Forschung aktuell

November 2025 DOI: https://doi.org/10.53190/fa/202511 Ausgabe 11/2025

Einblicke in nutzerzentrierte Entwicklungsprozesse von KI-basierten Augmented Reality (AR) Visualisierungen im Operationssaal | Projekt Karvimio

Elena Fitzner & Peter Enste

Auf den Punkt

- Technologische Entwicklungen ermöglichen neue Konzepte für den intelligenten Operationssaal, der Patient:innensicherheit und Effektivität chirurgischer Eingriffe verbessern soll.
- Das KARVIMIO-Unterstützungssystem stellt erste Entwicklungsschritte für KI-basierte AR-Visualisierungen von medizinischen Instrumenten zur Unterstützung von operationstechnischen Assistent:innen dar.
- Im Rahmen dieser technologischen Entwicklung konnten durch die enge Zusammenarbeit mit der Zielgruppe praxisrelevante Anforderungen erfasst und das System erprobt werden.
- Ein ELSI-basiertes formatives Evaluationsdesign bietet eine wertvolle Unterstützung und Ergänzung zur iterativen Ermittlung und Einbindung der Nutzendenperspektive.
- Das KARVIMIO-Unterstützungssystem kann die Kompetenzentwicklung fördern, Sicherheit geben, Abläufe optimieren und den fachgerechten Umgang mit Instrumenten unterstützen.

IAT Westfälische Hochschule RUB

Inhalt

1 Hintergrund 1
1.1 Smart Operating Room 1
1.2 Durchgeführte Operationen in deutschen Krankenhäusern 1
1.3 Problemstellungen im OP 2
1.4 Offene Fragestellungen und Zielsetzung 3
2 Das Projekt 4
2.1 Technologischer Ansatz 4
3 Methode 4
3.1 User-Centered Design 5
3.2 Ethische Aspekte im Rahmen der ELSI Methode 5
4 Ergebnisse 7
5 Ausblick 9
Literatur 11

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 | Anzahl der am häufigsten durchgeführten Operationen in deutschen Krankenhäusern im Jahr 2023. Quelle: Statistisches Bundesamt (2024). Eigene Darstellung 2
Abbildung 2 | Prozess des iterativen Ist-Soll-Vergleichs (aus Enste et al.,2025) 6

Schlüsselwörter: digitaler Operationssaal, Augmented Reality, User-centered design, ELSI, Karvimio

1 Hintergrund

1.1 Smart Operating Room

In der täglichen Patientenversorgung nimmt der Einsatz von High-Tech-Geräten deutlich zu – beispielsweise durch Patient:innenmonitore, Navigationssysteme, Unterstützungsgeräte und weitere Systeme (Köbe, 2024). Mit dem stetigen technischen Fortschritt entstehen auch im Bereich des „digitalen Operationssaals“ neue Visionen und Ansätze, wobei dabei der „intelligente Operationssaal“ zunehmend eine zentrale Rolle für Patientensicherheit und die Effektivität chirurgischer Eingriffe in der klinischen Entwicklung einnimmt (Henriksen et al., 2008). Zu den innovativen Ansätzen in der Versorgung chirurgischer Patient:innen gehören unterschiedliche Ansatzpunkte, um die Patientensicherheit zu beeinflussen, wie beispielsweise die Simulation oder die intelligente Bildgebung („Smart Images“) (Seagull et al., 2008). Ferner zählen beispielsweise intelligente Umgebungen oder gruppenbasierte Technologien zu bedeutenden Entwicklungsansätzen. Intelligente Bilder bezeichnen entweder die Extraktion von Elementen aus einer Umgebung und deren Integration in ein Bild oder die Anreicherung von Elementen in einer Szene. Smart Images werden beispielsweise eingesetzt, um Operationstechniken zu erproben oder Operationsverfahren zu unterstützen. Intelligente Umgebungen schaffen eine solche, indem sie das medizinische Personal begleiten und Feedback geben. Gruppenbasierte Kommunikationstechnologien sollen Kommunikationsprozesse verbessern und erleichtern (Seagull et al., 2008). Der Beitrag informiert über ein Projekt im Bereich Smart Images mit dem Ziel der Weiterentwicklung eines digitalen Operationssaals. Entsprechende Technologien wie Augmented Reality (AR) können für Aus- und Weiterbildung, Telementoring, präoperative Planung, bildgesteuerte Chirurgie oder Datenerfassung im OP eingesetzt werden (Lareyre et al., 2021).

Aktuelle Entwicklungen im Bereich von „Head Mounted Displays“ oder „Smart Glasses“ für intelligente Bilder werden als vielversprechend eingeschätzt. Im Bereich der Gefäßchirurgie zeigt sich beispielsweise, dass diese für die Ausbildung von Chirurg:innen und für das Telemonitoring von großem Interesse sind. Dennoch ergibt sich trotz ermutigender Ergebnisse und technischer Möglichkeiten der Bedarf nach technischen Verbesserungen und weiterer Forschung (Lareyre et al., 2021).

1.2 Durchgeführte Operationen in deutschen Krankenhäusern

Die potenzielle Bedeutung von innovativen Technologien und der Weiterentwicklung im Sinne des „intelligenten Operationssaals“ wird deutlich, wenn man den Zuwachs und die zahlenmäßige Verteilung von durchgeführten Operationen in deutschen Krankenhäusern betrachtet. Im Jahr 2023 wurden in deutschen Krankhäusern insgesamt 16.531.491 Operationen durchgeführt (Destatis, 2024). Gegenüber

15.918.053 Operationen im Jahr 2022 und 15.838.178 Operationen im Jahr 2021 ist hierbei bereits ein Anstieg von 3,85 % bzw. 4,38 % zu verzeichnen. Betrachtet man die 20 häufigsten Operationen, zeichnet sich ein eindeutiges Bild ab: Insbesondere im Bereich der Chirurgie am Bewegungsapparat finden sehr viele Operationen statt (Abb. 1, orangene Einfärbung). Aus diesem Grund fokussiert sich das Projekt auf die Entwicklung von AR-Visualisierungen im Bereich der Chirurgie an der Wirbelsäule sowie der Hüft- und Kniegelenke.

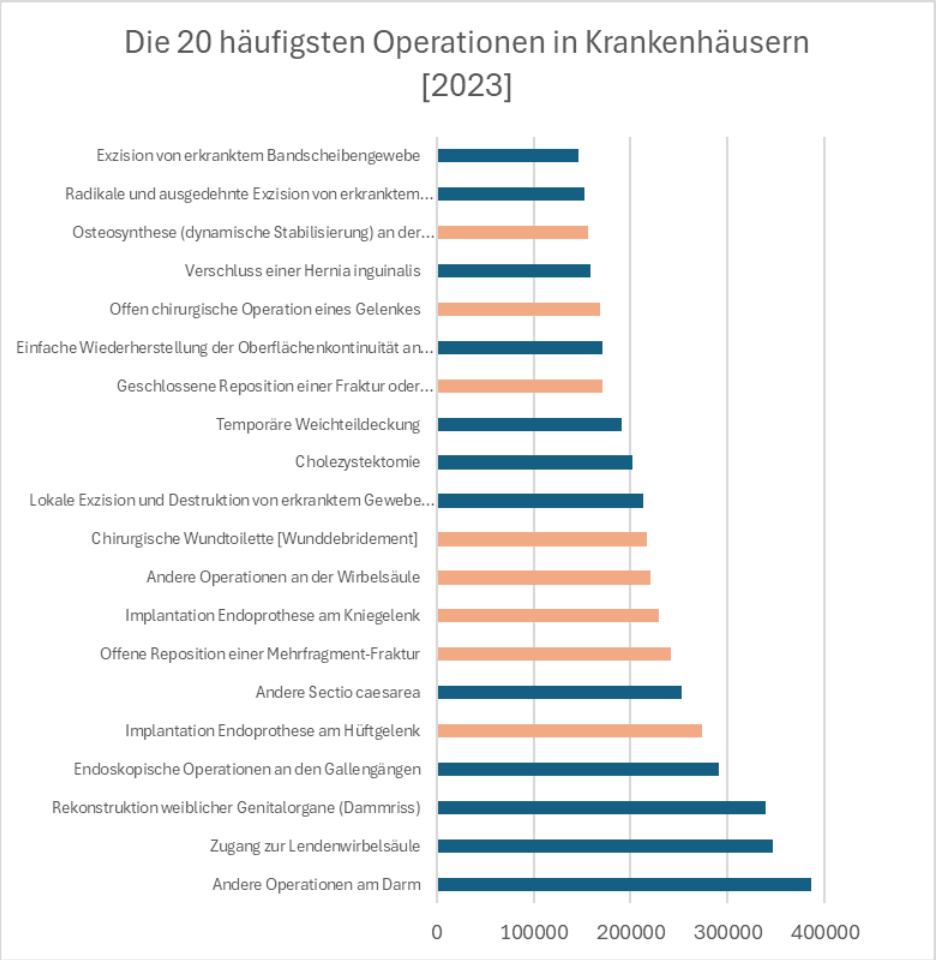

Abbildung 1 | Anzahl der am häufigsten durchgeführten Operationen in deutschen Krankenhäusern im Jahr 2023. Quelle: Statistisches Bundesamt (2024). Eigene Darstellung

1.3 Problemstellungen im OP

Für (chirurgische) Operationen werden spezifische, medizinische Instrumente benötigt, welche beispielsweise für das Entfernen von Knochensubstanz, zum Bohren von Löchern oder zur Vorbereitung von Implantaten genutzt werden. Trotz der Expertise des Operationsteams kann die Montage und korrekte Anwendung jedes einzelnen Instruments eine enorme Herausforderung darstellen. Die kognitiven Anforderungen der Chirurgie, einschließlich der Handhabung und Nutzung chirurgischer Instrumente, dürfen nicht unterschätzt werden (Corley et al., 2011). Die hohe

Anzahl an Instrumenten, die gleichzeitig bedient werden müssen, kann sich negativ auf die Leistung auswirken (Farrokhi et al., 2015). In diesem anspruchsvollen und unter hohem Druck stehenden Umfeld des Operationssaals muss jedes Teammitglied seine jeweilige Rolle präzise erfüllen: Operationstechnische Assistent:innen (OTAs) im sterilen Bereich sind dafür zuständig, die chirurgischen Instrumente korrekt zusammenzusetzen und den Chirurg:innen in der richtigen Reihenfolge anzureichen – stets unter Einhaltung der Sterilität – und verfügen dabei sowohl über technische als auch über nicht-technische Fähigkeiten (Mitchel et al., 2011). Pflegekräfte/OTAs im unsterilen Bereich (Springer:in) stellen den instrumentierenden OTAs die benötigten Informationen oder Materialien zur Verfügung. Forschungsergebnisse zeigen, dass die Nutzungsrate einzelner chirurgischer Instrumente während einer Operation tendenziell sehr niedrig ist und eine steigende Anzahl an Instrumenten mit einer geringeren Nutzungsrate sowie einer signifikant höheren Fehlerquote einhergeht. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass selten eingesetzte Instrumente häufig nicht korrekt zusammengesetzt werden können (Stockert & Langerman, 2014) und eine spontane Konsultation der Herstellerhandbücher oder anderer Expertise erforderlich ist. Ein Mangel an Informationen über die Instrumente und Prozesse wirkt sich darüber hinaus negativ auf die Handhabung und Effektivität der Instrumente aus. Eine Untersuchung von Yasuhara et al. (2012) hinsichtlich defekter chirurgischer Instrumente zeigte, dass 6,3 % der während Operationen eingesetzten Instrumente fehlerhaft waren, wobei der Großteil der Mängel auf Materialverschleiß und an zweiter Stelle auf unsachgemäße Anwendung zurückzuführen war. Fehler beim Zusammenbau der Instrumente verzögern den Operationsverlauf und können sich potenziell negativ auf das medizinische Ergebnis auswirken, etwa durch verlängerte Narkosezeiten oder durch ein gesteigertes Risiko für postoperative Wundinfektionen. Vor dem Hintergrund dieser komplexen Problemlage gewinnt der Einsatz künstlicher Intelligenz (KI) und der Einsatz von Smart Image Verfahren in der Chirurgie zunehmend an Bedeutung (Birkhoff et al., 2021).

1.4 Offene Fragestellungen und Zielsetzung

Das KARVIMIO-Forschungsprojekt adressiert diese Herausforderungen mit einem KI- und AR-gesteuerten Unterstützungssystem, welches das OP-Team mit Ad-hoc- und In-situ-Informationen unterstützt, um die Arbeitsbelastung zu reduzieren und die Qualität der Patient:innenbehandlung zu erhöhen. Um einen Einblick in das Projekt zu geben, werden in diesem Beitrag folgende Fragen beleuchtet:

1. Welche Probleme treten bei der Verwendung von Handbüchern und Instrumenten auf?

2. Welche Anforderungen haben potenzielle Nutzer:innen?

3. Welche ethischen Implikationen können abgeleitet werden?

2 Das Projekt

Im Rahmen des Projektes KARVIMIO[1] (**K**I-basierte **A**ugmented **R**eality **Vi**sualisierung von Bedienungsanleitungen **m**edizinischer **I**nstrumente im **O**perationssaal) wird ein Unterstützungssystem für OTAs entwickelt. Das System funktioniert über ein Head Mounted Display, wobei medizinische Instrumente und chirurgische Baugruppen in der OP-Umgebung identifiziert werden. Anschließend werden die entsprechenden Anweisungen für den Zusammenbau der Instrumente im Rahmen einer AR-Visualisierung dargestellt, mit dem Ziel, die Nutzung von papierbasierten Anleitungen zu übertreffen. Das KARVIMIO Projekt wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) über eine Laufzeit von drei Jahren gefördert (August 2022 bis Juli 2025).

2.1 Technologischer Ansatz

Durch die Überlagerung von (virtuellen) Inhalten mit der realen Welt können die Nutzer:innen zusätzliche Informationen wahrnehmen, die keine physische Form haben. Dies wird unter anderem als Augmented Reality (AR) bezeichnet und liegt im Kontinuum zwischen einer realen und einer virtuellen Umgebung (Milgram et al., 1995). Geräte mit optischer Durchsicht ermöglichen eine ideale Darstellung und behindern die Funktion der Hände nicht. Kombiniert man sie mit Ansätzen des maschinellen Lernens und Schätzungen und Verfolgungen der Lage und Montagezustände physischer Objekte (Fan et al., 2022), können zusätzliche Informationen durch sie abgebildet werden (Cao et al., 2023). Im KARVIMIO Projekt wird AR genutzt, um die Anleitung der Montageprozesse zu unterstützen, indem sie hervorhebt, welche Teile ausgewählt werden müssen und wie sie zusammengesetzt werden. Die Nutzer:innen sind weniger kognitiv belastet, machen weniger Fehler und beenden die Aufgabe in kürzerer Zeit (Blattgerste et al., 2018). Im KARVIMIO Projekt wurde die Microsoft HoloLens 2 als Quasi-Standardgerät für die AR-Darstellung, räumliche Abtastung und Interaktion mit Sprache und Blicken verwendet. Darüber hinaus wird das Blickfeld der HoloLens um eine statische Tiefenkamera erweitert. Objekte, die sich derzeit nicht im Sichtfeld der HoloLens befinden, können dadurch verfolgt werden (Li et al., 2024) und den Nutzern können Indikatoren zu diesem spezifischen Teil angezeigt werden.

3 Methode

In diesem Beitrag sollen Einblicke in das Vorgehen hinsichtlich eines nutzerzentrierten und ethisch vertretbaren Entwicklungsprozesses gegeben werden.

[1] KARVIMIO | HEX Lab

3.1 User-Centered Design

Es wurde ein nutzerzentrierter Gestaltungsprozess (User-Centered Design, UCD) umgesetzt, bei dem die Bedürfnisse, Wünsche und Einschränkungen der Endnutzenden in allen Phasen des Entwicklungsprozesses im Fokus stehen (Gould & Lewis, 1985). Die häufig zitierte Norm EN ISO 9241–210 beschreibt Leitlinien für die Mensch-Computer-Interaktion und stellt einen Standard zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit dar (International Organization for Standardization). Es existieren verschiedene Ansätze zur Einbindung von Nutzenden in den Entwicklungsprozess; deren Wirksamkeit und Nutzen wurden jedoch bislang nicht systematisch miteinander verglichen. Dies erschwert die Auswahl des am besten geeigneten Vorgehens aus der Vielzahl verfügbarer Methoden (Kujala, 2003).

UCD beginnt mit der Erarbeitung eines fundierten Verständnisses der Nutzerbedürfnisse und -anforderungen (International Organization for Standardization). Entsprechend sollte eine Vielzahl von Methoden einbezogen werden, darunter Informationsbeschaffung, Identifikation von Nutzendenbedürfnissen, Entwicklung einer Zielvorstellung (Visioning), Bewertung sowie Spezifikation von Anforderungen (Maguire & Bevan, 2002). Für eine effektive Umsetzung des UCD-Ansatzes ist es erforderlich, dass alle Projektbeteiligten ein umfassendes Verständnis über die künftigen Nutzenden entwickeln – einschließlich ihrer Arbeitssituation, ihrer Ziele und Aufgaben sowie ihrer Kommunikations-, Kooperations- und Interaktionsweisen (Gulliksen et al., 2003).

Methodisch wurden mehrere Erhebungszyklen, welche in Synergie mit den ethischen Aspekten des Projektes stehen, genutzt (siehe Phase I-IV im nachfolgenden Kapitel).

3.2 Ethische Aspekte im Rahmen der ELSI Methode

Im Rahmen der Entwicklung technologischer Innovationen ist es unerlässlich, neben den technologischen Potenzialen und funktionalen Leistungsmerkmalen, auch ethische, rechtliche und soziale Aspekte (ELSI) von Beginn an integrativ in den Innovationsprozess einzubinden. Nur durch eine solche umfassende Betrachtung kann sichergestellt werden, dass neue Technologien nicht nur technisch effizient, sondern auch gesellschaftlich akzeptabel, rechtlich legitimiert und ethisch vertretbar sind (Enste et al., 2025).

Die Berücksichtigung dieser sogenannten ELSI-Dimensionen trägt maßgeblich dazu bei, Risiken frühzeitig zu identifizieren, Akzeptanzbarrieren zu verringern und eine verantwortungsvolle Technikgestaltung zu ermöglichen. Hierbei ist insbesondere der Dialog mit verschiedenen gesellschaftlichen Akteuren von zentraler Bedeutung. Dieser Ansatz fördert Transparenz, Vertrauen und eine breitere Legitimierung technologischer Entwicklungen. Die ELSI- Methodik wurde vom Team des Forschungsschwerpunktes „Gesundheitswirtschaft & Lebensqualität“ vom Institut Arbeit und Technik in der Projektlaufzeit stark weiterentwickelt. Die neue Methode

des „ELSI-integrierten formativen Evaluationsdesigns für soziotechnische Transformationen im Sozial- und Gesundheitswesen“ wurde entsprechend publiziert, sodass wesentliche Hintergründe, theoretische Fundierungen und Arbeitsschritte an anderer Stelle dokumentiert sind (Enste et al., 2025). Im Folgenden werden die wesentlichen methodischen Arbeitsschritte (siehe Abb. 2) kurz erläutert:

(1) In einem ersten Arbeitsschritt wurde der aktuelle Arbeitszustand (IST-Zustand) als Ausgangslage ermittelt.
(2) Im Rahmen eines Treffens mit dem gesamten Projektteam wurde ein gemeinsames Ziel (SOLL-Zustand) definiert.
(3) Auf dieser Grundlage wurden Fragen hinsichtlich der ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte entwickelt.
(4) Diese Fragen wurden sowohl im Rahmen von Interviews, Workshops und Fokusgruppen mit der Zielgruppe diskutiert als auch durch Literaturrecherchen untermauert.
(5) Fragestellungen und Ergebnisse wurden im Projektteam in wiederkehrenden Workshops (OptiSyn Workshops) diskutiert und mögliche weitere Fragestellungen sowie Implikationen für den Projektverlauf und die Entwicklung identifiziert.
(6) Durch regelmäßige IST-/SOLL-Vergleiche und die Analyse und Reflexion der Ergebnisse ergab sich ein iterativer Arbeitsprozess.

Abbildung 2 | Prozess des iterativen Ist-Soll-Vergleichs (aus Enste et al.,2025)

Im Rahmen des User-Centered Designs und des iterativen IST-/SOLL Vergleichs und der Analyse der Ergebnisse konnten Synergien genutzt werden. Für beide methodischen Arbeitsschritte wurden kontinuierlich Erhebungen mit der Zielgruppe

(OTAs und weitere Stakeholder) durchgeführt. Diese Erhebungen orientierten sich an dem Entwicklungsprozess und wurden in vier Phasen aufgeteilt:

- **Phase I** – Erhebung des IST-Zustand, Anforderungen und SOLL-Zustand: 9 Interviews mit OTAs, ZSVA, Medizinprodukteherstellern und Workshop mit Fokusgruppen je 10 TN, erster OptiSyn Workshop im Projektteam
- **Phase II** – Nutzer:innen-Feedback zu ersten Entwicklungen und weitere Anforderungen: Workshop mit 6 Stakeholdern und Interviews mit 4 OTAs
- **Phase III** – Nutzer:innen-Feedback im Rahmen einer Hands-On-Testung: Interviews mit 7 OTAs und Workshop mit 7 Stakeholdern, zweiter OptiSyn Workshop im Projektteam
- **Phase IV** – Anwendungsstudie mit Nutzer:innen: Interviews mit 12 OTAs nach Live-Testung des Systems

4 Ergebnisse

Basierend auf den genannten Fragen I-III werden im Folgenden die bestehenden Herausforderungen und Probleme in der Verwendung der Handbücher sowie die Anforderungen an das zu entwickelnde System und die ethischen Implikationen vorgestellt.

In der ersten Erhebungswelle **(Frage I)** wurde der Ist-Zustand erfasst. Die Aussagen der Teilnehmenden unterstützen bisherige Erkenntnisse aus der Literatur und die Vermutung, dass die bisherige Arbeit mit den Handbüchern als aufwendig empfunden wird. Handbücher werden im Operationssaal meist analog und je nach Ausstattung des Operationssaals auch digital über fest verbaute Computer verwendet. Bei der analogen Nutzung lagern die Handbücher auf separaten Wagen oder in Schränken (außerhalb des Operationssaals). In Abhängigkeit der jeweiligen Hersteller sind die Handbücher von sehr unterschiedlicher Qualität – einige sind auf die Arbeitsschritte in der Operation ausgerichtet und stellen wenige Informationen für die OTAs bereit, bei anderen mangelt es an Detailgenauigkeit, um auch kleinste Einstellungen und Arbeitsschritte nachvollziehen zu können. Die Nutzung der Handbücher während der OP erfordert in den meisten Fällen die Unterstützung durch eine:n Springer:in, da die Handbücher nicht steril sind. Zusammenfassend ist somit sowohl die Beschaffung der Handbücher zeitaufwendig als auch die Arbeit mit ihnen. Die folgende Schilderung verdeutlicht exemplarisch diesen Prozess:

Ein Produkt (medizinisches Instrument) muss zusammengebaut werden. Die Person, die den Zusammenbau übernimmt (OTA) kann jedoch nicht selbst durch die Bedienungsanleitung (medizinisches Handbuch) vor- und zurückblättern, sondern muss eine weitere Person (Springer:in) instruieren, die passende Stelle in der Anleitung zu finden und die entsprechenden Arbeitsschritte vorzulesen bzw. zu erklären. Im Falle von Unklarheiten über das weitere Vorgehen erfolgt ein zeitaufwändiger Prozess, welcher eine gute Kommunikation innerhalb des Teams verlangt, und eine zügige Zusammenarbeit erfordert. Bei größeren Herausforderungen und Schwierigkeiten nimmt der Druck im OP stetig zu, wodurch die Arbeitsatmosphäre und Konzentrationsfähigkeit beeinflusst werden können.

Im nächsten Schritt wurden die Anforderungen von potenziellen Nutzer:innen an das System erhoben **(Frage II)**. Diese umfassen digitale, visuell unterstützte Anleitungen mit klaren, kurzen Schritten und animierten Darstellungen. Gewünscht wird ein benutzerfreundliches, praxisnahes System mit klarer Rückmeldung zu den durchgeführten Arbeitsschritten, einfacher Bedienung und guter Integration in bestehende OP-Abläufe. Eine Sprachsteuerung erscheint aufgrund der parallelen Kommunikationsprozesse im OP nicht praktikabel. Nach ersten Entwicklungsschritten konnten der Nutzendengruppe technische Fortschritte in iterativen Zyklen vorgestellt und weiteres Feedback erhoben werden. Dabei zeigte sich, dass die Augensteuerung sehr gut funktioniert. Die in einem ersten Schritt ausgewählten Farben in der Darstellung dürfen jedoch nicht den Farben der OP-Tuch-Farben ähneln und sollen sich klar abheben. Zudem sollte die Skalierung und Schriftgröße verbessert werden. In einem Praxistest zur Anwendung des Systems durch die Nutzenden wurden weitere Anforderungen erhoben. Dabei zeigte sich, dass das Design bereits sehr ansprechend gestaltet war, die Lesbarkeit und Übersicht jedoch weiter verbesserungswürdig schienen. Die OTAs äußerten, dass das System einen deutlichen Mehrwert sowohl für neue und ungelernte Mitarbeitende bietet als auch für erfahrene OTAs, welche spontan für eine OP eingeplant werden, welche sie selbst lange nicht durchgeführt haben.

Im Hinblick auf die ethischen Aspekte **(Frage III)** wurden gemäß der ELSI-Methode entsprechende Kriterien mit den Teilnehmenden diskutiert. Im Folgenden soll der Fokus auf den ELSI-Kriterien über das Vertrauen in das System und der Kompetenzentwicklung liegen. Die Verantwortung für die korrekte Ausführung der Arbeit bleibt weiterhin bei den OTAs – das schafft Transparenz und Vertrauen. Die Anleitung im System wird als gut animiert und leicht verständlich beschrieben. Dadurch entsteht ein Gefühl von Sicherheit, und die OTAs geben an, sich auf die Unterstützung des Systems verlassen zu können. Ein weiterer vertrauensbildender Aspekt ist, dass keine persönlichen Daten in das System eingegeben werden müssen. Das sorgt für zusätzliche Akzeptanz und stärkt das Vertrauen in den verantwortungsvollen Umgang mit sensiblen Informationen. Im Rahmen der aktiven Testung kam es nur vereinzelt zu Unsicherheiten (z. B. war ein Instrumententeil nur schwer zu

erkennen). Unsicherheit entstand durch fehlende Rückmeldungen des Systems bei Fehlern. Weitere Hinweise oder visuelle Ergänzungen (z. B. „es muss klicken“) wären daher hilfreich, ihr Fehlen beeinflusst das Vertrauen jedoch nicht negativ.

Das System wird als eine große Unterstützung beim Erlernen neuer Abläufe und Prozesse wahrgenommen. Besonders hilfreich ist es für neue Mitarbeitende oder für Personen, die mit dem Aufbau bestimmter Instrumente noch nicht vertraut sind. Durch klare, visuelle Anleitungen kann das System dazu beitragen, Fehler zu vermeiden und Sicherheit im Umgang mit dem Material zu gewinnen. Auch im Schulungs- und Lernkontext bietet das System einen echten Mehrwert – vor allem bei komplexen Operationen oder beim Einsatz seltener bzw. selten genutzter Geräte. Es unterstützt nicht nur beim Aufbau der Instrumente, sondern auch bei der Überprüfung des Ergebnisses. Die befragten OTAs empfanden das KARVIMIO-System als sehr hilfreich, um ihre eigenen Kompetenzen weiterzuentwickeln oder aufzufrischen. Ein Kompetenzverlust durch die regelmäßige Nutzung wurde von den Teilnehmenden nicht befürchtet. Darüber hinaus kann der gezielte Einsatz die Vorbereitung auf anspruchsvolle Eingriffe verbessern. Langfristig könnte es sogar dazu beitragen, das Berufsfeld attraktiver zu gestalten – etwa indem moderne, unterstützende Technologien den Einstieg erleichtern und gleichzeitig die Qualität der Arbeit sichern. Einschränkungen hinsichtlich des potenziellen Nutzens des KARVIMIO-Systems, welche im Rahmen der Erhebungen genannt wurden, waren dabei, dass für sehr erfahrene OTAs bzw. gut bekannte Prozesse der Nutzen deutlich geringer eingeschätzt wird. In hektischen OPs oder bei Notfällen könnte das System sogar hinderlich sein, da der Fokus dann außerhalb des dargestellten Standard-Zusammenbau-Prozesses liegen muss.

5 Ausblick

Das im Rahmen dieses Forschungsprojekts entwickelte KARVIMIO-Unterstützungssystem zur AR-basierten Visualisierung von Bedienungsanleitungen für medizinische Instrumente bietet aus unterschiedlichen Perspektiven erhebliches Potenzial zur Weiterentwicklung des „intelligenten Operationssaals“. Für OTAs stellt es eine wertvolle Hilfe dar – sowohl zur Einarbeitung neuer Mitarbeitenden als auch zur kontinuierlichen Weiterentwicklung eigener Fachkompetenzen. Die visuelle Aufbereitung komplexer Handlungsabläufe erleichtert nicht nur das Verständnis, sondern fördert auch die Sicherheit und Genauigkeit im Umgang mit medizinischen Instrumenten. Insbesondere im Bereich der Chirurgie an der Wirbelsäule sowie der Hüft- und Kniegelenke existieren zahlreiche verschiedene und zunehmend komplexe Instrumenten-Systeme. Das KARVIMIO-Unterstützungssystem kann eine wertvolle Unterstützung in der praktischen Arbeit mit diesen zahlreichen Systemen bieten.

Aus unternehmerischer Sicht ergeben sich darüber hinaus vielversprechende Anwendungsfelder. Das System könnte zukünftig für eine strukturierte Erfassung und Auswertung von Nutzer:innenfeedback weiterentwickelt werden und auf diese

Weise gezielt zur Produktverbesserung genutzt werden. Darüber hinaus können Schulungslücken identifiziert und geschlossen werden, was langfristig zu einer Reduktion von Anwendungsfehlern und einer insgesamt effizienteren Gestaltung der OP-Prozesse beitragen könnte. Zukünftige zusätzliche Funktionen, wie etwa die Integration von Dokumentations- und Qualitätssicherungsprozessen, könnten den praktischen Nutzen und die Attraktivität des Systems weiter erhöhen.

Die durchgeführte Stakeholder-Analyse hat darüber hinaus gezeigt, dass die Einsatzmöglichkeiten über den unmittelbaren OP-Kontext hinausreichen. Insbesondere in der zentralen Sterilgutversorgungsabteilung wurde ein deutliches Interesse an einer angepassten Version des Systems geäußert. Diese Erkenntnis eröffnet Perspektiven für die Weiterentwicklung und Ausweitung des Anwendungsbereichs. Insgesamt zeigt sich, dass das KARVIMIO-System nicht nur die Arbeitsbedingungen für OTAs verbessern, sondern auch zur strategischen Weiterentwicklung der Arbeitsprozesse im Operationssaal beitragen kann.

Literatur

Birkhoff DC, van Dalen ASH, Schijven MP (2021) A review on the current applications of artificial intelligence in the operating room. *Surg Innov* 28(5):611–619

Blattgerste J, Renner P, Strenge B, Pfeiffer T (2018) In-situ instructions exceed side-by-side instructions in augmented reality assisted assembly. In: *Proceedings of the 11th pervasive technologies related to assistive environments conference*, 18, 133–140

Cao J, Lam K-Y, Lee L-H, Liu X, Hui P, Su X (2023) Mobile augmented reality: user interfaces, frameworks, and intelligence. *ACM Comput Surv* 9:1–36

Corley F, Thomas R (2011) Basic surgical instruments and their use. *Op Tech Sports Med* 19(4):200–205

Destatis (2024). Vollstationär behandelte Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2023 – Operationen insgesamt. Die 20 häufigsten Operationen insgesamt (5) - *Statistisches Bundesamt*

Enste, P., Kucharski, A., Wielga, J., Fitzner, E., & Sarwary, H. Auf dem Weg zu einem ELSI-integrierten formativen Evaluationsdesign für soziotechnische Transformationen im Sozial-und Gesundheitswesen. *Soziotechnische Transformationen im Sozial-und Gesundheitswesen: kollaborativ, divers, barrierefrei und sozialräumlich,* 217-232.

Fan Z, Zhu Y, He Y, Sun Q, Liu H, He J (2022) Deep learning on monocular object pose detection and tracking: a comprehensive overview. *ACM Comput Surv* 4:1–40

Farrokhi FR, Gunther M, Williams B, Blackmore CG (2015) Application of lean methodology for improved quality and efficiency in operating room instrument availability. *J Healthc Qual* 5:277–286

Gould JD, Lewis C (1985) Designing for usability: key principles and what designers think. *Commun ACM* 3:300–31

Gulliksen J, Göransson B, Boivie I, Blomkvist S, Persson J, Cajander A (2003) Key principles for user-centred systems design. *Behav Info Technol* 22(6):397–409

Henriksen K, Battles JB, Keyes MA, Grady ML (eds) (2008) *Advances in patient safety: new directions and alternative approaches*. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville

International Organization for Standardization ISO 9241-11—Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs): Part 11: guidance on usability

Köbe, P. (2024). Technologische Vorausschau für die Gesundheitsversorgung–methodische Ansätze zur Bewertung von Zukunftstechnologien. In Technologien und Technologiemanagement im Gesundheitswesen: Potenziale nutzen, Lösungen entwickeln, Ziele erreichen (pp. 273-299). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Kujala S (2003) User involvement: a review of the benefits and challenges. Behav Inf Technol 1:1–16

Lareyre F, Chaudhuri A, Adam C, Carrier M, Mialhe C, Raffort J (2021) Applications of head-mounted displays and smart glasses in vascular surgery. *Ann Vasc Surg* 75:497–512

Li S, Schieber H, Corell N, Egger B, Kreimeier J, Roth D (2024) GBOT: graph-based 3D object tracking for augmented reality-assisted assembly guidance. *IEEE: arXiv preprint*: 2402.07677

Maguire M, Bevan N (2002) User requirements analysis: a review of supporting methods. In: Hammond J, Gross T, Wesson J (eds) *Usability*. IFIP WCC TC13 2002. IFIP—the international federation for information processing. Springer, Boston, pp 133–148

Milgram P, Takemura H, Utsumi A, Kishino F (1995) Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *SPIE Proc* 2351:282–292

Mitchel L, Flin R, Yule S, Mitchell J, Coutts K, Youngson G (2011) Thinking ahead of the surgeon. An interview study to identify scrub nurses' non-technical skills. *Int J Nurs Stud* 7:818–828

Seagull FJ, Moses GR, Park AE (2008) Pillars of a smart, safe operating room. In: Henriksen K, Battles JB, Keyes MA, Grady ML (eds) *Advances in patient safety: new directions and alternative approaches*. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville

Statistisches Bundesamt (2024). Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik). Vollstationär behandelte Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2023 – Die 20 häufigsten Operationen insgesamt. *Statistischer Bericht* 2023 - Statistisches Bundesamt

Stockert EW, Langerman A (2014) Assessing the magnitude and costs of intraoperative inefficiencies attributable to surgical instrument trays. *J Am Coll Surg* 4:646–655

Yasuhara H, Fukatsu K, Komatsu T, Obayashi T, Saito Y, Uetera Y (2012) Prevention of medical accidents caused by defective surgical instruments. *Surgery* 2:153–161

/// Zitationshinweis

Fitzner, E., & Enste, P. (2025). Einblicke in nutzerzentrierte Entwicklungsprozesse von KI-basierten Augmented Reality (AR) Visualisierungen im Operationssaal | Projekt Karvimio. *Forschung aktuell, 11/2025.* https://doi.org/10.53190/fa/202511

/// Autorinnen und Autoren

Elena Fitzner ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Forschungsschwerpunkt „Gesundheitswirtschaft & Lebensqualität“ des Instituts Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen.

Dr. Peter Enste ist Direktor des Forschungsschwerpunkts „Gesundheitswirtschaft & Lebensqualität“ des Instituts Arbeit und Technik der Westfälischen Hochschule Gelsenkirchen.

/// Impressum

Herausgeberin

Westfälische Hochschule Gelsenkirchen
Institut Arbeit und Technik
Munscheidstr. 14
45886 Gelsenkirchen

Redaktion

Marco Baron
Telefon: +49 (0)209.17 07-627
E-Mail: baron@iat.eu

Bildnachweis

Titelbild: © TUM

Mit dem Publikationsformat „Forschung aktuell“ sollen Ergebnisse der IAT-Forschung einer interessierten Öffentlichkeit zeitnah zugänglich gemacht werden, um Diskussionen und die praktische Anwendung anzuregen. Für den Inhalt sind allein die Autorinnen und Autoren verantwortlich, die nicht unbedingt die Meinung des Instituts wiedergeben.