

CAROLIN PLETZ (Universität Stuttgart)

BERND ZINN (Universität Stuttgart)

**Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen
in technischen Domänen**

Herausgeber

BERND ZINN

RALF TENBERG

DANIEL PITTICH

Journal of Technical Education (JOTED)

ISSN 2198-0306

Online unter: <http://www.journal-of-technical-education.de>

CAROLIN PLETZ / BERND ZINN

Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen

ZUSAMMENFASSUNG: Im beruflichen Aus- und Weiterbildungsbereich werden mit der Nutzung virtueller Umgebungen (Virtual Reality, kurz VR) vielfältige Potentiale verbunden, um Lern- und Arbeitsprozesse zu optimieren. Bislang ist aber noch wenig über die tatsächliche Akzeptanz der VR Technologie in technischen Domänen bekannt. Die vorliegende hypothesenprüfende Studie geht hierzu der Frage nach, inwiefern die theoretischen Annahmen des „Technology Acceptance Model“ (TAM) die Nutzungsintention zur VR Technologie von Beschäftigten in technischen Domänen erklärt. Die Befunde des aufgestellten Strukturgleichungsmodells zur Aufklärung der Varianz der Nutzungsintention ($R^2 = 0.354$) belegen erwartungskonform positive Zusammenhänge zwischen der wahrgenommenen Nützlichkeit und der Nutzungsintention sowie der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Weiterhin zeigen die Studienergebnisse, dass Personen, die Erfahrung mit der VR Technologie haben, die wahrgenommene Nützlichkeit und die Nutzungsintention signifikant höher bewerten als Personen ohne Erfahrung mit der VR Technologie.

Schlüsselwörter: Virtual Reality, Technologieakzeptanz, wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, Nutzungsintention

Technology acceptance of virtual learning and working environments in technical domains

ABSTRACT: In the field of vocational education and training, the use of virtual environments (virtual reality, VR for short) offers many potentials to optimize learning and work processes. So far, however, little is known about the actual acceptance of VR technology in technical domains. The present hypothesis testing study examines the extent to which the theoretical assumptions of the „Technology Acceptance Model“ (TAM) explain the intention to use VR technology by technical domain employees. The findings of the established structural equation model for clarifying the variance of the intended use ($R^2 = 0.354$) confirm positive correlations between the perceived usefulness and the intended use as well as the perceived ease of use and the intended use. Furthermore, the study results show that persons with experience in VR technology value the perceived usefulness and usage intention significantly higher than persons without experience with VR technology.

Keywords: Virtual reality, technology acceptance, perceived usefulness, perceived ease of use, intention to use

1 Einleitung

Die Arbeit der Zukunft, wie sie gegenwärtig unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ diskutiert wird, stellt an die Mehrheit der Beschäftigten des industriellen Dienstleistungsbereichs veränderte Anforderungen, insbesondere an deren fachliche und soziale Kompetenzen (vgl. Becker 2015; Tenberg & Pittich 2017). Der flächendeckende Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien und die Vernetzung der physischen mit der digitalen Welt wirken sich in diesem Rahmen auf die Interaktion zwischen Mensch und Technik aus, vor allem rücken Mensch und Technik enger zusammen (vgl. Becker 2015; Kärcher 2015; Windelband & Dworschak 2015). Eine zentrale Herausforderung für die Unternehmen besteht darin, die Potentiale der neuen Technologien produktiv einzusetzen und die Beschäftigten durch lernförderliche Arbeits- und Produktionssysteme in ihrer Kompetenzentwicklung zu unterstützen (vgl. Senderek & Geisler 2015; Zinn 2017). Neue Technologien haben allgemein das Potential, sich förderlich auf die gesamte Wertschöpfungskette und den Lern- und Arbeitsalltag von Mensch und Maschine auszuwirken (vgl. Bauer & Horváth 2015). Auch virtuelle Lern- und Arbeitsumgebungen (Virtual Reality, kurz VR) bieten vielfältige Anwendungsmöglichkeiten Beschäftigte in ihrem Arbeitsalltag zu entlasten und multipel zu unterstützen (vgl. Thomas et al. 2018; Zinn, Guo & Sari 2016). Damit das Potential von Technologien wie der VR Technologie aber tatsächlich ausgeschöpft werden kann, müssen sie von den potentiellen Nutzern akzeptiert und genutzt werden (vgl. Venkatesh et al. 2003). Da die Nutzung einer Technologie nicht automatisch mit deren Verfügbarkeit einhergeht, scheint es zur besseren Vorhersage und Beeinflussung der Technologienutzung notwendig herauszufinden, warum die Zielgruppen Technologien annehmen und nutzen oder sie ablehnen und nicht nutzen (vgl. Bürg & Mandl 2005; Davis, Bagozzi & Warshaw 1989).

Die vorliegende Studie fokussiert im Zusammenhang mit dem Forschungs- und Entwicklungsprojekt VASE¹ die Wahrnehmung und Bewertung der VR Technologie durch (potentielle) Nutzer in verschiedenen Beschäftigungsbereichen technischer Domänen. Im Rahmen der empirischen Untersuchung soll überprüft werden, wie hoch das Interesse von Seiten der (potentiellen) Nutzer an der Thematik VR ist und wie die Technologieakzeptanz von VR erklärt werden kann. Der Beitrag skizziert nach der vorgenommenen Einleitung im nächsten Abschnitt den theoretischen Hintergrund und den gegenwärtigen Forschungsstand. Im dritten Abschnitt werden auf dieser Grundlage die Forschungsfragen und Hypothesen der Studie abgeleitet. Im vierten Abschnitt wird auf das methodische Vorgehen der Studie eingegangen und im fünften Abschnitt werden die Ergebnisse dargelegt. Die Befunde werden abschließend im sechsten Abschnitt diskutiert, wo auch Anknüpfungspunkte für die weiterführende Erforschung der Ausgangsthematik aufgezeigt werden.

2 Theoretischer Hintergrund und Forschungsstand

Behandelt werden in diesem Abschnitt theoretische Ansatzpunkte und empirische Befunde zu den Themenbereichen Digitalisierung der beruflichen Aus- und Weiterbildung, Potentiale der VR Technologie und Technologieakzeptanz.

1 VASE [Virtual and Analytics Service im Maschinen- und Anlagenbau] wird durch das BMBF im Rahmen der Bekanntmachung „Technikbasierte Dienstleistungssysteme“ des Forschungsprogramms „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ unter dem FKZ.: 02K16C110 gefördert.

2.1 Potentiale der VR Technologie im Kontext der beruflichen Aus- und Weiterbildung

Von den zu erwartenden Effekten der zunehmenden Digitalisierung und dem weitergehenden Einsatz neuer Technologien sind allgemein vielfältige soziale und wirtschaftliche Lebensbereiche des Menschen betroffen. Ob es im privaten Umfeld der Einsatz von Assistenzsystemen zur Steuerung eines Endgerätes oder im beruflichen Bereich der Einsatz eines Exoskeletts zur physischen Entlastung einer Arbeitskraft ist – diese Technologien verändern unseren Alltag in vielfältiger Art und Weise. Mit dem digitalen Wandel sind neue Arbeits- und Beschäftigungsmodelle, Wertschöpfungsprozesse, Geschäftsmuster und weitere Effekte auf Kommunikation, Mobilität und Innovation verbunden. Mit den neuen Technologien und ihrer Einführung wird sich auch die berufliche Aus- und Weiterbildung verändern (vgl. Eder 2015; Gebhardt, Grimm & Neugebauer 2015).

Aus dem Wandel ergeben sich direkte oder indirekte Implikationen für die Gestaltung der zukünftigen beruflichen Aus- und Weiterbildung in Bezug auf Qualifikation, Arbeitstätigkeit, Lern- und Arbeitsmittel, Arbeitsorganisation, Arbeitsräume und Beschäftigungsformen (vgl. Zinn 2017). Es scheint offensichtlich, dass sich durch disruptive Technologien und die damit verbundenen veränderten ökonomischen, arbeits- und berufssoziologischen Konstellationen neue Kompetenzbedarfe für Arbeitskräfte ergeben werden. Insbesondere ist damit zu rechnen, dass informationstechnische Kenntnisse und Fähigkeiten, Steuerungs- und Problemlösekompetenzen sowie interkulturelle und interdisziplinäre Kompetenzen für die zukünftige Aus- und Weiterbildung zunehmend an Bedeutung gewinnen werden. In Anbetracht der Dynamisierung der technologischen Entwicklung ist anzunehmen, dass die Relevanz von „Lifelong Learning“ und „Learning on Demand“ steigen wird. Die Digitalisierung hat somit vielfältige Implikationen für die methodisch-didaktische Gestaltung von Lehr-Lern-Arrangements in der beruflichen Aus- und Weiterbildung. Insbesondere die neuen Technologien wie zum Beispiel die Mixed Reality Simulation verfügen grundsätzlich über das Potential, das räumliche und zeitliche Lernen und Arbeiten zu flexibilisieren und ein Embodiment Learning zu befördern (vgl. Zinn 2017).

Im vorliegenden Beitrag beschäftigen wir uns mit der Akzeptanz der VR Technologie in technischen Domänen. Der Begriff „Virtual Reality“ bezieht sich dabei auf computergenerierte Echtzeit-Darstellungen von realen oder fiktionalen Umgebungen, die dreidimensional und interaktiv sind (vgl. Schwan & Buder 2006). Dabei werden nicht-immersive desktopbasierte und immersive virtuelle Umgebungen unterschieden (vgl. Dörner et al. 2013). Immersive virtuelle Umgebungen werden mithilfe verschiedener Eingabegeräte am Kopf, der so genannten Head-Mounted Displays (HMD), präsentiert. Der Nutzer kann selbst steuernd seinen Stand- und Sichtpunkt ändern sowie mit virtuellen Objekten und Personen interagieren (vgl. Zobel et al. 2018). VR ermöglicht es dem Nutzer durch die Kombination aus visuellen, auditiven und haptischen Reizen sowie durch die unterschiedlichen Interaktionsmöglichkeiten, in eine simulierte Realität förmlich „einzutauchen“. Benutzer sollen das Gefühl bekommen, sich tatsächlich in der virtuellen Umgebung zu befinden und dort Handlungen auszuführen (vgl. Brill 2009). Das simultane Aufsuchen eines virtuellen Raums durch mehrere Nutzer, visualisiert durch so genannte Avatare oder Stellvertreterpersönlichkeiten, ermöglicht den Austausch zwischen Personen und ein kollaboratives Arbeiten (vgl. Müller & Leidl 2007; Potkonjak et al. 2016).

Virtuelle Lern- und Arbeitswelten können sowohl in der betrieblichen Praxis als auch im schulischen Bereich authentische Simulationsumgebungen bieten, die situativ anpassbar sind. So ist es beispielsweise möglich, virtuelle Bedingungen zu schaffen, die unter physisch-realen Bedingungen zu gefährlich oder zu teuer wären oder Orte zu erschließen, die in der Realität nicht erreichbar wären (vgl. Schuster 2015). Einzelne Maschinen, ganze Produktionsanlagen oder Arbeitsumgebungen können virtuell abgebildet und Schulungen für Auszubildende, Mitarbeiter und Kunden

unabhängig von Ort, Zeit und der Frage, ob Anlagen oder Materialien in materieller Form vorhanden sind, abgehalten werden. Im Maschinen- und Anlagenbau ist die Ausbildung der Mitarbeiter an den realen Maschinen teilweise nur eingeschränkt möglich, da deren Bedienung aufgrund ihrer Komplexität und Größe sehr aufwändig zu erlernen und zudem die Beseitigung von durch Fehlbedienung entstandenen Schäden teuer sind. Zudem stehen reale Maschinen für Schulungen von Mitarbeitern nicht immer vor Ort zur Verfügung. Virtuelle Lern- und Arbeitswelten begegnen diesem Problem, indem sie einer breiten Anzahl von Mitarbeitern Maschinen in virtueller Form durchgängig zur Verfügung stellen (vgl. Thomas et al. 2018). Auf diese Weise können Lernprozesse räumlich und zeitlich flexibel gestaltet werden (vgl. Zinn, Guo & Sari 2016). Auch ausländische Standorte und Dienstleistungspartner könnten so mit einem hohen Schulungs- und Qualitätsstandard bedient werden (vgl. Thomas et al. 2018). Die durch die VR erzielte Flexibilität bietet nicht nur einen wirtschaftlichen Vorteil durch die Einsparung von Reisekosten, sondern würde auch den Arbeitsalltag der Mitarbeiter entlasten.

Sinnesdaten, die für den Menschen normalerweise nicht erfahrbar sind, sind in virtuellen Umgebungen erlebbar (vgl. Schwan & Buder 2006). VR erlaubt die vereinfachte Darstellung und Veranschaulichung komplexer und abstrakter Sachverhalte. Im technischen Bereich können beispielsweise Steuerungs-, Produktions- oder Arbeitsabläufe simuliert sowie abbildungsgetreu veranschaulicht werden. Die Möglichkeit der Visualisierung könnte es gemäß Thomas et al. (2018) insbesondere älteren Mitarbeitern erleichtern, die Bedienung neuer Anlagen zu erlernen.

In virtuellen Lernumgebungen können Fehler gemacht werden, die, anders als im Falle realer Maschinen, keinen Schaden und somit keine finanziellen Folgen für das Unternehmen verursachen. Während an der realen Maschine Bauteile durch fehlerhafte Handlungen beschädigt werden können oder sogar ein ganzer Produktionsprozess durch fehlerhafte Bedienung oder das Stilllegen der Anlagen für Schulungszwecke beeinträchtigt werden kann, bieten virtuelle Maschinen die Gelegenheit, den Umgang mit Fehlern sogar explizit zu thematisieren und zu fördern. Lernende sind außerdem in der Lage, die Lernmaterialien so oft wie nötig zu wiederholen, um ein optimales Lernergebnis zu erzielen (vgl. Thomas et al. 2018).

Innovative Lehr-Lern-Konzepte unter Nutzung der VR Technologie können des Weiteren dazu beitragen, den Praxisbezug in der berufsschulischen Ausbildung zu stärken, und Lehr-Lern-Prozesse zu unterstützen, indem reale berufliche Handlungssituationen virtuell aufbereitet und mit dem berufsschulischen Unterricht vernetzt werden (vgl. Zinn 2015). In Ergänzung zu herkömmlichen Simulationsumgebungen ermöglicht die VR Technologie die physisch reale Fortbewegung, so dass eine authentischere Lernerfahrung geboten wird (vgl. Zinn 2017).

2.2 Technologieakzeptanz

Die Akzeptanz technologischer Innovationen wird im Rahmen von Industrie 4.0 als kritische Größe betrachtet (vgl. Kagermann 2017; Ullrich et al. 2015). Studien zeigen, dass neue Technologien von Personen nicht sofort genutzt werden, sobald sie am Arbeitsplatz zur Verfügung stehen (vgl. Bürg & Mandl 2005; Hu et al. 1999; Ma, Andersson & Streith 2005; Pikkarainen et al. 2004). Die Untersuchung der Technologieakzeptanz, definiert als „die positive Annahmewahrscheinlichkeit einer Innovation durch die Anwender“ (Simon 2001, S. 89), ist deshalb für Unternehmen von besonderer Bedeutung (vgl. Bürg & Mandl 2005; Davis, Bagozzi & Warshaw 1989; Venkatesh et al. 2003). Insbesondere die Untersuchung hemmender und fördernder Aspekte ist dabei zentral (vgl. Venkatesh et al. 2003).

Einen Grundstein in der Akzeptanzforschung bildet das „Technology Acceptance Model“ (TAM; vgl. Davis 1989; Venkatesh & Davis 2000). Das TAM wurde mit dem Ziel entwickelt, die Nutzung von Informationstechnologien durch verschiedene Nutzergruppen vorhersagen zu können (vgl. Davis, Bagozzi & Warshaw 1989). Ausgehend von der „Theory of Reasoned Action“ (TRA; vgl. Ajzen & Fishbein 1980; Fishbein & Ajzen 1975) sowie der „Theory of Planned Behavior“ (TPB; vgl. Ajzen 1985, 1991), stellt die Annahme, es gebe einen Zusammenhang zwischen der Einstellung gegenüber einem bestimmten Verhalten, der Verhaltensabsicht und dem tatsächlichen Verhalten, einen zentralen Grundaspekt des TAM dar. Menschliches Verhalten erfolgt demgemäß als Konsequenz der Einstellungsbildung. Die Einstellung gegenüber der Technologienutzung kann im TAM gemäß TRA und TPB als eine Funktion aus der Erwartung, dass die Technologienutzung zu bestimmten Konsequenzen führen wird, und der Bewertung dieser Konsequenzen definiert werden. Demnach wird eine Person, die von der Technologienutzung positive Konsequenzen erwartet, eine positive Einstellung gegenüber der Nutzung entwickeln. Die Einstellung wird gemäß TAM von zwei zentralen Einflussfaktoren beeinflusst, welche für die Technologieakzeptanz der Nutzer entscheidend sind: die wahrgenommene Nützlichkeit² und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit³ der Technologie. Die Nützlichkeit spiegelt die Einschätzung des Nutzers wider, ob die Technologie einen bestimmten Mehrwert, zum Beispiel eine Arbeitserleichterung, mit sich bringen wird. Die Benutzerfreundlichkeit wiederum wird definiert als der eingeschätzte erforderliche Aufwand, mit dem die Technologie zu bedienen ist. Technologien, deren Anwendung als nützlich wahrgenommen wird und die ohne hohen Aufwand leicht zu bedienen sind, werden demzufolge eher akzeptiert als Technologien, auf die dies nicht zutrifft. Externe Faktoren, wie beispielsweise die demografischen Eigenschaften des Nutzers, wirken wiederum auf die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit.

In Folgeuntersuchungen zum TAM zeigt sich ein insgesamt inkonsistenter Einfluss der Einstellung auf die Nutzungsintention und außer der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit nur ein geringer zusätzlicher Erklärungsanteil im Modell, weshalb sie in Folgeuntersuchungen nicht mehr als eigenständiger Faktor berücksichtigt wurde (vgl. Davis, Bagozzi & Warshaw 1989; Venkatesh et al. 2003). Davis, Bagozzi und Warshaw (1989) erklären die inkonsistente Befundlage damit, dass im beruflichen Kontext die Leistungserbringung durch eine nützliche und einfach bedienbare Technologie eine größere Rolle spielen könnte als die individuelle positive oder negative Einstellung gegenüber der Technologie. Venkatesh et al. (2003) nehmen in diesem Kontext an, dass die Einstellung bei Nichtbeachtung der Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit als Ersatzgröße fungiert, deren Relevanz für die Erklärung der Nutzungsintention aber durch die explizite Berücksichtigung der beiden Faktoren entfällt. In der finalen Version des TAM fanden deshalb allein die Nützlichkeit und Benutzerfreundlichkeit als direkte Determinanten der Nutzungsintention Berücksichtigung. Abbildung 1 veranschaulicht die Zusammenhänge des TAM.

2 Zur besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Nützlichkeit“ im Folgenden abgekürzt mit „Nützlichkeit“.

3 Zur besseren Lesbarkeit wird die „wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit“ im Folgenden abgekürzt mit „Benutzerfreundlichkeit“.

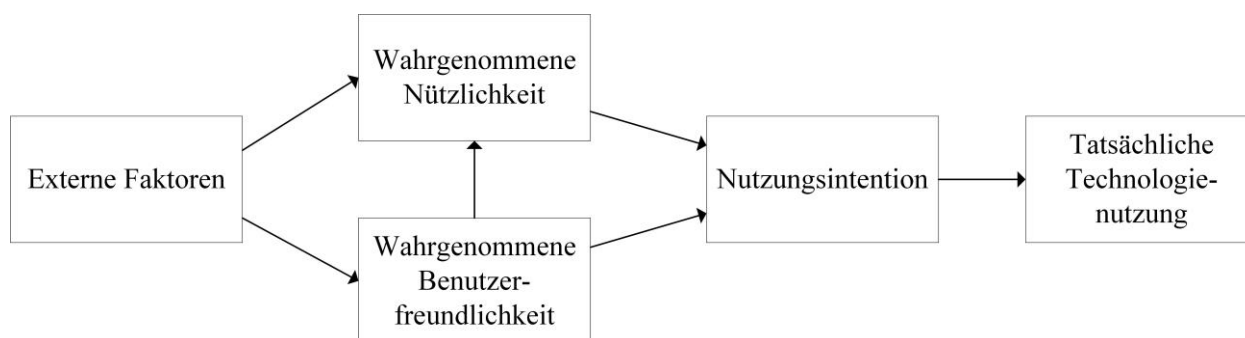


Abb. 1: Technology Acceptance Model (eigene Darstellung in Anlehnung an Davis, Bagozzi und Warshaw 1989).

Aufbauend auf dem TAM entwickelten sich Folgemodelle mit dem Ziel, die theoretische Genauigkeit und Erklärungskraft durch die Berücksichtigung weiterer Einflussfaktoren zu erhöhen. Zu nennen sind in diesem Rahmen insbesondere das TAM 2 (vgl. Venkatesh & Davis 2000), die „Unified Theory of Acceptance and Use of Technology“ (UTAUT; vgl. Venkatesh et al. 2003) und das TAM 3 (vgl. Venkatesh & Bala 2008). Übergreifend lassen sich die zusätzlichen Einflussfaktoren einteilen in (1) Faktoren des Nutzers, zum Beispiel das Alter, das Geschlecht, Persönlichkeitseigenschaften oder die Erfahrung mit der jeweiligen Technologie (z. B. Chung et al. 2010; Coldham & Cook 2017; Gefen & Straub 1997; Lam, Chiang & Parasuraman 2008; Morris & Venkatesh 2000; Venkatesh et al. 2003), (2) Faktoren der Technologie, wie beispielsweise die Vollständigkeit oder Qualität der bereitgestellten Informationen (z. B. Kohnke & Bungard 2009; Kohnke & Müller 2009; Kohnke, Wolf & Müller 2011) und (3) Faktoren der Organisation, wie zum Beispiel das Vorhandensein eines Anwendersupports oder Anwendertrainings (z. B. Amoko-Gyampah & Salam 2004; Igarria et al. 1997; Kohnke & Bungard 2009).

Das TAM kann insgesamt als valides und robustes Modell bezeichnet werden, welches auf einem breiten Feld Anwendung findet (vgl. King & He 2006; Lee, Kozar & Larsen 2003). So finden sich unter Einsatz des TAM und seiner Nachfolgemodelle beispielsweise Untersuchungen zur Technologieakzeptanz von medizinischen Technologien (vgl. Chau & Hu 2002; Hu et al. 1999), internetbasierten Applikationen (vgl. Liaw & Huang 2003; Lu et al. 2003; Yi & Hwang 2003), digitalen Bibliotheken (vgl. Hong, Thong & Wai-Man Wong 2002) und innovativen Lern-technologien wie computer- oder webbasierten Lernumgebungen (vgl. Chen 2011; Padilla-Meléndez, Del Aguila-Obra & Garrido-Moreno 2013; Park, Lee & Cheong 2007; Sumak, Hericko & Pusnik 2011; Tan 2013). Im Bereich der VR Technologie existieren dagegen kaum Studien, die sich mit der Akzeptanz auseinandergesetzt haben. Abgesehen von der Untersuchung nicht-immersiver desktopbasierter virtueller Umgebungen (vgl. Bertrand & Bouchard 2008; Fetscherin & Lattemann 2008) sowie Mixed Reality Anwendungen (vgl. Rasimah, Ahmad & Zaman 2011) ist der Forschungsstand zur Akzeptanz der immersiven VR Technologie dünn. Studienergebnisse deuten darauf hin, dass das TAM grundsätzlich als geeignete Struktur zur Analyse der Akzeptanz der VR Technologie herangezogen werden kann (vgl. Berkemeier et al. 2018; Göbel 2017; Juan, Chen & Chi 2018). Nach unserem Kenntnisstand liegen allerdings keine belastbaren Studien in technischen Domänen vor, in denen die Annahmen des TAM innerhalb eines Strukturgleichungsmodells im Bezugsfeld der VR Technologie überprüft worden wären.

3 Forschungsfragen und Hypothesen

Die vorliegende Untersuchung zielt vor dem oben dargelegten theoretischen Hintergrund darauf ab, die Technologieakzeptanz von VR bei Beschäftigten in technischen Domänen zu analysieren. Da davon auszugehen ist, dass die Akzeptanz der fokussierten Technologie auch vom allgemeinen beruflichen Aufgaben- und Tätigkeitsbereich der Befragten moderiert ist und um spezifische Aussagen zur Technologieakzeptanz der Zielgruppe zu machen, betrachten wir in der Untersuchung ausschließlich Beschäftigte im Kontext technischer Domänen (siehe Abschnitt 4.2).

Der aktuelle Forschungsstand zur Technologieakzeptanz (siehe Abschnitt 2.2) liefert Ansatzpunkte dafür, dass das TAM grundsätzlich geeignet zu sein scheint, um die Akzeptanz der VR Technologie zu erfassen und vorherzusagen (vgl. Bertrand & Bouchard 2008; Fetscherin & Lattemann 2008; Rasimah, Ahmad & Zaman 2011; Roberts et al. 2018). Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, ob die nachstehend postulierten Zusammenhänge im TAM auf der Basis einer Untersuchung zur Technologieakzeptanz der VR Technologie repliziert werden können und wie hoch die Akzeptanz der Technologie durch die Beschäftigten in technischen Domänen ausgeprägt ist. Auf Basis der Grundannahmen des TAM und seiner Nachfolgemodelle (vgl. Davis, Bagozzi & Warshaw 1989; Venkatesh & Davis 2000; Venkatesh et al. 2003; Venkatesh & Bala 2008) werden in diesem Rahmen folgende Hypothesen abgeleitet:

- H1:** Die wahrgenommene Nützlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der VR Technologie.
- H2:** Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die Nutzungsintention der VR Technologie.
- H3:** Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit hat einen positiven Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit.

Individuelle Merkmale der Nutzer werden als einflussreiche Faktoren für die Annahme neuer Technologien betrachtet (vgl. Lin, Lu & Liu 2013). Was den demografischen Wandel und die Herausforderungen der Industrie 4.0 anbelangt, spielt hier insbesondere das Lebensalter eine Rolle (vgl. Bochum 2015). Prensky (2001) unterscheidet die „Digital Natives“ (jüngere Personen, welche mit modernen Informationstechnologien aufgewachsen sind) von den „Digital Immigrants“ (älteren Personen, welche moderne Technologien erst im Laufe des Erwachsenenalters kennengelernt haben). Jüngere Personen binden Technologien demnach stärker in ihren Alltag ein und nutzen sie zu anderen Zwecken als ältere Personen (vgl. Vodanovich, Sundaram & Myers 2010). So zeigt sich beispielsweise in Studien, dass ältere Beschäftigte neue Informationstechnologien weniger häufig nutzen und ihre Nützlichkeit niedriger einschätzen als jüngere Mitarbeiter (vgl. Chung et al. 2010; Morris & Venkatesh 2000). Schwierigkeiten und Vorbehalte bezüglich der Nutzung neuer Technologien durch ältere Personen führen Rama, de Ridder und Bouma (2001) auf die Komplexität der Nutzeroberflächen, den altersbedingten Rückgang kognitiver Fähigkeiten und auf generationsbedingte mangelnde Erfahrungen mit komplexen Technologien zurück. Eine Studie, welche die Wahrnehmung der VR Technologie durch ältere Personen untersucht, zeigt, dass ältere Personen insgesamt wenige sinnvolle Einsatzmöglichkeiten für die Technologie sehen und sie eher als „Spielerei“ wahrnehmen (vgl. Coldham & Cook 2017). Roberts et al. (2018) betonen in diesem

Rahmen, dass sich insbesondere bei älteren Personen eine Demonstration der Einsatzmöglichkeiten sowie eine altersfreundliche und komfortable Bedienung positiv auf die Technologieakzeptanz auswirken könnten. Aus diesen Ergebnissen werden folgende Hypothesen abgeleitet:

- H4.1:** Ältere Personen bewerten die Nützlichkeit der VR Technologie niedriger als jüngere Personen.
- H4.2:** Ältere Personen bewerten die Benutzerfreundlichkeit der VR Technologie niedriger als jüngere Personen.
- H4.3:** Ältere Personen geben eine niedrigere Nutzungsintention der VR Technologie an als jüngere Personen.

Die Folgemodelle des TAM (siehe Abschnitt 2.2) erfassen neben demografischen Faktoren der Nutzer auch die Erfahrung mit der Technologie als moderierende Einflussvariable auf die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Faktoren der Technologieakzeptanz (vgl. Venkatesh & Davis 2000; Venkatesh et al. 2003; Venkatesh & Bala 2008). Studien zeigen, dass die Erfahrung mit einer Technologie auch einen direkten Einfluss auf die Determinanten der Technologieakzeptanz nehmen kann (vgl. Hackbarth, Grover & Mun 2003; Liao & Lu 2008). So zeigen die Ergebnisse von Liao und Lu (2008) zur Nutzung eines E-Learning-Systems, dass die Erfahrung mit E-Learning-Anwendungen ein signifikanter Einflussfaktor dafür ist, ob das untersuchte System zukünftig weiter von der Zielgruppe genutzt wird oder nicht. Hill, Smith und Mann (1987) weisen einen Einfluss der Erfahrung mit Computern über die eingeschätzte Selbstwirksamkeit auf die Technologienutzung nach. Personen mit Computererfahrung sind demgemäß überzeugter die Bedienung eines Computers zu beherrschen, was sich positiv auf die Nutzungsintention auswirkt.

Die Ergebnisse von Coldham und Cook (2017) zur Wahrnehmung der VR Technologie von älteren Personen deuten an, dass die Erfahrung mit der VR Technologie dazu beitragen kann, deren Einsatzmöglichkeiten besser zu verstehen und einen größeren Nutzen dieser Technologie wahrzunehmen. In ihrer Studie absolvierten die Probanden zunächst eine Demonstrationseinheit in einer virtuellen Umgebung, um die Hardware kennenzulernen und im Anschluss eine virtuelle Navigationsaufgabe. Obwohl im Vorhinein die Mehrheit der Probanden die Technologie als wenig nützlich wahrnahm, berichtete knapp die Hälfte der Probanden nach der VR Session von einem „Wow-Effekt“ und einem besseren Verständnis davon, wie die Technologie angewendet wird. Daraus leiten sich folgende Hypothesen ab:

- H5.1:** Personen ohne Erfahrung mit der VR Technologie bewerten die Nützlichkeit der VR Technologie niedriger als Personen, die Erfahrung mit der Technologie haben.
- H5.2:** Personen ohne Erfahrung mit der VR Technologie zeigen eine niedrigere Nutzungsintention als Personen, die Erfahrung mit der Technologie haben.

4 Methoden

Nachfolgend wird das methodische Vorgehen in der Studie im Hinblick auf das Untersuchungsdesign, die Stichprobe, den Ablauf der Datenerhebung und die verwendeten Instrumente beschrieben⁴.

4.1 Untersuchungsdesign

Beim Untersuchungsdesign handelt es sich um eine quantitative hypothesenprüfende Fragebogenstudie. Die Datenerfassung erfolgte über eine Onlinebefragung sowie im Rahmen einer zweitägigen Fachveranstaltung zu VR⁵ mittels Paper-Pencil-Befragung. Die Besucher der VR Veranstaltung hatten dort die Möglichkeit sich über die aktuelle VR Hard- und Software zu informieren sowie partiell auch VR Anwendungen selbst zu testen.

4.2 Stichprobe

Es nahmen insgesamt $N = 276$ Personen an der Studie teil. Davon bearbeiteten $n = 117$ Personen (42 %) den Fragebogen online und $n = 159$ (58 %) im Rahmen der VR Veranstaltung. Es wurden $n = 5$ Personen aus den Analysen ausgeschlossen, da ihr Antwortverhalten auf Sprach- oder Verständnisschwierigkeiten hindeutete. Damit bestand die Stichprobe zu 83 % aus männlichen ($n = 228$) und zu 14 % aus weiblichen Probanden ($n = 39$). Es machten $n = 4$ Personen keine Angaben zu ihrem Geschlecht. Das Durchschnittsalter betrug bei $n = 18$ fehlenden Angaben 38.17 Jahre ($SD = 11.26$) mit einer Spanne von 19 bis 64 Jahren. Das Bildungsniveau der Stichprobe setzt sich wie folgt zusammen: 9 % ($n = 24$) verfügen über einen Werk-/Realschulabschluss, 12 % ($n = 32$) über das Abitur, 19 % ($n = 52$) über einen Bachelor-Hochschulabschluss, 46 % ($n = 124$) über einen Master-Hochschulabschluss oder höher sowie 13 % ($n = 36$) über einen sonstigen Bildungsabschluss. Es machten $n = 3$ Personen keine Angaben zu ihrem Bildungsabschluss.

Die Angaben zur beruflichen Tätigkeit der Befragten lassen sich bei $n = 31$ fehlenden Werten wie folgt zusammenfassen: 14 % ($n = 38$) arbeiten als Servicetechniker, 10 % ($n = 28$) als Ingenieur/Konstrukteur/Produktentwickler, 9 % ($n = 25$) im Bereich IT/Software, 8 % ($n = 23$) im Bereich Training/Aus- und Weiterbildung, 6 % ($n = 17$) im Bereich Personalentwicklung, 6 % ($n = 17$) im Vertrieb/Marketing, 6 % ($n = 15$) der Befragten sind Studenten, 3 % ($n = 9$) arbeiten im Bereich Projekt-/Innovationsmanagement, 3 % ($n = 8$) arbeiten in der Forschung und 16 % ($n = 43$) der Studienteilnehmer gaben sonstige berufliche Tätigkeiten an. Des Weiteren gaben 6 % ($n = 17$) der Befragten an als Entwickler für VR/AR (Augmented Reality) Umgebungen tätig zu sein. Der Großteil der Befragten stammt dabei aus Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern (63 %, $n = 172$). Die meisten Unternehmen sind aus dem Bereich Maschinen- und Anlagenbau (48 %, $n = 131$) und daneben aus den Bereichen Informatik/Software (13 %, $n = 35$), Automobil/Automotive (7 %, $n = 18$), Elektrik/Elektronik (5 %, $n = 13$), Bildung/Wissenschaft (4 %, $n = 11$).

4 Der vorliegende Beitrag kann als Teilstudie im Rahmen der Feldanalyse des Projekts VASE verstanden werden. Im Rahmen der Gesamtstudie wurden noch weitere Fragenkategorien erhoben, welche für die hier untersuchten Forschungsfragen nicht relevant sind und deshalb in einem anderen Beitrag (Pletz & Zinn, i. V.) berichtet werden.

5 Bei der Veranstaltung zu VR handelt es sich um die VR Expo 2018, die an der Universität Stuttgart durchgeführt wurde.

$n = 10$), Kommunikation/Marketing/Vertrieb (2 %, $n = 5$), Design (2 %, $n = 5$) sowie anderen Bereichen (17 %, $n = 47$). Es machten $n = 7$ Personen keine Angaben zum Bereich, dem ihr Unternehmen angehört.

4.3 Ablauf der Datenerfassung

Für die Online-Umfrage wurde der Link zur Befragung per E-Mail an die beteiligten Unternehmen des Projekts VASE gesendet. Die Befragung auf der VR Veranstaltung erfolgte an einem Informationsstand zum Projekt VASE und die Teilnahme war jeweils freiwillig.

Zunächst wurden die Probanden über den Ablauf und das Ziel der Befragung informiert sowie zu ihren demografischen Daten befragt. Im Anschluss folgte ein Informationstext zur VR Technologie mit Informationen zur Begriffsbestimmung, der systemtypischen Hardware und zu Anwendungsmöglichkeiten. Zur Veranschaulichung wurden zwei Abbildungen mit einer virtuellen Beispielumgebung und Nutzern der Hardware (HMD und Sensoren) eingefügt. Die Probanden der Online-Umfrage hatten darüber hinaus die Möglichkeit, eine ca. einminütige tonlose Filmsequenz anzuschauen, welche drei verschiedene virtuelle Beispielumgebungen zur Veranschaulichung der Möglichkeiten der Technologie enthielt: eine virtuelle Produktionshalle, ein Baggerführerhaus sowie einen Seminarraum mit einer Präsentation und Animationen eines technischen Bauteils. Auf den Informationstext und gegebenenfalls die Filmsequenz folgte der Fragebogen. Die Reihenfolge der Fragenkategorien und Items war für alle Probanden festgelegt und identisch. Insgesamt dauerte die Befragung ca. 7 Minuten.

4.4 Verwendete Instrumente

Einen Überblick über die einzelnen verwendeten Skalen sowie die Kennwerte zur Testgüte des Fragebogens liefert Tabelle 1. Die Reliabilitätswerte der Skalen mit Cronbachs $\alpha > 0.70$ sind alle zufriedenstellend und lassen auf eine reliable Messung schließen (vgl. Peterson 1994).

4.4.1 Angaben zur VR Nutzung

Um die Erfahrung der Befragten mit der VR Technologie beurteilen zu können, wurden sie aufgefordert anzugeben, ob sie die Technologie bereits privat (z. B. für Spiele, Videos) oder beruflich (z. B. in Schulungen, Kundenkontakt) nutzten, ob sie die Technologie bereits kurz ausprobiert haben (z. B. im Rahmen einer Informationsveranstaltung) oder noch gar nicht ausprobiert oder genutzt haben. Es gaben 39 % ($n = 107$) der Befragten an, die VR Technologie bereits privat genutzt zu haben, 46 % ($n = 125$) nutzten sie beruflich, 39 % ($n = 105$) haben sie bislang kurz ausprobiert und 14 % ($n = 39$) haben die Technologie noch nicht ausprobiert oder genutzt. Die Befragten sollten außerdem bestimmen, ob sie die Technologie aktuell im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit nutzen (ja: 42 %, $n = 114$; nein: 58 %, $n = 156$; keine Angabe: < 1 %, $n = 1$) und ob sie eine VR Brille besitzen (ja: 38 %, $n = 102$; nein: 62 %, $n = 169$). Zusätzlich sollten die Probanden Angaben zu ihrer Spielerfahrung mit 3D-Spielen auf dem PC oder auf Konsolen (ja: 54 %, $n = 145$; nein: 46 %, $n = 125$; keine Angabe: < 1 %, $n = 1$) machen.

4.4.2 Technologieakzeptanz

Erhoben wurden auf Basis des TAM die Nützlichkeit (4 Items; Beispielitem: „Die Nutzung der VR Technologie würde meine Arbeit erleichtern“), die Benutzerfreundlichkeit (4 Items; Beispielitem: „Die Bedienung der VR Technologie wäre leicht für mich“) sowie die Nutzungsintention (3 Items; Beispielitem: „Wenn die VR Technologie in meinem Unternehmen eingesetzt wird, würde ich sie nutzen“) gemäß Venkatesh et al. (2003), wobei die Formulierung der einzelnen Items an die VR Technologie angepasst wurde. Aus Gründen der Passung mit der VR Technologie wurde ein Originalitem zur Nützlichkeit von Venkatesh et al. (2003) („Wenn ich die Technologie nutze, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit einer Gehaltserhöhung“) durch ein Item von Davis, Bagozzi und Warshaw (1989) ersetzt („Die VR Technologie würde meine Arbeit erleichtern“). Die Beantwortung der Items erfolgte auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“; 4 = „teils, teils“; 7 = „stimmt voll und ganz“).

Zwei selbst generierte Einzelitems erfassten außerdem die Einschätzung der Probanden hinsichtlich des Einflusses der VR Technologie auf die räumliche Flexibilität (Item: „Der Einsatz der Virtual Reality Technologie würde sich positiv auf meine räumliche Flexibilität auswirken, z. B. indem ich flexibel bestimmen könnte, wo ich arbeite“) und die zeitliche Flexibilität (Item: „Der Einsatz der Virtual Reality Technologie würde sich positiv auf meine zeitliche Flexibilität auswirken, z. B. indem ich flexibel bestimmen könnte, wann ich arbeite“). Die Beantwortung der Items erfolgte ebenfalls auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“; 4 = „teils, teils“; 7 = „stimmt voll und ganz“).

4.4.3 Thematisches Interesse an VR

Zur grundsätzlichen Beurteilung des Interesses der Befragten an der Thematik VR wurde das thematische Interesse gemäß Schiefele (1990) mithilfe von sieben Items zur gefühlsbezogenen Valenz (Beispielitem: „Das Thema VR Technologie empfinde ich als interessant“) sowie vier Items zur wertbezogenen Valenz (Beispielitem: „Das Thema VR Technologie ist für mich persönlich bedeutsam“) erfasst. Die gefühlsbezogene Valenz umfasst gemäß Schiefele (1990) positive und negative Gefühle, welche an die Thematik gekoppelt sind. Die wertbezogene Valenz wird definiert als die gefühlsneutrale persönliche Bedeutsamkeit der Thematik. Die Probanden beantworteten alle Items auf einer 7-stufigen Likert-Skala (1 = „stimmt gar nicht“; 4 = „teils, teils“; 7 = „stimmt voll und ganz“). Ein Item zur gefühlsbezogenen Valenz (Item 1: „Das Thema Virtual Reality Technologie empfinde ich als langweilig“) wies mit $T < 0.30$ eine geringe Trennschärfe auf ($T_1 = 0.13$, $M_1 = 3.7$, $SD_1 = 1.7$, $\alpha_{drop}^6 = 0.87$) und wurde deshalb aus den Berechnungen ausgeschlossen. Der Ausschluss eines weiteren Items (Item 6: „Ich fühle mich am Thema Virtual Reality Technologie beteiligt“) verbesserte die Reliabilität der Skala ($T_6 = 0.42$, $M_1 = 4.7$, $SD_6 = 1.9$, $\alpha_{drop} = 0.87$). Die Werte in Tabelle 1 beziehen sich auf die Skala unter Ausschluss dieser beiden Items.

6 Der Wert bezeichnet den Reliabilitätskoeffizienten der Skala nach Cronbachs-Alpha unter Ausschluss des Items.

Tab. 1: Testgütekriterien der verwendeten Skalen

Skala ^a	Anzahl Items	M	SD	Trennschärfe	Reliabilität ^b
WN	4	4.13	1.56	0.76 - 0.87	0.92
WB	4	5.72	1.11	0.81 - 0.86	0.92
NI	3	5.88	1.29	0.78 - 0.87	0.91
GV	5	5.97	1.20	0.61 - 0.82	0.85
WV	4	5.74	1.23	0.57 - 0.68	0.81

Anmerkungen: ^a WN = Wahrgenommene Nützlichkeit; WB = Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; NI = Nutzungsintention; GV = Gefühlsbezogene Valenz; WV = Wertbezogene Valenz. ^b Reliabilitätskoeffizient nach Cronbachs-Alpha.

5 Ergebnisse

Die Daten wurden mit dem Statistikprogramm R (Version 3.4.4) ausgewertet, wobei ein Alpha-Niveau von .05 für alle statistischen Tests verwendet wurde.

5.1 Deskriptive Ergebnisse

Insgesamt deuten die Mittelwerte der Skalen gefühlsbezogene Valenz ($M = 5.97$, $SD = 1.20$) und wertbezogene Valenz ($M = 5.74$, $SD = 1.23$) auf ein hohes Interesse der Befragten an der VR Technologie hin. Die Befragten gaben eine mittlere Nützlichkeit ($M = 4.13$, $SD = 1.56$) der VR Technologie sowie eine hohe Benutzerfreundlichkeit ($M = 5.72$, $SD = 1.11$) an. Die Nutzungsintention der VR Technologie war bei den Befragten insgesamt ebenfalls hoch ($M = 5.88$, $SD = 1.29$). Die Probanden schätzten einen positiven Einfluss der VR Technologie auf ihre räumliche Flexibilität ($M = 3.61$, $SD = 1.96$) und auf ihre zeitliche Flexibilität ($M = 3.04$, $SD = 1.82$) als mittel ein.

5.2 Einflussfaktoren der Technologieakzeptanz

Um die postulierten Zusammenhänge des TAM zu untersuchen, wurde ein Strukturgleichungsmodell auf Basis des in Abschnitt 2.3 berichteten Forschungsstands geschätzt (siehe Abbildung 2). Dabei wurden diejenigen Personen ausgeschlossen, welche die VR Technologie noch nicht genutzt oder ausprobiert haben ($n = 39$), da davon ausgegangen werden kann, dass insbesondere die Benutzerfreundlichkeit der Technologie ohne entsprechende Einblicke nicht sinnvoll eingeschätzt werden kann.

Die Fitstatistiken des Modells ($N = 232$, $\chi^2 = 51.97$, $df = 41$, $p(\chi^2) = .117$, $CFI = 0.992$, $TLI = 0.989$, $RMSEA = 0.034$ [90 % Konfidenzintervall = 0.000 bis 0.058], $SRMR = 0.033$) zeigen eine gute Passung mit den Daten (vgl. Steinmetz 2015). Unter Einbezug der Nützlichkeit (WN) und der Benutzerfreundlichkeit (WB) ergibt sich in dem in Abbildung 2 dargestellten Modell für die Nutzungsintention (NI) eine Varianzaufklärung von 35.40 % ($R^2 = 0.354$).

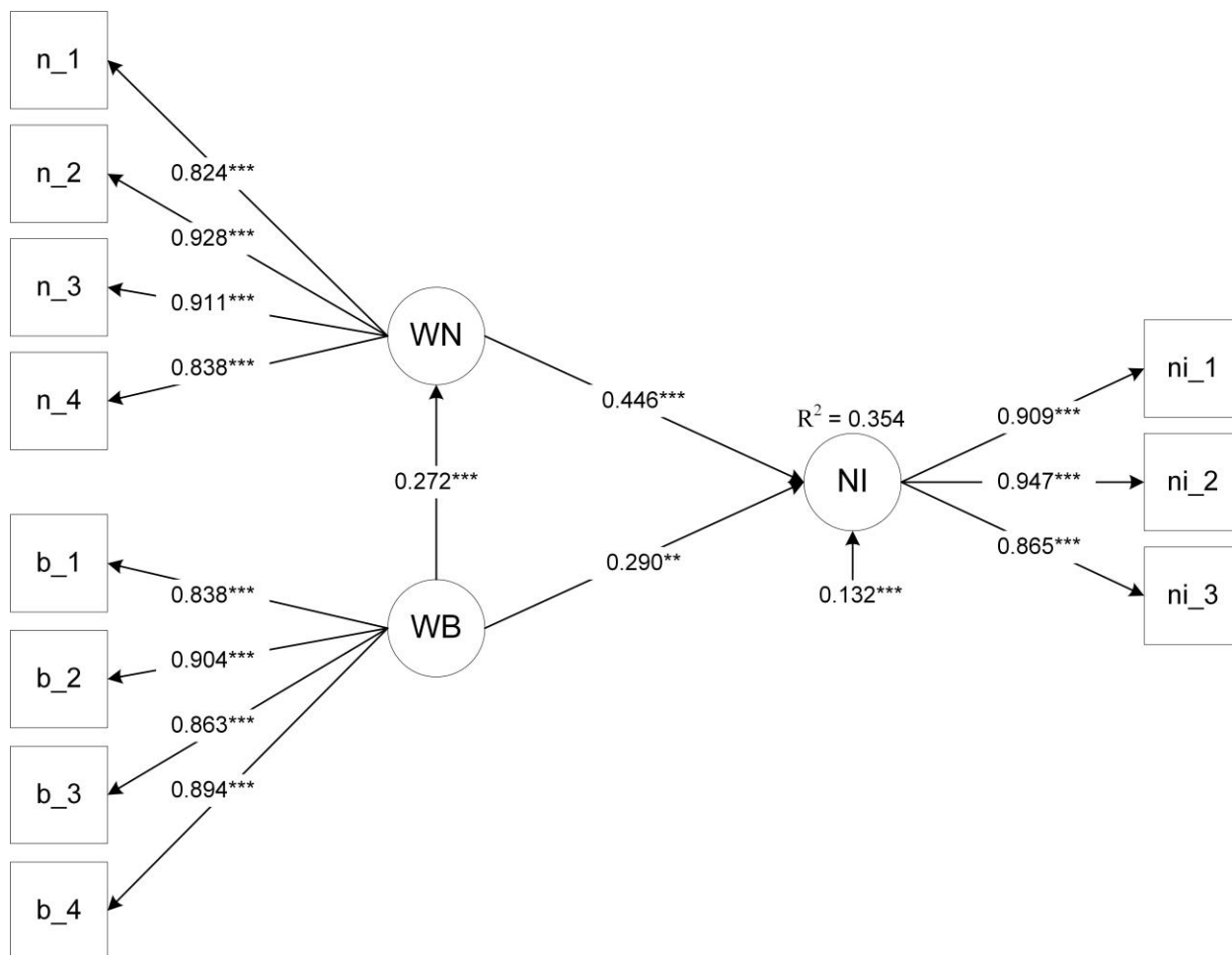


Abb. 2: Strukturmodell zur Technologieakzeptanz von VR mit der wahrgenommenen Nützlichkeit (WN), der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit (WB) und der Nutzungsintention (NI) (eigene Darstellung und Berechnung).

Erwartungsgemäß und konform mit dem TAM zeigen sich signifikante Zusammenhänge zwischen der Nützlichkeit und der Nutzungsintention sowie der Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Das Modell in Abbildung 2 belegt einen standardisierten direkten Effekt der Nützlichkeit ($\beta = 0.446$, $p < .001$) und der Benutzerfreundlichkeit ($\beta = 0.290$, $p < .01$) auf die Nutzungsintention. Des Weiteren nimmt die Benutzerfreundlichkeit einen signifikanten Einfluss auf die Nützlichkeit ($\beta = 0.272$, $p < .001$).

5.3 Unterschiede zwischen Subgruppen

Für die Betrachtung von Unterschieden in der Technologieakzeptanz zwischen verschiedenen Subgruppen wurden Vergleiche von Gruppenmittelwerten angestrebt. Hierfür wurde jeweils zunächst die Annahme der Normalverteilung der einzelnen Skalen mittels des Shapiro-Wilk-Tests überprüft. Da die Voraussetzungen für parametrisches Testen nicht erfüllt waren, wurden zur Untersuchung von Unterschieden zwischen zwei Gruppen nicht parametrische Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben berechnet (vgl. Schäfer 2011).

5.3.1 Unterschiede zwischen jüngeren und älteren Probanden

Um die Einflüsse des Alters zu untersuchen, wurde die Stichprobe anhand eines Mediansplits (*Median* = 36.00 Jahre) in zwei Subgruppen (jüngere Probanden: $n = 130$; ältere Probanden: $n = 123$) aufgeteilt. Tabelle 2 veranschaulicht die Ergebnisse des anschließenden Gruppenvergleichs. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Bewertung der Benutzerfreundlichkeit. Ältere Probanden bewerteten die Benutzerfreundlichkeit der VR Technologie niedriger als jüngere Probanden. Weitere signifikante Unterschiede zeigen sich nicht.

Tab. 2: Unterschiede zwischen jüngeren (≤ 36.00 Jahre; $n = 130$) und älteren Probanden (> 36.00 Jahre; $n = 123$)

Skala ^a	Jüngere Probanden		Ältere Probanden		U ^c	d ^d
	Median	Q _{dif} ^b	Median	Q _{dif} ^b		
WN	4.25	2.19	4.50	2.00	7284	-
WB	6.00	1.25	5.75	1.13	9659**	0.37
NI	6.00	2.00	6.00	1.92	7261	-
GV	6.20	1.20	6.20	1.20	7586	-
WV	6.00	1.50	6.00	1.88	7461	-

Anmerkungen. ^a WN = Wahrgenommene Nützlichkeit; WB = Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; NI = Nutzungsintention; GV = Gefühlsbezogene Valenz, WV = Wertbezogene Valenz. ^b Q_{dif} = Quartilsabstand. ^c U = Mann-Whitney-U-Test-Statistik. ^d d = Wert für die Effektstärke nach Cohen (1988). * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

5.3.2 Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Erfahrung mit der VR Technologie

Um die Einflüsse der Erfahrung mit der VR Technologie zu untersuchen, wurden die Befragten in zwei Subgruppen eingeteilt: Personen, welche die Technologie bereits privat oder beruflich genutzt haben (63 %, $n = 172$) wurden in eine Subgruppe der Personen mit Erfahrung mit der Technologie eingeordnet und Personen, welche die Technologie bislang nur kurz ausprobiert haben oder sie noch nicht genutzt haben (37 %, $n = 99$), wurden in eine Subgruppe der Personen ohne Erfahrung mit der Technologie eingeordnet. Tabelle 3 enthält die Ergebnisse des anschließenden Gruppenvergleichs. Es zeigen sich signifikante Unterschiede in der Bewertung der Nützlichkeit, der Benutzerfreundlichkeit, der Nutzungsintention sowie des Interesses mit wert- und gefühlsbezogener Valenz. Die Personen mit Erfahrung mit der VR Technologie bewerteten die Nützlichkeit und die Benutzerfreundlichkeit höher als die Personen ohne Erfahrung mit dieser Technologie. Außerdem zeigten sie eine höhere Nutzungsintention und ein höheres Interesse an VR.

Tab. 3: Unterschiede zwischen Probanden mit ($n = 172$) und ohne Erfahrung ($n = 99$) mit der VR Technologie

Skala ^a	Probanden mit Erfahrung		Probanden ohne Erfahrung		U ^c	d ^d
	Median	Q _{dif} ^b	Median	Q _{dif} ^b		
WN	4.50	1.75	4.00	2.00	11166***	0.56
WB	6.00	2.00	5.75	1.00	10965***	0.50
NI	6.67	1.00	6.00	1.67	11260***	0.62
GV	6.50	1.00	6.00	1.00	11363***	0.58
WV	6.25	1.50	5.50	1.63	11768***	0.67

Anmerkungen. ^a WN = Wahrgenommene Nützlichkeit; WB = Wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit; NI = Nutzungsintention; GV = Gefühlsbezogene Valenz, WV = Wertbezogene Valenz. ^b Q_{dif} = Quartilsabstand. ^c U = Mann-Whitney-U-Test-Statistik. ^d d = Wert für die Effektstärke nach Cohen (1988). * $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$.

6 Zusammenfassung der Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung zielte auf die Analyse der Akzeptanz der VR Technologie unter den Annahmen des „Technology Acceptance Model“ (TAM) bei Beschäftigten in technischen Domänen. Die empirischen Befunde bestätigen die grundlegenden theoretischen Annahmen des TAM. Auf der Basis eines latenten Strukturgleichungsmodells wurde eine Varianzaufklärung der Nutzungsintention von 35.40 % erzielt. Der erklärte Varianzanteil an der Nutzung einer Informationstechnologie auf Basis des TAM wird im Allgemeinen mit etwa 40 % beziffert, weshalb dieses Ergebnis als durchaus zufriedenstellend bezeichnet werden kann (vgl. Venkatesh & Davis 2000; Venkatesh & Bala 2008). Erwartungskonform zeigen sich in der Analyse signifikante Zusammenhänge zwischen der Nützlichkeit und der Nutzungsintention sowie der Benutzerfreundlichkeit und der Nutzungsintention. Zudem besteht ein signifikanter Einfluss der Benutzerfreundlichkeit auf die Nützlichkeit. Insgesamt werden damit die Annahmen des TAM auch für die VR Technologie bekräftigt und die in Abschnitt 3 aufgestellten Hypothesen H1 bis H3 bestätigt.

Die deskriptiven Studienbefunde zur Beschreibung der Stichprobe belegen ein hohes Interesse der Studienteilnehmer an der VR Technologie. Die Nutzungsintention der VR Technologie wurde insgesamt von der Gesamtstichprobe deutlich über dem Skalenmittelwert und damit positiv eingeschätzt. Während auch eine hohe Benutzerfreundlichkeit festgestellt wurde, stellte die Gesamtstichprobe nur eine mittlere Nützlichkeit der VR Technologie fest. Ebenfalls wurden die positiven Einflüsse der VR Technologie auf die räumliche und zeitliche Flexibilität von den Probanden im mittleren Bereich konstatiert, so dass sich die eingeschätzte mittlere Nützlichkeit insgesamt als ausbaufähig bewerten lässt. Möglicherweise ist hier davon auszugehen, dass es bei einem Teil der Gesamtstichprobe noch an Ideen und konkreten Szenarien, wie VR sinnvoll am Arbeitsplatz beziehungsweise im Rahmen des zu verantwortenden Aufgaben- und Tätigkeitsfeldes der Befragten im kommerziellen Rahmen eingesetzt werden kann, fehlt. Unterstützt wird diese Annahme auch durch den Befund zum Gruppenvergleich zwischen Personen mit und ohne Erfahrung mit der VR Technologie. Die Personengruppe mit Erfahrung in diesem Bereich bewertete die Nützlichkeit und die Benutzerfreundlichkeit signifikant höher als die Personengruppe ohne Erfahrung mit dieser Technologie. Außerdem äußerte die Personengruppe mit Erfahrung eine höhere Nutzungsintention und ein höheres Interesse an VR, so dass die Hypothesen H5.1 und H5.2 bestätigt werden.

Die Ergebnisse zum Gruppenvergleich zwischen älteren und jüngeren Personen belegen entgegen den Annahmen, dass es zwischen diesen beiden Gruppen – mit Ausnahme der Benutzerfreundlichkeit, die von jüngeren höher bewertet wurde – keine signifikanten Unterschiede bezogen auf die Nützlichkeit und Nutzungsintention der VR Technologie gibt. Demnach wird die Hypothese H4.2 bestätigt, wohingegen die Hypothesen H4.1 und H4.3 abzulehnen sind. Gemäß Prensky (2001) wurden die ersten „Digital Natives“ im Zeitraum zwischen 1980 und 1994 geboren, was die Aufteilung der Stichprobe in jüngere und ältere Probanden anhand des Medians von 36 Jahren rechtfertigt und etwaigen Effekten aufgrund der vorgenommenen Altersaufteilung widerspricht. Die Ergebnisse zur Nützlichkeit und Nutzungsintention stützen damit Studien, die zeigen, dass ältere Personen durchaus bereit sind, Technologien zu nutzen wenn diese vorteilhaft oder entlastend eingesetzt werden können, und der verbreiteten Meinung ältere Menschen seien Technik gegenüber generell negativ oder kritisch eingestellt widersprechen (vgl. Mitzner et al. 2010; Rogers & Fisk 2010).

Die Testgüten der eingesetzten Erhebungsinstrumente sind übergreifend alle zufriedenstellend und lassen insgesamt auf eine reliable Messung der einzelnen Variablen schließen. Vor dem Hintergrund des nicht einheitlichen Erhebungsvorgehens (Online-Erhebung bzw. Paper-Pencil-Erhebung) sind die Studienergebnisse zu bewerten. Hierzu wurden zwischen den zwei Teilstichproben keine testbezogenen Auffälligkeiten (z. B. Teilnahmemotivation, -fairness) festgestellt.

Limitationen ergeben sich im Hinblick auf die Übertragbarkeit auf andere Zielgruppen. Die Ergebnisse der Studie sind begrenzt auf Beschäftigte in technischen Domänen und sollten nicht ohne Weiteres auf andere Zielgruppen, insbesondere in nicht-technischen Domänen, übertragen werden. Die hohen Werte auf den Interessensskalen deuten außerdem darauf hin, dass die Datenerhebung, die vor allem im Rahmen einer expliziten Veranstaltung zu VR stattfand, primär Personen angesprochen hat, die im Durchschnitt von sich aus hoch an der Thematik VR interessiert sind, und damit eine Positivauswahl darstellt.

Weiterführende Studien sollten daran anknüpfend auch explizit die Akzeptanz von Personen untersuchen, die der Thematik kritisch gegenüberstehen. Des Weiteren könnten weiterführende Studien eine genauere Analyse dessen vornehmen, welchen Einfluss die Erfahrung mit der Technologie auf die Technologieakzeptanz hat. Die vorliegende Untersuchung unterschied in der Bewertung der Erfahrung nicht zwischen privater und beruflicher Nutzung der Technologie. Konkrete berufsbezogene Anwendungsfälle, wie sie beispielsweise im Maschinen- und Anlagenbau vorstellbar sind, unterscheiden sich aber deutlich von einer privaten Nutzung im Freizeit- oder Gaming-Bereich.

Zusammenfassend und abschließend betrachtet, belegen die Ergebnisse der vorliegenden empirischen Untersuchung, dass das TAM zur Erklärung der Nutzungsintention der VR Technologie herangezogen werden kann und die Befunde im Wesentlichen im Einklang mit dem in Abschnitt 2.2 berichteten Forschungsstand stehen. Demnach sind die wahrgenommene Nützlichkeit und die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit zentrale Determinanten, um die Nutzungsintention der VR Technologie zu beeinflussen. Obwohl die Befragten übergreifend ein großes Interesse an der VR Technologie bekundet haben und sie auch die Nutzungsintention positiv bewerteten, stellt sich die wahrgenommene Nützlichkeit in der Subgruppe, die wenig Erfahrung mit VR hat, noch ausbaufähig dar. Die zukünftige Forschung sollte daher einen zentralen Fokus auf den Einsatz von VR im Rahmen von konkreten Use-Cases legen und dabei weitergehende förderliche und hemmende Faktoren in der betrieblichen und schulischen Aus- und Weiterbildung betrachten. „Die Ausbreitung neuer Technologien ist weitestgehend davon abhängig, dass in der Gesellschaft technische Neuerungen als Bereicherung des sozialen Lebens begriffen werden“ (Renn 1986, S. 44).

Der Akzeptanzforschung ist vor diesem Hintergrund allgemein sowohl im Bezugsfeld der Technologieakzeptanz am Arbeitsplatz als auch im Alltagsbereich eine hohe Relevanz zuzuschreiben und wird angesichts der hohen Leistungserwartungen, die an digitale Medien und innovative Technologien gestellt werden, zukünftig vor allem auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung eine Rolle spielen.

Literatur

- Ajzen, I. (1985). From intentions to actions. A theory of planned behavior. In J. Kuhl & J. Beckmann (Hrsg.), *Action control. From Cognition to Behavior* (S. 11–39). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179–211.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (1980). *Understanding attitudes and predicting social behaviour*. Englewood-Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Amoako-Gyampah, K. & Salam, A. F. (2004). An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment. *Information & Management*, 41(6), 731–745.
- Bauer, W. & Horváth, P. (2015). Industrie 4.0-Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. *Controlling*, 27(8-9), 515–517.
- Becker, K.-D. (2015). Arbeit in der Industrie 4.0–Erwartungen des Instituts für angewandte Arbeitswissenschaft e.V. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 23–29). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Berkemeier, L., Niemöller, C., Metzger, D. & Thomas, O. (2018). Akzeptanz von Smart Glasses für die Aus- und Weiterbildung. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 143–156). Berlin: Springer Gabler.
- Bertrand, M. & Bouchard, S. (2008). Applying the technology acceptance model to VR with people who are favorable to its use. *Journal of Cyber Therapy & Rehabilitation*, 1(2), 200–210.
- Bochum, U. (2015). Gewerkschaftliche Position in Bezug auf „Industrie 4.0“. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 31–44). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Brill, M. (2009). *Virtuelle Realität*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Bürg, O. & Mandl, H. (2005). Akzeptanz von E-Learning in Unternehmen. *Zeitschrift für Personalpsychologie*, 4(2), 75–85.
- Chau, P. Y. K. & Hu, P. J. (2002). Investigating healthcare professionals' decisions to accept telemedicine technology. An empirical test of competing theories. *Information & Management*, 39(4), 297–311.
- Chen, J.-L. (2011). The effects of education compatibility and technological expectancy on e-learning acceptance. *Computers & Education*, 57(2), 1501–1511.
- Chung, J. E., Park, N., Wang, H., Fulk, J. & McLaughlin, M. (2010). Age differences in perceptions of online community participation among non-users. An extension of the Technology Acceptance Model. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1674–1684.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. (2nd edition). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Coldham, G. & Cook, D. M. (2017). VR Usability from Elderly Cohorts: Preparatory Challenges in Overcoming Technology Rejection. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 35th National Information Technology Conference* (S. 131–135).
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319–340.
- 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.
- Dörner, R., Jung, B., Grimm, P., Broll, W. & Göbel, M. (2013). Einleitung. In R. Dörner, W. Broll, P. Grimm & B. Jung (Hrsg.), *Virtual und augmented reality (VR/AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität* (S. 1–32). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Eder, A. (2015). Akzeptanz von Bildungstechnologien in der gewerblich-technischen Berufsbildung vor dem Hintergrund von Industrie 4.0. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 19–44.
- Fetscherin, M. & Lattemann, C. (2008). User acceptance of virtual worlds. *Journal of Electronic Commerce Research*, 9(3), 231.

- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior. An introduction to theory and research.* Reading, MA: Addison-Wesley.
- Gebhardt, J., Grimm, A. & Neugebauer, L. M. (2015). Entwicklungen 4.0–Ausblicke auf zukünftige Anforderungen an und Auswirkungen auf Arbeit und Ausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2).
- Gefen, D. & Straub, D. W. (1997). Gender differences in the perception and use of e-mail. An extension to the technology acceptance model. *MIS Quarterly*, 21(4), 389–400.
- Göbel, G. (2017). Experiences and acceptance of immersive learning arrangements in higher education. In J. Kowal, A. Kuzio, J. Mäkiö, G. Paliwoda-Pekosz, P. Soja & R. Sonntag (Hrsg.), *ICT Management for Global Competitiveness and Economic Growth in Emerging Economies (ICTM)* (S. 47–58).
- Hackbarth, G., Grover, V. & Mun, Y. Y. (2003). Computer playfulness and anxiety: positive and negative mediators of the system experience effect on perceived ease of use. *Information & Management*, 40(3), 221–232.
- Hill, T., Smith, N. D. & Mann, M. F. (1987). Role of efficacy expectations in predicting the decision to use advanced technologies: The case of computers. *Journal of applied psychology*, 72(2), 307.
- Hong, W., Thong, J. Y. L. & Wai-Man Wong, K.-Y. T. (2002). Determinants of user acceptance of digital libraries. An empirical examination of individual differences and system characteristics. *Journal of Management Information Systems*, 18(3), 97–124.
- Hu, P. J., Chau, P. Y. K., Sheng, O. R. L. & Tam, K. Y. (1999). Examining the technology acceptance model using physician acceptance of telemedicine technology. *Journal of Management Information Systems*, 16(2), 91–112.
- Igarria, M., Zinatelli, N., Cragg, P. & Cavaye, A. L. M. (1997). Personal computing acceptance factors in small firms. A structural equation model. *MIS Quarterly*, 21(3), 279–305.
- Juan, Y.-K., Chen, H.-H. & Chi, H.-Y. (2018). Developing and Evaluating a Virtual Reality-Based Navigation System for Pre-Sale Housing Sales. *Applied Sciences*, 8(6), 1–12.
- Kagermann, H. (2017). Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernshansl & M. ten Hompel (Hrsg.), *Handbuch Industrie 4.0* (S. 235–246). Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg.
- Kärcher, B. (2015). Alternative Wege in die Industrie 4.0. In A. Botthof & A. Hartmann (Hrsg.), *Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0* (S. 47–58). Berlin, Heidelberg: Springer.
- King, W. R. & He, J. (2006). A meta-analysis of the technology acceptance model. *Information & Management*, 43(6), 740–755.
- Kohnke, O. & Bungard, W. (2009). Change Management und unternehmensweite Standardsoftwaresysteme. Maßnahmen zur Erhöhung der Anwenderakzeptanz. *Führung und Organisation*, 78(6), 304–310.
- Kohnke, O. & Müller, K. (2009). Modellbasierte Evaluation der Anwenderakzeptanz von Standardsoftware. In H. Wandke & S. Kain (Hrsg.), *Mensch & Computer 2009: Grenzenlos frei!?* (S. 153–162). München: Oldenbourg.
- Kohnke, O., Wolf, T. R. & Müller, K. (2011). Managing user acceptance. An empirical investigation in the context of business intelligence standard software. *International Journal of Information Systems and Change Management*, 5(4), 269–290.
- Lam, S. Y., Chiang, J. & Parasuraman, A. (2008). The effects of the dimensions of technology readiness on technology acceptance. An empirical analysis. *Journal of Interactive Marketing*, 22(4), 19–39.
- Lee, Y., Kozar, K. A. & Larsen, K. R. T. (2003). The technology acceptance model. Past, present, and future. *Communications of the Association for Information Systems*, 12(1), 50.
- Liao, H.-L. & Lu, H.-P. (2008). The role of experience and innovation characteristics in the adoption and continued use of e-learning websites. *Computers & Education*, 51(4), 1405–1416.
- Liaw, S.-S. & Huang, H.-M. (2003). An investigation of user attitudes toward search engines as an information retrieval tool. *Computers in Human Behavior*, 19(6), 751–765.
- Lin, P.-C., Lu, H. K. & Liu, C. (2013). Towards an education behavioral intention model for e-learning systems. An extension of UTAUT. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 47(3), 1120–1127.
- Lu, J., Yu, C.-S., Liu, C. & Yao, J. E. (2003). Technology acceptance model for wireless Internet. *Internet Research*, 13(3), 206–222.
- Ma, W. W.-k., Andersson, R. & Streith, K.-O. (2005). Examining user acceptance of computer technology. An empirical study of student teachers. *Journal of Computer Assisted Learning*, 21(6), 387–395.
- Mitzner, T. L., Boron, J. B., Fausset, C. B., Adams, A. E., Charness, N., Czaja, S. J., Dijkstra, K., Fisk, A. D., Rogers, W. A. & Sharit, J. (2010). Older adults talk technology: Technology usage and attitudes. *Computers in Human Behavior*, 26(6), 1710–1721.
- Morris, M. G. & Venkatesh, V. (2000). Age differences in technology adoption decisions. Implications for a changing work force. *Personnel Psychology*, 53(2), 375–403.

- Müller, A. & Leidl, M. (2007). eLearning in der dritten Dimension. Ein Seminar zwischen Web 2.0 und virtuellen Welten. In M. Merkt, K. Mayrberger, R. Schulmeister, A. Sommer & I. van den Berk (Hrsg.), *Studieren neu erfinden - Hochschule neu denken (Medien in der Wissenschaft, Bd. 44, S. 136–145)*. Münster u. a.: Waxmann.
- Padilla-Meléndez, A., Del Aguila-Obra, A. R. & Garrido-Moreno, A. (2013). Perceived playfulness, gender differences and technology acceptance model in a blended learning scenario. *Computers & Education*, 63, 306–317.
- Park, N., Lee, K. M. & Cheong, P. H. (2007). University instructors' acceptance of electronic courseware. An application of the technology acceptance model. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 13(1), 163–186.
- Peterson, R. A. (1994). A meta-analysis of Cronbach's coefficient alpha. *Journal of consumer research*, 21(2), 381–391.
- Pikkarainen, T., Pikkarainen, K., Karjaluoto, H. & Pahlila, S. (2004). Consumer acceptance of online banking. An extension of the technology acceptance model. *Internet Research*, 14(3), 224–235.
- Pletz, C. & Zinn, B. (i. V.). Eine explorative Studie zu möglichen Anwendungsfeldern von VR in technischen Domänen, Manuskript in Vorbereitung.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M. & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309–327.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants: Part 1. *On the horizon*, 9(5), 1–6.
- Rama, M. D., de Ridder, H. & Bouma, H. (2001). Technology generation and age in using layered user interfaces. *Gerontechnology*, 1(1), 25–40.
- Rasimah, C. M. Y., Ahmad, A. & Zaman, H. B. (2011). Evaluation of user acceptance of mixed reality technology. *Australasian Journal of Educational Technology*, 27(8), 1369–1387.
- Renn, O. (1986). Akzeptanzforschung: Technik in der gesellschaftlichen Auseinandersetzung. *Chemie in unserer Zeit*, 20(2), 44–52.
- Roberts, A. R., De Schutter, B., Franks, K. & Radina, M. E. (2018). Older adults' experiences with audiovisual virtual reality: perceived usefulness and other factors influencing technology acceptance. *Clinical Gerontologist*, 1–7.
- Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (2010). Toward a psychological science of advanced technology design for older adults. *Journals of Gerontology: Psychological Sciences*, 65B(6), 645–653.
- Schäfer, T. (2011). *Statistik II*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Schiefele, U. (1990). Thematisches Interesse, Variablen des Lernprozesses und Textverstehen. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 37(2), 304–332.
- Schuster, K. (2015). Einfluss natürlicher Benutzerschnittstellen zur Steuerung des Sichtfeldes und der Fortbewegung auf Rezeptionsprozesse in virtuellen Lernumgebungen. Marburg: Tectum Wissenschaftsverlag.
- Schwan, S. & Buder, J. (2006). *Virtuelle Realität und E-Learning*. Zugriff am 11.12.2017. Verfügbar unter www.e-teaching.org.
- Senderek, R. & Geisler, K. (2015). Assistenzsysteme zur Lernunterstützung in der Industrie 4.0. In S. Rathmayer & H. Pongratz (Hrsg.), *Proceedings der Pre-Conference Workshops der 13. E-Learning Fachtagung Informatik (S. 36–46)*.
- Simon, B. (2001). *E-Learning an Hochschulen. Gestaltungsräume und Erfolgsfaktoren von Wissensmedien*. Köln: Josef Eul Verlag.
- Steinmetz, H. (2015). *Lineare Strukturgleichungsmodelle: Eine Einführung mit R (Sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden, Bd. 9, 2. verbesserte Auflage)*. München und Mering: Rainer Hampp Verlag.
- Sumak, B., Hericko, M. & Pusnik, M. (2011). A meta-analysis of e-learning technology acceptance. The role of user types and e-learning technology types. *Computers in Human Behavior*, 27(6), 2067–2077.
- Tan, P. J. B. (2013). Applying the UTAUT to understand factors affecting the use of English e-learning websites in Taiwan. *Sage Open*, 3(4), 1–12.
- Tenberg, R. & Pittich, D. (2017). Ausbildung 4.0 oder 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 5(1), 27–46.
- Thomas, O., Metzger, D., Niegemann, H., Welk, M. & Becker, T. (2018). GLASSROOM - Kompetenzaufbau und -entwicklung in virtuellen Lebenswelten. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0 (S. 2–19)*. Berlin: Springer Gabler.
- Ullrich, A., Vladova, G., Thim, C. & Gronau, N. (2015). Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit im Zeichen der Industrie 4.0. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 52(5), 769–789.
- 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*, 27(3), 425–478.
- Vodanovich, S., Sundaram, D. & Myers, M. (2010). Research commentary—digital natives and ubiquitous information systems. *Information Systems Research*, 21(4), 711–723.
- Windelband, L. & Dworschak, B. (2015). Arbeit und Kompetenzen in der Industrie 4.0. Anwendungsszenarien Instandhaltung und Leichtbaurobotik. In H. Hirsch-Kreunsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit* (S. 71–86). Berlin: Nomos Verlag.
- Yi, M. Y. & Hwang, Y. (2003). Predicting the use of web-based information systems. Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the technology acceptance model. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(4), 431–449.
- Zinn, B. (2015). Conditional variables of ‘Ausbildung 4.0’—Vocational education for the future. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 3(2), 10–18.
- Zinn, B. (2017). Digitalisierung der Arbeit - Kompetenzerwartungen des Beschäftigungssystems und didaktische Implikationen. In B. Bonz, H. Schanz & J. Seifried (Hrsg.), *Berufsbildung vor neuen Herausforderungen - Wandel von Arbeit und Wirtschaft, Berufsbildung konkret* (Bd. 13, S. 163–176). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Zinn, B., Guo, Q. & Sari, D. (2016). Entwicklung und Evaluation der virtuellen Lern- und Arbeitsumgebung VILA. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 4(1), 89–117.
- Zobel, B., Werning, S., Berkemeier, L. & Thomas, O. (2018). Augmented- und Virtual-Reality-Technologien zur Digitalisierung der Aus- und Weiterbildung - Überblick, Klassifikation und Vergleich. In O. Thomas, D. Metzger & H. Niegemann (Hrsg.), *Digitalisierung in der Aus- und Weiterbildung. Virtual und Augmented Reality für Industrie 4.0* (S. 20–34). Berlin: Springer Gabler.

CAROLIN PLETZ

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft,
Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik
Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart
pletz@ife.uni-stuttgart.de

PROF. DR. BERND ZINN

Universität Stuttgart, Institut für Erziehungswissenschaft,
Abteilung Berufspädagogik mit Schwerpunkt Technikdidaktik
Azenbergstraße 12, 70174 Stuttgart
zinn@ife.uni-stuttgart.de

Zitieren dieses Beitrags:

Pletz, C. & Zinn, B. (2018). Technologieakzeptanz von virtuellen Lern- und Arbeitsumgebungen in technischen Domänen. *Journal of Technical Education (JOTED)*, 6(4), 86–105.