

Verwendung von Augmented Reality im Industriefeld

Entwicklung eines personallosen Werksrundgangs für die HoloLens

Jan-Philipp Töberg
Professional Education
Phoenix Contact GmbH & Co. KG
Blomberg
jtöberg@phoenixcontact.com

Raphael Rohde
Tools and Parts
Phoenix Contact GmbH & Co. KG
Blomberg
rrohde@phoenixcontact.com

Sebastian Büttner
Technische Hochschule Ostwestfa-
len-Lippe
Lemgo
sebastian.buettner@th-owl.de

Carsten Röcker
Technische Hochschule OWL und
Fraunhofer IOSB-INA
Lemgo
carsten.roecker@th-owl.de

ABSTRACT

Seit dem Verkaufsstart von Microsofts Augmented-Reality-Brille HoloLens hat Augmented Reality (AR) den Massenmarkt erreicht. So setzen beispielsweise Museen auf die erweiterte Realität zur digitalen Erweiterung ihrer physischen Ausstellungsstücke. Im Kontext von Industrie 4.0 wird eine Vielzahl verschiedener Anwendungsszenarien diskutiert. Um das Potential von AR zu evaluieren, wurde bei Phoenix Contact ein personalloser Werksrundgang mittels AR-Brille durch ein Produktionsgebäude entwickelt. Die HoloLens-Implementierung erfolgte über die Spiele-Engine Unity und nutzt markerbasiertes Tracking für die Darstellung von Inhalten. Dabei werden im Gebäude unterschiedliche Hotspots definiert, welche distanzabhängig getrackt werden können, um den Nutzer mit Hilfe von 3D-Objekten, Animationen und Texten Informationen zu liefern. In diesem Beitrag präsentieren wir die konzeptionelle und technische Realisierung der Anwendung.

KEYWORDS

Augmented Reality, Unity, HoloLens, Industrie 4.0

1 Einleitung

Die erweiterte Realität (*engl.* Augmented Reality / AR) spielt mittlerweile eine immer größere Rolle in den Bereichen Marke-

ting, Wartung und Unterhaltung. Mobile AR-Anwendungen wie z. B. Pokémon Go erhöhen die Akzeptanz von dieser Technologie im privaten Sektor.

Doch auch die Industrie hat großes Interesse am Einsatz dieser neuen Technologie, wie eine Studie des Bundesverband Digitale Wirtschaft belegt [16]. So finden auch projektionsbasierte AR-Systeme immer mehr Anwendung in Industrie und Forschung, wie in der SmartFactoryOWL in Lemgo demonstriert wird [2, 4]. Die Anwendungsszenarien sind hierbei vielfältig und reichen von der Ausbildung [8, 9] über Unterstützung in Produktion, Logistik und Wartung [3, 13] bis hin zum Marketing. Auch die Phoenix Contact GmbH & Co. KG¹, welche im Folgenden mit Phoenix Contact abgekürzt wird, nutzt die Möglichkeiten der erweiterten Realität zu unterschiedlichen Zwecken wie Marketing, Wartung, in der Gebäudetechnik und zur Produktionsdatenvisualisierung [12]. Eine der treibenden Abteilungen bei der Entwicklung von AR-Anwendungen ist der Werkzeugbau (*engl.* Tools and Parts / TaP), welcher sich hauptsächlich mit dem Einsatz der erweiterten Realität zur Unterstützung von Umbauarbeiten oder Montagen für Spritzgießwerkzeuge konzentriert.

Im Zuge einer Studienarbeit wurde mit Unity ein neues AR-Entwicklungssystem ausprobiert. In diesem Kontext wurde ein personalloser Werksrundgang als Beispielanwendung implementiert und evaluiert. Dieser Werksrundgang führt durch das Technikum bei Phoenix Contact. Dabei handelt es sich um ein Produktionsgebäude des TaP mit insgesamt zehn Spritzgussmaschinen, welche genutzt werden, um neu entwickelte Werkzeuge zu testen. Die entstehenden Produkte werden daraufhin gemessen und bewertet, um das entwickelte Werkzeug ggf. zu verbessern und abzunehmen. Des Weiteren werden neue Technologien

Veröffentlicht durch die Gesellschaft für Informatik e.V. und die German UPA e.V. 2019 in S. Hess & H. Fischer (Hrsg.): *Mensch und Computer 2019 – Usability Professionals, 08.-11. September 2019, Hamburg*
Copyright © 2019 bei den Autoren.
<https://doi.org/10.18420/muc2019-up-0336>

¹ Deutsches Familienunternehmen, welches innovative Lösungen in den Bereichen Automatisierungstechnik, Elektronik und Elektrotechnik anbietet [14].

und Verbesserungen am Entwicklungsprozess oder an den Maschinen in diesem Gebäude erprobt, bevor sie in die reale Produktion eingebunden werden.

Im Rahmen dieses Papers stellen wir den Entwicklungsprozess des AR-Projekts bei Phoenix Contact sowie die Ergebnisse der Implementierung und Evaluierung des AR-Werksrundgangs vor.

2 Anforderungsdefinition

Zur Definition der Anforderungen wurde ein Interview mit dem Leiter des Technikums durchgeführt. In diesem Interview wurden sowohl grundlegende Informationen über das Technikum ausgetauscht, sowie Ideen und Wünsche bezüglich der Anwendung geäußert und besprochen. Neben der Klärung von Rahmenbedingungen wurde die Grundidee des Rundgangs wie folgt herausgearbeitet:

Der Rundgang orientiert sich am Lebens- und Qualifizierungszyklus eines Werkzeugs (vgl. Abbildung 1). Dieser beginnt mit der Ankunft des Werkzeugs im Technikum, bei der das Werkzeug dank eingebautem RFID-Chip erkannt und verarbeitet wird. Im nächsten Schritt wird das Werkzeug auf der Maschine eingebaut, was auf Grund des hohen Gewichts nur mit einem Kran möglich ist. Nach dem Einbau wird die Maschine parametrisiert, was ebenfalls über den RFID-Chip des Werkzeugs funktioniert. Sobald diese Schritte abgeschlossen sind, wird das Werkzeug für den Spritzguss verwendet, wobei ein fertiges Bauteil entsteht. Dieses wird an die Messtechnik weitergegeben, um die Qualität zu überprüfen und eventuelle Probleme bei der Maschineneinstellung oder der Geometrie des Werkzeugs aufzuzeigen. Eine weitere Idee, welche unterstützend zum Werkzeuglebenszyklus eingebaut werden kann, ist das Aufzeigen des Materialflusses. Das Granulat, das als Material für den Spritzgussprozess genutzt wird, lagert an einem bestimmten Ort und hat unterschiedliche Eigenschaften, die dargestellt werden können. Zusätzlich muss das Granulat, vor der Verwendung, mit Hilfe eines Industrietrockners getrocknet werden. Eine naheliegende Möglichkeit ist hier die Visualisierung des Materials, wie es vom Lager in den Trockner und von dort in die Maschine fließt. Da dieser Aspekt aber nicht zur Grundidee gehört, wird er auch bei der Umsetzung geringer priorisiert.

Die letzte Idee hat die geringste Priorität, da sie hauptsächlich Automatisierungen und Entwicklungen aufzeigt, die zukünftig umgesetzt werden. Als Beispiel dafür soll die Funktionalität von DNC (= Direct Numerical Control) visualisiert werden. Dabei handelt es sich um einen Prozess, bei dem die Einstelldaten und

Parameter einer Maschine über das Netzwerk geladen werden, anstatt lokal bei der jeweiligen Maschine vorzuliegen [6]. Für welches Werkzeug die Daten geladen werden müssen, wird wieder über den eingescannten RFID-Chip bestimmt.

Nach der Sammlung der ersten Ideen wurden diese zusammengefasst und aufbereitet. Zusätzliche, allgemeine Aufgaben wurden den drei Themengebieten „Werkzeuglebenszyklus“, „Material“ und „DNC“ hinzugefügt. Zusätzlich zu den inhaltlichen und formalen Anforderungen gibt es noch nichtfunktionale Anforderungen, u.a. bezüglich der Gebrauchstauglichkeit. Hierbei sind insbesondere die folgenden Kriterien relevant:

1. Einsteigerfreundlichkeit
2. Erweiterbarkeit
3. Unterstützung der Orientierung („Nutzerführung“)

Durch die Einsteigerfreundlichkeit soll ermöglicht werden, dass Nutzer, die bisher noch keine Berührungspunkte mit der AR oder der HoloLens hatten, trotzdem diesen Werksrundgang nutzen können und möglichst keine Nachteile im Vergleich zu erfahrenen Nutzern haben. Mit der Erweiterbarkeit wird gewährleistet, dass die Anwendung hinterher gut verändert oder angepasst werden kann, sollte sich an der Struktur des Gebäudes oder an gezeigten Inhalten etwas verändern. Aus diesem Grund sollen zum Beispiel Prefabs für die unterschiedlichen Inhaltsanzeigen erstellt werden. Der letzte Punkt behandelt die Nutzerführung, welche fordert, dass ein Nutzer sich möglichst selten orientierungslos während des Rundgangs fühlen soll. Dem Anwender soll zu jedem Zeitpunkt klar sein, wo er den nächsten Hotspot findet und wie er dort hinkommt.

3 Konzepterstellung

Für die Erstellung des Konzepts wurde vorab geplant, welcher Teil des Werkzeuglebenszyklus am besten an welcher der zehn Maschinen aufgezeigt werden kann. So gibt es mehrere Maschinen, welche sich für die Platzierung von Inhalten auf Grund ihres Alters nicht mehr anbieten (Maschine 1-3 & 7). Maschine 6 bietet sich derweil für die Darstellung der DNC-Funktion an, da dort die Bauteile, welche für die RFID-Kommunikation genutzt werden, sehr gut von außen einsehbar sind und somit gut eingebunden oder markiert werden können. Auf die restlichen fünf Maschinen können die übrigen Schritte frei verteilt werden.

Als nächstes wurden zweidimensionale Marker verwendet, um die Nutzerposition zu einem bestimmten Zeitpunkt zu bestimmen. So wurde zu Beginn ein einzelner Marker am Startpunkt des Rundgangs positioniert, damit alle virtuellen Inhalte abhängig von diesem Marker platziert und angezeigt werden können. Bei diesem Ansatz zeigt sich aber schnell eine Limitierung: So sorgen bereits minimale Abweichung von einer perfekten Erkennung zu einer großen Verstärkung dieses Fehlers auf weite Distanzen. Da die Inhalte bis zu 20m entfernt von dem anfänglichen Marker platziert werden, weichen diese um einen merklichen Anteil von ihrer geplanten Position ab. Um diesen Fehler zu umgehen, wurden mehrere Marker definiert und positioniert.

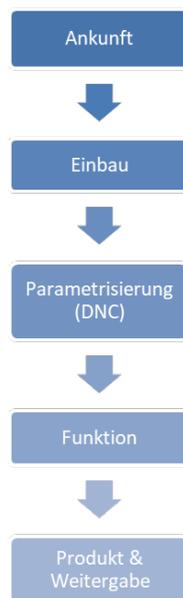


Abbildung 1 – Werkzeuglebenszyklus

Dadurch sind die Inhalte alle sehr lokal, weshalb der Tracking-Fehler nicht so stark ins Gewicht fällt.

Insgesamt wurden sechs Marker platziert und als sogenannte Hotspots definiert (vgl. Abbildung 2). An jedem dieser Hotspots wird ein Aspekt des Werkzeuglebenszyklus abgebildet, außer an Hotspot 5, wo der Materialfluss visualisiert wird.

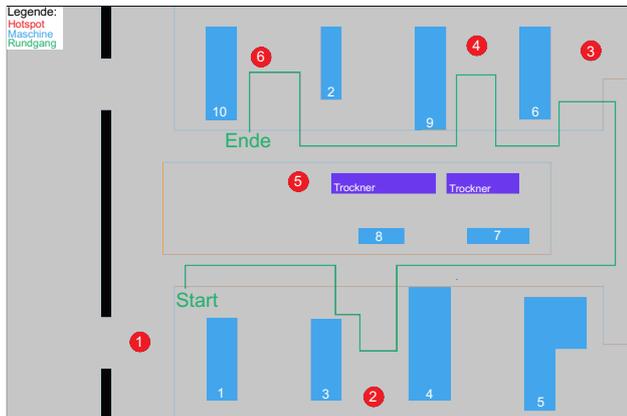


Abbildung 2 – Technikum mit Werksrundgang-Konzept

Um den Nutzer mittels AR durch das Gebäude zu führen und damit dieser keinen Hotspot verpasst, haben Miyashita et al. fest platzierte Stationen verwendet. Diese spielen automatisch eine Animation ab, welche dem Nutzer sein nächstes Ziel aufzeigt, sobald dieser nahe genug an der Station ist [11]. Diese Positionierung von fest platzierten Stationen, welche lediglich den Zweck eines Wegweisers verfolgen, ist in diesem Gebäude sowohl schwer umsetzbar als auch unpraktisch. Zusätzlich reicht ein distanzabhängiges Abspielen von Animationen nicht aus, da nicht gewährleistet ist, dass der Nutzer diese Animationen auch aktuell wahrnehmen kann. Einen anderen Ansatz verfolgen hingegen Feiner, MacIntyre, Höllerer & Webster, welche für den Aufbau ihres Campuslotsen einen Pointer verwenden, der dauerhaft im Sichtbereich des Anwenders eingeblendet ist und über Farbe und Ausrichtung dem Nutzer mitteilt, in welcher Richtung sich das aktuell gewählte Ziel befindet [5]. Diese dauerhafte Einblendung eines Pointers im Sichtbereich ist ebenfalls ungeeignet, weil die verwendete HoloLens bereits ein geringes Sichtfeld zur Verfügung stellt. Die dauerhafte Befüllung dieses Sichtfelds durch einen Pointer soll weitestgehend vermieden werden.

Da sich keiner dieser beiden Ansätze als angemessen für die gegebene Problemstellung herausstellte, wurde eine eigene Idee entwickelt, welche auf der Distanz und der Position des Nutzers im Raum basiert. So ist nach dem Einscannen eines Markers dessen Position im von der HoloLens aufgespannten dreidimensionalen Koordinatensystem vorhanden. Nun kann der Abstand von dieser Position zur aktuellen Position des Nutzers bestimmt werden. Überschreitet der so ermittelte Wert einen bestimmten Grenzwert, so weiß die Anwendung, dass der Nutzer sich von diesem Hotspot entfernt hat und vermutlich auf dem Weg zum nächsten ist. Dieses Wissen wird genutzt, um die Inhalte eines betrachteten Hotspots auszublenden sowie die Performance der

Brille zu optimieren und eventuelle Verwirrungen des Nutzers zu vermeiden. Dabei werden lediglich die Inhalte ausgeblendet, welche für die Informationsvermittlung genutzt werden, um zu verhindern, dass der Nutzer an einem Hotspot vorbeiläuft, weil die wegweisenden Pfeile ausgeblendet werden. Des Weiteren werden diese Pfeile so platziert, dass sie immer nur zum nächsten Hotspot und nicht weiter zeigen. Dadurch wird sich erhofft, dass Nutzer des Rundgangs keinen Hotspot verpassen.

Generell werden sowohl Texte als auch Animationen und Videos für die Vermittlung von Informationen genutzt. Diese Inhalte werden sinnvoll auf die sechs Hotspots aufgeteilt, weshalb an allen Stationen, außer Hotspot 4, eine Kombination von Animation und Informationstext verwendet wird. Dabei soll der Text einen Kontext für die ablaufende Animation geben, um die Verständlichkeit zu erhöhen. An Hotspot 4 soll ein Video zur Werkzeugfunktion gezeigt werden, welches keine unterstützenden Informationen in Textform benötigt.

4 Umsetzung

Für die Umsetzung des beschriebenen Konzepts wurde auf die gegebenen Funktionalitäten von Unity, der Vuforia Engine und des MRTKs (Mixed Reality Toolkit) zurückgegriffen. Alle weiteren Funktionen wurden mit Hilfe eigener C#-Skripte entwickelt. Dabei wurde auf eine komplexe Programmstruktur und die Nutzung von fortgeschrittenen Programmiermethoden wie Interfaces oder abstrakten Methoden und Klassen verzichtet, um die Performance auf der HoloLens zu verbessern und den Einbruch der Bildfrequenz zu vermeiden [10]. Des Weiteren wurde mehrfach auf das Entwurfsmuster des Singletons zurückgegriffen. Bei diesem wird eine Klasse erstellt, von welcher genau ein einziges Objekt instanziiert wird, was sich entsprechend gut für verwaltende und steuernde Klassen wie Controller oder Ähnliches anbietet [17].

Um den Nutzer darauf hinzuweisen, dass ein neuer Hotspot eingescannt werden kann, wird der Cursor verändert. Bei dem Cursor handelt es sich um ein vorgefertigtes Prefab aus dem MRTK, welches dem Nutzer im Mittelpunkt seines Blickfeldes einen re-

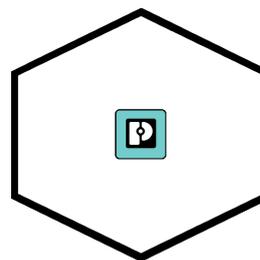


Abbildung 3 – Marker-Schablone

aktiven Cursor anzeigt. Dieser verändert sich dynamisch abhängig davon, ob ein Hologramm angesehen wird und ob eine Hand des Nutzers aktuell gescannt wird. Der Cursor wird, wenn aktuell kein Hotspot eingescannt ist, durch die Schablone in Abbildung 3 ersetzt, um den Nutzer zum Einscannen eines neuen Markers aufzufordern. Zusätzlich wird, dank der Größe und der Ähnlichkeit zu den eigentlichen Markern, auf den Abstand zum Einscannen aufmerksam gemacht. An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass das schwarze Hexagon in Abbildung 3 nur für die Darstellung an dieser Stelle eingefügt wurde und in der eigentlichen Anwendung nicht existiert. Dort ist das Hexagon weiß eingefärbt, da sich herausgestellt hat, dass weiß einen größeren Kontrast zu den relativ

dunklen Farben des Gebäudes bietet und damit besser gesehen wird. Da keine Erfahrungswerte für die Verwendung dieser Schablone im Unternehmen existieren, wurde das Design und die Farbgebung neu entwickelt und basiert auf den Empfehlungen von PTC Inc. für die Erstellung von Markern [15]. Da alle relevanten Inhalte der Anwendung einem Hotspot zugehörig sind und durch die ständige Kontrolle der Distanz des Nutzers zu jedem Zeitpunkt nur ein Hotspot eingescannt sein kann, bot sich die Verwendung eines Zustandsautomaten für die Umsetzung an. Dieser ist in Abbildung 4 dargestellt und beginnt mit einem Zustand, in welchem aktuell kein Hotspot eingescannt ist. Sobald ein Marker eingescannt wird, wechselt der Automat in den dazugehörigen Zustand und stellt die Inhalte dar, startet oder stoppt Animationen bzw. Videos und wechselt den Cursor, wie oben beschrieben. Entfernt sich der Nutzer soweit in eine beliebige Richtung von dem aktuellen Hotspot, dass der angegebene Grenzwert überschritten wird, so wird in den Anfangszustand zurückgewechselt, was auch den Wechsel des Cursors zur Folge hat. Sobald sich der User vom letzten Hotspot entfernt endet der Rundgang.

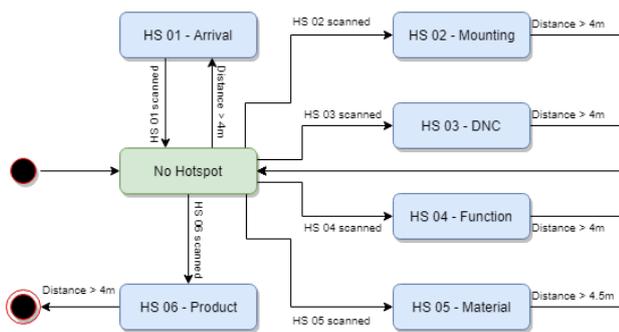


Abbildung 4 – Zustandsautomat der Anwendung

Es wurden insgesamt vier Animationen entwickelt, die das 3D-Objekt eines Beispielwerkzeugs verwenden und an diesem die Ankunft, den Einbau, die Parametrisierung über DNC und das fertige Produkt zeigen. Zusätzlich dazu wird an Hotspot 5 eine Pipeline animiert, die den Fluss des Granulats vom Lager zum Trockner darstellt. Diese fünf Animationen werden mit Texten unterstützt, welche geschrieben und von einem Experten bestätigt wurden. Die Texte halten sich dabei möglichst kurz, um den Nutzer nicht mit zu viel Text zu belasten, sondern die Informationen eher durch anschauliche Animationen zu übermitteln.

5 Evaluation

5.1 Methodik

Für die Evaluation des Rundgangs wurden mehrere Auszubildende und duale Studenten aus dem näheren Umfeld der Entwicklungsabteilung befragt. Insgesamt haben sich so elf Teilnehmer gefunden, welche zum Großteil unter 25 Jahren alt sind.

Von diesen befragten Personen sind neun männlich und zwei weiblich (siehe Abbildung 5).

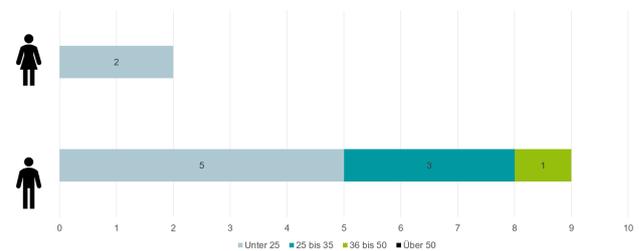


Abbildung 5 – Verteilung des Geschlechts & des Alters

Während der Evaluation wurden die Teilnehmer einzeln mit der HoloLens ausgerüstet und hatten die Aufgabe dem Rundgang so gut es geht zu folgen, ohne dem anwesenden Begleiter Fragen stellen zu müssen. Dieser Begleiter machte sich währenddessen Notizen zu dem Verhalten der Testperson und dokumentierte, ob diese sich an bestimmten Hotspots außergewöhnlich kurz oder lang aufhalten. Die Grenzwerte hierfür wurden dabei durch die Laufzeit der Animationen oder des Videos in Kombination mit einer konstanten Zeit für die Wahrnehmung der Texte bestimmt. Um die Aussagekraft dieser Notizen zu erhöhen, wurden alle Teilnehmer gebeten, den Rundgang so vollständig wie möglich wahrzunehmen, unabhängig von ihrem persönlichen Vorwissen. Dank dieser Voraussetzung kann davon ausgegangen werden, dass ein zu kurzer Aufenthalt an einem Hotspot auf die Qualität der platzierten Inhalte schließen lässt.

Bitte bewerten Sie die nachfolgenden Aussagen.					
	Stimme sehr zu	Stimme zu	Teils / Teils	Stimme nicht zu	Stimme gar nicht zu
Mir war zu jedem Zeitpunkt bewusst, wie der Rundgang weitergeht.					
Ich habe mich während des Rundgangs nicht orientierungslos gefühlt.					
Ich habe das Gefühl, alle Informationen wahrgenommen zu haben.					
Ich konnte problemlos alle Texte lesen.					

Abbildung 6 – Ausschnitt aus dem Evaluationsbogen

Nach Abschluss eines Rundgangs wurden den Teilnehmern ein Evaluationsbogen ausgehändigt, welchen diese auf Basis ihrer Eindrücke ausfüllen sollten. In diesem Evaluationsbogen wurden zu Beginn demographische Daten der Testperson erfragt, wie die Altersgruppe und das Geschlecht. Mit diesem Aspekt konnte eingeschätzt werden, ob eine Testperson in die Kategorie der „Digital Natives“² fällt, welche möglicherweise ein höheres, grundlegendes Technikverständnis mitbringen. Des Weiteren wurde erfragt, inwieweit ein Vorwissen zum Umgang mit Themen der virtuellen Realitätserweiterung besteht. Dieser Aspekt ist wichtig, um einzuschätzen, wie gut die geforderte Einsteigerfreundlichkeit der Anwendung letztendlich umgesetzt ist.

² Person einer Generation, welche mit digitalen Technologien aufgewachsen ist und dementsprechend vertraut mit dieser ist [1].

Daraufhin beginnt die eigentliche Bewertung des Rundgangs, indem Aussagen formuliert wurden, denen der Anwender in fünf Abstufungen (Likert-Skala) zustimmen konnte (vgl. Abbildung 6). Diese Aussagen schätzen zum einen die technische Qualität des Rundgangs aber auch Aspekte wie die Nutzerführung oder die Informationsübermittlung ein. Abschließend kann die Testperson noch Verbesserungsvorschläge äußern oder generelle Anmerkungen vornehmen. Dieser Evaluationsbogen wurde dabei selbstständig entwickelt, um die in Abschnitt 2 aufgelisteten Kriterien der Anwendung abzufragen und zu bewerten.

5.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden zuerst die Mitschriften des Begleiters ausgewertet, welche in Tabelle 1 eingesehen werden können. Dabei wurde unter anderem mitgeschrieben, wie viel Zeit wie viele der Teilnehmer bei den einzelnen Hotspots investieren, wobei die Vermutung naheliegt, dass wenn zu wenig Zeit investiert wurde, nicht alle Aspekte des Hotspots ausreichend betrachtet bzw. wahrgenommen wurden. Wenn zu viel Zeit investiert wurde, dann ist es möglich, dass die Testperson sich nicht sicher war, ob sie alle Inhalte wahrgenommen hat und eventuell nach mehr Inhalten gesucht wurde.

Nr	Hotspot	Zeit			Rückfragen Anzahl
		zu kurz	passend	zu lang	
1	Ankunft	0	5	6	1
2	Einbau	3	8	0	2
3	DNC	1	10	0	0
4	Funktion	4	7	0	1
5	Material	0	10	1	1
6	Produkt	0	11	0	0

Tabelle 1 – Auswertung der Begleiter-Notizen

Der andere Aspekt, welche durch den Betreuer mitgezählt wird, ist, wie viele Nachfragen der Nutzer es zu jedem Hotspot gab. Dabei werden Nachfragen, welche allein der Bestätigung der Nutzerwahrnehmung gelten, nicht aufgeführt, sondern lediglich Fragen, welche zeigen, dass an dieser Stelle immer noch Unklarheiten vorliegen. Die Nachfragen bei Hotspot 1, 2 und 4 beziehen sich auf die bereits durch die Spalte der Zeit beschriebenen Probleme an diesen Hotspots. So haben beide Nutzer, welche Hotspot 2 ignoriert haben, dies im weiteren Verlauf des Rundgangs gemerkt und hinterfragt.

Abschließend wird nun auf die Ergebnisse der Evaluationsbögen eingegangen. So hat ein Großteil der befragten Personen bereits Erfahrungen mit Anwendungen oder Brillen in der AR oder VR gesammelt (vgl. Abbildung 7), was negativen Aspekten wie einer generellen Orientierungslosigkeit bis hin zur Überforderung entgegenwirken konnte. Von den elf Testpersonen konnte lediglich eine Person keine bisherigen Erfahrungen in der AR oder VR sammeln. Diese eine Testperson liefert dabei ein überdurchschnittlich gutes Ergebnis, was eventuell auf die Begeisterung über die Neuheit dieser Technologie zurückzuführen ist. Um die

se Vermutung jedoch zu bestätigen, sollten weitere Teilnehmer, welche noch keine Erfahrungen in einem der angesprochenen Gebiete sammeln konnten, zum Testen eingeladen werden.

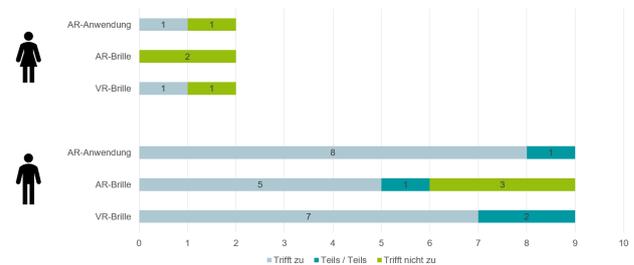


Abbildung 7 – Vorwissen der Testpersonen

Die Bewertung des Rundgangs liefert größtenteils positive Ergebnisse (vgl. Abbildung 8). Gerade Aspekte wie die Geschwindigkeit der Animationen oder die Weiterempfehlung des Rundgangs an unerfahrene Anwender oder jene, die wenig bis keine Kenntnisse über den Produktionsbereich mit sich bringen, sind besonders positiv ausgefallen. Insgesamt wurden keine Aspekte negativ beurteilt.

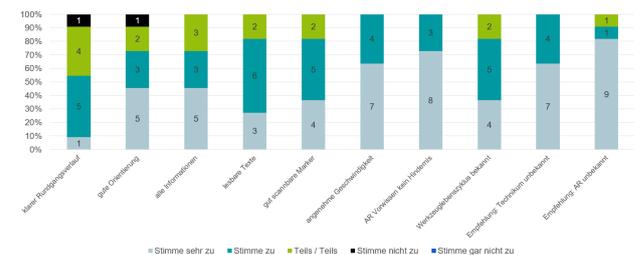


Abbildung 8 – Ergebnis der Evaluation

6 Diskussion

Bei der Interpretation und Diskussion der Ergebnisse soll mit der Auswertung der Begleiter-Notizen begonnen werden. So kann die hohe Anzahl an zu langen Aufenthalten bei Hotspot 1 auf Schwierigkeiten mit dem richtigen Aufsetzen der HoloLens zurückgeführt werden. Dieses Problem führte bei mehreren Anwendern zu keiner vollständigen Wahrnehmung der Inhalte und wurde auch mehrmals bei den Anmerkungen des Evaluationsbogens genannt. Bei dem Einbau des Werkzeugs ist es vorgekommen, dass drei Testpersonen direkt weitergegangen sind, ohne die Inhalte des Hotspots zu registrieren. Das kann auf eine schlechte Positionierung der Inhalte zurückgeführt werden, da der Nutzer den Pfeil, der auf den weiteren Weg des Rundgangs verweist, vor den eigentlichen Inhalten wahrgenommen hat und direkt dieser Aufforderung gefolgt ist. Ein Problem, welches vier Nutzer bei der Darstellung zur Werkzeugfunktion hatten, war, dass diese das Video nicht als Video erkannt haben, sondern von einem statischen Bild ausgegangen sind und den Hotspot verlasen haben, bevor das Video anfang zu spielen. Die einzelnen Aus-

reißer nach oben und unten bei den Hotspots 3 und 5 werden dabei als nicht-repräsentativ angesehen. Was die Nachfragen der Teilnehmer angeht, so bezog die eine Nachfrage bei Hotspot 5 auf den Zusammenhang des Textes und der gezeigten Granulat-Pipeline. Da dieser Zusammenhang aber nur für einen Nutzer nicht deutlich genug geworden ist, müssen hier keine Anpassungen vorgenommen werden.

Die durchweg positive Bewertung der Evaluationsbögen bestätigt sowohl die geforderte Anfängerfreundlichkeit als auch die dauerhafte Nutzerführung. Viele der Probleme in der Evaluation können auch auf die Probleme der Testpersonen mit dem Tragen der Brille zurückgeführt werden, was unabhängig von der entwickelten Anwendung zu betrachten ist, aber eine wichtige Erkenntnis für den Einsatz von AR beispielsweise in der Industrie bietet. Dieses positive Ergebnis wird auch durch die Notizen des Begleiters bestätigt, welche ebenfalls wenig negative Aspekte in der Nutzung der Anwendung festgestellt haben.

Insgesamt wird deutlich, dass die richtige Verwendung der eingesetzten HoloLens den Anwendern leichter fällt, wenn diese bereits Vorwissen zum Umgang mit diesem Gerät besitzen. Auch Personen ohne jegliches Vorwissen können den Rundgang verwenden, jedoch sollte zukünftig mit Hilfe einer eingebundenen Hilfe zu Beginn der Anwendung die richtige Einstellung und Verwendung der Brille nähergebracht werden.

7 Fazit

Insgesamt wurde eine gute Grundlage entwickelt, welche im aktuellen Zustand für die Führung von einzelnen Besuchern durch das Technikum bei Phoenix Contact genutzt werden kann. So wird mit Hilfe von mehreren Hotspots der Lebenszyklus eines Werkzeugs innerhalb des Unternehmens nachvollziehbar dargestellt. Einzelne Probleme wie die bessere Kennzeichnung von Videos oder die eindeutigere Platzierung von Inhalten können leicht angepasst werden und haben geringen Einfluss auf die Verwendbarkeit der Anwendung.

In Zukunft kann die Anwendung mit Hilfe der Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge auf den Evaluationsbögen verbessert und optimiert werden. Um den häufig genannten Kritikpunkt des geringen Sichtfelds zu verbessern, kann die HoloLens 2 angeschafft werden, welche in diesem Jahr veröffentlicht wird und ein ungefähr doppelt so großes Sichtfeld bieten soll [7].

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Böttcher, S. (2017). Was ist ein Digital Native? Retrieved from <https://tinyurl.com/y2pygpzq>
- [2] Büttner, S., Funk, M., Sand, O., & Röcker, C. (2016, June). Using head-mounted displays and in-situ projection for assistive systems: A comparison. In Proceedings of the 9th ACM international conference on pervasive technologies related to assistive environments (p. 44). ACM.
- [3] Büttner, S., Mucha, H., Funk, M., Kosch, T., Aehnelt, M., Robert, S., & Röcker, C. (2017, June). The design space of augmented and virtual reality applications for assistive environments in manufacturing: a visual approach. In Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (pp. 433-440). ACM.
- [4] Büttner, S., Mucha, H., Robert, S., Hellweg, F., & Röcker, C. (2017). HCI in der SmartFactoryOWL – Angewandte Forschung & Entwicklung. In M. Burghardt, R. Wimmer, C. Wolff, & C. Womser-Hacker (Eds.), Mensch und Computer 2017 - Workshopband. Regensburg: Gesellschaft für Informatik e.V.

- [5] Feiner, S., MacIntyre, B., Höllerer, T., & Webster, A. (1997). A Touring Machine: Prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. *Personal Technologies*, 1(4), 208–217. <https://doi.org/10.1007/BF01682023>
- [6] Groover, M. P. (2019). Automation: Numerical Control. Retrieved from <https://tinyurl.com/y35w23dn>
- [7] Heaney, D. (2019). HoloLens 2's Field of View Revealed. Retrieved from <https://tinyurl.com/y689zd65>
- [8] Heinz, M., Büttner, S., & Röcker, C. (2019, June). Exploring Augmented Reality Training for Automated Systems. In Workshop "Everyday Automation Experience" at ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '19).
- [9] Heinz, M., Büttner, S., & Röcker, C. (2019, June). Exploring training modes for industrial augmented reality learning. In Proceedings of the 12th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (pp. 398-401). ACM.
- [10] Microsoft. (2019). Performance Recommendations for Unity. Retrieved from <https://tinyurl.com/y4yphgg2>
- [11] Miyashita, T., Meier, P., Tachikawa, T., Orlic, S., Eble, T., Scholz, V., Lieberknecht, S. (2008). An Augmented Reality museum guide. In M. A. Livingston (Ed.), *7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2008: ISMAR 2008 ; Sept. 15 - 18, 2008, Cambridge, UK* (pp. 103–106). Piscataway, NJ: IEEE Service Center. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637334>
- [12] Moldehn, A. (2018). AR und VR – neue Technologien für spannende Anwendungen. Retrieved from <https://tinyurl.com/y5mgbyqw>
- [13] Paelke, V., Röcker, C., Koch, N., Flatt, H., & Büttner, S. (2015). User interfaces for cyber-physical systems. *at-Automatisierungstechnik*, 63(10), 833-843.
- [14] Phoenix Contact (2019). Was wir machen. Retrieved from <https://tinyurl.com/y63vqgrc>
- [15] PTC Inc. (2018). Optimizing Target Detection and Tracking Stability. Retrieved from <https://tinyurl.com/yxnkundc>
- [16] Sausen, T. (2018). BVDW-Studie: Virtual und Augmented Reality fester Bestandteil der Unternehmensstrategien. Retrieved from <https://tinyurl.com/y2h862jr>
- [17] Skeet, J., & Lippert, E. (2019). *C# in depth* (Fourth edition). Shelter Island, NY: Manning Publications Co.