

Abschlussbericht

SmARtorials

Verbundprojekt

Smarte Videotutorials für die Arbeitspraxis in
Augmented Reality



Projektlaufzeit: 01.06.2021 – 31.05.2024

Erstellungsdatum: 12.05.2024

Esra Gümüs, Michael Prilla

Das SmARtorials-Projekt, Förderkennzeichen 02L20C010, basiert auf der engen Zusammenarbeit zwischen zwei Anwendungspartnern - KKT Frölich Kautschuk-Kunststoff-Technik GmbH und Familien und Krankenpflege Bochum gGmbH (FundK) - sowie einem technischen Entwicklungspartner (Task9, Bochum) und einem universitären Forschungspartner (Interaktive Systeme, Universität Duisburg-Essen).

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Einleitung

Das Forschungsprojekt „SmARtorials - Smarte Videotutorials für die Arbeitspraxis in Augmented Reality“ untersucht den Bedarf und die Anwendung von Videotutorials mit Smartglasses zur Wissensvermittlung in Arbeitsumgebungen. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen Anwendern, Entwicklern und Forschungspartnern entstand ein akzeptiertes und nützliches Gesamtkonzept, die die Arbeitsgestaltung im Mittelstand verbessert. Dieser Bericht fasst die Vorgehensweise sowie die Ergebnisse aus wissenschaftlicher, technischer und anwendungsorientierter Sicht zusammen.



Projektpartner

Das SmARtorials-Projekt, Förderkennzeichen 02L20C010, ist eine Kooperation zwischen folgenden Partnern:

- Anwendungspartner: KKT Frölich Kautschuk-Kunststofftechnik GmbH und Familien- und Krankenpflege Bochum gGmbH (FundK)
- Technischer Entwicklungspartner: Task9, Bochum
- Universitärer Forschungspartner: Interaktive Systeme, Universität Duisburg-Essen



Kurzfassung des Projekts

In der modernen Arbeitswelt sind kontinuierliches Lernen und die Fähigkeit zur problemlösenden Arbeit vor Ort von zentraler Bedeutung. Traditionell erfolgt dieses Lernen durch die Beobachtung erfahrener Kollegen, persönliche Anleitungen und praktische Erfahrungen. Da erfahrene Kollegen jedoch oft nicht verfügbar sind, greift das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „SmARtorials“ ein. Das Projekt hat zum Ziel, die effiziente und unkomplizierte Erstellung sowie Nutzung von Videotutorials während der Arbeit zu ermöglichen. Hierzu verfolgt das System einen innovativen Ansatz: Benutzer tragen während bestimmter Arbeitsaufgaben Smart Glasses, die ihre Tätigkeiten sowie verbale Erklärungen über die Kamera der Brille aufzeichnen, ohne den Arbeitsprozess zu unterbrechen. Diese Videos werden anschließend auf

den Smart Glasses derjenigen abgespielt, die Unterstützung benötigen oder eine neue Aufgabe erlernen möchten. Auf diese Weise kann Wissen effizient und direkt vor Ort mit minimalem Aufwand vermittelt werden. Im Rahmen des SmARtorials-Projekts wurden die entwickelten Lösungen kontinuierlich bei den Anwendungspartnern getestet und optimiert. Das langfristige Ziel des Projekts besteht darin, die Wissensvermittlung in kleinen und mittelständischen Unternehmen zu optimieren.

Wissenschaftlicher Stand zu Beginn des Vorhabens

Implizites Wissen (englisch: „tacit knowledge“) von Mitarbeiter*innen ist eine wichtige Ressource von KMU [1]. Dieses Wissens kann nach Nonaka und Takeuchi [2] nur durch Sozialisation, also in sozialer Interaktion des Wissensträgers mit anderen Akteuren, weitergegeben werden. In der Literatur werden daher Methoden wie Beobachtungen, Storytelling [1] oder Apprenticeship [3] vorgeschlagen. Da direkter Kontakt oder Beobachtung nicht immer möglich sind, werden für diese Prozesse häufig Tutorials vorgeschlagen. Die Nutzung von Videos und 3D hat sich hierbei als besonders hilfreich herausgestellt [4], [5]. Videotutorials werden sowohl in der schulischen bzw. universitären Lehre-, als auch in der beruflichen Aus- und Weiterbildung eingesetzt. Im beruflichen Umfeld werden Videos genutzt, um bspw. Vorgänge zu dokumentieren [6] und auch um Wartungsprozesse¹ zu unterstützen.

Häufig werden Videotutorials in den genannten Anwendungskontexten auf bekannten Endgeräten wie Mobiltelefonen, Tablets oder Computern verwendet. Die Anzeige von Anleitungen mit Hilfe von Augmented Reality hat den Vorteil, dass die Träger bereits während der Tätigkeit unterstützt werden können [7], da die Hände für die Verrichtung von Arbeitstätigkeiten frei bleiben. Vorarbeiten der TU Clausthal zeigen, dass Datenbrillen für Augmented Reality als Trägertechnologie für Anleitungen in der Praxis helfen kann [8]. Es existieren ebenfalls eigene Vorarbeiten zur Nutzung von Augmented-Reality-Brillen zur Unterstützung von Arbeitstätigkeiten [9], bei denen auch Gestaltungswissen erarbeitet wurde [10]. Eigene Studien zur Nutzung von Videos zur Unterstützung von Anleitungen befinden sich zurzeit in der Auswertung. Auch in einem Produktionsumfeld [11] oder im medizinischen Sektor [7] wurde erfolgreich Unterstützung durch AR-Brillen ermöglicht.

Um einen schnellen und präzisen Zugriff auf Informationen aus umfangreichen Materialien zu ermöglichen, muss das Material so segmentiert oder beschrieben werden, dass ein direkter Zugriff auf relevante Stellen möglich ist (ähnlich einem Inhaltsverzeichnis). Hierzu werden digitalen Medien heute mit detaillierten Metadaten, die sich bspw. auf Ort und Zeit innerhalb eines Dokumentes bzw. einer Videosequenz beziehen, annotiert. Die Metadaten müssen sich präzise auf einzelne Kapitel, Abschnitte oder Bilder beziehen. Der Aufwand hierfür ist groß: Um eine solche Annotation manuell vorzunehmen, gilt die Größenordnung eines Faktors von ca. 10 zur Länge des Videos. Gerade bei KMU kommen videobasierte Verfahren der Wissensweitergabe und -nutzung aufgrund dieses Aufwands kaum zum Einsatz. Eine Herausforderung bei einer wie

¹ <https://www.scope-online.de/instandhaltung/augmented-reality-in-der-wartung.htm> [Letzter Zugriff 28.09.2020]

<https://www.dfki.de/web/news/detail/News/ambiwise-technik-zum-menschen-bringen-qualifizierung-am-arbeitsplatz/> [Letzter Zugriff 28.09.2020]

in SmARtutorials angestrebten automatischen Annotation ist, eine große Anzahl Videos auf einer Augmented-Reality-Brille zu durchsuchen [7]. Weitere Herausforderungen sind das Aufbereiten von Videos zur leichteren Durchsuchbarkeit und auch das eigentliche Durchsuchen von Videos nach den passenden Inhalten. Existierende Lösungen helfen beispielsweise bei automatisierten Zusammenfassungen von Videos [12] oder bei automatischer Segmentierung von Videos an geeigneten Stellen [13], [14], stellen aber keine automatische Verbindung zu der eigenen Tätigkeiten her. Andere Forschungsprojekte haben bisher zwar automatisierte Aufzeichnungen von Videos inklusive Tagging realisiert, benötigen jedoch weiterhin eine manuelle Aufbereitung der Daten, bspw. die notwendige Verknüpfung mit der jeweiligen eigenen Tätigkeit notwendig ist [15]. In SmARtutorials soll eine Lösung entwickelt werden, in der manuelle Aufbereitung so weit wie möglich durch KI-basierte Aufbereitung ersetzt wird. Als Basis der Arbeit sollen vorhandene Open Source Tools² herangezogen und evtl. weiterentwickelt werden.

Überblick und Arbeitspakete

Im folgenden Abschnitt werden die erzielten Ergebnisse in Bezug auf die Arbeitspakete des Projekts und aus wissenschaftlicher, technischer und anwendungsorientierter Sicht genauer beschrieben. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über die Arbeitspakete (AP) sowie den iterativen Prozess des Projekts.

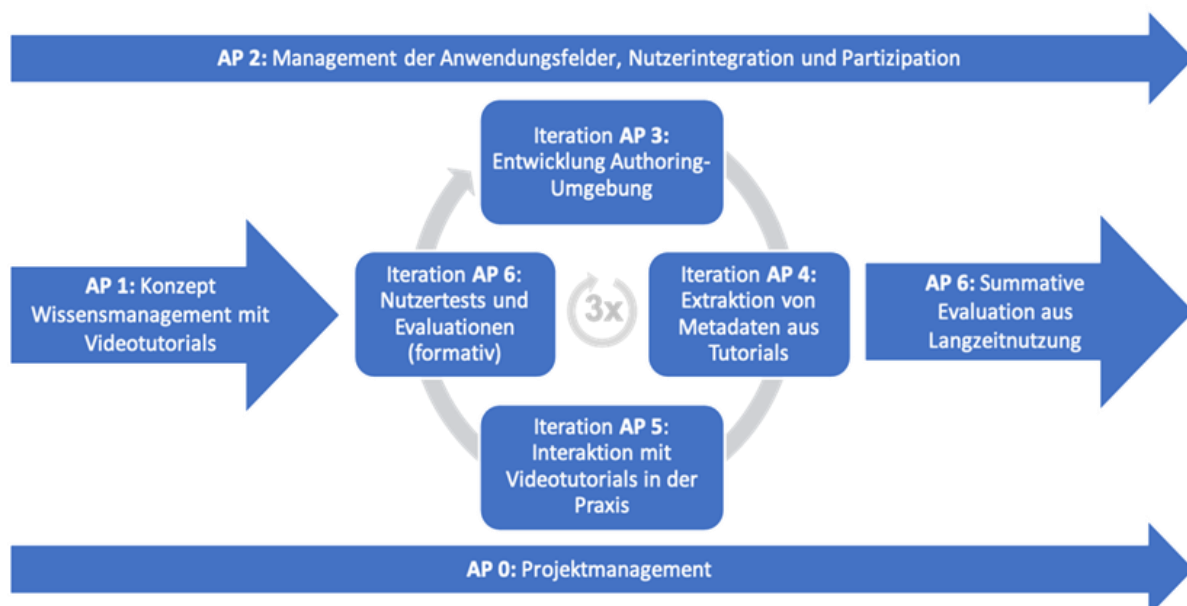


ABBILDUNG 1 ITERATIVES VORGEHEN UND ARBEITSPAKETE IM PROJEKT

In AP 0 wurden organisatorische Themen behandelt, die den reibungslosen Ablauf des Projekts sowie die Kommunikation nach innen und außen betrafen. Dazu gehörten die Dokumentation wissenschaftlicher Arbeiten, die Organisation von Projekttreffen und die Erstellung von Projektberichten.

In AP 1 wurden systematisch die Potenziale von Videotutorials zur Wissensvermittlung untersucht. Design-Thinking-Workshops bei den Anwendungspartnern halfen, die Bedürfnisse

² Bspw.: <https://github.com/CatalystCode/VideoTaggingTool> oder <https://github.com/Microsoft/VoTT>

und Anforderungen der Zielgruppe zu verstehen. Erste potenzielle Einsatzgebiete für Videotutorials wurden mit Produktionsmitarbeitern und Pflegefachkräften eruiert. Weitere Beobachtungsstudien ergänzten diese Analyse. Auf Grundlage dieser Daten wurde ein umfassendes Konzept für die Nutzung von Videotutorials erstellt.

AP 2 konzentrierte sich auf die Identifikation und Analyse der Wissensbedürfnisse jedes Anwendungspartners. Workshops und Beobachtungsstudien wurden durch Interviewstudien mit den Nutzern ergänzt, um detaillierte Informationen zu den Wissensbedarfen der Mitarbeiter zu erhalten. Die kontinuierliche Einbeziehung der Nutzer gewährleistete die Relevanz der Nutzungsszenarien und die Akzeptanz des Ansatzes.

In AP 3 wurde eine Plattform entwickelt, die es Nutzern ermöglicht, Arbeitsabläufe in Videos festzuhalten und zugänglich zu machen. Technische Lösungen für die Aufnahme und Bearbeitung der Tutorials wurden erstellt, wobei das Konzept und die Bedürfnisse der Nutzer berücksichtigt wurden.

AP 4 konzentrierte sich auf die automatische Extraktion von Metadaten aus den Videotutorials. Workshops und Probedurchläufe mit den Anwendungspartnern wurden durchgeführt, um verschiedene Ansätze zur Kontextualisierung zu testen. Kriterien für die Technologieauswahl und Interaktionsformen wurden definiert und kontinuierlich angepasst.

In AP 5 wurde die Interaktion mit Videotutorials in der Praxis entwickelt. Mechanismen zur praktischen Nutzung, wie das Starten und Stoppen der Tutorials sowie Bedienkonzepte für die Datenbrillen, wurden erprobt. Die SmARtorials-App mit Gestenfunktion wurde entwickelt und getestet. Eine Methode zur kognitiven Vorwegnahme der Videoerstellung wurde bei den Anwendungspartnern implementiert.

AP 6 führte Nutzertests und Evaluationen durch. Kriterien zur Überprüfung des Nutzens und Erfolgs der Lösungen wurden entwickelt. Eine formative Evaluation unter Feldbedingungen beurteilte die Wirksamkeit des Projekts. Langzeitstudien verglichen die Einarbeitung durch Videotutorials mit der persönlichen Einarbeitung, basierend auf regelmäßigen Vor-Ort-Interviews.

Das entwickelte SmARtorials-System

Mit dem SmARtorials-System tragen Benutzer während bestimmter Arbeitsaufgaben intelligente Brillen, um Videos für die Wissensdokumentation aufzunehmen oder vorhandene Videos für die Wissensabfrage anzusehen. Das System implementiert einen Cloud-Service für den Austausch von Videos und eine Webanwendung zur Modifikation von Videoinhalten, um dies zu erreichen. Benutzer starten Aufnahmen, indem sie mit dem Kopf nicken, fügen Segmente zum Video hinzu, indem sie erneut nicken, und beenden das Video, indem sie den Kopf schütteln. Videos werden dann in mehreren vom Benutzer definierten Segmenten aufgenommen, was eine spätere Bearbeitung oder das Abspielen spezifischer Segmente ermöglicht. Die Wiedergabe wird durch Kopfnicken gestartet, und das nächste Segment beginnt durch erneutes Nicken. Das System ist in Abbildung 2 dargestellt.

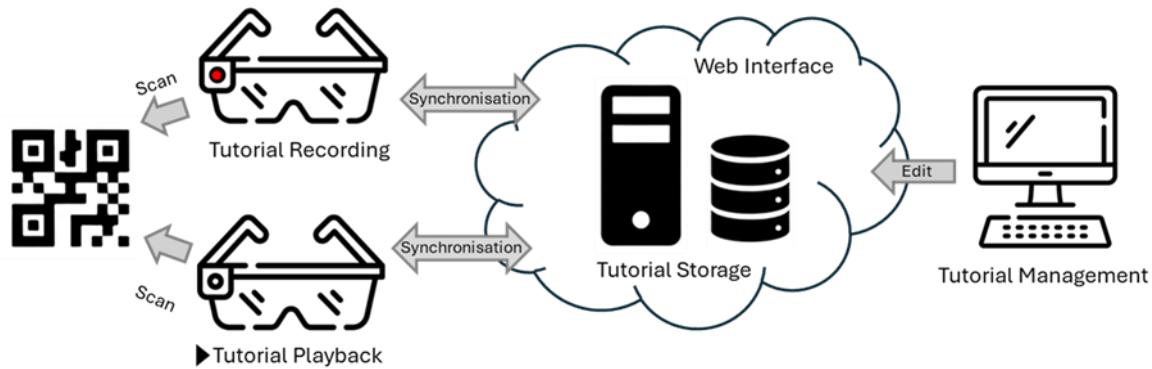


ABBILDUNG 2 DIE STRUKTUR DES SYSTEMS - VOM AUFNEHMEN BIS ZUM ABSPIELEN VON VIDEOTUTORIALS AM ARBEITSPLATZ

Die vom Benutzer generierten Videotutorials und deren Segmente werden auf einem Server gespeichert und mit allen verbundenen intelligenten Brillen synchronisiert. In der Praxis werden QR-Codes mit einer Kennung (ID) gedruckt, um auf Videotutorials zu verweisen die spezifische Aufgaben an bestimmten Orten repräsentieren. Beim Scannen eines QR-Codes können Benutzer entweder ein neues Video aufnehmen oder auf ein vorhandenes zugreifen, das mit der ID verknüpft ist. Über eine webbasierte Tutorial-Verwaltungsanwendung können Videos dann zusätzlich bearbeitet werden, um Segmente zu schneiden, zu erstellen, zu modifizieren und die Reihenfolge der Segmente innerhalb eines Videos anzupassen. Der QR-Code kann auch verwendet werden, um ein Tutorial auf den Brillen zu öffnen, indem er gescannt wird. Zum Beispiel, wenn ein Tutorial für eine bestimmte Maschine bereitgestellt wird, kann der Code an der Maschine angebracht werden. Das System verwendet die Vuzix Blade Smart Glasses (Abbildung 3), die auf Android basieren. Die Server-Software und die Webanwendung folgen einer Mikroservice-Architektur und nutzen Docker mit Kubernetes zur Orchestrierung der Mikroservices. In ersten Tests dauerte die Produktion eines Videotutorials von 10 Minuten im Durchschnitt 14,5 Minuten, was wir und die Benutzer für praktikabel/angemessen für den praktischen Einsatz halten.



ABBILDUNG 3 VUZIX BLADE BRILLE

Anschließend fand die erste Nutzung der Prototypen im Feld statt. Dazu wurde im Vorfeld ein Schulungskonzept (AP 2.3) für die Nutzung der Datenbrillen erstellt und eine technische Einführung mit den Mitarbeitern durchgeführt (AP 6.2). Im nächsten Abschnitt werden die durchgeführten wissenschaftlichen Studien sowie die Nutzung des Prototyps im Feld genauer erläutert und die Ergebnisse dargestellt.

Wissenschaftliche Studien und Ergebnisse

Studie 1: Formular zur kognitiven Vorwegnahme - Unterstützung bei der Planung der Tutorial-Aufzeichnung

Insbesondere im Pflegebereich wurde deutlich, dass die Mitarbeiter eine vorherige Planung der durchzuführenden Tätigkeit benötigen, da sonst die Videoaufnahme zu lange dauert oder häufiger abgebrochen und neu gestartet wird. Basierend auf den vorherigen Erkenntnissen wurde festgestellt, dass die Effizienz des Videoaufnahme Prozesses für die nächste Iteration verbessert werden muss. Die lange Zeit für die Erstellung von Videotutorials, insbesondere die lange Vorbereitungsphase, steht im Widerspruch zum Ziel, die Videoaufzeichnung in den Arbeitsalltag zu integrieren. Folglich lag der Fokus auf einer effizienteren Vorbereitung. Es wurde ein Workshop durchgeführt, um die Anforderungen an eine Art Drehbuch zu ermitteln, um die Effizienz des Videoaufnahme Prozesses zu steigern. Aus dem Workshop wurde geschlossen, dass eine kognitive Vorbereitung auf die entsprechende Arbeitsaktivität notwendig ist, um möglicherweise die benötigte Vorbereitungszeit zu reduzieren. Ein iterativer Prozess wurde gestartet, um ein "Werkzeug" zur Unterstützung der kognitiven Vorbereitung zu erstellen. Abbildung 1 zeigt das endgültig entwickelte und evaluierte Vorbereitungsformular.

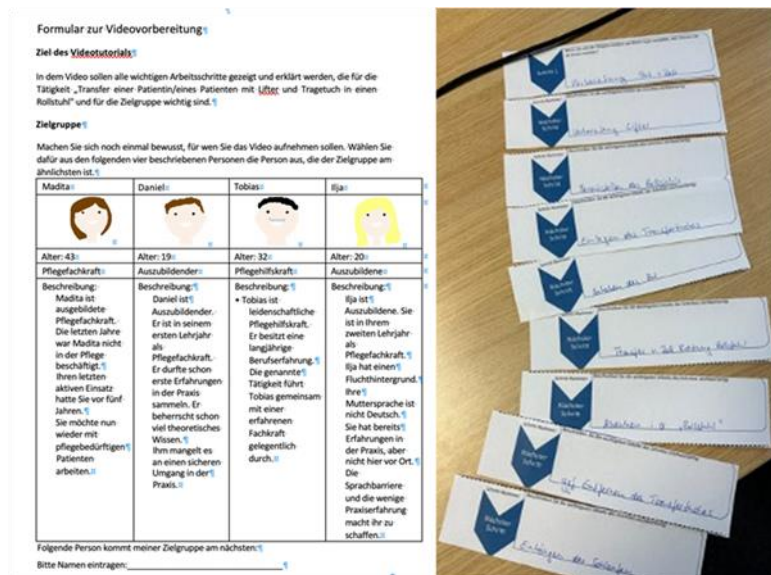


ABBILDUNG 4 DER VORBEREITUNGSBOGEN: LINKS DIE PERSONAS UND RECHTS DIE GLIEDERUNG ZUR EINTEILUNG DER USE CASES IN EINZELNE SEGMENTE

Das Formular wurde in drei Abschnitte unterteilt: Ziel (Zieldefinition), Zielgruppe und Segmentierung. Auf der linken Seite von Abbildung 2 sind die beiden Abschnitte Ziel und Zielgruppe dargestellt. Der erste Abschnitt enthält die Zielbeschreibung, die vom Anwendungsfall abhängig ist und das Ziel des Videos in einem kurzen Satz zusammenfasst. Der zweite Abschnitt enthält die bewährte Zielgruppenbestimmung, die auf dem Konzept der Personas basiert. Die Pflegekraft sollte eine der Personas auswählen, von denen sie denken, dass sie im Kontext angemessen ist. Bei der Bewertung des Formulars wurde die reale Situation durch eine zuvor gegebene Szenariobeschreibung dargestellt. In Zukunft sollte die Persona basierend auf der realen Situation ausgewählt werden. Dieser Abschnitt wurde entworfen, um die Pflegekraft darauf aufmerksam zu machen, wer das Videotutorial später verwenden würde, und somit das Bewusstsein dafür zu erhöhen, welche Inhalte relevant sind, um die Aktivität durch das Videotutorial zu erklären.

Um die Verwendung von SmaARtutorials einschließlich des Vorbereitungsformulars unter Feldbedingungen zu evaluieren, wurde eine Studie mit acht Pflegefachkräften durchgeführt. Um die Effektivität der mit dem Vorbereitungsformular erstellten Videotutorials zu bewerten, wurden die während der Vorbereitung und Aufnahme benötigte Zeit gemessen und unmittelbar nach der Aufnahme Feedback eingeholt. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse der Studie, dass das Vorbereitungsformular folgende Erfolge erzielt hat: Erstens reduzierte es die Zeit, die für die Aufnahme eines Videotutorials benötigt wird. Zweitens erhöhte es gleichzeitig die Qualität der Videotutorials, indem es die Anzahl der fehlenden Inhaltsaspekte mit Hilfe des Formulars reduzierte. Drittens ist das Formular eine Methode, die sich leicht in die tägliche Arbeit von Pflegekräften integrieren lässt. Unsere erste Forschung zeigt, dass das Formular die Effizienz und die Qualität der Inhalte von Videos steigern kann. Das Formular ist ein bewährtes Dokumentationstool innerhalb vieler Strukturen des Gesundheitssystems und ist flexibel genug, um in Digitalisierungsprojekten eingesetzt zu werden. Die vollständige Studie ist unter [16] publiziert.

Studie 2: Der Lernerfolg im Vergleich zwischen Datenbrillen basierten Videotutorials und herkömmlichen Lernmethoden

Nach der Evaluierung der ersten Testphase folgte eine weitere Iteration im Projekt, in der eine formative Evaluierung (AP 6.2) stattfand. Im Rahmen dieser Evaluation stand das „Video abspielen“ und das Lernen mit Videotutorials in Arbeitsprozessen im Vordergrund. In diesem Zusammenhang wurde eine Studie durchgeführt, die die Effektivität des Wissenstransfers mithilfe von Videotutorials im Vergleich zu traditionellen, persönlichen Schulungsmethoden am Arbeitsplatz untersucht. Mit 18 Teilnehmern aus den Bereichen Pflege und Produktion wurden die Schulungs- und Lernerfolge bei der Verwendung von Videotutorials auf Datenbrillen über mehrere Sitzungen hinweg beobachtet und mit der persönlichen Schulung verglichen, die als Standard für die praktische Einarbeitung gilt. Es wurde der Forschungsfrage nachgegangen, wie effektiv der Lernerfolg bei der Verwendung von Videotutorials ist, die mit unserem Ansatz aufgezeichnet wurden, im Vergleich zur personalisierten Einarbeitung. Abbildung 4 zeigt den genauen Aufbau der Studie, deren Methodik sich an [17] orientiert.

Video tutorial creation

- Conducting workshops to identify suitable activities in the daily work of nursing and production staff for video tutorials and the study
- Experienced company employees create video tutorials of the selected use cases in their daily work using smart glasses

Session 0: Group Assignment

- Collecting demographic data and querying experience in relation to the use case
- Dividing participants into two groups: the experimental group will receive training through self-produced video tutorials, while the control group will undergo training led by an experienced employee

Data collection:
Questionnaires and Interviews

Session 1: Initial Learning Phase

Group 1: Experimental group
Onboarding with video tutorials and completion of a NASA TLX questionnaire

Group 2: control group
Onboarding by an experienced employee and completion of a NASA TLX questionnaire.

Data collection:
Observations, Questionnaires

after 24h

Session 2: Intermediate Test and Further Learning Phase

- Group 1: Experimental group*
- Participants perform the task
 - Task is recorded on video
 - Participants have the option to relearn the task by video tutorial
 - Completion of a NASA TLX Questionnaire

- Group 2: control group*
- Participants perform the task
 - Task is recorded on video
 - Participants have the option to relearn the task by an experienced employee
 - Completion of a NASA TLX Questionnaire

Data collection:
Observation, Video Recording, Questionnaires

after 6 days

Session 3: Knowledge Assessment

- Group 1: Experimental group*
- Participants reperform the task
 - Task is recorded on video
 - Participants take part on a knowledge assesment

- Group 1: control group*
- Participants reperform the task
 - Task is recorded on video
 - Participants take part on a knowledge assesment

Data collection:
Observation, Video Recording, Knowledge Assessment (Quiz)

ABBILDUNG 5 VORGEHEN DER STUDIE UND AUFTeilUNG IN EINZELNE SITZUNGEN: VIDEOERSTELLUNG, GRUPPENEINTEILUNG, ERSTE LERNPHASE, ZWEITE LERNPHASE UND WISSENSABFRAGE

Vor Beginn der Studie haben Pflegekräfte und Produktionsmitarbeiter während ihrer täglichen Arbeit Videotutorials aufgezeichnet. Ziel war es, Datenbrillen zu tragen, um die Arbeit nicht zu unterbrechen, Aufgaben freihändig durchzuführen, Erklärungen zu geben und Videos zu erstellen. Die ausgewählten Anwendungsfälle wurden aufgrund ihrer Komplexität, Anfälligkeit für Fehler und der Notwendigkeit fortlaufender Schulung neuer Mitarbeiter ausgewählt, um die Herausforderungen des Wissenstransfers und der -erhaltung zu betonen. Im Produktionssetting wurde ein Videotutorial zum Entnahmeprozess einer Gummimaske aus einer Spritzgussmaschine erstellt. Im Pflegebereich wurde das Anlegen von Kompressionsverbänden bei Patienten mit Beinschwellungen gewählt. Abbildung 6 zeigt Fotos der Anwendungsfälle während der Studiendurchführung.



ABBILDUNG 6 KOMPRESSIVSVERBANDSWECHSEL IM PFLEGEBEREICH (LINKS) ENTNAHME EINER KAUSCHUKMASKE AUS DER MASCHINE IM PRODUKTIONSBEREICH (RECHTS)

In der ersten Sitzung wurden demografische Daten der Studienteilnehmer erhoben. Die gesammelten Daten wurden für die Gruppenkategorisierung verwendet, um sicherzustellen, dass beide Gruppen in ihren Ausgangsmerkmalen grob vergleichbar waren. Die erste Gruppe (Experimentgruppe) wurde in der ausgewählten Aufgabe mithilfe von Videotutorials geschult, während die zweite Gruppe (Kontrollgruppe) eine herkömmliche Schulung durch persönliche Anleitung erhielt. Nach der Gruppenzuweisung wurden die Teilnehmer über den genauen Ablauf der Studie informiert. Mitglieder der Experimentalgruppe erhielten eine technische Einführung in die Vuzix Blade-Brillen, um sich mit ihrer Verwendung vertraut zu machen und eine korrekte Anwendung während der nachfolgenden Experimente sicherzustellen. Die zweite Phase begann 24 Stunden nach dem Training. In diesem Stadium wurden die Teilnehmer aus beiden Bereichen gebeten, die zuvor gelernte Aufgabe eigenständig und ohne jegliche personelle Unterstützung oder Betrachtung des Videotutorials durchzuführen. Ein erfahrener Mitarbeiter des Unternehmens und mindestens ein Forschungsmitarbeiter beobachteten die Durchführung. Der erfahrene Mitarbeiter war anwesend, um nur im Falle sicherheitskritischer Fehler einzugreifen, verzichtete jedoch sonst darauf, aktiv an der Ausführung teilzunehmen. Der gesamte Ablauf wurde auf Video aufgezeichnet, während der Forschungsmitarbeiter gleichzeitig beobachtete Punkte dokumentierte. Nach der Durchführung hatten die Mitarbeiter die Möglichkeit, die zuvor gelernte Aufgabe erneut mithilfe derselben Methode (persönliche Anweisung oder Videotutorial) zu wiederholen, um etwaige Fehler zu identifizieren. Die dritte Sitzung fand sieben Tage nach dem Training und sechs Tage nach der ersten Durchführung statt. Der gleiche Ansatz wie in Sitzung 2 wurde verwendet. Darüber hinaus wurde ein kurzer Wissenstest durchgeführt, um das Verständnis der jeweiligen Aufgabe zu bewerten. Dieser Test stützte sich hauptsächlich auf visuelle Elemente, die im Rahmen der Einarbeitung gezeigt wurden.

Die Ergebnisse zeigen keinen signifikanten Unterschied im Lernerfolg zwischen dem Onboarding durch selbst erstellte Videotutorials und der persönlichen Einweisung durch Mitarbeiter. Dies bedeutet, dass Videotutorials im Arbeitsumfeld für bestimmte Tätigkeiten die persönlichen Anweisungen ersetzen können, ohne den Lernerfolg zu beeinträchtigen. Daten deuten zudem darauf hin, dass das Onboarding mit Videotutorials einen leicht besseren, jedoch nicht signifikanten Lernerfolg zeigt. Weitere Untersuchungen mit größeren Stichproben könnten tiefere Einblicke in die Auswirkungen von Datenbrillen auf den Lernerfolg bieten.

Ein weiteres Ergebnis ist, dass die Teilnehmer der Studie die egozentrische Perspektive der Videotutorials positiv bewerteten. Diese Perspektive ermöglicht es den Nutzern, sich besser in die Erfahrung des Lernenden einzufühlen und bestimmte Bereiche deutlicher zu sehen. Allerdings führte die egozentrische Perspektive auch zu zusätzlichen Fragen unter den Teilnehmern, was die Bedeutung einer umfassenden Erfassung und Darstellung relevanter Informationen in egozentrischen Videotutorials betont, um mögliche Missverständnisse zu minimieren und einen effektiven Wissenstransfer zu gewährleisten. Die vollständige Studie ist unter [18] publiziert.

Studie 3: Langzeitstudie zur langfristigen Nutzung von Datenbrillen in der Praxis

Im späteren Verlauf des Projekts wurde eine sogenannte summative Evaluation durchgeführt, um die langfristige Entwicklung der Nutzung und des Wissenstransfers mittels Datenbrillen zu untersuchen. Zu diesem Zweck verwendeten die Pflege- und Produktionsmitarbeiter die technischen Prototypen über einen Zeitraum von 10 Wochen nach eigenem Ermessen. Alle zwei Wochen fanden 20- bis 30-minütige Interviews mit den wissenschaftlichen Mitarbeitern statt. Im Produktionskontext wurden insgesamt 11 Personen aus drei verschiedenen Bereichen befragt, was zu insgesamt 23 Einzelinterviews führte. Im Pflegesetting wurden 9 Personen befragt, darunter 3 Mitarbeiter aus der 24-Stunden-Pflege, 5 Mitarbeiter aus der ambulanten Pflege und 1 Büroangestellter. In den Interviews wurden Fragen zur Nutzung der Brillen, zur Steuerung, zur Kommunikation, zu den gefilmten Anwendungsfällen, zur Akzeptanz und zum Mehrwert sowie zur persönlichen Wahrnehmung gestellt und diskutiert. In den Interviews wurden nicht alle Fragen in jeder Sitzung behandelt, sondern über den Zeitraum von 10 Wochen hinweg verschiedene Aspekte thematisiert.

Die Auswertung der Daten wurde für beide Bereiche getrennt durchgeführt. Wir haben die Methode des Affinity Diagramms verwendet, um die Daten aus den Interviews zu analysieren (Abbildung 5). Diese Methode hat sich als effektiv erwiesen, um komplexe Informationen zu strukturieren und Muster sowie Zusammenhänge in den gesammelten Daten zu identifizieren. Das Affinity Diagramm wird seit langem zur Bewertung von Prototypen und Systemen im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion (MCI) eingesetzt [16]. Lucero et al. [16] haben vier Schritte für das Affinitätsdiagramm zur Evaluierung interaktiver Prototypen formuliert, die auch bei der Bewertung des SmaARtorial-Systems angewendet wurden. Diese Schritte sind: Erstellen von Affinitätsnotizen, Gruppieren der Notizen, „Walking the Wall“ und Dokumentation. Die folgenden Abschnitte bieten eine detaillierte Analyse dieser Auswirkungen und stellen die Ergebnisse der Interviews dar.



ABBILDUNG 7 CLUSTERUNG UND AUSWERTUNG DER DATEN AUS DEN INTERVIEWS MIT DER AFFINITY DIAGRAMM METHODE

Unterstützung durch das Management und Mitarbeitermotivation

Die Motivation der Mitarbeiter zur Arbeit mit der Technologie hing stark von der aktiven Unterstützung des Managements ab. Die meisten Befragten betonten, dass ohne eine proaktive Förderung und Ressourcenbereitstellung durch das Management die langfristige Akzeptanz und Motivation leiden würden. Dies gilt sowohl für den Pflege- als auch für den Produktionsbereich. Besonders wichtig ist es, dass das Management von Beginn an Schulungen und Zeit für die Implementierung bereitstellt.

Kommunikationsschwierigkeiten

Die Nutzung von Datenbrillen führte anfänglich zu Kommunikationsproblemen. Mitarbeiter berichteten von Schwierigkeiten, da sie während der Videoaufzeichnung gleichzeitig verbal erklärten, was sie taten, was bei Patienten und Kollegen zu Verwirrung führte. Dies war besonders im Gesundheitsbereich ein Thema, da Patienten oft unsicher waren, ob sie angesprochen wurden oder ob ein Video aufgezeichnet wurde. Im Produktionskontext traten solche Probleme weniger auf und wurden hauptsächlich zu Beginn der Studie erwähnt. Insgesamt zeigten die Ergebnisse, dass eine effektive Integration und Nutzung der Technologie sowohl eine starke Unterstützung durch das Management als auch die Überwindung anfänglicher Kommunikationsbarrieren erfordert.

Individuelle vs. standardisierte Aufgaben

Die Studie zeigt, dass Videotutorials in der Pflege besonders wertvoll für die Anpassung an individuelle Patientenbedürfnisse sind, da sie dynamische, patientenspezifische Informationen bieten. Pflegekräfte schätzen die Videos für spezielle, nicht in der allgemeinen Schulung behandelte Situationen. Im Gegensatz dazu dienen Videotutorials in der Produktion hauptsächlich der Dokumentation und Anleitung standardisierter, repetitiver Aufgaben wie Montageprozessen und Verpackung. Während in der Pflege Flexibilität und Personalisierung im Vordergrund stehen, sind in der Produktion Genauigkeit und Konsistenz entscheidend.

Arbeiten, Sprechen und Aufzeichnen

Das Aufzeichnen von Videotutorials führte in beiden Branchen zu einer leichten Verlangsamung der Arbeitsgeschwindigkeit aufgrund zusätzlicher Erklärungen. Im Pflegebereich bereiteten sich viele Mitarbeiter auf die Aufzeichnung vor, während in der Produktion spontane Erklärungen

üblich waren. Die anfängliche Verlangsamung hatte jedoch keinen signifikanten Einfluss auf die Gesamtarbeitsleistung, und die Geschwindigkeit verbesserte sich mit der Übung wieder.

Wissenstransfer

In der Produktion wurden die Videos als nützlich zur Auffrischung von Prozessen angesehen. Im Gesundheitssektor wurden Tutorials durch Notizen in Patientenakten bereitgestellt, um spezifische Bedürfnisse und Fragen zu adressieren. Insgesamt betrachten Mitarbeiter Videotutorials als nützliche Ergänzung zu schriftlichen Anweisungen und persönlichem Training, nicht jedoch als vollständigen Ersatz.

Sicherheit

Die Studie ergab mehrere Sicherheitsprobleme im Zusammenhang mit der Nutzung von Datenbrillen. In der Produktion erschwerten visuelle Hindernisse, wie Sicherheitsvorrichtungen, den Einsatz der Brillen. Zudem fehlte es an unmittelbarem Feedback während der Videotutorials, und die Sorge, dass keine erfahrene Person im Notfall eingreifen könnte, führte zu Unsicherheit bei den Mitarbeitern. Im Pflegebereich wurde das Thema Sicherheit ebenfalls intensiv behandelt, insbesondere im Hinblick auf die Patientensicherheit. Kritische Aufgaben wurden ausschließlich an Übungspuppen durchgeführt, um Risiken zu vermeiden.

Arbeitsumgebung

Beleuchtung und Geräuschpegel beeinflussten die Videoqualität. Bei stationären Aufgaben wie Maschinenarbeit war die Beleuchtung oft unzureichend, während mobile Aufgaben flexiblere Lichtverhältnisse ermöglichten. Auch Geräusche stellten ein Problem dar: In lauten Arbeitsumgebungen war die Audioaufnahme schlechter, obwohl die Hintergrundgeräusche gut gefiltert wurden. Um optimale Bedingungen für die Aufnahme zu schaffen, sollten sowohl die Beleuchtung als auch die Lärminderung in verschiedenen Arbeitsumgebungen gezielt verbessert werden.

Bedienung und Steuerung

Zu Beginn der Studie empfanden viele Teilnehmer die Gestensteuerung der Brillen als umständlich. Während sich Produktionsmitarbeiter besser an die Steuerung anpassten, blieben Pflegekräfte bis zum Ende der Studie unsicher im Umgang mit den Gesten. Die Bedienung der App wurde hingegen als einfach und verständlich beschrieben.

Ergonomie und Kopfbewegung

Zu Beginn war es herausfordernd, den Kopf für stabile Videoaufzeichnungen ruhig zu halten. Mit zunehmender Erfahrung und Übung der Mitarbeiter aus beiden Bereichen verbesserte sich dies jedoch merklich. Dies spiegelte sich auch in der Qualität der aufgenommenen Videotutorials wider: Die Videos, die nach der zweiten Woche der Nutzung aufgenommen wurden, zeigten deutlich weniger Ruckeln.

Perspektive aus der Ich-Perspektive

Die Aufzeichnung aus der Ich-Perspektive ermöglichte ein besseres Verständnis der Aktivitäten, da die Lernenden den Inhalt aus demselben Blickwinkel wie die ausführende Person sahen. Diese Perspektive erleichterte das Verständnis komplexer Aufgaben in beiden Branchen.

Auflösung und Sichtbarkeit

Die geringe Auflösung und die kleine Bildschirmgröße der Datenbrillen wurden besonders in der Qualitätskontrolle kritisiert. Im Pflegebereich wurde die Auflösung als ausreichend empfunden, jedoch wurde die konstante Anzeige des Videos anfänglich als störend empfunden. Einige Mitarbeiter berichteten auch von Problemen mit der räumlichen Wahrnehmung beim Einsatz der Brillen, was die genaue Einschätzung von Abständen erschwerte.

Die Ergebnisse des Projekts zur Integration von Datenbrillen in Pflege- und Produktionsumgebungen zeigt vielversprechende Zukunftsaussichten für die Nutzung dieser Technologie auf. Durch Design-Thinking-Workshops und Beobachtungsstudien wurden Einsatzgebiete identifiziert und Anforderungen an das SmARtorials-System ermittelt. Die Schaffung geeigneter Testumgebungen und die Entwicklung prototypischer Systeme ermöglichten die Evaluation und Weiterentwicklung der Technologie. In der Praxis erwiesen sich die Datenbrillen als einfach zu integrieren und wurden von den meisten Mitarbeitern positiv aufgenommen. Insbesondere die Möglichkeit zur Dokumentation wiederkehrender Aufgaben und die Schulung neuer Mitarbeiter wurden als herausragende Vorteile hervorgehoben. Dennoch wurden auch Herausforderungen wie die Bedeutung einer effizienten Vorbereitung und die Verbesserung der Steuerungsoptionen identifiziert. Trotzdem zeigen die Ergebnisse ein deutliches Potenzial der Datenbrillen zur Steigerung der Effizienz und Qualität in verschiedenen Arbeitsbereichen. Es wird deutlich, dass kontinuierliche Verbesserungen und eine enge Zusammenarbeit zwischen Technologieentwicklern und Anwendern erforderlich sind, um das volle Potenzial dieser Technologie auszuschöpfen und eine erfolgreiche Integration in Arbeitsprozesse zu gewährleisten.

Technische Entwicklungen

Prototyp „Helmkamera“:

Im Mai 2022 Jahr präsentierte Task9 GmbH den ersten Prototypen „Helmkamera“ (siehe Abbildung 6). Im Hinblick auf die Wünsche und Vorstellungen der Mitarbeitenden, wurden verschiedene Komponenten mit einer gewissen Größe und einem relevanten Gewicht für den ersten Prototyp benötigt. Diese an eine tragbare Brille zu integrieren war nicht praktisch umsetzbar. Um alle Komponenten in Sichtrichtung der tragenden Person auszurichten, wurde die Kamerakomponenten zunächst am Kopf der Person platziert. Iterativ wurde das Kamerasystem so erweitert, das der Kamerawinkel für den Nutzenden mit einer 1-Knopf-Bedienung verstellbar wurde. Die häufig in den erstellten Videos gesehene „Verschattung“ von relevanten Inhalten und ein falsch eingestellter Kamerawinkel, wurde über die zeitgleich tragbare Epson Moverio BT-35E, die sowohl der „Videovorschau“ als auch einem späteren Abspielen der Videos diente (siehe Abbildung 6) beworht. Diese erste Lösung zur Videoaufnahme und -wiedergabe funktionierte technisch gut, war jedoch wenig alltagstauglich und nutzerfreundlich.



ABBILDUNG 8 ZEIGT DEN PROTOTYP „HELMKAMERA“ ZUR AUFNAHME VON VIDEOS. DIE ZUGLEICH GETRAGENE EPSON MOVERIO BT-35E DIENTE DER VORSCHAU UND DEM ANSCHLIEBENDEN ABSPIELEN DES VIDEOS

Mit einem Display-Feedback als „Vorschau“ am Arm des Nutzens (Bestandshandy mit Armmanschette) konnte die Epson Moverio BT-35E später ersetzt werden. Es wurde auf die Aufnahme qualitativ guter Videos konzentriert.

Mitte 2023 erfolgte die Erweiterung des Prototyp Helmkamera um Sprachsteuerung („Start“, „Stopp“). Das Mikrophon wurde zur Verbesserung der Audioqualität und der Unterdrückung von Hintergrundgeräuschen optimiert. Die von den Anwendungspartnern gewünschte Zoomfunktion per Spracheingabe wurde nur teilweise implementiert, da Nebengeräusche, z.B. von Maschinen oder Personen, Probleme bei der korrekten Sprachsteuerung verursachten. Eine Gesamtintegration aller Funktionen scheiterte zudem an der Audiospur. Die Synchronisation von Video und Audio gelang.

Prototyp „Brille“:

Ende 2023 Jahr wurde die Helmkamera durch Minimalisieren der einzelnen Komponenten zu einer „echten Brille“ weiterentwickelt. Die Bauteile wurden iterativ verkleinert. Zunächst wurde eine Brille per 3D-Druck erzeugt, die später durch verschiedene Unisex-Optikergestelle mit und ohne Sehstärke ersetzt wurde. Der Hauptfokus lag auf der Alltagstauglichkeit der Brille, also: Tragekomfort, Robustheit und simpel in ihrer Bedienbarkeit.



ABBILDUNG 9 NUTZENDE TRÄGT SMARTORIALS PROTOTYP BRILLENKAMERA

Den Tragekomfort des Prototyps und die Akzeptanz beim Nutzens konnten wir noch deutlich steigern, weil die Nutzens das Brillengestell nach ihrem individuellen Geschmack (Form, Farbe und Größe) und mit Gläsern in Sehstärke auswählen konnten, da sich das Kameramodul USB 2.0 an viele gängige Kunststoff-Brillengestelle integrieren lässt. Voraussetzung sind lediglich breite Bügel. Die Bereitschaft bei den Nutzens, diese Brille länger und häufiger zu tragen war damit gegeben.

Das Gehäuse, in dem sich Recheneinheit und Stromversorgung befinden, zeichnet sich durch geringe Größe und Gewicht aus. Das wurde durch fortlaufende Softwareoptimierung und Reduktion auf die wirklich notwendigen Funktionen, die Integration der Elektronik auf ein Bord und eine eigene Recheneinheit möglich. Der kleine Akku reicht für ca. 20 Minuten

Videoaufzeichnung mit 20 Bildern pro Sekunde. Auf Softwareoptimierungen und energielastige Funktionen, wie eine Sprachsteuerung wurde bewusst verzichtet. Anwendertests hatten bereits gezeigt, dass eine Sprachsteuerung die Nutzenden schnell überfordert und ihr Nutzen durch störende Umgebungsgeräusche oft zu gering ist. Es bleibt die Möglichkeit, dass Video nachträglich mit Ton und Untertiteln, auch in anderen Sprachen, zu unterlegen. Zur Bedienung (An/Aufnahme/Aus) wurden Taster in das Gehäuse eingebaut. Brille und Gehäuse sind nur durch einen flexiblen Kabelstrang verbunden, welcher über den Rücken geführt wird, sich aber auch problemlos z.B. per Klett in Arbeitskleidung integrieren lässt.



ABBILDUNG 10 BRILLENKAMERA GESTELL MIT KAMERA ALS 3D-DRUCK (ITERATION 1)



ABBILDUNG 12 BRILLENKAMERA GEHÄUSE



ABBILDUNG 11 BRILLENKAMERA OPTIKERGESTELL MIT GEHÄUSE AM GÜRTEL

Für das Abspielen der erstellten Videos in der Arbeitsumgebung mit freien Händen nutzen wir die leichtgewichtige XREAL Air 2 Pro Brille. Sie verfügt über einen virtuellen bis zu 330 Zoll 120 Hz Bildschirm mit einer Ein-Knopf-Immersionkontrolle, die zwischen drei Dimm stufen wählen lässt. Diese Brille ist damit ideal für die Verwendung bei wechselnden Lichtverhältnissen im Innen- und Außenbereich. Sie kann durch aufsteckbare Gläser in Sehstärke nutzerindividuell angepasst werden, so dass sie weiterhin für mehrere Personen nutzbar bleibt.



ABBILDUNG 13 XREAL AIR 2 PRO

Aktuell wird daran gearbeitet, den Brillenprototyp in die XREAL Air 2 Pro zu integrieren, um eine gemeinsame Lösung für Aufnahme und Abspielen von Videos anzubieten.

Objekterkennung: Bei der Objekterkennung gelang es, die Farben rot und braun sowie Kanten und geometrische Formen mittels selbst erzeugter Trainingsdatensätze zu segmentieren. Die Konturen der vom Anwendungspartner KKT hergestellten Feuerwehr-Masken konnten wir bei optimaler Ausleuchtung auf einem Labortisch detektieren.

Für die AR-Brille von Epson wurden Applikationen auf Basis von Android OS entwickelt. Diese demonstrieren das Auslesen von Sensoren der AR-Brille, sowie die Anwendung der Techniken zur Objekterkennung auf einem mobilen Endgerät.

Konformität mit gesetzlichen Regelungen: Zur Wahrung der Privatsphäre sowie unter Berücksichtigung potentieller Ansprüche auf geistiges Eigentum, die während der automatischen Erstellung von Videotutorials entstehen könnten, wurde eine Einverständniserklärung für Foto-, Video- und Tonaufnahmen mit entsprechenden Datenschutzhinweisen als Vorlage bereitgestellt. Der Server bzw. die erstellte Plattform, auf dem die Videos abgelegt werden, wird durch die Task9 GmbH in Bochum betrieben. Die Datenhoheit bleibt bei den Erstellern der Videos.

Zusammenfassung und Ausblick

Das Forschungsprojekt „SmARtorials - Smarte Videotutorials für die Arbeitspraxis in Augmented Reality“ hat erfolgreich den Einsatz von Datenbrillen zur Wissensvermittlung in Arbeitsumgebungen implementiert und untersucht. Die enge Zusammenarbeit zwischen Anwendern, Entwicklern und Forschungspartnern führte zur Entwicklung eines akzeptierten und praktischen Systems, das die Arbeits- und Organisationsgestaltung in kleinen und mittelständischen Unternehmen verbessern soll.

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene innovative Ansätze zur Erstellung und Nutzung von Videotutorials mithilfe von Smart Glasses getestet. Das System ermöglicht es, Arbeitsprozesse ohne Unterbrechungen aufzuzeichnen und direkt vor Ort Wissen zu vermitteln. Die entwickelten

Smart Glasses und die zugehörige Software bieten eine flexible und benutzerfreundliche Lösung, die durch ihre einfache Handhabung und die Möglichkeit der Anpassung an spezifische Aufgaben besticht.

Für die Zukunft ergeben sich mehrere Perspektiven: Die fortlaufende Optimierung des Systems, insbesondere der Benutzeroberfläche und des Funktionsumfangs, könnte die Anwendung noch effizienter gestalten. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um die Langzeitwirkungen und die optimale Integration der Technologie in verschiedene Arbeitsprozesse zu erforschen. Auch die Skalierung des Systems auf größere Unternehmen und andere Branchen könnte neue Erkenntnisse und Herausforderungen bieten. Insgesamt zeigt das Projekt, dass die Integration von AR in die Arbeitswelt vielversprechende Möglichkeiten für die Wissensvermittlung und -erhaltung bietet.

Referenzen

- [1] K. Dalkir, *Knowledge Management in Theory and Practice*. Elsevier Butterworth Heinemann, 2005.
- [2] I. Nonaka und H. Takeuchi, „The Knowledge Creating Company“, *Harv. Bus. Rev.*, Bd. 69, Nr. 6, S. 96–104, 1991.
- [3] H. M. Collins, „Humans, machines, and the structure of knowledge“, *Stanf. Humanit. Rev.*, Bd. 4, Nr. 2, S. 67–83, 1995.
- [4] K. Bredl, A. Groß, J. Hünninger, und J. Fleischer, „The avatar as a knowledge worker? How immersive 3D virtual environments may foster knowledge acquisition“, *Electron. J. Knowl. Manag.*, Bd. 10, Nr. 1, S. 15, 2012.
- [5] A. Holzinger, M. Kickmeier-Rust, und D. Albert, „Dynamic media in computer science education; content complexity and learning performance: is less more?“, *J. Educ. Technol. Soc.*, Bd. 11, Nr. 1, 2008.
- [6] R. J. Spencer, P. H. Chang, A. R. Guimaraes, und P. G. Firth, „The use of Google Glass for airway assessment and management“, *Pediatr. Anesth.*, Bd. 24, Nr. 9, S. 1009–1011, 2014, doi: 10.1111/pan.12496.
- [7] F. Quint und F. Loch, „Using Smart Glasses to Document Maintenance Processes“, in *Mensch und Computer 2015 - Workshopband*, A. Weisbecker, M. Burmester, und A. Schmidt, Hrsg., Berlin, München, Boston: DE GRUYTER, 2015. doi: 10.1515/9783110443905-030.
- [8] T. Kunzendorff und M. Prilla, „Entwurf und Entwicklung von realitätsnahen Lernszenarien mittels Augmented Reality“, in *Mensch und Computer 2018 - Tagungsband*, R. Dachsel und G. Weber, Hrsg., Bonn: Gesellschaft für Informatik e.V., 2018.
- [9] M. Janßen und M. Prilla, „Adjusting AR-Workflows of Care Tasks: Experiences from an Initial Study“, 2019, doi: 10.18420/muc2019-ws-623.
- [10] M. Prilla, M. Janßen, und T. Kunzendorff, „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, 2019.
- [11] A. Stocker, M. Spitzer, C. Kaiser, M. Rosenberger, und M. Fellmann, „Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage“, *Inform.-Spektrum*, Bd. 40, Nr. 3, S. 255–263, Juni 2017, doi: 10.1007/s00287-016-0965-6.
- [12] R. Hong, J. Tang, H.-K. Tan, C.-W. Ngo, S. Yan, und T.-S. Chua, „Beyond search: Event-driven summarization for web videos“, *ACM Trans. Multimed. Comput. Commun. Appl.*, Bd. 7, Nr. 4, S. 1–18, Nov. 2011, doi: 10.1145/2043612.2043613.
- [13] Changick Kim und Jenq-Neng Hwang, „Fast and automatic video object segmentation and tracking for content-based applications“, *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, Bd. 12, Nr. 2, S. 122–129, Feb. 2002, doi: 10.1109/76.988659.
- [14] Yan Lu, Wen Ga, und Feng Wu, „Automatic video segmentation using a novel background model“, in *2002 IEEE International Symposium on Circuits and Systems. Proceedings (Cat. No. 02CH37353)*, Phoenix-Scottsdale, AZ, USA: IEEE, 2002, S. III-807–III-810. doi: 10.1109/ISCAS.2002.1010347.
- [15] P. Brandl, H. Aschbacher, und S. Hösch, „Mobiles Wissensmanagement in der Industrie 4.0“, in *Mensch und Computer 2015 - Workshopband*, A. Weisbecker, M. Burmester, und A. Schmidt, Hrsg., Berlin, München, Boston: DE GRUYTER, 2015. doi: 10.1515/9783110443905-033.
- [16] A. Lucero, „Using Affinity Diagrams to Evaluate Interactive Prototypes“, Sep. 2015, S. 231–248. doi: 10.1007/978-3-319-22668-2_19.

DuEPublico

Duisburg-Essen Publications online

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Offen im Denken

ub

universitäts
bibliothek

Dieser Text wird via DuEPublico, dem Dokumenten- und Publikationsserver der Universität Duisburg-Essen, zur Verfügung gestellt. Die hier veröffentlichte Version der E-Publikation kann von einer eventuell ebenfalls veröffentlichten Verlagsversion abweichen.

DOI: 10.17185/duepublico/82714

URN: urn:nbn:de:hbz:465-20241128-131939-6

Alle Rechte vorbehalten.