

Gutzmann, Jan Christoph; Dossena, Gian Luca; Weber, Verena; Rüdell, Thomas;
Prilla, Michael

Article — Published Version

Minerva Potenziale und Produktvision

HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik

Suggested Citation: Gutzmann, Jan Christoph; Dossena, Gian Luca; Weber, Verena; Rüdell, Thomas; Prilla, Michael (2024) : Minerva Potenziale und Produktvision, HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, ISSN 2198-2775, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, Vol. 61, Iss. 6, pp. 1490-1504, <https://doi.org/10.1365/s40702-024-01120-0>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/316237>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>



Minerva Potenziale und Produktvision

Jan Christoph Gutzmann  · Gian Luca Dossena · Verena Weber ·
Thomas Rüdel · Michael Prilla

Eingegangen: 20. Juni 2024 / Angenommen: 26. September 2024 / Online publiziert: 4. November 2024
© The Author(s) 2024

Zusammenfassung Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Infrastruktur zur Virtualisierung des Handwerks. Gemeinsam mit Anwendern aus den Bereichen Sanitär, Heizung, Klima, Elektrik und Maler- und Lackierarbeiten wurden Anforderungen und Ziele eruiert. Ziel des hier beschriebenen Virtualisierungskonzepts ist die räumliche und zeitliche Flexibilisierung von Handwerksdienstleistungen. Technologien wie Augmented Reality (AR) und KI-Assistenten (Chatbots) können dazu beitragen, indem sie die Bearbeitung von Kundenanfragen und Beratungsgesprächen verbessern und indem Absprachen vor Ort durch Fernunterstützung flexibilisiert werden. Erfahrene Fachkräfte können bspw. ortsunabhängig Mitarbeitende vor Ort unterstützen. Eine erste Feldstudie zeigt hierzu sowohl akzeptanzfördernde als auch hemmende Faktoren. Die Fernunterstützung durch AR unterstützt Fragen auf Baustellen effizient zu klären und fördert den Informationsaustausch zwischen Durchführung und Planungsbüro. Das System bietet neben Flexibilisierung und Zeitersparnis Chancen für Mitarbeitende mit gesundheitlich besonderen Anforderungen, Wissen und Erfahrungen weiterzugeben. Ein hemmender Faktor ist die oft sperrige Hardware in

✉ Jan Christoph Gutzmann · Gian Luca Dossena · Michael Prilla
Interaktive Systeme, Fakultät für Informatik, Abteilung für Human-Centered Computing and
Cognitive Science, Universität Duisburg-Essen, Duisburg, Deutschland
E-Mail: jan.gutzmann@uni-due.de

Gian Luca Dossena
E-Mail: gian.dossena@uni-due.de

Michael Prilla
E-Mail: michael.prilla@uni-due.de

Verena Weber · Thomas Rüdel
Kauz GmbH, Erasmusstraße 15, Düsseldorf, Deutschland

Verena Weber
E-Mail: verena.weber@kauz.ai

Thomas Rüdel
E-Mail: thomas.ruedel@kauz.net

Kombination mit den besonderen Eigenschaften der Arbeitsorte. Entwicklungsarbeiten werden sich daher zukünftig auf mobilere Systeme konzentrieren. Zusätzlich verbessern Chatbots die zeitliche Flexibilisierung. Ein Praxiseinsatz zeigt eine gute Antwortqualität von Kundenanfragen und Potenzial in der Neukundenakquise sowie einer vereinfachteren Terminfindung. Beide Technologien sollen zukünftig ineinandergreifen, um eine ganzheitliche Flexibilisierung von Auftragsanfrage bis Abschluss zu erreichen.

Schlüsselwörter Handwerk · Augmented Reality · ChatBot · Flexibilisierung · Virtualisierung

Minerva Potentials and Product Vision

Abstract This paper describes an infrastructure for the virtualization of the craft sector. Requirements and objectives were determined together with users from the plumbing, heating, air conditioning, electrical and painting sectors. The aim of the virtualization concept described here is to make skilled crafts services more flexible in terms of space and time. Technologies such as augmented reality (AR) and chatbots can contribute to this by improving the processing of customer inquiries and consultations and by making on-site arrangements more flexible through remote support. Experienced specialists can, for example, support employees on site, regardless of location. An initial field study shows both acceptance-promoting and inhibiting factors in this regard. Remote support through AR helps to clarify questions on construction sites efficiently and promotes the exchange of information between the implementation and the planning office. In addition to flexibility and time savings, the system offers opportunities for employees with special health requirements to pass on knowledge and experience. One inhibiting factor is the often bulky hardware in combination with the special characteristics of the work locations. Development work therefore focus on more mobile systems in the future. Chatbots also improve time flexibility. Practical use shows a good response quality to customer inquiries and potential in the acquisition of new customers as well as simplified appointment scheduling. In the future, both technologies are to be interlinked in order to achieve holistic flexibilization from order inquiry to completion.

Keywords Crafts sector · Augmented reality · ChatBot · Flexibilization · Virtualization

1 Einleitung

Der Fachkräftemangel im deutschen Handwerk ist hoch und seit mehreren Jahren ein Problem (Schirmer et al. 2021). Hinzu kommen bei einigen Betrieben saisonal bedingte Lastspitzen, die Handwerksbetriebe vor eine hohe Belastungsprobe stellen. Diese beiden Faktoren gekoppelt mit einer hohen Nachfrage nach handwerklichen

Dienstleistungen führt oft zu hohen Wartezeiten von Auftragsdurchführungen und dementsprechend zu Frust bei Kundinnen und Kunden¹, was sich bei Umfragewerten zur Zufriedenheit im Handwerk widerspiegelt (Lebensmittel Zeitung 2019).

Eine Strategie zur Verbesserung dieses Problems wird oft in der Digitalisierung gesehen. Damit werden meistens die Auftragsplanung oder nachgeschaltete Prozesse, wie die Abrechnung von Aufträgen verstanden (Bischoff und Thonipara 2022). Des Weiteren betrachten Forschungsarbeiten in diesem Bereich mehrheitlich lediglich einzelne Prozessschritte der handwerklichen Wertschöpfungskette oder nur spezifische Branchen. Dies schafft nur bedingt eine Effizienzsteigerung, da ein großes Potenzial außer Acht gelassen wird: Die Virtualisierung von Auftragsdurchführungen und die damit verbundene Entkopplung von Raum und Zeit. Handwerkliche Prozesse erfordern in den meisten Fällen die physische Anwesenheit von Fachkräften, allerdings lässt sich durch die virtuelle Unterstützung die räumliche Anwesenheit bei bestimmten Tätigkeiten mithilfe von Fernunterstützungslösungen durch Augmented Reality (AR) entkoppeln. Eine zeitliche Flexibilisierung kann erreicht werden, indem im operativen Kundenbereich zeitunabhängige Kundendienstleistungen angeboten werden können. Dazu eignen sich KI-Assistenten (im Folgenden Chatbots), die bei einer hohen Anfragenrate im Handwerksbereich unterstützend wirken können. Durch dieses Vorgehen können Handwerksbetriebe nicht nur Kundenanfragen effizienter betreuen, sondern auch die eigentliche Auftragsdurchführung wesentlich zeitsparender gestalten.

Aufbauend auf diesen Problemstellungen und Potenzialen wird hier ein Ansatz zur integrierten Lösung der Virtualisierung des Handwerks vorgestellt. Das Ziel ist es Lösungen zur Virtualisierung des Handwerks zu finden, die mit einem geringen Aufwand in viele Branchen des Handwerks integrierbar sind. Daher werden die hier vorgestellten Lösungen in den repräsentativen Bereichen Sanitär, Heizung und Klima, Malerarbeiten und Lackiererei sowie Elektrik evaluiert. Dabei werden im hier beschriebenen Ansatz AR und Chatbots als zentrale technische Komponenten betrachtet. Erste Erfahrungen aus der Praxis zeigen dabei sowohl akzeptanzfördernde als auch akzeptanzhemmende Faktoren in Handwerksbereiche wie Sanitär, Heizung und Klima sowie Elektrik und Malerarbeiten und Lackiererei. Diese Faktoren können ein erstes Fundament für Gestaltungsempfehlungen einer prozessintegrierten Lösung bieten.

Zunächst wird ein Einblick in den aktuellen wissenschaftlichen Stand zur Virtualisierung im Handwerk gegeben (Abschn. 2), um dann flankiert durch Design Thinking Workshops mit Handwerksbetrieben Potenziale und Anwendungsszenarien ableiten zu können (Abschn. 3). Anschließend wird ein Einblick erste Erkenntnisse aus Praxiseinsätzen beschrieben (Abschn. 4). Abschließend wird ein Ausblick über weitere Arbeitsschritte und Themenfelder gegeben (Abschn. 5).

¹ Im Folgenden wird zur besseren Lesbarkeit die männliche Form verwendet. Es sind jedoch stets alle Geschlechter gemeint.

2 Wissenschaftlicher Stand zur Virtualisierung im Handwerk

In Bezug auf die Digitalisierung gibt es bereits verschiedene innovative Forschungsansätze, wie bspw. die Nutzung von Drohnen (Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. o.J.) oder in Bereichen wie Marketing, 3D Druck und Building Information Management (BIM) (forum handwerk digital 2021). Allerdings konzentrieren sich diese Ansätze in den meisten Fällen speziell auf einzelne Bereiche und betrachten weniger die praktischen Arbeiten im Handwerk und klammern den Gesamtprozess, überwiegend die Auftragserbringung, aus (Hofer 2020). Das Forschungsprojekt Athene (BMBF 2018) ging daher dem Ziel nach, durch eine digitale Plattform sowohl die ganzheitliche Auftragsabwicklung als auch die Vernetzung mit dem Kunden zu fördern (BMBF 2018). Die Software unterstützt Prozesse von der Auftragserfassung, über die Auftragsplanung, dem Erstellen von Dokumenten auf der Baustelle, bis hin zur digitalen Archivierung der Aufträge. So wird der Informationsaustausch und die Organisation auf der Baustelle erleichtert. Die Betriebe können auf eine Vielzahl papierbasierter Prozesse verzichten und sich so auf Kernaufgaben konzentrieren (BMBF 2018).

Der Nutzen von AR ist im Handwerk bisher nur zur Bereitstellung von Informationen während der Tätigkeitsdurchführung erforscht worden (Palmarini et al. 2018; BIBA 2020; Geier et al. 2020). Ein weiterer Bereich ist die Aus- und Weiterbildung indem AR für Schulungszwecke betrachtet worden ist (Koch und Dreikauß 2020; dikraft 2022). Des Weiteren werden die Potenziale der Flexibilisierung von Raum und Zeit durch AR (Virtualisierung), bisher kaum im Zusammenhang von Leistungen im Handwerk betrachtet. Erste Feldstudien untersuchten den Einsatz von AR-Brillen für die digitale Visualisierung von Markierungsarbeiten bspw. zur Rohrverlegung (Dallasega et al. 2021; Revolti et al. 2023). Obwohl Potenziale zur Steigerung der Effizienz festgestellt wurden, betonen die Autoren, dass das System eine komplexe Bedienung erfordert und bisher eine menschenzentrierte Gestaltungsperspektive fehlt. Hinzu kommt die o.g. Betrachtung in nur einem kleinen Bereich der handwerklichen Tätigkeiten (Dallasega et al. 2021). Eine intuitive Benutzbarkeit setzt dabei Instrumente zum Zeigen und die Wahrnehmung der Blickrichtung von entfernten Akteuren voraus (Piumsomboon et al. 2019; Teo et al. 2019; Prilla 2019). Dafür sollte die Anwendung so gestaltet sein, dass die Wahrnehmung von entfernten Akteuren für den Nutzer vor Ort gegeben ist. Dies kann durch Hinweisfunktionen, wie bspw. durch virtuelle Zeigegesten oder die Möglichkeit etwas einzuzeichnen erreicht werden (Osmers et al. 2021).

In Bereich Chatbots ist durch ChatGPT ein regelrechter Boom ausgelöst worden. Im Handwerk gibt es dazu allerdings bisher keine (langfristigen) Erprobungen. Durch Chatbots kann die Flexibilisierung von Raum und Zeit durch das autonome Beantworten von (einfachen) Kundenanfragen unterstützt werden (Heinemann 2017; Nuruzzaman und Hussain 2018). Dabei ist das Potenzial gegeben, gerade wiederkehrende Anfragen kosteneffizient zu gestalten, indem diese als erster Platzhalter für menschliche Berater dienen und erste (einfache) Kundenanfragen übernehmen (Green und Chen 2019). Gerade GPT-basierte Chatbots haben dabei aus Experten-sicht das Potenzial die Anforderungen nach einem Platzhalter für einen menschl-

chen Akteur für gewisse Inhalte und/oder bis zu einer gewissen Zeit Beratungen im Handwerk zu übernehmen (Proeger et al. 2023).

Zusammenfassend lassen sich durch die Potenziale beider technologischen Komponenten ein Einsatz im Handwerk erkennen. Allerdings sollten Ansätze zur Virtualisierung im Handwerk prozessintegrativ konzipiert werden und gleichzeitig für unterschiedliche Bereiche des Handwerks eröffnet werden. Ein Vorgehen auf die hier vorgestellten Gestaltungsempfehlung bzgl. AR und Chatbot kann dabei die Grundlage bilden. Im Folgenden werden die mit Handwerkern gemeinsam eruierten Potenziale von AR und Chatbots im Handwerk dargestellt und damit die grundlegende Infrastruktur dargestellt.

3 Vorstellung der Potenziale

Im Folgenden wird das methodische Vorgehen und die abgeleiteten Potenziale für das Handwerk vorgestellt. Aus diesen Potenzialen geht hervor, warum sich gerade AR und Chatbots für eine Virtualisierung des Handwerks eignen.

3.1 Methodisches Vorgehen

Gemeinsam mit drei Handwerkspartnern aus den Bereichen Sanitär, Heizung und Klima, Malerarbeiten und Lackiererei sowie Elektrik wurden Workshops durchgeführt. Ziel dieser Workshops war es, gemeinsame Anwendungsszenarien für die unterschiedlichen Fachbereiche zu erarbeiten, um daraus Potenziale für die Bereiche AR und Chatbots abzuleiten. Im ersten Schritt wurden in den jeweiligen Bereichen Design Thinking Workshops durchgeführt. Teilnehmende waren neben Meistern und Geschäftsführern auch andere Handwerker, die für die Durchführung der einzelnen Aufträge und Arbeitstätigkeiten vor Ort zuständig sind. In einem abschließenden Workshop wurden dann die Ergebnisse gemeinsam den jeweiligen anderen Bereichen präsentiert. In diesem Workshop wurden Überschneidungen innerhalb der Bereiche diskutiert und geclustert. Im Folgenden werden die daraus abgeleiteten Potenziale für die Produktvision Minerva vorgestellt. Ferner wurden erste Prototypen der beiden Bereiche in einem ersten Feldeinsatz getestet (siehe Abschn. 4).

3.2 Potenziale der Flexibilisierung der Handwerksleistung durch Augmented Reality

AR ist eine Technologie, mit der virtuelle Inhalte wie Informationen und Objekte im realen Sichtfeld von Nutzenden eingeblendet und mit realen Objekten verbunden werden (Azuma 1997). Oft wird AR mit sogenannten „Head Mounted Devices“ (HMD) erzeugt und genutzt. Dies sind Brillen, in deren Sichtfeld die virtuellen Inhalte angezeigt werden. Hochwertige Brillen können überdies den Raum dreidimensional erfassen (scannen) und somit bspw. 3D-Objekte in diesem Raum platzieren. Diese Technologie hat viele spezifische Vorteile. So bleiben die Hände von Nutzenden frei, während diese digitalen Informationen wahrnehmen (Johnson et al.

2015; Prilla et al. 2019) und durch die in der Brille einbaute Kameras können örtlich entfernte Dritte Hilfestellung geben (Ens et al. 2019; Brown und Prilla 2020).

Ein zentrales Potenzial dieser Technologie für das Handwerk liegt in der Virtualisierung von Handwerksleistungen, also in der virtuellen Ausführung von Arbeiten, die eigentlich physische Anwesenheit erfordern. So sind bspw. regelmäßige Baustellenbesuche durch leitende Angestellte und Geschäftsführer notwendig, um sich einen Überblick über den aktuellen Zustand der Baustelle zu verschaffen oder mit Mitarbeitenden Fragen zu besprechen. Gleichzeitig sind sie jedoch durch lange Anreisewege kosten- und zeitintensiv. Die virtuelle Durchführung solcher Baustellenbesuche kann hier Abhilfe schaffen. Hierzu kann die oben erwähnte Kamera der Brillen verwendet werden, um Video und Audio aus der Perspektive eines Mitarbeitenden aufzunehmen und zu übertragen. Zusätzlich kann die Raumerfassung der Brille entfernten Nutzenden eine 3D-Abbildung des Raumes geben, die diese wiederum zur Hilfestellung in bestimmten Fragen nutzen können (Kahl et al. 2020). Diese Funktionalität kann genutzt werden, um ortsunabhängige Unterstützung zu ermöglichen. So können Mitarbeitende aus der Ferne virtuell vor Ort sein und damit Mitarbeitende auf der Baustelle durch virtuelle Zeigegesten anweisen und beraten (Teo et al. 2018). Dabei ist von Nutzen, dass die Verwendung von AR-HMDs den Trägern ermöglicht beidhändig zu arbeiten und sich während der Nutzung frei zu bewegen (Johnson et al. 2015). Dies ist neben den genannten Vorteilen auch besonders hilfreich für Mitarbeiter mit körperlichen Beeinträchtigungen, die in ihrer Mobilität eingeschränkt sind, und so ihre Erfahrung einbringen können, ohne zu einer Baustelle zu reisen.

Neben dem oben genannten Szenario sind die daraus entstehenden Vorteile auch in anderen Szenarien für Handwerksbetriebe attraktiv. So kann AR auch bei Kundenbesuchen, die oft zeitaufwendig sind und bei denen die Terminfindung oft schwierig ist, AR-HMDs eingesetzt werden, um virtuelle Besuche durchzuführen. Handwerker können so bspw. virtuell bei der Beratung bezüglich Bauvorhaben mit Kunden in Kontakt treten und diese gemeinsam mit ihnen planen. Ebenfalls eignen sich AR-HMDs, um Kunden bei Kleinreparaturen, wie etwa Störmeldungen von Geräten, ortsunabhängig anzuleiten. Darüber hinaus ist auch denkbar, die Absprache mit Gewerken aus anderen Bereichen bei der Durchführung von Bauarbeiten virtuell durchzuführen. Hier ist es von Nöten, dass alle Parteien den aktuellen Stand der Bauarbeiten kennen und über den gleichen gemeinsamen Sachverhalt sprechen. Mithilfe von AR-HMDs können sich Vertreter von einzelnen Gewerken virtuell von und auf Baustellen zuschalten, um bereits erfolgte Arbeiten zu besprechen und noch anstehende Arbeiten gemeinsam zu planen.

3.3 Chatbots als Potenzial der zeitlichen Flexibilisierung im Handwerk

Die Unterstützung von Chatbots kann im Hinblick der Virtualisierung den Zeit- und Kostenaufwand im Handwerksbetrieb weiter reduzieren. So können Chatbots bspw. immer dann eingesetzt werden, wenn Personal für die Betreuung nicht zur Verfügung steht. Häufig gestellte Kundenfragen und Terminanfragen können von Chatbots beantwortet werden, was normalerweise zeitaufwändig durch persönliche Rücksprachen erledigt werden muss. Dadurch ist weniger Aufwand für die Beant-

wortung von Fragen und Terminanfragen notwendig. Zudem ermöglicht der Einsatz von Chatbots eine zeitliche Flexibilisierung, da Kunden unabhängig von Arbeitszeiten oder bei Kapazitätsgrenzen Beratung erhalten können.

Ein weiterer Anwendungsfall für Chatbots ist das automatisierte Ausgeben von Anleitungen und Produktinformationen. Bei Kleinreparaturen können Kunden zunächst durch den Chatbot angeleitet werden, die Reparatur selbst durchzuführen. Sollte trotz dessen persönliche Beratung notwendig sein, kann über den Chatbot eine automatisierte Terminbuchung durchgeführt werden. Dabei wird erfasst, welche Schritte bereits unternommen wurden, und diese Informationen werden an den Handwerksbetrieb weitergeleitet. Eine zeitliche Flexibilisierung ist dabei nicht nur auf Unternehmensseite zu betrachten. Personen können Kleinreparaturen sofort und jederzeit durchführen oder kleinere Probleme selbst lösen. Somit sind Kunden nicht durch die Öffnungszeiten und der personellen Verfügbarkeit von Handwerksbetrieben beschränkt.

AR und Chatbots bieten nicht nur separat Potenziale, sondern können auch zusammen genutzt werden, um Handwerksleistungen zu virtualisieren. Chatbots können in einem AR-HMD angezeigt werden und bieten so eine Schnittstelle, über die einfach und intuitiv mit ihnen interagiert werden kann, ohne andere Tätigkeiten zwingend unterbrechen zu müssen. Die Informationen, die durch Chatbots bereitgestellt werden, können so direkt im Sichtfeld der Nutzer angezeigt werden. Ein weiterer Use Case ist der Einsatz für anleitende Tätigkeiten während der Ausbildung. Auszubildende könnten mithilfe einer Chatbot- und AR-basierten Anwendung wiederholende und standardisierte Tätigkeiten lernen. Die Anwendung ist dabei begleitend der Ausbildung zu betrachten und kann bei personellen Engpässen von erfahrenen Mitarbeitenden unterstützend wirken.

Zusammenfassend lassen sich mehrere und unterschiedliche Potenziale durch die Vorteile der jeweiligen Technologien im Handwerk identifizieren. Sowohl eine AR-als auch eine Chatbot-Integration fördern eine Flexibilisierung im Handwerk und bieten dadurch ein großes Potenzial in der effizienteren Abwicklung von handwerk-orientierten Dienstleistungen.

4 Fallbeispiele und Praxiserfahrung

Im Folgenden wird ein erster Einblick in die Praxis durch Fallbeispiele dargestellt.

4.1 Methodisches Vorgehen

Um die in Abschn. 3 genannten Potenziale und Anwendungsszenarien in ein Praxiseinsatz erster Prototypen einfließen zu lassen, wurde in gemeinsamer Abstimmung mit den Handwerksunternehmen aus den Bereichen Sanitär, Heizung und Klima, Malerarbeiten und Lackiererei sowie Elektrik konkrete Anforderungen besprochen. Durch Workshops wurde sich im Bereich AR auf eine Fernanleitung für Mitarbeitende vor Ort konzentriert sowie im Bereich Chatbots auf den Einsatz zur Beantwortung von häufig auftretenden Fragen und Terminabstimmungen. Die jeweiligen Praxise-

insätze der Prototypen ähnelten dem Vorgehen eines Feldeinsatzes. Der Bereich AR wurde dabei wissenschaftlich begleitet und es wurden qualitative Daten erhoben.

4.2 Remote Unterstützung auf der Baustelle

In einer ersten Feldstudie wurde der gemeinsam eruierte Anwendungsfall „Unterstützung aus der Ferne für Mitarbeitende“ mit Hilfe der AR-Anwendung in der Praxis erprobt. Feldtests werden den genannten Handwerksbetrieben durchgeführt. Insgesamt wurde die Anwendung von ca. acht Mitarbeitern vor Ort und vier Mitarbeitern im Büro über einen Zeitraum von zwei bis drei Wochen genutzt. Der Feldeinsatz wurde mit einer vorab durchgeführten Schulung bei den jeweiligen Gewerken mit den beteiligten Mitarbeitern durchgeführt. In der Schulung wurde das Forschungsprojekt und die Forschungsziele erklärt. Abschließend wurde der Umgang mit der Anwendung und Hardware mit einer kurzen Übung gefestigt. Danach erfolgte der Einsatz im Feld. Es wurden qualitative Daten erhoben, indem ein Wissenschaftler wöchentlich eine Feldbeobachtung durchgeführt hat sowie die Mitarbeiter am Ende der drei Wochen interviewt wurden, um somit erste Erfahrungen zu sammeln. Die erhobenen Aspekte konzentrierten sich dabei auf Akzeptanzfaktoren der Unified Theory of Acceptance and Use of Technology 2 (UTAUT 2) (Venkatesh et al. 2012). Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Beitrages steht eine vollständige Auswertung noch aus. Diese erfolgt durch eine qualitative Analyse mithilfe der Erstellung eines Affinity Diagramms durch zwei Forschende. Im Folgenden wird daher ein erster Einblick durch ein Fallbeispiel gegeben.

Die Anwendung umfasst zum Zeitpunkt des Feldeinsatzes einen Video-Livestream mit Sprachfunktion, Einblendung eines Zeigeelements durch den erfahrenen Mitarbeiter (meistens Meister) im Büro sowie eine Microsoft HoloLens 2 als HMD für den Mitarbeiter auf der Baustelle. Durch das Zeigeelement wird zum einen die



Abb. 1 a Die Ausgangssituation der durchzuführenden Arbeit Wechsel eines Seitenfüllventils. b Der Mitarbeitende führt unter Anleitung die Tätigkeit aus; der Meister navigiert mit virtuellen Elementen (roter Kreis). c Der Mitarbeitende überprüft die vom Meister gewünschten Informationen

Navigation und Kommunikation mit dem entfernten Akteur erleichtert und zum anderen die Wahrnehmung des Akteurs gefördert (siehe Abschn. 2). Der Livestream auf Seiten des Meisters im Büro wird durch eine Desktopanwendung realisiert. Der Meister sieht dabei eine egozentrische Perspektive des Handwerkers vor Ort und kann mithilfe des virtuellen Zeigeelement dem Mitarbeiter vor Ort visuell anzeigen, wo er die Aufmerksamkeit haben möchte bzw. anleiten, wo etwaige Arbeitsschritte durchgeführt werden sollen. Durch einen Klick auf den gewünschten Bereich im Videostream löst der Meister diesen Hinweis in Form eines roten Kreises aus (siehe Abb. 1a, b). Der Handwerker erkennt daraufhin den Hinweis in seinem Sichtfeld und wird somit instruiert, in welchem Bereich die Aufmerksamkeit des Meisters liegt bzw. wohin der Handwerker schauen soll (siehe Abb. 1c). Während des Feldeinsatzes konnte die Anwendung jederzeit genutzt werden, sobald der Mitarbeitende vor Ort Hilfe benötigt oder der Mitarbeitende im Büro Abstimmungsbedarf hat.

Anhand eines konkreten Praxiseinsatzes im Sanitärbereich wird im Folgenden ein erster praktischer Eindruck und erste Ergebnisse skizziert. Bei dem dargestellten Praxisbeispiel handelt es sich um den Anwendungsfall der Remote Anleitung und Unterstützung während einer Auftragsdurchführung (siehe Abschn. 3).

Die in Abb. 1 dargestellte Situation zeigt einen Mitarbeiter, der beim Austausch bzw. Einbau eines Seitenfüllventils unerfahren ist und Unterstützung benötigt. Der Handwerker rief telefonisch im Büro an und bat um Hilfe. Daraufhin wurde die Microsoft HoloLens 2 gestartet und sich mit der Anwendung im Büro verbunden. Der Handwerker nutzte das HMD, kontaktierte den Meister im Büro und fragte nach, wie das neue Einfüllventil im konkreten Fall auszutauschen sei. Der Handwerker erklärte die Situation visuell durch einfaches Hinsehen und verbaler Erklärung (siehe Abb. 1a).

Der Meister im Büro erklärte daraufhin die Materialvorbereitung (welche Werkzeuge werden benötigt und sind diese auch in Griffreichweite) und erläuterte den ersten Arbeitsschritt. Da der Handwerker die Hände frei hatte, konnte bereits während der Informationsaufnahme mit der eigentlichen Arbeit begonnen werden. In diesem Fall die Demontage der Betätigungsplatte der Toilettenspülung und der dahinter liegenden Befestigungen (siehe Abb. 1b). Nach dem angeleiteten Ausbau des alten Füllventils, zeigte der Meister welche notwendigen Informationen zum neuen Füllventil nötig sind und stellte so sicher, dass das vorhandene Produkt kompatibel ist (siehe Abb. 1c). Die Kommunikation mit der Anwendung ähnelte einem Gespräch vor Ort und die Aufgabe konnte in einer ähnlichen Zeit im Vergleich zu einem Vor-Ort-Termin abgeschlossen werden. Anleitende Mitarbeiter im Büro berichteten in den ersten durchgeführten Interviews über erkennbare Zeitersparnis durch Fahrteneinsparung. Die Mitarbeiter sehen Vorteile in der Niedrigschwelligkeit: Früher wurden kleinere Probleme, wie der Einbau eines solchen Ventils, „gesammelt“ und erst bei mehreren oder größeren Problemen wurde ein erfahrener Mitarbeiter vor Ort um Hilfe gebeten. Durch die hier vorgestellte Anwendung können solche Probleme meist in kürzerer Zeit und dadurch effizienter gelöst werden. Eine weitere beliebte Nutzung der Anwendung neben der Fernunterstützung bei Installationen und Wartungsarbeiten von Anlagen ist die Durchführung von Statusberichten auf der Baustelle oder um die nächsten Schritte zu Beginn oder am Ende des Arbeitstages zu Besprechen. Akute und spezifische Probleme können so zeitnah gelöst

werden. Ein weiterer Nebeneffekt ist, dass sich die für die Ausführung des Auftrags verantwortlichen Personen kontinuierlicher informiert fühlen als bei der klassischen Vorgehensweise des Vor-Ort-Seins in Kombination mit Telefongesprächen.

Die Übertragungsqualität von Video und Audio für die betrachteten Bereiche ist grundsätzlich zufriedenstellend. Es ist jedoch zu beachten, dass die Videoqualität durch schwierige Lichtverhältnisse beeinflusst werden kann. Insbesondere dunkle Bereiche beeinflussen die Erkennbarkeit von Details für den Mitarbeiter aus der Ferne. Bei hellen Umgebungen ist die Erkennbarkeit der virtuellen Zeigelemente eingeschränkt. Ein weiterer Faktor, der die Qualität beeinflusst, ist die Abdeckung mit mobilem Internet in den Betriebsregionen. Während der Studie wurden kontinuierlich Anpassungen vorgenommen, um einen optimalen Kompromiss zwischen Video- und Tonqualität sowie der verfügbaren Netzabdeckung sicherzustellen. Eine weitere Beobachtung aus den Feldforschungen ist, dass die Hardware Microsoft HoloLens 2 für die genannten Arbeitsbereiche sperrig und unhandlich ist. Die Datenbrille muss zusätzlich zu anderen Werkzeugen ständig mitgetragen werden und ist durch ihre Größe dadurch unpassend. Zum Zeitpunkt dieses Beitrages gibt es daher erste Entwicklungsarbeiten die Anwendung auf gewöhnliche Smartphones zu übertragen, um diese mit einem Aufsatz als HMD einsetzen zu können. Ein für Smartphones verfügbarer Kopfaufsatz verbindet gewährleistet dabei den Vorteil einer handfreien Nutzung. Smartphone und der vorgesehene Kopfaufsatz sind in Hosentaschen oder bereits vorhandenen Aufbewahrungsgegenständen verstaubar.

4.3 Chatbot-basierte Kundenberatung

In einer ersten Erprobung für die drei genannten Handwerksbetriebe wurde jeweils ein Chatbot für die Beantwortung von Kundenfragen und Terminanfragen erstellt, der im ersten Schritt der Neukundengewinnung dienen soll. Dies soll erreicht werden, indem der Chatbot im ersten Schritt ein niederschwelliges Informationsangebot bietet sowie eine Kontaktvermittlung generieren kann.

Wie im Bereich AR wurde gemeinsam der Anwendungsfall der Beratung eruiert und zuerst in der Praxis getestet. Anders als im Bereich AR wurde hierfür ein Zeitraum von mehreren Monaten durchgeführt. Am Anfang wurde eine Schulung mit den Betrieben durchgeführt, um ein Eingreifen während des Betriebs zu ermöglichen und die Auswertung sowie Verbesserung der Konversationen zu gewährleisten. Mit allen drei Handwerksbetrieben wurden in regelmäßigen Abständen die bis dahin geführten Konversationen ausgewertet. Dafür steht im Editor ein Statistik-Dashboard und der sog. Conversation Viewer zur Verfügung, in dem laufende und vergangene Konversationen eingesehen und bewertet werden können. Der Einsatz wurde von der Firma Kauz GmbH durchgeführt und ähnelte dem Vorgehen des Feldeinsatzes der AR-Anwendung. Dabei wurde gemeinsam das Statistik-Dashboard ausgewertet und erste Erfahrungen der Betriebe gesammelt.

Bei den Chatbots zum Zeitpunkt des Feldeinsatzes handelt es sich technisch gesehen um einen Hybriden aus der Kauz-NLU-Engine (Kauz 2024) und ChatGPT (OpenAI 2024). Dieser hybride Ansatz hat den Vorteil, dass der Chatbot dadurch kontrollierbar gemacht werden kann. Dadurch wird auch sichergestellt, dass ChatGPT lediglich ausgewählte Inhalte und nicht allgemeines Internetwissen zur

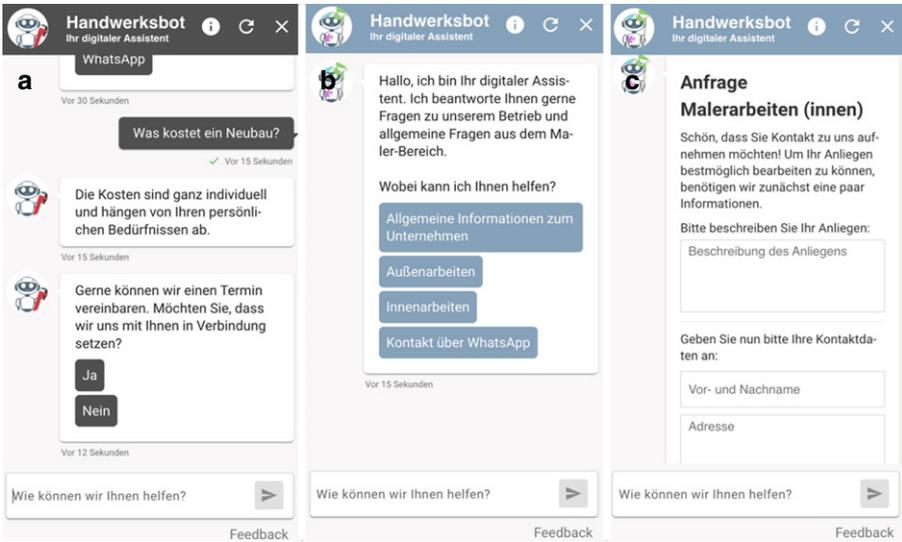


Abb. 2 a Beispiel Beantwortung von Fragen durch den Chatbot. b Begrüßungsdialogplan mit Klickoptionen. c Beispiel Kontaktanfrage via Adaptive Card

Beantwortung der Anfragen nutzt. Für alle drei Handwerksbetriebe wurde als Informationsquelle die jeweilige Website des Betriebes verwendet. Zusätzlich wurden ausgewählte Dokumente, in denen notwendige Informationen zur Beantwortung von häufigen Kundenanfragen enthalten sind, eingebunden. Bei Fragen, bei denen keine Chatbot generierte Antwort gewünscht ist, wurden vorformulierte Antworten angelegt. Dies sind u. a. Fragen nach Kosten oder Kontaktdaten (siehe Abb. 2a). Außerdem wurden Dialogpläne für einen dialoggeführten Chat erstellt. Dabei handelt es sich um Entscheidungsbäume, die ein aus mehreren Fragen und Antworten bestehendes Gespräch zwischen Chatbot und Nutzer modellieren. Für alle drei Chatbots wurde ein Begrüßungsdialogplan, welcher zu Beginn der Konversation ausgespielt wird und auf die häufigsten angefragten Themen hinweist (siehe Abb. 2b). Des Weiteren wurde ein Dialogplan zur Kontaktaufnahme erstellt, in dem am Ende entweder eine sog. Adaptive Card oder eine Weiterleitung zum Kontaktformular auf der Website ausgespielt wird (siehe Abb. 2c). Die Möglichkeit, bei Terminanfragen Dokumente wie Fotos oder Grundrisse im Chatbot anzuhängen, erleichtert die interne Terminplanung. Für den Elektro-Betrieb wurde zusätzlich ein Anleitungsdialogplan erstellt, der eine erste Hilfe bei einem Stromausfall bietet. Nach einer Test- und einer anschließenden Nachbesserungsphase wurden die Chatbots auf der jeweiligen Website eingebunden.

Betriebsübergreifend konnte analysiert werden, dass am häufigsten die Klickoptionen, die im Begrüßungsdialogplan angeboten werden, genutzt wurden. Bei Freitexteingaben handelt es sich überwiegend um Fragen nach spezifischen Produkten: Im Bereich Sanitär-, Heizungs- und Klima wurden häufig Fragen nach Preisen für spezifische Produkte oder Leistungen gestellt. Des Weiteren wurden Anfragen für individuelle Wünsche und Hilfe bei spezifischen Schäden angefordert. Im Malerar-

beiten- und Lackierer-Bereich handelte es sich bei den Freitexteingaben vermehrt um Anfragen nach bestimmten Leistungen und Informationen zu spezifischen Produkten. Beim Elektrohandwerksbetrieb wurden generell vorrangig Fragen nach erneuerbaren Energien gestellt. Bezüglich der Antwortqualität ist festzustellen, dass für alle drei Chatbots für den gesamten Zeitraum zwischen 75 und 95 % der Antworten als korrekt oder akzeptabel bewertet wurden. Die Erfahrungen aus dem Arbeitsalltag der Handwerksbetriebe sind überwiegend positiv. Die Betriebe betonen die einfache Steuerung und Überwachung des Chatbots sowie die Implementierung trotz wenig technischer Erfahrung. Des Weiteren wird ein effizienteres Abarbeiten von einfacheren Anfragen beobachtet, indem simple und zumeist nicht abzurechnende Dienstleistungen (bspw. Sicherungen einschalten nach Stromausfall) bereits vom Chatbot abgearbeitet werden können. Gleiches gilt für häufig gestellte Fragen, die somit im Vorgang eines zeitintensiven Beratungsgespräch ggf. bereits geklärt sind. Eine Herausforderung, die im nächsten Entwicklungszyklus berücksichtigt wird, ist die effizientere Erstellung von Standardinhalten, die allgemein genug sind, um für viele Betriebe nutzbar zu sein und gleichzeitig dennoch aussagekräftig sind. Dies erfordert aktuell noch einen erhöhten Zeitaufwand bei kleineren Betrieben, die nicht die Kapazität eines eigenständigen Marketing-Teams haben.

In den nächsten Schritten wird zudem die Antwortfindung und Antwortqualität weiter verbessert. In diesem Kontext werden auch weitere Use Cases für den Einsatz von Chatbots getestet. Zudem soll ggf. auch die Terminvereinbarung erleichtert werden, indem direkt im Chat-Fenster ein Termin für bestimmte Leistungen gebucht werden kann. Des Weiteren wird eine Integration in eine Plattform für die Auftragsabwicklung und Planung stattfinden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde ein Ansatz der Virtualisierung von handwerklichen Tätigkeiten vorgestellt, womit eine räumliche und zeitliche Entkopplung erreicht werden kann. Häufig beschränken sich Digitalisierungsvorhaben nur auf die Auftragsplanung oder -abrechnung und auf einen fachspezifischen Handwerksbereich. Dabei eröffnen sich durch eine nutzerzentrierte Entwicklung einer Virtualisierung durch AR und Chatbots neue Potenziale bei der eigentlichen Auftragsdurchführung. Dadurch können sowohl Beratungsgespräche als auch Abstimmungen zu Auftragsdurchführungen durch eine Flexibilisierung von Raum und Zeit durchgeführt werden. Des Weiteren ergeben sich so neue Perspektiven für Mitarbeitende mit besonderen Bedürfnissen ihr Erfahrungs- und Fachwissen weitergeben zu können, um so den Fachkräftemangel zu entgegenen. Durch eine erste Bedarfsanalyse wurden mit Nutzenden aus unterschiedlichen Handwerksbereichen erste Anwendungsfelder für ein AR- und Chatbot-basiertes System eruiert. Mit der ersten Feldstudie konnten sowohl akzeptanzfördernde als auch akzeptanzhemmende Faktoren in der Nutzung des vorgestellten Konzepts zur Virtualisierung im Handwerk aufgezeigt werden. Insbesondere eine Portierung der AR-Anwendung auf kleinere und mobilere Geräte steht im Vordergrund des weiteren Vorgehens in der Entwicklung im Bereich AR. Features wie das Messen von Räumen und die Virtualisierung von Baubesprechun-

gen unterschiedlicher Gewerke sollen den Arbeitsalltag im Handwerk effizienter gestalten. Fragen bezüglich der Veränderungen der Arbeitsweise und der Arbeitsorganisation im Handwerk durch Möglichkeiten zur Virtualisierung von AR mit mehreren Akteuren sind aktuelle Forschungslücken. Das Potenzial von Chatbots im Handwerk konnte durch die ersten Praxiseinsätze aufgezeigt werden. Hierbei steht die veränderte Interaktion zwischen Fachberater und Kunden im Vordergrund. Zukünftige Forschung sollte hierbei den Fokus auf die mögliche Nutzbarkeit und auf das Aufzeigen von Nutzen der virtuellen Beratung im Handwerk legen.

Danksagung Wir danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung für die Förderung des Projektes „Minerva“ in der Förderlinie „Handwerk 4.0 digital und innovativ“, Förderkennzeichen 02K20D111. Des Weiteren danken wir für die enge Zusammenarbeit mit der Firma Steinrücke FSB GmbH aus Dortmund, der Firma Elektro J. Organista GmbH aus Bottrop und der Firma Malermeister Markus Massmann aus Lüdinghausen.

Funding Open Access funding enabled and organized by Projekt DEAL.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

- Azuma RT (1997) A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 6:355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- BIBA (2020) Erweiterte Realität auf der Baustelle – zum Nutzen der Augmented Reality für die Zukunft im Handwerk. In: BIBA Uni Bremen. http://www.biba.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/presse/pressemitteilungen/2020/20_02_25/20200225_pm_BIBA_KlimAR_final.pdf
- Bischoff TS, Thonipara A (2022) Treiber der Digitalisierung des Handwerks auf dem Land. <https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?gro-2/118655>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- BMBF (2018) Athene 4.0: Personenzentrierte Digitalisierung zur Zukunftssicherung des Handwerks – Fraunhofer IML. In: Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML. <https://www.iml.fraunhofer.de/de/abteilungen/b2/supply-chain-development---strategy/geoerderte-projekte/athene.html>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- Brown G, Prilla M (2020) The effects of consultant avatar size and dynamics on customer trust in online consultations. In: *Proceedings of the Conference on Mensch und Computer*. Association for Computing Machinery, New York, S 239–249
- Dallasega P, Schulze F, Revolti A, Martinelli M (2021) Augmented Reality to increase efficiency of MEP construction: a case study. UAE, Dubai
- dikraft (2022) DiKraft – DiKraft. <https://www.dikraft.de/>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- Ens B, Lanir J, Tang A et al (2019) Revisiting collaboration through mixed reality: the evolution of groupware. *Int J Hum Comput Stud* 131:81–98. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.05.011>
- forum handwerk digital (2021) Startseite. In: *handwerkdigital*. <https://www.handwerkdigital.org/>. Zugegriffen: 20. Juni 2024

- Geier S, König M, Meitinger C (2020) Evaluierung eines Assistenzsystems für Handwerker im digitalen Wandel. In: GfA Frühjahrskongress 2020: Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? GfA-Press, Dortmund, S 8
- Green B, Chen Y (2019) The principles and limits of algorithm-in-the-loop decision making. *Proc ACM Hum Comput Interact* 3:1–24. <https://doi.org/10.1145/3359152>
- Heinemann G (2017) Der neue Online-Handel: Geschäftsmodelle, Geschäftssysteme und Benchmarks im E-Commerce, 9. Aufl. Springer Gabler, Wiesbaden Heidelberg
- Hofer J (2020) Neue Chancen am Bau – Zulieferer werden zu Dienstleistern. In: Handelsblatt. <https://www.handelsblatt.com/unternehmen/mittelstand/digitalisierung-im-mittelstand-neue-chancen-am-bau-zulieferer-werden-zu-dienstleistern/25770536.html?ticket=ST-3483324-siYt7yduH3p0bhGtot2p-ap5>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- Johnson S, Gibson M, Mutlu B (2015) Handheld or Handsfree? Remote collaboration via lightweight head-mounted displays and Handheld devices. In: Proceedings of the 18th ACM conference on computer supported cooperative work & social computing. Association for Computing Machinery, Vancouver, S 1825–1836
- Kahrl N, Prilla M, Blunk O (2020) Show me your living room: investigating the role of representing user environments in AR remote consultations. In: Proceedings of the conference on mensch und computer. Association for Computing Machinery, New York, S 267–277
- Kauz (2024) Kauz. In: Kauz. <https://kauz.ai/>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- Koch O, Dreikauf J (2020) ARSuL – Augmented reality basierte Unterstützung für das Lernen im Sanitär-Heizung-Klima-Handwerk : Abschlussbericht. Hochschule Ruhr West (<https://www.tib.eu/suchen/d/TIBKAT:1760489808/>)
- Lebensmittel Zeitung (2019) Kundenzufriedenheit in ausgewählten Dienstleistungsbranchen in Deutschland 2019. In: Statista. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/327332/umfrage/kundenzufriedenheit-in-ausgewaehlten-dienstleistungsbranchen-in-deutschland/>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- Nuruzzaman M, Hussain OK (2018) A survey on Chatbot implementation in customer service industry through deep neural networks. In: 2018 IEEE 15th International Conference on e-Business Engineering (ICEBE). IEEE, Xi'an, S 54–61
- Open A (2024) ChatGPT | OpenAI. <https://openai.com/chatgpt/>. Zugegriffen: 20. Juni 2024
- Osmers N, Prilla M, Blunk O et al (2021) The role of social presence for cooperation in augmented reality on head mounted devices: a literature review. In: Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems. ACM, Yokohama, S 1–17
- Palmarini R, del Amo IF, Bertolino G et al (2018) Designing an AR interface to improve trust in Human-Robots collaboration. *Procedia CIRP* 70:350–355. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.009>
- Piumsombon T, Dey A, Ens B et al (2019) The effects of sharing awareness cues in collaborative mixed reality. *Front Robotics AI* 6:
- Prilla M (2019) „I simply watched where she was looking at“: coordination in short-term synchronous cooperative mixed reality. *Proc ACM Hum Comput Interact* 3:1–21. <https://doi.org/10.1145/3361127>
- Prilla M, Janßen M, Kundendorff T (2019) How to interact with AR Head Mounted Devices in care work? A study comparing handheld touch (hands-on) and gesture (hands-free) interaction. In: European Conference on Information Systems (ECIS 2019) Stockholm
- Proeger T, Alhusen H, Meub L (2023) Das Handwerk aus Sicht von ChatGPT. Göttingen
- Revolti A, Dallasega P, Schulze F, Walder A (2023) Augmented reality to support the maintenance of urban-line infrastructures: a case study. *Procedia Comput Sci* 217:746–755. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.271>
- Schirmer S, Hickmann H, Malin L, Werner D (2021) Fachkräfteengpässe in Unternehmen – Fachkräftemangel und Nachwuchsqualifizierung im Handwerk. Zentralverband des Deutschen Handwerks e. V. (ZDH), Köln (Studie im Rahmen des Projektes Kompetenzzentrum Fachkräftesicherung (KOFA) in Zusammenarbeit mit dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und in Zusammenarbeit mit dem Zentralverband des Deutschen Handwerks e. V. (ZDH))
- Teo T, Lee GA, Billinghurst M, Adcock M (2018) Hand gestures and visual annotation in live 360 panorama-based mixed reality remote collaboration. In: Proceedings of the 30th Australian conference on computer-human interaction. Association for Computing Machinery, New York, S 406–410
- Teo T, Lee GA, Billinghurst M, Adcock M (2019) Investigating the use of different visual cues to improve social presence within a 360 mixed reality remote collaboration. In: Proceedings of the 17th international conference on virtual-reality continuum and its applications in industry, S 1–9 <https://doi.org/10.1145/3359997.3365687>
- Venkatesh V, Thong JYL, Xu X (2012) Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology. *MISQ* 36:157–178

Zentralverband des Deutschen Dachdeckerhandwerks e. V. Das Moderne Dachdeckerhandwerk. In: Dachdecker dein Beruf: Suchbegriff „Drohne“ <https://dachdeckerdeinberuf.de/ausbildung/modernes-arbeiten>. Zugegriffen: 20. Juni 2024

Hinweis des Verlags Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.