

Der Mittelstand auf dem Weg zur intelligenten Fabrik: Adoptionsdeterminanten tragbarer Augmented-Reality- Assistenzsysteme

Julian Schuir¹ und Frank Teuteberg¹

¹ Universität Osnabrück, Fachgebiet Unternehmensrechnung und Wirtschaftsinformatik,
Osnabrück, Deutschland
{julian.schuir, frank.teuteberg}@uni-osnabrueck.de

Abstract. Augmented-Reality-Assistenzsysteme unterstützen Arbeitsprozesse aktiv im Sinne einer intelligenten Fabrik. Sie bieten insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) aus dem produzierenden Gewerbe Vorteile, indem die menschlich induzierte Fehlerquote reduziert und Einarbeitungsprozesse effizienter gestaltet werden können. Dennoch stellt ihre Adoption in der Praxis bisher eine Seltenheit dar. Ziel dieses Beitrages ist es daher, die Adoptionsdeterminanten von Augmented-Reality-Assistenzsystemen in KMU mithilfe des Technology-Organization-Environment-Frameworks und qualitativer Forschung in Form von semi-strukturierten Interviews zu explorieren. Die Ergebnisse zeigen u. a., dass organisatorische Aspekte wie fehlendes Expertenwissen sowie die Qualifikation der Mitarbeiter die Adoption beeinflussen.

Keywords: Augmented Reality Smart Glasses, TOE-Framework, Industrie 4.0

1 Einleitung

Tragbare Assistenzsysteme, die auf Augmented Reality (AR) basieren und in Form von Augmented Reality Smart Glasses genutzt werden, gewinnen in den vergangenen Jahren zunehmend Aufmerksamkeit [1]. Sie sind essentieller Bestandteil von Industrie 4.0 [2, 3]. Ziel von Industrie 4.0 ist es, die zunehmende Prozesskomplexität in Fertigungsprozessen durch den Einsatz digitaler Technologien zu reduzieren und Steigerungen in der Unternehmenseffizienz zu erzielen [4]. Durch die Vernetzung von Produktionssystemen können bspw. Sensor- und Produktionsdaten zur Entscheidungsunterstützung den Mitarbeitern in einer sog. intelligenten Fabrik (engl. Smart Factory) über Augmented Reality Smart Glasses kontextsensitiv zur Verfügung gestellt werden [3, 5].

Vor allem kleine und mittelständische Industrieunternehmen (KMU) mit bis zu 500 Mitarbeitern haben strategische Schwierigkeiten mit der Umsetzung von Industrie 4.0, da die ursprüngliche Vision einer vollautomatisierten Produktion keine annehmbare Perspektive für sie darstellt [6]. Ursachen hierfür liegen in fehlenden finanziellen Ressourcen, der Angst vor Jobverlusten, veralteten Informationsarchitekturen und mangelnden Digitalisierungskompetenzen [6, 7]. 99 Prozent aller Unternehmen in der

¹⁵th International Conference on Wirtschaftsinformatik,
March 08-11, 2020, Potsdam, Germany

Europäischen Union (EU) sind dem Mittelstand zuzuordnen, eine Vielzahl davon ist in der Fertigungsindustrie tätig [6]. Damit bilden sie das ökonomische Rückgrat der EU [8]. Als produzierende Unternehmen agieren sie häufig in Nischenmärkten mit kleinen Losgrößen und sind stark vom Fachwissen ihrer Mitarbeiter abhängig [9]. Ihre Produktionsprozesse sind zeitgleich durch einen hohen manuellen Fertigungsgrad gekennzeichnet, weshalb der Bedarf nach technischen Unterstützungswerkzeugen zur Steigerung der Unternehmenseffizienz zunehmend wächst [6].

Einer Befragung des Mittelstand 4.0 Kompetenzzentrums Stuttgart zufolge gehören Augmented-Reality-Assistenzsysteme (ARAS) dabei zu den wichtigsten technischen Unterstützungswerkzeugen. 47 Prozent der teilnehmenden Unternehmensvertreter gehen davon aus, dass ihre Bedeutung in der Fertigungsindustrie bis zum Jahr 2024 verstärkt zunehmend wird [10]. Dies ist insbesondere auf die mit der Nutzung einhergehenden Vorteile zurückzuführen. ARAS erlauben mitunter eine bedarfsgerechte Informationsbereitstellung in manuellen Fertigungsprozessen. Infolge der freihändigen Bedienung können Kopfbewegungen reduziert, die Konzentration erhöht und Fehlerquoten minimiert werden [11]. Weitere Potentiale dieser Technologie liegen z. B. in der Wissensvermittlung [12]. Smart Glasses ermöglichen eine digitale Einarbeitung, wodurch Ausbildungsprozesse in KMU kostensparender und effizienter gestaltet werden können [13]. Vor diesem Hintergrund ist es verwunderlich, dass vergleichbare Implementierungen bisher eine Seltenheit darstellen. Nur zehn Prozent der KMU im deutschsprachigen Raum nutzten im Jahr 2018 AR-basierte Systeme [14].

In der Forschung bleibt die Frage, welche Determinanten die Adoption tragbarer ARAS in KMU beeinflussen, bislang unbeantwortet: Untersuchungen zu AR sind primär technischer Natur [15]. Müller et al. (2017) identifizieren einen Forschungsbedarf hinsichtlich der Adoption einzelner Industrie 4.0-Konzepte auf KMU-Ebene [16]. Erkenntnisse der Adoptionsforschung zu Großunternehmen lassen sich aufgrund struktureller Unterschiede nur eingeschränkt auf KMU übertragen, wie vorangegangene Untersuchungen zeigen [17]. Selbiges gilt vermutlich für die Adoptionsdeterminanten weiterer Industrie 4.0-Technologien, da sowohl Prozesse als auch Beschäftigte bei der Einführung digitaler Assistenzsysteme spezifischen Veränderungen unterliegen [10]. Dieser Beitrag verfolgt daher das Ziel, das Verständnis der Adoption tragbarer ARAS in KMU zu fördern und widmet sich der Exploration folgender Forschungsfrage (FF):

FF: *Welche Determinanten beeinflussen die Adoption von Augmented-Reality-Assistenzsystemen in kleinen und mittelständischen Industrieunternehmen?*

Als Grundlage für die vorliegende Untersuchung dient das Technology-Organization-Environment-Framework (TOE-Framework), welches bereits zur Exploration der Adoptionsdeterminanten verschiedenster Technologien (z. B. Cloud-Computing [18]) eingesetzt wurde [19]. Die Struktur des Beitrags stellt sich wie folgt dar: Abschnitt 2 skizziert industrielle Anwendungsszenarien für ARAS. Zudem wird das TOE-Framework als Grundlage für die qualitative Erhebung beschrieben. Abschnitt 3 beleuchtet verwandte Arbeiten zum vorliegenden Beitrag. Abschnitt 4 be-

schreibt das Forschungsdesign dieser Untersuchung. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 5 vorgestellt und darauffolgend in Abschnitt 6 diskutiert. Der Beitrag schließt mit der Ableitung von Implikationen und liefert einen Ausblick auf zukünftige Forschungsarbeiten.

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Augmented Reality Smart Glasses in der intelligenten Fabrik

Das Forschungsfeld der erweiterten und virtuellen Realitäten wurde zum Ende der 1950er-Jahre eingeführt [20, 21]. AR ist nach Milgram et al. (1994) ein Teil des Realität-Virtualität-Kontinuum, indem die natürliche Wahrnehmung des Benutzers durch virtuelle Informationen ergänzt wird [20]. Virtual Reality hingegen ermöglicht es dem Benutzer, vollständig in eine simulierte Umgebung einzutauchen. Hierfür werden Head-Mounted-Displays genutzt, die mit stereoskopischen Displays ausgestattet sind und störende Lichteinflüsse aus der realen Umgebung des Benutzers vollständig absorbieren [22]. In Anlehnung an Milgram (1994) und Rauschnabel (2018) wird der Begriff Augmented Reality nachfolgend enger gefasst, indem er auf die Verwendung transparenter Head-Mounted-Displays in Form von Augmented Reality Smart Glasses (ARSG) beschränkt wird [20], [23]. ARSG verwenden zur Erfassung der Umgebung unter anderem Kameras und Sensoren. Auf dieser Basis werden Zusatzinformationen kontextsensitiv auf transparente Displays im Sichtfeld des Benutzers eingeblendet [24]. Zur Interaktion können verschiedene Eingabemethoden wie Sprachsteuerung, Gesten- und Mimik-Erkennung dienen [25]. Bekannte Beispiele dieser Endgeräte umfassen die Microsoft HoloLens [26] sowie die Vuzix Blade [27]. Da der Reifegrad der Hardware im vergangenen Jahrzehnt stark zugenommen hat, hat die Technologie sowohl in der Forschung als auch in der Praxis zunehmend Aufmerksamkeit gewonnen [25].

Für die intelligente Fabrik, die Menschen und Maschinen kontextabhängig bei der Erfüllung ihrer Aufgaben unterstützt [5], existieren vielfältige Nutzungsszenarien. Diese können in die Bereiche Fertigungsunterstützung, Qualitätskontrolle, Sicherheitsmanagement, Wartung und Instandhaltung, Training, Logistik sowie Gestaltung unterteilt werden können [12]. Im Rahmen der Fertigungsunterstützung können ARAS bspw. dazu beitragen, die menschlich induzierte Fehlerquote zu reduzieren [11]. Produzierende Unternehmen können ferner von der automatisierten Erkennung von Qualitätsabweichungen durch ARAS profitieren [28]. Die Einblendung von Packlisten in das Sichtfeld von Logistikmitarbeitern verbessert die Prozesseffizienz [29].

2.2 TOE-Framework

Um die Entscheidung einer Organisation im Hinblick auf die Adoption einer Innovation nachzuvollziehen, existiert eine Vielzahl an theoretischen Modellen [30]. Die vorliegende Untersuchung orientiert sich am TOE-Framework. Dieses wurde von DePietro et al. (1990) entwickelt und stellt in einem Bezugssystem die Technologie-

adoption auf Unternehmensebene dar [19]. Demnach wird der Adoptionsprozess einer Innovation in einer Organisation durch drei unabhängige Konstrukte beeinflusst [30]:

- Der technologische Kontext repräsentiert technische, funktionelle und weitere qualitative Eigenschaften einer Innovation. Er berücksichtigt zudem bereits vorhandene Technologien innerhalb einer Organisation.
- Der organisationale Kontext adressiert die unternehmenseigenen Ressourcen und ihre Charakteristika. Hierzu zählt bspw. die Unternehmenskultur.
- Die Umwelt repräsentiert unternehmensexterne Einflüsse einer Organisation (z. B. gesetzliche Vorgaben) [19].

In der Forschung wurde das TOE-Framework bereits in zahlreichen Untersuchungen zur Erklärung der Adoption innovativer Technologien auf der Unternehmensebene angewandt. Beispielhafte Studien untersuchen die Adoption von RFID-Technologien in amerikanischen Krankenhäusern [31] sowie Business Analytics im britischen Einzelhandel [32].

3 Verwandte Arbeiten

Zur Identifikation inhaltlich verwandter Arbeiten wurde eine systematische Literaturrecherche nach vom Brocke et al. (2009) in wissenschaftlichen Datenbanken¹ anhand der Suchbegriffe: „*Augmented Reality, Industrie 4.0, Wearables, TOE-Framework, Adoption, Diffusion, KMU*“ durchgeführt, wobei deutsche und englische Synonyme in verschiedenen Kombinationen verwendet wurden [33]. Das Ziel bestand darin, an das TOE-Framework angelehnte Studien zu identifizieren, die entweder einen Bezug zu verwandten Industrie 4.0-Technologien nach Liao et al. (2017) aufweisen oder die Technologieadoption in KMU untersuchen [2]. Tabelle 1 gibt einen Überblick über sechs verwandte Arbeiten.

Tabelle 1. Verwandte Arbeiten

Referenz	Innovation	Identifizierte Determinanten
Alshamaila et al. [18]	Cloud-Computing in KMU	<i>Technologie:</i> Relativer Vorteil, Unsicherheit, Geo-Restriktion der Technologie, Kompatibilität, Komplexität, Testbarkeit <i>Organisation:</i> Größe, Unterstützung durch das Top-Management, Innovationskraft, IT-Vorerfahrung <i>Umwelt:</i> Marktsegment, IT-Support des Anbieters, Industriezweig
Arnold et al. [34]	Industrie 4.0	<i>Technologie:</i> Relativer Vorteil <i>Organisational:</i> Unterstützung durch das Top-Management <i>Umwelt:</i> Wettbewerb, Unsicherheit
Chandra et al. [35]	Augmented Reality im E-Commerce	<i>Technologie:</i> Relativer Vorteil, Technologiekompetenz <i>Organisation:</i> Unterstützung durch das Top-Management, Alter <i>Umwelt:</i> Technologieakzeptanz aus Konsumentensicht
Hobert & Schumann [36]	Wearables in Industrieunternehmen	<i>Technologisch:</i> Infrastruktur, Systemlandschaft, Verfügbarkeit industriegerechter Endgeräte <i>Organisation:</i> Expertenwissen, Mitarbeiterbedenken, Unternehmenskultur, Altersstruktur, regionale Kultur <i>Umwelt:</i> Privatsphäre, Datensicherheit, Sicherheitsvorgaben

¹ Ebscohost, Scopus, IEEE und Google Scholar.

Ramdani et al. [37]	Unternehmensapplikationen in KMU	<i>Technologie:</i> Relativer Vorteil, Kompatibilität, Komplexität, Verlässlichkeit, Beobachtbarkeit <i>Organisation:</i> Unterstützung durch das Top-Management, Technologievorerfahrung <i>Umwelt:</i> Industrie, Marktsegment, Wettbewerbsdruck
Wang et al. [38]	RFID in Industrieunternehmen	<i>Technologie:</i> Komplexität, Kompatibilität <i>Organisation:</i> Unternehmensgröße <i>Umwelt:</i> Wettbewerbsdruck, Druck der Handelspartner, Informationsintensität

Aus technischer Sicht weist der Beitrag von Hobert und Schumann (2017) die größten Parallelen zur vorliegenden Untersuchung auf [36]. Jedoch untersuchen die Autoren die Adoption von Wearables im Allgemeinen und adressieren nicht die Charakteristika von KMU. ARSG verfügen technologiebedingt im Vergleich zu anderen Wearables wie Smart Watches über sehr spezifische Charakteristika wie den Bedien- und Tragekomfort [39], adressieren durch die verbauten Kameras besondere datenschutzrechtliche Fragestellungen [40] und sind technisch schwierig in bestehende Wertschöpfungsprozesse zu integrieren [41]. Aus organisatorischer Sicht sind mit ihrer Adoption radikale Prozessveränderungen (z. B. Transformation von Ausbildungsprozessen) verbunden [12]. Gleichzeitig gehören sie zu den wichtigsten Assistenzsystemen für KMU in der Fertigungsindustrie [10]. Gerade diese sind nach Ludwig et al. (2016) auf eine differenzierte Betrachtung einzelner Industrie 4.0-Technologien angewiesen. Ziel ist es, anhand der Verortung des eigenen Unternehmens aus KMU-Sicht eine Entscheidung hinsichtlich der Adoption einzelner Teilkonzepte treffen zu können [6]. Erste Anhaltspunkte hierfür bietet die Arbeit von Alshamaila (2013), die Adoptionsdeterminanten von Cloud-Computing in KMU untersuchen [18].

Als Ergebnis lässt sich festhalten, dass die Adoption tragbarer ARAS in KMU bisher nicht in der Forschung adressiert wurde. Diese Forschungslücke soll durch semi-strukturierte Interviews mit Branchenexperten exploriert werden. Dabei wird einerseits die Übertragbarkeit der bisherigen Erkenntnisse auf ARAS überprüft. Zum anderen werden neue Einflussfaktoren exploriert. Hierzu gehört bspw. die Qualifikation der Mitarbeiter.

4 Forschungsdesign

Zur Identifikation der Adoptionsdeterminanten wurden in Anlehnung an Alshamaila et al. (2013) neun semi-strukturierte Experteninterviews durchgeführt (vgl. Abbildung 1) [18]. Diese Forschungsmethode eignet sich aufgrund ihres explorativen Charakters zur Erhebung von Einflussfaktoren eines IKT-Adoptionsprozesses und wurde bereits in verschiedenen Untersuchungen übernommen [42].

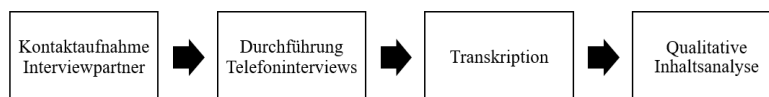


Abbildung 1. Forschungsdesign

Im ersten Schritt wurden potentielle Interviewpartner selektiert und per E-Mail kontaktiert. Hierfür erfolgte zunächst eine systematische Google-Suche mit dem Suchstring („*Augmented Reality*“ OR „*Erweiterte Realität*“ OR „*Smart Glasses*“) AND *Industrie*. Im Fokus standen Fachexperten aus KMU in der Fertigungsindustrie, die bereits Erfahrungen mit tragbaren ARAS generieren konnten. Es wurden außerdem Unternehmen kontaktiert, die IT-Lösungen für tragbare ARAS bereitstellen. Ziel war es, durch den Miteinbezug von Soft- und Hardwareanbietern zusätzlich von den Erfahrungen aus Kundengesprächen und vergangenen Projekten zu profitieren. Insgesamt erklärten sich neun der 43 kontaktierten Personen für ein Expertengespräch bereit. Tabelle 1 gibt einen Überblick zu den befragten Personen mit ihrem beruflichen Hintergrund und ihrer Berufserfahrung in Jahren.

Tabelle 2. Übersicht der befragten Personen

ID	Position	Branche	Erfahrung	Dauer
B1	Leiter F&E	Maschinenbau	12 Jahre	32 Minuten
B2	Geschäftsführer	Maschinenbau	29 Jahre	35 Minuten
B3	Produktionsplaner	Maschinenbau	8 Jahre	39 Minuten
B4	Leiter IT	Automotive	15 Jahre	42 Minuten
B5	Geschäftsführer	Automotive	30 Jahre	28 Minuten
B6	Unternehmensentwicklung	IT	13 Jahre	33 Minuten
B7	Geschäftsführer	IT	10 Jahre	37 Minuten
B8	Vertriebsleiter	IT	7 Jahre	31 Minuten
B9	Leiter F&E	IT	15 Jahre	41 Minuten

Anschließend erfolgte die telefonische Durchführung der semi-strukturierten Interviews nach Gläser und Laudel (2010) [43]. Zur Strukturierung der Expertengespräche diente ein Interviewleitfaden, der im Vorfeld der Befragung in einem Pretest erprobt wurde. Dieser gliedert sich in vier Themenbereiche und thematisiert neben den Fragen zur Person Einsatzpotentiale von ARAS, Einflussfaktoren der Adoption sowie damit einhergehende Herausforderungen. Vor dem Beginn der Interviews wurden alle Befragten über den Verwendungszweck der Befragung informiert und nach dem Prinzip der informierten Einwilligung um die Erlaubnis der Aufzeichnung gebeten [43]. Sieben Befragte waren mit einer Aufzeichnung einverstanden, sodass die Audiomitschnitte im darauffolgenden Schritt transkribiert wurden. In den weiteren zwei Fällen wurden die wichtigsten Gesprächsinhalte stichpunktartig dokumentiert, da eine Tonaufnahme untersagt wurde. Die Interviews fanden im Zeitraum von Mai bis Juni 2019 statt und dauerten durchschnittlich 35 Minuten.

Die Transkripte dienten schließlich als Grundlage für die strukturierende Inhaltsanalyse nach Mayring (2010) [44]. In diesem Rahmen kodierten zwei Personen die Transkripte unabhängig voneinander mithilfe einer Software für qualitative Analysen (MaxQDA). Dabei wurden die relevanten Statements zunächst in einem deduktiven Vorgehen den drei Dimensionen des TOE-Frameworks zugeordnet [19]. Anschließend erfolgte die deduktive Verdichtung der Determinanten unter Berücksichtigung der in den verwandten Arbeiten vorgestellten Ergebnisse (z. B. [18]). Auf Empfehlung von Mayring (2010) wurde die nicht zuordenbaren Statements schließlich durch

das Anlegen neuer Kategorien induktiv kategorisiert. So wurde sichergestellt, dass neu explorierte Adoptionsdeterminanten in die Ergebnisse der Untersuchung einfließen. Die Ergebnisse wurden anschließend aggregiert und auf Konsistenz geprüft [43]. Unklarheiten wurden mit dem Autorenteam diskutiert und durch das Revidieren des Kategoriensystems gemeinsam behoben (Das Kategoriensystem ist verfügbar unter: <https://bit.ly/344BzHs>). Als Qualitätsindikator für die Interrater-Reliabilität verwendeten wir Krippendorffs Alpha, was mit 0,82 über der Mindestanforderung von 0,8 lag [45].

5 Ergebnisse

Anhand der qualitativen Untersuchung wurden insgesamt 19 Adoptionsdeterminanten tragbarer Augmented-Reality-Assistenzsysteme in fertigen KMU identifiziert. Abbildung 2 gibt einen Überblick der identifizierten Determinanten mit den relativen Häufigkeiten der Anzahl der Interviewpartner, die einen Einflussfaktor genannt haben, klassifiziert nach technologischen, organisationalen und umweltbezogenen Faktoren [19].

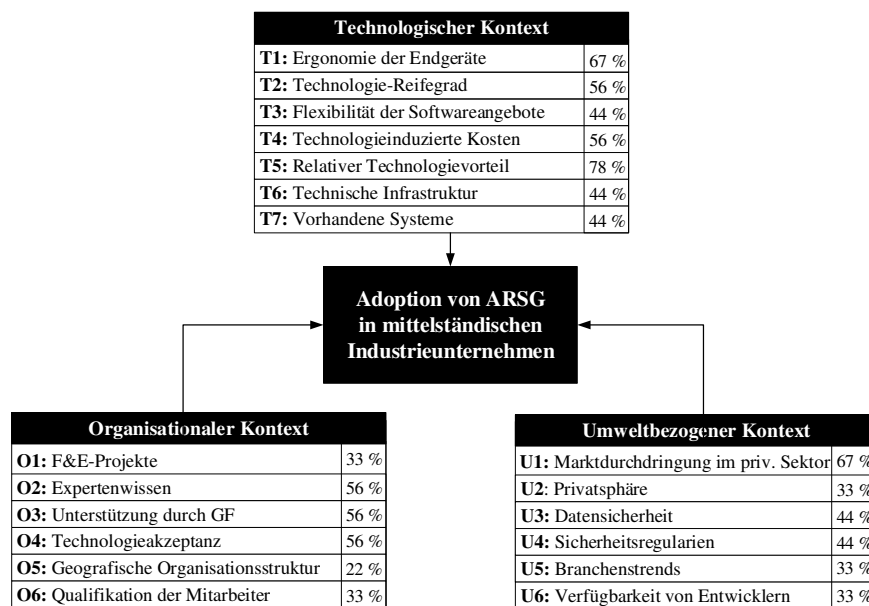


Abbildung 2. Überblick der identifizierten Determinanten nach [36]

5.1 Technologischer Kontext

Aus technologischer Perspektive stellt die **Ergonomie der Endgeräte** für die industrielle Adoption (T1) eine Herausforderung dar. Die auf dem Markt verfügbaren

ARSG begegnen Problematiken, welche den Bedien- und Tragekomfort betreffen. Besonders „wackelige Gestelle“ [B1], „das unverhältnismäßige Gewicht“ [B9], „das kleine Sichtfeld“ [B2] und „der fehlende Tragekomfort“ [B5] von binokularen Geräten sind problematisch. Bezüglich des **Technologie-Reifegrades** (T2) stellt die Rechenkapazität von ARSG eine Schwachstelle dar [B6]. Aufgrund der fehlenden Leistungsfähigkeit, z. B. in der Objekterkennung, sind die Einsatzmöglichkeiten in der Industrie derzeit auf einfache Szenarien wie Prozessanleitungen und Schulungsprozesse begrenzt [B2, B5, B9]. Darüber hinaus sind die Akkulaufzeiten zum Großteil nicht ausreichend, was eine intensive Nutzung erschwert [B6].

Neben der Hardware stellt die **Flexibilität der Software-Angebote** hinsichtlich der Anpassungsfähigkeit (T3) eine Adoptionsdeterminante von tragbaren ARAS dar. Bisherige Angebote adressieren häufig nur einzelne Use Cases und sind als Insellösungen verfügbar [B4]. Das Angebot universeller Software, die im Unternehmen durch die eigene IT-Abteilung selbst angepasst werden kann (z. B. mithilfe von sog. Low-Code-Plattformen [46]), wird gefordert [B4, B9]. Dies liegt teils begründet in den hohen **technologieinduzierten Kosten** (T4), die für die Beschaffung, Entwicklung, Anpassung und Betreuung entsprechender Software- und Hardwarelösungen verausgabt werden müssen [B2, B4, B5]. Diese Entwicklungs- und Folgekosten amortisieren sich erst langfristig, weswegen die Adoption von ARAS ein hohes Investitionsrisiko aufweist [B6, B9].

Vor diesem ökonomischen Hintergrund stellt der **relative Technologievorteil** (T5) nach Ansicht der Interviewten eine weitere relevante Determinante dar [B3]. Beispielsweise erwies sich die Nutzung von ARAS für das Monitoring von Maschinenkennzahlen im Vergleich zu einem Smartphone-Dashboard als unzureichend effizient [B2]. Der Einsatz von Smart Glasses zur Unterstützung von geringqualifizierten Arbeitskräften in manuellen Fertigungsprozessen hingegen trug in einem anderen Fall zu einer signifikanten Erhöhung der Prozessqualität bei [B5].

Zudem ist die **technische Infrastruktur** (T6) relevant für Adoption von tragbaren ARAS. In Fabrikgebäuden industrieller KMU fehlen häufig flächendeckende WLAN-Netzwerke, die für die Vernetzung von Datenbrillen mit weiteren Informationssystemen und Cloud-Services vorausgesetzt werden [B1, B2, B8]. Hinzukommend erschweren potentielle Störfaktoren wie massive Maschinen und Anlagen bestehend aus Metallen die drahtlose Datenübertragung in einer Fabrik [B8]. In Abhängigkeit von dem jeweiligen Nutzungsszenario sind zudem Breitband-Internetzugänge z. B. in Form eines 5G-Netzes erforderlich, um eine hohe Datenübertragungsraten zu gewährleisten. Remote-Service-Anwendungsszenarien zum Beispiel erfordern eine solche Verbindung [B1, B2].

Zu berücksichtigen ist außerdem der für die Nutzung zugrundeliegende Integrationsaufwand in **vorhandene Systeme** (T7). Beispielsweise ist für die Wartung von Maschinen mit Datenbrillen ein Zugriff auf die relevanten Sensordaten erforderlich [B2]. In diesem Zusammenhang besteht die Problematik fehlender, standardisierter Schnittstellen, die für den Zugriff auf diese Daten benötigt werden [B3, B9]. Die wenigen, standardisierten Schnittstellen sind meist nur für ausgewählte, dem Hersteller verbundene Kooperationspartner verfügbar [B9].

5.2 Organisationaler Kontext

Um in den Industrieunternehmen eine Entscheidung über die Adoption von ARAS treffen zu können, etablieren sich insbesondere in größeren KMU eigene **Forschungs- und Entwicklungsprojekte** (O1). Diese beschäftigen sich damit, wie einzelne Organisationen „das Konzept Industrie 4.0 unter Berücksichtigung der finanziellen und technischen Ressourcen sinnvoll“ [B1] adoptieren können. Ziel ist es, auf diesem Weg das unzureichende Erfahrungswissen im Bereich AR in den KMU zu kompensieren und technologiegetrieben, neue Lösungen zu entwickeln [B1, B9]. Das hier entstehende Wissen ist aufgrund **fehlender Kompetenzen** (O2) erforderlich. Insbesondere „in KMU ist oft nicht die Kompetenz vorhanden in Bezug auf die IT, um selbst von einem Produkt auf das andere umzustellen“ [B9]. Stattdessen wird im Rahmen von AR-Projekten vorwiegend externes Wissen bei Unternehmensberatungen und Softwaredienstleistern akquiriert. Problematisch ist dabei, dass nur wenige erfahrene Entwickler und Unternehmensberatungen auf dem Markt verfügbar sind [B2, B6, B9].

Nach Ansicht der Befragten beeinflusst auch die **Unterstützung durch die Geschäftsführung** (O3) die Adoption von ARAS [B1]. Dafür sind Innovationsfreude und die damit verbundene Risikobereitschaft essentiell [B8]. Problematisch bei KMU ist ein mangelndes Verständnis für die strategische Bedeutung von Industrie 4.0. Kongruent zu dieser Beobachtung sind aus Perspektive der Softwareanbieter bereits einige Implementierungsvorhaben in KMU aufgrund der fehlenden Unterstützung gescheitert [B8]. Unterstützt die Geschäftsführung (GF) die Adoption von ARAS, dann ist auch der Einbezug und die Überzeugung operativer Mitarbeiter von großer Relevanz. Die Einbindung von Schlüsselmitarbeitern (z. B. von Produktionsleitern), die eine Vorbild-Funktion für ihre weisungsbefugten Mitarbeiter haben, erzeugt einen „Multiplikatoreffekt“ [B9].

Auch ist die **Technologieakzeptanz** (O4) auf Ebene der Mitarbeiter ein Einflussfaktor. Die Erstnutzung von ARAS, z. B. innerhalb von Produktvorführungen, sei von einer Ablehnung geprägt. „Die Mitarbeiter hatten zu Beginn Angst, sie [die Datenbrillen] anzufassen. Sie wollten nichts kaputt machen.“ [B7]. Vor allem ältere Beschäftigte und Entscheider verzeichneten Angst vor dem Scheitern an der Technologiebedienung- und Nutzung [B5, B7]. Dennoch bestand Einigkeit darüber, dass die Technologieakzeptanz von tragbaren AR-System nicht linear zur Altersstruktur sinkt. Vielmehr sei die allgemeine Technologieaffinität ein Indikator dafür, wie Datenbrillen bei Arbeitnehmern rezeptiert werden [B2, B6, B9]. Neben den Bedenken der operativen Mitarbeiter stellen teilweise auch Betriebsräte eine Herausforderung dar. Ein Befragter, der selbst ARAS in seinem Unternehmen eingeführt hat, berichtete davon, dass der Betriebsrat die Nutzung von ARSG zunächst untersagt hatte [B2]. Nach einhergehenden Verhandlungen wurde die maximal zulässige Nutzungsdauer schließlich auf maximal 40 Minuten täglich festgelegt [B2].

Außerdem beeinflusst die **geografische Organisationsstruktur** (O5) eines Unternehmens die Adoption von ARAS. So werden Remote-Services bevorzugt in Unternehmen eingesetzt, die in verschiedenen, geografisch verteilten Standorten agieren [B1]. Die betriebliche Einarbeitung mithilfe von Smart Glasses bietet sich besonders

für Unternehmen mit Mitarbeitern aus verschiedenen Herkunftsländern an, um etwaige Sprachbarrieren zu umgehen [B7]. Gleichmaßen kann auch die **Qualifikation der Mitarbeiter** (O6) die Adoption tragbarer ARAS beeinflussen [B2, B7]. Mehrsprachige Applikationen können bspw. Sprachbarrieren reduzieren [B7]. Fehlende Lese- und Rechtschreibkenntnisse können durch die Einblendung digitaler Objekte und die Nutzung von Sprachsteuerung kompensiert werden [B2, B7]. Wenig erfahrene Mitarbeiter können sich anhand von Prozessanleitungen zur Steigerung der Prozessqualität absichern [B2].

5.3 Umweltbezogener Kontext

Bezogen auf die Umweltfaktoren beeinflusst die **Marktdurchdringung** von Datenbrillen im **privaten Sektor** (U1) die Adoption tragbarer ARAS. Es wird angenommen, dass bisherige Akzeptanzprobleme auf den niedrigen Bekanntheitsgrad von ARSG zurückzuführen sind [B1, B6, B9]. Ein Marktexperte geht davon aus, dass „AR-Anwendungen auf Datenbrillen im Jahr 2025 auch im privaten Bereich“ akzeptiert und genutzt werden [B9].

Da diese Geräte dazu in der Lage sind, Kamera- und Audioaufzeichnungen zu erzeugen, beeinflusst auch die **Privatsphäre** (U2) der Arbeitenden die Nutzung von ARAS. Ein Drittel der Befragten war skeptisch darüber, ob ARAS in Fabriken gesetzlich erlaubt sind, da sie aus Mitarbeiterperspektive ein Instrument zur Tätigkeitskontrolle bieten [B2, B3]. Es können „über verschiedene Sensoren unterschiedliche Daten über die Nutzer erfasst [...] und darüber ein [...] transparentes Bild und eine Leistungsübersicht“ [B3] erzeugt werden. Zum Schutz der Privatsphäre wird vorgeschlagen, nicht benötigte, technische Ressourcen einer Datenbrille für bestimmte Anwendungsfälle zu deaktivieren [B2]. Daneben kommt der **Datensicherheit** (U3) aus Unternehmensperspektive eine hohe Bedeutung zu. In vielen KMU existieren Vertraulichkeitsabkommen, die z. B. Videoaufnahmen in Lagerräumen untersagen [B3, B7]. ARAS greifen darüber hinaus häufig auf Cloud-Services zu, mit deren Nutzung Sicherheitsbedenken einhergehen [B1].

Infolge der gerätebedingten Einschränkung des Sichtfeldes müssen im Zuge der Adoption tragbarer ARAS in KMU **Sicherheitsregularien** (U4) berücksichtigt werden. Beispielsweise wird die Ablenkung von Arbeitenden durch die Einblendung virtueller Objekte in das Sichtfeld wird als eine Herausforderung wahrgenommen [B2]. Viele KMU sehen vom betrieblichen Einsatz von Datenbrillen ab, da z. B. „Staplerverkehr in dem Lager herrscht, sodass die Mitarbeiter einem Arbeitssicherheitsrisiko ausgesetzt werden“ [B5]. Problematisch ist „das kleine Sichtfeld und das massive Brillengestell“ [B2]. Es sollten daher ergonomischere Geräte mit einem vergrößerten Sichtfeld angeboten werden [B5], die mit der konventionellen Arbeitsschutzausstattung (Helme, Schutzbrillen) kombiniert werden können [B2].

Außerdem verweisen die Experten darauf, dass die Adoption von ARAS ebenfalls von der Tatsache, dass es sich hierbei um industrielle **Branchentrends** (U5) handelt, bestimmt wird [B1, B8]. B1, der selbst in einer Industrie 4.0-Arbeitsgruppe tätig ist, verwies bspw. auf den Gartner-Hype-Cycle [47] und aktuelle Industrie 4.0-Arbeitsberichte, die die Nutzung von Augmented Reality im Unternehmen vorschla-

gen. Das Aufgreifen dieser Trends führt seiner Aussage zufolge zu einer verbesserten Außendarstellung und trägt positiv zum Employer-Branding bei [B1].

Wie bereits in Abschnitt 5.1 skizziert, ist die **Verfügbarkeit von Entwicklern** für ARAS eine Problematik. Da das Kompetenzprofil von Softwareentwicklern für Augmented Reality Smart Glasses sehr spezifische Anforderungen erfüllen muss, existieren nur wenige, auf Augmented Reality spezialisierte Entwickler [B1, B9]. Häufig werden zur Entwicklung von AR- und Virtual-Reality-Lösungen Entwickler mit einem beruflichen Hintergrund aus der Computerspielentwicklung eingestellt [B9].

6 Diskussion und Ausblick

Tragbare Augmented-Reality-Assistenzsysteme stellen eine nutzenstiftende Möglichkeit zur Unterstützung von Mitarbeitern in fertigen Industrieunternehmen dar. Das Ziel des vorliegenden Beitrages bestand daher darin, die Adoptionsdeterminanten dieser Systeme in KMU zu erheben. Es wurden 19 Determinanten identifiziert, die sich in technische, organisationsbezogene und umweltbezogene Aspekte unterteilen lassen.

Technologische Interpretation: Konsistent zu bisherigen TOE-Untersuchungen aus dem KMU-Umfeld [18, 37] kommt auch dieser Beitrag zu dem Ergebnis, dass der relative Vorteil eine Adoptionsdeterminante von Innovationen in KMU darstellt. Vergleicht man die vorliegenden Ergebnisse zu denen von Hobert und Schumann (2017), so zeigen beide Untersuchungen, dass die eingeschränkte Verfügbarkeit rechenstarker Geräte und die vorhandene, technische Infrastruktur die Adoption in der Industrie hindern [38]. Zusätzlich wurden weitere, AR-spezifische Determinanten identifiziert. Hierzu gehört die Ergonomie, die in den Interviews als besonders problembehaftet dargestellt wurde. Der Einfluss der technologieinduzierten Kosten auf die Adoption wurde bisher ebenso nicht exploriert. Eine mögliche Ursache hierfür liegt darin, dass ARAS zunächst eine Vielzahl immaterieller Vorteile bieten, die erst mittelfristig quantifizierbar sind [48]. Darüber hinaus wurden für die Adoption Bedarfe in anpassungsfähigen ARAS-Lösungen, mit denen eine erhöhte Wiederverwendbarkeit einhergeht, erfasst.

Organisationsbezogene Interpretation: Nicht bestätigt werden konnte der Einfluss der Organisationsgröße, den bspw. Alshamaila et al. (2013) bei Cloud-Computing-Technologien in KMU identifizierten. Vielmehr gehören die Unterstützung durch die Geschäftsführung sowie die IT-Kompetenzen konsistent zu vorangehenden Untersuchungen in KMU (z. B. [18, 37]) zu den wichtigsten Determinanten. Eine Erklärung hierfür liegt darin, dass die Geschäftsführung in KMU stärker in das Tagesgeschäft eingebunden ist. Es sind zudem weniger finanzielle Ressourcen vorhanden als in Großunternehmen [7]. Mit der Technologieakzeptanz, der geografischen Organisationsstruktur sowie der Qualifikation der Mitarbeiter wurden darüber hinaus drei ARAS-spezifische Adoptionsdeterminanten exploriert. Letztere sind darauf zurückzuführen, dass ARAS Anwendungsfälle in der Aus- und Weiterbildung sowie im Remote-Service-Support adressieren. Bisherige TOE-Untersuchungen konnten diese

Aspekte aufgrund ihrer thematischen Breite (z. B. Industrie 4.0 [34]) oder der zugrundeliegenden Innovation (z. B. RFID [38]) nicht aufdecken.

Umweltbezogene Interpretation: Ähnlich zu den Ergebnissen von Chandra et al. (2018) kommt dieser Beitrag zum Ergebnis, dass die Adoption von auf AR basierenden Applikationen vom Diffusionsstadium der Technologie im privaten Sektor abhängt [35]. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass die Adoption von ARAS mit temporären Branchentrends korreliert. Im Vergleich zu bisherigen Studien im mittelständischen Umfeld (z. B. [18]) konnte der Einfluss von Wettbewerbern auf die Technologieadoption in der vorliegenden Untersuchung nicht bestätigt werden. Vielmehr ist festzustellen, dass Rahmenbedingungen wie fehlende Sicherheitsregularien und Datensicherheitsbedenken die Adoption von ARAS und Wearables im Allgemeinen beeinflussen [36]. Es kommt hinzu, dass die Verfügbarkeit von Entwicklern für Augmented-Reality-Devices die Diffusion der Technologie beeinträchtigt.

6.1 Implikationen für die Forschung

Mit diesen Erkenntnissen trägt unsere Studie zur Adoptionsforschung im Bereich Industrie 4.0 bei, indem sie ein theoretisches Modell liefert, das die Determinanten der Adoption tragbarer ARAS in fertigen KMU aufzeigt. Derartige Studien bieten die Möglichkeit, die Reaktionen auf Innovationen unter Einbezug sich verändernder Merkmalsausprägungen vorherzusagen [19]. Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass Instrumente zur Kosten-Nutzen-Analyse vonnöten sind, um Adoptionsentscheidungen zu unterstützen. Übergeordnet lässt sich feststellen, dass für die Adoption von ARAS organisationale Aspekte ebenso wichtig sind wie technische. Letztere wurden in der Forschung bereits verstärkt adressiert [15]. Somit besteht Forschungsbedarf in den organisationalen Aspekten der ARAS-Adoption. Beispielsweise können anhand von Meta-Analysen Einflussfaktoren der Technologieakzeptanz identifiziert werden, indem Primärstudien aus der Technologieakzeptanzforschung quantitativ analysiert werden.

6.2 Implikationen für die Praxis und Handlungsempfehlungen

Praktikern bietet die vorliegende Arbeit einen Mehrwert, indem sie ein tieferes Verständnis für die Adoption von ARAS in KMU ermöglicht. So können bspw. KMU relevante Problemfelder im eigenen Unternehmen erkennen und zielgerichtet adressieren. Auf Basis der Expertengespräche wurden folgende Handlungsempfehlungen für Manager, Branchenteilnehmer und politische Entscheidungsträger erarbeitet:

Initiierung von Forschungs- und Entwicklungsprojekten. Um Wissensbarrieren mit Bezug zu Industrie 4.0 zu überwinden und Veränderungen aktiv zu fördern, sollten KMU Kernteams bilden, die aus sorgfältig ausgewählten, motivierten und befähigten Mitarbeitern bestehen. Für den Wissenstransfer können auch Kooperationen mit Hochschulen hilfreich sein.

Sorgfältige Selektion von Anwendungsfällen. Aufgrund der bestehenden technischen Limitationen sind die zu realisierenden Anwendungsfälle sorgfältig auszuwählen. Aus Expertensicht sind bspw. die Einblendung von Prozess-Anleitungen zur

Erhöhung der Prozessqualität [B7] und Remote-Service-Szenarien [B9] technisch bereits unproblematisch zu realisieren. So können sich einzelne KMU als innovative Unternehmen positionieren und Expertenwissen aufbauen.

Erhöhung der Usability von ARSG. Hardware-Anbieter werden dazu ermutigt, die Ergonomie sowie die Leistung der Endgeräte verbessern. Besonders der Bedien- und Tragekomfort, Akkulaufzeiten sowie Rechenkapazitäten sind zu optimieren.

Unterstützung von Low-Code-Development. Softwareanbieter sollten das Angebot universeller Lösungen, z. B. in Form von Low-Code-Plattformen, fokussieren. Mitarbeiter können damit Anwendungsszenarien wie Schulungsprozesse ohne Programmierkenntnisse in einem grafischen Editor modellieren und in eine ARSG-Applikation überführen [46].

Entwicklung von Industriestandards. Durch den Zusammenschluss von Politik, Unternehmen, Branchenverbänden sowie IT-Anbietern können einheitliche Richtlinien und Gesetze für die ARAS-Nutzung entwickelt werden.

6.3 Limitationen und zukünftige Forschung

Trotz des Erkenntnisgewinns unterliegt diese Arbeit einigen Limitationen, die Ansätze für weitere Forschungsarbeiten bieten. Erstens entsprechen die Determinanten den Erfahrungen der Interviewten und korrelieren daher mit der Auswahl der Interviewpartner. Zweitens ist die Aussagekraft der Ergebnisse aufgrund der Stichprobengröße limitiert. Schließlich unterliegt die qualitative Inhaltsanalyse den subjektiven Eindrücken der Auswertenden. Zur Minimierung dieser Verzerrung wurden für die Auswertung zwei von der Untersuchung unabhängige Personen eingesetzt. Es bietet sich daher an, die Determinanten in einer weiteren Untersuchung zunächst qualitativ und anschließend quantitativ zu validieren. Dabei kann auch der Einfluss weiterer Adoptionsdeterminanten überprüft werden, was in dieser Untersuchung aufgrund der explorativen Natur nur bedingt verfolgt werden konnte. So kann ein Vorhersagemodell für die Adoption von ARAS in KMU konzipiert werden, mit dem die Diffusion unter Berücksichtigung sich ändernder Merkmalsausprägungen prognostiziert werden kann.

Danksagung

Dieser Beitrag ist im Rahmen des Graduiertenkollegs Vertrauen und Akzeptanz in erweiterten und virtuellen Arbeitswelten an der Universität Osnabrück entstanden.

Referenzen

1. Ludwig, T., Tolmie, P., Pipek, V.: From the internet of things to an internet of practices. *Social Internet of Things*. 33–47 (2019)
2. Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F.R., Ramos, L.F.P.: Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *Int. J. Prod. Res.* 55, 3609–3629 (2017)

3. Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., Hoffmann, M.: Industrie 4.0. *WIRTSCHAFTSINFORMATIK*. 56, 261–264 (2014)
4. Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., Wahlster, W.: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0y; final report of the Industrie 4.0 Working Group. Forschungsunion (2013)
5. Lucke, D., Constantinescu, C., Westkämper, E.: Smart Factory - A Step towards the Next Generation of Manufacturing. In: Mitsuishi, M., Ueda, K., and Kimura, F. (eds.) *Manufacturing Systems and Technologies for the New Frontier*. pp. 115–118. Springer London, London (2008)
6. Ludwig, T., Kotthaus, C., Stein, M., Durt, H., Kurz, C., Wenz, J., Doublet, T., Becker, M., Pipek, V., Wulf, V.: Arbeiten im Mittelstand 4.0 – KMU im Spannungsfeld des digitalen Wandels. *HMD Prax. der Wirtschaftsinformatik*. 53, 71–86 (2016)
7. Stentoft, J., Jensen, K.W., Philipsen, K., Haug, A.: Drivers and Barriers for Industry 4.0 Readiness and Practice: A SME Perspective with Empirical Evidence. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences* (2019)
8. Papadopoulos, G., Rikama, S., Alajääskä, P., Salah, Eddine, Z., Airaksen, A., Luomarante, H.: Statistics on Small and Medium-sized Enterprises: Dependent and Independent SMEs and Large Enterprises., https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Statistics_on_small_and_medium-sized_enterprises (Zugriff am 18.11.2019)
9. Icks, A., Bijedić, T., Große, J.: Mittelstand und Prävention 4.0. In: Cernavin, O., Schröter, W., and Stowasser, S. (eds.) *Prävention 4.0: Analysen und Handlungsempfehlungen für eine produktive und gesunde Arbeit 4.0*. 335–354. Springer Fachmedien, Wiesbaden (2018)
10. Klapper, J., Klapper, J., Gelec, E., Pokorni, B., Al., E.: Potenziale digitaler Assistenzsysteme. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (2019)
11. Westerfield, G., Mitrovic, A., Billingham, M.: Intelligent Augmented Reality Training for Motherboard Assembly. *Int. J. Artif. Intell. Educ.* 25, 157–172 (2015)
12. Pierdicca, R., Frontoni, E., Pollini, R., Trani, M., Verdini, L.: The Use of Augmented Reality Glasses for the Application in Industry 4.0. In: De Paolis, L.T., Bourdot, P., and Mongelli, A. (eds.) *Virtual Reality and Computer Graphics*. 389–401. Springer International Publishing, Cham (2017)
13. Wintermann, O.: *Zukunft der Arbeit in deutschen KMU*. Bertelsmann Stiftung (2018)
14. PWC: *European Private Business Survey 2019* (2019).
15. Harborth, D.: Augmented Reality in Information Systems Research: A Systematic Literature Review. In: *Twenty-third Americas Conference on Information Systems*. 1–10. , Boston (2017)
16. Müller, J.M., Buliga, O., Voigt, K.I.: Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0. *Technol. Forecast. Soc. Change*. 132, 2–17 (2018)
17. Themistocleous, M., Roseman, M., Loos, P., Buonanno, G., Faverio, P., Pigni, F., Ravarini, A., Sciuto, D., Tagliavini, M.: Factors affecting ERP system adoption. *J. Enterp. Inf. Manag.* (2005)
18. Alshamaila, Y., Papagiannidis, S., Li, F.: Cloud computing adoption by SMEs in the north east of England: A multi-perspective framework. *J. Enterp. Inf. Manag.* 26, 250–275 (2013)
19. Depietro, R., Wiarda, E., Fleischer, M.: The context for change: Organization, technology and environment. *Process. Technol. Innov.* 199, 151–175 (1990)

20. Milgram, P., Takemura, H., Utsuma, A., Kishino, F.: Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Telem manipulator Telepresence Technol.* 2351, (1995)
21. Caudell, T.P., Mizell, D.W.: Augmented Reality : An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, IEEE. 659–669 (1992)
22. Guo, Q.: Learning in a Mixed Reality System in the Context of ,Industrie 4.0 '. *J. Tech. Educ.* 3 (2015)
23. Rauschnabel, P.A., Ro, Y.K.: Augmented reality smart glasses: an investigation of technology acceptance drivers. *Int. J. Technol. Mark.* 11, 123 (2016)
24. Rauschnabel, P.A., Hein, D.W.E., He, J., Ro, Y.K., Rawashdeh, S., Krulikowski, B.: Fashion or Technology? A Fashionology Perspective on the Perception and Adoption of Augmented Reality Smart Glasses. *I-Com.* 15, (2016)
25. Syberfeldt, A., Danielsson, O., Gustavsson, P.: Augmented Reality Smart Glasses in the Smart Factory: Product Evaluation Guidelines and Review of Available Products. *IEEE Access.* 5, 9118–9130 (2017)
26. Microsoft HoloLens 2, <https://www.microsoft.com/de-de/hololens> (Zugriff am 18.11.2019)
27. Vuzix Blade, <https://www.vuzix.com/products/blade-smart-glasses> (Zugriff am 18.11.2019)
28. Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M.: Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Bost. Consult. Gr.* 9, 54–89 (2015)
29. Reif, R., Günthner, W.A.: Pick-by-vision: augmented reality supported order picking. *Vis. Comput.* 25, 461–467 (2009)
30. Oliveira, T., Martins, M.F.: Literature review of information technology adoption models at firm level. *Electron. J. Inf. Syst. Eval.* 14, 110 (2011)
31. Dey, A., Vijayaraman, B.S., Choi, J.H.: RFID in US hospitals: an exploratory investigation of technology adoption. *Manag. Res. Rev.* 39, 399–424 (2016)
32. Ramanathan, R., Philpott, E., Duan, Y., Cao, G.: Adoption of business analytics and impact on performance: a qualitative study in retail. *Prod. Plan. Control.* 28, 985–998 (2017)
33. Vom Brocke, J., Simons, A., Niehaves, B., Riemer, K., Plattfaut, R., Cleven, A.: Reconstructing the giant: on the importance of rigour in documenting the literature search process. In: *European Conference on Information Systems*. 2206–2217 (2009)
34. Arnold, C., Veile, J., Voigt, K.-I.: What Drives Industry 4.0 Adoption? An Examination of Technological, Organizational, and Environmental Determinants. In: *International Association for Management of Technology, (IAMOT) Conference*, Birmingham, UK, April. 22–26 (2018)
35. Chandra, S., Kumar, K.N.N.K.N., Road, H., Kumar, K.N.N.K.N., Road, H.: Exploring factors influencing organizational adoption of augmented reality in e-commerce: Empirical analysis using technology-organization-environment model. *J. Electron. Commer. Res.* 19, 237–265 (2018)
36. Hobert, S., Schumann, M.: Enabling the Adoption of Wearable Computers in Enterprises - Results of Analyzing Influencing Factors and Challenges in the Industrial Sector. *50th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.* 4276–4285 (2017)
37. Ramdani, B., Chevers, D., Williams, D.A.: SMEs' adoption of enterprise applications: A technology-organisation-environment model. *J. Small Bus. Enterp. Dev.* 20, 735–753 (2013)

38. Wang, Y.-M., Wang, Y.-S., Yang, Y.-F.: Understanding the determinants of RFID adoption in the manufacturing industry. *Technol. Forecast. Soc. Change.* 77, 803–815 (2010)
39. Zobel, B., Berkemeier, L., Werning, S., Thomas, O.: *Augmented Reality am Arbeitsplatz der Zukunft: Ein Usability-Framework für Smart Glasses.* *Lect. Notes Informatics (LNI), Proc. - Ser. Gesellschaft für Inform.* 1727–1740 (2016)
40. Harborth, D.: *Unfolding Concerns about Augmented Reality Technologies: A Qualitative Analysis of User Perceptions.* *Wirtschaftsinformatik (WI19)* (2019)
41. Espíndola, D.B., Fumagalli, L., Garetti, M., Pereira, C.E., Botelho, S.S.C., Ventura Henriques, R.: A model-based approach for data integration to improve maintenance management by mixed reality. *Comput. Ind.* 64, 376–391 (2013)
42. Leedy, P., Ormrod, J.: *Practical research: planning and design,* Pearson Education (2013)
43. Gläser, J., Laudel, G.: *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse.* Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden (2010)
44. Mayring, P.: *Qualitative inhaltsanalyse.* In: *Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie.* pp. 601–613. Springer (2010)
45. Krippendorff, K.: Reliability in content analysis. *Hum. Commun. Res.* 30, 411–433 (2004)
46. Rymer, J.R., Koplowitz, R.: *The Forrester Wave™: Low-Code Development Platforms For AD&D Professionals, Q1 2019.* Forrester (2019)
47. Walker, M.J., Burton, B., Cantara, M.: *Hype cycle for emerging technologies.* Gart. Inc. (2016)
48. Oesterreich, T., Teuteberg, F.: *Evaluating Augmented Reality Applications in Construction – A Cost-Benefit Assessment Framework Based on Vofi.* In: *Proceedings of the European Conference On Information Systems (ECIS)* Guimaraes, Portugal. Association for Information Systems. 342–358 (2017)