

XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft – Wie gelingt die erfolgreiche Einführung im Unternehmen?

Master Thesis zur Erlangung des akademischen Grades
“Master of Business Administration”

eingereicht bei
FH-Prof. DI Dr. Walter Mayrhofer

Dipl.-Ing. Andrija Goranović

01225182

Eidesstattliche Erklärung

Ich, **DIPL.-ING. ANDRIJA GORANOVIĆ**, versichere hiermit

1. dass ich die vorliegende Master These, "XR-ANWENDUNGEN IN DER ELEKTRIZITÄTSWIRTSCHAFT – WIE GELINGT DIE ERFOLGREICHE EINFÜHRUNG IM UNTERNEHMEN?", 79 Seiten, gebunden, selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfen bedient habe, und
2. dass ich diese Master These bisher weder im Inland noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Wien, 15.08.2023

Unterschrift

Vorwort

Ein besonderer Dank gebührt FH-Prof. DI Dr. Walter Mayrhofer. Seine kompetente Betreuung und sein wertvolles Feedback haben wesentlich zu dieser Masterthese beigetragen. Die wertvollen Momente und tiefgehenden Gespräche während des Studiums haben den Weg für diese Masterthese geebnet. Ein großer Dank an meine Mitstudierenden und das Team der TU Wien Academy for Continuing Education.

Meinen Eltern danke ich von ganzem Herzen für ihre Liebe und Unterstützung, die sie mir tagtäglich entgegenbringen, und mich ermutigen meine Ziele und Träume zu verfolgen. Ihr Glaube an mich inspiriert mich. Ein herzlicher Dank geht an meine Schwester, die stets an meiner Seite war, mit konstruktivem Feedback und kontinuierlicher Unterstützung. Schließlich gebührt meiner Freundin tiefste Dankbarkeit. Neben ihrem scharfen Auge beim Korrekturlesen hat sie mit ihrem konstruktiven Input viele Aspekte dieser Arbeit bereichert und war zugleich eine unermüdliche Quelle der Motivation.

Danke an alle – diese Arbeit trägt nicht nur meine Handschrift, sondern auch den Einfluss jedes Einzelnen von Ihnen.

*„Es ist nicht genug, zu wissen, man muss auch anwenden;
es ist nicht genug, zu wollen, man muss auch tun.“*

– Johann Wolfgang von Goethe
(Werk: Wilhelm Meisters Wanderjahre)

Kurzfassung

Diese Masterthese untersucht die Adoption von Extended Reality (XR) Technologien in der Elektrizitätswirtschaft. Der Schwerpunkt liegt auf der Identifizierung und Kategorisierung von Einflussfaktoren auf die Technologieadoption ausgehend vom Technology-Organization-Environment Framework. Die zentralen Forschungsfragen sind:

- Welche Arten von XR-Anwendungen existieren für die Elektrizitätswirtschaft?
- Welche Adoptionsfaktoren beeinflussen die Einführung dieser XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft?
- Wie können Manager_innen und Entscheidungsträger_innen bei der XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft Chancen nutzen und Herausforderungen überwinden?

Die Forschungsfragen werden mittels Literaturrecherche und Interviews mit Manager_innen und Entscheidungsträger_innen der Elektrizitätswirtschaft beantwortet. Anhand einer Literaturrecherche werden sechs Anwendungsbereiche für XR-Technologien in der Elektrizitätswirtschaft definiert. Die betrachteten Anwendungsbereiche sind Training, operative Unterstützung, Remote-Kollaboration, Sicherheits- und Risikomanagement, Entwurf und Planung sowie Stakeholdereinbindung. Basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche, welche durch die Erkenntnisse aus den Interviews ergänzt werden, konnten siebzehn Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption identifiziert werden. Diese sind unterteilt in technologische (z. B. relative Vorteile, Technologiereife), organisationale (z. B. Organisationsbereitschaft, Managementsupport), und externe Einflussfaktoren (z. B. externe Unterstützung, regulatorisches Umfeld). Resultierend daraus konnte festgestellt werden, dass der Einfluss bestimmter Adoptionsfaktoren in der Literatur divergent zur Praxis eingeschätzt wird. Dies kann auf die Besonderheiten der Elektrizitätswirtschaft zurückgeführt werden, welche in der Literatur in diesem Kontext nicht ausreichend erforscht wurden.

Zusammenfassend bietet die Masterthese einen detaillierten Überblick über Anwendungen und Adoptionsfaktoren von XR-Technologien in der Elektrizitätswirtschaft sowie konkrete Empfehlungen zur Nutzung von Chancen und Überwindung von Herausforderungen bei der Einführung von XR-Technologien für Manager_innen und Entscheidungsträger_innen in ihren Unternehmen. Diese Masterthese liefert damit einen wertvollen Beitrag in Erweiterung bestehender Erkenntnisse aus der Literatur sowie praktische Einblicke und Empfehlungen zur Technologieadoption in der Industrie.

Abstract

This master thesis investigates the adoption of extended reality (XR) technologies in the electric utility industry. The focus lies on identifying and categorizing factors influencing technology adoption based on the Technology-Organization-Environment framework. The key research questions are:

- What types of XR applications exist for the electric utility industry?
- What factors influence the adoption of these XR applications in the electric utility industry?
- How can managers and decision-makers take advantage of opportunities and overcome challenges in the adoption of XR technologies?

The research questions are answered through a literature review and interviews with managers and decision makers in the electric utility industry. First, a literature review is used to define six application areas for XR technologies in the electric utility industry. Those application areas are training, operational support, remote collaboration, safety and risk management, design and planning, and stakeholder engagement. Based on the results of the literature review, which are complemented by the findings from the interviews, seventeen factors influencing XR technology adoption could be identified. These are divided into technological (e.g. relative advantages, technology readiness), organizational (e.g. organizational readiness, management support), and external influencing factors (e.g. external support, regulatory environment). As a result, it was found that the influence of certain adoption factors is estimated in the literature divergently from practice. This can be attributed to the specifics of the electric utility industry, which have not been adequately explored in the literature in this context.

In summary, the master thesis provides a detailed overview of the applications and adoption factors of XR technologies in the electric utility industry as well as specific recommendations for managers and decision makers to exploit opportunities and overcome challenges in the introduction of XR technologies in their companies. This master thesis thus provides a valuable contribution to the extension of existing knowledge from the literature on technology adoption in the industry as well as practical insights and recommendations.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	I
Kurzfassung	II
Abstract	III
Inhaltsverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Forschungsfragen und Forschungsziele.....	2
1.3 Aufbau.....	2
2 Extended Reality	4
2.1 Begriffsdefinition.....	4
2.2 Arten von Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft.....	6
2.3 Anwendungen in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft.....	9
2.3.1 Wien Energie GmbH – AR-Unterstützung in Kraftwerken.....	9
2.3.2 Burgenland Energie AG – Inspektion von Windturbinen mit AR... 10	10
2.3.3 Salzburg AG – Spielerische Wissensvermittlung mit AR..... 11	11
2.3.4 Verbund AG – XR-Anwendungen in Wasserkraftanlagen..... 12	12
2.3.5 Kärnten Netz GmbH – AR-Unterstützung im Netzbetrieb..... 12	12
2.3.6 Energie Steiermark AG – AR-Anwendungen für E-Ladestationen14	14
2.3.7 Austrian Power Grid AG – Inspektion von Strommasten mit VR .. 14	14
3 Technologieadoption	15
3.1 Ansätze zur Untersuchung der Technologieadoption.....	15
3.1.1 Technologieakzeptanzmodell.....	15
3.1.2 Diffusionstheorie nach Rogers.....	18
3.1.3 Unified Theory of Acceptance and Use of Technology.....	19
3.1.4 Technology-Organization-Environment Framework.....	21
3.1.5 Vergleich der vorgestellten Ansätze.....	22

3.2	Einflussfaktoren auf die Adoption von XR-Technologien	22
3.2.1	Technologische Einflussfaktoren	23
3.2.2	Organisationale Einflussfaktoren	24
3.2.3	Externe Einflussfaktoren	27
4	Methodologie	29
4.1	Schneeballverfahren als Stichprobenverfahren	29
4.2	Semi-strukturierte Interviews als Datenerhebungsmethode	30
4.3	Thematische Analyse nach Braun und Clarke zur Datenanalyse	31
5	Ergebnisse	33
5.1	Technologische Einflussfaktoren	33
5.2	Organisationale Einflussfaktoren	38
5.3	Externe Einflussfaktoren	42
6	Diskussion	46
6.1	Arten von XR-Anwendungen für die Elektrizitätswirtschaft	46
6.2	XR-Technologieadoptionfaktoren in der Elektrizitätswirtschaft	47
6.2.1	Technologische Einflussfaktoren	48
6.2.2	Organisationale Einflussfaktoren	52
6.2.3	Externe Einflussfaktoren	55
6.3	Empfehlungen zur XR-Technologieadoption	57
7	Fazit	59
	Literaturverzeichnis	63
	Tabellenverzeichnis	69
	Abbildungsverzeichnis	70
	Anhang	71

1 Einleitung

In diesem Kapitel wird zunächst die der Motivation zugrundeliegende Problemstellung dieser Masterthese vorgestellt. Anschließend werden die sich daraus ergebenden Forschungsfragen und Forschungsziele beschrieben. Abgeschlossen wird dieses Kapitel mit einer Übersicht des Aufbaus dieser Masterthese.

1.1 Problemstellung

Am 18. Oktober 2022 stellte die Europäische Kommission den EU-Aktionsplan für die Digitalisierung des Energiesystems vor. Als übergeordnete Ziele des Aktionsplans werden die Beendigung der Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen aus Russland, die Bewältigung der Klimakrise und die Sicherstellung des Zugangs zu bezahlbarer Energie für alle angeführt. Um diese Ziele zu erreichen, ist ein tiefgreifender digitaler und nachhaltiger Wandel des Energiesystems zu einem intelligenteren und interaktiveren erforderlich. Ein zentraler Aspekt des Aktionsplans sind digitale Technologien wie Internet-of-Things und Smart Meter, die eine wichtige Rolle als Enabler für verschiedene Anwendungen im Rahmen der digitalen Transformation des Energiesystems einnehmen. Dabei sollen allein für das Verteilnetz zwischen 2020 und 2030 rund 170 Milliarden Euro in dessen Digitalisierung einfließen (Europäische Kommission, 2022).

Ein österreichisches Beispiel für die Relevanz digitaler Technologien in der Elektrizitätswirtschaft ist die technologische Partnerschaft der Verbund AG mit Microsoft, in deren Fokus die Identifizierung innovativer und nachhaltiger Lösungen für die Elektrizitätswirtschaft steht. Dabei berücksichtigte Technologien sind Cloud Computing, künstliche Intelligenz, Internet-of-Things, Big Data und Mixed Reality (Microsoft, 2022).

Mixed Reality (MR) wird zusammen mit Virtual (VR) und Augmented Reality (AR) unter dem Begriff Extended Reality (XR) zusammengefasst. Das Wissen über verfügbare XR-Technologien und mögliche Anwendungen ist essenziell für Manager_innen und Entscheidungsträger_innen bei der Entscheidung, ob sie XR-Technologien in ihren Unternehmen einführen sollen. Die erfolgreiche Einführung hängt von einer Reihe von Einflussfaktoren wie der Technologiereife ab, jedoch ist aktuell die XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft kaum erforscht. Das Verständnis der Einflussfaktoren auf die Adoption dieser Technologien in der Elektrizitätswirtschaft als

auch der damit verbundenen Chancen sowie Herausforderungen kann Manager_innen und Entscheidungsträger_innen helfen, fundiertere Entscheidungen darüber zu treffen, ob und wie sie XR-Technologien in ihren Unternehmen einführen sollen.

1.2 Forschungsfragen und Forschungsziele

Aus dem vorangegangenen Problemanriss ergeben sich folgende Forschungsfragen, die in dieser Masterthese beantwortet werden sollen:

1. Welche Arten von XR-Anwendungen existieren für die Elektrizitätswirtschaft?
2. Welche Adoptionsfaktoren beeinflussen die Einführung dieser XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft?
3. Wie können Manager_innen und Entscheidungsträger_innen bei der XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft Chancen nutzen und Herausforderungen überwinden?

Abgeleitet von den Forschungsfragen werden folgende Forschungsziele mit dieser Masterthese verfolgt:

1. Die Identifizierung und Analyse von XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft,
2. die Identifizierung und Evaluierung relevanter Einflussfaktoren bei der Einführung dieser, und
3. die Erstellung von Empfehlungen für Manager_innen und Entscheidungsträger_innen der Elektrizitätswirtschaft für die erfolgreiche Einführung von XR-Technologien.

1.3 Aufbau

Diese Masterthese ist in sieben Kapitel gegliedert. Im Anschluss an Kapitel 1, d. h. die Einleitung, wird in Kapitel 2 ein Überblick zu Extended Reality und deren Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft gegeben. Kapitel 3 behandelt theoretische Ansätze zur Untersuchung der Technologieadoption wie das angewandte Technology-Organization-Environment Framework und die in der Literatur identifizierten potenziellen Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption. Die in der empirischen Untersuchung angewandte Methodik wird in Kapitel 4 beschrieben, einschließlich des gewählten Samplingverfahrens, semi-strukturierter Interviews als Datenerhebungsmethode und der thematischen Analyse als Datenanalysemethode. Die Ergebnisse des empirischen Teils, d. h. der thematischen Analyse der Interviews mit Manager_innen

und Entscheidungsträger_innen der Elektrizitätswirtschaft zur Adoption von XR-Technologien, werden in Kapitel 5 vorgestellt. Diese Ergebnisse werden in Kapitel 6 bezugnehmend auf die Erkenntnisse aus der Literatur diskutiert und die Forschungsfragen beantwortet. Abschließend wird in Kapitel 7 ein zusammenfassendes Fazit zur Masterthese und der XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft gegeben.

2 Extended Reality

Im Fokus dieses Kapitels steht Extended Reality (XR), welcher ein Sammelbegriff für die Technologien Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und Mixed Reality (MR) ist. In diesem Kapitel werden zunächst die gebräuchlichsten Begriffsdefinitionen und Arten von XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft vorgestellt. Abschließend werden XR-Anwendungen präsentiert, die in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft eingesetzt oder in Pilotprojekten evaluiert werden oder wurden.

2.1 Begriffsdefinition

Milgram und Kishino stellten 1994 das Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Reality-Virtuality-Continuum) vor, das in Abbildung 1 dargestellt ist. An den Enden des Realitäts-Virtualitäts-Kontinuums befinden sich die reale Umgebung (Real Environment, RE) und die virtuelle Umgebung (Virtual Environment, VE). Während die reale Umgebung nicht modelliert ist und aus realen Objekten besteht, ist die virtuelle Umgebung modelliert und besteht nur aus virtuellen Objekten. Die virtuelle Umgebung wird auch als virtuelle Realität (Virtual Reality, VR) bezeichnet. Zwischen realer und virtueller Umgebung liegt die gemischte Realität (Mixed Reality, MR), die sich weiter in die erweiterte Realität (Augmented Reality, AR) und die erweiterte Virtualität (Augmented Virtuality, AV) unterteilen lässt. Diese Stufen kombinieren die reale und die virtuelle Umgebung, unterscheiden sich aber hinsichtlich der Dominanz der jeweiligen Umgebung. Bei Augmented Reality wird die reale Umgebung durch virtuelle Objekte erweitert, bei Augmented Virtuality hingegen wird die virtuelle Umgebung durch reale Daten ergänzt (Milgram & Kishino, 1994).

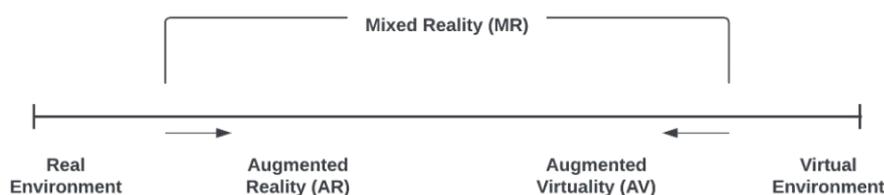


Abbildung 1: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram & Kishino, 1994)

Für ein Augmented Reality System definieren Azuma et al. drei zusätzliche Eigenschaften, ohne sich auf eine bestimmte Anzeigetechnologie oder eine bestimmte Anwendung festzulegen (Azuma, 1997; Azuma et al., 2001):

- Kombiniert reale und virtuelle Objekte in einer realen Umgebung.
- Läuft interaktiv und in Echtzeit.
- Setzt reale und virtuelle Objekte zueinander in Beziehung.

Laut Azuma et al. sind die zugrundeliegenden Technologien (Azuma et al., 2001):

- Displays, z. B. Head-Mounted Displays, Hand-Held Displays und Projektionsdisplays
- Tracking-Sensoren und -Geräte
- Kalibrierung und Autokalibrierung

Besonders der Begriff Mixed Reality wird je nach Kontext unterschiedlich definiert und verwendet. Während die Definition von Mixed Reality laut dem Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum die meistverwendete Definition ist, ist diese nicht allgemeingültig. Kritisiert wird v. a., dass der Fokus der damaligen Forschung auf visuellen Displays lag und sich die technologischen Möglichkeiten und Entwurfsverfahren seit damals wesentlich weiterentwickelt haben. Nach Speicher et al. sind die gängigsten Definitionen für Mixed Reality (Speicher et al., 2019):

1. Kontinuum: Als Definition für Mixed Reality wird die Definition laut dem Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum von Milgram verwendet.
2. Synonym: Oftmals wird Mixed Reality als Synonym für Augmented Reality verwendet.
3. Kollaboration: Mixed Reality wird definiert als Kollaborationstyp, d. h. die Interaktion zwischen Anwender_innen von Virtual und Augment Reality Anwendungen, die räumlich voneinander getrennt sind, stehen im Vordergrund.
4. Kombination: Definiert wird Mixed Reality als Kombination von Virtual und Augmented Reality.
5. Synchronisation: Als Synchronisation einer realen und virtuellen Umgebung wird Mixed Reality verstanden, jedoch müssen diese nicht unbedingt Virtual und Augmented Reality sein.
6. Strong AR: Mixed Reality wird als ein ausgeprägteres Augmented Reality verstanden, das ein evidentes Verständnis für die Umgebung und die Interaktionen mit virtuellen Objekten in den Mittelpunkt stellt.

Hoenig et al. argumentieren, dass bei Mixed Reality im Gegensatz zu Milgrams Definition weder die reale noch die virtuelle Umgebung dominiert, sondern ein gemeinsamer Raum entsteht, in dem physische und virtuelle Objekte interagieren. Basierend auf Azumas Definition von Augmented Reality definieren Hoenig et al. folgende Eigenschaften für ein Mixed Reality System (Hoenig et al., 2015):

- Verbindet physische Objekte mindestens einer physischen Umgebung und virtuelle Objekte mindestens einer virtuellen Umgebung miteinander.

TU Wien MBA

- Läuft interaktiv bzw. in Echtzeit.
- Bildet physische und virtuelle Objekte räumlich zueinander ab.

Trotz der unterschiedlichen Definitionen von Mixed Reality weisen Parveau und Adda darauf hin, dass diese die folgenden Aspekte gemein haben (Parveau & Adda, 2018):

- Virtuelle Objekte werden in die reale Umgebung integriert.
- Virtuelle Objekte dienen nicht nur zur Augmentation, sondern sind eigenständige Objekte, die mit realen Objekten interagieren.
- Die Benutzungserfahrung wird durch die Anreicherung der Umgebung verbessert.

Des Weiteren führen Parveau und Adda eine neue Klassifizierungsmethode namens 3iVClass für die Definition von Virtual, Augmented und Mixed Reality anhand von drei Kriterien ein: Immersion, Interaktion und Information. Basierend auf 3iVClass definieren sie Mixed Reality wie folgt:

Mixed reality is a paradigm that combines technologies that, by mapping the user's space, display 3D-embedded virtual content registered in space and time. Virtual objects can be positioned relative to the real environment, the user, or any other virtual or physical object. In addition, the mixed reality experience must be user-centered and offer natural and immediate interactions.
(Parveau & Adda, 2018: 269)

2.2 Arten von Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft

In der Elektrizitätswirtschaft werden XR-Technologien in folgenden sechs Anwendungskategorien eingesetzt: Training, operative Unterstützung, Remote-Kollaboration, Sicherheits- und Risikomanagement, Entwurf und Planung sowie Stakeholder-einbindung. Diese Anwendungskategorien werden im Folgenden beschrieben.

Training: Durch den Einsatz von XR-Technologien können Mitarbeiter_innen immersiv und interaktiv geschult werden. Die Mitarbeiter_innen können in einer sicheren und kontrollierten Umgebung realitätsnah trainieren und direkt mit dem Inhalt interagieren (Hecker et al., 2021; Martino et al., 2017; Tanaka et al., 2017). Dies ist insbesondere vorteilhaft für Situationen, in denen das Training in der realen Umgebung gefährlich, unpraktisch oder teuer wäre. Die Trainings können nahezu ortsunabhängig und simultan von mehreren Mitarbeiter_innen durchgeführt werden. Trainer_innen und Vorgesetzte können remote in das Training eingebunden werden, um zusätzliche

Unterstützung zu bieten oder das Training zu beobachten. Das Training mit XR-Technologien bietet Vorteile hinsichtlich der Effizienz, der Kosten und der Sicherheit bei der Schulung von Mitarbeiter_innen (Arendarski et al., 2008; Kamińska et al., 2019; Opriş et al., 2017).

Operative Unterstützung: Der Einsatz von XR-Technologien kann Mitarbeiter_innen sowohl im Außendienst als auch in Kontrollzentren bei der Ausführung ihrer Aktivitäten, z. B. der Wartung, Inspektion, Überwachung und Installation, unterstützen. Die operative Unterstützung mit XR-Technologien ermöglicht nicht nur, Probleme schneller zu identifizieren und Fehler zu reduzieren, sondern erhöht auch die Effizienz und verringert die Komplexität der Durchführung dieser Aktivitäten. Mögliche Anwendungen sind:

- Vorbereitung: Visualisierungen und Simulationen ermöglichen es den Mitarbeiter_innen, sich vorab auf durchzuführende Aufgaben und damit einhergehende Situationen vorzubereiten (Cordonnier et al., 2017).
- Navigation: XR-Technologien können die Mitarbeiter_innen zum richtigen Einsatzort, z. B. zur wartenden Anlage, navigieren (Schmaranz et al., 2019).
- Zusatzinformation: Kontextbezogene Informationen können in Echtzeit bereitgestellt und auch über reale Objekte gelegt werden, was u. a. die Anzeige von Anweisungen, Diagrammen, Sensordaten und Warnhinweisen einschließt. Die Mitarbeiter_innen können mit diesen virtuellen Objekten bzw. Overlays interagieren und diese direkt steuern, um z. B. Analysen durchzuführen (Opriş et al., 2017; Schmaranz et al., 2019). Des Weiteren können fortschrittliche Werkzeuge eingesetzt werden, die z. B. die automatische Identifizierung von Fehlern oder Anomalien aufgrund von Bilddaten ermöglichen (Cordonnier et al., 2017; Schmaranz et al., 2019).
- Anleitung: Mitarbeiter_innen können schrittweise durch komplexe Prozesse, z. B. die Wartung einer Anlage, geführt werden. Dabei kann durch Bestätigungen und visuelle Kontrolle sichergestellt werden, dass die einzelnen Schritte korrekt ausgeführt werden (Cordonnier et al., 2017; Opriş et al., 2017; Schmaranz et al., 2019).
- Dokumentation: Dokumentation, z. B. in Form von Berichten, kann während des gesamten Prozesses automatisiert erstellt und aktualisiert werden, was zur Effizienzsteigerung beiträgt (Schmaranz et al., 2019).

Remote-Kollaboration: Mit Augmented und Mixed Reality können Mitarbeiter_innen, v. a. Expert_innen, mit Außendienstmitarbeiter_innen remote in Echtzeit zusammenarbeiten (Cordonnier et al., 2017; Schmaranz et al., 2019). Die Mitarbeiter_innen sehen dabei das Sichtfeld der Außendienstmitarbeiter_innen und können dadurch genaue kontextbezogene Anweisungen geben. Des Weiteren können sie Informationen oder Diagramme direkt in das Sichtfeld der Außendienstmitarbeiter_innen einblenden als auch weitere Werkzeuge wie virtuelle Laserpointer nutzen (Cordonnier et al., 2017). Durch diese Art des Wissenstransfers wird einerseits die Effizienz der Durchführung der Aktivitäten verbessert und andererseits Kosten aufgrund von weniger Reisen und schnellerer Problemlösung eingespart.

Sicherheits- und Risikomanagement: Im Rahmen des Sicherheits- und Risikomanagements können XR-Technologien angewandt werden, um mit Trainingssimulationen Mitarbeiter_innen auf Notfallsituationen vorzubereiten und dazugehörige Notfallmaßnahmen in einer sicheren Umgebung, ohne die Gefahren einer echten Notfallsituation, zu üben (Hecker et al., 2021; Xiao et al., 2023). Dadurch wird nicht nur das Risikobewusstsein der Mitarbeiter_innen erhöht, sondern auch deren Bereitschaft, in Notfällen schnell richtig zu reagieren. Im laufenden Betrieb können mit AR und MR sowohl Echtzeitinformationen als auch Warnungen zu Risiken wie Gefahrenzonen angezeigt werden. Bei Notfällen können Mitarbeiter_innen aus Gefahrenzonen zu einem sicheren Ort navigiert werden (Schmaranz et al., 2019).

Entwurf und Planung: Mithilfe von XR-Technologien können komplexe Entwürfe, z. B. der Infrastruktur, ohne die Notwendigkeit physischer Modelle, visualisiert und evaluiert werden (Opriş et al., 2017; Xiao et al., 2023). Die Mitarbeiter_innen können mit den virtuellen Modellen interagieren und diese manipulieren. Dadurch wird eine „informiertere“ Entscheidungsfindung im Rahmen der Entwurfs- und Planungsprozesse ermöglicht, wodurch deren Effizienz und Genauigkeit erhöht werden können.

Stakeholdereinbindung: Mit XR-Technologien können im Hinblick auf die Stakeholdereinbindung einerseits komplexe Themen anschaulich, interaktiv und immersiv vermittelt werden (Prebanić & Vukomanović, 2021; Xiao et al., 2023). Andererseits können Projekte und ihre potenziellen Vorteile und Auswirkungen, z. B. auf die Umwelt, auf innovative Weise kommuniziert werden. Dadurch wird die Transparenz von Projektvorhaben erhöht und die Einbindung von Stakeholder verbessert.

2.3 Anwendungen in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft

Ausgehend von den vorgestellten Anwendungskategorien werden in diesem Subkapitel XR-Anwendungen, die in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft eingesetzt werden, und deren verfügbaren Ergebnisse vorgestellt. Die vorgestellten Anwendungen umfassen sowohl Pilotprojekte als auch Anwendungen im operativen Betrieb.

2.3.1 Wien Energie GmbH – AR-Unterstützung in Kraftwerken

Bei der Innovation Challenge 2017 der Wien Energie GmbH, bei der Mitarbeiter_innen der Wien Energie mit Start-Ups zusammenarbeiteten, wurde das Projekt „Augmented Reality: Maintenance 4.0“ als eines der Siegerprojekte ausgezeichnet (ViewAR, 2017; Wien Energie, 2017). Im Projekt wurde mit dem Start-Up ViewAR der Einsatz von Augmented Reality zur operativen Unterstützung in Kraftwerken evaluiert. Dabei wurden folgende Anwendungsfälle analysiert (Wien Energie, 2017):

- Digitale Dokumentation von Wartungsarbeiten
- Erweiterte Entscheidungsgrundlage durch die Verfügbarkeit relevanter Informationen
- Hands-free-Ansatz
- Aus- und Fortbildung basierend auf digital dokumentiertem Wissensmanagement
- Fehlerreduktion durch digitales Lernen
- Remote-Zuschaltung von Expert_innen

Der Fokus lag darauf, Techniker_innen sowohl Echtzeitdaten zu Anlagen als auch Anleitungen für Wartungstätigkeiten anzuzeigen. Die praktische Anwendbarkeit der entwickelten Lösung wurde im Biomassekraftwerk Simmering getestet und positiv beurteilt. Besonders hervorgehoben wurde das Potential im Hinblick auf die Schulung neuer Mitarbeiter_innen. Zusätzlich konnten Arbeitswege durch Indoor-Navigation (dargestellt in Abbildung 2) verkürzt werden (ViewAR, 2017). Als nächste Schritte des Projekts waren die Erweiterung des Remote-Supports und der Einsatz künstlicher Intelligenz geplant (Wien Energie, 2017).

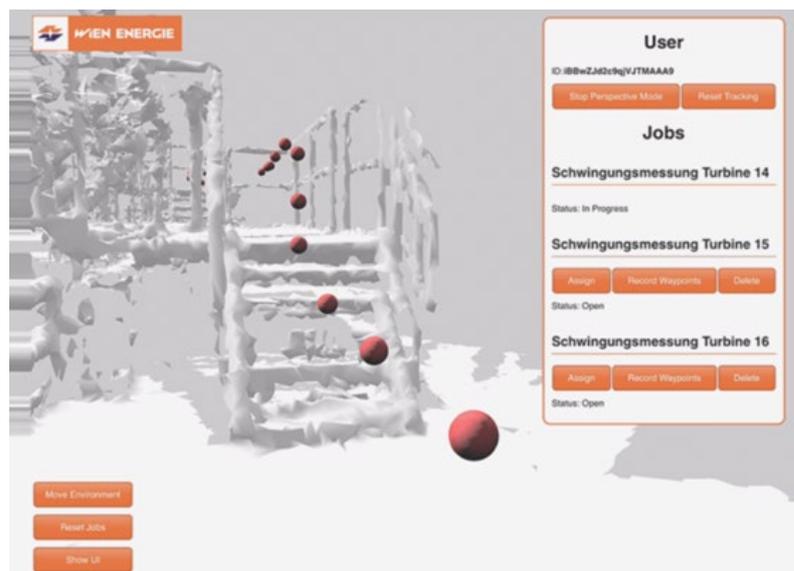


Abbildung 2: AR-Indoor-Navigation der Wien Energie (ViewAR, 2017)

2.3.2 Burgenland Energie AG – Inspektion von Windturbinen mit AR

Die Burgenland Energie AG ist der größte österreichische Erzeuger von Windenergie mit mehr als 200 Windkraftanlagen. Im Projekt „Digitizing wind turbine inspections using Smart Glass“ wurde im Jahr 2020 mit dem Unternehmen Nagarro der Einsatz von Augmented Reality mit Datenbrillen für die Inspektion von Windkraftanlagen untersucht (Nagarro, 2020). Im Rahmen des bis dahin bestehenden analogen Inspektionsprozesses wurden Checklisten auf Papier verwendet. Aufgrund der manuellen Erstellung der Dokumentation als auch Koordination zwischen den Inspektor_innen und Sachbearbeiter_innen war der Prozess ineffizient.

Deswegen wurden im Rahmen des Projekts die bestehenden Arbeitsabläufe digitalisiert und vollständig automatisiert. Dies umfasste auch den Einsatz von Spracherkennung, um Inspektionsberichte zu erstellen. Mithilfe der Datenbrille, deren Verwendung in Abbildung 3 dargestellt ist, werden den Inspektor_innen die entsprechenden Anleitungen für die jeweilige Windkraftanlage angezeigt. Währenddessen können die Inspektor_innen durch den Hands-on-Ansatz freihändig die Inspektion durchführen, wodurch auch die Sicherheit gesteigert wird. Durch den Einsatz der entwickelten Lösung konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Reduktion der Inspektionszeit um 30%
- Reduzierte Fehlerrate
- Effizientere Dokumentationserstellung
- Verbesserte Nachverfolgung und Verwaltung aufgrund digitalisierter Prozesse
- Optimierte Koordination zwischen Inspektor_innen und Sachbearbeiter_innen

Aktuell befindet sich die Lösung im Einsatz bei der Burgenland Energie und soll weiterentwickelt werden. Dazu gehören u. a. die Integration künstlicher Intelligenz, um automatisch Schäden an den Windkraftanlagen zu identifizieren.



Abbildung 3: Inspektion einer Windturbine mit einer Datenbrille (Nagarro, 2020)

2.3.3 Salzburg AG – Spielerische Wissensvermittlung mit AR

Bei der Innovation Challenge #3 der Salzburg AG, die im Fokus die gemeinsame Entwicklung von Lösungen mit Start-Ups und KMUs hatte, wurde das Projekt „Energized“ als eines der Siegerprojekte ausgezeichnet (Salzburg AG, 2018). Das Projekt wurde zusammen mit dem Start-Up Polycular durchgeführt, das Virtual und Augmented Reality Lösungen zur Wissensvermittlung entwickelt. Das Ziel des Projekts „Energized“ war die Entwicklung einer mobilen App zur spielerischen Wissensvermittlung mit Fokus auf den Themen Energie, Mobilität, Wasser und Kommunikation. Zielgruppen waren dabei neben den Mitarbeiter_innen vor allem Schüler_innen (Polycular, 2020). Die Wissensvermittlung basiert auf dem Escape Room Prinzip. Dabei erlernen die Anwender_innen Wissen spielerisch durch das Lösen von Rätseln und Aufgaben. Ein Beispiel für eine Aufgabe zum Thema Mobilität ist die Bewältigung eines Verkehrschaos im Kinderzimmer mithilfe von Lego-Figuren und einem virtuellen Ökostrombus. Insgesamt beinhaltet die Applikation Aufgaben zu neun Modulen (Polycular, 2020).

Die entwickelte Lösung wird aktuell in der Salzburg AG als Tool für das Onboarding neuer Mitarbeiter_innen verwendet (Polycular, 2020). Des Weiteren wird die Lösung im Rahmen des Schulprojekts „Lebensadern“ eingesetzt, um Schüler_innen der Oberstufen Wissen zu den entsprechenden Themen zu vermitteln. Im Rahmen des

Schulprojekts erfolgen auch Expert_innengespräche, Projekte und Exkursionen (Salzburg AG, 2020).

2.3.4 Verbund AG – XR-Anwendungen in Wasserkraftanlagen

Das digitale Pilotkraftwerk Rabenstein an der Mur der Verbund AG dient als Vorreiter bei der Implementierung innovativer Technologien in Wasserkraftanlagen. Neben Autonomous Surface Vehicles und Remotely Operated Vehicles werden XR-Technologien eingesetzt. Diese werden für interaktive Schulungen verwendet, die es den Mitarbeiter_innen ermöglichen, neue Arbeitsabläufe zu erlernen, ohne den Betrieb zu stören. Ausbilder_innen können den Lernprozess begleiten, mit den Auszubildenden interagieren und bei Bedarf korrigierend eingreifen. Neben standardmäßigen Arbeitsabläufen können auch Routinen für den Krisenfall damit geübt werden (Aspekteins, 2022). Mit VR kann ein digitales Modell des Kraftwerks, dargestellt in Abbildung 4, erkundet werden. Dieses wird z. B. für Sicherheitsunterweisungen für Besucher oder Gäste verwendet (Verbund, 2020). Wartungsprozesse werden mithilfe von AR dokumentiert und Schwachstellen identifiziert. Mithilfe von MR können Mitarbeiter_innen Daten visualisieren, weitere Informationen per Gesten- oder Sprachsteuerung abrufen und mit anderen Mitarbeiter_innen remote zusammenarbeiten (Aspekteins, 2022).



Abbildung 4: Virtuelles Modell des Pilotkraftwerks Rabenstein (Verbund, 2020)

2.3.5 Kärnten Netz GmbH – AR-Unterstützung im Netzbetrieb

Die Kärnten Netz GmbH erforschte im Rahmen des Projekts ARGUS (AR GUIded Switching) den Einsatz von Augmented Reality zur Unterstützung von Schaltvorgängen in Mittelspannungsnetzen im Trainingszentrum (KWF, 2020; Schmaranz et al.,

TU Wien MBA

2019). Die Mitarbeiter_innen werden mithilfe von AR unter Verwendung einer Microsoft HoloLens oder eines Tablets durch den gesamten Schaltprozess geführt (beispielhaft visualisiert in Abbildung 5) (KWF, 2020). Die Arbeitsschritte, die von Mitarbeiter_innen in der Netzleitstelle festgelegt werden, werden an die Außendienstmitarbeiter_innen weitergegeben. Per Sprachbefehl oder Gestensteuerung können diese einen Schaltvorgang auswählen, dessen detaillierte Informationen nach der Auswahl angezeigt werden. Mithilfe von Richtungspfeilen werden die Außendienstmitarbeiter_innen zum Schaltgerät geführt. Die Außendienstmitarbeiter_innen können mit der Unterstützung von ARGUS die Arbeitsschritte selbständig durchführen, während die Mitarbeiter_innen der Netzleitstelle den Fortschritt in Echtzeit verfolgen können (Schmaranz et al., 2019).

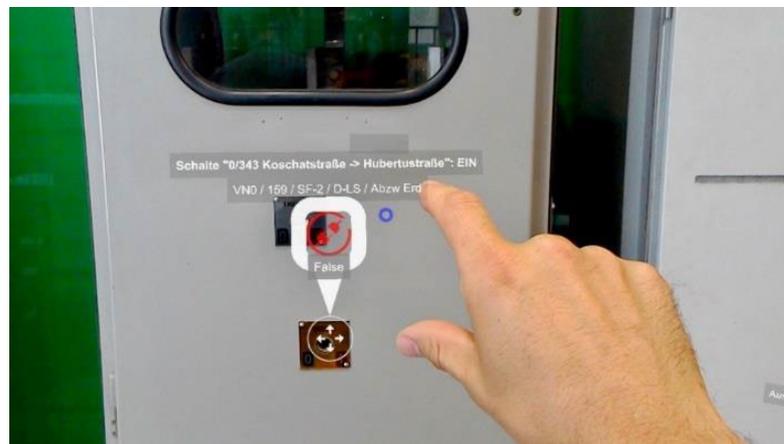


Abbildung 5: AR-Anwendung der Kärnten Netz GmbH (Schmaranz et al., 2019)

Mit Skype for HoloLens können die Außendienstmitarbeiter_innen mit den Mitarbeiter_innen der Netzleitstelle direkt kommunizieren, ihre Sicht teilen und digital interagieren. Alle durchgeführten Arbeitsschritte werden während der Schaltvorgänge automatisch protokolliert. Die Netzleitstelle kann im Notfall einen Not-Aus-Alarm auslösen, der an die Außendienstmitarbeiter_innen gesendet wird. Durch den Einsatz von AR konnten folgende Ergebnisse erzielt werden (Schmaranz et al., 2019):

- Bessere Koordination zwischen Außendienstmitarbeiter_innen und Mitarbeiter_innen der Netzleitstelle
- Reduzierter Kommunikationsaufwand
- Möglichkeit der Fernwartung
- Schnellere Informationsverfügbarkeit
- Reduzierung des menschlichen Fehlerpotenzials durch interaktive Prozessführung
- Höhere Arbeitssicherheit

2.3.6 Energie Steiermark AG – AR-Anwendungen für E-Ladestationen

Aufgrund der zunehmend steigenden Anforderungen für E-Ladestationen wie der Integration in Smart-Home-Systeme, der Kopplung mit Photovoltaikanlagen und der öffentlichen Verfügbarkeit, werden die Installation, Wartung und Reparatur von E-Ladestationen komplexer. Um die Außendienstmitarbeiter_innen bei diesen Tätigkeiten zu unterstützen, setzt die Energie Steiermark die AR-Lösungen ar:guidance und ar:assist des Unternehmens ar:met GmbH ein (ar:met, 2020).

ar:guidance führt Mitarbeiter_innen bei der Konfiguration und Wartung von E-Ladestationen durch den gesamten Prozess und protokolliert bei der Wartung zusätzlich sämtliche Wartungsaktivitäten. So können Wartungsprotokolle digital abgelegt und direkt an die Kund_innen übermittelt werden. Mithilfe von ar:assist können weitere Mitarbeiter_innen per Videokonferenz über das Mobiltelefon hinzugezogen werden, um in Echtzeit Hilfe zu erhalten. Dabei werden auf dem Bildschirm die Anlage und mögliche Markierungen angezeigt. Diese Markierungen können sowohl von Mitarbeiter_innen vor Ort als auch von den hinzugezogenen Mitarbeiter_innen erstellt werden. Die Ergebnisse der Verwendung dieser AR-Lösungen sind:

- Einfachere und schnellere Montage
- Integrierte Dokumentation des Wartungsprozesses
- Automatische Anzeige der Sicherheitshinweise
- Bessere Erfolgsrate durch den Einsatz des Fernsupports

2.3.7 Austrian Power Grid AG – Inspektion von Strommasten mit VR

Die Austrian Power Grid AG entwickelt in einem Innovationsprojekt die automatisierte Inspektion von Strommasten weiter (Austrian Power Grid, 2023). Aktuell werden bereits Drohnen bei der Strommastinspektion eingesetzt, jedoch ist die Besteigung der Maste und daher auch die Abschaltung dieser noch erforderlich. Im Innovationsprojekt werden mithilfe Künstlicher Intelligenz Flugrouten für die Mastbefliegung generiert, sodass bis zu 2.000 Aufnahmen eines Masts aus unterschiedlichen Perspektiven erstellt werden können. Einerseits werden diese Aufnahmen zum Training einer Künstlichen Intelligenz verwendet, die die Kontrolle der Schutzbeschichtungen der Maste übernimmt. Andererseits werden 3D-Modelle anhand der Aufnahmen erstellt, die für Analyse- und Schulungszwecke mit VR-Brillen weiterverwendet werden können. Durch diese Anwendung können Maste nicht nur kostengünstiger und ressourcenschonender untersucht werden, sondern auch Mitarbeiter_innen in einer sicheren und kontrollierten Umgebung eingeschult werden.

3 Technologieadoption

Die erfolgreiche Adoption neuer Technologien ist ein entscheidender Faktor für Organisationen, um ihre Wettbewerbsfähigkeit sicherzustellen. Damit die Technologieadoption gelingt, ist es für Manager_innen und Entscheidungsträger_innen essenziell, die relevanten Einflussfaktoren zu kennen und deren Auswirkungen zu verstehen. In diesem Kapitel werden Ansätze zur Untersuchung der Technologieadoption und potenzielle Einflussfaktoren, die auf die Adoption von XR-Technologien Einfluss nehmen können, präsentiert.

3.1 Ansätze zur Untersuchung der Technologieadoption

Zur Untersuchung der Technologieadoption existiert eine Vielzahl theoretischer Ansätze mit unterschiedlichen Zugängen. Die Anwendung dieser Ansätze ermöglicht es, ein detailliertes Verständnis für die entscheidenden Faktoren und Mechanismen der Technologieadoption zu schaffen. Dieses Wissen ist von essenzieller Bedeutung, um die mit der Implementierung und Nutzung neuer Technologien verbundenen Möglichkeiten und Herausforderungen zu identifizieren und Strategien für eine erfolgreiche Technologieadoption zu entwickeln.

3.1.1 Technologieakzeptanzmodell

Die einflussreichste Theorie zur Untersuchung von Technologieadoption, im Speziellen von Informationssystemen, ist das Technologieakzeptanzmodell (Technology Acceptance Model, TAM) (Marangunić & Granić, 2015). Ausgehend von der Theorie des überlegten Handelns (Theory of Reasoned Action), die auf die Vorhersage des menschlichen Verhaltens auf Basis von Einstellungen abzielt, entwickelte Davis das Technologieakzeptanzmodell (Davis, 1985; Davis et al., 1989). Das Technologieakzeptanzmodell fokussiert sich auf die Technologieakzeptanz auf individueller Ebene, d. h. der Nutzung der Technologie seitens der Anwender_innen. Laut dem TAM, das in Abbildung 6 dargestellt ist, hängt die Verhaltensintention zur Nutzung (Behavioral Intention to Use) von der wahrgenommenen Nützlichkeit (Perceived Usefulness) und der Einstellung zur Technologienutzung (Attitude Toward Using) ab. Die Einstellung zur Technologienutzung wird von der wahrgenommenen Nützlichkeit und der wahrgenommenen Benutzungsfreundlichkeit (Perceived Ease of Use) beeinflusst. Die wahrgenommene Nützlichkeit ist die Wahrnehmung der Steigerung der Arbeitsleistung durch die Technologienutzung und die wahrgenommene Benutzungsfreundlichkeit ist die Wahrnehmung des mit der Technologienutzung verbundenen Aufwands.

Diese werden wiederum von externen Variablen wie demografischen Eigenschaften beeinflusst.

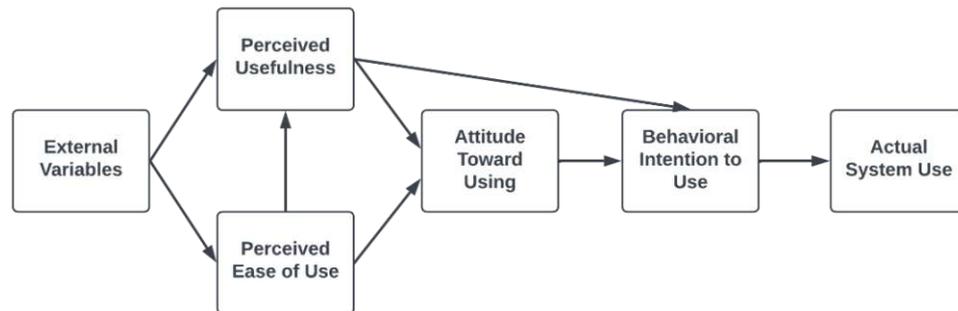


Abbildung 6: Technologieakzeptanzmodell (Davis et al., 1989)

Das Technologieakzeptanzmodell wurde mehrfach sowohl überarbeitet als auch erweitert, z. B. wurde der Faktor der Einstellung zur Technologienutzung direkt durch die Verhaltensintention zur Nutzung ersetzt. Um den sozialen Einfluss als auch kognitiv-instrumentale Prozesse zu berücksichtigen, erweiterten Venkatesh und Davis das Technologieakzeptanzmodell um Einflussfaktoren auf die wahrgenommene Nützlichkeit zum TAM2 (Venkatesh & Davis, 2000). Die hinzugefügten sozialen Einflussfaktoren sind:

- Subjektive Norm (Subjective Norm): Bezieht sich auf den Einfluss Dritter auf die Entscheidungsfindung durch die Wahrnehmung ihrer Erwartung, dass die Technologie genutzt bzw. nicht genutzt werden sollte.
- Freiwilligkeit (Voluntariness): Bezeichnet die Freiwilligkeit der Nutzung der Technologie, d. h. ob diese verpflichtend ist oder nicht.
- Image: Steht für das Bestreben, ein positives Ansehen innerhalb einer Gruppe zu bewahren.

Zu den Einflussfaktoren der kognitiv-instrumentalen Prozesse zählen:

- Jobrelevanz (Job Relevance): Bezeichnet die Wahrnehmung, dass die Technologie für die Ausführung der eigenen Arbeitstätigkeiten von Bedeutung ist.
- Outputqualität (Output Quality): Bezieht sich auf die Wahrnehmung, inwiefern das System oder die Technologie Aufgaben effektiv und effizient ausführt.
- Ergebnisklarheit (Result Demonstrability): Betrifft die Sichtbarkeit und Vorzeigbarkeit der Ergebnisse. Hierbei ist relevant, ob die erzielten Ergebnisse eindeutig der eingesetzten Technologie zugeschrieben werden können.

Venkatesh und Bala kombinierten das TAM2 mit dem Modell der Determinanten der wahrgenommenen Benutzungsfreundlichkeit (Venkatesh, 2000) zum TAM3 (Venkatesh & Bala, 2008), das in Abbildung 7 dargestellt ist.

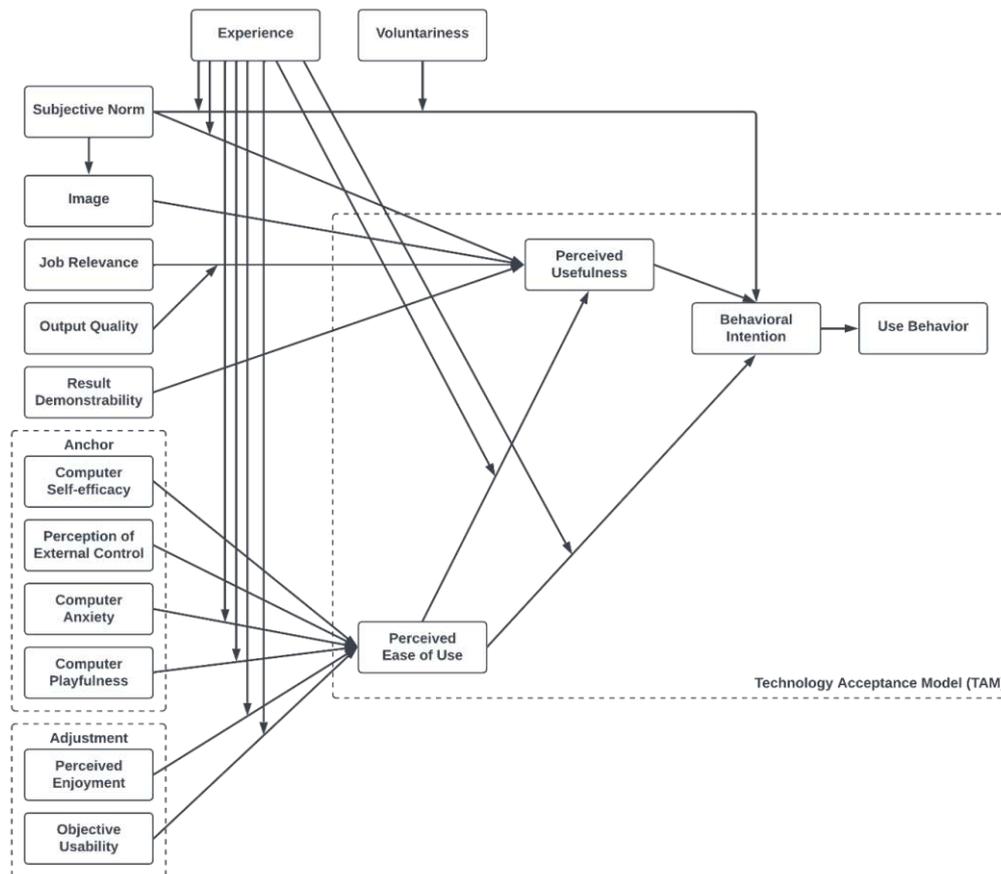


Abbildung 7: Darstellung des TAM3 (Venkatesh & Bala, 2008)

Die hinzugefügten Determinanten der wahrgenommenen Benutzungsfreundlichkeit umfassen:

- Computerbezogene Selbstwirksamkeit (Computer Self-efficacy): Bezeichnet das Vertrauen einer Person in seine Fähigkeit, eine spezifische Aufgabe mithilfe eines Computers zu bewältigen.
- Wahrnehmung externer Kontrolle (Perceptions of External Control): Bezieht sich auf den Glauben an das Vorhandensein unterstützender organisatorischer und technischer Ressourcen für die Technologienutzung.
- Computerbezogene Angst (Computer Anxiety): Ist definiert als das Unbehagen oder die Angst einer Person im Zusammenhang mit der Verwendung eines Computers.
- Computerbezogene Spielfreude (Computer Playfulness): Ist die intrinsische Motivation, die mit der Verwendung von Computern einhergeht.

- Wahrgenommenes Vergnügen (Perceived Enjoyment): Beschreibt die Wahrnehmung einer angenehmen Nutzungserfahrung, unabhängig von deren Einfluss auf die Arbeitsleistung.
- Objektive Benutzungsfreundlichkeit (Objective Usability): Bezeichnet den tatsächlichen Aufwand, den eine Person bei der Nutzung einer Technologie zur Aufgabenerfüllung im Vergleich zur Nutzung anderer Systeme hat.

3.1.2 Diffusionstheorie nach Rogers

Die Diffusionstheorie nach Rogers (Diffusion of Innovations Theory, DOI Theory) wurde 1962 erstmals von Rogers veröffentlicht (Rogers, 2010). Diese beschäftigt sich mit der Diffusion von Innovationen, d. h. dem Prozess der Verbreitung einer Innovation über bestimmte Kanäle unter den Mitgliedern eines sozialen Systems im Laufe der Zeit. Daraus abzuleiten sind die vier Kernelemente der Theorie: die Innovation, die Kommunikationskanäle, das soziale System und die Zeit.

Die Adoption einer Innovation wird mit dem Innovations-Entscheidungs-Prozess (Innovation-Decision-Process) beschrieben, der sowohl auf Individuen als auch auf Organisationen anwendbar ist. Der Innovations-Entscheidungs-Prozess gliedert sich in fünf Phasen, die in Abbildung 8 dargestellt sind: Wissen (Knowledge), Überzeugung (Persuasion), Entscheidung (Decision), Implementierung (Implementation) und Bestätigung (Confirmation). Somit wird die Adoption vom Zeitpunkt, zu dem das Individuum bzw. die Organisation auf die Innovation aufmerksam wird, über die Entscheidung zur Einführung bis hin zur Bestätigung der gesetzten Erwartungen, die sowohl positiv als auch negativ ausfallen kann, betrachtet.

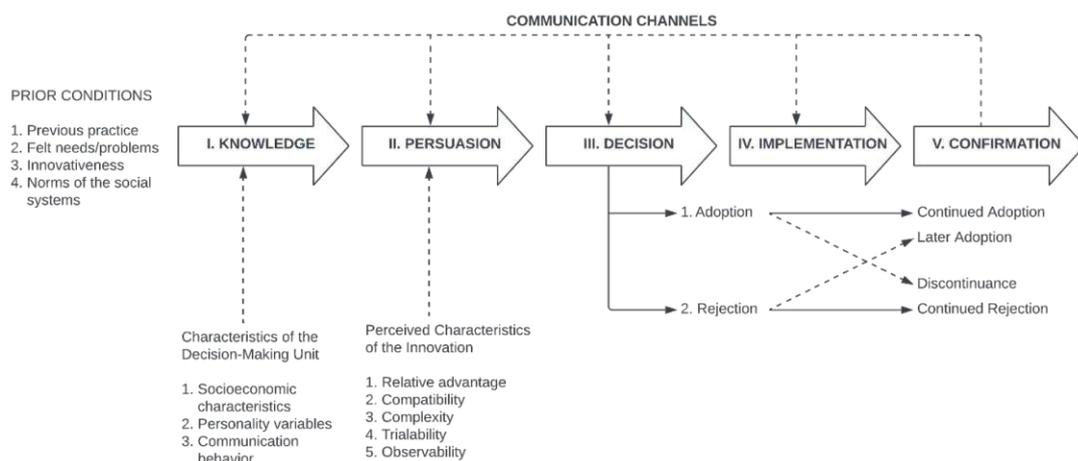


Abbildung 8: Innovations-Entscheidungs-Prozess nach Rogers (Rogers, 2010)

Neben der Innovativität des Individuums bzw. der Organisation, die von individuellen und organisatorischen Eigenschaften als auch dem sozialen System beeinflusst wird, identifiziert Rogers fünf Eigenschaften einer Innovation als signifikant für deren Adoption:

- Relativer Vorteil (Relative Advantage): Bezeichnet die Wahrnehmung, dass die einzuführende Innovation im Vergleich zu bestehenden Lösungen einen Vorteil bietet, z. B. Kosteneinsparungen oder erhöhte Zufriedenheit.
- Kompatibilität (Compatibility): Beschreibt, inwiefern eine Innovation mit den persönlichen Bedürfnissen, Erfahrungen und Werten der Anwender_innen übereinstimmt.
- Komplexität (Complexity): Bezieht sich auf den wahrgenommenen Schwierigkeitsgrad, eine Innovation zu verstehen und anzuwenden.
- Erprobbarkeit (Trialability): Definiert das Ausmaß, in dem eine Innovation getestet werden kann, z. B. in einer Testumgebung, um damit verbundene Unsicherheiten zu reduzieren.
- Beobachtbarkeit (Observability): Bezieht sich auf die Sichtbarkeit der Resultate, die durch die Anwendung einer Innovation erzielt werden können.

3.1.3 Unified Theory of Acceptance and Use of Technology

Venkatesh et al. entwickelten basierend auf dem Vergleich acht verschiedener Modelle der Technologieakzeptanzforschung, u. a. dem Technologieakzeptanzmodell und der Diffusionstheorie, die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) (Venkatesh et al., 2003). Modellübergreifend identifizieren sie vier wesentliche Determinanten auf die Verhaltensintention (Behavioral Intention) und das Nutzungsverhalten (Use Behavior). Diese Determinanten wurden in der UTAUT, wie in Abbildung 9 dargestellt, integriert:

- Leistungserwartung (Performance Expectancy): Bezieht sich auf den Glauben des Individuums, dass die Verwendung der Technologie dessen Leistung steigern könnte, z. B. das Erledigen von Aufgaben in kürzerer Zeit. Diese Determinante ist angelehnt an die wahrgenommene Nützlichkeit des Technologieakzeptanzmodells und den relativen Vorteil der Diffusionstheorie.
- Aufwandserwartung (Effort Expectancy): Spiegelt die erwartete Benutzungsfreundlichkeit bzw. den angenommenen Aufwand wider, der mit der Nutzung

der Technologie verbunden ist. Dies entspricht der wahrgenommenen Benutzungsfreundlichkeit des Technologieakzeptanzmodells und der Benutzungsfreundlichkeit der Diffusionstheorie.

- Sozialer Einfluss (Social Influence): Ist definiert als die Wahrnehmung, dass wichtige Personen im Umfeld wie Kolleg_innen oder Vorgesetzte die Nutzung einer bestimmten Technologie befürworten. Dieser Aspekt ist vergleichbar mit der subjektiven Norm des Technologieakzeptanzmodells und dem Image der Diffusionstheorie.
- Unterstützende Bedingungen (Facilitating Conditions): Beziehen sich auf den Glauben, dass eine unterstützende organisatorische und technische Infrastruktur zur Nutzung der Technologie wie technischer Support vorhanden ist. Dies entspricht der Kompatibilität der Diffusionstheorie.

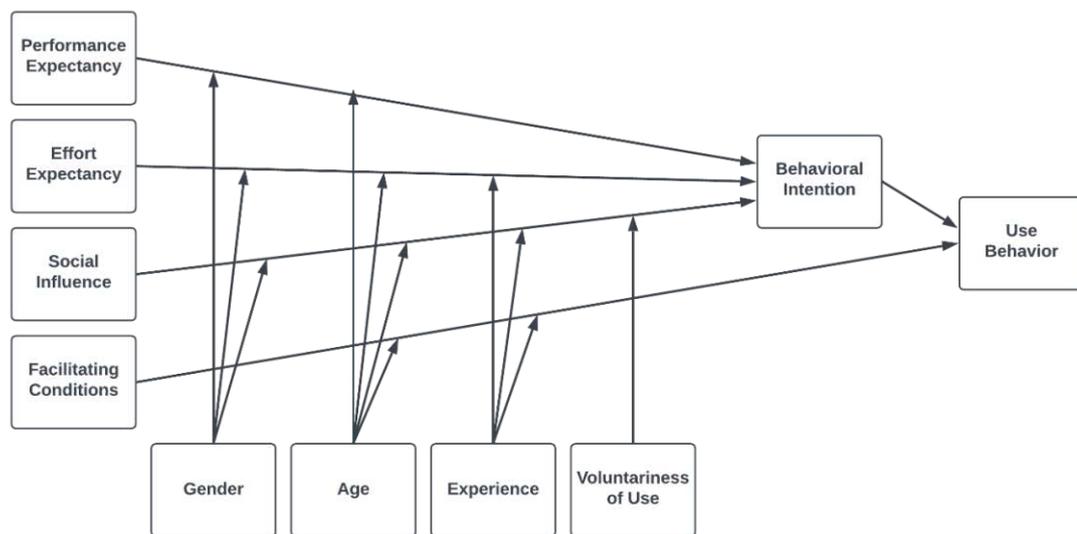


Abbildung 9: Modell der UTAUT (Venkatesh et al., 2003)

Der Einfluss dieser Determinanten wird moderiert von dem Geschlecht, dem Alter und der Erfahrung des Individuums sowie der Freiwilligkeit der Nutzung (Voluntariness of Use). Beispielhaft sei der Einfluss der Aufwandserwartung auf die Verhaltensintention angeführt, der mit steigender Erfahrung sinkt.

Die UTAUT wurde für verschiedene Kontexte angepasst und erweitert. Als Beispiel für den Verbraucherkontext ist die UTAUT2 von Venkatesh et al. hervorzuheben, die die drei zusätzlichen Konstrukte hedonische Motivation, Preiswert und Gewohnheit integriert (Venkatesh et al., 2012). 2016 präsentierten Venkatesh et al. eine Erweiterung der UTAUT zu einem mehrstufigen Framework, bestehend aus einer individuellen Ebene und einer höheren Ebene, die u. a. auch Organisationsfaktoren umfasst (Venkatesh et al., 2016).

3.1.4 Technology-Organization-Environment Framework

DePietro et al. stellten 1990 das Technology-Organization-Environment Framework (TOE-Framework) zur Untersuchung der Technologieadoption und -implementation auf Organisationsebene vor (DePietro et al., 1990). Der Einfluss auf die Technologieadoption wird anhand von drei Kontexten, die in Abbildung 10 dargestellt sind, betrachtet:

- dem technologischen Kontext,
- dem organisationalen Kontext und
- dem Umweltkontext.

Das TOE-Framework ist im Vergleich zu anderen Ansätzen generisch und beinhaltet keine vorgeschriebene Auflistung an Einflussfaktoren.

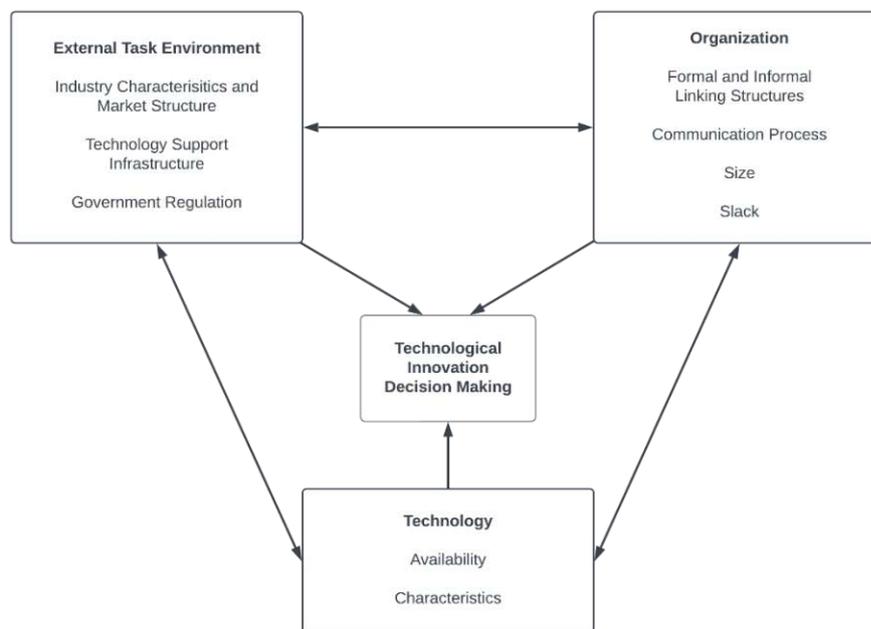


Abbildung 10: TOE-Framework (DePietro et al., 1990)

Der technologische Kontext bezieht sich sowohl auf die einzuführende bzw. verfügbare Technologien als auch auf bereits bestehende Technologien, Prozesse und Infrastruktur in der Organisation. Einflussfaktoren des technologischen Kontexts sind z. B. die relativen Vorteile im Vergleich zu bestehenden Lösungen und die Kompatibilität der einzuführenden Technologie im Hinblick auf die bestehende Infrastruktur.

Die Organisationsinterna wird im organisationalen Kontext durch die organisationalen Einflussfaktoren berücksichtigt. Hierzu zählen u. a. die Organisationsgröße und die

verfügbaren Ressourcen, z. B. vorhandenes Wissen und ausgebildete Mitarbeiter_innen. Jedoch steht auch die Organisationskultur im Fokus, die u. a. die Einstellung zur Einführung neuer Technologien bzw. die Innovativität der Organisation, umfasst.

Der Umweltkontext bezieht sich auf externe Einflussfaktoren der Organisationsumwelt, welche die Organisation beeinflussen. Dazu gehören u. a. der Wettbewerbsdruck, der als Katalysator für die Technologieadoption wirken kann, und regulatorische Rahmenbedingungen, die die Nutzung von Technologien einschränken können.

3.1.5 Vergleich der vorgestellten Ansätze

Die präsentierten Ansätze zur Untersuchung der Technologieadoption zeichnen sich durch unterschiedliche Zugänge aus. Die Simplizität des Technologieakzeptanzmodells, das die Akzeptanz lediglich auf Basis der wahrgenommenen Benutzungsfreundlichkeit und Nützlichkeit modelliert, ist dessen Stärke. Das UTAUT ist hingegen durch die Integration mehrerer Theorien sehr umfangreich und berücksichtigt auch Beziehungen zwischen den einzelnen Einflussfaktoren. Beide Ansätze konzentrieren sich primär auf die Technologieadoption auf individueller Ebene, wobei das erweiterte UTAUT als mehrschichtiges Framework in geringem Maß auch Organisationsfaktoren berücksichtigt. Bei der Diffusionstheorie, die für die Technologieadoption sowohl auf individueller als auch organisationaler Ebene anwendbar ist, liegt der Fokus dennoch auf den individuellen Adoptern. Das Technology-Organization-Environment Framework hingegen untersucht die Technologieadoption auf dem Organisationslevel und berücksichtigt dazu den technologischen, den organisationalen und den Umweltkontext. Für die Untersuchung der Technologieadoption auf organisationaler Ebene stellt das TOE-Framework den geeignetsten theoretischen Ansatz dar, da dieses sowohl mehrdimensional Einflussfaktoren der Technologie, der Organisation und der Umwelt berücksichtigt als auch flexibel für jegliche Technologie und Organisation anwendbar ist.

3.2 Einflussfaktoren auf die Adoption von XR-Technologien

Im Rahmen der Literaturrecherche wurden Studien hinsichtlich der Adoption von XR-Technologien als auch anderer Technologien im industriellen Kontext gesichtet. Sechzehn potenzielle Einflussfaktoren auf die Adoption von XR-Technologien wurden dabei identifiziert und anhand des TOE-Frameworks kategorisiert, d. h. in technologische, organisationale und externe Einflussfaktoren eingeteilt. Eine Übersicht der potenziellen Einflussfaktoren ist in Abbildung 11 dargestellt. Diese dienen als Grundlage

für die empirische Untersuchung dieser Masterthese und werden im Folgenden beschrieben.

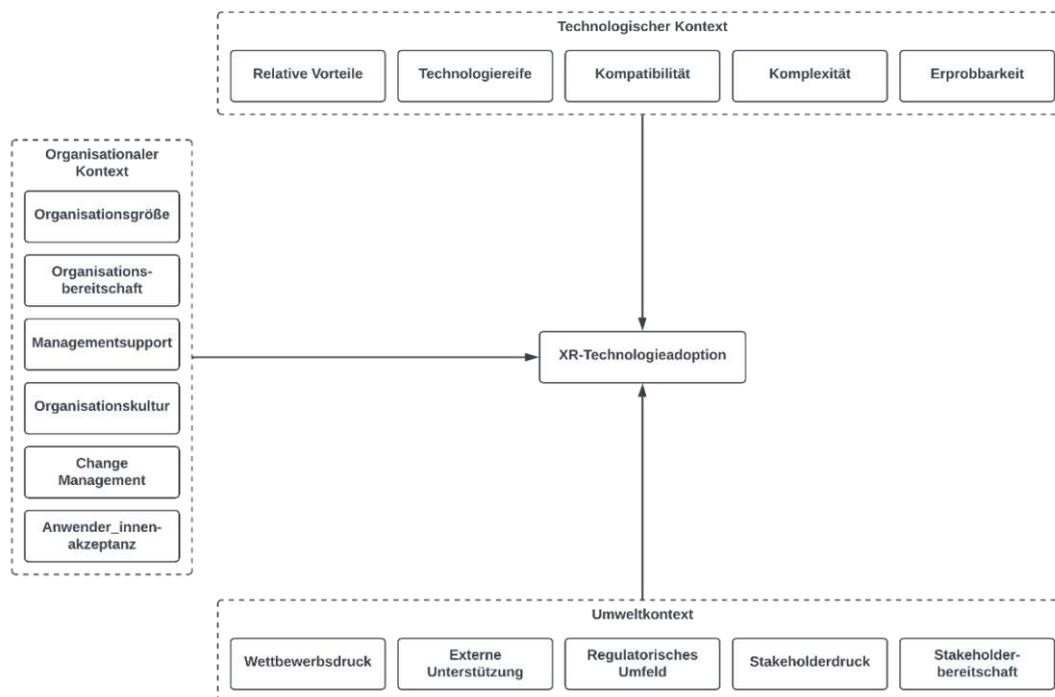


Abbildung 11: Potenzielle Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption

3.2.1 Technologische Einflussfaktoren

Im Fokus des technologischen Kontexts stehen die zu implementierende Technologie, hier die XR-Technologien, und die bereits vorhandenen Technologien in der Organisation, einschließlich der Prozesse und Infrastruktur. Als Einflussfaktoren des technologischen Kontexts wurden die relativen Vorteile, die Technologiereife, die Kompatibilität, die Komplexität und die Erprobbarkeit identifiziert.

Die **relativen Vorteile** (Relative Advantage) für die Organisation, die sich aus dem Einsatz der neuen Technologie im Vergleich zu bestehenden Technologien ergeben, sind einer der meistuntersuchten Einflussfaktoren auf die Technologieadoption. Zu den relativen Vorteilen zählen sowohl direkte Vorteile wie Kosteneinsparungen und erhöhte Effizienz als auch indirekte Vorteile, die sich auf Geschäftsprozesse und -beziehungen auswirken (DePietro et al., 1990; Jeyaraj et al., 2006; Rogers, 2010). Im Fall von XR-Technologien können dies z. B. eine Effizienzsteigerung und Kostenreduktion aufgrund schnellerer Fehleridentifikation sein.

Die Adoption wird wesentlich von der **Technologiereife** (Technology Readiness) der einzuführenden Technologie beeinflusst. Insbesondere im industriellen Kontext un-

terliegen verwendete Hardwaresysteme anspruchsvollen Einsatzbedingungen. Diesbezüglich stellt z. B. die Technologiereife der verfügbaren AR-Hardwaresysteme einen kritischen Faktor dar, da diese aktuell für den großflächigen Einsatz im industriellen Kontext unzureichend ist. Beispielhaft dafür sind Head-Mounted Displays, deren Benutzungsfreundlichkeit durch Faktoren wie dem Gewicht und einem nicht intuitiven User Interface eingeschränkt sein kann (Masood & Egger, 2019).

Eine entscheidende Rolle für die Adoption spielt die **Kompatibilität** (Compatibility) der neuen Technologie. Einerseits muss die Technologie mit den bestehenden Geschäftsprozessen und der Organisationskultur kompatibel sein, andererseits auch mit der bestehenden technischen Infrastruktur der Organisation, d. h. den bestehenden Hardware- und Softwaresystemen (Masood & Egger, 2019; Rogers, 2010). Aktuell stellt für XR-Technologien die fehlende Kompatibilität mit bestehenden Informationssystemen in Organisationen eine Barriere für deren großflächigen Einsatz dar (Jalo et al., 2022).

Die **Komplexität** (Complexity) einer Technologie bezieht sich auf die relative Schwierigkeit, diese zu verstehen und zu verwenden. Wenn die Technologie als besonders komplex wahrgenommen wird, besteht die Tendenz, dass sie eher abgelehnt wird, da ihre Adoption und Nutzung wesentlich ressourcenaufwendiger und daher risikoreicher sein könnten (Rogers, 2010). Im Falle von XR-Technologien sind Hand-Held Devices im Gegensatz zu Head-Mounted Displays breit verfügbar, im Vergleich günstig und benötigen kaum Training (Jalo et al., 2022).

Ein wichtiger Aspekt bei der Bewertung des Potenzials und möglicher Herausforderungen einer neuen Technologie ist die **Erprobbarkeit** (Trialability) dieser. Die Möglichkeit, eine Technologie zu testen, z. B. im Rahmen von Pilotstudien, kann dazu beitragen, Unsicherheiten zu reduzieren und ein besseres Verständnis für die Technologie, deren Anwendungen und benötigte Ressourcen sowie Risiken zu erlangen (Jalo et al., 2022; Masood & Egger, 2019; Rogers, 2010). Laut Jalo et al. ist dies bei Hardware-Technologien oft schwierig, insbesondere bei XR-Technologien da diese neuartig, relativ teuer und komplex sind. Vor allem Industrie- und Universitätsveranstaltungen werden daher als Testmöglichkeiten für XR-Technologien genutzt (Jalo et al., 2022).

3.2.2 Organisationale Einflussfaktoren

Interne Aspekte der Organisation hinsichtlich der Technologieadoption werden im organisationalen Kontext betrachtet. Zu den organisationalen Einflussfaktoren gehören

TU Wien MBA

die Organisationsgröße, der Managementsupport, die Organisationsbereitschaft, die Organisationskultur, das Change Management und die Anwender_innenakzeptanz.

Die **Organisationsgröße** (Organization Size), die sowohl mit den finanziellen als auch personellen Ressourcen eines Unternehmens korreliert, kann ein Indikator für die Innovativität einer Organisation sein, welche die Technologieadoption beeinflusst (DePietro et al., 1990; Jeyaraj et al., 2006; Rogers, 2010). Große Organisationen verfügen in der Regel über mehr Ressourcen und können in neue Technologien investieren und mit diesen experimentieren, was ihnen die Adoption dieser erleichtert. Jedoch können sie aufgrund ihrer oft starren Strukturen auf interne Widerstände gegen Änderungen wie die Einführung einer neuen Technologie stoßen (Rogers, 2010; Zhu et al., 2003). Klein- und Mittelunternehmen warten hingegen aufgrund ihrer begrenzten Ressourcen und den damit verbundenen Risiken eher ab, bis neue Technologien durch größere Unternehmen erprobt wurden (Jalo et al., 2022).

Die **Organisationsbereitschaft** (Organizational Readiness) bezieht sich auf die verfügbaren finanziellen und technologischen Ressourcen als auch die notwendigen Fähigkeiten und das notwendige Wissen für die Technologieadoption (DePietro et al., 1990; Iacovou et al., 1995). Finanzielle Ressourcen sind erforderlich für die Installation, Implementierung und laufenden Kosten, z. B. für die Erstellung von XR-Inhalten. Technologische Ressourcen beziehen sich auf die Qualifikation des Personals im Umgang mit neuen Technologien und den Zugang zu technischen Ressourcen (Iacovou et al., 1995). Dies stellt insbesondere für Klein- und Mittelunternehmen aufgrund ihrer begrenzten Ressourcen eine Herausforderung dar. Aufgrund der Komplexität der Adoption von XR-Technologien ist es notwendig, dass Mitarbeiter_innen ein Verständnis für XR-Technologien entwickeln, einschließlich der Auswirkungen auf Geschäftsprozesse und -modelle der Organisation. Jedoch ist es herausfordernd Mitarbeiter_innen mit Erfahrung im Umgang mit XR-Technologie zu finden, da diese Kompetenzen oft autodidaktisch oder an Universitäten erworben werden. Darüber hinaus kann es trotz vorhandener XR-Kompetenzen an spezifischem Know-How, z. B. Fachwissen zum Energiesystem, mangeln, das notwendig für die Geschäftsprozesstransformation ist (Jalo et al., 2022).

Das Engagement und die Unterstützung des Managements (**Managementsupport**) sind entscheidend für die erfolgreiche Annahme von neuen Technologien und Praktiken innerhalb einer Organisation (DePietro et al., 1990; Jalo et al., 2022). Manager_innen und Entscheidungsträger_innen müssen als Change Agents fungieren, die

Akzeptanz fördern und Ressourcen für die Adoption sicherstellen, um organisatorischen Widerstand zu mindern (DePietro et al., 1990). Die Unterstützung des Managements hängt stark von den Fähigkeiten, dem Wissen und der Innovativität der Manager_innen und Entscheidungsträger_innen ab. Dabei stellt insbesondere die verfügbare Zeit des Managements, um die Technologie kennenzulernen und ihre Auswirkungen auf die Organisation zu verstehen, eine Herausforderung dar (Jalo et al., 2022).

Die **Organisationskultur** (Organizational Culture), geprägt durch Überzeugungen, Werte, Gewohnheiten, Normen und Verhaltensmuster, übt einen bedeutenden Einfluss auf die Einführung und Nutzung neuer Technologien aus (DePietro et al., 1990; Rogers, 2010). Förderlich für die Technologieadoption ist eine Organisationskultur, die Innovationen, Kreativität und Lernen fördert, und risikofreudig ist (DePietro et al., 1990; Jalo et al., 2022; Rogers, 2010). Im Hinblick auf die mit der XR-Technologieadoption verbundenen Prozesstransformation können die Bereitschaft und Neigung des Managements und der Mitarbeiter_innen kritische Barrieren darstellen (Jalo et al., 2022).

Für die erfolgreiche Technologieadoption ist ein umfangreiches **Change Management**, das Technologiekonfiguration, Prozessanpassung und Einbindung der Stakeholder umfasst, essenziell (Jalo et al., 2022; Masood & Egger, 2019). Eine gründliche Vorbereitung und fortlaufende Unterstützung, die auch die Ausbildung, Integration und Einstellung geeigneter Mitarbeiter_innen umfassen, sind unerlässlich (Masood & Egger, 2019). Um anfängliche Skepsis abzubauen, können Veranstaltungen mit z. B. Hands-On-Trainings hilfreich sein. Missverständnisse zu und Vorurteile gegenüber XR-Technologien, die aufgrund von medialer Berichterstattung oder persönlicher Erfahrungen entstehen, sollten durch aktives Erwartungsmanagement aufgearbeitet werden (Jalo et al., 2022).

Die **Anwender_innenakzeptanz** (User Acceptance), die auch im Fokus des Technologieakzeptanzmodells steht, findet sich im organisationalen Kontext wieder. Der Effekt der Technologie auf die Anwender_innen und ihre Arbeit spielt eine entscheidende Rolle bei der Implementierung (Baker, 2012; Davis et al., 1989). Diesbezüglich stellen für XR-Technologien z. B. falsche Erwartungen und ergonomische Herausforderungen wie das hohe Gewicht von Head-Mounted Displays Barrieren dar, die die Bereitschaft zur Nutzung dieser beeinflussen (Masood & Egger, 2019).

3.2.3 Externe Einflussfaktoren

Der Umweltkontext umfasst den Einfluss der Organisationsumwelt auf die Technologieadoption in der Organisation. Dazugehörige externe Einflussfaktoren sind der Wettbewerbsdruck, die externe Unterstützung, das regulatorische Umfeld, der Stakeholderdruck und die Stakeholderbereitschaft.

Wettbewerbsdruck (Competitive Pressure) kann Unternehmen dazu veranlassen, neue Technologien zu adoptieren, um einen Wettbewerbsvorteil wie reduzierte Kosten zu erlangen (DePietro et al., 1990; Zhu et al., 2003). Bei sichtbaren Vorteilen anderer Organisationen in ihrer Umgebung neigen Organisationen dazu, ihre Verhaltensweisen, einschließlich der Technologieadoption, zu imitieren (DiMaggio & Powell, 1983). Laut Jalo et al. sind XR-Technologien aktuell im industriellen Kontext jedoch nicht weit verbreitet bzw. werden vorwiegend für interne Prozesse eingesetzt. Daher sind der Einsatz als auch die Vorteile der XR-Technologien außerhalb von Organisationen kaum sichtbar (Jalo et al., 2022).

Die **externe Unterstützung** (External Support) durch beispielsweise Hersteller, Dienstleister oder andere Organisationen wie Industrievereinigungen, kann die Technologieadoption entscheidend beeinflussen (DePietro et al., 1990; Masood & Egger, 2019). Insbesondere Unternehmen mit unzureichenden Fähigkeiten oder unzureichend ausgebildeten bzw. interessierten Mitarbeiter_innen, sind möglicherweise nicht in der Lage, allein Lösungen zu finden und benötigen daher externe Unterstützung (Jalo et al., 2022; Masood & Egger, 2019). Diese Unterstützung kann sich sowohl auf die Entscheidungsfindung, z. B. durch die Bereitstellung von Informationen und Beratung, als auch auf die Implementierung beziehen (Masood & Egger, 2019). Da Extended Reality derzeit ein Nischenmarkt ist, ist die Auswahl an geeigneten Partnerorganisationen, insbesondere in kleineren Ländern, begrenzt (Jalo et al., 2022).

Das **regulatorische Umfeld** (Regulatory Environment) kann sowohl förderlich als auch hinderlich auf die Technologieadoption wirken (DePietro et al., 1990). Einerseits zählen dazu Gesetze und Regulierungen, aber auch Anreize in Form von Förderprogrammen und Steuererleichterungen. Andererseits kann der Staat auch Unterstützung in Form von Assistenz, z. B. Beratungsstellen, und Promotion anbieten. Prominente Beispiele für das regulatorische Umfeld sind die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) und die COVID-19-Maßnahmen, die Auswirkungen auf die Adoption bestimmter Technologien haben bzw. hatten.

Der wahrgenommene **Stakeholderdruck** (Stakeholder Pressure), d. h. der Druck seitens der Kund_innen, Lieferant_innen und Partnerorganisationen, kann ein Motivator für die Technologieadoption sein. Organisationen passen sich oft an die Erwartungen und Anforderungen ihrer Stakeholder an, da deren Sichtweise auf die Organisation wichtig ist (DePietro et al., 1990; Jeyaraj et al., 2006). Partnerorganisationen können Druck ausüben, eine Technologie zu adoptieren, um die Zusammenarbeit zu erleichtern. Vor allem kleine Organisationen sind dem Druck, sich an technologische Trends anzupassen, ausgesetzt (Iacovou et al., 1995).

Stakeholderbereitschaft (Stakeholder Readiness) ist ein entscheidender Faktor für die Technologieadoption, insbesondere wenn die Technologie bei Stakeholdern zum Einsatz kommen soll (Jalo et al., 2022; Zhu et al., 2003). Bei der Adoption von XR-Technologien bestehen diesbezüglich vor allem Herausforderungen hinsichtlich der Akzeptanz seitens der Stakeholder und ihrer Fähigkeiten. Auch kulturelle Faktoren wie die Präferenz für persönliche Treffen gegenüber virtuellen kann eine Rolle spielen. Aktuell beschränkt sich laut Jalo et al. der Einsatz von XR-Technologien in industriellen Klein- und Mittelunternehmen auf interne Prozesse und ausgewählte Partnerorganisationen bzw. Kund_innen (Jalo et al., 2022).

4 Methodologie

In dieser Masterthese wird ein qualitativer Forschungsansatz verfolgt. Im Mittelpunkt der qualitativen Forschung stehen die Erforschung und das Verstehen der Bedeutung sozialer und menschlicher Probleme, die von Individuen oder Gruppen diesen Problemen zugeschrieben wird. Ausgehend von den formulierten Fragestellungen werden Daten in einer relevanten Umgebung erhoben und sowohl induktiv als auch deduktiv analysiert, um Muster oder Themen zu identifizieren (Creswell & Poth, 2016). Im Folgenden werden das gewählte Stichprobenverfahren, die verwendete Datenerhebungsmethode und die thematische Analyse zur Datenanalyse vorgestellt.

4.1 Schneeballverfahren als Stichprobenverfahren

Die Teilnehmer_innen wurden in dieser Masterthese mit Purposeful Sampling als Stichprobenverfahren identifiziert, im Speziellen wurde dabei das Schneeballverfahren (Snowball Sampling) angewandt. Beim Purposeful Sampling, werden Teilnehmer_innen, die wertvolle Einblicke in das zu untersuchende Phänomen geben können, gezielt ausgewählt. Dabei werden diese aufgrund ihrer relevanten Expertise und Erfahrungen für die Forschungsfrage identifiziert. Aufgrund der begrenzten Zielgruppe werden beim Schneeballverfahren Teilnehmer_innen gebeten, weitere potenzielle Teilnehmer_innen zu rekrutieren (Palinkas et al., 2015).

Relevante Teilnehmer_innen im Rahmen dieser Masterthese waren Manager_innen und Entscheidungsträger_innen in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft, die in Projekten zur XR-Technologieadoption eingebunden sind oder waren. Zuerst wurde zur Identifizierung potenzieller Teilnehmer_innen eine Liste an Organisationen der österreichischen Elektrizitätswirtschaft erstellt. Ausgehend von dieser Liste wurden potenzielle Teilnehmer_innen, d. h. Manager_innen und Entscheidungsträger_innen dieser Organisationen, durch Online-Recherche identifiziert. Diese wurden per E-Mail oder LinkedIn kontaktiert und zu einem Interview eingeladen. Des Weiteren wurden sie gebeten, weitere potenzielle Teilnehmer_innen zu rekrutieren bzw. zu empfehlen.

Die Größe der Stichprobe war nicht vordefiniert, sondern wurde durch das Prinzip der theoretischen Sättigung bestimmt. Theoretische Sättigung tritt ein, wenn keine neuen Themen, Einblicke oder relevanten Informationen mehr aus den erhobenen Daten hervorgehen oder zu erwarten sind. Das bedeutet, dass weitere Teilnehmer_innen rekrutiert werden, solange die theoretische Sättigung nicht erreicht ist (Glaser & Strauss, 2017).

4.2 Semi-strukturierte Interviews als Datenerhebungsmethode

Als Datenerhebungsmethode wurde das semi-strukturierte Interview verwendet. Ziel der Interviews war die Sammlung der Erfahrungen und Gedanken der Teilnehmer_innen hinsichtlich der Adoption von XR-Technologien in ihren Organisationen. Semi-strukturierte Interviews werden mithilfe eines Interviewleitfadens, bestehend aus offenen Fragen, durchgeführt und ermöglichen eine offene Unterhaltung zwischen dem Interviewer und den Teilnehmer_innen. Die Teilnehmer_innen können nicht nur ihre Erfahrungen und Gedanken in eigene Worte fassen, sondern auch neue Aspekte, die für die Beantwortung der Forschungsfragen relevant sein können, hervorbringen. Der Interviewer kann im Laufe eines Interviews vom Interviewleitfaden abweichen, um auf Aussagen der Teilnehmer_innen einzugehen, Unklarheiten zu hinterfragen und neue Themen zu ergründen. Während des Interviews sollte eine sichere und angenehme Atmosphäre vorherrschen, z. B. durch eine neutrale und unvoreingenommene Haltung des Interviewers, damit die Teilnehmer_innen offen und ehrlich ihre Erfahrungen und Gedanken mit dem Interviewer teilen (DiCicco-Bloom & Crabtree, 2006).

Der in dieser Masterthese verwendete Interviewleitfaden, der im Anhang enthalten ist, wurde ausgehend von den Erkenntnissen der durchgeführten Literaturrecherche und dem Technology-Organization-Environment Framework erstellt. Der Interviewleitfaden besteht aus offenen Fragen zu der Person, der Organisation, den Einflussfaktoren auf die Adoption von XR-Technologien und den dazugehörigen Chancen und Herausforderungen. Um Unklarheiten und irrelevante Fragen vorab zu entdecken, wurde der Interviewleitfaden mit zwei Versuchspersonen getestet. Basierend auf dem Feedback dieser Tests wurde der Interviewleitfaden adaptiert, um Klarheit und Relevanz zum Thema sicherzustellen.

Vor jedem Interview wurde eine zu unterschreibende Einverständniserklärung mit einer Beschreibung der Studie den Teilnehmer_innen zugesendet. Die Einverständniserklärung beinhaltet auch die Zustimmung zur Aufnahme des Interviews und zur weiteren Verarbeitung. Den Teilnehmer_innen stand es frei vor Unterzeichnung der Einverständniserklärung Bedenken zu äußern und Fragen zu stellen, um Unklarheiten zu klären. Abhängig von der Verfügbarkeit und Präferenz der Teilnehmer_innen wurden die Interviews in persona, telefonisch oder per Videomeeting durchgeführt. Die Interviews wurden aufgenommen und dauerten zwischen 45 und 90 Minuten. Während der Interviews als auch danach fertigte der Interviewer Notizen an, um eigene

Beobachtungen, Erkenntnisse und Reaktionen festzuhalten. Jedes Interview wurde direkt im Anschluss für die Datenanalyse transkribiert. Um die Geheimhaltung zu wahren und die teilnehmenden Personen und deren Organisationen zu schützen, erfolgte die Transkription der Interviews in anonymisierter Form, d. h. die Transkripte enthalten keine Hinweise auf die Personen und ihre Organisationen.

4.3 Thematische Analyse nach Braun und Clarke zur Datenanalyse

Die transkribierten Interviews wurden mithilfe der thematischen Analyse ausgewertet. Die thematische Analyse ist ein flexibles Forschungsinstrument zur Identifikation, Analyse und Interpretation von Mustern oder Themen in Daten. Sie bietet die Möglichkeit, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu identifizieren, und ein umfangreiches Verständnis zu dem untersuchten Forschungsthema, hier der Adoption von XR-Technologien in Unternehmen der Elektrizitätswirtschaft, zu erhalten. Die thematische Analyse in dieser Masterthese wurde softwareunterstützt mit MAXQDA durchgeführt und folgte dem 6-Phasen-Framework von Braun und Clarke zur Durchführung der thematischen Analyse. Die sechs Phasen des Frameworks sind (Braun & Clarke, 2006):

1. Vertraut machen mit den Daten: Zu Beginn der thematischen Analyse macht sich der Forscher mit den Daten, in dieser Masterthese den Transkripten, durch mehrfaches Lesen vertraut. Dies erfolgt aktiv, d. h. der Forscher sucht hier bereits nach Mustern in den Daten. Hierfür eignet sich insbesondere die Transkription verbaler Daten, d. h. der Interviews. Bereits in dieser Phase sollten Notizen zu den Daten angefertigt als auch Ideen für die Kodierung festgehalten werden, die in den folgenden Phasen berücksichtigt werden können.
2. Initiale Codes entwickeln (Kodierung): Teile der Daten, die als relevant für die Beantwortung der Forschungsfragen wahrgenommen werden, werden hervorgehoben und kodiert. Bei der Kodierung werden den hervorgehobenen Datensegmenten Codes zugewiesen und die Datensegmente anhand dieser Codes gruppiert. Braun und Clarke empfehlen so viele Codes wie möglich zu erstellen und die hervorgehobenen Datensegmente nicht zu eng zu fassen, um auch kontextrelevante Information beizubehalten. In dieser Masterthese wurden die potenziellen Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption aus der Literatur als initiale Codes zusätzlich verwendet.

3. Nach Themen suchen: Ausgehend von den zugewiesenen Codes werden sich wiederholende Muster, d. h. Themen, gesucht. Hierbei werden nicht nur die Codes, sondern auch Verbindungen zwischen diesen analysiert, um übergreifende Themen zu finden. Die Suche nach Themen beinhaltet auch die Unterteilung in Subthemen. Das Ergebnis dieser Phase ist eine Liste möglicher Themen und Subthemen als auch dazugehöriger Datensegmente.
4. Themen überprüfen: Die möglichen Themen werden sowohl bezogen auf die entsprechenden kodierten Datensegmente als auch auf die Gesamtheit der Daten überprüft. Hierbei können Themen gestrichen, vereint oder aufgrund der Komplexität in weitere Subthemen unterteilt werden. Essenziell ist, dass die Datensegmente eines Themas ein kohärentes Muster darstellen sollten, während sich die Themen voneinander deutlich unterscheiden sollten.
5. Themen definieren und benennen: Die identifizierten Themen werden präzisiert und eindeutig benannt. Im Fokus stehen dabei die Essenz jedes Themas und dessen Bezug zu den Forschungsfragen. Die Themen stellen in dieser Masterthese die identifizierten Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft dar.
6. Bericht erstellen: Abschließend werden die Ergebnisse, d. h. die Themen und Subthemen, anhand der Zitate aus den Interviews präsentiert und in Beziehung zu der bestehenden Literatur gesetzt. Die Interpretation der Erkenntnisse verfolgt die Beantwortung der Forschungsfragen.

5 Ergebnisse

Im Rahmen der empirischen Untersuchung wurden Interviews mit fünf Manager_innen und Entscheidungsträger_innen (T1, T2, T3, T4 und T5) der Elektrizitätswirtschaft, die in Projekten zur XR-Technologieadoption eingebunden sind oder waren, durchgeführt. In Tabelle 1 sind die die Organisationstypen und Positionen der Teilnehmer_innen übersichtlich dargestellt. Die erhobenen Daten gewähren einen Einblick in die Wahrnehmungen und Meinungen der Teilnehmer_innen zur Technologieadoption und im Speziellen zur Adoption von XR-Technologien in ihren Unternehmen. In allen befragten Unternehmen werden oder wurden XR-Technologien eingesetzt oder erprobt. Die Ergebnisse sind im Folgenden nach dem TOE-Framework in Unterkapitel gegliedert.

Tabelle 1: Übersicht der Teilnehmer_innen

Teilnehmer_in	Organisationstyp	Position
T1	Energieversorgungsunternehmen	Projektmanager_in
T2	Energieversorgungsunternehmen	Projekmanager_in
T3	Netzbetreiber	Abteilungsleiter_in
T4	Energieversorgungsunternehmen	Projektmitarbeiter_in
T5	Netzbetreiber	Abteilungsleiter_in

5.1 Technologische Einflussfaktoren

Die technologischen Einflussfaktoren beziehen sich auf die zu implementierende Technologie sowie auf die bereits bestehenden Technologien innerhalb der Organisation. Signifikante Aussagen der Teilnehmer_innen zu den technologischen Einflussfaktoren sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Alle Teilnehmer_innen nennen die **relativen Vorteile** bzw. den Mehrwert als entscheidenden Faktor für die Technologieadoption. Die Mehrwertanalyse ist ein Standardinstrument für die Bewertung praktischer Anwendungsfälle, was sowohl für die Argumentation zum Management hin als auch die Akzeptanz seitens der Mitarbeiter_innen relevant ist (T1, T3, T4, T5). Die Vorteile im Vergleich zu den bestehenden Technologien und zu erwartenden Kosten sind ausschlaggebend für die Selektion von Anwendungsfällen und Technologien, die erprobt werden sollen, als auch für die

Bündelung von Ressourcen zu diesem Zweck (T3, T5). Als Vorteile der XR-Technologien werden von den Teilnehmer_innen Effizienzsteigerungen, Verbesserung der Arbeitsbedingungen, Erhöhung der Arbeitssicherheit, Wissenstransfer und Kosteneinsparungen genannt. Die relativen Vorteile hängen auch vom zusätzlichen Informationsgehalt ab, der durch den Einsatz von XR-Technologien geliefert wird (T2). Zu den Vorteilen von XR-Technologien herrschen unterschiedliche Erfahrungen und Sichtweisen. Teilnehmer_in T3 ist von den Vorteilen von AR-Brillen überzeugt, jedoch nicht von den Vorteilen von VR-Brillen, z. B. für die Schulung von Mitarbeiter_innen, da die Inhaltsgenerierung zu aufwendig ist. Während für Teilnehmer_in T1 die Vorteile von VR-Brillen, z. B. für Führungen und Präsentationen, eindeutig sind, werden die Vorteile von AR-Brillen als gering bewertet, da diese nur in wenigen Anwendungsfällen Vorteile im Vergleich zu Smartphones bieten würden. Für die Teilnehmer_innen T2, T4, und T5 bietet der Einsatz von AR-Brillen kaum Vorteile im Vergleich zu Smartphones.

Die **Technologiereife** der XR-Technologien, insbesondere der VR- und AR-Brillen, wird von der Mehrheit der Teilnehmer_innen als unzureichend für den täglichen Einsatz bewertet (T1, T2, T3, T4). Die verfügbaren Technologien sind für die vorhandenen Arbeitsbedingungen nicht reif genug. Sowohl die Hardware als auch die Anwendungen sind aktuell zu komplex bzw. unhandlich, z. B. aufgrund von kleinem Akku, hohem Gewicht und unzureichender HelminTEGRATION (T3, T4). Im Unterschied dazu wird die Technologiereife von AR mit Smartphones und Tablets als gut eingeschätzt (T1, T2, T4). Des Weiteren liefern weder die Lokalisierung per Geoposition noch die Bilderkennung zufriedenstellende Ergebnisse (T3). Für die Kommunikation wird eine gute Internetanbindung für die Übertragung hoher Datenmengen benötigt. Sowohl in Innenräumen als auch im Außeneinsatz, z. B. in ländlichem Gebiet, stellt dies eine Herausforderung dar (T1, T3). Die Relevanz der Technologiereife unterstreicht Teilnehmer_in T3 mit folgender Aussage:

Und wir wissen aber seit Jahren, was wir machen würden, wenn wir die Technologie so hätten, wie wir sie brauchen. Aber es ist halt noch nicht so weit und das sparen wir uns auf.

Laut Teilnehmer_in T5 hingegen scheitert der Einsatz von XR-Technologien aktuell nicht an deren Technologiereife, sondern an den Anwendungsfällen. Aber auch Teilnehmer_in T5 betont, dass die Sonneneinstrahlung und Reflexionen im Außenbereich eine Herausforderung darstellen, da diese den Sichtbereich einschränken. Dies

TU Wien MBA

kann die Sicherheit gefährden, was ein Ausschlusskriterium für den Einsatz sein kann (T3, T4, T5).

Die Relevanz der **Kompatibilität** von XR-Technologien wird von den Teilnehmer_innen ausschließlich aus der technologischen Perspektive betrachtet (T1, T3, T4, T5). Hierbei herrschen unterschiedliche Sichtweisen vor. Einerseits wird die Integration in bestehende Systeme als aufwendig bewertet, insbesondere die Datenintegration als auch die zugehörige Datenhaltung (T1, T5). Andererseits stellt die Integration keine Herausforderung dar, falls klare Schnittstellen und die Datenbasis existieren, da Systemintegration ein Standardprozess ist (T3, T4). Durch den Einsatz neuer Technologien wie künstlicher Intelligenz könnte dies wesentlich erleichtert werden (T1).

Die **Komplexität** der XR-Technologien wird als hoch empfunden und wirkt sich direkt auf die Anwender_innenakzeptanz aus (T1, T3, T4). Kritikpunkte sind die Helmin-Integration und Bedienung von Datenbrillen. Einerseits ist die Navigation in VR-Modellen nicht intuitiv, andererseits ist z. B. die Einbindung in das lokale Netzwerk mit mehrfachen Passwordeingaben über eine AR-Brille zu umständlich. Daher bevorzugen Anwender_innen eher Smartphones oder Tablets (T1, T4). Laut Teilnehmer_in T1 lassen sich 95 % der Anwendungsfälle gut durch den Einsatz von Smartphones bzw. Tablets abdecken, wodurch der Mehrwert von VR- und AR-Brillen nicht gesehen wird (T1). Die Verbreitung von XR-Technologien im privaten Bereich wird dies zukünftig erleichtern (T3, T4). Teilnehmer_in T3 unterstreicht die aktuelle Komplexität von XR-Technologien mit:

Wenn das so funktioniert, wie man es in Filmen sieht, von Tom Cruise und etc., ja, dann hat das Erfolg. Aber vorher braucht man gar nicht darüber nachdenken, sowas einzusetzen.

Die Teilnehmer_innen nennen die **Erprobbarkeit** einer Technologie als relevanten Faktor (T1, T3, T4, T5). Die Auseinandersetzung mit der Technologie im Vorfeld, um die Vorteile der Technologie zu ermitteln, ist notwendig und spart in weiterer Folge Ressourcen (T5). Dabei werden nach anfänglicher Analyse Anwendungsfälle und Technologien in kleinem Rahmen, standardmäßig in Pilotprojekten, erprobt (T1, T3, T4, T5). Dadurch sollen Erfahrungen gewonnen als auch die Vorteile und Grenzen der Technologien identifiziert werden (T3, T5). Die anfängliche Analyse stellt v. a. bei neuen Technologien wie XR-Technologien eine Herausforderung dar, da wenige aufschlussreiche Daten und Erfahrungen verfügbar sind (T4). Pilotprojekte erfolgen praxisnah unter Einbeziehung aller Stakeholder, auch um die Akzeptanz im Vorfeld zu

steigern (T1, T5). Teilnehmer_in T3 hebt die Relevanz der Erprobbarkeit mit folgender Aussage hervor:

Das kriegt man halt nicht von der Stange. Das sind genauso Dinge wie AR, die man einfach mal probieren muss und testen muss.

Eine wesentliche Grundlage aus Sicht der Teilnehmer_innen für den Einsatz von XR-Technologien sind die verfügbare **Datenbasis** und deren Organisation. Die Organisation und Aufbereitung digitaler Inhalte für den einfachen Zugriff und die Wahrung der Datenkonsistenz sind keine trivialen Aufgaben und extrem aufwendig (T1, T4, T5). Andere Teilnehmer_innen sehen die Daten nicht als Problem, da diese bereits in den Systemen vorhanden sind (T2, T3). Insbesondere die Generierung von interaktivem Inhalt, u. a. 3D-Modellen, wird insbesondere für VR-Anwendungen als größter Hemmschuh gesehen (T1, T2, T3, T5). Der Detaillierungsgrad vorhandener Inhalte ist gering und beschränkt sich auf Dokumente und Videos, die z. B. für Präsentationen an Willkommenstagen verwendet werden können (T5). Durch den Einsatz neuer Technologien wie künstlicher Intelligenz soll die Inhaltsgenerierung zukünftig erleichtert werden (T1, T5).

Die mit dem Einsatz der einzuführenden Technologie verbundene **Sicherheit** wird als essenziell betrachtet und genau geprüft (T3, T5). Der gefahrenlose Einsatz der Technologie muss gegeben sein, dies bezieht sich sowohl auf die Daten als auch auf die physischen Arbeitsbedingungen (T3, T5). Beim Einsatz von Drittlösungen ist die Frage der Datensicherheit entscheidend, d. h., dass auf die Daten nicht unbefugt zugegriffen werden darf (T4). Die Sichteinschränkung durch AR-Brillen stellt v. a. ein Problem dar, da dadurch die Unfallgefahr wesentlich erhöht wird (T4). Des Weiteren sollte die Technologie keine gesundheitliche Belastung für die Mitarbeiter_innen darstellen (T5).

Tabelle 2: Zitate der Teilnehmer_innen zu den technologischen Einflussfaktoren

Einflussfaktor	Zitate
Relative Vorteile	<p><i>Und das war das Entscheidende. Wenn das keinen Mehrwert hat, also Mehrwert-Aufwand ist immer das Problem. Wenn der Mehrwert enden wollend ist, dann werden wir das nicht weiter treiben. Aber selbst unter den damaligen Voraussetzungen haben wir schon einen Mehrwert erkannt. Also deswegen bin ich überzeugt davon, dass das kommen wird, diese Technologie.</i></p> <p>(T3)</p>

Technologie-reife	<i>Ich glaube nicht, dass es an der Technologie scheitert derzeit. Eher vielleicht am Anwender, der noch ein bisschen seinen Use Case sucht. (T5)</i>
Kompatibilität	<i>Ich sehe nicht so die Hürde, wir haben viele Schnittstellen zu anderen Systemen auch. (T3)</i>
Komplexität	<i>Dann das Feedback einfach von den Anwendern, die sagen, nein, das muss etwas sein, was viel unkomplizierter zum Anwenden ist. Also die würden eher zu einem Smartphone, was sie ja eh dabei haben, oder zu einem Tablet greifen und da braucht es nicht unbedingt eine Datenbrille. (T1)</i>
Erprobbarkeit	<i>Wenn man einen neuen Use Case angeht, schaut man, welche Vorteile bringt das und ist das Tool dann wirklich so wie im Verkaufsgespräch quasi. Piloten sind bei uns der Klassiker eigentlich. (T5)</i>
Datenbasis	<i>Weil die Content-Generierung einfach aufwendig ist. Da sind meiner Meinung nach die Grenzen, auch beim Detaillierungsgrad. Aber das wird runtergehen und das wird billiger werden und vielleicht ist das zukünftig ganz anders. Aber aus aktueller Sicht ist das glaube ich der größte Hemmschuh. (T1)</i> <i>Da sind wir schon mehrere Jahre damit beschäftigt, zwei, drei, vier Jahre, wenn wir mal die digitale Basis herstellen wollen. Und auf Basis dessen kann man dann die nächsten Schritte setzen. (T5)</i>
Sicherheit	<i>Die Security, das ist immer die Security. Ja, das ist die größte Hürde, aber die ist machbar. (T3)</i> <i>Wenn es auch nur ein bisschen die Sicherheit verschlechtert für den Arbeitnehmer, dann ist es ganz klar, dass es sich nicht durchsetzen wird und kann. Das ist Priorität Nummer eins für jeden Arbeitgeber und muss es auch sein. Da muss eine Null-Toleranz-Politik her und deswegen glaube ich, ist das auch ein großes Bedenken. (T4)</i>

5.2 Organisationale Einflussfaktoren

Organisationale Einflussfaktoren berücksichtigen organisationsinterne Aspekte in Bezug auf die Technologieadoption. Eine Auswahl an wesentlichen Aussagen der Teilnehmer_innen zu den organisationalen Einflussfaktoren ist in Tabelle 3 enthalten.

Im Zusammenhang mit den Ressourcen wird die **Organisationsgröße** erwähnt, aber nicht als entscheidender Faktor für die Technologieadoption genannt (T1, T2, T5). Kleinere Unternehmen verfügen zwar über weniger Ressourcen und Möglichkeiten, aber dafür über kurze Entscheidungswege. In großen Unternehmen bestehen mehr Ressourcen und Möglichkeiten, aber aufgrund der Größe entstehen Nachteile hinsichtlich der Kommunikation im Unternehmen, der Entscheidungsfindungsprozesse und der Stakeholdereinbindung, die zeitaufwendiger sind (T1).

Die **Organisationsbereitschaft** in Form finanzieller als auch personeller Ressourcen ist für Innovation laut allen Teilnehmer_innen essenziell. Eine Vielzahl an innovativen Anwendungsfällen und Technologien existiert, jedoch sind die verfügbaren Ressourcen limitiert, da diese für das Tagesgeschäft gebunden sind, v. a. im Hinblick auf die aktuell vorherrschende Projektlage aufgrund der Energiewende. Teilnehmer_in T1 unterstreicht dies mit folgender Aussage:

Also Projektgeschäft hat natürlich extrem hohe Bedeutung und im Zweifelsfall, wenn sich die Fachabteilung entscheiden muss zwischen ich schicke meinen Experten, meine Expertin zum Projekt, oder ich lasse da an der Digitalisierung, an den digitalen Innovationen sich austoben, da ist klar, wie die Entscheidung ausgeht.

Daher ist die Bündelung von Ressourcen unerlässlich. Dazu werden Anwendungsfälle bewertet und selektiert, um diese schwerpunktmäßig weiterzuverfolgen (T1, T3, T5). Dabei muss Zeit für Innovation aktiv genommen werden wie im Falle von XR-Technologien (T1, T3, T4). Aufgrund vorherrschender Restriktionen während der COVID-19-Pandemie, die sich auf das Tagesgeschäft auswirkten, konnten vermehrt Ressourcen für die Innovation verwendet und Verständnis dafür geschaffen werden (T1). Die benötigten finanziellen Ressourcen für die Technologieadoption werden nicht als Ausschlusskriterium betrachtet, jedoch sollte sich der Mehrwert der Innovation in diesen widerspiegeln (T1, T3, T4). Je höher die benötigten finanziellen Ressourcen, desto höher der damit verbundene Aufwand und desto länger die Entscheidungsprozesse (T1). Alle Teilnehmer_innen bewerten die Rahmenbedingungen, die vom Management geschaffen werden, hinsichtlich der verfügbaren Ressourcen für

TU Wien MBA

Innovation in ihren Unternehmen positiv (T1, T3, T5). Dennoch werden interessante Projekte aufgrund mangelnder Ressourcen nicht weitergetrieben, wie Teilnehmer_in T1 betont:

Nein, also wir haben immer das Remote-Support-Thema am Radar. Scheitert aktuell aber daran, dass wir niemanden haben, der das Projekt weiter vorantreibt, sprich da haben wir ein Ressourcenthema. Interessant wäre das allemal.

Managementsupport wird als unabdingbar für die Technologieadoption gesehen und ist in den Unternehmen der Teilnehmer_innen gegeben. Die strategische Relevanz und der Nutzen von Innovation sind dem Management bewusst (T1, T4). Das Bekenntnis und der Druck, sich mit Innovation auseinanderzusetzen, gehen vom Management aus (T1, T5). Dieses Bekenntnis ist eng verbunden mit der Schaffung notwendiger Rahmenbedingungen, d. h. der Bereitstellung von finanziellen als auch personellen Ressourcen sowie der Möglichkeit Technologien und Anwendungsfälle auszuprobieren (T1).

Alle Teilnehmer_innen beschreiben ihre Unternehmen als innovativ und die **Organisationskultur** als innovationsfreundlich. Innovation ist Teil der Unternehmensphilosophie und Innovationsstrategien sind in allen Unternehmen verankert. Eigene Abteilungen bzw. Strukturen für Innovation sind in den Unternehmen vorhanden (T1, T2, T5). Die Mitarbeiter_innen sind Innovation gegenüber positiv eingestellt und sich der Relevanz von Innovation und Weiterentwicklung als auch dem Tagesgeschäft bewusst (T3, T4). Um innovativ zu sein, ist eine gelebte Fehlerkultur im Unternehmen unerlässlich, die Erproben und Scheitern erlaubt, wie Teilnehmer_in T3 betont:

Und dann kann es auch sein, dass man sagt, hoppala. Dann erkennt man, das zahlt sich nicht aus, oder das wird nichts werden. Mit Innovation geht man immer auch ein paar Fehlschritte. Vielleicht drei Schritte nach vor, einen Schritt zurück. Aber in Summe wirst du trotzdem vorkommen. Sonst kannst du nicht innovativ sein.

Innovative Anwendungsfälle und Technologien werden in allen Unternehmen einerseits von außen durch Partnerorganisationen eingebracht, andererseits werden diese aber auch ausgehend vom internen Bedarf bzw. Problemen ermittelt.

Die Relevanz des **Change Managements** bei der Technologieadoption wird von allen Teilnehmer_innen hervorgehoben. Begleitende Change-Prozesse bei der Technologieadoption sind Standard in den Unternehmen (T2, T3, T4, T5). Insbesondere die

praxisnahe Einbindung aller Stakeholder, einschließlich der Anwender_innen und des Betriebsrats, wird mehrfach von allen Teilnehmer_innen genannt. Je höher die Anwender_innenakzeptanz, desto geringer ist der Aufwand für den Change Prozess und höher die Erfolgchancen (T1, T3, T4, T5). Technologien und Anwendungsfälle sollten nicht „still im Kämmerlein“ an den Bedürfnissen der Anwender_innen vorbei entwickelt und den Mitarbeiter_innen aufgezwungen werden (T1, T2, T3). Die Anwender_innen sollten zu Beteiligten gemacht werden, da diese über ihre Anforderungen am besten Bescheid wissen. (T1, T3, T5). Die Einbindung führt auch dazu, dass diese am Erfolg interessiert sind und dies nach außen tragen, wie Teilnehmer_in T1 betont:

Und wenn man die dann mit dem Projekt auch noch einmal überzeugt, hat man den Vorteil, dass die das dann weitertragen. Und man muss nicht wie der Messias durch die Lande ziehen und sagen, VR, das ist es, weil da ist man unglaublich. Der Austausch geht dann auf der operativen Ebene. So schaut her, das haben wir bei uns probiert, das setzt man so ein, ist absolut gescheit. Ist eine ganz andere Geschichte, wie wenn der Prophet durch die Lande zieht, extern oder intern und Verkäufermentalität an den Tag legt. Also das hat sich bei uns auch bewährt.

Neben der Einbindung sind auch Erfolge nötig, um die Mitarbeiter_innen zu überzeugen (T1). Des Weiteren sollten auch Maßnahmen für Problemsituationen vorbereitet werden, um adaptiv Korrekturen vornehmen zu können (T5).

Die **Anwender_innenakzeptanz** wird als ein entscheidender Faktor für die Technologieadoption von allen Teilnehmer_innen genannt. Um diese zu erhöhen, muss ein klarer Anwendungsfall definiert und der Mehrwert für die Anwender_innen klar ersichtlich sein (T3, T5). Unabhängig vom Mehrwert sollte der Einsatz der Technologie die Arbeit der Anwender_innen nicht erschweren, sondern anwenderfreundlich sein (T2, T3, T4, T5). Aktuell werden VR- und AR-Brillen als unbequem und unhandlich in der Bedienung, z. B. aufgrund von kleinem Akku und fehlender Helmintegration, wahrgenommen (T1, T2, T3, T4). Insbesondere in Außenbereichen unterliegen sie Störungen durch Sonneneinstrahlung und Reflexion (T5). Die fehlende Anwender_innenakzeptanz ist ein Ausschlusskriterium, das zum Scheitern von Projekten führen kann (T4). Sie ist auch abhängig von der Innovativität der Mitarbeiter_innen (T3). Diesbezüglich ist ein Unterschied zwischen älteren und jüngeren Mitarbeiter_innen ersichtlich. Während jüngere Mitarbeiter_innen aufgeschlossener gegenüber Innovation sind bzw. diese sogar erwarten und im privaten Bereich verwenden, sind ältere

Mitarbeiter_innen zurückhaltender. Um diese zu überzeugen, muss der Mehrwert herausgestellt und mit Erfolgen, d. h. konkreten Verbesserungen, demonstriert werden (T1).

Tabelle 3: Zitate der Teilnehmer_innen zu den organisationalen Einflussfaktoren

Einflussfaktor	Zitate
Organisationsgröße	<p><i>Der Nachteil ist aber sicher ab einer gewissen Größe was die Kommunikationsaktivitäten betrifft. Sprich, wir sind weit weg von einem flexiblen Start-up, das schnell mal was probiert, und Budget kriegt und probieren kann. (T1)</i></p>
Organisationsbereitschaft	<p><i>Wir hätten natürlich extrem viele Use Cases und Themen, die wir bearbeiten wollen würden. Letztlich ist es limitiert ein bisschen in den Ressourcen. Wir fahren bei gewissen Themen schwerpunktmäßig und bündeln da die Ressourcen. (T5)</i></p> <p><i>Also bei uns ist es so, dass Innovation hochgeschrieben wird, mit den Einschränkungen, dass man natürlich nicht nur innovativ sein kann. Wir müssen auch arbeiten, aber ohne Innovation gibt es keine Weiterentwicklung. Und deswegen ist es uns ganz, ganz wichtig, dass man immer beide Schienen bedient. (T3)</i></p>
Managementsupport	<p><i>Da ist natürlich auch wichtig, dass die Rückendeckung von ganz oben kommt, dass man das Bekenntnis hat, okay, die dürfen was probieren und das geht. Und die Unterstützung muss da sein. Das hilft natürlich. Das ist Grundvoraussetzung. (T1)</i></p>
Organisationskultur	<p><i>Unser Ziel ist es immer, innovativ nach vorne zu schauen und auch mal Dinge auszuprobieren, die nicht unmittelbar vielleicht gleich einsetzbar sind, Dinge vielleicht auch wieder zu verwerfen. Aber das ist Unternehmensphilosophie und das machen wir immer sehr aktiv. (T3)</i></p> <p><i>Es ist immer ein Schwieriges, ein Drahtseilakt, wenn man so will. Wie weit will ich mich aus dem Fenster lehnen und Risiken eingehen für eine Technologie, wo ich nicht sicher sein kann, dass es sich durchsetzt. Und wie weit will ich darauf verzichten</i></p>

	<i>und dann einer von den Letzten sein, die es implementieren und dann darauf kommen, wie viel Geld ich eigentlich verloren habe, weil ich das nicht gemacht habe. (T4)</i>
Change Management	<p><i>Also das Schlechteste ist, das kennen wir aus vielen Projekten, den Mitarbeitern zu sagen, nachdem man das vielleicht selbst sich irgendwie im Kämmerlein überlegt hat, zu sagen, was sie brauchen, was gut für sie ist. Würde ich mir auch nicht anmaßen, weil ich der Meinung bin, dass die Mitarbeiter sehr wohl selber am besten wissen, was sie brauchen und was gut ist. Und so einen Prozess sollte man ausschließlich mit, zwar mit Ausgewählten, du kannst ja nicht alle nehmen, aber mit denen beginnen, die dann letztendlich auch die Anwender sind. Sonst wird das nicht sehr erfolgreich sein. Oder umgekehrt, es wird viel erfolgreicher sein, wenn die Betroffenen gleich zu Beteiligten gemacht werden. (T3)</i></p> <p><i>Dann begleiten Sie das im Rahmen eines Change-Prozesses jetzt dann. Aber das sind die üblichen Herausforderungen. Ich sage jetzt einmal, das ist nichts, was uns unterscheidet von anderen Unternehmen. Der wird entsprechend begleitet, intern und extern. (T5)</i></p>
Anwender_innen-akzeptanz	<p><i>Das heißt, manche Sachen sind einfach nicht praktisch genug. Die Frage ist, ob sich das jemals durchsetzen wird gegenüber der leichten Handhabung bei einem Handy oder so. (T4)</i></p> <p><i>Was das Um und Auf bei der Akzeptanz ist, ist, dass man sagt, was bringt mir das mehr, als ich vorher in der Anwendung gehabt habe. (T5)</i></p>

5.3 Externe Einflussfaktoren

Der Einfluss der Organisationsumwelt auf die Technologieadoption wird durch die externen Einflussfaktoren des Umweltkontexts repräsentiert. In Tabelle 4 sind zentrale Aussagen der Teilnehmer_innen zu den externen Einflussfaktoren aufgelistet.

Wettbewerbsdruck, XR-Technologien zu adoptieren, wird aktuell von den Teilnehmer_innen nicht verspürt. Druck herrscht v. a. im Tagesgeschäft aufgrund der zu

TU Wien MBA

meisternden Energiewende (T1, T4, T5). Dies wirkt sich hinderlich auf die Verfügbarkeit von Ressourcen für Innovationsvorhaben wie die XR-Technologieadoption aus (T1, T5). Im Hinblick auf Innovation wird keine Konkurrenzsituation wahrgenommen, sondern es wird kooperiert (T1, T4). Des Weiteren entsteht externer Druck, wenn man im Gegensatz zu konkurrierenden Unternehmen nicht innovativ ist (T3, T4). Ständige Weiterentwicklung und Innovation werden als essenziell bewertet, um für die Zukunft gewappnet zu sein (T1, T3, T5). Teilnehmer_in T1 betonte dies mit folgender Aussage:

Also den Leidensdruck haben wir definitiv nicht, wenn ich das behaupten würde, wäre ich unglaublich. Aber es kommen wieder andere Zeiten und man muss die Zeit einfach nutzen, um sich aufzustellen. Und das ist eher der Ansatz bzw. der Druck.

Externe Unterstützung ist für die Technologieadoption nach Meinung aller Teilnehmer_innen entscheidend, auch für die Adoption von XR-Technologien. Viele Ideen und Produkte bzw. Technologien werden von Partnerorganisationen herangetragen (T1, T3, T4, T5). Jedoch basieren umgesetzte bzw. erprobte Anwendungsfälle für XR-Technologien in den befragten Unternehmen auch auf Ideen von Mitarbeiter_innen (T3, T5). Partnerorganisationen bringen Wissen, Fähigkeiten und Ressourcen ein, die intern im Unternehmen nicht vorhanden sind (T2, T3). Dies erfolgt z. B. durch die Bereitstellung von Dienstleistungen und Testhardware (T5) als auch die Unterstützung bei Studien und Marktrecherchen (T1). Die Anzahl an verfügbaren Partnerorganisationen wird als mehr als ausreichend eingeschätzt, wodurch die Selektion geeigneter Partnerorganisationen umso wichtiger ist (T1, T5). Dennoch wird die Auswahl an verfügbaren Hardwarepartnern stark von wenigen großen Herstellern dominiert (T5). Bei Innovationsthemen ist in der Branche eine Konkurrenzsituation nicht wahrnehmbar, sondern eher Kooperation (T1, T4). Aufgrund der überschaubaren Elektrizitätswirtschaftsbranche in Österreich werden Erfahrungen entweder über direkten Kontakt oder bei Veranstaltungen miteinander ausgetauscht (T1, T3). Im Rahmen nationaler als auch internationaler Organisationen und Verbände werden Innovationsthemen in Arbeitsgruppen behandelt, jedoch nicht der Einsatz von XR-Technologien (T5). Bei der Zusammenarbeit mit Partnerorganisationen können Lizenzvereinbarungen und die Nutzung und Verarbeitung von Daten, v. a. im Hinblick auf Industriespionage, Hürden darstellen, die beachtet werden müssen (T4).

Förderprogramme als Teil des **regulatorischen Umfelds** sind für die Technologieadoption relevant und eigene Abteilungen in Unternehmen hierfür verantwortlich (T5).

Jedoch stellen Förderungen kein Ausschlusskriterium für die Technologieadoption dar (T4). Die Kontaktbeschränkungen während der COVID-19-Pandemie hatten einen erheblichen Einfluss auf die Technologieadoption von VR-Anwendungen als auch auf die für Innovation verfügbaren Ressourcen und das vorhandene Verständnis zu Innovation (T1). Die Datenschutzgrundverordnung kann eine Hürde darstellen, besonders im Hinblick auf den Einsatz von AR-Brillen, die mit Kameras ausgerüstet sind (T2, T4, T5).

Stakeholderdruck seitens Kund_innen oder Partnerorganisationen, XR-Technologien zu adoptieren, wird von allen Teilnehmer_innen nicht verspürt. Die Außenwirkung als Innovationsvorreiter ist nicht vorrangig, wird aber als ein Extra gesehen (T3). Jedoch speziell für die Mitarbeiter_innenanwerbung, insbesondere von jungen Mitarbeiter_innen, und die Außenwirkung als attraktiver Arbeitgeber ist es unabdingbar, zu zeigen, dass man sich mit innovativen Technologien beschäftigt (T1, T2, T3). Aufgrund des Einzugs von XR-Technologien ins private Leben ist dies umso relevanter, da sonst das Unternehmen uninteressant für junge potenzielle Mitarbeiter_innen sein könnte (T1). Teilnehmer_in T1 unterstreicht dies mit folgender Aussage:

Im Gegenteil, die würden sagen, was für ein verstaubter Laden ist denn das, das könnte man ja mit VR und einer VR-Brille locker herzeigen.

Tabelle 4: Zitate der Teilnehmer_innen zu den externen Einflussfaktoren

Einflussfaktor	Zitate
Wettbewerbsdruck	<i>Den Druck hat man dann nicht, wenn man vorne dabei ist und mitgestaltet. Den Druck kann man sehr wohl bekommen, wenn alle anderen das schon haben und du nicht. Dann ist es durchaus möglich, dass man irgendwo unter Druck kommt und sagt, wieso seid ihr da nicht auch innovativ. Aber wenn du vorne dabei bist bei Innovationen, dann machst du dir den Druck höchstens selbst. Und das ist eigentlich unser Ziel. Nicht überall, aber bei unseren ausgewählten Themen sind wir vorne dabei. Und bei anderen lassen wir andere zuerst einmal machen und dann schauen wir, ob das ein Mehrwert ist oder nicht. Und wenn es ein Mehrwert ist, setzen wir es genauso um. (T3)</i>
Externe Unterstützung	<i>Es gibt so viele Firmen, die ihre Lösungen herzeigen wollen, sogar im VR/AR-Bereich. Man kann täglich eigentlich mit drei</i>

	<i>Unternehmen reden und auf Konferenzen fahren. Irgendwann muss man sagen, das ist unser Anwendungsfall. (T1)</i>
Regulatorisches Umfeld	<i>Ja, es ist vieles machbar. Aber es ist ein Thema von Aufwänden. Teilweise machen rechtliche Themen Dinge unmöglich. (T2)</i>
Stakeholderdruck	<i>Also ich glaube, das ist auch deswegen extrem wichtig, dass man zeigt als Unternehmen, man beschäftigt sich mit den neuen Themen, sonst kommt von den Jungen keiner mehr. Es kann nicht sein, dass man eine private Drohne hat, vielleicht eine VR-Brille, und im Unternehmen, weiß ich nicht, macht man noch Fotos und bringt Zettel durch die Gegend. (T1)</i>

6 Diskussion

Die Ergebnisse der empirischen Untersuchung werden in diesem Kapitel detailliert analysiert und im Kontext der Erkenntnisse aus der Literatur diskutiert. Ziel dieser Diskussion ist es, die empirischen Befunde mit den theoretischen Grundlagen zu vergleichen und die untenstehend nochmals angeführten Forschungsfragen in den folgenden Unterkapiteln, die nach diesen gegliedert sind, zu beantworten:

1. Welche Arten von XR-Anwendungen existieren für die Elektrizitätswirtschaft?
2. Welche Adoptionsfaktoren beeinflussen die Einführung dieser XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft?
3. Wie können Manager_innen und Entscheidungsträger_innen bei der XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft Chancen nutzen und Herausforderungen überwinden?

6.1 Arten von XR-Anwendungen für die Elektrizitätswirtschaft

Im Rahmen der Masterthese wurden durch Literaturrecherche folgende Arten von XR-Anwendungen für die Elektrizitätswirtschaft identifiziert:

- **Training:** Mit XR-Technologien können Mitarbeiter_innen in einer sicheren und kontrollierten Umgebung interaktiv und immersiv trainiert werden. Dies ermöglicht eine realitätsnahe Übung, ohne die Risiken und Kosten, die mit dem Training in einer realen Umgebung verbunden sind (Hecker et al., 2021; Martino et al., 2017; Tanaka et al., 2017).
- **Operative Unterstützung:** Mitarbeiter_innen können bei der Durchführung operativer Aktivitäten wie Wartung, Inspektion, Überwachung und Installation mit XR-Technologien unterstützt werden. Dadurch können Probleme schneller identifiziert und Fehler reduziert werden, was die Effizienz steigert und die Komplexität der Durchführung dieser Aktivitäten verringert. Mögliche Anwendungen umfassen: Vorbereitung, Navigation, Zusatzinformation, Anleitung und Dokumentation (Cordonnier et al., 2017; Oprüş et al., 2017; Schmaranz et al., 2019).
- **Remote-Kollaboration:** Durch die Remote-Kollaboration per AR oder MR können Mitarbeiter_innen das Sichtfeld der Außendienstmitarbeiter_innen sehen, dadurch genaue, kontextbezogene Anweisungen geben und zusätzliche Informationen oder Diagramme direkt ins Sichtfeld der Außendienstmitarbeiter_innen einblenden (Cordonnier et al., 2017; Schmaranz et al., 2019). Dies

verbessert nicht nur die Effizienz der Tätigkeiten, sondern spart auch Kosten durch Reisereduktion und beschleunigte Problemlösung.

- Sicherheits- und Risikomanagement: XR-Technologien können genutzt werden, um Trainingssimulationen für Notfallsituationen durchzuführen, in denen Mitarbeiter_innen Notfallmaßnahmen in einer sicheren Umgebung üben können, ohne den Gefahren einer tatsächlichen Notfallsituation ausgesetzt zu sein (Hecker et al., 2021; Xiao et al., 2023). Während des Betriebs können AR und MR zur Bereitstellung von Echtzeitinformationen und Warnungen als auch der Navigation aus Gefahrenzonen verwendet werden (Schmaranz et al., 2019).
- Entwurf und Planung: XR-Technologien können eingesetzt werden, um komplexe Entwürfe, beispielsweise von Infrastruktur, zu visualisieren und zu evaluieren, ohne auf physische Modelle angewiesen zu sein (Opriş et al., 2017; Xiao et al., 2023). Mitarbeiter_innen können direkt mit diesen virtuellen Modellen interagieren und sie manipulieren, was eine informiertere Entscheidungsfindung unterstützt.
- Stakeholdereinbindung: Durch die Verwendung von XR-Technologien zur Stakeholdereinbindung können komplexe Themen anschaulich, interaktiv und immersiv dargestellt werden, wodurch die Verständlichkeit erhöht werden kann (Prebanić & Vukomanović, 2021; Xiao et al., 2023). Insgesamt kann der Einsatz von XR-Technologien die Transparenz von Projekten verbessern und eine effektivere Einbindung von Stakeholdern ermöglichen.

Alle Anwendungen, die in den befragten Unternehmen, erprobt oder eingesetzt wurden bzw. werden, können in diese Arten kategorisiert werden. Die Adoption dieser Anwendungen in Unternehmen wird von diversen Einflussfaktoren beeinflusst, die im nächsten Unterkapitel analysiert werden.

6.2 XR-Technologieadoptionfaktoren in der Elektrizitätswirtschaft

Zur Beantwortung der Forschungsfrage, welche Faktoren die Adoption von XR-Technologien in der Elektrizitätswirtschaft beeinflussen, werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchung, d. h. der durchgeführten Interviews, den Erkenntnissen aus der Literatur gegenübergestellt. Die Analyse dieser Einflussfaktoren, die in Abbildung 12 dargestellt sind, ist im Folgenden nach dem TOE-Framework in technologische

Einflussfaktoren, organisationale Einflussfaktoren und externe Einflussfaktoren des Umweltkontexts gegliedert.

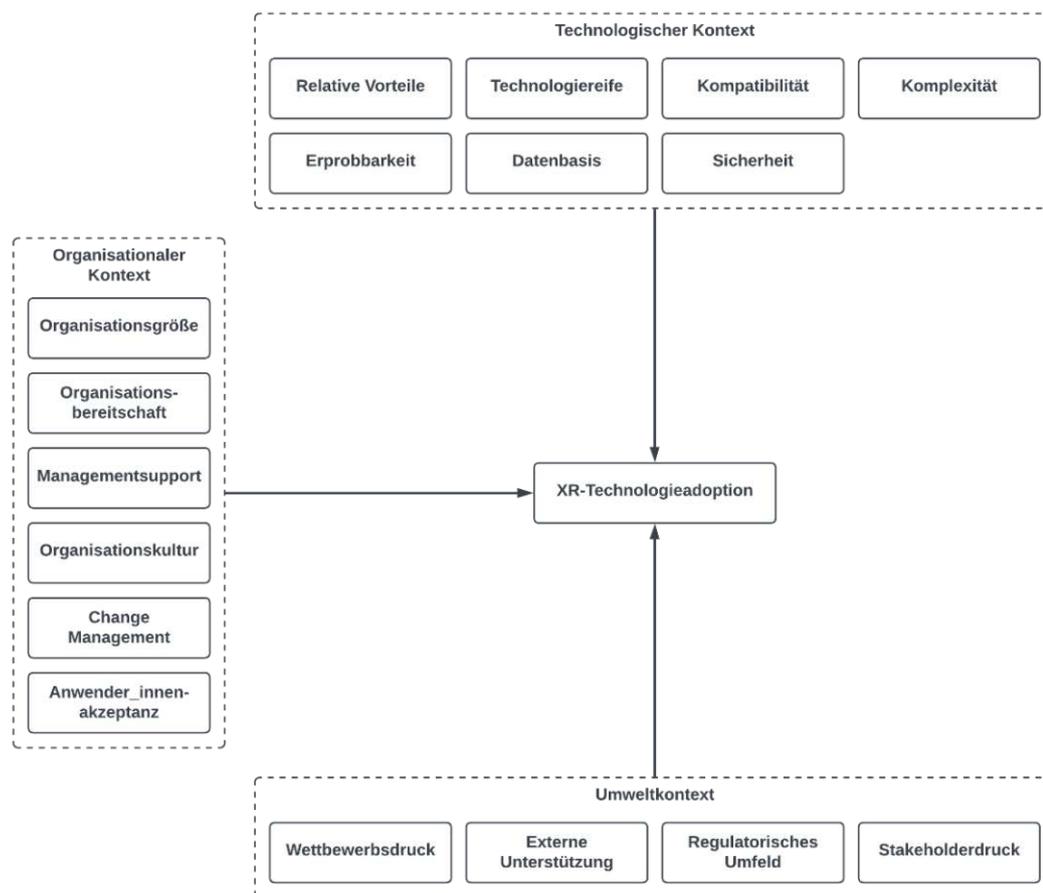


Abbildung 12: Identifizierte Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption

6.2.1 Technologische Einflussfaktoren

Zu den in der Literatur identifizierten technologischen Einflussfaktoren, die in der empirischen Untersuchung bestätigt werden, zählen die relativen Vorteile, die Technologiereife, die Kompatibilität, die Komplexität und die Erprobbarkeit. In der empirischen Untersuchung werden zusätzlich die Datenbasis und die Sicherheit als technologische Einflussfaktoren festgestellt.

Die Literatur hebt hervor, dass die **relativen Vorteile** bzw. der Mehrwert einer Technologie wie Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung ein Hauptfaktor für die Technologieadoption sind (DePietro et al., 1990; Jeyaraj et al., 2006; Rogers, 2010). Dies spiegelt sich auch in den empirischen Befunden wider. Alle Teilnehmer_innen identifizieren die Vorteile als entscheidenden Faktor für die Adoption von Technologien. Die Mehrwertanalyse ist ein Standardinstrument zur Bewertung praktischer Anwendungsfälle in den Unternehmen der Teilnehmer_innen und deren Ergebnisse bilden

die Basis für die Ressourcenallokation. Die Teilnehmer_innen führen als mögliche Vorteile von XR-Technologien Effizienzsteigerungen, Verbesserung der Arbeitsbedingungen, Erhöhung der Arbeitssicherheit, Wissenstransfer und Kosteneinsparungen an. Allerdings haben die Teilnehmer_innen unterschiedliche Ansichten hinsichtlich der Vorteile spezifischer XR-Technologien. Einige Teilnehmer_innen sind von den Vorteilen von AR-Brillen überzeugt, während andere Teilnehmer_innen die Vorteile von VR-Brillen als gegeben sehen. Mögliche Ursachen für diese gegenteiligen Ansichten sind persönliche Präferenzen der Befragten, deren Erfahrungen mit XR-Technologien, die verwendete spezifische Hardware bzw. Anwendung, die Anforderungen der erprobten Anwendungsfälle als auch der spezifische Kontext der Anwendungen. Als Beispiel sei der Anwendungsfall der Schulung per Virtual Reality genannt, der für ein größeres Unternehmen relevanter sein könnte als für ein kleines Unternehmen mit wenigen Mitarbeiter_innen. Des Weiteren wird im Hinblick auf AR der Einsatz von Hand-Held Devices wie Smartphones und Tablets aufgrund der intuitiveren Bedienung und Benutzungsfreundlichkeit im Vergleich zu AR-Brillen bevorzugt.

Sowohl in der Literatur als auch den empirischen Ergebnissen wird die **Technologiereife** als ein Schlüsselfaktor für die Adoption neuer Technologien hervorgehoben. Die Literatur stellt fest, dass die Technologiereife, insbesondere im Hinblick auf AR-Hardware, für den großflächigen Einsatz im industriellen Kontext aktuell unzureichend ist. Einschränkende Faktoren sind u. a. das Gewicht von Head-Mounted Displays und die nicht intuitive Benutzungsoberfläche (Masood & Egger, 2019). Dies wird durch die Empirie bestätigt. Die Mehrheit der Teilnehmer_innen bewertet die Technologiereife von VR- und AR-Brillen immer noch als unzureichend für den alltäglichen Gebrauch. Probleme werden in Bezug auf die Komplexität und Handhabbarkeit dieser angeführt. Im Gegensatz dazu wird die Technologiereife von AR-Anwendungen auf Smartphones und Tablets als gut eingeschätzt und der Einsatz dieser bevorzugt. Anzumerken ist, dass ein_e Teilnehmer_in glaubt, dass der Einsatz von XR-Technologien aktuell nicht an deren Technologiereife scheitert, sondern an den Anwendungsfällen. Dies kann auf die in den Pilotprojekten verwendete Hardware, die unterschiedliche Gerätegenerationen umfassen kann, und die erprobten Anwendungsfälle, deren Anforderungen sich unterscheiden können, zurückgeführt werden.

In der Literatur wird die **Kompatibilität** als ein kritischer Faktor für die Adoption neuer Technologien identifiziert. Dabei wird die Kompatibilität der neuen Technologie mit bestehenden Geschäftsprozessen, der Organisationskultur und der bestehenden

technischen Infrastruktur hervorgehoben (Masood & Egger, 2019; Rogers, 2010). Speziell bei XR-Technologien wird darauf hingewiesen, dass die fehlende Kompatibilität mit bestehenden Informationssystemen in Organisationen aktuell eine Barriere für deren breite Anwendung darstellt (Jalo et al., 2022). In den empirischen Daten wird die Kompatibilität jedoch ausschließlich aus technologischer Perspektive betrachtet. Dies könnte darauf hinweisen, dass in der Praxis möglicherweise organisatorische Aspekte der Kompatibilität unterschätzt werden. Unter den Teilnehmer_innen herrschen konträre Sichtweisen hinsichtlich der technologischen Kompatibilität. Einige Teilnehmer_innen empfinden die Integration als Herausforderung, während für andere Teilnehmer_innen diese als Standardprozess gilt. Die Erfahrungen und bisherige Einbindung der Teilnehmer_innen hinsichtlich der Integration als auch die bestehenden Fähigkeiten und das Wissen innerhalb der Unternehmen sind mögliche Erklärungen für diese unterschiedlichen Ansichten.

Die Literatur als auch die empirischen Daten stimmen darin überein, dass die **Komplexität** entscheidend für die Adoption einer Technologie ist und die Anwender_innenakzeptanz beeinflussen kann. In der Literatur wird hervorgehoben, dass eine Technologie, die als besonders komplex wahrgenommen wird, eher abgelehnt wird (Rogers, 2010). Im Falle von XR-Technologien werden Hand-Held Devices wie Smartphones im Vergleich zu Head-Mounted Displays eher bevorzugt da deren Komplexität geringer ist (Jalo et al., 2022). Die empirischen Daten bestätigen dies. Die Teilnehmer_innen nehmen die Komplexität von XR-Technologien als hoch wahr und weisen auf Schwierigkeiten bei der HelminTEGRATION von AR-Brillen und der Bedienung dieser Geräte hin. Daher würden Anwender_innen eher Smartphones oder Tablets bevorzugen, weil sie als weniger komplex wahrgenommen werden. Einige Teilnehmer_innen sind der Ansicht, dass die Verbreitung von XR-Technologien im privaten Bereich in Zukunft zu einer Reduktion der Komplexität führen wird.

In der Bewertung der **Erprobbarkeit** als relevanten Faktor für die Technologieadoption stimmen die Literatur und die empirischen Daten überein. Die Literatur betont, dass die Möglichkeit, eine neue Technologie auszuprobieren, hilft, Unsicherheiten zu reduzieren und ein besseres Verständnis für die Technologie, deren Anwendungen und benötigte Ressourcen sowie Risiken zu erlangen (Jalo et al., 2022; Masood & Egger, 2019; Rogers, 2010). Es wird jedoch auch hervorgehoben, dass dies bei bestimmten Technologien, insbesondere bei neuen hardwareintensiven und komplexen Technologien wie XR-Technologien, schwierig sein kann (Jalo et al., 2022). Die em-

pirischen Daten belegen die Notwendigkeit, sich mit der Technologie auseinanderzusetzen, um deren Vorteile und Grenzen zu ermitteln. In den Unternehmen der Teilnehmer_innen erfolgt dies typischerweise in Pilotprojekten. Die Teilnehmer_innen weisen jedoch auch darauf hin, dass anfängliche Analysen bei neuen Technologien wie XR-Technologien eine Herausforderung darstellen können, da nur wenige aussagekräftige Daten und Erfahrungen verfügbar sind.

Während in der Literatur die verfügbare **Datenbasis** und deren Organisation nicht erwähnt werden, nehmen diese laut der empirischen Untersuchung eine entscheidende Rolle bei der XR-Technologieadoption ein. Die Erstellung dieser Datenbasis, d. h. das Sammeln, Organisieren und Aufbereiten der Daten und digitalen Inhalte für XR-Technologien, kann sehr arbeitsintensiv sein. Insbesondere für VR-Anwendungen stellt die Erstellung von interaktiven Inhalten wie 3D-Modellen eine Herausforderung dar. Die zukünftige Anwendung von künstlicher Intelligenz könnte jedoch die Erstellung von Inhalten erleichtern.

Die mit der Anwendung von XR-Technologien verbundene **Sicherheit** ist der zweite in der empirischen Untersuchung identifizierte Einflussfaktor, der in der Literatur nicht behandelt wird. Dieser Einflussfaktor bezieht sich sowohl auf die Datensicherheit als auch auf die physische Sicherheit. Bei der Verwendung von Lösungen von Drittanbietern ist z. B. die Datensicherheit entscheidend, um sicherzustellen, dass auf die Daten nicht unberechtigt zugegriffen wird. Die physische Sicherheit kann durch das Tragen von AR-Brillen, die das Sichtfeld einschränken und die Unfallgefahr erhöhen, beeinträchtigt werden.

Abschließend lässt sich festhalten, dass die empirische Untersuchung, in Übereinstimmung mit der vorhandenen Literatur, die relativen Vorteile, die Technologiereife, die Kompatibilität, die Komplexität und die Erprobbarkeit als technologische Einflussfaktoren bei der Technologieadoption bestätigt. Insbesondere die relativen Vorteile und die Technologiereife werden als entscheidende Faktoren gesehen, während die Kompatibilität und die Komplexität in der Praxis unterschiedlich interpretiert werden und Herausforderungen darstellen können. Die Erprobbarkeit wird als Notwendigkeit erachtet, um Unsicherheiten zu reduzieren. Ergänzend zur Literatur zeigt die empirische Untersuchung, dass auch die Datenbasis und die Sicherheit entscheidende Rollen spielen. Die Erstellung einer geeigneten Datenbasis kann zeitaufwendig sein, insbesondere für VR-Anwendungen, während die Sicherheit sowohl die Datensicherheit als auch die physische Sicherheit der Anwender_innen betrifft.

6.2.2 Organisationale Einflussfaktoren

Die aus der Literatur und Empirie hervorgehenden organisationalen Einflussfaktoren sind die Organisationsgröße, die Organisationsbereitschaft, der Managementsupport, die Organisationskultur, das Change Management und die Anwender_innenakzeptanz.

Die Literatur als auch die empirischen Daten bestätigen, dass die **Organisationsgröße** sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Technologieadoption haben kann, und nicht allein entscheidend für die erfolgreiche Technologieadoption ist. In der Literatur wird angeführt, dass große Organisationen in der Regel über mehr Ressourcen verfügen, um in neue Technologien zu investieren. Allerdings können große Organisationen auch auf interne Widerstände aufgrund ihrer oft starren Strukturen stoßen (Rogers, 2010; Zhu et al., 2003). Kleinere Unternehmen hingegen sind aufgrund ihrer begrenzten Ressourcen und den damit verbundenen Risiken tendenziell eher zurückhaltend und warten ab, bis neue Technologien durch größere Unternehmen erprobt wurden (Jalo et al., 2022). Die empirischen Daten stützen diese Erkenntnisse. Während die Organisationsgröße als Vorteil im Zusammenhang mit Ressourcen genannt wird, wird sie nicht als entscheidender Faktor für die Technologieadoption betrachtet. Die Teilnehmer_innen weisen darauf hin, dass kleinere Unternehmen zwar über weniger Ressourcen verfügen und diese bündeln müssen, aber kurze Entscheidungswege haben. Große Unternehmen hingegen verfügen über mehr Ressourcen und Möglichkeiten, stehen aber vor Herausforderungen hinsichtlich der internen Kommunikation, der Entscheidungsfindungsprozesse und der Einbindung von Stakeholdern.

Die in der Literatur und in der Empirie dargelegten Erkenntnisse zeigen eine klare Übereinstimmung hinsichtlich der Bedeutung der **Organisationsbereitschaft**, d. h. der Verfügbarkeit von Ressourcen, für die Technologieadoption. Die Literatur betont, dass finanzielle und technologische Ressourcen sowie die notwendigen Fähigkeiten und das notwendige Wissen entscheidend sind, um neue Technologien wie XR-Technologien zu adoptieren (DePietro et al., 1990; Iacovou et al., 1995). Dabei kann die Verfügbarkeit dieser Ressourcen insbesondere für kleinere Unternehmen eine Herausforderung darstellen. Bedeutung wird dabei auch der Fähigkeit der Mitarbeiter_innen beigemessen, ein Verständnis für XR-Technologien zu entwickeln. Die Empirie unterstreicht diese Punkte. Die Teilnehmer_innen betonen die Bedeutung von Ressourcen für Innovation und weisen auf die Herausforderung hin, dass diese Ressour-

cen oft für das Tagesgeschäft gebunden sind, unabhängig von der Organisationsgröße. Dies hebt die Notwendigkeit der Bündelung von Ressourcen und der aktiven Inanspruchnahme von Zeit für Innovation hervor. Die Teilnehmer_innen äußern, dass mangelnde Ressourcen dazu führen können, dass interessante Projekte nicht weiterverfolgt werden. Spezifische Kompetenzen zu XR-Technologien werden meist über externe Partnerorganisationen eingeholt.

Die Erkenntnisse aus der Literatur und der Empirie betonen die Rolle von **Managementsupport** für die Technologieadoption. In der Literatur wird betont, dass das Management Akzeptanz fördern, Ressourcen und Widerstände minimieren sollte (DePietro et al., 1990; Jalo et al., 2022). Die empirischen Daten bestätigen diese Ansicht. Managementsupport wird als unabdingbar für die Technologieadoption betrachtet und ist in den Unternehmen der Teilnehmer_innen vorhanden. Die strategische Relevanz und der Nutzen von Innovation sind dem Management bewusst, und die Initiative, sich mit Innovation auseinanderzusetzen, geht von diesem aus.

Die Literatur und die empirischen Daten stimmen dahingehend überein, dass die **Organisationskultur** einen bedeutenden Einfluss auf die Einführung und Nutzung neuer Technologien hat. In der Literatur wird betont, dass eine Organisationskultur, die Innovationen, Kreativität und Lernen fördert und risikofreudig ist, förderlich für die Technologieadoption ist (DePietro et al., 1990; Jalo et al., 2022; Rogers, 2010). Die Befragten beschreiben die Organisationskulturen ihrer Unternehmen als innovationsfreundlich und berichten, dass Innovation ein zentraler Teil der Unternehmensphilosophie ist und eine Fehlerkultur gelebt wird. Die empirischen Daten stellen auch dar, dass Innovationen sowohl von externen Partnern als auch aus internem Bedarf oder Problemen ausgehen.

Umfangreiches **Change Management** wird sowohl von der Literatur (Jalo et al., 2022; Masood & Egger, 2019) als auch der Empirie als essenzieller Einflussfaktor für die erfolgreiche Technologieadoption identifiziert. In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass eine sorgfältige Vorbereitung und fortlaufende Unterstützung entscheidend sind, einschließlich der Ausbildung, Integration und Einstellung geeigneter Mitarbeiter_innen (Masood & Egger, 2019). Veranstaltungen wie Hands-On-Trainings können hilfreich sein um anfängliche Skepsis abzubauen und Missverständnisse oder Vorurteile zu klären (Jalo et al., 2022). In den erhobenen Daten wird die Bedeutung des Change Managements betont, das als Standard in den befragten Unternehmen etabliert ist. Die Befragten stimmen darin überein, dass eine praktische Einbeziehung aller Stakeholder, vor allem der Anwender_innen, von entscheidender Bedeutung bei der

Technologieadoption ist. Dabei wird betont, dass Anwendungsfälle nicht ohne Beteiligung dieser entwickelt werden sollten. Wenn die Anwender_innen von Anfang an einbezogen werden und diese Vorteile aus der Technologie ziehen können, sind sie eher bereit, sie zu akzeptieren und sie in ihre Arbeit zu integrieren. Als Beteiligte sind diese zusätzlich am Erfolg der Technologieadoption interessiert und Fürsprecher_innen im Unternehmen. Zusätzlich zur Einbeziehung der Anwender_innen betonen die empirischen Daten die Bedeutung von Erfolgserlebnissen, um Mitarbeiter_innen zu überzeugen. Des Weiteren wird auch die Notwendigkeit hervorgehoben, vorab Maßnahmen für Problemfälle vorzubereiten, um adaptive Anpassungen vornehmen zu können.

Die Literatur (Baker, 2012; Davis et al., 1989) und die Empirie stimmen darin überein, dass die **Anwender_innenakzeptanz** für die Technologieadoption ein entscheidender Faktor ist, welche von den Vorteilen für die Anwender_innen und der Benutzungsfreundlichkeit der Technologie abhängt. In der Literatur wird hervorgehoben, dass die Anwender_innenakzeptanz von XR-Technologien durch falsche Erwartungen und mangelnde Ergonomie negativ beeinflusst werden kann (Masood & Egger, 2019). Die empirischen Daten stützen diese Aussagen. Die Teilnehmer_innen der Studie weisen darauf hin, dass aufgrund fehlender Anwender_innenakzeptanz Projekte scheitern können. Insbesondere werden VR- und AR-Brillen aktuell als unbequem und unhandlich empfunden. Die Empirie bekräftigt, dass die Anwender_innenakzeptanz auch von individuellen Merkmalen der Anwender_innen wie dem Alter und der Innovativität abhängt. Für ältere Mitarbeiter_innen, die eher zurückhaltender hinsichtlich neuer Technologien sind, könnte es besonders wichtig sein, die Vorteile zu demonstrieren.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass übereinstimmend mit der Literatur festgestellt wird, dass die Organisationsgröße sowohl positive als auch negative Auswirkungen auf die Technologieadoption haben kann. Organisationsbereitschaft und Managementsupport werden als wesentliche Faktoren für die erfolgreiche Technologieeinführung erkannt. Darüber hinaus wird die Bedeutung einer innovationsfreundlichen Organisationskultur und eines effektiven Change Managements bestätigt. Dabei heben die Befragten hervor, dass die Einbindung von Stakeholdern, insbesondere der Anwender_innen, von entscheidender Bedeutung ist. Des Weiteren werden Herausforderungen im Hinblick auf die Anwender_innenakzeptanz identifiziert, insbesondere in Bezug auf die Ergonomie von XR-Technologien und individuelle Merkmale der Anwender_innen wie Alter und Innovationsbereitschaft.

6.2.3 Externe Einflussfaktoren

Als externe Einflussfaktoren des Umweltkontexts werden in der Literatur der Wettbewerbsdruck, die externe Unterstützung, das regulatorische Umfeld, der Stakeholderdruck und die Stakeholderbereitschaft identifiziert. In der empirischen Untersuchung wird die Relevanz externer Unterstützung und des regulatorischen Umfelds bestätigt.

Die Literatur weist darauf hin, dass **Wettbewerbsdruck** Unternehmen dazu motivieren kann, neue Technologien zu adoptieren, um Wettbewerbsvorteile zu erzielen (DePietro et al., 1990; Zhu et al., 2003). Dabei wird betont, dass Unternehmen dazu neigen, die Verhaltensweisen anderer Organisationen zu imitieren, insbesondere wenn diese sichtbare Vorteile durch die Technologieadoption erzielen (DiMaggio & Powell, 1983). Aktuell sind XR-Technologien im industriellen Kontext jedoch noch nicht weit verbreitet (Jalo et al., 2022). Die empirischen Befunde zeigen, dass die Befragten keinen direkten Wettbewerbsdruck verspüren, XR-Technologien zu adoptieren. Dies kann damit erklärt werden, dass deren Einsatz aktuell eine Nische ist und eher für interne Anwendungen bestimmt ist, deren Auswirkungen von außen nicht sichtbar sind. Wettbewerbsdruck wird eher mit dem Tagesgeschäft in Verbindung gebracht, insbesondere mit den Herausforderungen der Energiewende. Im Hinblick auf Innovation wird von den Befragten eher Kooperation statt Wettbewerb wahrgenommen.

Die Empirie bestätigt die Erkenntnis aus der Literatur, dass **externe Unterstützung** eine entscheidende Rolle bei der Technologieadoption spielt. Beide unterstreichen die Wichtigkeit von Unterstützung durch Hersteller, Dienstleister oder andere Organisationen, insbesondere wenn Unternehmen nicht über die benötigten Fähigkeiten oder Ressourcen verfügen (DePietro et al., 1990; Jalo et al., 2022; Masood & Egger, 2019). Im Unterschied zur Literatur, die die Auswahl an geeigneten Partnerorganisationen als begrenzt bezeichnet (Jalo et al., 2022), empfinden die Befragten die Anzahl an verfügbaren Partnerorganisationen als mehr als ausreichend, obwohl die Auswahl an verfügbaren Hardwarepartnern stark von wenigen großen Herstellern dominiert wird. Diese Wahrnehmung kann einerseits durch die vorhandenen Partnernetzwerke der Befragten erklärt werden und andererseits dadurch, dass Partnerorganisationen für XR-Technologien mehrheitlich nicht aktiv gesucht werden, sondern diese an die Unternehmen herantreten. Die Befragten heben die potenziellen Herausforderungen und Hürden, wie Lizenzvereinbarungen und Datenschutzbedenken, die bei der Zusammenarbeit mit externen Partnern auftreten können, hervor. Des Weiteren betonen die Befragten die kooperative Einstellung hinsichtlich Innovationsthemen in der Branche, jedoch sind Initiativen oder Arbeitsgruppen zu XR-Technologien nicht bekannt.

Die empirischen Befunde stützen die Literatur darin, dass das **regulatorische Umfeld** Technologieadoption sowohl fördern als auch hindern kann (DePietro et al., 1990). So wird bestätigt, dass Förderprogramme relevant für die Technologieadoption sind und Unternehmen eigene Abteilungen für diese haben. Gleichzeitig wird jedoch betont, dass das Ausbleiben von Förderungen kein Ausschlusskriterium für die Technologieadoption ist. Die Empirie zeigt auch die Bedeutung von Regulierungen und Gesetzen anhand der Beispiele der COVID-19-Maßnahmen und der DSGVO auf. Während COVID-19-Maßnahmen förderlich für die Adoption von VR-Anwendungen waren, wird die DSGVO als mögliche Hürde für die Adoption von XR-Technologien wahrgenommen, insbesondere im Hinblick auf den Einsatz von AR-Brillen mit Kameras. Dies zeigt einerseits die Relevanz von Regulierungen und Gesetzen und andererseits wie spezifische Veränderungen dieser einen bedeutenden Einfluss auf die Technologieadoption haben können.

In der Literatur wird **Stakeholderdruck**, ausgehend von Kund_innen, Lieferant_innen und Partnerorganisationen, als ein möglicher Motivator für die Technologieadoption genannt (DePietro et al., 1990; Jeyaraj et al., 2006). Dabei wird argumentiert, dass Organisationen sich oft an die Erwartungen und Anforderungen ihrer Stakeholder anpassen, um deren Sichtweise auf die Organisation zu beeinflussen. Die empirischen Befunde hingegen stehen im Widerspruch dazu, da Stakeholderdruck seitens Kund_innen, Lieferant_innen und Partnerorganisationen zur Technologieadoption von den befragten Teilnehmer_innen nicht verspürt wird. Mögliche Erklärungen dafür sind die Nischenstellung von XR-Technologien als auch deren Anwendung, die sich auf unternehmensinterne Anwendungen beschränkt, sowie die Interessen der Kund_innen, die an Kosten und Versorgungssicherheit interessiert sind. Dennoch ist die Außenwirkung als innovatives Unternehmen, das sich mit innovativen Technologien auseinandersetzt, für die Mitarbeiter_innenanwerbung von v. a. jungen Mitarbeiter_innen relevant, insbesondere im Hinblick auf die fortschreitende Nutzung von XR-Technologien im Privatbereich.

Die **Stakeholderbereitschaft**, die laut der Literatur entscheidend ist, wenn die Technologie bei Stakeholdern eingesetzt wird (Jalo et al., 2022; Zhu et al., 2003), scheint laut der erhobenen Daten keine Rolle zu spielen. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass XR-Technologien in den befragten Unternehmen nur intern ohne die aktive Einbindung externer Stakeholder eingesetzt werden. Diese Beschränkung wird in der Literatur für industrielle Klein- und Mittelunternehmen erwähnt (Jalo et al., 2022).

Insgesamt betrachtet heben die Erkenntnisse aus der empirischen Forschung einige Diskrepanzen im Vergleich zur bestehenden Literatur hervor. Direkter Wettbewerbsdruck, XR-Technologien zu adoptieren, wird nicht verspürt, obwohl dies in der Literatur als wichtiger Einflussfaktor dargestellt wird. Dies könnte auf den Nischencharakter und die interne Anwendung von XR-Technologien zurückzuführen sein. Des Weiteren wird die Relevanz externer Unterstützung bestätigt, jedoch wird die Anzahl der verfügbaren Partnerorganisationen im Unterscheid zur Literatur als ausreichend empfunden. Des Weiteren wird auf die Relevanz des regulatorischen Umfelds als Einflussfaktor hingewiesen und dass spezifische Veränderungen in der Gesetzgebung einen erheblichen Einfluss haben können. Überraschenderweise wird kein Stakeholderdruck zur Technologieadoption verspürt, was im Widerspruch zur bestehenden Literatur steht. Dies könnte auf die internen Anwendungsfälle und den Fokus der Kund_innen auf Kosten und Versorgungssicherheit zurückzuführen sein. Schließlich spielt die Stakeholderbereitschaft aufgrund der internen Anwendung von XR-Technologien in den befragten Unternehmen keine Rolle, was auch in der Literatur für industrielle Klein- und Mittelunternehmen erwähnt wird.

6.3 Empfehlungen zur XR-Technologieadoption

Basierend auf den im vorherigen Unterkapitel diskutierten Ergebnissen werden Empfehlungen für Manager_innen und Entscheidungsträger_innen der Elektrizitätswirtschaft für die erfolgreiche Einführung von XR-Technologien vorgestellt. Diese Empfehlungen umfassen den technologischen, organisationalen und Umweltkontext:

- 1. Relative Vorteile offenlegen:** Um die Akzeptanz und Adoption von XR-Technologien zu erhöhen, ist es essenziell, die relativen Vorteile der Nutzung dieser Technologien für das Unternehmen und die Mitarbeiter_innen transparent darzustellen.
- 2. Technologiereife und Eignung berücksichtigen:** Vor der Einführung von XR-Technologien sollte deren Technologiereife und die Eignung der einzusetzenden Hardware und Software für den konkreten Anwendungsfall berücksichtigt werden. Insbesondere sollte die Eignung von Hand-Held Devices wie Smartphones und Tablets für den Anwendungsfall im Vergleich zu Head-Mounted Displays genau evaluiert werden.
- 3. Datenbasis aufbauen:** Der Aufbau einer geeigneten Datenbasis, die sowohl Daten als auch digitale Inhalte umfasst, ist eine Voraussetzung für die Nutzung von XR-Technologien.

4. **Sicherheit gewährleisten:** Die Einführung von XR-Technologien darf weder die Arbeitssicherheit noch die Datensicherheit gefährden.
5. **Ressourcen effizient planen:** Unabhängig von der Organisationsgröße ist es wichtig, Ressourcen sorgfältig zu planen, zu bündeln und effizient zu nutzen.
6. **Managementsupport sichern:** Das Management muss hinter der Einführung von XR-Technologien stehen und aktiv Ressourcen dafür bereitstellen.
7. **Innovative Organisationskultur fördern:** Eine innovative Organisationskultur sollte gefördert werden, die Fehler als Bestandteil von Lernen und Risiko als Teil des Innovationsprozesses betrachtet.
8. **Stakeholder einbeziehen:** Die Stakeholder, insbesondere die Anwender_innen, sollten von Anfang an in den Einführungsprozess einbezogen werden, um sicherzustellen, dass die Technologie ihre Bedürfnisse erfüllt und sie in der Lage sind, sie effektiv zu nutzen. Dadurch tragen die Stakeholder die Einführung mit und wirken als Sprachrohr dieser.
9. **Effektives Change Management:** Die Einführung kann Widerstände hervorrufen, daher ist Change Management unerlässlich. Die Einbindung der Stakeholder und Erfolge können helfen, diese Widerstände abzubauen und ein Verständnis für die Technologie zu schaffen.
10. **Anwender_innenakzeptanz fördern:** Um die Anwender_innenakzeptanz zu fördern, sollte sichergestellt werden, dass die einzuführende XR-Technologie benutzungsfreundlich und ergonomisch gestaltet ist.
11. **Strategisch positionieren:** Mit der Einführung von XR-Technologien können sich Unternehmen als Vorreiter positionieren und dadurch einen Wettbewerbsvorteil erzielen.
12. **Partnerschaften und Kooperationen nutzen:** Externe Unterstützung durch Hersteller, Dienstleister oder andere Organisationen, die Ressourcen und Wissen bereitstellen können, sollte genutzt werden, insbesondere wenn interne Fähigkeiten oder Ressourcen begrenzt sind. Dabei sollten potenziellen Herausforderungen wie Lizenzvereinbarungen und Datenschutzbedenken berücksichtigt werden.
13. **Auf externe Faktoren reagieren:** Auf externe Faktoren wie die COVID-19-Pandemie und regulatorische Änderungen, die Auswirkungen auf die Einführung haben können, sollte geachtet werden. Diese können sowohl Chancen als auch Herausforderungen darstellen und sollten in der strategischen Planung einbezogen werden.

7 Fazit

Im Rahmen der Masterthese wird die Technologieadoption von XR-Technologien in der Elektrizitätswirtschaft untersucht, wobei ein besonderer Fokus auf den Einflussfaktoren und Anwendungen dieser liegt. Dabei werden folgende Forschungsfragen beantwortet:

1. Welche Arten von XR-Anwendungen existieren für die Elektrizitätswirtschaft?
2. Welche Adoptionsfaktoren beeinflussen die Einführung dieser XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft?
3. Wie können Manager_innen und Entscheidungsträger_innen bei der XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft Chancen nutzen und Herausforderungen überwinden?

In Bezug auf die Forschungsfrage zu den Arten von XR-Anwendungen in der Elektrizitätswirtschaft wurden insgesamt sechs Anwendungskategorien identifiziert: Training, operative Unterstützung, Remote-Kollaboration, Sicherheits- und Risikomanagement, Entwurf und Planung sowie Stakeholdereinbindung. Dabei wurden verschiedene Anwendungsmöglichkeiten von XR-Technologien und konkrete Beispiele in der österreichischen Elektrizitätswirtschaft aufgezeigt.

Im Hinblick auf die Identifizierung von Adoptionsfaktoren für XR-Technologien in der Elektrizitätswirtschaft konnten durch Literaturrecherche und empirische Untersuchung insgesamt siebzehn Einflussfaktoren identifiziert und kategorisiert werden. Die Synopsis der Erkenntnisse ist in Tabelle 5 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass sowohl technologische, organisationale als auch externe Einflussfaktoren eine Rolle spielen. Besonders hervorzuheben sind hierbei die relativen Vorteile und die Technologiereife als technologische Einflussfaktoren, die Anwender_innenakzeptanz, das Change Management und die Organisationsbereitschaft als organisationale Einflussfaktoren sowie das regulatorische Umfeld und die externe Unterstützung als externe Einflussfaktoren. Während die Stakeholderbereitschaft keine Rolle bei der Adoption spielt, haben Wettbewerbsdruck und Stakeholderdruck nur einen geringen Einfluss.

Tabelle 5: Synopsis der Erkenntnisse zu den Einflussfaktoren

Kontext	Einflussfaktor	Literatur	Empirie
Technologisch	Relative Vorteile	Entscheidend für Technologieadoption Beispiele: Kosteneinsparung und Effizienzsteigerung	Entscheidend, Mehrwertanalyse als Standardinstrument Unterschiedliche Ansichten zu Vorteilen spezifischer XR-Technologien
	Technologiereife	Schlüsselfaktor für Technologieadoption Technologiereife, v.a. von AR-Hardware, unzureichend für Einsatz, z.B. aufgrund von hohem Gewicht von Head-Mounted Displays und nicht intuitiver Benutzungsoberfläche	Relevanz bestätigt Technologiereife von VR- und AR-Brillen unzureichend, Probleme sind Komplexität und Handhabung Smartphones und Tablets für AR bevorzugt
	Kompatibilität	Kompatibilität mit Geschäftsprozessen, Organisationskultur und tech. Infrastruktur nötig Fehlende Kompatibilität von XR-Technologien mit Informationssystemen	Nur technologische Perspektive betrachtet Konträre Sichtweisen, einerseits Integration als Herausforderung und andererseits als Standardprozess gesehen
	Komplexität	Entscheidender Faktor, beeinflusst Anwender_innenakzeptanz Komplexe Technologien eher abgelehnt	Hohe Komplexität von XR-Technologien Smartphones und Tablets im Vergleich zu Head-Mounted Displays bevorzugt
	Erprobbarkeit	Hilft Unsicherheiten zu reduzieren und Verständnis aufzubauen Schwierig bei hardwareintensiven und komplexen Technologien wie XR-Technologien	Pilotprojekte standardmäßig eingesetzt Anfängliche Analyse bei neuen Technologien herausfordernd, da wenige aussagekräftige Daten und Erfahrungen verfügbar
	Datenbasis	Wird in der Literatur nicht erwähnt	Entscheidend für XR-Technologieadoption Erstellung sehr arbeitsintensiv, v.a. für VR
	Sicherheit	Wird in der Literatur nicht erwähnt	Datensicherheit und physische Sicherheit
Organisational	Organisationsgröße	Positive und negative Auswirkungen auf Technologieadoption Große Organisationen: mehr Ressourcen, Widerstände aufgrund starrer Strukturen Kleine Organisationen: begrenzte Ressourcen, abwartend aufgrund von Risiken	Nicht allein entscheidend Große Organisationen: Herausforderungen in interner Kommunikation, Entscheidungsfindung und Stakeholder-Einbindung Kleine Organisationen: kurze Entscheidungswege
	Organisationsbereitschaft	Ressourcen (finanziell, technologisch, Fähigkeiten, Wissen) relevant Herausforderung v.a. in kleinen Organisationen	Verfügbare Ressourcen sind essenziell Ressourcenbindung im Tagesgeschäft Bündelung von Ressourcen essenziell XR-Kompetenzen extern eingeholt
	Managementsupport	Rolle in Akzeptanzförderung, Ressourcenbereitstellung und Widerstandsminimierung	Unabdingbar für Technologieadoption In den befragten Organisationen vorhanden
	Organisationskultur	Einfluss auf Technologieadoption Förderung von Innovation, Kreativität, Lernen und Risikobereitschaft wichtig	Innovationsfreundliche Fehlerkultur als zentraler Teil der Unternehmensphilosophie Innovationsideen von intern und extern
	Change Management	Essenziell für Technologieadoption Fortlaufender Prozess	Standard in Unternehmen. Stakeholdereinbindung unabdingbar Erfolgserebnisse und Maßnahmen für Problemfälle relevant
	Anwender_innenakzeptanz	Entscheidend für Technologieadoption Abhängig von Vorteilen für die Anwender_innen und Benutzungsfreundlichkeit Beeinträchtigungen durch falsche Erwartungen und schlechte Ergonomie	Projektscheitern bei fehlender Akzeptanz Ergonomie bei VR/AR-Brillen verbesserungswürdig Abhängig von individuellen Merkmalen, z.B. Alter und Innovativität

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Masterarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Extern	Wettbewerbsdruck	Technologieadoption um Wettbewerbsvorteile zu erzielen Verhaltensimitation, jedoch XR-Technologien nicht weit verbreitet	Wettbewerbsdruck im Tagesgeschäft, aber nicht für Technologieadoption Nischencharakter von XR-Technologien, beschränkt auf interne Anwendungen
	Externe Unterstützung	Unterstützung durch Hersteller, Dienstleister und andere Organisationen Wichtig, insbesondere bei mangelnden internen Fähigkeiten oder Ressourcen Begrenzte Partnerauswahl	Essenziell in der Praxis Ausreichende Partnerauswahl Mögliche Herausforderungen sind Lizenzvereinbarungen und Datenschutz
	Regulatorisches Umfeld	Kann Technologieadoption sowohl fördern als auch hindern	Bedeutung bestätigt Förderungen von Interesse COVID-19-Maßnahmen förderlich für Adoption von VR-Anwendungen DSGVO ist eine mögliche Hürde, insbesondere für AR-Brillen
	Stakeholderdruck	Stakeholderdruck von Kund_innen, Lieferant_innen und Partnerorganisationen Anpassung an Erwartungen und Anforderungen der Stakeholder	Stakeholderdruck wird nicht verspürt Kund_innen interessiert an Kosten und Versorgungssicherheit Außenwirkung als innovatives Unternehmen relevant für Mitarbeiter_innenanwerbung
	Stakeholderbereitschaft	Relevant bei Einsatz bei Stakeholdern XR-Technologien v.a. intern eingesetzt	Keine Relevanz aufgrund interner Anwendung

Schließlich beantwortet diese Masterthese die Frage, wie Manager_innen und Entscheidungsträger_innen Chancen nutzen und Herausforderungen bei der Adoption von XR-Technologien überwinden können. Dies umfasst Empfehlungen zu den technologischen, organisationalen und externen Einflussfaktoren der XR-Technologieadoption wie die Offenlegung der relativen Vorteile, den Aufbau einer Datenbasis, die Einbindung von Stakeholdern und die Nutzung von Partnerschaften.

Hinsichtlich dieser Masterthese sind dennoch einige Einschränkungen zu beachten. Erstens könnte die begrenzte Stichprobengröße der Teilnehmer_innen, die relevante Erkenntnisse lieferte, die Generalisierbarkeit dieser Erkenntnisse einschränken. Zweitens beschränkt sich diese Masterthese auf die Elektrizitätswirtschaft, wodurch die Erkenntnisse möglicherweise nicht auf andere Industriebereiche übertragbar sind. Drittens basieren die Erkenntnisse dieser Masterthese auf qualitativen Daten, die zwar tiefe Einblicke in die individuellen Wahrnehmungen und Erfahrungen der Teilnehmer_innen bieten, aber nicht die gesamte Bandbreite der Adoptionsfaktoren abbilden.

Diese Masterthese liefert wertvolle Einblicke in die Einflussfaktoren der XR-Technologieadoption in der Elektrizitätswirtschaft. Dennoch bietet dieses Forschungsgebiet noch viel Raum für weitere Untersuchungen. Ausgehend von den Erkenntnissen die-

ser Masterthese könnten die Abhängigkeiten der Einflussfaktoren voneinander erforscht und darauf aufbauend ein Prozessmodell zur Adoption von XR-Technologien entwickelt werden. Die Forschung könnte auf weitere Industriebereiche erweitert werden, um einen breiteren Kontext für die Analyse zu schaffen und branchenspezifische Unterschiede hervorzuheben. Zudem könnte mit einer größeren und diverseren Stichprobe die Generalisierbarkeit der Erkenntnisse überprüft werden. Insbesondere die Anwender_innenakzeptanz, die die Wahrnehmung verschiedener Anwendergruppen untersucht, könnte ein bedeutsames Feld für zukünftige Forschung darstellen. Langfristig könnten solche Untersuchungen dazu beitragen, gezielte Maßnahmen zur Förderung der Akzeptanz und Nutzung von XR-Technologien in der Elektrizitätswirtschaft zu entwickeln und umzusetzen.

Literaturverzeichnis

- Arendarski, B., Termath, W., & Mecking, P. (2008). Maintenance of Complex Machines in Electric Power Systems Using Virtual Reality Techniques. *Conference Record of the 2008 IEEE International Symposium on Electrical Insulation*, 483–487. <https://doi.org/10.1109/ELINSL.2008.4570378>
- ar:met. (2020, March 5). *Energie-Steiermark (Energy Styria)*. Ar:Met. <https://www.ar-met.at/energie-steiermark-energy-styria/>
- Aspektheins. (2022, March 4). *Hydropower 4.0: Wasserkraftwerke unter Einsatz von AR/VR/MR*. <https://www.aspektheins.com/hydropower-4-0-wie-immersive-technologien-die-sicherheit-von-wasserkraftwerken-steigern-koennen/>
- Austrian Power Grid. (2023, May 4). *Sichere Stromversorgung: KI hilft bei der Inspektion von Strommasten*. OTS.at. https://www.ots.at/presseaussendung/OTS_20230504_OTS0090/sichere-stromversorgung-ki-hilft-bei-der-inspektion-von-strommasten
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355–385.
- Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34–47.
- Baker, J. (2012). The technology–organization–environment framework. *Information Systems Theory: Explaining and Predicting Our Digital Society, Vol. 1*, 231–245.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101.
- Cordonnier, M., Martino, S., Boisseau, C., Paslier, S., Recapet, J.-P., Blanc, F., & Augustin, B. (2017). Contribution of augmented reality to the maintenance of

- network equipment. *CIREN - Open Access Proceedings Journal*, 2017(1), 87–90. <https://doi.org/10.1049/oap-cired.2017.0413>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Davis, F. D. (1985). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information systems: Theory and results* [PhD Thesis]. Massachusetts Institute of Technology.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: A comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982–1003.
- DePietro, R., Wiarda, E., & Fleischer, M. (1990). The context for change: Organization, technology and environment. *The Processes of Technological Innovation*, 199(0), 151–175.
- DiCicco-Bloom, B., & Crabtree, B. F. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314–321.
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields. *American Sociological Review*, 147–160.
- Europäische Kommission. (2022). *Digitalisierung des Energiesystems—EU-Aktionsplan*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?qid=1686252711977&uri=CELEX%3A52022DC0552>
- Glaser, B. G., & Strauss, A. L. (2017). *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Routledge.
- Hecker, D., Faßbender, M., & Zdrallek, M. (2021). The implementation of immersive virtual reality trainings for the operation of the distribution grid—Development

- and integration of two operational use cases. *CIREC 2021 - The 26th International Conference and Exhibition on Electricity Distribution, 2021*, 1116–1120. <https://doi.org/10.1049/icp.2021.1847>
- Hoenig, W., Milanes, C., Scaria, L., Phan, T., Bolas, M., & Ayanian, N. (2015). Mixed reality for robotics. *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 5382–5387.
- Iacovou, C. L., Benbasat, I., & Dexter, A. S. (1995). Electronic data interchange and small organizations: Adoption and impact of technology. *MIS Quarterly*, 465–485.
- Jalo, H., Pirkkalainen, H., Torro, O., Pessot, E., Zangiacomi, A., & Teplickov, A. (2022). Extended reality technologies in small and medium-sized European industrial companies: Level of awareness, diffusion and enablers of adoption. *Virtual Reality*, 26(4), 1745–1761. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00662-2>
- Jeyaraj, A., Rottman, J. W., & Lacity, M. C. (2006). A review of the predictors, linkages, and biases in IT innovation adoption research. *Journal of Information Technology*, 21(1), 1–23.
- Kamińska, D., Sapiński, T., Wiak, S., Tikk, T., Haamer, R. E., Avots, E., Helmi, A., Ozcinar, C., & Anbarjafari, G. (2019). Virtual reality and its applications in education: Survey. *Information*, 10(10), 318.
- KWF. (2020, November 20). Augmensys GmbH. *KWF*. <https://kwf.at/augmensys-gmbh-2020/>
- Marangunić, N., & Granić, A. (2015). Technology acceptance model: A literature review from 1986 to 2013. *Universal Access in the Information Society*, 14, 81–95.
- Martino, S., Gonbeau, O., Boisseau, C., Recapet, J.-P., Blanc, F., & Augustin, B. (2017). Enedis field experience of augmented and virtual-reality technologies

- at the service of network operators. *CIREN - Open Access Proceedings Journal*, 2017(1), 1081–1084. <https://doi.org/10.1049/oap-cired.2017.0770>
- Masood, T., & Egger, J. (2019). Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 58, 181–195.
- Microsoft. (2022, August 10). *VERBUND und Microsoft schließen eine Partnerschaft, um gemeinsam die Digitalisierung und Dekarbonisierung voranzutreiben.* – News Center. <https://news.microsoft.com/de-at/verbund-und-microsoft-schliessen-eine-partnerschaft-um-gemeinsam-die-digitalisierung-und-dekarbonisierung-voranzutreiben/>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994, December). *A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays*. https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321
- Nagarro. (2020). *Digitizing wind turbine inspections using Smart Glass*. https://www.nagarro.com/hubfs/Energie%20Burgenland_Case%20study_EN_New.pdf
- Opriş, I., Costinaş, S., Ionescu, C. S., & Nistoran, D. E. G. (2017). Towards augmented reality in power engineering. *2017 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, 39–44. <https://doi.org/10.1109/ATEE.2017.7905160>
- Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., & Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42, 533–544.
- Parveau, M., & Adda, M. (2018). 3iVClass: A new classification method for virtual, augmented and mixed realities. *Procedia Computer Science*, 141, 263–270.
- Polycular. (2020). *Energized – Polycular*. <https://www.polycular.com/portfolio/energized-ar/>

- Prebanić, K. R., & Vukomanović, M. (2021). Realizing the Need for Digital Transformation of Stakeholder Management: A Systematic Review in the Construction Industry. *Sustainability*, 13(22), Article 22. <https://doi.org/10.3390/su132212690>
- Rogers, E. M. (2010). *Diffusion of innovations*. Simon and Schuster.
- Salzburg AG. (2018). *Innovation Challenge #3*. <https://www.salzburg-ag.at/ueber-die-salzburg-ag/unternehmen/innovation/innovation-challenge3.html>
- Salzburg AG. (2020). *Lebensadern*. <https://www.salzburg-ag.at/energieberatung/schulen/schulprogramme/lebensadern.html>
- Schmaranz, R., Schöner, S., Liesinger, M., & Smith, D. (2019). *Augmented Reality in Grid Operation-a new Approach to Support Manual Switching Operations*.
- Speicher, M., Hall, B. D., & Nebeling, M. (2019). What is mixed reality? *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–15.
- Tanaka, E. H., Paludo, J. A., Bacchetti, R., Gadbem, E. V., Domingues, L. R., Cordeiro, C. S., Giraldo, O., Alcarde Gallo, G., Mendes da Silva, A., & Cascone, M. H. (2017). Immersive virtual training for substation electricians. *2017 IEEE Virtual Reality (VR)*, 451–452. <https://doi.org/10.1109/VR.2017.7892374>
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4), 342–365.
- Venkatesh, V., & Bala, H. (2008). Technology acceptance model 3 and a research agenda on interventions. *Decision Sciences*, 39(2), 273–315.
- Venkatesh, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science*, 46(2), 186–204.
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 425–478.

- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: Extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MIS Quarterly*, 157–178.
- Venkatesh, V., Thong, J. Y., & Xu, X. (2016). Unified theory of acceptance and use of technology: A synthesis and the road ahead. *Journal of the Association for Information Systems*, 17(5), 328–376.
- Verbund. (2020, November 23). *Digital und doch real: Virtual Reality in der Wasserkraft*. <https://vreund.verbund.at/de-at/artikel/2020/11/23/virtual-reality-wasserkraft>
- ViewAR. (2017, April 26). Wien Energie & ViewAR on Industry 4.0. *Viewar*. <https://www.viewar.com/blog/wien-energie-viewar-on-industry-4-0/>
- Wien Energie. (2017, September 15). *Arbeitswelt 4.0: Augmented Reality im Kraftwerk ist bei uns schon im Einsatz*. Wien Energie. <https://www.wienenergie.at/blog/arbeitswelt-4-0-augmented-reality-im-kraftwerk-ist-bei-uns-schon-im-einsatz/>
- Xiao, J., Qian, Y., Du, W., Wang, Y., Jiang, Y., & Liu, Y. (2023). VR/AR/MR in the Electricity Industry: Concepts, Techniques, and Applications. *2023 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 82–88. <https://doi.org/10.1109/VRW58643.2023.00022>
- Zhu, K., Kraemer, K., & Xu, S. (2003). Electronic business adoption by European firms: A cross-country assessment of the facilitators and inhibitors. *European Journal of Information Systems*, 12, 251–268.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Teilnehmer_innen.....	33
Tabelle 2: Zitate der Teilnehmer_innen zu den technologischen Einflussfaktoren..	36
Tabelle 3: Zitate der Teilnehmer_innen zu den organisationalen Einflussfaktoren .	41
Tabelle 4: Zitate der Teilnehmer_innen zu den externen Einflussfaktoren	44
Tabelle 5: Synopsis der Erkenntnisse zu den Einflussfaktoren	60

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Realitäts-Virtualitäts-Kontinuum (Milgram & Kishino, 1994).....	4
Abbildung 2: AR-Indoor-Navigation der Wien Energie (ViewAR, 2017).....	10
Abbildung 3: Inspektion einer Windturbine mit einer Datenbrille (Nagarro, 2020)...	11
Abbildung 4: Virtuelles Modell des Pilotkraftwerks Rabenstein (Verbund, 2020)....	12
Abbildung 5: AR-Anwendung der Kärnten Netz GmbH (Schmaranz et al., 2019)...	13
Abbildung 6: Technologieakzeptanzmodell (Davis et al., 1989)	16
Abbildung 7: Darstellung des TAM3 (Venkatesh & Bala, 2008).....	17
Abbildung 8: Innovations-Entscheidungs-Prozess nach Rogers (Rogers, 2010)....	18
Abbildung 9: Modell der UTAUT (Venkatesh et al., 2003)	20
Abbildung 10: TOE-Framework (DePietro et al., 1990)	21
Abbildung 11: Potenzielle Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption	23
Abbildung 12: Identifizierte Einflussfaktoren auf die XR-Technologieadoption	48

Anhang

Interviewleitfaden

Um die Gedanken und Erfahrungen der Teilnehmer_innen bezüglich der Einführung von XR-Technologien in ihren Einrichtungen zu erheben, wurden semi-strukturierte Interviews mithilfe des vorliegenden Interviewleitfadens durchgeführt. Dieser wurde basierend auf den Ergebnissen der Literaturrecherche und dem Technology-Organization-Environment Framework entwickelt. Der Interviewleitfaden enthält offene Fragen zur jeweiligen Person, ihrer Organisation sowie zu den Faktoren, die die Einführung von XR-Technologien beeinflussen, und den damit verbundenen Chancen und Risiken.

Person und Organisation

- Können Sie sich und Ihre Rolle in der Organisation bitte kurz vorstellen?
- Nutzt Ihre Organisation derzeit XR-Technologien oder experimentiert damit?
- Waren Sie an Projekten zur Einführung dieser beteiligt? Wenn ja, können Sie kurz Ihre Erfahrungen beschreiben?
- Was waren die Schlüsselfaktoren, die die Einführung beeinflusst haben?

Technologischer Kontext

- Gibt es technologische Barrieren oder Einschränkungen, die Ihrer Meinung nach, die Einführung von XR-Technologien in Ihrer Organisation behindern?
- Wie schätzen Sie den relativen Vorteil von XR-Technologien im Vergleich zu bestehenden Technologien ein?
- Was denken Sie über die Benutzungsfreundlichkeit von XR-Technologien?
- Inwieweit glauben Sie, dass XR-Technologien mit den bestehenden Prozessen und Systemen Ihrer Organisation kompatibel sind?
- Welche Bedenken oder Herausforderungen sehen Sie im Hinblick auf die Komplexität von XR-Technologien in Ihrer Organisation?
- Wie wichtig ist die Erprobbarkeit für die Entscheidung Ihrer Organisation, XR-Technologien einzuführen?

Organisationaler Kontext

- Wie wirken sich Ihrer Meinung nach die Größe Ihrer Organisation und die Verfügbarkeit von Ressourcen auf die Einführung von XR-Technologien aus?
- Wie würden Sie die Unterstützung des Managements für die Einführung von XR-Technologien in Ihrer Organisation beschreiben?

TU Wien MBA

- Gibt es in Ihrer Organisation Change Management, um die Einführung von XR-Technologien zu erleichtern?
- Wie würden Sie die Organisationskultur und Bereitschaft zur Veränderung beschreiben, wenn es um die Einführung neuer Technologien geht?

Umweltkontext

- Welche Umweltfaktoren beeinflussen Ihrer Meinung nach die Einführung von XR-Technologien in Ihrer Organisation?
- Gibt es externen Druck oder Anreize, die die Einführung von XR-Technologien in Ihrer Organisation fördern?
- Wie schätzen Sie den Wettbewerbsdruck ein, wenn es um die Einführung von XR-Technologien geht?
- Gibt es Partnerschaften mit anderen Organisationen, Herstellern oder Forschungseinrichtungen, an denen Ihre Organisation beteiligt ist?
- Wie wirkt sich Ihrer Meinung nach das regulatorische Umfeld auf die Einführung von XR-Technologien im Energiesektor aus?

Empfehlungen

- Gibt es weitere Faktoren, die Ihrer Meinung nach die Einführung von XR-Technologien im Energiesektor beeinflussen könnten?
- Was sind Ihrer Meinung nach die wichtigsten Vorteile des Einsatzes von XR-Technologien im Energiesektor?
- Gibt es Bedenken oder potenzielle Nachteile im Zusammenhang mit der Einführung von XR-Technologien?
- Welche Empfehlungen würden Sie anderen Organisationen in der Elektrizitätswirtschaft geben, die die Einführung von XR-Technologien in Betracht ziehen?