

Arbeitswissenschaftliche Methoden in der Erforschung chirurgischer Mixed Reality

Christoph RÜGER¹, Moritz QUEISNER^{1,2}

¹ *Chirurgische Klinik, Campus Charité Mitte | Campus Virchow-Klinikum
Experimentelle Chirurgie, Charité – Universitätsmedizin Berlin
Corporate Member of Freie Universität Berlin
Humboldt-Universität zu Berlin, and Berlin Institute of Health
Augustenburger Platz 1, D-13353, Berlin*
² *Staatliche Hochschule für Gestaltung Karlsruhe
Lorenzstraße 15, D-76135 Karlsruhe*

Kurzfassung: In der Chirurgie erfolgt das Erlernen von Fähigkeiten primär durch Beobachtung und Assistieren, sowie supervisiertem Operieren. Dies betrifft die initiale Ausbildung ebenso wie die Weiterbildung, etwa beim Erlernen neuer Operationstechniken. Mixed Reality (MR) kann den Lern- und Trainingsprozess sicherer und effektiver gestalten: Mittels MR-Brillen können etwa die individuelle Patientenanatomie oder intraoperative Ultraschallbilder dreidimensional auf das Operationsgebiet überlagert und vereinfachen so die Orientierung und die Hand-Auge-Koordination. Die Entwicklung und Evaluation entsprechender Assistenzsysteme sind interdisziplinäre Aufgaben, die Kompetenzen in Softwareentwicklung, Chirurgie und Design erfordert. Dies erschwert die akademische Forschung: Nur wenige Einrichtungen verfügen über Expertise in allen erforderlichen Disziplinen, sodass oft umfangreiche Kollaborationen notwendig sind. Dies erschwert den Austausch von Fachwissen, z.B. bezüglich chirurgischer Arbeitsabläufe. Anhand des derzeitigen Stands des Feldes und konkreter Fallbeispiele erörtert der Beitrag die Anschlussmöglichkeiten arbeitswissenschaftlicher Methoden und Fragestellungen an dieses noch primär technisch und medizinisch geprägte Forschungsfeld. Potenzielle Ansätze hierbei sind methodisch-systematische Analysen (chirurgischer) Arbeitsprozesse, der Einsatz qualitativer und gemischter Methoden sowie der Wissenstransfer aus ähnlich sicherheitskritischen Arbeitsfeldern, wie z.B. der Luftfahrt. Das Ziel ist dabei auf die Leerstelle in der chirurgischen Forschung und aufmerksam zu machen, die insbesondere die Evaluation der kognitiven und ergonomischen Auswirkungen chirurgischer MR-Anwendungen betrifft. Die Beteiligung der Arbeitswissenschaft könnte die Definition der Anforderungen an chirurgische MR-Systeme maßgeblich verbessern und zur Entwicklung neuer Anwendungen und Arbeitsabläufe beitragen. Im Rahmen des Panels möchten wir deshalb Schnittstellen und Ansatzpunkte zwischen Arbeitswissenschaft und dem Forschungsfeld der chirurgischen MR ausloten, um den Diskurs gemeinsam weiterzuentwickeln, das Methodenrepertoire zu erweitern und Innovationen anzustoßen.

Schlüsselwörter: Mixed Reality, Medizin, Chirurgie, Head-Mounted Display, Ausbildung, Methodik

1. Mixed Reality in der chirurgischen Ausbildung und Praxis

In der Chirurgie erfolgt das Erlernen von Fähigkeiten und der Austausch von Erfahrungen traditionell größtenteils praxisorientiert (Halsted 1904): Ein wesentlicher Teil des chirurgischen Wissens wird über das Beobachten und Assistieren bei Operationen (OPs) erlangt und mittels (betreuter) eigener Eingriffe vertieft. Hierbei ist eine Vielzahl chirurgischer Fähigkeiten zu erlernen und zu meistern. Eine der wichtigsten Fähigkeiten hierbei ist das räumliche Verständnis und Vorstellungsvermögen des Operationsgebietes, insbesondere der individuellen Patientenanatomie. Hierfür spielen, neben dem direkten Blick auf das Operationsgebiet und Kamerabildern, auch häufig radiologische Bildquellen, wie z.B. Computertomographie (CT) eine wichtige Rolle. In der Planungsphase und während der Operation müssen sich die behandelnden Ärzt*innen diese zweidimensionalen Schnittbilder bisher räumlich vorstellen, um sie während des Eingriffs auf die Anatomie des Patienten zu beziehen.

In diesem Kontext wird Mixed Reality (MR) als potenzielles Visualisierungswerkzeug und Hilfsmittel betrachtet. MR bezeichnet hierbei die Darstellung virtueller Objekte im Kontext der realen Welt, z.B. mittels am Kopf getragener Bildschirme, sog. Head-Mounted Display (HMD). Konkret kann mittels MR z.B. ein CT-Datensatz räumlich akkurat über das Operationsgebiet überlagert werden, statt mittels wandmontierter Bildschirme angezeigt zu werden (Park et al. 2020). Hierdurch sollen Eingriffe erleichtert werden, z.B. durch verbesserte Hand-Auge-Koordination. Durch zusätzliche Einblendungen könnte MR zudem das praktische Erlernen chirurgischer Fähigkeiten quasi als „Stützräder“ anleiten oder bei überdurchschnittlich komplexen Eingriffen zusätzliche Orientierung bieten, wovon auch erfahrene Operierende profitieren können.

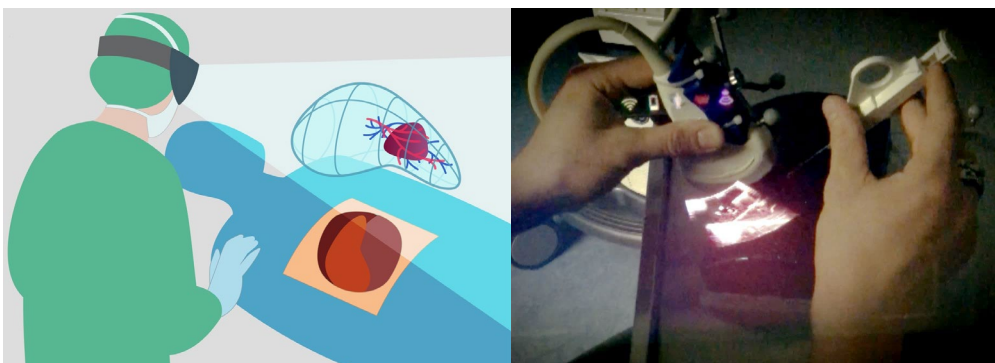


Abbildung 1: *Beispielanwendungen für MR in der Chirurgie. Links: Illustration einer MR-Visualisierungskonzepts für die Leberchirurgie. (© Moritz Queisner und Michael Pogorzelskiy) Rechts: Nutzerperspektive durch MR-HMD einer Anwendung für ultraschallgestützte Nadelpunktionen (Rüger et al. 2020).*

2. Methodische Herausforderungen

Medizinische, und insbesondere chirurgische, Mixed Reality sind ein derzeit stark wachsendes Forschungsfeld mit einer stetig steigenden Anzahl an Publikationen pro Jahr. Nachdem in vielen Machbarkeitsstudien die Plausibilität des Konzeptes gezeigt wurde, muss nun systematisch evaluiert werden, welche praktischen Vorteile zu erwarten sind, um eine Beurteilung bezüglich eines Einsatzes im Klinikalltag zu ermöglichen. Hierbei sind vor allem die Auswirkungen auf die zu unterstützenden Arbeitsabläufe und deren Ergebnisse von Bedeutung. Technische Parameter wie Systemlatenz oder Überlagerungsgenauigkeit sind zwar ebenfalls notwendig, aber nicht hinreichend

für eine klinisch-praktische Beurteilung. Derzeit mangelt es vor allem an anwendungsorientierten systematischen Evaluationen (Vávra et al. 2017; Jud et al. 2020). Dieser Mangel ist, unserer Ansicht nach, auf die methodischen Herausforderungen des Feldes zurückzuführen, welche sich aus dem interdisziplinären und stark spezialisierten Charakter des Feldes ergeben. Wir sehen hierbei primär drei Herausforderungen:

Erstens ist die Analyse der zu unterstützenden chirurgischen Arbeitsabläufe schwierig - hier ist neben arbeitswissenschaftlicher Expertise auch medizinisches und technisches Fachwissen erforderlich. Die Anforderungs- und Problemanalyse leidet somit oft unter typischen Schwierigkeiten des interdisziplinären Arbeitens, wie z.B. Jargon und nach Fachgebiet stark schwankendem Hintergrundwissen. Eine systematische Analyse chirurgischer Arbeitsabläufe im Operationssaal könnte die technisch geprägten Studien zu Prototypen und Demonstratoren sinnvoll ergänzen und so die Entwicklung von MR-Software unterstützen (Ameri et al. 2017).

Zweitens sind Erfolge in dem Feld schwer quantifizierbar, insbesondere wenn der Effekt als chirurgisches Hilfsmittel (statt als Lernwerkzeug) überprüft werden soll. Dies spiegelt sich bereits in der Auswahl sinnvoller Evaluationsparameter wider: Ist z.B. eine Reduktion der subjektiven Arbeitsbelastungen in der Praxis relevant in Form verbesserter Arbeitsbedingungen oder gar Outcomes für Patienten? Eindeutig relevante Parameter wie die Rate schwerer Komplikationen oder die Operationsdauer schwanken oft deutlich von Fall zu Fall. Diese Schwankungen lassen sich kaum durch den Experiment-/Studienentwurf beeinflussen und wirken sich oft deutlicher stärker aus als der durch MR-Hilfsmittel zu erwartende Effekt. Eine dementsprechend hohe Fallzahl ist somit oft notwendig, jedoch selten realisierbar.

Drittens existieren noch keine etablierten Methoden der Evaluation im Bereich der chirurgischen MR. Neben effektiven Studien- und Experimentdesigns wären hierbei insbesondere auch validierte Fragebögen hilfreich.

3. Methodischer Status Quo

3.1 Überblick

Systematische Evaluationen chirurgischer MR-Systeme mit einem Fokus auf Arbeitsabläufe, -systeme und -ergebnisse sind noch nicht ausreichend vorhanden. Aktuelle Studien weisen oftmals geringe Fallzahlen auf (< 20 oder gar < 10), mehr als 50 Studienteilnehmende sind seltene Ausnahmen. Zudem sind oft medizinische und/oder technische Forschungsgruppen federführend; (kognitions-)psychologische oder arbeitswissenschaftliche Institute sind kaum vertreten. Dies schlägt sich auch in der Methodik nieder, welche sich prinzipiell auf quantitative Messungen und Fragebogen beschränkt. Qualitative Ansätze und Mixed-Methods-Studien werden kaum angewendet, s. Tabelle 1.

Tabelle 1: Ergebnisse der medizinischen Publikations-Meta-Datenbank PubMed mit Suchanfragen der Form („mixed reality“ OR „augmented reality“ OR „extended reality“) AND surgery AND x, wobei für x unterschiedliche Begriffe (z.B. „evaluation“ oder „ergonomics“) eingesetzt wurden. Es wurden nur Publikationen seit 2015 berücksichtigt, um den derzeitigen Stand des Feldes abzubilden.

		evaluation	ergonomics	„human factors“	„mixed methods“
Anzahl Suchtreffer	851	302	34	5	3
Anteil	100%	35,49%	4,00%	0,59%	0,35%

3.2 Beispiele für Evaluationen

Anhand folgender ausgewählter Publikationen soll der derzeitige methodische Stand des Forschungsfeldes exemplarisch konkretisiert werden:

- *Pelans et al.* verglichen in ihrer 2019 veröffentlichten Studie eine (3D) MR-Anwendung mit regulärer bildschirmbasierter (2D) Darstellung für das Auffinden von Lebertumoren. Hierbei wurden (randomisiert) drei Fälle pro Bedingung dargestellt; die Zeit bis zum Auffinden des Tumors, die Erfolgsrate der Identifizierung und ein eigens erstellter Fragebogen mit Likert-Elementen wurden quantitativ analysiert (n=28). Die Autoren gehörten medizinischen und/oder Informatik-Forschungsgruppen an (Pelans et al. 2019).
- *Watanabe et al.* stellten 2016 eine MR-Anwendung für die Neurochirurgie vor, welche anatomische Strukturen und geplante Werkzeugtrajektorien mittels Tablet auf den Patienten überlagert (Watanabe et al. 2016). In einer in 2019 veröffentlichten Studie setzten sie die Anwendung bei fünf Patienten in der Klinik ein. Neben den typisch-medizinischen Fallbeschreibungen wurde der subjektive Eindruck der Autoren bzgl. der Anwendung in der Praxis diskutiert. Alle Autoren gehörten einer medizinischen Forschungsgruppe an (Satoh et al. 2019).
- In unserer 2020 veröffentlichten Studie (s. Abb. 1, rechts) evaluierten wir ein MR-System, das mittels Head-Mounted Display Ultraschallbilder in Echtzeit räumlich korrekt überlagert. Die Anwendung wurde im Kontext ultraschallgestützter Nadelpunktionen unter Laborbedingungen mit der konventionellen Bildschirm-Darstellung verglichen. Hierbei wurden in einem Mixed-Methods-Ansatz Aufgabendauer, Punktionsgenauigkeit und subjektive Arbeitsbelastung nach NASA Task-Load Index quantitativ untersucht; zudem wurde mittels lautem Denken und semi-strukturierten Interviews qualitativ trianguliert. Die Autoren gehörten einer medizinischen Forschungsgruppe, einem arbeitswissenschaftlichen Fachgebiet und/oder einer Medizintechnik-Firma an (Rüger et al. 2020).

4. Diskussion

Die Konzeption und Evaluation chirurgischer MR-Systeme erfolgt derzeit oft ad hoc, d.h. ohne Bezug auf etablierte Systematik und Methoden, wie sie durch arbeitswissenschaftliche Ansätze z.B. in der Luftfahrt entwickelt wurden. Dafür gibt es drei wesentliche Ursachen:

Erstens liegt das Forschungsfeld in der Schnittmenge zweier Disziplinen (Chirurgie und Informatik) und erfordert somit in der Regel die Kooperation mehrerer Institute. Dies birgt zusätzlichen kommunikativen und koordinativen Aufwand. Zudem sind möglicherweise nicht die erforderlichen Ressourcen vorhanden, um andere Fachgebiete direkt zu beteiligen. Dementsprechend ist es meist praktikabel, die Anzahl der beteiligten Institute/Organisationen gering zu halten und somit kein weiteres z.B. arbeitswissenschaftliches Fachgebiet einzubeziehen.

Zweitens ist das Feld primär durch medizinische und technische Arbeitsgruppen dominiert. Es ist somit naheliegend, dass die Thematik regelmäßig entsprechend als medizinische und technische Fragestellung behandelt wird (vgl. die oben vorgestellte Studie von *Sato et al.*). Angesichts stark steigenden Interesses und auch Investitionen in die Forschung und Entwicklung von MR-Anwendungen könnte es attraktiv erscheinen „erstmal zu machen“ - wobei eine systematische Evaluation (vgl. Tabelle 1, nur etwa ein Drittel enthielten das Schlüsselwort „evaluation“). Zwar ist MR zuletzt auch vermehrt Gegenstand von Förderausschreibungen, diese zielen aber zumeist auf konkrete kommerzielle Anwendungsszenarien ab und weniger auf systematische Studien. Drittens gehen wir von einem noch geringen Bewusstsein hinsichtlich der arbeitswissenschaftlichen Komponente einerseits, als auch der bereits existierenden Methodik. Dies könnte ein weiteres Hindernis für das Etablieren von Kooperationen mit arbeitswissenschaftlichen Instituten darstellen.

Hier müssten mehr Kooperationen und ein systematischer Wissensaustausch zwischen chirurgischen, medizintechnischen und arbeitswissenschaftlichen (und verwandten) Fachgebieten etabliert werden. Arbeitswissenschaftliche Konzepte sollten vermehrt zur Problembetrachtung und -lösung im Bereich chirurgischer MR herangezogen werden, um das Methodenrepertoire zu erweitern und Innovationen anzustoßen.

Einen weiteren Lösungsansatz bietet die Übertragung bereits etablierter arbeitswissenschaftlicher Methoden und Ansätze aus vergleichbaren Feldern. Hier sehen wir insbesondere sicherheitskritische Anwendungen wie z.B. das Cockpit-Design in der Luftfahrt als vielversprechende Kandidaten. Längerfristig ist das Erarbeiten eigener Standardmethoden wünschenswert: Für chirurgische MR entwickelte Design- und Evaluationsmethoden könnten als etablierter Standard zur „Plug & Play“-Lösung auch für Forschungsgruppen ohne arbeitswissenschaftlich-methodische Expertise werden. Hierin sehen wir einen großen möglichen Zugewinn für das Forschungsfeld.

5. Fazit

Die Erforschung chirurgischer Mixed Reality birgt komplexe methodische Herausforderungen - sowohl in der Konzeption als auch in der Evaluation von MR-Systemen. Dies zeigt sich bei einem Großteil aktueller Studien insbesondere im Hinblick auf effektive Methoden zur systematischen Evaluation von MR-Systemen. Arbeitswissenschaftliche Betrachtungen und Methoden können hierbei eine wichtige Rolle spielen,

jedoch sind entsprechende Ansätze noch kaum vertreten. In diesem Sinne ist es wünschenswert die Zusammenarbeit zwischen Arbeitswissenschaft, Medizin und Informatik zu intensivieren.

6. Literatur

- Ameri, Golafsoun, John S. H. Baxter, Daniel Bainbridge, Terry M. Peters, and Elvis C. S. Chen. 2017. "Mixed Reality Ultrasound Guidance System: A Case Study in System Development and a Cautionary Tale." *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*. <https://doi.org/10.1007/s11548-017-1665-7>.
- Halsted, William Stewart. 1904. "The Training of the Surgeon." *JAMA: The Journal of the American Medical Association* XLIII (21): 1553. <https://doi.org/10.1001/jama.1904.02500210043006>.
- Jud, Lukas, Javad Fotouhi, Octavian Andronic, Alexander Aichmair, Greg Osgood, Nassir Navab, and Mazda Farshad. 2020. "Applicability of Augmented Reality in Orthopedic Surgery - A Systematic Review." *BMC Musculoskeletal Disorders* 21 (1): 1–13. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-3110-2>.
- Park, Brian J., Stephen J. Hunt, Gregory J. Nadolski, and Terence P. Gade. 2020. "Augmented Reality Improves Procedural Efficiency and Reduces Radiation Dose for CT-Guided Lesion Targeting: A Phantom Study Using HoloLens 2." *Scientific Reports* 10 (1): 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75676-4>.
- Pelanis, Egidijus, Rahul P. Kumar, Davit L. Aghayan, Rafael Palomar, Åsmund A. Fretland, Henrik Brun, Ole Jakob Elle, and Bjørn Edwin. 2019. "Use of Mixed Reality for Improved Spatial Understanding of Liver Anatomy." *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, May, 1–7. <https://doi.org/10.1080/13645706.2019.1616558>.
- Rüger, Christoph, Markus A. Feufel, Simon Moosburner, Christopher Özbek, Johann Pratschke, and Igor M. Sauer. 2020. "Ultrasound in Augmented Reality: A Mixed-Methods Evaluation of Head-Mounted Displays in Image-Guided Interventions." *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery* 15 (11): 1895–1905. <https://doi.org/10.1007/s11548-020-02236-6>.
- Satoh, Makoto, Takeshi Nakajima, Takashi Yamaguchi, Eiju Watanabe, and Kensuke Kawai. 2019. "Application of Augmented Reality to Stereotactic Biopsy." *Neurologia Medico-Chirurgica* 59 (11): 444–47. <https://doi.org/10.2176/nmc.tn.2019-0128>.
- Vávra, P., J. Roman, P. Zonča, P. Ilnát, M. Němec, J. Kumar, N. Habib, and A. El-Gendi. 2017. "Recent Development of Augmented Reality in Surgery: A Review." *Journal of Healthcare Engineering* 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4574172>.
- Watanabe, Eiju, Makoto Satoh, Takehiko Konno, Masahiro Hirai, and Takashi Yamaguchi. 2016. "The Trans-Visible Navigator: A See-Through Neuronavigation System Using Augmented Reality." *World Neurosurgery* 87: 399–405. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2015.11.084>.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

GfA-Press

Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2021
ISBN 978-3-936804-29-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

Screen design und Umsetzung

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de