

PlanAR – Planen mit Augmented Reality (AR) – Einsatz von AR bei Anlagenplanung und Materialflussoptimierung

Markus Wilhelm, Maximilian Rosilius, Volker Bräutigam

Short Facts

Förderträger: Bayerisches Verbundforschungsprogramm IUK-1811-0022

Projektlaufzeit: 01.01.2020 – 31.03.2023

1 AUSGANGSLAGE

Die Weiterentwicklung von Endgeräten wie z.B. von NReal oder die Microsoft HoloLens 2 im Bereich Augmented Reality (AR) führt zu einem erweiterten Nutzungsfeld von AR außerhalb klassischer Entwicklungs- und »Gaming«-Umgebungen. Eine der sich intensivierenden Nutzungsoptionen ist der wertorientierte Einsatz im industriellen Umfeld. In diesem Bereich bedarf es noch einer weitreichenden Identifizierung und Evaluierung der Einsatzpotenziale und des -nutzens [1]. Naheliegender Vorteil der Technologie ist die Anwendung in integrativen Planungsprozessen z.B. in der Anlagenplanung. Durch die Visualisierung von virtuellen Inhalten in einer realen Umgebung, können zukünftige Veränderungen auf mögliche Störfaktoren bereits vor Umsetzung detailliert geprüft und optimiert werden. Dies führt zu Zeit- und Kostenersparnis in Planungsphasen, da nachträgliche Änderungen signifikant kostenintensiver und komplexer sind. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit ist die Simulation von Fertigungsprozessen und deren Auswirkungen. Die Simulation kann insbesondere bei der Identifikation unternehmensunabhängiger Probleme helfen. Auch kann der zeitliche Faktor, der jedem Prozess zugrunde liegt, eingebettet in einem virtuell erweiterten Realszenario geprüft werden. Als Beispiel kann hier die Störungsbeseitigung in industriellen Fertigungsprozessen dienen, welche meistens einer notwendigen engen Taktung unterliegen. Störungen sind häufig durch die direkte Umwelt oder Probleme in Arbeitsabläufen begründet. An diesem Punkt können die möglichen Optimierungsoptionen unter den gegebenen Bedingungen eine erste Validierung erfahren, ohne direkten Eingriff in laufende Prozesse.

Diese Anwendungsmöglichkeiten gilt es zu untersuchen und in eine gebrauchstaugliche Lösung für den Einsatz im wertschöpfenden Bereichen zu überführen. Ziel dabei ist es die noch hypothetischen Potenziale zu bewerten und in einsetzbare Applikationen zu transformieren, die den Anforderungen in einer industriellen Umgebung standhalten. Um eine nutzerorientierte Forschung zu gewährleisten, ist es notwendig den Bedarf der Industrie zu erfassen. An diesem Punkt setzt das Vorhaben PlanAR an und untersucht die interdisziplinären Auswirkungen der Anwendungsmöglichkeiten und Applikationen bei industrienahen Nutzungsanforderungen.

2 PROJEKT PLanAR

Aufbauend auf einem Konsortium aus Industrieunternehmen, mittelständischen Fertigungsbetrieben, IT-Firmen und Hochschulen, werden die eingangs beschriebenen Möglichkeiten der Technologie im Rahmen des Projekts PlanAR untersucht. Startpunkt innerhalb des Projekts sind die Erfassung der Anforderungen aus der Wirtschaft und deren Abgleich mit dem Stand der Forschung und Technik. Aus diesen Erkenntnissen wird eine AR-Plattform entwickelt, die es ermöglicht, eine virtuelle Planung und Inbetriebnahme von Produktionsstätten

im realen Umfeld zu ermöglichen. Die Plattform soll auf einer breiten Vielfalt von Endgeräten eingesetzt werden können. Für den ersten Prototyp wurde die Microsoft HoloLens 2 mit dem Mixed Reality Tool Kit ausgewählt. Basis für eine mögliche »plug&play« Applikationsumgebung ist die offene Softwarearchitektur, d.h. für spätere Anbindung an plattformunabhängige Systeme durch externe Nutzer. Beispielhaft hierfür ist das Verorten einer neuen geplanten Anlage in ein bereits bestehendes laufendes Fertigungsumfeld. Mittels dieser Entwicklung lassen sich mögliche Fehler bei der Realisierung frühzeitig vermeiden, Redundanzen reduzieren und Abstimmungen der Beteiligten optimieren (Abbildung 1). Ziel dieses Forschungsbereichs ist es Maschinen bis ins Detail virtuell zu platzieren und die Einbindung in das Gesamtsystem überprüfen zu können. So sollen beispielsweise Anschlussmöglichkeiten oder bauliche Hindernisse vorab erkannt und entsprechend angepasst werden können.

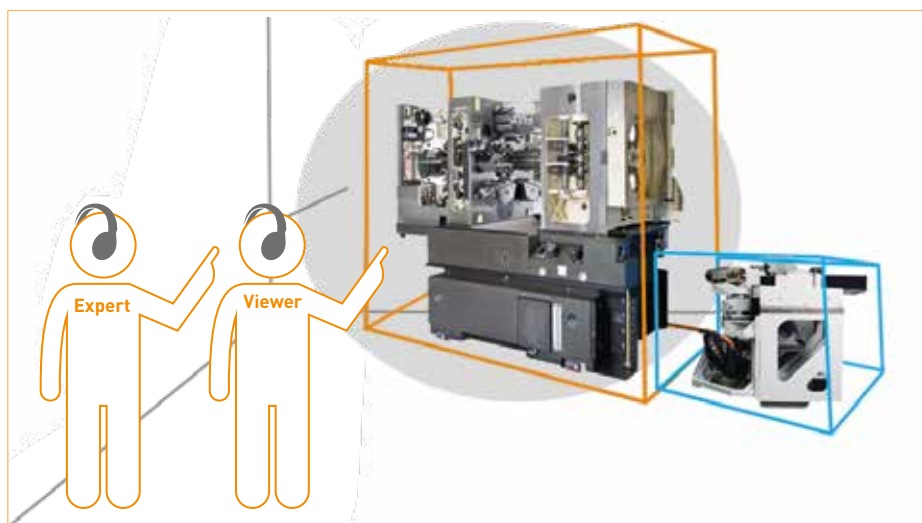


Abbildung 1: Schematische Darstellung zweier Nutzungsgruppen bei der Präsentation immersiver erweiterter Anlagen

Zusätzlich sollen mittels der PlanAR-Plattform Informationen sowohl bei virtuellen als auch bei realen Anlagen annotiert werden können und mit entsprechender ERP-Software in Echtzeit abgeglichen werden. Um reale Anlagen in ein virtuelles Umfeld integrieren zu können, werden Erfassungsmöglichkeiten zur Digitalisierung der Anlagen mittels Scantechnologie untersucht. Durch diese technischen Entwicklungen und Forschungen sollen der Übergang zwischen virtueller Planung und realem Umfeld fließend und ohne Informationsverlust ineinander übergehen. Dieser Ansatz kann auch in sogenannten »Greenfield« (kompletter Neuaufbau) oder auch in »Brownfield« (punktuelle Neuplanung im bestehenden Umfeld) bidirektional zwischen virtuellen und physischen Anwendungsbeispielen von Visualisierungselementen genutzt werden. Ein weiterer Ansatz ist die Optimierung von Materialflüssen und die Wertstromoptimierung. Um dies zu ermöglichen, sollen erfasste Daten in einen virtuellen Planungsprozess überführt werden. Eine Manipulation dieser Daten führt zu einer direkten Anpassung der Simulation, welche am Ort des Geschehens betrachtet und angepasst werden kann und die Informationen ggfs. in die Layoutmodellierung zurückgeführt werden. Zusätzlich zu diesen Kernthemen der Entwicklung bedarf es weiteren Untersuchungen, insbesondere über die Gestaltung und Wahrnehmung von AR-Applikationen. In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Psychologie 1 der Julius-Maximilians-Universität Würzburg werden die menschlichen Faktoren innerhalb des Projekts untersucht. Dazu werden die verschiedenen Sinneswahrnehmungen des Menschen bei der Nutzung von AR betrachtet. Daraus ableitend werden Erkenntnisse gewonnen, welche Auswirkungen die AR-Nutzung auf den Menschen hat, aber auch wie AR-Applikati-

onen wahrgenommen werden. Aus diesen Erkenntnissen lassen sich Gestaltungsrichtlinien, insbesondere mit Blick auf die speziellen Umgebungsbedingungen, in der Industrie ableiten. Nachfolgend sollen erste Erkenntnisse aus diesem Bereich vorgestellt werden.

3 UNTERSUCHUNG ZUR SICHTBARKEIT VON AR-ANWENDUNGEN

Die Nutzung der AR-Technologie im produktiven Umfeld hängt entscheidend von der Akzeptanz der Anwendenden ab. Sollte der benötigte Aufwand bei Nutzenden zu hoch oder die Darstellung der Applikationen ungenügend sein, wird dies eine skeptische bis ablehnende Haltung beim Nutzenden erzeugen, wodurch eine Einführung mit hohen Widerständen verbunden ist oder nahezu unmöglich wird. Es bedarf also einer Gestaltung der Anwendung die sowohl übersichtlich, lesbar und intuitiv zu bedienen ist. Dafür notwendig sind Untersuchungen, welche zu Richtlinien führen nach denen eine Anwendung für die Nutzenden angenehm gestaltet werden kann. Die erste Untersuchung innerhalb des Projekt fokussiert sich insbesondere auf die Sichtbarkeit bei verschiedenen Gestaltungsweisen. Bisherige Untersuchungen identifizierten verschiedene Faktoren [2], welche einen Einfluss auf die Sichtbarkeit bzw. Lesbarkeit von Darstellungen besitzen. Es zeigt sich, dass Hinterlegungen von Texten und Abbildungen mit virtuellen Hintergründen eine hohe Verbesserung der Sichtbarkeit liefern – insbesondere dann, wenn die virtuell eingeblendeten Inhalte auf einem weißen virtuellen Hintergrund gezeigt werden. Zusätzlich besitzt die Auswahl von Schriftarten, deren Gestaltung und Darstellung einen hohen Einfluss auf die Lesbarkeit. Diese kann hierbei sowohl positiv, wie auch negativ beeinflusst werden [3] [4] [5] [6] [7]. Entsprechend der Literatur ist ein weiterer Faktor die Ausleuchtung der Umgebung. Sowohl eine zu hohe Beleuchtungsstärke als auch eine zu schwache führen zu einer negativen Beeinflussung der Sichtbarkeit [8]. Ein weiterer Punkt ist, dass die realen Hintergründe über die die immersiven Abbildungen gelegt werden, kaum Einfluss auf die Sichtbarkeit haben [9]. Aufgrund der Ausrichtung des Projekts PlanAR, sollen entsprechende Untersuchungen im industriellen Kontext eingebettet sein. Der Versuch findet deshalb unter industrienahen Bedingungen statt, um die Aussagekraft für das Projekt zu gewährleisten. Zusätzlich wird mit der Microsoft HoloLens 2 neueste, marktreife AR-Technologie verwendet. Für die Untersuchungen werden weiße Ringe (Landoltringe) auf verschiedenen industrietypischen Untergründen dargestellt. Die Ringe werden entsprechend dem Landolt-Sehtest mit einer Öffnung abgebildet, deren Position sich während des Ablaufs ändert. Die Probanden müssen während des Versuchs die Position der Öffnung erkennen und benennen.



Abbildung 2: Darstellung der Landoltringe auf den verschiedenen genutzten Oberflächen (Aluminium, Beton, Fliese)



Abbildung 3: Versuchsaufbau mit industrienahen Hintergründen

Die wichtigsten Kriterien für die Prüfenden sind sowohl die Antwortzeit, als auch die Korrektheit. Die Ringe werden nacheinander über die verschiedenen Untergründe gelegt, dabei werden in den Durchgängen sowohl die Beleuchtungsstärke, die Transparenz der Ringe und die virtuelle Hinterlegung der Ringe variiert. Die Beleuchtungsstärke und die Farbtemperatur werden anhand der Normen für industrielle Arbeitsplätze für verschiedene Tätigkeiten ausgewählt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Verwendung von virtuellen Hintergründen, insbesondere bei kleinen, textuellen Inhalten positiv auf die Sichtbarkeit von immersiven Visualisierungen auswirkt (Abbildung 4). Bei der Verwendung von virtuellen Hintergründen empfiehlt es sich, eine niedrige Beleuchtungsstärke und einen mittleren Grauwert zu wählen

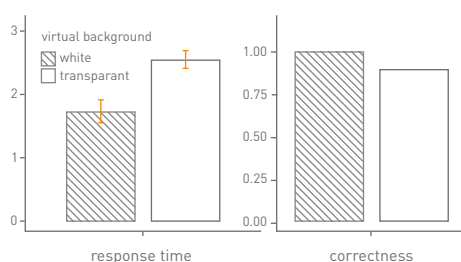


Abbildung 4: Mittelwert der Antwortzeiten und Korrektheit mit den weißen und transparenten Hintergründen

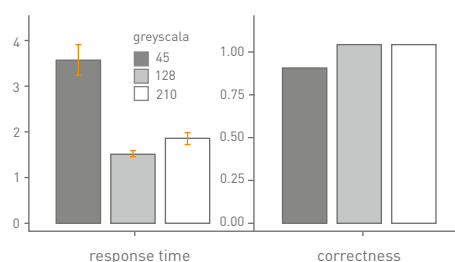


Abbildung 5: Mittelwert der Antwortzeiten und Korrektheit bei den geprüften Graustufen

(Abbildung 5, 6). Wenn ein transparenter virtueller Hintergrund verwendet wird, sollte ebenfalls eine niedrige Beleuchtungsstärke und ein mittlerer Graustufenwert gewählt werden (Abbildung 7). Um Industriearbeitsplätze für immersive Anwendungen zu optimieren, sollte eine diffuse, gedämpfte Umgebungsbeleuchtungsstärke eingestellt werden. Wenn aufgrund konkurrierender Anforderungen eine hohe Umgebungsbeleuchtungsstärke erforderlich ist, werden für immersive Anwendungsdesigns dennoch ein mittlerer Graustufenwert empfohlen. Für Anwendungsdesigns mit Inhalten, die tendenziell hohe Graustufen aufweisen, sollte ein transparenter virtueller Hintergrund und eine niedrige Umgebungsbeleuchtungsstärke vorgewählt werden.

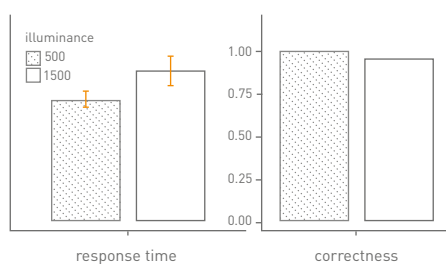


Abbildung 6: Mittelwert der Antwortzeiten und Korrektheit bei verschiedenen Beleuchtungsstärken

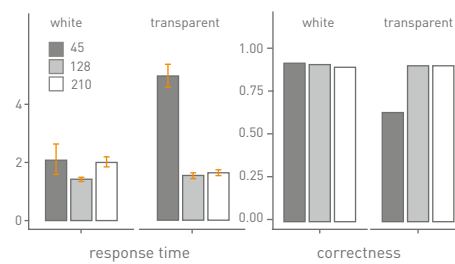


Abbildung 7: Mittelwert der Antwortzeiten und Korrektheit der Antworten bei Kombination von Graustufen und virtuellen Hintergründen

Die Ergebnisse der im vorhergehenden Abschnitt ersten Untersuchung decken sich mit bisherigen Erkenntnissen aus der Literatur [8]. Aus diesem Versuch kann eine Gestaltungsrichtlinie für den industriellen Einsatz von AR Anwendungen abgeleitet werden. Aufgrund dessen, dass die Microsoft HoloLens 2 für den Versuch genutzt wurde, kann die Aktualität der Ergebnisse und die Anwendbarkeit bei neuester marktreifer Technologie gewährleistet werden.

Hauptaugenmerk der weiteren Forschung sind verschiedene Anwendungsfälle wie die Layout-, Wertstrom- und Anlagenplanung. Teilgebiete in diesem Bereich, wie Inbetriebnahmen, Kollisions- und Konsistenzprüfungen, sowie ortsgebundene Dokumentationsmöglichkeiten sind hierbei inbegriffen. Des Weiteren soll eine gebrauchstaugliche Integration von Maschinenezeitdaten für Nutzende erfolgen. Ziel ist es nicht, dies einzelnen Nutzenden zu ermöglichen, sondern Gruppen, verschiedene AR-Szenarien und mögliche Handlungsoptionen zu weisen zu können.

Aktuell und zukünftig werden zusätzlich zu den technischen Forschungsschwerpunkten weitere Untersuchungen im Kontext der Ausgestaltung von AR-Applikationen durchgeführt. Beispielsweise finden Untersuchungen zur Farbauswahl statt, aber es werden auch Steuerungsmöglichkeiten, wie die Nutzung der Gedanken (Human-Brain-Interface) oder Spracheingabe geprüft und ausgewertet. Auch wird die anwendungsbezogene Forschung wie industriell einsetzbare AR-Messanwendungen Teil der Forschung sein. Ein weiterer Forschungsschwerpunkt wird der Faktor »Mensch« in einer Mixed Reality Umgebung sein. Wichtige Fragen sind exemplarisch – wie der Mensch die immersive Erweiterung der realen Umwelt erlebt und welchen Einfluss ein steigender Realismusgrad der Erweiterung der Realität auf Nutzende hat.

Im Zusammenspiel mit den technischen Entwicklungen werden zudem Untersuchungen zu möglichen Frustrationsfaktoren bei Nutzenden geprüft, die zu einem Scheitern bei der Durchsetzung von Anwendungen führen würden. Ziel ist die Ausgabe von Richtlinien und Empfehlungen für die Nutzung von AR mit Schwerpunkt auf die Industrie und das produzierende Gewerbe zu ermöglichen. Die Ergebnisse dieser Forschungsbereiche fließen dann direkt in die Forschung, Entwicklung und Gestaltung der integrativen Plattform PlanAR ein. Abschließend zwei exemplarische Abbildungen (8,9), in denen mittels PlanAR-Plattform eine virtuelle Produktionsszenerie im Raum erzeugt wird.

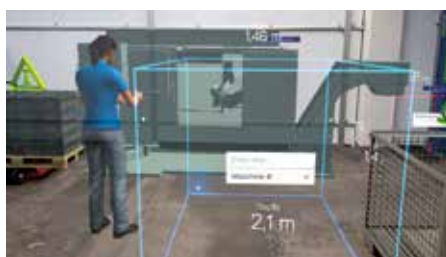


Abbildung 8: Virtuelle Produktionsszenerie in realer Umgebung



Abbildung 9: Aufstellen und Betrachten einer virtuellen Maschine in realer Umgebung

5 LITERATUR

- [1] Bräutigam, V., Pauli, P., Wienrich, C., Rosilius, M., Wilhelm, M., von Eitzen, I., Pfeuffer, K.; Lotzen, M. (2020), »Einsatz immersiver Assistenzsysteme bei operativen (Planungs-) Prozessen«, Automation Software Engineering Kongress, 18. Nov. 2020
- [2] Erickson, A.; Kim, K.; Bruder, G.; Welch, G. F. (2020), »A Review of Visual Perception Research in Optical See-Through Augmented Reality«, International Conference on Artificial Reality and Telexistence, S. 1–8.
- [3] Gabbard, J. L.; Swan, J. E.; Hix, D. (2006), »The Effects of Text Drawing Styles, Background Textures, and Natural Lighting on Text Legibility in Outdoor Augmented Reality«, Presence: Teleoperators & Virtual Environments 15 (1), S. 16–32.
- [4] Litwinowicz, P.; Williams, L. (1994), »Animating images with drawings«, in Glassner, A. (Hrsg.), Proceedings of SIGGRAPH '94 (Orlando, Florida, July 24–29, 1994), Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, S. 409–412.
- [5] Gabbard, J. L.; Swan, J. E. (2008), »Usability engineering for augmented reality: employing user-based studies to inform design«, IEEE transactions on visualization and computer graphics 14 (3), S. 513–525.
- [6] Fiorentino, M.; Debernardis, S.; Uva, A. E.; Monno, G. (2013), »Augmented reality text style readability with see-through head-mounted displays in industrial context«, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 22(2), S. 171–190.
- [7] Debernardis, S.; Fiorentino, M.; Gattullo, M.; Monno, G.; Uva, A. E. (2014), »Text readability in head-worn displays: color and style optimization in video versus optical see-through devices«, IEEE transactions on visualization and computer graphics 20 (1), S. 125–139.
- [8] Gattullo, M.; Uva, A. E.; Fiorentino, M.; Monno, G. (2015), »Effect of Text Outline and Contrast Polarity on AR Text Readability in Industrial Lighting« IEEE transactions on visualization and computer graphics 21 (5), S. 638–651.
- [9] Satkowski, M.; Dachselt, R. (2021), »Investigating the Impact of Real-World Environments on the Perception of 2D Visualizations in Augmented Reality«, in Kitamura, Y., Quigley, A.; Isbister, K.; Igarashi, T.; Bjorn P.; und Drucker, S. (Hrsg.), Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Yokohama, New York, S. 1–15.