer Fallstudie und decken möglicherweise nicht alle Aspekte der Anwendung von VR in verschiedenen Kontexten ab. Darüber hinaus fehlen Benutzertests, die Aufschluss darüber geben könnten, wie intuitiv und effektiv die VR-Lösung im Vergleich zu traditionellen Visualisierungstools ist.

Die Studien haben einen enormen Mehrwert für die Erforschung der Visualisierung von EA und zeigen die Möglichkeiten bis ins Detail von Designentscheidungen auf. Beispiels-

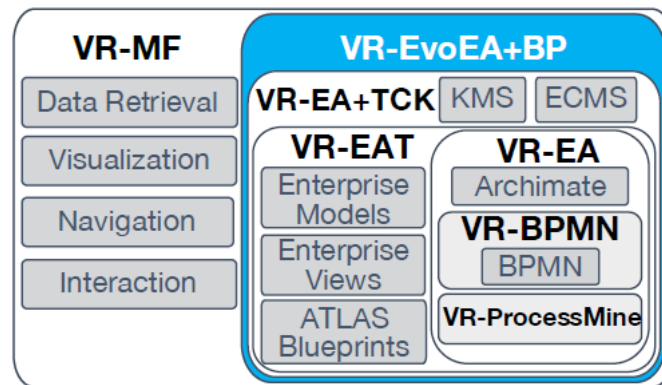


Abbildung 4.3: Konzeptkarte, die VR-EvoEA+BP (blau) in Beziehung zu vorherigen Konzepten zeigt [Oberhauser et al., 2023]

weise verdeutlicht Oberhauser and Pogolski [2019], wie Farben eingesetzt werden können, um verschiedene Ebenen innerhalb der Architektur und verschiedene Elementtypen zu kennzeichnen. Die Ergebnisse zeigen, dass VR eine verbesserte Visualisierung und Interaktion mit EA-Daten ermöglicht und auch die Integration weiterer Tools, wie ArchiMate- oder BPMN-Modelle, in einem gemeinsamen Sichtfeld unterstützt.

Die Relevanz der Studien für die Erforschung mit Fokus auf AR liegt in der Möglichkeit, komplexe IT-Strukturen und -Beziehungen visuell darzustellen und zu navigieren. Obwohl die Studie speziell auf VR ausgerichtet ist, könnten ähnliche Konzepte und Techniken auch auf AR angewendet werden, um eine immersive und interaktive Darstellung von EA-Modellen zu ermöglichen. Dies könnte die Verständlichkeit und Handhabung dieser Modelle erheblich verbessern. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch in der Raumkapazität. Die Autoren betonen in jeder Studie die Fähigkeit von VR zur Darstellung eines virtuell unendlichen Raums für Modelle, welcher uneingeschränkte Kontrolle über Bewegung und Navigation erlaubt. Diese Vorteile ermöglichen die Implementierung von Funktionen wie Teleportation oder Gleiten, die in der physisch begrenzten Umgebung von AR möglicherweise nur eingeschränkt oder gar nicht umsetzbar sind. So können die Autoren in VR ihre Prototypen effektiv entwickeln und evaluieren, eine Möglichkeit, die in AR aufgrund der räumlichen Beschränkungen der realen Welt nicht unbedingt gegeben ist. Die Übertragung dieses Konzepts auf AR könnte eine andere räumliche Anordnung der Blueprints erfordern, beispielsweise durch Platzierung auf einer virtuellen Oberfläche oder Anordnung im Raum um den Benutzer herum. Die Interaktion mit den Parametern und Optionen könnte ebenfalls anders gestaltet sein, da AR oft Gestensteuerung

oder berührungsbasierte Interaktionen nutzt, im Gegensatz zu den VR-Controllern in VR-EAT.

Die Autoren stellen fest, dass traditionelle Methoden zur Darstellung von EA-Daten oft nicht in der Lage sind, deren Komplexität und Umfang angemessen abzubilden. Die Autoren argumentieren, dass VR das Potenzial hat, diese Herausforderung zu meistern und eine intuitivere und umfassendere Visualisierung von EA-Daten zu ermöglichen.

Die Nutzung von AR zur Visualisierung dieser Prototypen könnte es ermöglichen, relevante Informationen in Echtzeit in den Kontext der physischen Umgebung einzubetten, was eine effektive Kommunikation von EA-Daten in unterschiedlichen Anwendungsszenarien unterstützen könnte.

Die hohe wissenschaftliche Integrität der Autoren zeigt sich auch in der Anerkennung der Einschränkungen ihrer Studie. Sie basiert die Evaluation des Prototypem in Oberhauser et al. [2018] auf einer Stichprobe von Masterstudenten mit begrenzter BPMN-Erfahrung, was die Generalisierbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigen könnte.

Es zeigte sich, dass bereits der Prototyp aus Oberhauser et al. [2018] im Vergleich zu herkömmlichen Methoden eine verbesserte Prozessanalyse und ein verbessertes Verständnis ermöglichte. Insbesondere war die VR-Lösung im Vergleich zu papierbasierten Methoden um 42% langsamer, jedoch im Vergleich zu einem gängigen PC-basierten BPMN-Modellierungstool um 21% schneller, obwohl einige Probanden eine Präferenz für herkömmliche Methoden äußerten.

Schlussfolgernd haben immersive Technologien wie VR laut der Studie das Potenzial, komplexe Modelle und Daten auf eine intuitivere und interaktive Weise darzustellen als herkömmliche Visualisierungen.

5 Diskussion

In der umfassenden Analyse von vierzehn Studien, die sich sowohl auf AR als auch auf andere Visualisierungstechnologien wie VR und MR konzentrieren, wurden wertvolle Erkenntnisse über das Potenzial von AR zur Verbesserung der Visualisierung von EA-Daten gewonnen. Diese Diskussion zielt darauf ab, diese Erkenntnisse zu vertiefen und zu erweitern, indem sie die leitenden Forschungsfragen „Welches Potenzial besitzt AR für die Visualisierung von EA-Daten?“ und „Welchen Einfluss hat AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten?“ untersucht.

Um diese Fragen zu beantworten, werden die Vorteile, Herausforderungen und Nachteile der Nutzung von AR für die Visualisierung von EA-Daten diskutiert. Zudem werden relevante Theorien herangezogen, um die Aussagen zu stützen und zu erklären.

Die Struktur der Diskussion ist wie folgt: Zunächst werden die Vorteile der Nutzung von AR für die Visualisierung von EA-Daten erörtert. Anschließend werden die Herausforderungen und Nachteile, die sich aus der Nutzung von AR ergeben, behandelt. Danach wird der Einfluss von AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten analysiert. Anschließend werden Forschungslücken identifiziert und zukünftige Forschungsrichtungen vorgeschlagen. Abschließend wird eine Schlussfolgerung gezogen, die die wichtigsten Erkenntnisse der Diskussion zusammenfasst und eine abschließende Bewertung des Potenzials von AR für die Visualisierung von EA-Daten liefert. Die Nutzung von AR für die Visualisierung von EA bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber herkömmlichen Visualisierungsmethoden, die in den untersuchten Studien hervorgehoben wurden. Zusammengefasst verbessert AR die Visualisierung und Kommunikation von Daten, ermöglicht ein besseres Verständnis komplexer architektonischer Beziehungen und ermöglicht eine natürlichere Manipulation von Visualisierungen.

Die Verbesserung der Visualisierung und Kommunikation von Daten durch AR wird in mehreren Studien hervorgehoben. In Fernandez et al. [2020] wird beispielsweise festgestellt, dass AR die Möglichkeit bietet, komplexe EA-Daten auf intuitive Weise zu visua-

lisieren und zu manipulieren. Diese Verbesserung der Visualisierung und Kommunikation von Daten wird auch in Rehring and Ahlemann [2020] bestätigt, indem Teilnehmer der Studie die Visualisierung von Unternehmensarchitekturen in AR als eine gute Idee empfanden und behaupteten, dass sie einen umfassenden Überblick über die Unternehmensarchitektur bot

AR ermöglicht weiterhin ein besseres Verständnis komplexer architektonischer Beziehungen. In Rehring et al. [2019b] wird beispielsweise festgestellt, dass AR die Entscheidungsfindung in der EA verbessert, indem sie ein besseres Verständnis der Beziehungen zwischen verschiedenen EA-Komponenten ermöglicht. Entscheidungsträger können von der Interaktion mit EA-Visualisierungen in AR profitieren, da dies eine konsistente, aufgabenbezogene mentale Darstellung ermöglicht, die auf der natürlichen Nutzung der visuell-räumlichen Fähigkeiten der Entscheidungsträger basiert. Darüber hinaus könnte AR die Kommunikation und das Verständnis zwischen verschiedenen Stakeholdern verbessern, indem es eine gemeinsame visuelle Sprache bietet. Diese Fähigkeit von AR, komplexe architektonische Beziehungen besser zu verstehen, wird auch in Muff and Fill [2021] bestätigt, die zeigt, dass AR die Modellierung und Visualisierung von EA-Daten verbessert.

Auch ermöglicht AR eine natürlichere Manipulation von Visualisierungen, beispielsweise durch Gesten. In Bravo et al. [2021] wird festgestellt, dass AR die Präsentation von Daten in einer natürlicheren und intuitiveren Weise ermöglicht, was die Benutzererfahrung verbessert. Diese natürlichere Manipulation von Visualisierungen durch AR wird auch in Schreiber et al. [2019] bestätigt, die zeigt, dass AR die Visualisierung von Softwarearchitekturen in einer natürlicheren und intuitiveren Weise ermöglicht. Auch in diesem Punkt lieferte Rehring and Ahlemann [2020] wichtige Erkenntnisse. Diese Studie zeigt vertieft im Rahmen einer Nutzerstudie auf, dass AR die Benutzererfahrung bei der Interaktion mit EA-Daten verbessert. So empfanden die Teilnehmer die visualisierte EA als berührbar, wodurch die Verständlichkeit erhöht wahrgenommen wurde. Dieses wurde als einzigartige Merkmal von AR wahrgenommen, was die Benutzererfahrung verbessert. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten mit den Gesten und der Bedienung der HoloLens wurde die Benutzerleistung insgesamt positiv bewertet. Die Teilnehmer fanden die Visualisierung hilfreich und konnten sich vorstellen, sie in ihren eigenen Unternehmen einzusetzen.

Die Cognitive Fit Theory (CFT) wird in mehreren der untersuchten Studien angewendet und hat großen Einfluss, um diese Vorteile zu unterstützen. In Fernandez et al. [2020] wird beispielsweise die CFT verwendet, um zu erklären, wie AR die Entscheidungsfin-

dung in der EA verbessert. In Rehring and Ahlemann [2020] wird die CFT ebenfalls angewendet, um zu erklären, wie AR die Benutzererfahrung bei der Interaktion mit EA-Daten verbessert. Rehring et al. [2019b] wendete die CFT an, um die Interaktion zwischen Entscheidungsaufgaben und Entscheidungsunterstützenden Visualisierungen zu erklären. Somit trägt die Studie zur Erweiterung des Wissens über CFT bei, indem es im Kontext von EAM und AR angewendet wird.

Darüber hinaus gibt es empirische Belege aus der Literatur, die die genannten Vorteile bestätigen. In Rehring et al. [2018] wird beispielsweise festgestellt, dass AR die Verwaltung von EA-Daten verbessern und die analytischen Fähigkeiten durch die Einbeziehung natürlicher räumlicher und visueller Fähigkeiten erhöht. Diese Vorteile von AR für die EA-Verwaltung werden auch in Muff and Fill [2021] bestätigt, die zeigt, dass AR die Modellierung und Visualisierung von EA-Daten verbessert.

Diese Vorteile werden durch die Anwendung relevanter Theorien wie der CFT und durch empirische Belege aus der Literatur unterstützt. Jedoch wird in Beltrán [2022] betont, dass die Wirksamkeit von AR- von verschiedenen Faktoren abhängt, einschließlich der Art der Daten, der spezifischen Aufgaben und der Benutzererfahrung. Es ist wichtig, diese Faktoren zu berücksichtigen, wenn man die Anwendung von AR und VR für die Visualisierung von EA-Daten bewertet. Die Studie stellt auch fest, dass die Nutzung von AR und VR für die Datenvisualisierung noch in den Kinderschuhen steckt und weitere Forschung erforderlich ist, um ihr volles Potenzial zu erkennen.

Neben den zahlreichen genannten Vorteilen sind bei der Implementierung und Nutzung von AR in diesem Kontext auch eine Reihe von Herausforderungen und Nachteilen zu berücksichtigen.

Zu den technischen Herausforderungen zählt, dass zum einen die Implementierung von AR-Technologien einen hohen Grad an spezialisiertem Wissen und Fähigkeiten erfordert. Schreiber et al. [2019] untersucht dieses Feld detailliert und zeigt hier die nicht zu unterschätzende Beschaffung und Verarbeitung der relevanten Daten sowie die Wahl der Visualisierungsmetapher als kritische Aufgabe auf. Diese muss ausdrucksstark genug sein, um alle relevanten Aspekte einer Softwarearchitektur darzustellen, was eine sorgfältige Planung und Design erfordert. Auch Muff and Fill [2021] behandelt verschiedene technische Herausforderungen bei der Implementierung von AR in Unternehmensmodellierungssystemen. Dazu gehört die Notwendigkeit, einen AR-kompatiblen Technologie-Stack zu haben, der sowohl die Hardware-Kompatibilität als auch die Fähigkeit zur 3D-Objektdarstellung und -positionierung unterstützt. Zudem müssen die Systeme in der La-

ge sein, die Umgebung zu analysieren und die Benutzersituation zu erkennen, um Modelle an spezifische Situationen anzupassen. Schließlich müssen neue Formen der Benutzer-Maschine-Interaktion entwickelt werden, die für AR und VR geeignet sind. Technische Schwierigkeiten wie Verzögerungen, Ausfälle oder Inkompatibilitäten mit bestehenden Systemen können weiterhin die Effizienz von AR-Visualisierungen beeinträchtigen.

Ein ebenfalls nicht zu unterschätzender Aspekt ist die Benutzerakzeptanz. Nicht alle Benutzer sind mit AR-Technologien vertraut oder fühlen sich bei ihrer Nutzung wohl. Dies kann zu Widerständen gegen die Implementierung führen und die Akzeptanz und Nutzung von AR-Visualisierungen beeinträchtigen. Die Studie von Schreiber et al. [2019] behandelt mehrere Herausforderungen hinsichtlich der Nutzerakzeptanz von AR. Sie thematisiert die Komplexität der Navigation in 3D-Umgebungen, die kognitive Belastung durch die Verarbeitung vieler Informationen, die Akzeptanz der Technologie selbst, Kommunikationsschwierigkeiten in Teams und die Anpassung an unterschiedliche technische Kenntnisse und Bildungshintergründe. Auch Bravo et al. [2021] geht dabei auf Hürden ein, die die Nutzer der Studie plagten. Dazu gehörte die Komplexität der Aufgaben, die Gewöhnung an die AR-Technologie, das Verständnis und die Interpretation der AR-Visualisierungen, das Fehlen bestimmter Funktionen und physische Beschwerden wie Augenbelastung und Unbehagen beim Tragen der AR-Headsets.

Darüber hinaus können AR-Technologien sensible Informationen visualisieren und verbreiten, was Datenschutz- und Sicherheitsbedenken aufwerfen kann. Muff and Fill [2021] und Schreiber et al. [2019] diskutieren die Datenschutz- und Sicherheitsbedenken, die mit der Nutzung von AR-Technologien einhergehen. Beide Studien betonen die Notwendigkeit, geeignete Maßnahmen zum Schutz sensibler Informationen zu implementieren und die Einhaltung der geltenden Datenschutzgesetze und -bestimmungen sicherzustellen. Auch die Kosten stellen oftmals eine Herausforderung dar. Die Implementierung und Wartung von AR-Technologien kann kostspielig sein, was insbesondere für kleinere Unternehmen oder Organisationen mit begrenzten Ressourcen eine Herausforderung darstellen kann. Auch dieser Faktor wird in den Studien unterstützend diskutiert.

Schließlich erfordert die effektive Nutzung von AR-Technologien eine entsprechende Schulung und Unterstützung der Benutzer. Dies kann zusätzliche Zeit und Ressourcen in Anspruch nehmen. Die Studie von Bravo et al. [2021] stützt die Notwendigkeit von Schulungen und Unterstützung für Nutzer im Kontext von AR-Technologien. Sie führten Nutzerstudien durch und stellten fest, dass die Teilnehmer die Möglichkeit schätzten, die Kontrolle über die AR-Visualisierung zu haben und sie nach ihren Wünschen anzupas-

sen. Dennoch betonen die Autoren die Notwendigkeit einer Schulung, da die Teilnehmer anfangs Schwierigkeiten hatten, die AR-Software zu bedienen. Nach einer kurzen Einführung konnten die Teilnehmer die Software jedoch effektiv nutzen. Darüber hinaus wird die Bereitstellung von Unterstützung in Form von Tutorials, Anleitungen und anderen Ressourcen als notwendig erachtet. Die Autoren stellen auch eine Reihe von Design-Prinzipien vor, die dazu beitragen könnten, die Benutzererfahrung zu verbessern, und betonen die Bedeutung des Feedbacks der Nutzer zur Verbesserung der Software.

Um den Nutzen von AR für die Visualisierung von EA-Daten zu maximieren, ist es daher wichtig, diese Herausforderungen und Nachteile zu berücksichtigen und geeignete Strategien zur Bewältigung zu entwickeln.

Die Analyse der ausgewählten Studien hat eine Reihe von Forschungslücken und potenziellen zukünftigen Forschungsrichtungen in Bezug auf die Anwendung von AR in verschiedenen Bereichen aufgezeigt. Es besteht somit Bedarf an weiteren Untersuchungen, um diese Lücken zu schließen und die Anwendung und Wirksamkeit von AR in diesen Bereichen weiter zu verbessern.

In Bezug auf die EA identifizieren mehrere Studien Forschungslücken. Die Studie Rehring et al. [2019b] hebt hervor, dass es an Untersuchungen fehlt, die sich mit der Wahrnehmung und Interpretation von 3D-Visualisierungen in der EA befassen. Ähnlich weist Rehring and Ahlemann [2020] darauf hin, dass es eine relativ geringe Nutzung von EA-Visualisierungen für Entscheidungsfindungen in Organisationen gibt. Muff and Fill [2021] betont, dass es eine Lücke in der Erforschung der Anwendung von AR und VR in der Unternehmensmodellierung gibt.

In Bezug auf zukünftige Forschungsrichtungen schlagen diese Studien vor, die Auswirkungen von 3D-Visualisierungen auf die Entscheidungsfindung im Kontext der EA zu untersuchen, sowie die Anwendung von AR in der Unternehmensmodellierung zu erforschen und zu verstehen, inwieweit eine dreischichtige EA-Visualisierung, die in AR mit einem HMD dargestellt wird, mögliche EA-spezifische Aufgaben unterstützen kann.

Im Kontext von Smart Cities identifiziert die Studie Fernandez et al. [2020] Forschungslücken in Bezug auf die Definition verschiedener Ebenen der Beschreibung und Granularität für effiziente Modelle in spezifischen Situationen und die Verbesserung der Governance, Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit, Interaktionen, Sichtbarkeit, Transparenz, Überwachung und Überprüfung der entsprechenden Dienste. Zukünftige Forschungsrichtungen könnten die Entwicklung von Modellen, die eine kontinuierliche Verbesserung,

Lernen und Innovation ermöglichen, und die Entwicklung von Augmented Landmarks, die als Referenzpunkte in räumlichen oder nicht-räumlichen Domänen dienen können, umfassen.

In Bezug auf die Visualisierung von Softwarearchitekturen und Daten identifizieren die Studien Schreiber et al. [2019] und Bravo et al. [2021] Forschungslücken in Bezug auf die Visualisierung von Softwarearchitekturen in VR und AR und die Gestaltung von hybriden Präsentationen mit Datenvisualisierung in AR. Zukünftige Forschungsrichtungen könnten die Erforschung und Bewertung der Visualisierung von Softwarearchitekturen in VR und AR und der Gestaltung von hybriden Präsentationen mit Datenvisualisierung in AR sowie die Entwicklung von Werkzeugen und Methoden für diese Bereiche umfassen.

Schließlich identifiziert die Studie Rehring et al. [2019a] eine Lücke in der Erforschung der Visualisierung von Unternehmensarchitekturen als Städte und schlägt vor, diese Forschungsrichtung in Zukunft zu erforschen und zu bewerten.

Die vorliegende Arbeit hat sich mit der Anwendung von AR für die Visualisierung von EA auseinandergesetzt. Auf der Grundlage der analysierten Studien lässt sich feststellen, dass AR eine Reihe von Vorteilen für die Visualisierung von EA bietet, darunter eine verbesserte Darstellung und Kommunikation von Daten, ein besseres Verständnis komplexer architektonischer Beziehungen und eine natürlichere Manipulation von Visualisierungen. Diese Vorteile werden durch die Anwendung relevanter Theorien wie der CFT und durch empirische Belege aus der Literatur unterstützt.

In Bezug auf die erste Forschungsfrage, welche Vorteile AR für die Visualisierung von EA bietet, zeigt die Analyse, dass AR die Darstellung und Kommunikation von Daten verbessert, ein besseres Verständnis komplexer architektonischer Beziehungen ermöglicht und eine natürlichere Manipulation von Visualisierungen ermöglicht. Diese Vorteile können dazu beitragen, die Entscheidungsfindung in der EA zu verbessern und die Kommunikation und das Verständnis zwischen verschiedenen Stakeholdern zu verbessern.

In Bezug auf die zweite Forschungsfrage, welche Herausforderungen und Nachteile bei der Implementierung und Nutzung von AR in diesem Kontext zu berücksichtigen sind, zeigt die Analyse, dass es eine Reihe von technischen Herausforderungen gibt, darunter die Notwendigkeit eines hohen Grades an spezialisiertem Wissen und Fähigkeiten, die Kompatibilität mit bestehenden Systemen und die Notwendigkeit einer entsprechenden Schulung und Unterstützung der Benutzer. Darüber hinaus können Datenschutz- und

Sicherheitsbedenken sowie die Kosten für die Implementierung und Wartung von AR-Technologien Herausforderungen darstellen.

Trotz dieser Herausforderungen und Nachteile zeigt die Analyse, dass AR ein großes Potenzial für die Visualisierung von EA bietet und dass weitere Forschung in diesem Bereich erforderlich ist, um dieses Potenzial voll auszuschöpfen. Insbesondere gibt es Forschungslücken in Bezug auf die Wahrnehmung und Interpretation von 3D-Visualisierungen in der EA, die Nutzung von EA-Visualisierungen für Entscheidungsfindungen in Organisationen und die Anwendung von AR in der Unternehmensmodellierung. Zukünftige Forschungsrichtungen könnten die Untersuchung dieser Aspekte sowie die Entwicklung von Modellen und Werkzeugen zur Verbesserung der Anwendung und Wirksamkeit von AR in diesen Bereichen umfassen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass AR ein vielversprechendes Werkzeug für die Visualisierung von EA ist, das eine Reihe von Vorteilen, aber auch Herausforderungen und Nachteile mit sich bringt. Es ist daher wichtig, diese Aspekte bei der Bewertung und Implementierung von AR für die Visualisierung von EA zu berücksichtigen. Mit der richtigen Anwendung und den richtigen Strategien zur Bewältigung der Herausforderungen kann AR jedoch dazu beitragen, die Visualisierung und das Verständnis von EA zu verbessern und so die Entscheidungsfindung und die Kommunikation in Organisationen zu verbessern.

6 Fazit

Diese Arbeit hat eine sich entwickelnde Evidenzbasis identifiziert, die die Nutzung verschiedener Formen von AR-Technologie für die Visualisierung von EA-Daten bewertet. Insgesamt wurden 14 sorgfältig ausgewählte Veröffentlichungen aus den letzten fünf Jahren überprüft. Ziel der Studie war es, Einblicke in die aktuelle Entwicklung, zukünftige Richtungen und Lücken in den gegenwärtigen Ansätzen der Datenvisualisierung mit Augmented Reality in der Enterprise Architecture zu liefern.

Zwei Forschungsfragen wurden entworfen, um die gegenwärtige Landschaft zu analysieren und Antworten zu liefern. Die erste Forschungsfrage, „Welches Potential hat AR für die Visualisierung von EA-Daten?“, führte zur Identifizierung verschiedener Anwendungsfälle und Potenziale von AR in der Darstellung von EA-Daten. Es wurde festgestellt, dass die Visualisierung von EA-Daten und das generelle Verständnis der Verbindung dieser beiden Themenbereiche durch die Nutzung von AR erheblich verbessert wurden.

Um die zweite Forschungsfrage, „Welchen Einfluss hat AR auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten?“ zu beantworten, wurden die Auswirkungen von AR auf die Verbesserung der Kommunikation und Interaktion mit EA-Daten analysiert. Schließlich zeigte sich, dass AR einen erheblichen Einfluss auf die Verbesserung der Darstellung und Kommunikation von EA-Daten hat. Es gibt jedoch noch viele unerforschte Bereiche und Potenziale für zukünftige Forschungen, insbesondere im Hinblick auf die Integration von AR in bestehende EA-Management-Tools und -Praktiken und die Untersuchung der langfristigen Auswirkungen von AR auf die Effektivität der EA-Kommunikation und -Entscheidungsfindung.

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse zeigt der aktuelle Forschungsstand, dass die Technologie noch in den Kinderschuhen steckt und eine robustere Forschung über die größere Population von EA-Datenanwendern erforderlich ist. Diese Übersichtsarbeit hat auch die Notwendigkeit einer klaren und konsistenten Definition von AR hervorgehoben

und betont die Möglichkeiten, AR-Systeme zu entwickeln, die einen beruflichen Schwerpunkt haben, um das Lernen und die Generalisierung von Fähigkeiten zur Verbesserung der Ergebnisse von EA-Datenanwendern zu fördern.

Die Erkenntnisse aus den durchgeführten Analysen wurden gebündelt, um aktuelle Trends, zukünftige Projektionen und Möglichkeiten zu präsentieren. Die Mehrheit der untersuchten AR-Anwendungen wurde speziell für HMDs entwickelt, wobei die Microsoft HoloLens besonders hervorsticht. Dies könnte auf die technologische Reife der HoloLens zurückzuführen sein - oder auf den Mangel an Konkurrenz. Darüber hinaus wurde die HoloLens speziell für Unternehmensanwendungen konzipiert, was sie zu einer idealen Plattform für die Nutzung in der Enterprise Architecture macht.

Schließlich zeigte sich, dass neben den Vorteilen, die AR mit sich bringt, auch eine Breite Riege an Herausforderungen einhergeht. Es gibt viele unerforschte Bereiche und Potenziale für zukünftige Forschungen, insbesondere im Hinblick auf die Integration von AR in bestehende EA-Management-Tools und -Praktiken und die Untersuchung der langfristigen Auswirkungen von AR auf die Effektivität der EA-Kommunikation und -Entscheidungsfindung.

Literaturverzeichnis

- V. Agievich and K. Skripkin. Enterprise architecture migration planning using the matrix of change. *Procedia Computer Science*, 31:231–235, 2014. ISSN 18770509. doi: 10.1016/j.procs.2014.05.264.
- F. Ahlemann, E. Stettiner, M. Messerschmidt, and C. Legner. *Strategic Enterprise Architecture Management: Challenges, Best Practices and Future Developments*. Springer Science & Business Media, 2012.
- H. Al-Kharusi, S. Miskon, and M. Bahari. Research perspective in enterprise architecture. *Proceedings of the 21st Pacific Asia Conference on Information Systems: "Societal Transformation Through IS/IT", PACIS 2017*, 2017.
- I. Apple, Jun 2023. URL <https://www.apple.com/de/newsroom/2023/06/introducing-apple-vision-pro/>. Abruf: 21.07.2023.
- I. Arnold. *Enterprise Architecture Function*. Springer Nature, 2022. doi: 10.1007/978-3-030-84589-6.
- R. T. Azuma. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6:355–385, 1997. ISSN 10547460. doi: 10.1162/pres.1997.6.4.355.
- R. T. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre. Recent advances in augmented reality. *IEEE computer graphics and applications*, 21:34–47, 2001.
- J. Baker, D. Jones, and J. Burkman. Using visual representations of data to enhance sensemaking in data exploration tasks. *Journal of the Association for Information Systems*, 10(7):2, 2009.
- F. Beltrán. Comparing the quality of business decisions supported by alternative visualisation platforms. *International Journal of Simulation–Systems, Science & Technology*, 23(1), 2022.

- S. A. Bernard. *An Introduction to Enterprise Architecture: Third Edition*, volume 1. AuthorHouse, 2012.
- M. Billinghamurst and A. Duenser. Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45: 56–63, 2012.
- D. Birchfield and C. Megowan-Romanowicz. Earth science learning in smallab: A design experiment for mixed reality. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4:403–421, 2009.
- W. F. Boh and D. Yellin. Using enterprise architecture standards in managing information technology. *Journal of Management Information Systems*, 23(3):163–207, 2006.
- A. Bravo, A. M. Maier, and P. J. Cash. Watch that seam! designing hybrid presentations with data visualisation in augmented reality. *International Journal of Design*, 15(2), 2021.
- A. Cairo. *The Functional Art: An introduction to information graphics and visualization*. New Riders, 2012.
- A. Camero and E. Alba. Smart city and information technology: A review. *cities*, 93: 84–94, 2019.
- T. Caudell and D. Mizell. Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In *Hawaii international conference on system sciences*, volume 2, pages 659 – 669 vol.2. ACM SIGCHI Bulletin, 5 1992. ISBN 0-8186-2420-5. doi: 10.1109/HICSS.1992.183317.
- T. Chandler, M. Cordeil, T. Czauderna, T. Dwyer, J. Glowacki, C. Goncu, M. Klappers-tueck, K. Klein, K. Marriott, F. Schreiber, and E. Wilson. Immersive analytics. In *2015 Big Data Visual Analytics (BDVA)*, pages 1–8, 2015. doi: 10.1109/BDVA.2015.7314296.
- A. Chemero. An outline of a theory of affordances. In *How Shall Affordances Be Refined?*, pages 181–195. Routledge, 2018.
- F. D. K. Ching. *ARCHITECTURE - Form, Space & Order*, volume 53. John Wiley & Sons, 2015.
- A. Dirin and T. H. Laine. User experience in mobile augmented reality: emotions, challenges, opportunities and best practices. *Computers*, 7(2):33, 2018.

- P. Drews and I. Schirmer. From enterprise architecture to business ecosystem architecture: Stages and challenges for extending architectures beyond organizational boundaries. In *2014 IEEE 18th International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops and Demonstrations*, pages 13–22. IEEE, 2014. doi: 10.1109/EDOCW.2014.12.
- E. Feess and R. Gillenkirch. Definition: System, 2 2018. URL <https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/system-50117/version-273342>. Abruf: 15.06.2023.
- F. Fernandez, A. Sanchez, J. F. Velez, and B. Moreno. The augmented space of a smart city. In *2020 International Conference on Systems, Signals and Image Processing (IWSSIP)*, pages 465–470. IEEE, 2020.
- A. Fonnet and Y. Prié. Survey of immersive analytics. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(3):2101–2122, 2021. doi: 10.1109/TVCG.2019.2929033.
- J. Fromm, E. Slawinski, and M. Mirbabaie. Affordance-experimentation: Eine fallstudie zur entwicklung von virtual-reality-anwendungsfällen im unternehmenskontext. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 59(1):78–91, 2022.
- F. Gampfer, A. Jürgens, M. Müller, and R. Buchkremer. Past, current and future trends in enterprise architecture—a view beyond the horizon. *Computers in Industry*, 100: 70–84, 9 2018. ISSN 0166-3615. doi: 10.1016/J.COMPIND.2018.03.006.
- I. Gartner. Definition of augmented reality (ar) - gartner information technology glossary. URL <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/augmented-reality-ar>. Abruf: 02.06.2023.
- I. Gartner. Emerging technologies: Emergence cycle for augmented reality, 6 2021a. URL <https://www.gartner.com/en/documents/4002860>. Abruf: 21.06.2023.
- I. Gartner. Definition of enterprise architecture, 2021b. URL [https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/enterprise-architecture-ea#:~:text=Enterprise%20architecture%20\(EA\)%20is%20a,desired%20business%20vision%20and%20outcomes](https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/enterprise-architecture-ea#:~:text=Enterprise%20architecture%20(EA)%20is%20a,desired%20business%20vision%20and%20outcomes). Abruf: 13.05.2023.
- H. Gieselmann. Hololens: Augmented-reality-brille für windows 10, 1 2015. URL <https://www.heise.de/news/HoloLens-Augmented-Reality-Brille-fuer-Windows-10-2525390.html>. Abruf: 27.05.2023.

- B. N. Green, C. D. Johnson, and A. Adams. Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade. *Journal of chiropractic medicine*, 5(3): 101–117, 2006.
- T. O. Group. The togaf standard, 10th edition, 2022. URL <https://pubs.opengroup.org/togaf-standard/>. Abruf: 05.07.2023.
- IEEE. Recommended practice for architectural description of software-intensive systems, ansi/ieee standard 1471-2000,. *IEEE Std 1471-2000*, 2000.
- ISO/IEC/IEEE. Iso/iec/ieee 42010:2022(en) software, systems and enterprise — architecture description, 11 2022. URL <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec-ieee:42010:ed-2:v1:en>. Abruf: 05.07.2023.
- T. Iyamu and L. Mphahlele. The impact of organisational structure on enterprise architecture deployment. *Journal of Systems and Information Technology*, 16, 2014. ISSN 17588847. doi: 10.1108/JSIT-04-2013-0010.
- J. Jung and B. Fraunholz. *Masterclass Enterprise Architecture Management*. Springer, 2021.
- H. Kato and M. Billinghurst. Marker tracking and hmd calibration for a video-based augmented reality conferencing system. In *Proceedings 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR'99)*, pages 85–94. IEEE, 1999.
- P. A. Khosroshahi, M. Hauder, A. W. Schneider, and F. Matthes. Enterprise architecture management pattern catalog - version 2.0. *Sebis, TU München*, 2015.
- P. A. Khosroshahi, M. Hauder, and F. Matthes. Analyzing the evolution and usage of enterprise architecture management patterns. In *AMCIS*, 2016.
- G. Kipper and J. Rampolla. *Augmented reality: An emerging technologies guide to AR*. Elsevier, 2012.
- S. Kotusev, M. Singh, and I. Storey. Investigating the usage of enterprise architecture artifacts. In *Proceedings of the 23rd European Conference on Information Systems (ECIS 2015)*, pages 1–12. Association for Information Systems (AIS), 2015.
- M. W. Krueger. *Artificial reality*. Longman Higher Education, 1983. ISBN 10: 0201047659 ISBN 13: 9780201047653.

- B. M. Kyaw, N. Saxena, P. Posadzki, J. Vseteckova, C. K. Nikolaou, P. P. George, U. Divakar, I. Masiello, A. A. Kononowicz, N. Zary, et al. Virtual reality for health professions education: systematic review and meta-analysis by the digital health education collaboration. *Journal of medical Internet research*, 21:e12959, 2019.
- G. Lakoff, M. Johnson, and J. F. Sowa. Review of philosophy in the flesh: The embodied mind and its challenge to western thought. *Computational Linguistics*, 25(4):631–634, 1999.
- F. Lamberti, F. Manuri, A. Sanna, G. Paravati, P. Pezzolla, and P. Montuschi. Challenges, opportunities, and future trends of emerging techniques for augmented reality-based maintenance. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing*, 2, 2014. ISSN 21686750. doi: 10.1109/TETC.2014.2368833.
- M. O. L. Land, E. Proper, M. Waage, J. Cloo, and C. Steghuis. Enterprise architecture: Creating value by informed governance. *Springer*, 2009. ISSN 1098-6596.
- M. M. Lankhorst, editor. *Enterprise Architecture at Work - Modelling, Communication and Analysis, Fourth Edition*. Springer, 2017. ISBN 978-3-662-53932-3. doi: 10.1007/978-3-662-53933-0. URL <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53933-0>. Abruf: 05.07.2023.
- J. H. Lee, M. G. Hancock, and M.-C. Hu. Towards an effective framework for building smart cities: Lessons from seoul and san francisco. *Technological Forecasting and Social Change*, 89:80–99, 2014.
- K. Lee. Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56:13–21, 2012.
- S. Mann. Wearable computing: Toward humanistic intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 16:10–15, 2001.
- K. Marriott, F. Schreiber, T. Dwyer, K. Klein, N. H. Riche, T. Itoh, W. Stuerzlinger, and B. H. Thomas. *Immersive analytics*, volume 11190. Springer, 2018.
- E. McLaughlin. What is snapchat?: Definition from techtargget, 4 2023. URL <https://www.techtargget.com/searchmobilecomputing/definition/Snapchat> [Abruf:21.06.2023]. Abruf: 05.07.2023.
- A. Meola, F. Cutolo, M. Carbone, F. Cagnazzo, M. Ferrari, and V. Ferrari. Augmented reality in neurosurgery: a systematic review. *Neurosurgical review*, 40:537–548, 2017.

- P. Milgram and F. Kishino. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, 77:1321–1329, 1994.
- P. Mistry and P. Maes. Sixthsense: a wearable gestural interface. *the Proceedings of SIGGRAPH Asia 2009*, pages 85–85, 2009.
- F. Muff and H.-G. Fill. Initial concepts for augmented and virtual reality-based enterprise modeling. In *ER Demos/Posters*, pages 49–54, 2021.
- A. Y. C. Nee and S. K. Ong. *Springer Handbook of Augmented Reality*. Springer Nature, 2023.
- S. Nellis. Google, apple face off over augmented reality technology, 8 2017. URL <https://www.reuters.com/article/us-google-apple-idUSKCN1BA001>. Abruf: 21.06.2023.
- R. Oberhauser and C. Pogolski. Vr-ea: Virtual reality visualization of enterprise architecture models with archimate and bpmn. In *Business Modeling and Software Design: 9th International Symposium, BMSD 2019, Lisbon, Portugal, July 1–3, 2019, Proceedings 9*, pages 170–187. Springer, 2019.
- R. Oberhauser, C. Pogolski, and A. Matic. Vr-bpmn: Visualizing bpmn models in virtual reality. In *Business Modeling and Software Design: 8th International Symposium, BMSD 2018, Vienna, Austria, July 2-4, 2018, Proceedings 8*, pages 83–97. Springer, 2018.
- R. Oberhauser, P. Sousa, and F. Michel. Vr-eat: visualization of enterprise architecture tool diagrams in virtual reality. In *Business Modeling and Software Design: 10th International Symposium, BMSD 2020, Berlin, Germany, July 6-8, 2020, Proceedings 10*, pages 221–239. Springer, 2020.
- R. Oberhauser, M. Baehre, and P. Sousa. Vr-ea+ tck: Visualizing enterprise architecture, content, and knowledge in virtual reality. In *International Symposium on Business Modeling and Software Design*, pages 122–140. Springer, 2022.
- R. Oberhauser, M. Baehre, and P. Sousa. Vr-evoea+ bp: Using virtual reality to visualize enterprise context dynamics related to enterprise evolution and business processes. In *International Symposium on Business Modeling and Software Design*, pages 110–128. Springer, 2023.
- J. L. Plass, S. Kalyuga, and D. Leutner. Individual differences and cognitive load theory. In *Cognitive Load Theory*, pages 65–88. Cambridge University Press, 2010.

- M.-D. Pop and O. Proștean. A comparison between smart city approaches in road traffic management. *Procedia-social and behavioral sciences*, 238:29–36, 2018.
- J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, 147:103778, 2020.
- K. Rehring and F. Ahlemann. Evaluating the user experience of an augmented reality prototype for enterprise architecture. In *Wirtschaftsinformatik (Zentrale Tracks)*, pages 909–924, 2020.
- K. Rehring, D. Hoffmann, and F. Ahlemann. Put your glasses on: Conceptualizing affordances of mixed and virtual reality for enterprise architecture management. In *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik*, 2018.
- K. Rehring, T. Brée, J. Gulden, and L. Bredenfeld. Conceptualizing ea cities: towards visualizing enterprise architectures as cities. In *ECIS*, 2019a.
- K. Rehring, M. Greulich, L. Bredenfeld, and F. Ahlemann. Let’s get in touch-decision making about enterprise architecture using 3d visualization in augmented reality. 2019b.
- K.-F. Richter and S. Winter. Giscience for intelligent services, 2014.
- G. Riva, R. M. Baños, C. Botella, F. Mantovani, and A. Gaggioli. Transforming experience: the potential of augmented reality and virtual reality for enhancing personal and clinical change. *Frontiers in psychiatry*, 7:164, 2016.
- J. W. Ross, P. Weill, and D. Robertson. Define your operating model. *Enterprise architecture as strategy : creating a foundation for business execution*, 2006.
- S. Roth, M. Zec, and F. Matthes. *Enterprise Architecture Visualization Tool Survey 2014*. epubli GmbH, 2014.
- K. Sandkuhl, H.-G. Fill, S. Hoppenbrouwers, J. Krogstie, F. Matthes, A. Opdahl, G. Schwabe, Ö. Uludag, and R. Winter. From expert discipline to common practice: a vision and research agenda for extending the reach of enterprise modeling. *Business & Information Systems Engineering*, 60:69–80, 2018.
- J. Schekkerman. *How to Survive in the Jungle of Enterprise Architecture Frameworks: Creating or Choosing an Enterprise Architecture Framework*, volume 480017. Trafford Publishing, 2006.

- D. Schmalstieg and T. Hollerer. *Augmented reality: principles and practice*. Addison-Wesley Professional, 2016.
- A. Schreiber, L. Nafeie, A. Baranowski, P. Seipel, and M. Misiak. Visualization of software architectures in virtual reality and augmented reality. In *2019 IEEE Aerospace Conference*, pages 1–12. IEEE, 2019.
- D. Simon, K. Fischbach, and D. Schoder. Enterprise architecture management and its role in corporate strategic management. *Information Systems and e-Business Management*, 12:5–42, 2014.
- P. Sousa, R. Leal, and A. Sampaio. Atlas: the enterprise cartography tool. In *18th Enterprise Engineering Working Conference Forum*, volume 2229, 2018.
- F. Sparacino, C. Wren, A. Azarbayejani, and A. Pentland. Browsing 3-d spaces with 3-d vision: body-driven navigation through the internet city. In *3D Data Processing Visualization and Transmission, International Symposium on*, pages 224–224. IEEE Computer Society, 2002.
- K. Stendal, D. Thapa, and A. Lanamäki. Analyzing the concept of affordances in information systems. In *2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)*, pages 5270–5277. IEEE, 2016.
- I. E. Sutherland. A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*, pages 757–764. Association for Computing Machinery, 1968. ISBN 9781450378994. doi: 10.1145/1476589.1476686. URL <https://doi.org/10.1145/1476589.1476686>. Abruf: 05.05.2023.
- E. Tiemeyer. *Handbuch IT-Management: Konzepte, Methoden, Lösungen und Arbeitshilfen für die Praxis, 4. Auflage*. Carl Hanser Verlag, 4 edition, 2011. ISBN 3446427511; 9783446427518 ; 9783446430488 ; 3446430482.
- I. Vessey. Cognitive fit: A theory-based analysis of the graphs versus tables literature. *Decision sciences*, 22(2):219–240, 1991.
- A. Vigkos, M. Kulesza, L. Turturro, D. Bevacqua, and A. Pauer. Xr and its potential for europe, Jul 2021. URL <https://xra.org/research/xr-and-its-potential-for-europe/>. Abruf: 05.07.2023.
- C. Ware. *Information visualization: perception for design*. Morgan Kaufmann, 2019.

- S. Weiss, S. Aier, and R. Winter. Institutionalization and the effectiveness of enterprise architecture management. 2013.
- R. Wettel and M. Lanza. Visualizing software systems as cities. In *2007 4th IEEE International Workshop on Visualizing Software for Understanding and Analysis*, pages 92–99. IEEE, 2007.
- R. Winter and R. Fischer. Essential layers, artifacts, and dependencies of enterprise architecture. In *2006 10th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops (EDOCW'06)*, pages 30–30. IEEE, 2006. doi: 10.1109/EDOCW.2006.33.
- L. Yu, S.-K. Ong, and A. Y. Nee. A tracking solution for mobile augmented reality based on sensor-aided marker-less tracking and panoramic mapping. *Multimedia Tools and Applications*, 75:3199–3220, 2016.
- J. Zenisek, N. Wild, and J. Wolfartsberger. Investigating the potential of smart manufacturing technologies. *Procedia computer science*, 180:507–516, 2021.
- J. Ziemann. *Fundamentals of Enterprise Architecture Management - Foundations for Steering the Enterprise-Wide Digital System, 2*. Springer, 2022. ISBN 978-3-030-96733-8. doi: 10.1007/978-3-030-96734-5. URL <https://doi.org/10.1007/978-3-030-96734-5>. Abruf: 05.07.2023.

A Anhang

Paper	Forschungsansatz	Hypothese	Visualisierung
Rehring et al. ((2018))	qualitativ / Konzept	MR und VR verbessern die Interaktion mit EA-Artefakten und optimieren so die Entscheidungsfindung.	MR & VR
Oberhauser et al. ((2018))	Design Science Research	VR steigert die Effektivität, Effizienz und Intuitivität bei der Interaktion und dem Verständnis von BPMN-Modellen	VR
Rehring et al. ((2019b))	Design Science Research	EA verbessert das Verständnis der Entscheidungsträger für EAs und die damit verbundenen Problemlösungsprozesse	AR
Schreiber et al. ((2019))	Design Science Research	VR und AR verbessern das Verständnis von Softwarearchitekturen durch vereinfachte Visualisierung ihrer Komplexität.	AR & VR
Oberhauser and Pogolski ((2019))	Design Science Research	Visualisierung von BPMN- und Archimate-Modellen in VR	VR
Rehring et al. ((2019a))	Design Science Research	Die Stadtmetapher ist geeignet, um alle Schichten von EAs darzustellen	-
Fernandez et al. ((2020))	Design Science Research	Ein hybrides Modell, das AR für Smart Cities integriert, ermöglicht die Verwaltung und Integration verschiedener Arten von Daten und verbessert die Governance und Kontrolle der entsprechenden Stadtdienste	AR
Rehring and Ahlemann ((2020))	Design Science Research	AR vereinfacht die EA-Datenanalyse und fördert deren Nutzung in Entscheidungsprozessen	AR
Oberhauser et al. ((2020))	Design Science Research	VR verbessert die Fähigkeiten von EA-Tools und ermöglicht tiefere Einblicke	VR
Bravo et al. ((2021))	Research through Design	AR verbessert die Datenvisualisierung und -kommunikation, indem es eine immersive und interaktive Umgebung bietet	AR
Muff and Fill ((2021))	Design Science Research	AR und VR verankern Unternehmensmodelle im Arbeitsalltag und passen sie an den Benutzerkontext an, was die Modellierung verbessert.	AR & VR
Beltrán ((2022))	Design Science Research	immersive Visualisierungswerkzeuge können 2D-Flachbildschirm-Visualisierungen überlegen sein	AR & VR
Oberhauser et al. ((2022))	Design Science Research	VR-Visualisierung verbessert Interaktion und Verständnis von EA-Daten und fördert die Beteiligung verschiedener Stakeholder	VR
Oberhauser et al. ((2023))	Design Science Research	Die grenzenlose Raumkapazität von VR ermöglicht die gleichzeitige Visualisierung komplexer EA-Modelle und ihrer Beziehungen.	VR

Tabelle A.1: verwendete Literatur

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung einer Abschlussarbeit

Gemäß der Allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung ist zusammen mit der Abschlussarbeit eine schriftliche Erklärung abzugeben, in der der Studierende bestätigt, dass die Abschlussarbeit „— bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit [(§ 18 Abs. 1 APSO-TI-BM bzw. § 21 Abs. 1 APSO-INGI)] — ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt wurden. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich zu machen.“

Quelle: § 16 Abs. 5 APSO-TI-BM bzw. § 15 Abs. 6 APSO-INGI

Erklärung zur selbstständigen Bearbeitung der Arbeit

Hiermit versichere ich,

Name: _____

Vorname: _____

dass ich die vorliegende Masterthesis – bzw. bei einer Gruppenarbeit die entsprechend gekennzeichneten Teile der Arbeit – mit dem Thema:

Augmented Reality in der Enterprise Architecture: Potenziale und Einflüsse von AR-Visualisierung auf die Darstellung und Kommunikation von EA-Daten

ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quellen kenntlich gemacht.

Ort

Datum

Unterschrift im Original