

# Vorwort

Spätestens in der COVID-19-Pandemie haben wir realisiert, dass viele berufliche Tätigkeiten aus der Ferne – im Homeoffice und per Telearbeit – möglich sind. Nach der Pandemie blieb Telearbeit ein Teil des neuen Normal: Aktuell arbeiten ca. 25 Prozent der Beschäftigten in Deutschland zumindest anteilig im Homeoffice. Zusätzlich ersetzen mittlerweile viele Unternehmen die bisher üblichen Dienstreisen in großem Stil durch Webmeetings.

Das betrifft aber immer noch vorrangig Beschäftigte, die überwiegend geistig und mithin in Büros arbeiten. Für viele Berufe mit einem hohen Anteil manueller Tätigkeiten und von Interaktionsarbeit – sei es in der Pflege, im Handwerk oder am Montageband – ist eine umfassende Telearbeit schlicht nicht vorstellbar. Aber auch in diesen Gebieten existieren neben den wiederkehrenden, eher ausführenden Tätigkeiten auch Aufgaben, bei denen es auf eine Kombination wissensbasierter, kreativ-intellektueller Arbeit mit manuellen Verrichtungen und dialogischer Interaktion ankommt.

In der Industrie sind das vor allem Nicht-Routinen wie Inbetriebnahmen, Wartungen, Instandsetzungen, arbeitsplatznahe Schulungen und Unterweisungen, Audits oder Umbauten und Erweiterungen. Diese erfordern einerseits diagnostische und Problemlösefähigkeiten in Verbindung mit hochspezifischem Fachwissen, andererseits aber eben auch manuelle Verrichtungen – wie das De- und Remontieren, das Ausführen von Mess- und Prüfprozessen oder Einstellarbeiten. Oft genug ist dazu eine Zusammenarbeit zwischen den Betreibern von Produktionsanlagen mit ihren Ausrüstern sowie industrienahen Dienstleistern nötig. Dazu mussten sich bislang vor allem Mitarbeitende – bisweilen auch Geschäftsführende – der Ausrüster und Dienstleister auf Dienstreisen zu den Anlagenbetreibern begeben.

Vor diesem Hintergrund haben sich die beiden Forschungs- und Entwicklungs-Verbundprojekte

- **PraeRI** (Telepräsenzroboter in der Industrie) und
- **TeleInteraction-XR** (Augmented Reality für die Fernwartung)

mit der Frage beschäftigt, wie neue Technologien – eben Telepräsenzroboter und Augmented/Mixed Reality – dabei helfen können, solche Tätigkeiten in Form einer Fernunterstützung zu erledigen.

Ziel – insbesondere der beteiligten Anwendungspartner – war es dabei, durch technologiebasierte Fernunterstützung Dienstreisen zu ersetzen, um so an Reaktionsschnelligkeit, Zeit- und Kosteneffizienz, aber auch an Arbeitgeberattraktivität zu gewinnen. Gerade für Beschäftigtengruppen wie Monteure, Instandhalter und Projektgenieure verbessert sich die Vereinbarkeit von Beruf und Privatem enorm, wenn weniger Dienstreisen mit langen Abwesenheitszeiten von zu Hause anfallen.

In beiden Projekten wurden dazu zunächst Lösungen, die am Markt für andere Anwendungsgebiete bzw. für den privaten Konsum verfügbar sind, im industriellen Umfeld erprobt; Anwendungspotenziale und Entwicklungsbedarfe wurden identifiziert; für den Industrie Einsatz nötige Weiterentwicklungen wurden beispielhaft durchgeführt und als Demonstratoren umgesetzt.

Die Ergebnisse weisen die technische Machbarkeit der Fernunterstützung mit Telepräsenzrobotern und Mixed Reality in der Industrie grundsätzlich nach. Sie zeugen auch von einer oft bereits guten Akzeptanz durch die Beschäftigten. Zu den bleibenden Herausforderungen zählen vor allem die Verfügbarkeit stabiler, Breitband-Internetverbindungen, Fragen von Datensicherheit und Datenschutz sowie Abhängigkeiten von den Geschäftsmodellen der Technologiegeber.

Zu all diesen Aspekten berichten die Projektbeteiligten in diesem Sammelband nun selbst.

Als Inhaberin der Professur für Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement, die an beiden Projekten beteiligt war, bedanke ich mich an dieser Stelle sehr herzlich bei den Projektpartnern Actimage GmbH, CMC-Kiesel GmbH, HLS Robotik GmbH, IMSYS Immersive Systeme GmbH & Co. KG, LiGenium GmbH, LS Software Engineering GmbH, oculavis GmbH und ULT AG für die vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit. Den Autorinnen und Autoren, die gleichzeitig auch die maßgeblichen Bearbeitenden in den Projekten waren, danke ich auch persönlich für ihr Engagement im jeweiligen Projekt und für ihre wertvollen Beiträge zu dieser Publikation.

Im Namen beider Projektkonsortien bedanke ich mich beim Bundesministerium für Bildung und Forschung, das die Projekte im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ gefördert hat.

Dem Projektträger Karlsruhe (PTKA), namentlich Frau Dr. Spangenberg und Frau Schulz, danke ich für die ausgezeichnete Betreuung.

Den Leserinnen und Lesern wünsche ich spannende Einblicke und eine Ermutigung, die Arbeitswelt von morgen aktiv mitzugestalten. Denn das wurde in beiden Projekten getan: Neues ausprobieren, nutzen und verbessern!

Chemnitz, März 2025

Angelika C. Bullinger-Hoffmann

Herausgeberin

### Angelika C. Bullinger Hoffmann



Prof. Dr. Bullinger-Hoffmann leitet seit April 2012 die Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement der TU Chemnitz. Sie forscht zur menschzentrierten Gestaltung und Evaluation von Mensch-Maschine-KI-Systemen, mit dem Ziel individueller und gesellschaftlicher Akzeptanz und unternehmerischer Produktivitätssteigerung. Sie hat langjährige Erfahrung in der Einwerbung und Leitung von nationalen und europäischen Projekten, berät Industrieunternehmen und hält regelmäßig Vorträge und Keynotes zur Zukunft von Arbeit und Arbeitenden. Prof. Bullinger-Hoffmann ist Mitglied der Deutschen Akademie für Technikwissenschaften - acatech und Aufsichtsrätin der Paul Hartmann AG. Ergebnisse ihrer Arbeiten sind in Zeitschriften wie Ergonomics, Human Factors, Creativity and Innovation Management, R&D Management, sowie der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft publiziert.

## Inhaltsverzeichnis

So fern und doch so nah – Telepräsenz in der Industrie Danny Rüffert, Alexander Kögel, Thomas Löffler	1
Die Qual der Wahl – Welcher Telepräsenzroboter ist der Richtige? Francisco Hernandez, Danny Rüffert, Thomas Löffler	11
Ich brauche Unterstützung – Kontaktaufnahme über TPR-Anruffunktion Francisco Hernandez, Danny Rüffert	19
Bitte folge mir – Steuerung eines TPR über Gesten Florian Schnabel	27
Kannst Du mir das zeigen? Entwicklung und Evaluation einer Zeigefunktion für einen TPR Rakshith Venepally, Francisco Hernandez, Danny Rüffert	32
Erweiterung der Softwarefunktionalität von TPR zum Einsatz in der Industrie Sven Eichhorn, Georg Schmidt, Stefan Stüring, Rakshith Venepally	39
Roboter öffnen Türen – Neue Wege der Telepräsenz Nikolas von Lonski	47
Chancen und Grenzen von Telepräsenzrobotern in der Industrie aus Anwendersicht Sven Eichhorn, Florian Schnabel, Tom Heinicker, Georg Rudolph	53
Wer und was ist wo? – Synchronisation von Virtueller und Erweiterter Realität Alexander Kögel	63
Ich habe etwas vorbereitet – 3D-Modell-basierte AR/VR-Kopplung Markus Kiesel, Alexander Kögel	74
Kamera, Licht, Action! - Videostream-basierte AR/VR Kollaboration Daniel Wulf-Misaki	84

Mehr als oberflächlich! – Live Volumetric Streamings für die AR/VR-Kollaboration. Markus Kiesel, Daniel Wulf-Misaki	93
TeleInterACTION! – VR/AR-Kopplung im Praxistest Madeleine Berger, Nicole Holz, Danny Rüffert, Alexander Kögel	104