



KOLLABORATIVE VIRTUAL REALITY IN WERT- SCHÖPFUNGSKETTEN

Möglichkeiten der Gestaltung
und Nutzung in Unternehmen



Impressum

Herausgeber:

Institut für Sozialwissenschaftliche
Forschung e.V.
Jakob-Klar-Str. 9, 80796 München
www.isf-muenchen.de
© 2026 ISF München

Verantwortlich für den Inhalt:

Dr. Michael Heinlein
(ISF München)
Dr. Norbert Huchler
(ISF München)
Georg Fuhrmann
(Lightshape GmbH & Co. KG)
Katja Haak
(AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH)

Martin Baermann
(AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH)
Engin Biyikli
(VETTER Krantechnik GmbH)
Taisiia Zavhorodnia
(VETTER Krantechnik GmbH)
Dr. Marc Wyszynski
(Universität Bremen – AG Digital Public)

Gestaltung:

Torsten Royère

Empfohlene Zitierweise:

Heinlein, M., Huchler, N., Fuhrmann, G., Haak,
K., Baermann, M., Biyikli, E., Zavhorodnia, T., Wyszynski,
M. 2026. Kollaborative Virtual Reality in Wertschöpfungs-

ketten: Möglichkeiten der Gestaltung und Nutzung in
Unternehmen. München: ISF München.

DOI:

<https://doi.org/10.36194/VRChain2026>

Lizenz:

Dieses Werk ist, soweit nicht anders
angegeben, lizenziert unter einer Creative
Commons Namensnennung 4.0 International
Lizenz (CC BY 4.0)

Ausnahmen von der CC-Lizenz:

Von dieser Lizenz ausdrücklich ausgenommen sind
alle Abbildungen, Fotos, Tabellengrafiken sowie die
verwendeten Logos und Kennzeichen.

Diese unterliegen dem jeweiligen Urheber- bzw. Marken-
recht. Eine Verwendung dieser Elemente außerhalb der
gesetzlichen Schrankenbestimmungen bedarf der vor-
herigen schriftlichen Zustimmung der Rechteinhaber.

Bild- und Kennzeichenrechte:

Bildmotive S. 1, 6, 12, 19, 23, 31, 33, 44, 47, 70, 75:
Eigene Darstellung, erstellt mit KI-Bildgeneratoren.
Bildmotive S. 8, 78: Magnific.com, eigene Bearbeitung.
Bilmotive S. 15, 36, 38, 74: AERO-LIFT
Bilmotiv S. 17: VETTER
Bildmotive S. 21, 40, 41: LIGHTSHAPE
Bildmotiv S. 25: ISF München
Bildmotiv S. 29: Universität Bremen

Inhalt

Vorwort

Seite 04

Das Projekt VR-Chain

Seite 06

- Kollaborative Virtual Reality in Wertschöpfungsketten
- Das Verbundprojekt VR-Chain
- Warum Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette durch Virtual Reality unterstützen?

Projektpartner und Zusammenarbeit im Projekt

Seite 12

- Kollaborative Virtual Reality gemeinsam aus der Wertschöpfungskette für die Wertschöpfungskette entwickeln
- Partizipative Technikentwicklung für die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit
- Die Rolle der Arbeitsforschung: Digital unterstützte Kollaboration verstehen und gestalten

Technikentwicklung als partizipativer Prozess

Seite 31

- Entwicklung aus der Praxis heraus
- Anforderungen bündeln: Beratung, Konstruktion und Zusammenarbeit
- Technische Umsetzung: Vom Modell zur funktionalen VR-Umgebung
- Kollaboration erproben: Multi-User-Umgebung und Workshops
- Reale Räume einbinden: Erprobung und Bewertung von Scan-Technologien
- Mixed Reality als Brücke zwischen digitaler und analoger Arbeit
- Forschung als Begleitung: Formative Evaluation und Weiterentwicklung
- Ergebnis: Eine gemeinsame Entwicklungsperspektive

Kollaborative VR: Ein Nutzungskonzept

Seite 44

- Wie Virtual Reality für Kollaboration in der Wertschöpfungskette einsetzen?
Ein Orientierungsrahmen für Anwender und Entscheidungsträger in Unternehmen
- Dimension A | Arbeits- und Prozessintegration
- Dimension B | Organisationale Einbettung
- Dimension C | Technische und infrastrukturelle Kopplung
- Dimension D | Kollaborations- und Interaktionslogik
- Dimension E | Usability und Aneignungsunterstützung
- Dimension F | Objekt-, Raum- und Mediengestaltung
- Dimension G | Subjektive Erfahrung und VR-Experience

Anwendungsbeispiel

Seite 70

- Kollaborative Beratung eines Kunden mittels Virtual Reality

Fazit und Ausblick

Seite 75

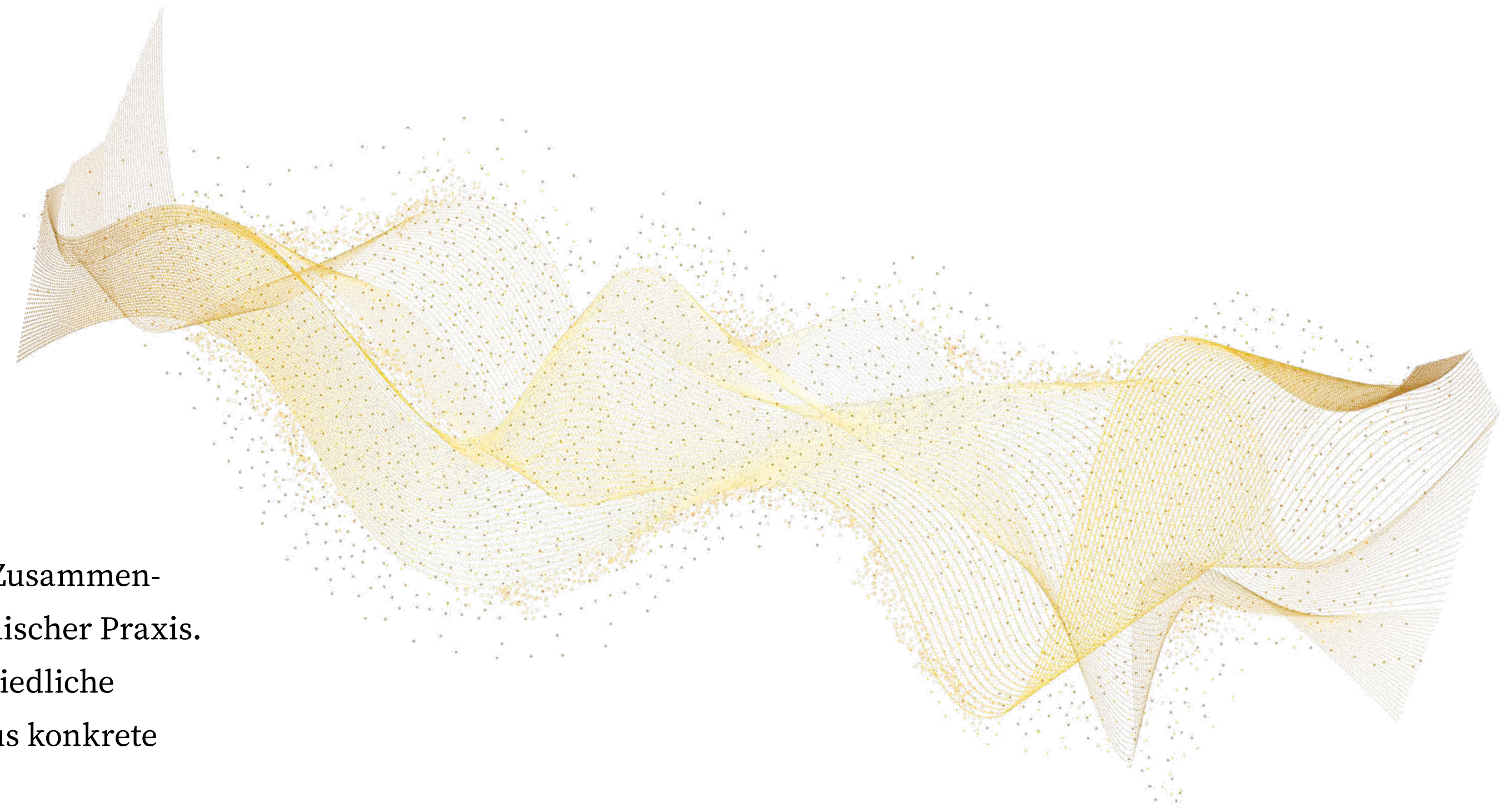
- Zusammenarbeit in VR als Teil der Zukunft der Wertschöpfung?

Vorwort

Digitalisierung und Virtualisierung zeichnen sich als zentrale Merkmale der Zukunft der Arbeit bereits heute deutlich ab: Arbeitsprozesse verlagern sich zunehmend in digitale Räume, werden mit Hilfe digitaler Anwendungen ortsunabhängig organisiert und über Organisationsgrenzen hinweg vernetzt. Remote Work, digital vernetzte Zusammenarbeit und immersive Technologien wie Virtual Reality geben einen Eindruck davon, wie sich Arbeit in den kommenden Jahren weiterentwickeln wird. Zugleich wird immer klarer, dass sich die Entstehung und Ausgestaltung neuer digitaler Arbeitsräume nicht aus der Technik allein ableiten lassen.

Digitale Arbeitsräume entstehen nicht automatisch durch die Einführung neuer Technologien. Sie müssen gestaltet werden — und zwar so, dass sie an reale Arbeitsprozesse anschließen und von den Beschäftigten sinnvoll genutzt werden können. Die Erfahrung zeigt, dass die analoge Arbeitspraxis nicht verschwindet, sondern weiterhin eine zentrale Referenz bleibt. Digitale und physische Arbeitsräume stehen daher nicht in Konkurrenz zueinander, sondern müssen aufeinander abgestimmt und miteinander verzahnt werden. Erst wenn diese Anschlussfähigkeit gelingt, können sowohl digitale Technologien als auch die Arbeit von Beschäftigten ihr Potenzial entfalten und zu einer stabilen, effizienten und zugleich nachhaltigen virtuellen und physisch präsenten Zusammenarbeit führen.

Vor diesem Hintergrund versteht sich das Projekt VR-Chain, aus dem heraus diese Broschüre entwickelt wurde, als ein Beitrag zur Gestaltung zukünftiger Arbeitsräume. Im Zentrum steht die Frage, wie kollaborative Virtual-Reality-Anwendungen so entwickelt und eingesetzt werden können, dass sie in reale Arbeitszusammenhänge sinnvoll integriert werden können. Gefragt wird auch, wie Arbeit in virtuellen Räumen gestaltet werden kann. Dabei geht es nicht um die bloße Virtualisierung bestehender Prozesse, sondern um die Entwicklung neuer Formen der Zusammenarbeit, die digitale und analoge Elemente miteinander verbinden.



Die in dieser Broschüre vorgestellten Ansätze basieren auf der engen Zusammenarbeit von Arbeitsforschung, Technologieentwicklung und mittelständischer Praxis. Diese inter- und transdisziplinäre Perspektive ermöglicht es, unterschiedliche Anforderungen und Erfahrungswelten zusammenzuführen und daraus konkrete Gestaltungsempfehlungen abzuleiten.

Die Broschüre versteht sich als Einladung, digitale Arbeitsräume aktiv zu gestalten. Sie richtet sich an Führungskräfte, Beschäftigte, Betriebsrätinnen und Betriebsräte, Entwicklerinnen und Entwickler sowie alle, die sich mit der Zukunft der Arbeit beschäftigen. Die dargestellten Konzepte und Beispiele sollen dazu beitragen, eigene Nutzungsmöglichkeiten zu erkennen, bestehende Arbeitsprozesse weiterzuentwickeln und Virtual Reality als Teil einer anschlussfähigen, resilienten und zukunftsfähigen Arbeitsgestaltung zu nutzen.

DAS PROJEKT VR-CHAIN



Kollaborative Virtual Reality in Wertschöpfungsketten

Virtual Reality (VR) eröffnet neue Möglichkeiten, Zusammenarbeit über betriebliche, funktionale und organisationale Grenzen hinweg zu gestalten und zu organisieren. Gerade dort, wo komplexe Produkte, räumlich verteilte Arbeitsschritte, erklärungsbedürftige technische Zusammenhänge oder abstimmungsintensive Entscheidungen eine Rolle spielen, kann mit Hilfe von VR ein gemeinsamer digitaler Arbeitsraum geschaffen werden. In diesem Arbeitsraum können Sachverhalte nicht nur besprochen, sondern — etwa in Form eines digital abgebildeten Werkstücks, eines visualisierten Prozesses oder einer simulierten Maschine — gemeinsam betrachtet, erkundet und bearbeitet werden. Dies birgt insbesondere für Wertschöpfungsketten Vorteile, in denen unterschiedliche Akteure mit verschiedenen Perspektiven, Wissensbeständen und Zuständigkeiten an vielen Stellen aufeinander bezogen handeln müssen.

Wie lassen sich Wertschöpfungsketten unter den Bedingungen digitaler Transformation nachhaltig vernetzen und kooperativ gestalten? Und welche Rolle kann VR dabei als neuer Arbeits- und Interaktionsraum spielen?

Das Verbundprojekt VR-Chain hat sich mit genau diesen Fragen auseinandergesetzt. Im Zentrum standen die Entwicklung und Erprobung von

VR-basierten Umgebungen, die eine neuartige Form der Zusammenarbeit über organisationale und räumliche Grenzen hinweg ermöglichen.

Dabei wurde VR nicht allein als Visualisierungs- oder Kommunikationstechnologie verstanden, sondern als sozio-technischer Arbeitsraum, in dem sich kooperative Praktiken, Abstimmungsprozesse und Entscheidungsfindung neu konfigurieren.

Das Verbundprojekt VR-Chain

Das Verbundprojekt „Virtual Reality zur Unterstützung nachhaltiger Vernetzung in Wertschöpfungsketten(VR-Chain)“ wurde von Januar 2023 bis August 2026 durch das Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) im Programm „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ (Förderkennzeichen 02L22B010 – 02L22B015) gefördert und durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Das Projekt war Teil der Fördermaßnahme „Innovative Arbeitswelten im Mittelstand“. Das Konsortium umfasst die folgenden Partner und Teilprojekte:

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. – ISF München

Projektkoordination und Forschungspartner (Teilprojekt: Evaluation und nachhaltige VR-Lösungen für KMU)

AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH

Anwendungspartner (Teilprojekt: Implementierung und Evaluierung von VR-Lösungen in der Vakuumtechnik)

VETTER Krantechnik GmbH

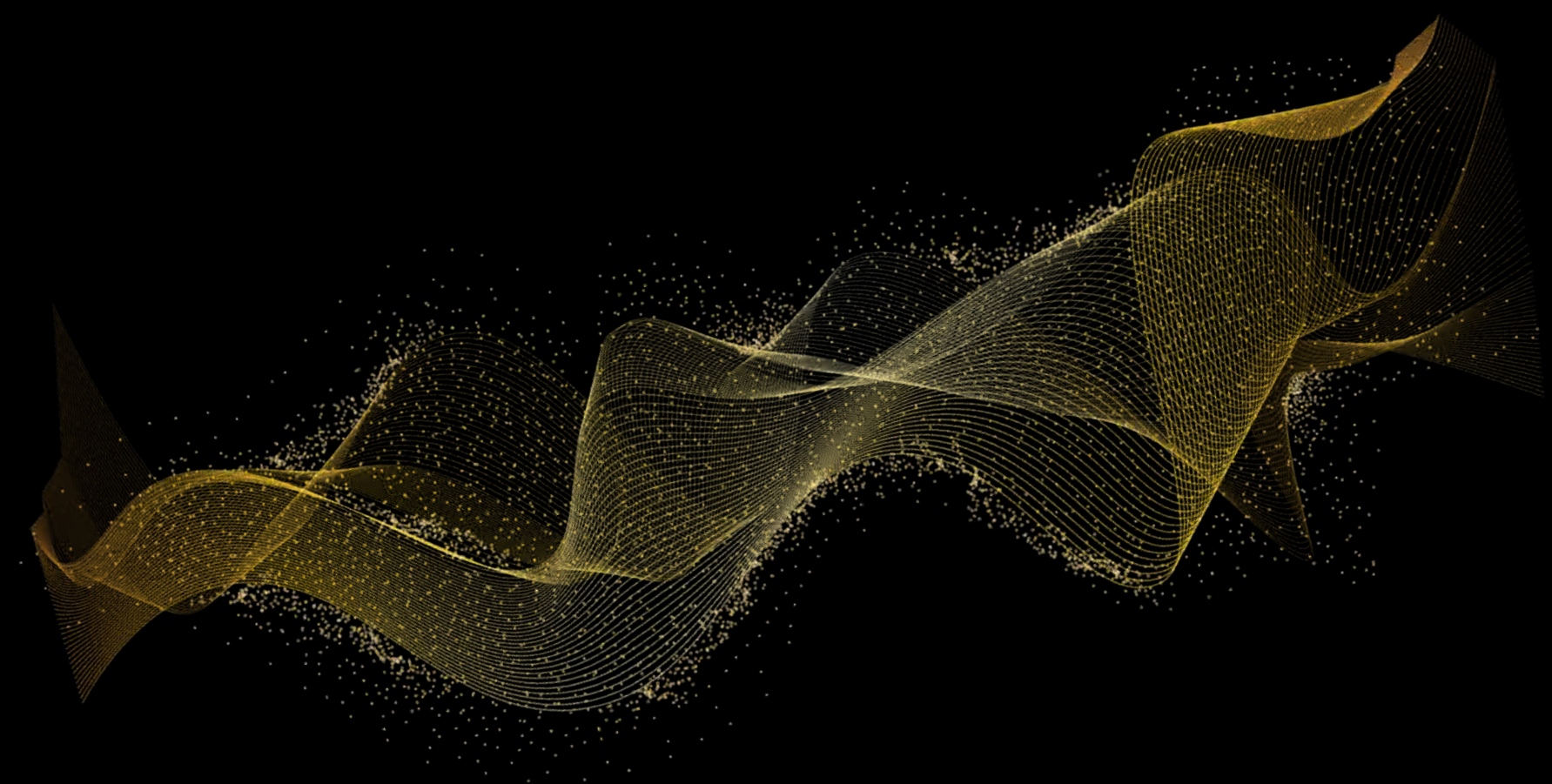
Anwendungspartner (Teilprojekt: Implementierung und Evaluation von VR-Lösungen in der Krantechnik)

Lightshape GmbH & Co KG

Entwicklungspartner (Teilprojekt: Programmierung und Implementation einer VR-Kollaborationsplattform auf Stand-Alone VR Devices und Evaluation von 3D-Scan/MR-Lösungen)

Universität Bremen, Arbeitsgruppe Digitale Transformation öffentlicher Dienste (Digital Public) am Fachbereich 3 – Mathematik und Informatik

Forschungspartner (Teilprojekt: Akzeptanzforschung von VR-Lösungen, Gewährleistung einer kontinuierlichen Nutzerpartizipation)



Eine zentrale Rolle im Vorhaben nahm die Integration realer Arbeitsumgebungen durch 3D-Scans und Mixed Reality ein. Durch die digitale Erfassung und Rekonstruktion konkreter Produktions- und Logistikkontexte werden physische Orte — etwa die Halle eines Kunde, in die ein Kran mit Hebegerät funktional sinnvoll und passgenau integriert werden soll — in virtuelle Räume überführt und für verteilte Akteure gemeinsam zugänglich gemacht. Diese Form der situativen Repräsentation von Arbeitsumgebungen ermöglicht es, komplexe Prozesszusammenhänge anschaulich zu machen, Abstimmungsbedarfe frühzeitig sichtbar werden zu lassen und unterschiedliche Perspektiven entlang der Wertschöpfungskette miteinander zu verschränken. 3D-Scans und Mixed Reality fungieren damit nicht nur als Abbild der Realität, sondern als operative Schnittstelle, über die Analyse, Planung und kooperative Problemlösung in immersiven Umgebungen organisiert werden.

In dieser Broschüre werden die im Vorhaben gewonnenen Erkenntnisse vorgestellt und zukünftigen Nutzenden von kollaborativer VR Anhaltspunkte und Entscheidungshilfen an die Hand gegeben.

Leitend für die folgenden Ausführungen ist die Annahme, dass eine produktive und nachhaltige Zusammenarbeit nicht automatisch dadurch entsteht, dass mehrere Personen denselben virtuellen Raum betreten. Zusammenarbeit ist vielmehr ein wissensbasierter, interaktiver und in hohem Maße kontextabhängiger Prozess.

Damit aus virtueller Ko-Präsenz tatsächlich produktive Zusammenarbeit wird, muss die VR-Nutzung in Arbeitsprozesse eingebettet, organisational gerahmt, technisch angeschlossen und praktisch angeleitet werden. Der Mehrwert von VR liegt also nicht in der Technologie an sich. Er entsteht erst dann, wenn virtuelle Umgebungen in sinnvoller Weise an reale Arbeitsabläufe, organisationale Entscheidungsstrukturen, technische Infrastrukturen und die Erfahrungen von Nutzenden gekoppelt werden.

Warum Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette durch Virtual Reality unterstützen?

Die Zusammenarbeit in Wertschöpfungsketten ist heute durch eine paradoxe Situation geprägt: Einerseits ermöglichen digitale Technologien eine immer engere Vernetzung von Unternehmen, andererseits bleiben Abstimmungsprozesse häufig fragmentiert und störanfällig. Informationen sind zwar verfügbar, doch ein geteiltes Verständnis der jeweiligen Arbeitszusammenhänge entsteht daraus nicht automatisch. Insbesondere dort, wo komplexe Produkte und konkrete Nutzungskontexte eine zentrale Rolle spielen, stoßen etablierte Formen der Kommunikation schnell an Grenzen. **In vielen Fällen basiert die Abstimmung zwischen den beteiligten Akteuren weiterhin auf Dokumenten, Modellen oder mündlichen Beschreibungen. Diese Formen der Vermittlung sind notwendig, bleiben aber zwangsweise abstrakt: Sie übersetzen konkrete Arbeitsrealitäten in reduzierte Darstellungen, die laufend interpretiert werden müssen.**

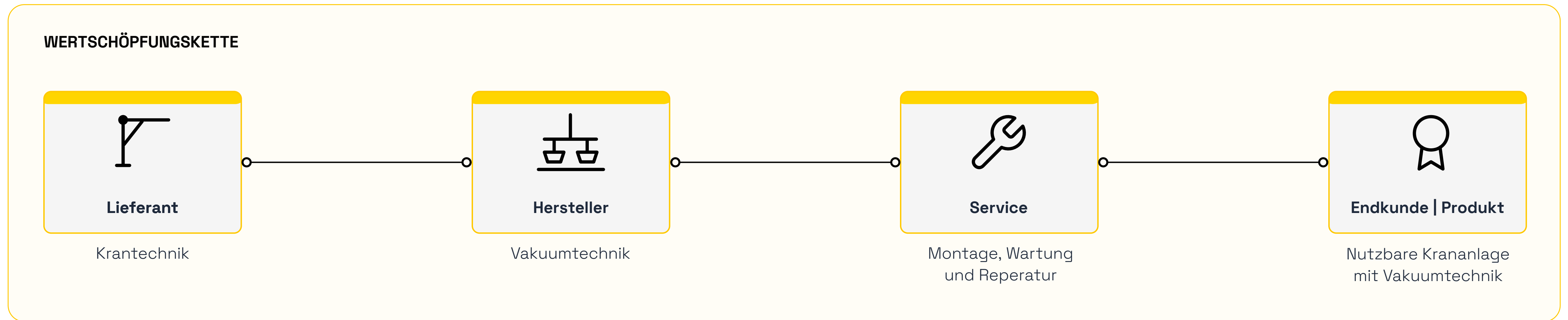


Abb. 1: Akteure innerhalb einer Wertschöpfungskette mit linearem und selektivem Wissensfluss

Die Folge sind unter anderem Unschärfen im Produktverständnis, ein zufälliger oder stark selektiver Einbezug von Erfahrungswissen sowie ein erhöhter Abstimmungsaufwand, der sich häufig erst in späteren Prozessphasen bemerkbar macht.

Vor diesem Hintergrund rückt die Frage in den Fokus, wie die – in der Regel lineare, oftmals unterbrochene und selektive – unternehmensübergreifende Zusammenarbeit so gestaltet werden kann, dass unterschiedliche Perspektiven nicht nur ausgetauscht, sondern auf einen gemeinsamen Gegenstand bezogen werden können. Es geht damit weniger um die Verfügbarkeit zusätzlicher Informationen als um die Möglichkeit, Arbeitszusammenhänge situativ erfahrbar zu machen und in ihrer konkreten Ausprägung oder Situationsgebundenheit gemeinsam zu bearbeiten.

VR eröffnet hierfür neue Ansatzpunkte. Sie ermöglicht es, räumlich verteilte Akteure in einem gemeinsamen Bezugssystem auf niederschwellige Weise zusammenzuführen, indem Gegenstände, Umgebungen und Situationen nicht nur repräsentiert, sondern in ihrer Handlungsrelevanz zugänglich werden.

Damit verschiebt sich der Fokus von der reinen Informationsübertragung zwischen einzelnen Akteuren hin zu einer übergreifenden Zusammenarbeit, die stärker an Anschauung, Interaktion und situativer Abstimmung orientiert ist.

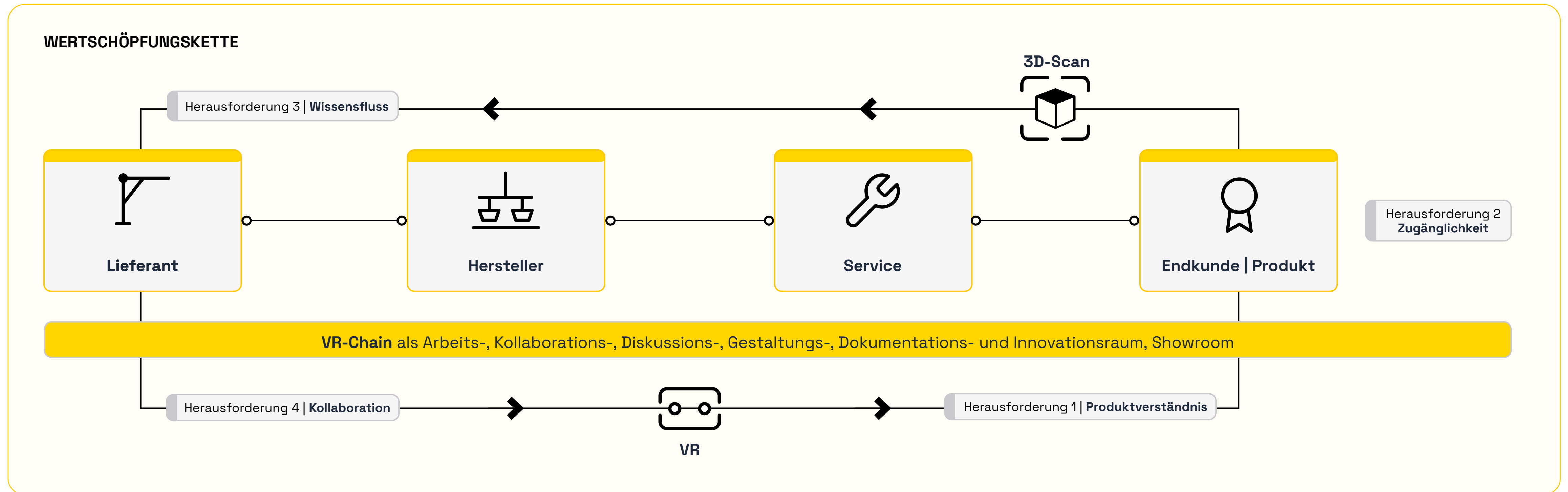


Abb. 2: Neuorganisation der Zusammenarbeit in einer Wertschöpfungskette mit Hilfe von VR

Gleichzeitig zeigt sich, dass diese Potenziale nicht durch die Technologie allein erschlossen werden können. Die Nutzung von VR bleibt voraussetzungsvoll: Sie muss an bestehende Arbeitsweisen anschließen, unterschiedliche Perspektiven integrieren und in organisationale Zusammenhänge eingebettet werden (siehe Herausforderungen 1-4 in der Grafik). Ohne eine solche Einbettung besteht die Gefahr, dass VR entweder auf isolierte Anwendungsfälle beschränkt bleibt oder an den Anforderungen realer Arbeitsprozesse vorbeigeht. Das Verbundprojekt VR-Chain setzt genau an

diesem Punkt an. Es geht von der Annahme aus, dass kollaborative Virtual Reality nur dann wirksam werden kann, wenn sie konsequent aus den Anforderungen konkreter Wertschöpfungszusammenhänge heraus entwickelt wird. Ausgangspunkt sind daher nicht technische Möglichkeiten, sondern die praktischen Herausforderungen der Zusammenarbeit zwischen unterschiedlichen Akteuren, Perspektiven und Organisationen.

PROJEKT- PARTNER UND ZUSAMMENARBEIT IM PROJEKT



Kollaborative Virtual Reality gemeinsam aus der Wertschöpfungskette für die Wertschöpfungskette entwickeln

Die im Projekt VR-Chain entwickelten Ansätze entstanden aus der engen Zusammenarbeit zweier Unternehmen, die entlang gemeinsamer Anwendungsszenarien kooperieren. Die AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH und die VETTER Krantechnik GmbH brachten dabei komplementäre Perspektiven ein: Während VETTER die Integration von Krananlagen in konkrete Einsatzumgebungen fokussierte, lag bei AERO-LIFT der Schwerpunkt auf der passgenauen Auslegung von Handhabungslösungen im direkten Kundenkontext. Gemeinsam adressierten sie die Herausforderung, komplexe technische Systeme frühzeitig, anschaulich und abgestimmt zu planen.



AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH: Kundenberatung neu denken, Abstimmungen effizient gestalten

Die AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH ist ein international tätiges Familienunternehmen mit über 30 Jahren Erfahrung in der Vakuumhandhabungstechnologie. Am schwäbischen Standort Geislingen-Binsdorf entwickelt und produziert das Unternehmen ein breites Portfolio: Von Schlauch- und Vakuumhebern über Flächengreifer bis hin zu Kransystemen und Serviceleistungen. Kunden aus verschiedensten Branchen profitieren von innovativen, ergonomischen und sicheren Lösungen, die Prozesse effizienter gestalten, Mitarbeiter entlasten und zu einer materialschonenden Handhabung verhelfen.

Die AERO-LIFT Vakuumtechnik GmbH entwickelt und realisiert Lösungen für das Heben, Bewegen und Positionieren von Lasten in Produktion, Versand und Montage. Im Zentrum steht dabei stets die passgenaue Auslegung der Systeme auf die konkreten Anforderungen beim Kunden, sowohl im Hinblick auf Effizienz als auch auf ergonomische Arbeitsbedingungen. Diese Lösungen entstehen selten isoliert.

Häufig werden Vakuumhebegeräte oder Schlauchheber mit weiteren Komponenten kombiniert, etwa mit Krananlagen oder individuellen Anbindungssystemen. Dadurch ergeben sich komplexe Gesamtlösungen, deren Qualität maßgeblich davon abhängt, wie präzise die Einsatzbedingungen vor Ort erfasst und in die Planung übersetzt werden. In der Praxis ist dies mit erheblichem Aufwand verbunden. Die Aufnahme der Kundensituation erfordert Vor-Ort-Termine, Abstimmungen zwischen Vertrieb, Konstruktion und Projektierung sowie eine enge Koordination mit externen Partnern. Gleichzeitig bleiben viele Aspekte – etwa räumliche Gegebenheiten, Bewegungsabläufe oder Schnittstellen zwischen verschiedenen Technologien – trotz intensiver Abstimmung zunächst abstrakt und werden oft erst im späteren Projektverlauf vollständig sichtbar.

Vor diesem Hintergrund liegt der Bedarf von AERO-LIFT an einer niederschweligen, kollaborativen VR darin, die

Kundenberatung grundlegend weiterzuentwickeln und effizienter zu gestalten. Durch die Nutzung von VR können reale Einsatzumgebungen — auf Basis von 3D-Scans oder Mixed Reality — in einen gemeinsamen virtuellen Raum überführt werden. Dort lassen sich unterschiedliche Lösungsvarianten frühzeitig visualisieren, kombinieren und gemeinsam mit Kunden sowie Partnern wie VETTER erproben.

Dies ermöglicht eine neue Qualität der Abstimmung: Anstatt Lösungen ausschließlich zu beschreiben, können sie konkret erlebt und in ihrem Zusammenspiel mit bestehenden Arbeitsabläufen bewertet werden. Funktionen, Reichweiten, Zugänglichkeiten oder potenzielle Einschränkungen werden unmittelbar sichtbar und können bereits in einer frühen Projektphase angepasst werden. Ein wesentlicher Effekt besteht zudem in der Reduktion aufwendiger Vor-Ort-Termine. Viele Abstimmungen können in den virtuellen Raum verlagert werden, ohne dabei an Anschaulichkeit oder Präzision zu verlieren. Das spart Zeit und Ressourcen — sowohl auf Seiten von AERO-LIFT als auch bei Kunden und Partnern.





VETTER Krantechnik GmbH: Montage frühzeitig mitdenken, Lösungen passgenau entwickeln

Die VETTER Krantechnik GmbH ist ein mittelständisch geprägtes Familienunternehmen und hat sich im Laufe seiner über 135-jährigen Firmengeschichte zu einem führenden europäischen Hersteller von Schwenkkränen und Portalkransystemen entwickelt. Am Standort Haiger produziert die VETTER Krantechnik GmbH Krane, die weltweit bei unterschiedlichsten Aufgaben zum Einsatz kommen.

Für die VETTER Krantechnik GmbH steht die Herausforderung im Zentrum, Krananlagen so zu entwickeln, dass sie sich möglichst reibungslos in die konkreten Einsatzumgebungen der Kunden integrieren lassen. Gerade bei variantenreichen Kranlösungen entscheidet sich die Qualität nicht allein in der Konstruktion, sondern vor allem in der späteren Montage und Nutzung vor Ort.

In der Praxis zeigt sich, dass potenzielle Störkonturen, räumliche Einschränkungen oder Wechselwirkungen

mit bestehenden Arbeitsabläufen häufig erst spät sichtbar werden — mit entsprechendem Anpassungsaufwand in Konstruktion, Montage oder Betrieb. Gleichzeitig ist die Beratung von Kunden darauf angewiesen, die konkrete Einbausituation möglichst genau zu verstehen: Wo kann ein Kran sinnvoll positioniert werden? Wie fügt er sich in bestehende Abläufe ein? Und welche Veränderungen ergeben sich daraus für die Nutzung vor Ort?

Hier setzt für VETTER der Einsatz von VR im Projekt VR-Chain an. Durch die Kombination von CAD-Daten mit 3D-Scans realer Kundenumgebungen entsteht eine virtuelle Arbeitsumgebung, die nah an der tatsächlichen Aufstellsituation liegt. Unterschiedliche Kranvarianten können darin direkt im Kontext der jeweiligen Halle gemeinsam mit Kunden und Partnern wie AERO-LIFT erprobt und bewertet werden.

Auf diese Weise lassen sich mögliche Konflikte frühzeitig erkennen und Lösungen iterativ entwickeln, bevor physische Anpassungen notwendig werden. Gleichzeitig verbessert sich die Beratungsqualität deutlich, da Kunden nicht nur abstrakte Entwürfe sehen, sondern konkrete Nutzungsszenarien nachvollziehen können.

Für VETTER liegt der Bedarf an einer niederschweligen, kollaborativen VR-Lösung daher in einer präzisieren, ressourcenschonenderen und stärker kooperativen Gestaltung von Kranlösungen.

Die Virtualisierung von Produkten und Einsatzumgebungen ermöglicht es, Montagebedingungen, Arbeitsabläufe und technische Anforderungen frühzeitig zusammenzudenken und so passgenaue Lösungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu entwickeln.



Partizipative Technikentwicklung für die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit

Die Entwicklung kollaborativer VR- und Mixed-Reality-Anwendungen ist mit spezifischen Herausforderungen verbunden. Zwar stehen heute leistungsfähige Technologien zur Verfügung, doch ihre erfolgreiche Nutzung im Arbeitskontext ist keineswegs selbstverständlich. Häufig entstehen Anwendungen, die technisch ausgereift sind, aber nur begrenzt an reale Arbeitsprozesse anschließen: Sie sind zu komplex, schwer integrierbar oder orientieren sich zu wenig an den konkreten Anforderungen der Zusammenarbeit.

Eine zentrale Herausforderung besteht daher darin, technologische Lösungen nicht isoliert zu entwickeln, sondern eng an den tatsächlichen Bedarfen der beteiligten Akteure auszurichten.

Kollaborative VR entfaltet ihren Nutzen nur dann, wenn sie bestehende Arbeits-weisen unterstützt, unterschiedliche Perspektiven zusammenführt und sich in organisatorische Abläufe einfügt. Technische Entwicklung wird damit selbst zu einem kooperativen Prozess, in dem Anforderungen, Nutzungsszenarien und Gestaltungsentscheidungen iterativ aufeinander bezogen werden.

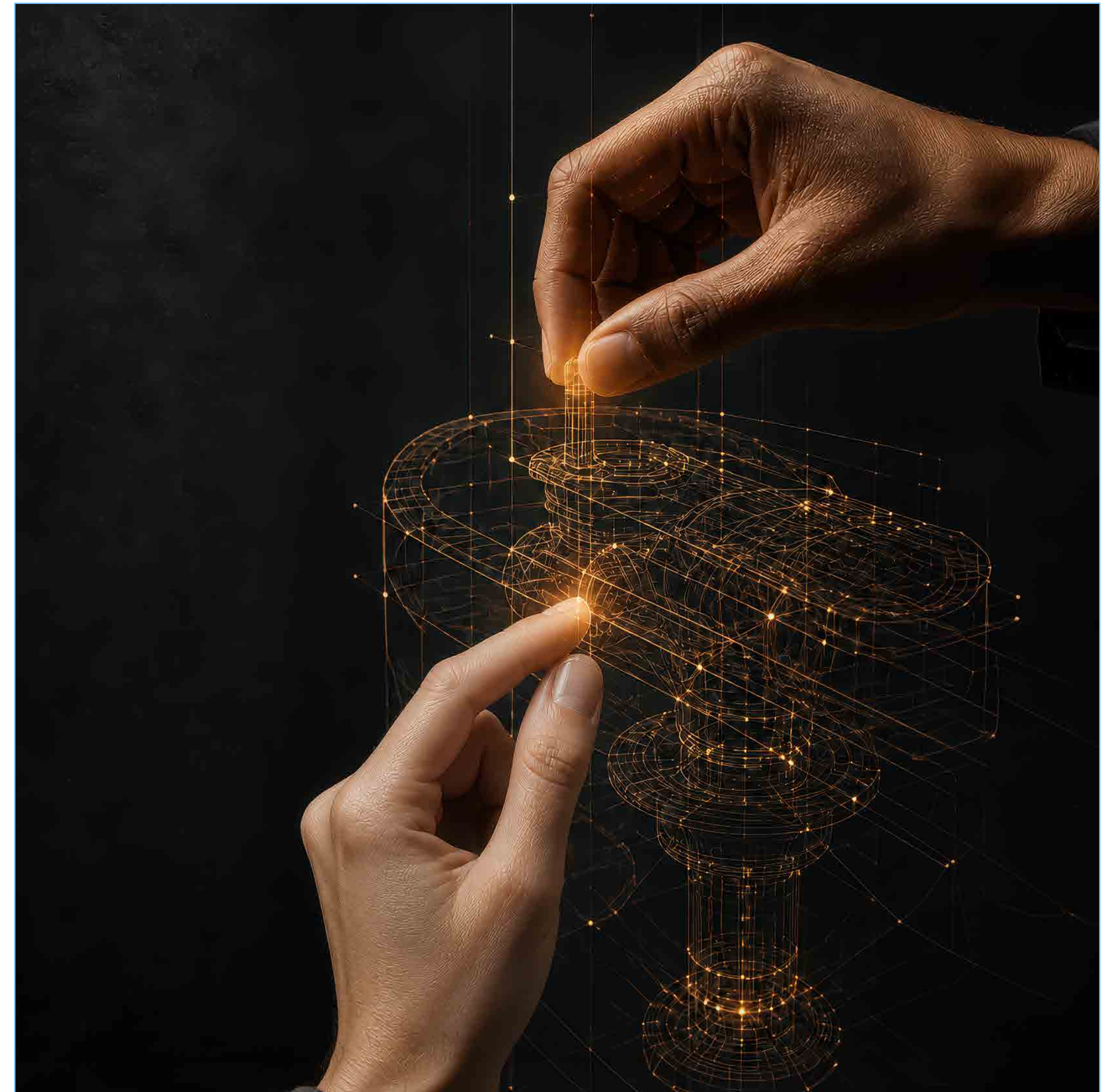
Im Kontext von Wertschöpfungsketten bedeutet dies insbesondere, unterschiedliche Datenquellen und Technologien miteinander zu verbinden. Dazu zählen etwa CAD-Modelle, 3D-Scans realer Einsatzumgebungen sowie unterschiedliche Endgeräte wie Virtual- oder Mixed-Reality-Brillen.

Die Herausforderung liegt jedoch nicht nur in der technischen Integration, sondern auch in der Entwicklung von Workflows, die einfach, robust und im Arbeitsalltag wiederholbar sind.

Zugleich eröffnen neue Hardwareentwicklungen — insbesondere im Bereich von Stand-Alone-Lösungen und Scan-Technologien — zusätzliche Möglichkeiten für den praktischen Einsatz. Sie ermöglichen es, virtuelle Inhalte direkt im realen Raum zugänglich zu machen und senken damit die Einstiegshürden für die Nutzung.

Gleichzeitig bestehen weiterhin Einschränkungen, etwa hinsichtlich visueller Qualität oder Darstellungsumfang. Um auch komplexe Inhalte nutzbar zu machen, werden daher ergänzende Ansätze wie XR-Streaming-Lösungen relevant, die leistungsintensive Anwendungen flexibel bereitstellen können.

Vor diesem Hintergrund wird deutlich: Die technische Seite ist kein nachgelagerter Umsetzungsschritt, sondern ein integraler Bestandteil der Gestaltung kollaborativer Arbeitsformen. Ihre Aufgabe besteht darin, technologische Möglichkeiten so zu entwickeln und zu integrieren, dass sie in realen Anwendungssituationen tragfähig werden.





Lightshape GmbH: Partizipative Umsetzung und Integration kollaborativer XR-Lösungen

LIGHTSHAPE ist eine Digitalagentur, spezialisiert auf Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und 3D-Visualisierung. Seit 2007 entwickelt das Unternehmen digitale Erlebnisse für Markenkommunikation, Training und Tourismus.

Ein wachsender Schwerpunkt liegt auf VR-Trainingslösungen für die Industrie mit besonderem Fokus auf Arbeitsschutz und Arbeitssicherheit. Daneben entwickelt LIGHTSHAPE touristischen AR-Anwendungen, die Destinationen, Kulturerbe und Freizeitangebote interaktiv erlebbar machen. LIGHTSHAPE ist in Stuttgart ansässig und wurde mehrfach ausgezeichnet, u. a. mit dem Landespreis für junge Unternehmen, dem Deutschen Digital Award und dem World Media Festival.

Die Lightshape GmbH & Co. KG brachte als technologischer Partner ihre umfassende Erfahrung in der Entwicklung visueller und interaktiver

XR-Anwendungen in das Projekt VR-Chain ein. Im Mittelpunkt stand dabei die Umsetzung einer kollaborativen Umgebung, die unterschiedliche Datenquellen und Technologien zu einer funktionalen Gesamtlösung verbindet.

Ein besonderer Fokus nach Projektende wird auch weiterhin auf der Integration von CAD-Daten und 3D-Scans realer Einsatzumgebungen liegen.

Ziel ist es, virtuelle Räume zu schaffen, die an die tatsächlichen Arbeitsbedingungen beim Kunden anschließen und damit eine realitätsintegrierte Zusammenarbeit ermöglichen. Gleichzeitig arbeitet Lightshape daran, die dafür notwendigen Prozesse zu vereinfachen und so zu gestalten, dass sie auch über den Projektkontext hinaus anwendbar sind.

Darüber hinaus wurden im Projekt neue Nutzungsmöglichkeiten durch Mixed-Reality-Technologien erprobt. Insbesondere Stand-Alone-Geräte eröffnen Potenziale für einen niedrigschwelligen Zugang, etwa in der Kundenberatung oder in der gemeinsamen Planung. Ergänzend dazu werden XR-Streaming-Ansätze untersucht, um auch komplexe Inhalte flexibel und ressourcenschonend bereitzustellen.

Für Lightshape liegt der Schwerpunkt damit auf der Entwicklung einer technisch robusten, zugleich praxisnah einsetzbaren Lösung. In enger Abstimmung mit den beteiligten Unternehmen wird die XR-Umgebung so gestaltet, dass sie konkrete Anforderungen der Zusammenarbeit unterstützt und in unterschiedlichen Anwendungsszenarien nutzbar wird.



Die Rolle der Arbeitsforschung: Digital unterstützte Kollaboration verstehen und gestalten

Die zunehmende Digitalisierung von Arbeit geht mit einer Verschiebung, zum Teil auch Verlagerung von Arbeitszusammenhängen in digitale und hybride Räume einher. Dabei entstehen neue Formen der Zusammenarbeit, deren konkrete Ausgestaltung immer wieder neu erforscht und verstanden werden muss. Insbesondere virtuelle Umgebungen werfen grundlegendere Fragen auf: Wie wird in solchen Räumen gemeinsam gehandelt? Wie werden digitale Umgebungen, in die man eintaucht, interpretiert und wie entstehen geteilte Bezugspunkte zwischen Akteuren? Und wie verändern sich Kommunikation und Koordination, wenn die Zusammenarbeit durch immersive Technologien vermittelt wird? Und wie müssen virtuelle Räume gestaltet sein, damit sie eine effiziente und nachhaltige (Zusammen-)Arbeit in ihnen fördern?

Die zunehmende Digitalisierung von Arbeit geht mit einer Verschiebung, zum Teil auch Verlagerung von Arbeitszusammenhängen in digitale und hybride Räume einher. Dabei entstehen neue Formen der Zusammenarbeit, deren konkrete Ausgestaltung immer wieder neu erforscht und verstanden werden muss. Insbesondere virtuelle Umgebungen werfen grundlegendere Fragen auf: Wie wird in solchen Räumen gemeinsam gehandelt? Wie werden digitale Umgebungen, in die man eintaucht,

interpretiert und wie entstehen geteilte Bezugspunkte zwischen Akteuren? Und wie verändern sich Kommunikation und Koordination, wenn die Zusammenarbeit durch immersive Technologien vermittelt wird? Und wie müssen virtuelle Räume gestaltet sein, damit sie eine effiziente und nachhaltige (Zusammen-)Arbeit in ihnen fördern? Klar ist: VR-unterstützte Zusammenarbeit kann nicht allein als Austausch von Informationen in einem virtuellen Raum begriffen werden.

Vielmehr sind komplexe soziale Abstimmungsprozesse beteiligt, die sich insbesondere auf ein gemeinsames Verständnis der Situation, handlungsrelevantes Wissen und die Orientierung im virtuellen Raum beziehen. Virtuelle Räume sind damit neben ihrer Funktion als technische Infrastrukturen immer auch soziale Handlungsräume, in denen soziale, materielle und körperlich-sinnliche Aspekte der Zusammenarbeit neu organisiert werden. Zugleich gehen virtuelle Räume mit spezifischen neuen Eigenschaften – also neue Chancen aber auch Hemmnissen und Risiken – einher, die erforscht und gestaltet werden müssen.

Dies hat zur Folge, dass der Begriff der Digitalisierung selbst weiter ausdifferenziert werden muss. Unterschiedliche Technologien – vom E-Mail-Austausch über Video-call bis zur Nutzung von VR – greifen auf je eigene Weise in die Bedingungen und Möglichkeiten von Arbeitsprozessen ein und entfalten unterschiedliche Wirkungen. Kollaborative VR-Umgebungen bieten hier ein besonders aufschlussreiches Untersuchungsfeld, da sie verschiedene Dimensionen digitaler Arbeit – visuelle Vermittlung, Interaktion, Wissenstransfer und organisationale Abstimmung – in verdichteter Form zusammenführen.

Vor diesem Hintergrund verfolgte die arbeitswissenschaftliche Begleitung im Projekt VR-Chain das Ziel, die Nutzung kollaborativer VR nicht nur zu analysieren, sondern auch aktiv mitzugestalten. Technische Entwicklung und arbeitsbezogene Anforderungen werden dabei eng aufeinander bezogen, um tragfähige Formen digitaler Zusammenarbeit zu entwickeln.





ISF München: Arbeitssoziologische Analyse und Gestaltung digital unterstützter Arbeit

Das ISF München ist ein unabhängiges, gemeinnütziges Forschungsinstitut, das seit 1965 Arbeit in ihren gesellschaftlichen, organisationalen und technologischen Zusammenhängen untersucht und gestaltet. Als eine der führenden arbeits- und industriesoziologischen Forschungseinrichtungen in Deutschland verbindet das ISF empirische Sozialforschung mit Praxisbezug und Gestaltungsorientierung.

Im Projekt VR-Chain brachte das Institut diese Expertise in die Analyse und Entwicklung kollaborativer VR-Anwendungen ein, um virtuelle Arbeitsumgebungen arbeitsnah, anschlussfähig und nachhaltig nutzbar zu gestalten. Im Mittelpunkt stand die Untersuchung konkreter Nutzungssituationen: Wie wird in virtuellen Umgebungen zusammengearbeitet? Was sind die spezifischen Bedingungen von VR für die (Zusammen-)Arbeit? Welche Formen der Aneignung entwickeln die Beteiligten? Und wie entstehen stabile Formen der Koordination und Verständigung unter den Bedingungen der Virtualität?

Ein besonderer Fokus lag auf den erfahrungsbasierten und oft impliziten Dimensionen von Arbeit. Gerade in virtuellen Räumen zeigt sich, dass Wissen nicht nur explizit vermittelt, sondern in der gemeinsamen Auseinandersetzung mit Gegenständen, Situationen und Perspektiven hervorgebracht wird.

Die Forschung des ISF München zielte darauf, diese Prozesse sichtbar zu machen und Ansatzpunkte für eine arbeitsgerechte Gestaltung abzuleiten. Damit verbindet sich ein gestaltungsorientierter Anspruch, der die Arbeit des ISF München an sich auszeichnet: Die gewonnenen Erkenntnisse fließen kontinuierlich in die Entwicklung digitaler Anwendungen zurück.

Ziel im Projekt war es entsprechend, virtuelle Arbeitsumgebungen so zu gestalten, dass sie an bestehende Praktiken anschließen, unterschiedliche Perspektiven integrieren und eine nachhaltige Nutzung im Arbeitsalltag ermöglichen.

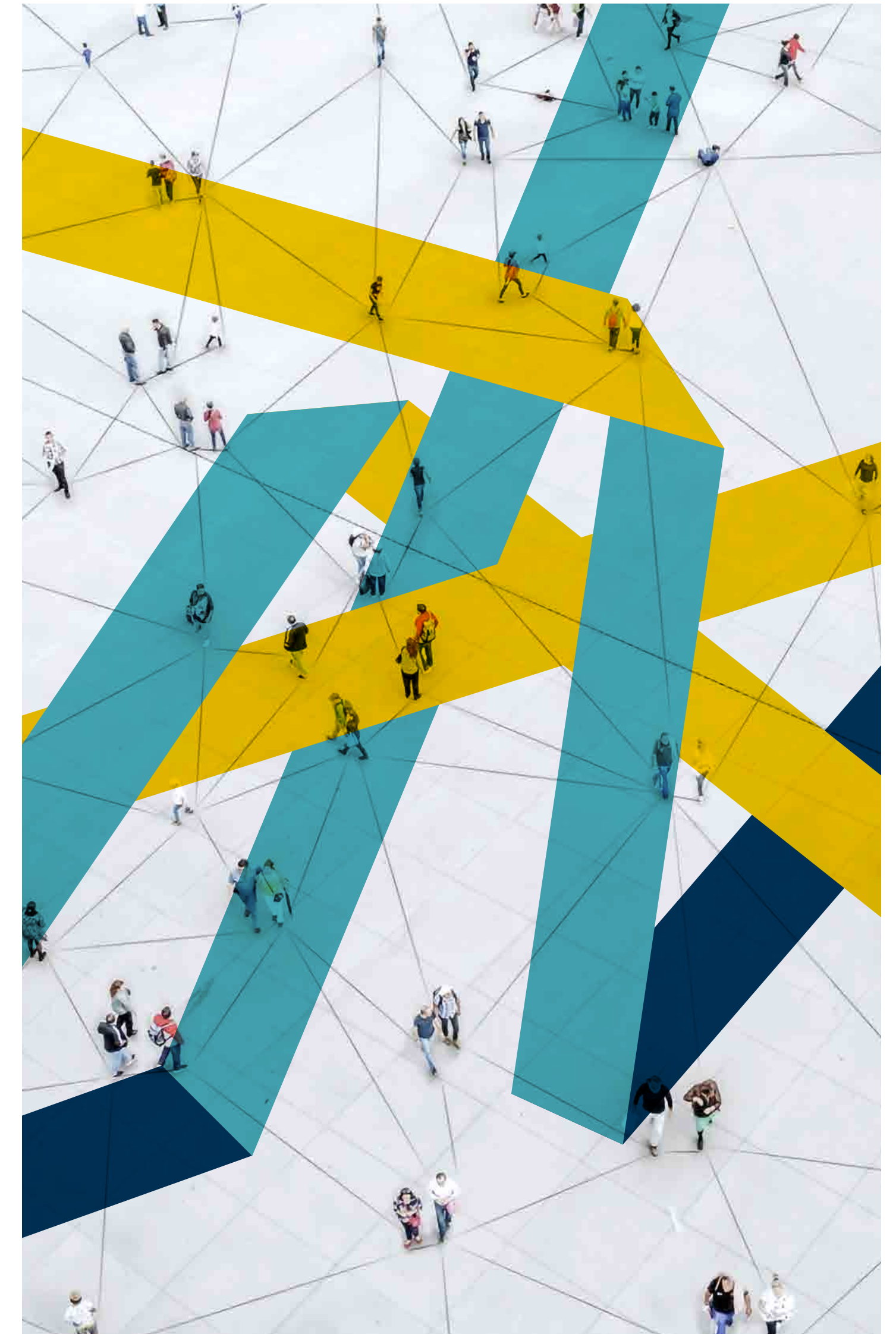
Zentrale wissenschaftliche Projektpublikationen des ISF München

Döbler, M.-K., Heinlein, M., Huchler, N., Neumer, J. (2026). Virtual Reality für kollaborative Arbeit: Eine arbeitssoziologische Perspektive auf die menschengerechte Gestaltung immersiver Technologien. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.). Menschengerechte Arbeitsgestaltung. 72. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. Sankt Augustin: GfA-Press, S. 43-48. (https://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de/inhalt/dokumente/gfa_fruehjahrskongress_2026.pdf)

Virtual Reality wird zunehmend als Medium kollaborativer Arbeit genutzt, jedoch überwiegend aus technik- und funktionsorientierter Perspektive gestaltet. Dabei bleiben zentrale Voraussetzungen gelingender Zusammenarbeit — wie geteilte Wahrnehmungen, implizites Erfahrungswissen und soziale Ordnungen — häufig unberücksichtigt. Der Beitrag entwickelt eine arbeitssoziologische Perspektive auf Kollaboration in VR und untersucht, wie sich die situativen Bedingungen gemeinsamen Arbeitens in immersiven Umgebungen verändern.

Porschen-Hueck, S., Heinlein, M., Ritter, T., Huchler, N., Neumer, J. (2025). Potenziale und Herausforderungen von Transdisziplinarität aus der Sicht der außer-universitären Forschung am ISF München. In: J. Nuske, G. Becke, P. Bleses, A. Friemer (Hrsg.). Transdisziplinäre Arbeitsforschung im Dialog. Herausforderungen — Wissenstransfer — Methoden. Bielefeld: transcript, S. 189-220. (<https://doi.org/10.14361/9783839446621-010>)

Der Beitrag untersucht transdisziplinäre Forschung aus der Perspektive außeruniversitärer Arbeitsforschung am ISF München. Im Mittelpunkt steht die Verbindung von wissenschaftlicher Erkenntnisproduktion und praxisbezogener Problemlösung sowie die Organisation von Wissensaustausch in Projekten. Zentral sind die Integration unterschiedlicher Perspektiven, die Ko-Produktion von Wissen und die Rolle von Vertrauen. Interaktionsarbeit erweist sich dabei als entscheidend für Verständigung und Kooperation zwischen Wissenschaft und Praxis. Zugleich wird transdisziplinäre Forschung als prozesshaftes, erfahrungsbasiertes und partizipatives Vorgehen beschrieben.



Heinlein, M., Huchler, N., Wittal, R. (2025.) Virtual Reality als Lern- und Arbeitsraum: Nutzungsmöglichkeiten, Grenzen und Gestaltungserfordernisse. In: Grundlagen der Weiterbildung: Praxishilfen (GdW-Ph). Neuwied: Luchterhand, Aktualisierungslieferung Nr. 241, Januar 2025, Kap. 7.80.10 (S. 1-21)

Der Beitrag untersucht Virtual Reality als Lern- und Arbeitsraum und versteht sie als eigenständige Erfahrungsumgebung, die neue Formen von Interaktion, Lernen und Zusammenarbeit ermöglicht. Er arbeitet zentrale Nutzungsmöglichkeiten wie Visualisierung, Training und kollaborative Arbeit heraus und zeigt zugleich Grenzen auf, etwa hinsichtlich körperlicher Erfahrung und der Übertragbarkeit in die Praxis.

Heinlein, M. (2024). Kollaboration in virtuellen Arbeitsräumen: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von VR-Technologien in der Zusammenarbeit. Gruppe. Interaktion. Organisation. Zeitschrift für Angewandte Organisationspsychologie (GIO), 55(1): 17-25. (<https://doi.org/10.1007/s11612-024-00730-y>)

Kollaborative Arbeit verlagert sich zunehmend in Virtual Reality, deren Nutzung bislang jedoch stark realexperimentelle Züge trägt. VR bildet physische Realität nicht einfach ab, sondern erzeugt eine eigenständige Erfahrungswirklichkeit, die für die Gestaltung von Zusammenarbeit in Organisationen berücksichtigt werden muss. Vor diesem Hintergrund analysiert der Beitrag die spezifischen Bedingungen von Kollaboration in VR und arbeitet heraus, welche Möglichkeiten und Grenzen sich für die organisationale Praxis ergeben. Ziel ist es, die Besonderheiten VR-gestützter Zusammenarbeit systematisch einzuordnen und für die Gestaltung digitaler Arbeitsräume fruchtbar zu machen.

Heinlein, M., Huchler, N., Wittal, R. (2023). Erfahrungsgeleitetes Lernen in Virtual Reality-Umgebungen: Möglichkeiten der digital gestützten Kompetenzentwicklung im Arbeitsprozess. In: S. Kauffeld, S. Rothenbusch (Hrsg.). Kompetenzen von Mitarbeitenden in der digitalisierten Arbeitswelt. Kompetenzmanagement in Organisationen. Berlin/Heidelberg: Springer, S. 179-193. (https://doi.org/10.1007/978-3-662-66992-1_10)

Der Beitrag untersucht die Gestaltung von Virtual-Reality-Umgebungen im Kontext arbeitsintegrierter Kompetenzentwicklung. Ausgangspunkt ist die Annahme, dass Lernen in digitalen Arbeitskontexten nicht allein durch technische Lösungen bestimmt wird, sondern maßgeblich durch erfahrungsgeleitete Prozesse geprägt ist. Entsprechend wird ein Ansatz vorgestellt, der VR-Szenarien nicht primär didaktisch instruiert, sondern entlang realer Arbeitspraktiken entwickelt. Anhand eines konkreten Anwendungsfalls – der Simulation von Montage- und Instandhaltungsprozessen eines Hallenkrans – zeigt der Beitrag, wie VR so gestaltet werden kann, dass sie an bestehende Arbeitsprozesse anschließt und erfahrungsbasiertes Handeln unterstützt. Im Ergebnis wird deutlich, dass die Potenziale von VR insbesondere dann zum Tragen kommen, wenn digitale Umgebungen als Erweiterung praktischer Erfahrungsräume konzipiert werden und nicht als deren Ersatz.



Universität Bremen: Gestaltung und Erprobung immersiver Interaktionsräume

Die Arbeitsgruppe „Digital Public“ am Fachbereich Mathematik und Informatik der Universität Bremen erforscht, wie innovative digitale Technologien öffentliche, organisatorische und gesellschaftliche Transformationsprozesse unterstützen können. Nach dem Umzug in den Norden Deutschlands im Jahr 2022 arbeitet die AG an der Universität Bremen insbesondere zu soziotechnologischen Themen rund um innovative Technologien, wie z.B. VR/AR/XR und KI sowie zu Fragen des Technologie-Designs und der Technologieakzeptanz.

Unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Björn Niehaves umfasst die Arbeitsgruppe aktuell 11 Mitglieder, die in verschiedene Projekte eingebunden sind. Im Projekt VR Chain waren neben Prof. Niehaves insbesondere Dr. Marc Wyszynski, Dr. Sebastian Weber und Raphael Palombo koordinierend und wissenschaftlich ausführend beteiligt. Die Universität Bremen fokussierte

im Projekt die gestaltungsorientierte Weiterentwicklung virtueller Umgebungen. Ausgangspunkt war die Frage, wie VR-Anwendungen so entworfen werden können, dass sie von den Nutzenden akzeptiert, verstanden und langfristig in Arbeitsprozesse integriert werden.

Im Zentrum stand dabei die Entwicklung und Erprobung unterschiedlicher Designansätze für kollaborative VR-Szenarien. Das Projekt bot hierfür ein experimentelles Umfeld, in dem bestehende theoretische Ansätze aufgegriffen, in konkrete Gestaltungslösungen übersetzt und unter realen Bedingungen getestet werden konnten. Besonderes Interesse galt der Frage, wie immersive Technologien gestaltet werden können, um Perspektivwechsel zu unterstützen, die virtuelle Erfahrung der Nutzenden zu fördern und den Austausch zwischen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette zu verbessern.

Die Universität Bremen versteht das Projekt dabei auch nach dessen Abschluss als Modellfall: Die entwickelten Lösungen und Erkenntnisse sollen über den konkreten Anwendungskontext hinaus skalierbar sein und zur Weiterentwicklung von VR-Anwendungen in anderen Bereichen beitragen. Im Fokus der Arbeitsgruppe steht somit auch weiterhin die Verbindung von theoretischer Fundierung, experimenteller Erprobung und praktischer Anwendbarkeit.

Zentrale wissenschaftliche Projektpublikationen der Universität Bremen

Weber, S., Palombo, R., Wyszynski, M., & Niehaves, B. (2025). Immersive by Design: How Interactive VR Experiences Foster Consumer Choices. Wirtschaftsinformatik 2024 Proceedings.

Die Studie untersucht, wie VR-Produktpräsentationen gestaltet sein sollten, damit Nutzer:innen ein Produkt in einer VR-Umgebung besser erleben. Dazu wurde in einem Laborexperiment mit 200 Personen eine virtuelle Produktpräsentation getestet: einmal stärker immersiv in VR und einmal am Desktop-PC sowie mit unterschiedlichen Interaktionsmöglichkeiten. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass vor allem die durch die Präsentation geweckte Neugier auf das Produkt zu einem positiver wahrgenommenen VR-Erlebnis führen kann.

Palombo, R., Weber, S., Wyszynski, M., & Niehaves, B. (2024). Glove versus controller: the effect of VR gloves and controllers on presence, embodiment, and cognitive absorption. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, 1337959.

In dieser Studie wird untersucht, ob sich spezielle Virtual-Reality-Handschuhe in einer virtuellen Umgebung natürlicher anfühlen als klassische VR-Controller. Dafür haben 20 Personen in einer VR-Umgebung mit drei verschiedenen Eingabegeräten (ein klassische VR-Controller, moderne VR-Controller und VR-Handschuhe) einen kleinen Kran zusammengebaut und anschließend ihre Eindrücke geschildert. Die Ergebnisse zeigen: Der VR-Handschuh wurde meist als deutlich natürlicher und realistischer erlebt, weil die eigenen Handbewegungen direkter in die virtuelle Welt übertragen wurden. Viele Teilnehmende konnten sich dadurch stärker auf den virtuellen Montageprozess konzentrieren und erlebten die virtuelle Hand eher als Teil des eigenen Körpers. Klassische Controller funktionierten zwar ebenfalls, erforderten aber mehr Aufmerksamkeit für Knöpfe und Bedienlogik und lenkten dadurch stärker von der eigentlichen Tätigkeit ab.



Universität Bremen

FREIRAUM
VERTEIDIGT

RECHTEN

Palombo, R., Weber, S., & Niehaves, B., „fLookout Point ahead: VR Station Design for Tacit Knowledge Transfer in the Value Chain“ (2024). AMCIS 2024 Proceedings. 4. (<https://aisel.aisnet.org/amcis2024/fow/fow/4>)

Die Studie widmet sich der Frage, an welchen Stellen der Wertschöpfungskette in Industrieunternehmen VR-Technologie sinnvoll eingesetzt werden kann, um spezielles Wissen besser weiterzugeben, das oft schwer zu erklären oder aufzuschreiben ist. Dafür wurden Mitarbeitende aus verschiedenen Bereichen wie Vertrieb, Produktion, Einkauf, Service und IT befragt. Im Mittelpunkt stand die Frage, wo VR helfen kann, Produkte, Arbeitsprozesse oder Kundensituationen anschaulicher zu machen.

Die Ergebnisse zeigen: VR kann besonders nützlich sein, wenn unterschiedliche Personen ein gemeinsames Verständnis entwickeln müssen, zum Beispiel im Vertriebsgespräch mit Kunden, bei der Planung von Sonderlösungen, in der Montagevorbereitung oder bei Schulungen. Dadurch könnten Missverständnisse reduziert, Abläufe besser abgestimmt und Erfahrungswissen leichter weitergegeben werden.

Palombo, R., Weber, S., & Niehaves, B. (2024). VR says a Thousand Words—An Analysis of Expectancy Disconfirmation Treatment with VR in Complex Sales Processes. PACIS 2024 Proceedings, 2. (https://aisel.aisnet.org/pacis2024/track08_digtech_fow/track08_digtech_fow/2)

Die Studie untersucht, wie VR in komplexen Interaktionsprozessen (z.B. im Verkauf) helfen kann, Missverständnisse zwischen Nutzer:innen zu vermeiden. Dafür wurden Mitarbeitende eines Industrieunternehmens befragt, unter anderem aus Vertrieb, Konstruktion, Service, Einkauf und Produktion. Die Ergebnisse zeigen: Probleme entstehen häufig, wenn Anforderungen unvollständig sind, Produkte schwer präsentierbar sind oder vorhandene Materialien, wie z.B. technische Zeichnungen, nicht ausreichen, um die spätere Lösung wirklich zu verstehen. Der Studie zufolge könnte VR dabei helfen, Produkte und Kundenumgebungen anschaulicher zu präsentieren, Angebote besser zu prüfen, schwierige Arbeitsschritte zu erklären und gemeinsam neue Lösungen zu entwickeln. So könnten Erwartungen früher abgeglichen und spätere Enttäuschungen im Verkaufsprozess reduziert werden.



TECHNIK- ENTWICKLUNG ALS PARTIZIPATIVER PROZESS



Entwicklung aus der Praxis heraus

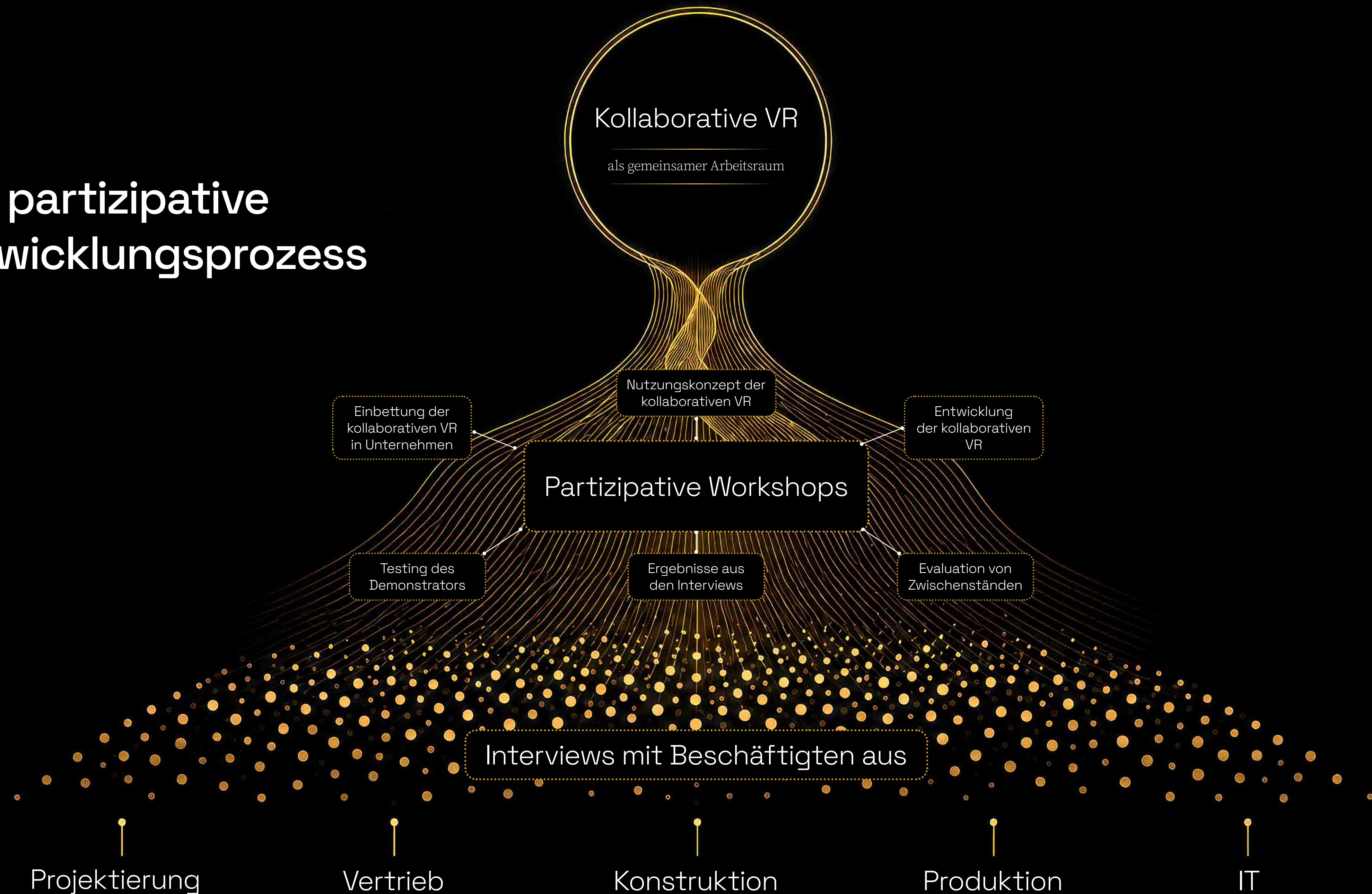
Die im Projekt entwickelte VR-Anwendung ist nicht aus einer rein technischen Perspektive heraus entstanden, sondern in einem iterativen und partizipativen Entwicklungsprozess. Ziel war es, eine Lösung zu entwickeln, die nicht nur technisch funktioniert, sondern in realen Arbeitsprozessen tatsächlich einen Mehrwert entfaltet. Ausgangspunkt bildeten Interviews des ISF München mit Beschäftigten aus unterschiedlichen Bereichen der beteiligten Unternehmen – insbesondere aus technischer Projektierung, Vertrieb, Konstruktion, Produktion und IT – um konkrete Bedarfe und Ideen der Praxis für VR-unterstützte Prozesse zu erheben.

In anschließenden partizipativen Workshops mit Mitarbeitenden von AERO-LIFT und VETTER, in denen die Ergebnisse der Bedarfsanalyse diskutiert wurden, wurden verschiedene Perspektiven zusammengeführt und frühzeitig in die Entwicklung integriert. Im Fokus standen dabei konkrete Herausforderungen der Zusammenarbeit im Kundenkontext: Wie können mit Hilfe von VR technische Lösungen verständlich vermittelt, wie kann Abstimmung verbessert und wie können Entscheidungen auf eine tragfähige Grundlage gestellt werden?

Gerade die unterschiedlichen Blickwinkel der beteiligten Unternehmen erwiesen sich dabei als zentral. Während auf der einen Seite die Anforderungen aus der Kundenberatung im Vordergrund standen, rückten auf der anderen Seite Fragen der technischen Umsetzbarkeit und Variantenbildung in den Fokus.

Die VR-Anwendung wurde somit von Beginn an als gemeinsamer Arbeitsraum gedacht, der diese Perspektiven miteinander verbindet.

Der partizipative Entwicklungsprozess



Anforderungen bündeln: Beratung, Konstruktion und Zusammenarbeit

Die Einbindung der Beschäftigten machte deutlich, dass die VR-Anwendung mehrere Funktionen zugleich erfüllen muss.

Für AERO-LIFT stand insbesondere die Frage im Zentrum, wie sich komplexe Lösungen im direkten Austausch mit Kunden anschaulich vermitteln und gemeinsam entwickeln lassen. Dabei ging es nicht nur um Visualisierung, sondern um die Möglichkeit, konkrete Einsatzsituationen nachvollziehbar zu machen und unterschiedliche Lösungsvarianten gemeinsam zu bewerten.

VETTER brachte insbesondere Anforderungen ein, die sich aus der Variantenlogik von Krananlagen ergeben. Hier wurde deutlich, dass die VR-Anwendung nicht nur statische Modelle abbilden darf, sondern die Parametrisierung realer Systeme unterstützen muss. Daraus entstand die Entwicklung eines Krankonfigurators, der es ermöglicht, unterschiedliche Varianten direkt in der VR-Umgebung abzubilden und im Nutzungskontext zu erproben.

Gemeinsam wurde zudem der kollaborative Charakter der Anwendung über die Wertschöpfungskette hinweg geschärft: Die gleichzeitige Interaktion von Kunden, Vertrieb und technischen Fachbereichen der Unternehmen wurde als zentraler Anwendungsfall definiert. Ergänzend dazu wurden Anforderungen an IT-Sicherheit, Dokumentation und Nachvollziehbarkeit formuliert, um die Anwendung auch organisatorisch tragfähig zu machen.

Ein weiterer wichtiger Schwerpunkt lag auf der Integration von Raumdaten. Hier wurden Anforderungen an Genauigkeit und Messbarkeit formuliert, wobei eine Lösung entwickelt werden sollte, die von späteren Nutzenden ohne spezialisierte Vorkenntnisse eingesetzt werden kann.

Technische Umsetzung: Vom Modell zur funktionalen VR-Umgebung

Die technische Umsetzung durch Lightshape setzte genau an diesen Anforderungen an. Zu Beginn des Projekts standen weder ein VR-Demonstrator noch geeignete Modelle zur Verfügung. Entsprechend wurde zunächst eine grundlegende VR-Umgebung geschaffen, in der zentrale Funktionen und Produkte erprobt werden konnten.

Auf Basis von CAD-Daten wurden erste Modelle von Krananlagen und Hebezeugen entwickelt und für die Nutzung in VR aufbereitet. Dies erforderte unter anderem die Umwandlung der Konstruktionsdaten in geeignete Darstellungsformen sowie die Gestaltung von Oberflächen, um eine für die Zwecke des Projekts passende Visualisierung zu erreichen. Der hohe Anspruch an visuelle Qualität war dabei kein Selbstzweck, sondern sollte dazu beitragen, den Übergang zwischen realer und virtueller Welt möglichst nahtlos zu gestalten.

Eine besondere Herausforderung lag in der funktionalen Abbildung der Systeme. Gerade die Hebezeuge von AERO-LIFT mit ihren komplexen Bewegungsabläufen

sowie die kinematischen Verbindungen zwischen Kranen und Lastaufnahmemitteln erforderten eine aufwendige Umsetzung. Gleichzeitig mussten diese Funktionen so gestaltet werden, dass sie auch über VR-Controller intuitiv bedienbar bleiben — auch dann, wenn Nutzende über keine Vorerfahrung mit VR-Technologien verfügen.

Die entwickelten Lösungen wurden iterativ mit den Fachabteilungen der Unternehmen abgestimmt und durch deren Expertise validiert. Im Verlauf des Projekts wurden weitere Modelle integriert und bestehende Systeme erweitert, sodass eine zunehmend differenzierte und an realen Produkten orientierte VR-Umgebung entstand.



Kollaboration erproben: Multi-User-Umgebung und Workshops

Parallel zur technischen Entwicklung wurde eine kollaborative Multi-User-Umgebung aufgebaut, die eine ortsunabhängige Zusammenarbeit ermöglicht

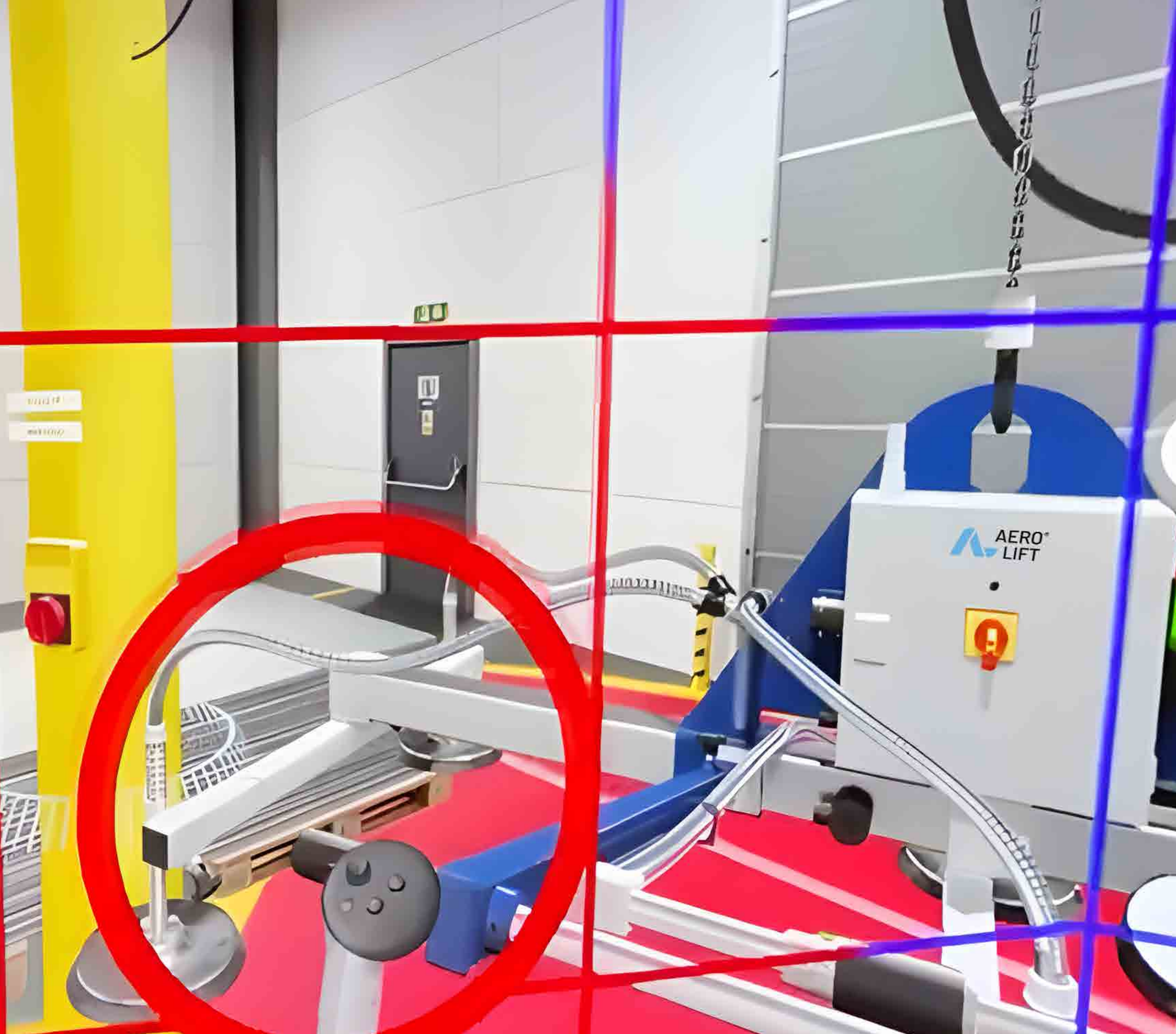
Lightshape entwickelte hierfür eine serverbasierte Infrastruktur, die grundlegende Funktionen wie Nutzerverwaltung, Verbindung und räumliches Audio bereitstellt.

Auf dieser Grundlage konnten vom ISF München und der Universität Bremen Workshops durchgeführt werden, in denen die Anwendung unter realistischen Bedingungen getestet wurde. Dabei wurde insbesondere erprobt, wie sich Zusammenarbeit im virtuellen Raum gestaltet und welche Anforderungen sich daraus für Interaktion, Kommunikation und Koordination ergeben.

Ein wichtiger Schritt war die Einbindung realer Nutzungssituationen.

In gemeinsamen Tests mit Kunden und externem Vertrieb wurde untersucht, ob die Anwendung auch unter praktischen Bedingungen — etwa in einer realen Produktionshalle — eine produktive Zusammenarbeit innerhalb der Wertschöpfungskette ermöglicht.

Die Rückmeldungen aus diesen Erprobungen flossen wiederum direkt in die Weiterentwicklung ein. Insbesondere Fragen der Usability, Verständlichkeit und kollaborativen Nutzung wurden auf dieser Basis gezielt verbessert.



Reale Räume einbinden: Erprobung und Bewertung von Scan-Technologien

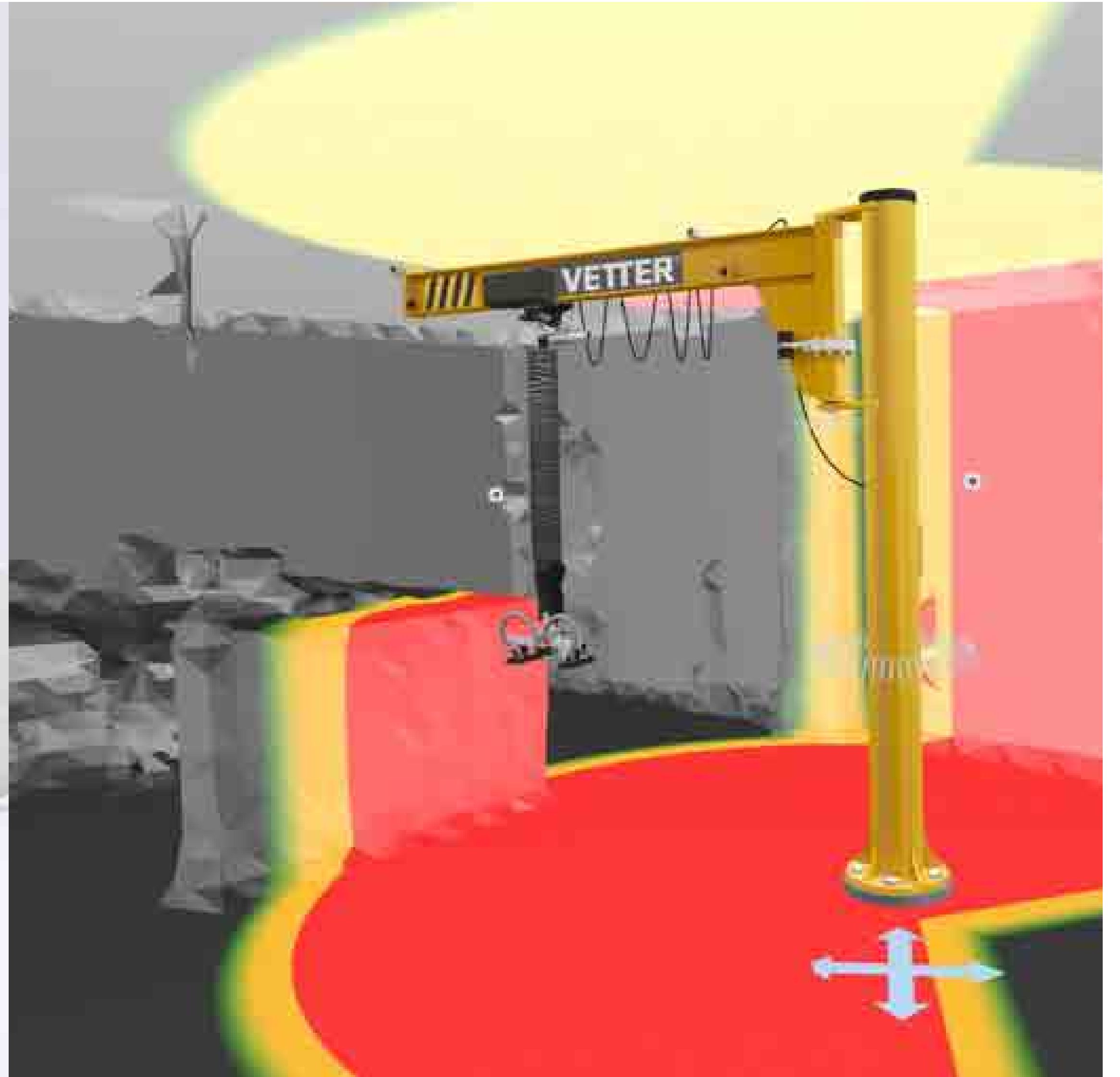
Ein zentraler Bestandteil der Anwendung ist die Integration realer Umgebungen. Ausgangspunkt waren zunächst Überlegungen zum Einsatz klassischer Laserscan-Verfahren. Diese erwiesen sich jedoch als zu aufwendig, zeitintensiv und kostenintensiv für den vorgesehenen Einsatz im Vertriebsprozess.

Vor diesem Hintergrund wurde im Projekt ein alternativer Ansatz verfolgt, der auf den Scan-Funktionen moderner Stand-Alone-VR- und Mixed-Reality-Brillen basiert. Ziel war es, eine Technologie zu nutzen, die schnell, kostengünstig und von den Anwenderinnen und Anwendern selbst bedienbar ist.

Erste Tests zeigten, dass sich auf dieser Basis digitale Abbilder realer Räume erzeugen lassen, die für kollaborative Anwendungen nutzbar sind. Allerdings wurde auch deutlich, dass diese Ansätze mit Einschränkungen verbunden sind — insbesondere hinsichtlich Auflösung, Detailgrad und der maximal erfassbaren Raumgröße.

Um die Qualität der Modelle zu verbessern, wurden ergänzende Verfahren entwickelt, etwa zur automatisierten Texturierung auf Basis fotografischer Daten. Dadurch konnte die visuelle Qualität deutlich gesteigert werden, auch wenn grundlegende technische Grenzen — etwa bei der Erfassung großer Hallen — weiterhin bestehen.

Die weitere Entwicklung kommerziell verfügbarer Stand-alone-VR- und Mixed-Reality-Brillen wird ausschlaggebend dafür sein, ob und wie sich diese Grenzen verschieben



Mixed Reality als Brücke zwischen digitaler und analoger Arbeit

Unabhängig von diesen Einschränkungen zeigt sich jedoch, dass insbesondere der Mixed-Reality-Modus ein hohes Potenzial für die praktische Anwendung bietet. Virtuelle Anlagen können direkt im realen Raum positioniert, getestet und konfiguriert werden.

Gerade für AERO-LIFT und VETTER eröffnet dies neue Möglichkeiten in der gemeinsamen Kundenberatung: Lösungen können vor Ort gemeinsam entwickelt, angepasst und bewertet werden. Funktionen wie Kollisionsprüfung, Messung und Dokumentation unterstützen dabei die Entscheidungsfindung und tragen dazu bei, Abstimmungsprozesse effizienter zu gestalten.

Die Verbindung von virtuellen und realen Elementen macht dabei einmal mehr deutlich, dass digitale Arbeitsräume nicht losgelöst von der physischen Welt entstehen, sondern in enger Beziehung zu ihr stehen.

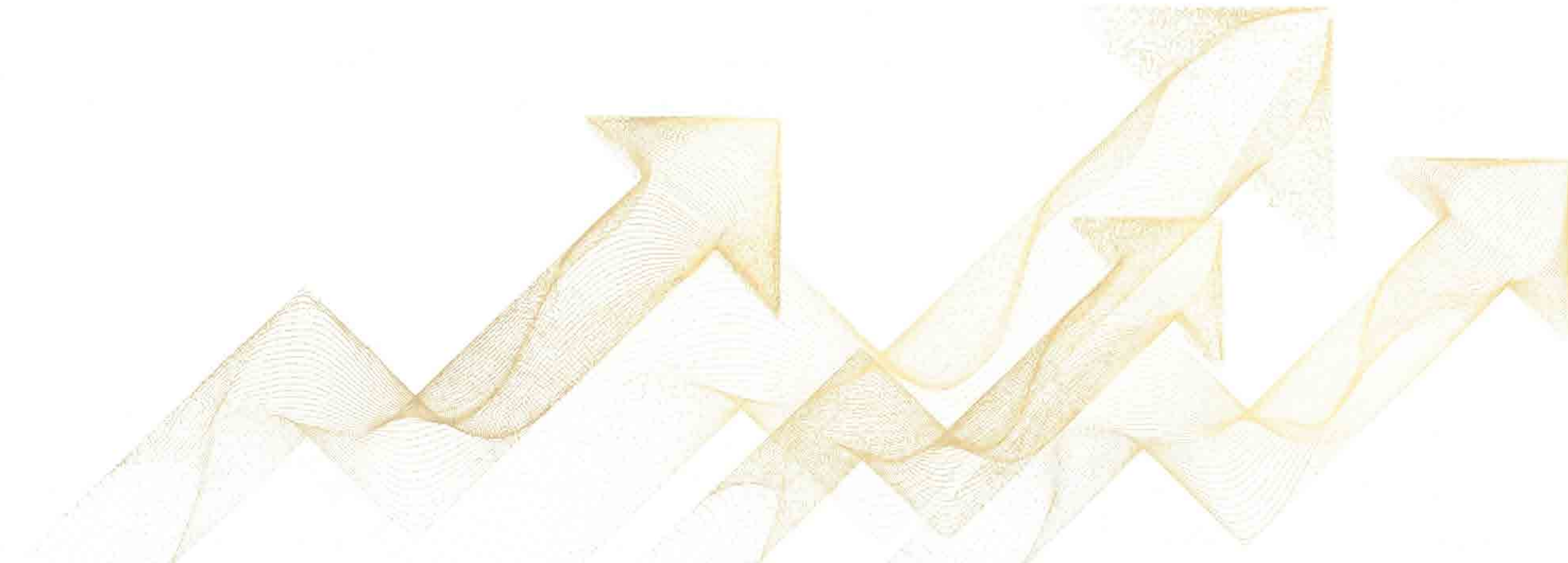


Forschung als Begleitung: Formative Evaluation und Weiterentwicklung

Der gesamte Entwicklungsprozess wurde kontinuierlich durch das ISF München und die Universität Bremen begleitet. In Form einer fortlaufenden, formativen Evaluation wurden sowohl die Nutzungssituationen als auch die entwickelten Prototypen analysiert.

Dabei ging es nicht nur um die Bewertung technischer Funktionalität, sondern insbesondere um die Frage, wie die Anwendung im Arbeitskontext genutzt wird, welche Formen der Zusammenarbeit entstehen und wo Anpassungsbedarf besteht. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden systematisch in die Weiterentwicklung zurückgeführt.

Auf diese Weise entstand ein enger Zusammenhang zwischen technischer Entwicklung, praktischer Erprobung und wissenschaftlicher Reflexion.



Ergebnis: Eine gemeinsame Entwicklungsperspektive

Im Ergebnis ist eine VR-Anwendung entstanden, die als Resultat eines gemeinsamen Entwicklungsprozesses verstanden werden kann. Die Perspektiven von AERO-LIFT und VETTER als Anwendungspartner sowie von Lightshape als Technologieentwickler wurden dabei kontinuierlich miteinander verzahnt.

Die enge Zusammenarbeit mit der Arbeitsforschung ermöglichte es, die Anwendung nicht nur technisch weiterzuentwickeln, sondern auch ihre Einbettung in reale Arbeitsprozesse zu verstehen und gezielt zu gestalten.

Damit zeigt das Projekt exemplarisch, wie digitale Arbeitsräume entstehen: durch die Verbindung von praktischen Anforderungen, technischer Umsetzung und wissenschaftlicher Begleitung – und durch einen Entwicklungsprozess, der auf Beteiligung, Iteration und gemeinsames Lernen setzt.

Die Entwicklung der VR-Anwendung kann in dem folgenden Video, das mit Unterstützung des Projektträgers Karlsruhe (PTKA) erstellt wurde, nachverfolgt werden:

[https://www.youtube.com/watch?v=84lX6CIyiDA\[MH2.1\]](https://www.youtube.com/watch?v=84lX6CIyiDA[MH2.1])



Die Nutzung der VR-Anwendung wird in dem folgenden Video, das von AERO-LIFT erstellt wurde, demonstriert:

<https://www.youtube.com/watch?v=KRuMzk2YK7w>



KOLLABORATIVE VR: EIN NUTZUNGS- KONZEPT



Wie Virtual Reality für Kollaboration in der Wertschöpfungskette einsetzen?

Ein Orientierungsrahmen für Anwender und Entscheidungsträger in Unternehmen

VR stellt nicht einfach eine zusätzliche Visualisierungstechnologie dar, sondern einen situierten Handlungsraum, der Arbeitszusammenhänge vermittelt, strukturiert und in bestimmter Weise neu ordnet. Genau hier setzt das Entwicklungs- und Nutzungsverständnis von kollaborativer VR an, das im Projekt VR-Chain entwickelt wurde und im Folgenden in einen Rahmen übersetzt wird, der bei der Gestaltung und Anwendung kollaborativer VR Orientierung geben soll. Der Leitgedanke ist, VR-Anwendungen für kollaborative Zwecke nicht punktuell oder zufällig zu nutzen, sondern systematisch, nachvollziehbar und arbeitsbezogen in Unternehmen einzuführen.

Der Orientierungsrahmen erfüllt mehrere Funktionen zugleich. Er ist erstens ein analytisches Instrument, mit dem sich mögliche Einsatzfelder und Anforderungen von VR im Kontext kollaborativer Arbeit bestimmen lassen. Er ist zweitens eine Gestaltungshilfe, die deutlich macht, welche Fragen vor, während und nach der

Implementierung einer VR-Anwendung bearbeitet werden müssen. Und er ist drittens eine Art Gebrauchsanleitung für Organisationen, Projektverantwortliche und Nutzende, die VR nicht als isolierte Spielerei, sondern als ernsthaften Arbeitsraum erschließen wollen.

Der Orientierungsrahmen sensibilisiert dafür, dass VR weder die physische Arbeitswelt einfach verdoppelt noch bestehende Abstimmungsprobleme von selbst löst. Vielmehr erzeugt sie eine eigene Form von Wirklichkeit, die nur dann produktiv genutzt werden kann, wenn sie an die Praktiken, Erwartungen, Routinen und Wissensbestände der beteiligten Akteure anschließt.

Gerade in Wertschöpfungsketten ist das von besonderer Bedeutung. Hier treffen unterschiedliche Perspektiven aufeinander: Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb, Service, Montage, externe Dienstleister oder Kunden verfolgen jeweils eigene Aufgaben und verfügen über spezifisches Wissen. Kollaborationsprobleme entstehen häufig nicht deshalb, weil Informationen vollständig fehlen, sondern weil die Arbeitsrealität anderer Bereiche nur unzureichend nachvollzogen werden kann.

VR kann hier eine vermittelnde Rolle übernehmen, indem sie Zusammenhänge anschaulich macht, Perspektivwechsel unterstützt und die gemeinsame Bearbeitung räumlich-visueller Problemlagen ermöglicht. Damit dies gelingt, muss aber geklärt werden, an welcher Stelle im Prozess VR überhaupt sinnvoll ist, welche Entscheidungen dort vorbereitet oder getroffen werden sollen, wie die Nutzung in bestehenden Verantwortlichkeiten eingebettet wird und welche technischen, sozialen und gestalterischen Voraussetzungen dafür erfüllt sein müssen.

Das Nutzungskonzept strukturiert diese Anforderungen entlang von sieben Dimensionen. Diese Dimensionen machen sichtbar, dass die kollaborative Nutzung von VR nicht auf eine einzelne Frage reduziert werden kann. Es geht nicht nur um Technik und auch nicht nur um Gestaltung oder Nutzerfreundlichkeit. Vielmehr müssen kontextbezogene, prozessbezogene und objektbezogene Aspekte zusammengedacht werden.



Zu den kontextbezogenen Dimensionen gehören die Arbeits- und Prozessintegration, die organisationale Einbettung sowie die technische und infrastrukturelle Kopplung. Sie richten den Blick auf die Einbindung von VR in reale Wertschöpfungszusammenhänge. Die prozessbezogenen Dimensionen — Kollaborations- und Interaktionslogik sowie Usability und Aneignungsunterstützung — fokussieren die Frage, wie im virtuellen Raum tatsächlich gehandelt, koordiniert und gelernt wird. Die objektbezogenen Dimensionen — Objekt-, Raum- und Mediengestaltung sowie subjektive Erfahrung und VR-Experience — betreffen schließlich die konkrete Ausgestaltung der virtuellen Umgebung und die Weise, in der sie von Nutzenden erlebt, interpretiert und praktisch angeeignet wird. Der multidimensionale Ansatz des Nutzungskonzepts begründet sich aus der Einsicht, dass eine VR-gestützte Kollaboration nur dann tragfähig ist, wenn verschiedene Ebenen der Nutzung zugleich berücksichtigt werden.

Die **Arbeits- und Prozessintegration** fragt danach, welchen funktionalen Ort VR im Wertschöpfungsprozess hat. Organisationale Einbettung thematisiert, ob und wie VR in betriebliche Zuständigkeiten, Entscheidungswege und Legitimitätsordnungen passt. Technische und infrastrukturelle Kopplung macht deutlich, dass VR-Anwendungen auf Schnittstellen, Datenverfügbarkeit, Stabilität und Sicherheit angewiesen sind.

Kollaborations- und Interaktionslogik beschreibt die sozialen Skripte, Rollen und Formen gemeinsamer Bezugnahme, die in virtuellen Räumen erst hergestellt werden müssen. Usability und Aneignungsunterstützung verweist darauf, dass virtuelle

Räume nicht selbsterklärend sind, sondern unterschiedliche Vorerfahrungen und Lernbedarfe berücksichtigt werden müssen.

Die **Objekt-, Raum- und Mediengestaltung** lenkt den Blick auf die Frage, wie Gegenstände, Räume und Kommunikationsmittel so gestaltet werden, dass sie Zusammenarbeit tragen.

Die **subjektive Erfahrung und VR-Experience** schließlich erinnern daran, dass VR immer auch leiblich, sinnlich und situativ erfahren wird und deshalb Fragen von Orientierung, Überforderung, Distanz, Aufmerksamkeit und Immersion nicht nachgeordnet sind, sondern konstitutiv für ihre Nutzbarkeit.

Diese Systematik ist deshalb hilfreich, weil sie eine Verkürzung auf rein technische oder rein gestalterische Fragen vermeidet. Sie macht deutlich, dass VR-Kollaboration weder durch einen hohen Grad an Realismus noch durch gute Hardware allein gesichert werden kann. Entscheidend ist vielmehr die Passung zwischen Anwendungskontext, Organisationsform, Prozesslogik und Nutzungserfahrung. In diesem Sinne ist das Nutzungskonzept weniger als starres Schema zu verstehen, sondern als Orientierungs- und Reflexionsrahmen. Es hilft dabei, sinnvolle Einsatzfelder zu identifizieren, Fehlannahmen zu vermeiden und Gestaltungsentscheidungen begründet zu treffen. Es fragt danach, was VR in einem konkreten Nutzungsszenario leisten soll, welche Formen der Zusammenarbeit unterstützt werden sollen und welche Bedingungen dafür geschaffen werden müssen.

Dimension A: Arbeits- und Prozessintegration

Die Dimension der Arbeits- und Prozessintegration richtet sich auf die Positionierung von VR im Wertschöpfungsprozess. Im Kern geht es um die Frage, wo VR bestehende Koordinations- und Abstimmungsformen ergänzt, ersetzt oder transformiert. Diese Frage ist grundlegend, weil VR nur dann produktiv eingesetzt werden kann, wenn klar ist, worin ihre spezifische Funktion im Arbeitszusammenhang besteht.

Nicht jede Abstimmung profitiert von einem virtuellen Raum. Nicht jeder Prozessschritt muss virtualisiert werden. Und nicht jede räumliche Darstellung komplexer Sachverhalte führt automatisch zu besserer Zusammenarbeit. Vielmehr muss präzise bestimmt werden, an welchen Stellen VR einen tatsächlichen Mehrwert erzeugt.

Ein solcher Mehrwert kann etwa dort entstehen, wo räumlich-visuelle Komplexität eine zentrale Rolle spielt, wo verschiedene Akteure auf ein gemeinsames Objekt oder eine gemeinsame Situation bezogen Entscheidungen treffen müssen oder wo Perspektivübernahme und gegenstandsbezogene Abstimmung durch herkömmliche Medien nur eingeschränkt möglich sind.

Die Arbeits- und Prozessintegration verlangt deshalb zunächst eine genaue Analyse der bestehenden Abläufe. VR darf nicht zusätzlich zu bestehenden Arbeitsschritten aufgesetzt werden, wenn dies z.B. zu einer Verdopplung von Arbeit und

damit zu einer erhöhten Arbeitsbelastung führt. Ein Nutzungsszenario ist nur dann tragfähig, wenn der Übergang zwischen VR und Nicht-VR mitgedacht wird:

Wie wird ein Termin in der VR vorbereitet? Welche Informationen müssen vorliegen? Wer nimmt teil? Wie werden Ergebnisse dokumentiert? Wie fließen die in VR gewonnenen Einsichten in nachgelagerte Prozesse ein? Und wie wird verhindert, dass die VR-Nutzung zu einer isolierten Unterbrechung des eigentlichen Arbeitsprozesses wird? Gerade diese Übergänge sind entscheidend.

Denn virtuelle Kollaboration entfaltet ihren Nutzen nicht in sich selbst, sondern in der Verbindung mit realen Arbeitszusammenhängen. Vorbereitung, Nachbereitung, Dokumentation und Rückkopplung sind daher keine Randthemen, sondern Bestandteil der Arbeits- und Prozessintegration.

Dimension A: Arbeits- und Prozessintegration

Für die Praxis bedeutet dies, dass VR besonders dort sinnvoll sein kann, wo komplexe Sachverhalte durch gemeinsame Anschauung und situierte Interaktion bearbeitet werden sollen.

Das kann in der Beratung der Fall sein, wenn Kunden oder externe Partner Produkte, räumliche Einbausituationen oder spätere Nutzungskontexte besser verstehen sollen. Es kann in Planungs- und Konstruktionsprozessen relevant werden, wenn Montagefreundlichkeit, Zugänglichkeit oder Konflikte mit baulichen Bedingungen frühzeitig sichtbar gemacht werden sollen.

Und es kann in bereichsübergreifenden Abstimmungen innerhalb einer Wertschöpfungskette hilfreich sein, wenn unterschiedliche Akteure ihre jeweils spezifischen Sichtweisen auf denselben Gegenstand beziehen müssen.

Entscheidend ist aber in allen Fällen, dass VR nicht als Selbstzweck genutzt wird, sondern als arbeitsbezogenes Medium zur Unterstützung konkreter Abstimmungs-, Entscheidungs- oder Erkundungsprozesse.

Arbeits- und Prozessintegration

auf
einen
Blick

1. EINSATZPUNKT BESTIMMEN

Leitfrage: Wo greift VR in den Arbeitsprozess ein?

- Konkrete Arbeitssituation identifizieren (nicht nur „Use Case“)
- Klären, welche Form von Abstimmung oder Koordination unterstützt werden soll
- Prüfen, ob ein gegenstandsbezogener Mehrwert entsteht (über reine Information hinaus)

2. PROZESSLOGIK ANSCHLIESSEN

Leitfrage: Wie wird VR Teil bestehender Abläufe?

- Einbettung in reale Arbeitsprozesse sicherstellen (keine Parallelstruktur)
- Übergänge zwischen VR und Nicht-VR prozessual definieren
- Vermeiden von Doppelarbeit und Medienbrüchen

3. GEMEINSAMEN ARBEITSBEZUG HERSTELLEN

Leitfrage: Worauf beziehen sich die Beteiligten?

- Gemeinsame Bezugnahme auf Objekte, Räume und Situationen ermöglichen
- Unterschiedliche Perspektiven (z.B. Konstruktion, Service, Kunde) zusammenführen
- Abstimmung am Gegenstand, nicht nur über ihn

4. VORBEREITUNG UND ANSCHLUSS SICHERN

Leitfrage: Wie wird VR in den Gesamtprozess integriert?

- Relevante Daten (CAD, Scan etc.) verfügbar und nutzbar machen
- Klären, wie Ergebnisse weiterverarbeitet und wirksam werden
- VR-Sitzung als Teil eines kontinuierlichen Arbeitszusammenhangs verstehen

5. PROZESSWIRKSAMKEIT PRÜFEN

Leitfrage: Welchen Unterschied macht VR konkret?

- Frühere Sichtbarkeit von Problemen (z.B. Störkonturen, Passung von Produkten)
- Reduktion von Iterationen und Abstimmungsschleifen
- Ressourcenschonung durch Verlagerung von Arbeit in den virtuellen Raum

Dimension B: Organisationale Einbettung

Die Dimension der organisationalen Einbettung verschiebt den Fokus von der Prozessfunktion auf die betriebliche Verankerung der VR-Nutzung. Sie stellt die Frage, wie VR organisationsfähig wird. Gemeint ist damit nicht nur, ob eine Organisation technisch in der Lage ist, VR zu nutzen, sondern ob sie die Technologie in ihre Entscheidungswege, Zuständigkeiten, Erwartungsstrukturen und Legitimitätsordnungen integrieren kann.

Denn selbst eine technisch ausgereifte VR-Anwendung bleibt prekär, wenn unklar ist, wer ihre Nutzung verantwortet, welche Verbindlichkeit virtuelle Abstimmungen haben, welche Entscheidungen im virtuellen Raum vorbereitet oder getroffen werden dürfen und wie die dort erzeugten Ergebnisse in organisationale Verfahren übersetzt werden.

Organisationale Einbettung bedeutet deshalb zunächst Klärung. Es muss deutlich sein, was in VR geschieht und was nicht. Soll VR vor allem der gemeinsamen Exploration dienen, also der Veranschaulichung und dem besseren Verständnis eines Sachverhalts? Soll sie als Raum für Co-Design und gemeinsame Lösungssuche dienen? Oder sollen dort Entscheidungen vorbereitet oder sogar verbindlich getroffen werden? Je klarer diese Erwartungen formuliert sind, desto geringer

ist die Gefahr, dass VR entweder überfrachtet oder unterschätzt wird.

Ebenso wichtig ist die Anschlussfähigkeit an bestehende Hierarchien und Verantwortlichkeiten. Virtuelle Räume setzen organisationale Ordnungen nicht einfach außer Kraft. Vielmehr werden Rollen, Statusunterschiede und Erwartungen in der Regel mit in die VR hineingetragen.

Das bedeutet einerseits, dass bestehende Entscheidungswege berücksichtigt werden müssen. Es bedeutet andererseits aber auch, dass VR genutzt werden kann, um Perspektiven zu verschieben, Austausch zu erleichtern und bereichsübergreifende Verständigung zu fördern. Voraussetzung dafür ist, dass die Organisation die Nutzung nicht nur duldet, sondern als legitimen Arbeitsmodus anerkennt.

Dimension B: Organisationale Einbettung

Gerade diese Frage nach Vertrauen und Legitimität ist zentral. VR muss als seriöser Arbeitsraum wahrgenommen werden und nicht als technisches Gimmick oder spielerische Zusatzoption. Das setzt voraus, dass Nutzen, Zielsetzung und Einsatzlogik transparent kommuniziert werden. Beschäftigte müssen nachvollziehen können, warum VR eingeführt wird, welchen Beitrag sie für die eigene Arbeit leisten kann und unter welchen Bedingungen ihre Nutzung sinnvoll ist.

Organisationale Einbettung bedeutet daher auch, Erfahrungsräume für die Nutzung zu schaffen, Rückmeldungen von Nutzenden ernst zu nehmen und die Technologie nicht gegen bestehende Arbeitskulturen durchzusetzen, sondern mit ihnen in Beziehung zu setzen. Dort, wo VR neue Formen bereichsübergreifender Zusammenarbeit ermöglicht, kann sie auch Impulse für Organisationsentwicklung geben: etwa indem Perspektiven anderer Funktionsbereiche sichtbarer werden, Leistungen wechselseitig anerkannt werden oder neue Formen der Abstimmung erprobt werden. Das geschieht aber nicht automatisch. Es erfordert Moderation, klare Erwartungen und häufig auch eine bewusste Gestaltung der sozialen und kommunikativen Rahmung der VR-Nutzung.

Im Kontext des Projekts VR-Chain wurde zudem deutlich, dass organisationale Einbettung immer auch die Beziehungen innerhalb und zwischen Organisationen entlang der Wertschöpfungskette betrifft. VR-Kollaboration ist nicht beschränkt auf interne Teams, sondern hat darüber hinaus großes Potenzial für eine Zusammenarbeit mit Kunden, Zulieferern, Dienstleistern oder anderen Partnern. Dadurch verschieben sich die Anforderungen nochmals.

Denn nun geht es nicht nur um betriebsinterne Zuständigkeiten, sondern auch um Fragen der Verbindlichkeit, des Datenaustauschs, des Vertrauens zwischen Organisationen und der Rollenklarheit im gemeinsamen virtuellen Raum. Wer lädt ein? Wer moderiert? Welche Informationen dürfen sichtbar werden? Welche Ergebnisse werden dokumentiert? Und wie werden unterschiedliche Wissensstände, Interessenlagen und organisationale Kulturen so vermittelt, dass Zusammenarbeit produktiv werden kann? Die organisationale Einbettung von VR verlangt also ein Bewusstsein dafür, dass virtuelle Räume immer auch soziale und institutionelle Räume sind. Sie müssen nicht nur technisch hergestellt, sondern organisatorisch ermöglicht und legitimiert werden.

Organisationale Einbettung

auf
einen
Blick

1. FUNKTION VON VR KLÄREN

Leitfrage: Welche Rolle übernimmt VR in der Organisation?

- Bestimmen, ob VR der Exploration, Abstimmung oder Entscheidungsunterstützung dient
- Klären, welchen Stellenwert VR im Arbeitsprozess hat (optional vs. verbindlich)
- Erwartung an Ergebnisse und deren Nutzung festlegen

2. VERANTWORTUNGSSTRUKTUREN DEFINIEREN

Leitfrage: Wer organisiert und verantwortet die Nutzung?

- Zuständigkeiten für Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung klären
- Anschluss an bestehende Entscheidungs- und Freigabestrukturen sichern

3. ORGANISATIONALE ANSCHLUSSFÄHIGKEIT HERSTELLEN

Leitfrage: Wie passt VR in bestehende Strukturen?

- Integration in vorhandene Abläufe, Routinen und Hierarchien gewährleisten
- Abstimmung mit etablierten Kommunikations- und Arbeitsformen sicherstellen
- VR als legitimen Arbeitsraum verankern (nicht als experimentelles Add-on)

4. INTERORGANISATIONALE ZUSAMMENARBEIT STRUKTURIEREN

Leitfrage: Wie wird Zusammenarbeit über Unternehmensgrenzen hinweg organisiert?

- Rollen, Erwartungen und Beiträge der beteiligten Partner klären
- Umgang mit Daten und Zugriffsrechten definieren
- Gemeinsame Formate für Abstimmung und Entscheidungsfindung etablieren

5. NUTZUNG UND ANEIGNUNG ERMÖGLICHEN

Leitfrage: Wie wird VR tatsächlich Teil der Arbeitspraxis?

- Nutzen und Zielsetzung für die Beteiligten nachvollziehbar machen
- Niedrigschwellige Zugänge und Unterstützung bereitstellen
- Raum für Erprobung, Rückmeldung und Weiterentwicklung schaffen

6. VERBINDLICHKEIT UND VERTRAUEN SICHERN

Leitfrage: Wie werden Ergebnisse wirksam?

- Klären, welche Entscheidungen in VR vorbereitet oder getroffen werden
- Ergebnisse dokumentieren und in organisationale Prozesse überführen
- VR als verlässlichen Raum gemeinsamer Arbeit etablieren

Dimension C: Technische und infrastrukturelle Kopplung

Die kollaborative Nutzung von VR ist in hohem Maße davon abhängig, wie gut sie technisch in bestehende Systemlandschaften eingebunden ist. Anders als oft angenommen, entscheidet sich ihre Praxistauglichkeit nicht primär an einzelnen Geräten oder Anwendungen, sondern an der Verknüpfung unterschiedlicher Datenquellen, Systeme und Infrastrukturen.

Dies betrifft sowohl die Integration von Daten in VR (z. B. virtualisierte Modelle von Geräten, Oberflächen und Funktionalitäten) als auch die Integration von in der VR erzeugten Daten in Arbeits- und Unternehmensprozesse (Stichwort Dokumentation von Ergebnissen in VR). Im Zentrum steht demnach die Frage, wie virtuelle Umgebungen mit realen Arbeitskontexten gekoppelt werden.

Für kollaborative Szenarien entlang von Wertschöpfungsketten bedeutet dies in einem ersten Schritt die Integration von CAD-Daten und weiterer relevanter Informationsquellen. Erst durch diese Kopplung entsteht ein virtueller Raum, der nicht abstrakt bleibt, sondern an konkrete Arbeitsgegenstände und -situationen anschließt.

Eine wesentliche Herausforderung liegt in der Übersetzung und Aufbereitung dieser Daten. Unterschiedliche Formate, Detailgrade und Aktualitätsstände müssen so zu-

sammengeführt werden, dass sie in der VR-Anwendung nutzbar sind, ohne die Handhabbarkeit zu beeinträchtigen. Technische Integration ist damit immer auch eine Frage der Reduktion und Strukturierung: Nicht alles, was technisch verfügbar ist, ist für die Zusammenarbeit relevant. Gleichzeitig muss auch die Weiterverarbeitung der in der VR erzeugten Ergebnisse von Beginn an mitgedacht werden. Unternehmen sollten sicherstellen, dass zentrale Inhalte aus der Anwendung heraus dokumentiert und in anschlussfähiger Form bereitgestellt werden können.

Dazu gehört die Möglichkeit, Ergebnisse strukturiert zu exportieren — etwa als webbasiert zugängliche Dokumentation mit Screenshots, Audio-Anmerkungen und relevanten Produktparametern. Auch räumliche Maße und technische Spezifikationen sollten nachvollziehbar festgehalten werden, beispielsweise über annotierte Screenshots oder tabellarische Übersichten.

Dimension C: Technische und infrastrukturelle Kopplung

Auf diese Weise werden die in der VR erarbeiteten Lösungen nicht nur visualisiert, sondern als belastbare Grundlage für weitere Planungs- und Entscheidungsprozesse verfügbar gemacht.

In Summe müssen die eingesetzten Systeme zuverlässig und im Arbeitsalltag praktikabel sein. Dazu gehören stabile Verbindungen, ausreichende Rechenleistung sowie eine möglichst einfache Handhabung der eingesetzten Hardware.

Im Kontext unternehmensübergreifender Zusammenarbeit gewinnt zudem die Frage nach Datenverfügbarkeit und -sicherheit an Bedeutung.

Unterschiedliche Akteure müssen auf gemeinsame Inhalte zugreifen können, ohne dass dabei sensible Informationen unkontrolliert geteilt werden.

Die technische und infrastrukturelle Kopplung ist damit kein rein technisches Detail, sondern eine zentrale Voraussetzung dafür, dass VR als Arbeitsmittel wirksam werden kann. Sie entscheidet darüber, ob virtuelle Räume stabil, anschlussfähig und für die Beteiligten tatsächlich nutzbar sind.

Technische und infrastrukturelle Kopplung

auf
einen
Blick

1. DATENBASIS KLÄREN

Leitfrage: Welche Informationen fließen in die VR ein?

- Relevante Datenquellen identifizieren (z.B. CAD, Prozessdaten)
- Sicherstellen, dass Daten aktuell, vollständig und zugänglich sind
- Relevanz prüfen: Nur arbeitsbezogene Inhalte integrieren

2. INTEGRATION HERSTELLEN

Leitfrage: Wie werden Systeme miteinander verbunden?

- Schnittstellen zwischen verschiedenen Systemen definieren
- Datenformate kompatibel und nutzbar machen
- Medienbrüche und manuelle Übertragungen reduzieren

3. NUTZBARKEIT SICHERN

Leitfrage: Funktioniert die Anwendung im Arbeitsalltag?

- Stabilität und Performance gewährleisten
- Hardware passend zum Einsatzkontext auswählen (z.B. VR vs. MR)
- Bedienbarkeit und Zugänglichkeit für unterschiedliche Nutzergruppen sicherstellen

4. KOMPLEXITÄT HANDHABBAR MACHEN

Leitfrage: Wie viel Detail ist notwendig?

- Daten und Darstellungen auf das arbeitsrelevante Maß reduzieren
- Überfrachtung der virtuellen Umgebung vermeiden
- Balance zwischen Realitätsnähe und Handhabbarkeit finden

5. DATENZUGANG UND SICHERHEIT REGELN

Leitfrage: Wer sieht was — und wie?

- Zugriffsrechte und Sichtbarkeiten definieren
- Umgang mit sensiblen Daten klären
- Sichere und nachvollziehbare Datennutzung gewährleisten

6. DOKUMENTATION UND EXPORT SICHERSTELLEN

Wie werden Ergebnisse aus der VR gesichert und weiterverwendet?

- Exportformate für Ergebnisse vorsehen
(z. B. Screenshots, Audio-Anmerkungen, Produktparameter)
- Webbasierte Dokumentation zur einfachen Weitergabe und Abstimmung nutzen
(z. B. über Link)
- Räumliche Maße und technische Spezifikationen nachvollziehbar festhalten
(z. B. annotierte Screenshots, Tabellen)

Technische und infrastrukturelle Kopplung

*auf
einen
Blick*

7. ZUKUNFTSFÄHIGKEIT MITDENKEN

Leitfrage: Ist die Lösung skalierbar und übertragbar?

- Erweiterbarkeit (z.B. neue Daten, neue Partner) berücksichtigen
- Technologische Entwicklungen (z.B. XR-Streaming, 3D-Scan) einbeziehen
- Anschlussfähigkeit über den konkreten Anwendungsfall hinaus sicherstellen

Dimension D: Kollaborations- und Interaktionslogik

Die kollaborative Nutzung von VR erschöpft sich nicht darin, dass mehrere Personen gleichzeitig in einem virtuellen Raum anwesend sind. Entscheidend ist vielmehr, wie in diesem Raum gemeinsam gehandelt wird. Kollaboration muss auch in VR aktiv hergestellt werden — durch Formen der Interaktion, der Abstimmung und der gemeinsamen Bezugnahme.

Im Unterschied zu klassischen Kommunikationsmedien ist Zusammenarbeit in VR stärker an Situationen und Gegenstände gebunden. Akteure orientieren sich nicht nur an gesprochenen Informationen, sondern an dem, was im Raum sichtbar, zugänglich und bearbeitbar ist. Kollaboration wird dadurch zu einem Prozess, in dem Bedeutungen, Problemstellungen und Lösungsansätze im gemeinsamen Umgang mit virtuellen Objekten entstehen.

Damit dies gelingt, müssen Interaktionsformen so gestaltet sein, dass sie eine koordinierte Bezugnahme ermöglichen. Wer zeigt worauf? Wer verändert was? Wie wird sichtbar, worauf sich die Aufmerksamkeit richtet? Solche Fragen sind zentral, weil sie darüber entscheiden, ob ein gemeinsamer Arbeitsbezug entsteht oder ob parallele Einzelperspektiven nebeneinanderstehen bleiben.

Zugleich verändern sich etablierte Formen der Kommunikation. Körperliche Hinweise, Blickrichtungen oder implizite Abstimmungen sind im virtuellen Raum nur eingeschränkt verfügbar oder müssen technisch vermittelt werden. Kollaborative VR erfordert daher neue Formen der Verständigung, in denen Sprache, Visualisierung und Interaktion enger miteinander verschränkt sind.

Eine besondere Herausforderung liegt darin, unterschiedliche Perspektiven produktiv zusammenzuführen. In Wertschöpfungsketten treffen Akteure mit verschiedenen Wissensbeständen, Interessen und Zuständigkeiten aufeinander. VR bietet die Möglichkeit, diese Perspektiven sichtbar zu machen und auf einen gemeinsamen Gegenstand zu beziehen — vorausgesetzt, die Interaktionslogik unterstützt genau diesen Prozess.

Dimension D: Kollaborations- und Interaktionslogik

Die Gestaltung kollaborativer VR-Umgebungen zielt daher darauf, Interaktion nicht dem Zufall zu überlassen, sondern gezielt zu strukturieren (z.B. als gemeinsame Erkundung der Einsatzmöglichkeiten eines Produkts in einer virtualisierten Umgebung des Kunden).

Es geht darum, Formen der Zusammenarbeit zu ermöglichen, in denen Orientierung, Abstimmung und gemeinsame Entscheidungsfindung im virtuellen Raum praktisch handhabbar werden.

Kollaborations- und Interaktionslogik



1. GEMEINSAMEN ARBEITSBEZUG HERSTELLEN

Leitfrage: Worauf sollen sich die Beteiligten gemeinsam beziehen?

- Klare Bezugnahme auf Objekte, Situationen und Probleme ermöglichen
- Sichtbarkeit von Handlungen und Veränderungen an virtuellen Objekten sicherstellen
- Gemeinsame Orientierung im Raum unterstützen

2. INTERAKTION STRUKTURIEREN

Leitfrage: Wie wird gemeinsam gehandelt?

- Interaktionsmöglichkeiten gezielt gestalten (z.B. zur Beratung oder gemeinsamen Innovation)
- Klären, wer in der Situation zeigt, verändert, kommentiert oder steuert

3. AUFMERKSAMKEIT UND VERSTÄNDIGUNG SICHERN

Leitfrage: Wie entsteht geteilte Aufmerksamkeit?

- Sichtbar machen, worauf sich Aufmerksamkeit richtet (z.B. Markierungen, Zeigen)
- Missverständnisse durch fehlende Hinweise aktiv ausgleichen

4. PERSPEKTIVEN ZUSAMMENFÜHREN

Leitfrage: Wie werden unterschiedliche Sichtweisen produktiv gemacht?

- Unterschiedliche Rollen und Wissensbestände kommunizieren und sichtbar machen
- Perspektivwechsel ermöglichen (z.B. zwischen Kunde, Service und Konstruktion)
- Gemeinsame Problemdefinition und Lösungsentwicklung unterstützen

5. KOORDINATION ERMÖGLICHEN

Leitfrage: Wie werden Abläufe im virtuellen Raum gesteuert?

- Klare Abläufe für Zusammenarbeit definieren (z.B. Sequenzen der Arbeit an einem virtuellen Objekt, Bearbeitung von Aufgaben)
- Übergänge zwischen Demonstrieren, Diskutieren und Entscheiden strukturieren
- Überforderung durch unklare Interaktion vermeiden

6. ANSCHLUSSFÄHIGKEIT AN REALE ZUSAMMENARBEIT SICHERN

Wie passt VR zur gewohnten Zusammenarbeit?

- An bestehende Kommunikations- und Abstimmungsformen anknüpfen
- Neue Interaktionsformen in VR verständlich und erlernbar gestalten
- VR als Erweiterung bestehender Praxis nutzbar machen

Dimension E: Usability und Aneignungsunterstützung

Die Nutzung kollaborativer VR-Umgebungen hängt nicht allein von technischen Möglichkeiten oder organisatorischer Einbettung ab. Entscheidend ist, ob und wie die beteiligten Akteure diese Umgebungen praktisch handhaben und in ihre Arbeitsweise integrieren. VR muss nicht nur funktionieren — sie muss sich aneignen lassen.

Im Zentrum steht dabei die Frage, wie Nutzende mit virtuellen Räumen, Objekten und Interaktionsmöglichkeiten umgehen. Anders als bei etablierten Arbeitsmitteln fehlen häufig eingespielte Routinen. Orientierung, Navigation und Interaktion müssen erst erlernt und in die eigene Praxis überführt werden. Dies betrifft sowohl grundlegende Handlungen — etwa das Bewegen im Raum oder das Manipulieren von Objekten — als auch komplexere Formen der Zusammenarbeit.

Usability ist in diesem Zusammenhang mehr als Benutzerfreundlichkeit im engen Sinne. Es geht nicht nur darum, ob eine Anwendung intuitiv bedienbar ist, sondern ob sie die Anforderungen konkreter Arbeitssituationen unterstützt. Eine Anwendung kann technisch einfach sein und dennoch an den Bedürfnissen der Nutzenden vorbeigehen — etwa wenn relevante Funktionen fehlen oder Arbeitsabläufe nicht sinnvoll abgebildet werden.

Aneignung beschreibt darüber hinaus einen Prozess, in dem Nutzende die Technologie aktiv in ihre Arbeitsweise integrieren, anpassen und mit Bedeutung versehen. Dabei greifen sie auf bestehende Erfahrungen zurück, entwickeln neue Routinen und bringen eigene Praktiken in die Nutzung ein. Gerade in VR zeigt sich, dass dieser Prozess nicht automatisch verläuft, sondern gezielt unterstützt werden muss. Eine zentrale Herausforderung liegt darin, unterschiedliche Vorerfahrungen zu berücksichtigen. Während einige Nutzende schnell Zugang zu virtuellen Umgebungen finden, benötigen andere mehr Orientierung und Unterstützung. Kollaborative VR muss daher so gestaltet sein, dass sie verschiedene Zugänge ermöglicht und keine unnötigen Barrieren aufbaut. Die Gestaltung von Usability und Aneignung zielt somit darauf, virtuelle Arbeitsumgebungen nicht nur technisch zugänglich, sondern praktisch nutzbar zu machen. Erst wenn sich VR in die Handlungspraxis der Nutzenden einfügt, kann sie ihr Potenzial als kollaboratives Arbeitsmittel entfalten.

Usability und Aneignungsunterstützung

auf
einen
Blick

1. ZUGÄNGLICHKEIT GEWÄHRLEISTEN

Leitfrage: Wie leicht fällt der Einstieg in die VR-Nutzung?

- Niedrigschwelligen Zugang für unterschiedliche Nutzergruppen ermöglichen
- Technische und kognitive Einstiegshürden reduzieren
- Klare Orientierung im virtuellen Raum sicherstellen

2. HANDHABBARKEIT IM ARBEITSKONTEXT SICHERN

Leitfrage: Ist die Anwendung praktisch nutzbar?

- Bedienung an konkrete Arbeitssituationen anpassen
- Relevante Funktionen leicht zugänglich machen
- Unnötige Komplexität vermeiden

3. ANEIGNUNG UNTERSTÜTZEN

Leitfrage: Wie wird VR Teil der Arbeitspraxis?

- Raum für Erprobung und schrittweises Lernen schaffen
- Bestehende Erfahrungen der Nutzenden aufgreifen
- Entwicklung eigener Routinen und Umgangsweisen ermöglichen

4. ORIENTIERUNG UND SICHERHEIT GEBEN

Leitfrage: Wie finden sich Nutzende im virtuellen Raum zurecht?

- Klare Navigations- und Interaktionslogiken bereitstellen
- Feedback zu eigenen Handlungen sichtbar machen
- Überforderung und Desorientierung vermeiden

5. UNTERSCHIEDLICHE VORERFAHRUNGEN BERÜCKSICHTIGEN

Leitfrage: Wie werden verschiedene Nutzergruppen eingebunden?

- Unterschiedliche Erfahrungsniveaus einplanen
- Unterstützungsangebote (z. B. Einführungen, Begleitung) bereitstellen
- Nutzung nicht auf „technisch Versierte“ beschränken

6. NUTZUNG NACHHALTIG VERANKERN

Leitfrage: Bleibt VR Teil der Praxis?

- Wiederholbare und verlässliche Nutzung ermöglichen
- Positive Nutzungserfahrungen fördern
- Anschluss an bestehende Arbeitsroutinen sichern

Dimension F: Objekt-, Raum- und Mediengestaltung

Die Qualität kollaborativer VR-Anwendungen hängt maßgeblich davon ab, wie der virtuelle Raum, die darin enthaltenen Objekte und die eingesetzten Medien gestaltet sind. Anders als in physischen Arbeitsumgebungen ist diese Gestaltung nicht gegeben, sondern muss bewusst entwickelt werden. Sie bestimmt, was sichtbar wird, worauf sich Aufmerksamkeit richtet und welche Formen der Interaktion überhaupt möglich sind.

Im Zentrum steht dabei die Frage, wie Arbeitsgegenstände in der virtuellen Umgebung repräsentiert werden. CAD-Modelle, 3D-Scans oder andere Datenquellen bilden nicht einfach die Realität ab, sondern übersetzen sie in spezifische Darstellungsformen. Diese müssen so gewählt sein, dass sie für die jeweilige Arbeitssituation anschlussfähig sind. Entscheidend ist nicht maximale Detailtreue, sondern eine Darstellung, die die relevanten Aspekte eines Problems hervorhebt und bearbeitbar macht.

Der virtuelle Raum fungiert dabei als gemeinsamer Handlungsraum. Seine Struktur — etwa Maßstab, Perspektive oder Anordnung von Elementen — beeinflusst, wie sich Nutzende orientieren und wie Zusammenarbeit organisiert wird. Ein überladener oder unübersichtlicher Raum kann ebenso hinderlich sein wie eine zu stark vereinfachte Darstellung, die wichtige Zusammenhänge ausblendet.

Neben Objekten und Raum spielen auch mediale Elemente eine zentrale Rolle. Dazu gehören etwa Annotationen, Markierungen oder zusätzliche Informationslayer, die es ermöglichen, auf bestimmte Aspekte hinzuweisen oder Bedeutungen zu vermitteln. Solche Medien erweitern die Möglichkeiten der Zusammenarbeit, indem sie die gemeinsame Bezugnahme unterstützen und kommunikative Prozesse sichtbar machen.

Die Gestaltung von VR-Umgebungen ist damit immer auch eine Form der Strukturierung von Aufmerksamkeit und Handlung. Sie entscheidet darüber, welche Aspekte eines Gegenstands in den Vordergrund treten, wie leicht sich Zusammenhänge erschließen lassen und wie effektiv unterschiedliche Akteure miteinander arbeiten können.

Dimension F: Objekt-, Raum- und Mediengestaltung

Ziel der Objekt-, Raum- und Mediengestaltung ist es daher, virtuelle Arbeitsräume so zu entwickeln, dass sie Orientierung ermöglichen, relevante Informationen zugänglich machen und die gemeinsame Bearbeitung von Problemen unterstützen. Gute Gestaltung reduziert Komplexität, ohne wesentliche Inhalte zu verlieren, und schafft einen Arbeitsraum, der sowohl verständlich als auch handlungsfähig ist.

Objekt-, Raum- und Mediengestaltung

auf
einen
Blick

1. ARBEITSGEGENSTÄNDE ANGEMESSEN DARSTELLEN

Leitfrage: Wie werden Objekte dargestellt und bearbeitbar?

- Darstellungen auf arbeitsrelevante Aspekte fokussieren (statt maximaler Detailtiefe)
- CAD-Modelle und Scandaten sinnvoll aufbereiten
- Bearbeitbarkeit und Verständlichkeit virtueller Objekte sicherstellen

2. RAUM ALS HANDLUNGSSTRUKTUR GESTALTEN

Leitfrage: Wie orientieren sich die Nutzenden im Raum?

- Maßstab, Perspektiven und Anordnung bewusst wählen
- Klare räumliche Struktur und Orientierung ermöglichen
- Überladung von Räumen vermeiden

3. AUFMERKSAMKEIT GEZIELT LENKEN

Leitfrage: Was wird sichtbar — und was nicht?

- Relevante Elemente hervorheben (z. B. Störkonturen, Schnittstellen)
- Unwichtige Details reduzieren oder ausblenden
- Fokus auf problemrelevante Aspekte ermöglichen

4. MEDIEN ZUR UNTERSTÜTZUNG EINSETZEN

Leitfrage: Wie werden Informationen vermittelt?

- Annotationen, Markierungen und Hinweise gezielt einsetzen
- Zusätzliche Informationsebenen verständlich integrieren
- Kommunikation durch visuelle Mittel unterstützen

5. INTERAKTION MIT OBJEKTEN ERMÖGLICHEN

Leitfrage: Wie können Nutzende handeln?

- Manipulierbarkeit von virtuellen Objekten nachvollziehbar gestalten
- Gemeinsame Bearbeitung virtueller Objekte unterstützen

6. BALANCE ZWISCHEN REALITÄTSNÄHE UND FUNKTIONALITÄT FINDEN

Leitfrage: Wie viel „Realität“ ist sinnvoll?

- Realitätsgrad an Arbeitsaufgabe ausrichten
- Verständlichkeit und Handhabbarkeit priorisieren
- Simulation als Arbeitsmittel, nicht als Selbstzweck verstehen

Dimension G: Subjektive Erfahrung und VR-Experience

Die Nutzung kollaborativer VR-Umgebungen ist nicht nur eine technische oder organisatorische Frage, sondern immer auch eine Frage der Erfahrung. Wie sich Nutzende im virtuellen Raum orientieren und wie sie sich selbst darin verorten, beeinflusst maßgeblich, wie sie handeln, entscheiden und zusammenarbeiten.

Im Zentrum steht dabei das Erleben von Präsenz — also das Gefühl, tatsächlich in einer Situation zu sein und auf sie bezogen handeln zu können. Dieses Erleben entsteht nicht allein durch technische Immersion, sondern im Zusammenspiel von Wahrnehmung, Handlungsmöglichkeiten und sozialer Einbettung.

Dazu zählen insbesondere die Natürlichkeit der Interaktion, das Gefühl körperlicher Einbindung sowie die Möglichkeit, Objekte, Prozesse und Perspektiven aktiv zu erkunden. Ein virtueller Raum wird dann wirksam, wenn er als handlungsrelevante Situation erfahren wird.

Gleichzeitig unterscheidet sich diese Erfahrung von der Arbeit in physischen Umgebungen. Sinnliche Eindrücke sind reduziert oder anders vermittelt, körperliche Orientierung ist eingeschränkt, und vertraute Formen der situativen Abstimmung fehlen teilweise. Nutzende müssen daher aktiv Leistungen erbringen, um sich im virtuellen Raum zu orientieren und ihn als Arbeitskontext zu erschließen.

In diesem Kontext zeigen Studien, die im Rahmen von VR-Chain durchgeführt wurden, dass Bedienformen besonders dann unterstützend wirken, wenn sie an vertraute Bewegungs- und Handlungsmuster anschließen; erfordern sie hingegen zusätzliche Übersetzungsleistungen, kann dies Aufmerksamkeit von der eigentlichen Aufgabe abziehen.

Diese erfahrungsbezogene Dimension ist eng mit Fragen der Aufmerksamkeit, Belastung und Sicherheit verbunden. Überfordernde, unklare oder irritierende Umgebungen können die Zusammenarbeit erheblich beeinträchtigen. Umgekehrt kann eine gut gestaltete Erfahrung dazu beitragen, dass sich Nutzende sicher orientieren, Vertrauen in die Situation entwickeln und sich aktiv in die Zusammenarbeit einbringen.

Dimension G: Subjektive Erfahrung und VR-Experience

Gerade in kollaborativen Arbeitskontexten kann VR zudem helfen, unterschiedliche Wissensstände, Perspektiven und Erwartungen sichtbar zu machen, etwa indem Produkte, Arbeitsumgebungen oder Prozessschritte gemeinsam betrachtet und besprochen werden

Für die Gestaltung kollaborativer VR bedeutet dies, subjektive Erfahrung nicht als Nebeneffekt zu behandeln, sondern gezielt zu berücksichtigen. Es geht darum, virtuelle Umgebungen so zu gestalten, dass sie Orientierung ermöglichen, Präsenz unterstützen und eine stabile Grundlage für gemeinsames Handeln bieten.

Dies umfasst neben der technischen Qualität auch verständliche Interaktionsformen, gemeinsame Bezugspunkte im virtuellen Raum und eine Gestaltung, die Erfahrungswissen, Abstimmung und Perspektivübernahme unterstützt.

Subjektive Erfahrung und VR-Experience



1. ORIENTIERUNG ERMÖGLICHEN

Leitfrage: Wie finden sich Nutzende im virtuellen Raum zurecht?

- Klare räumliche und situative Bezugspunkte schaffen
- Verständliche Perspektiven und Maßstäbe anbieten

2. PRÄSENZGEFÜHL UNTERSTÜTZEN

Leitfrage: Fühlt sich die Situation handlungsrelevant an?

- Handlungsmöglichkeiten klar erfahrbar machen
- Verbindung zwischen Wahrnehmung und Handlung stärken
- Relevanz der Situation für die Aufgabe deutlich machen
- Aufmerksamkeit auf die eigentliche Aufgabe statt auf die Bedienung lenken
- Aktives Erkunden von Objekten, Prozessen und Perspektiven ermöglichen

3. KÖRPERLICHE UND SINNLICHE ERFAHRUNG BERÜCKSICHTIGEN

Leitfrage: Wie wird der Körper im virtuellen Raum einbezogen?

- Bewegungen und Interaktionen nachvollziehbar gestalten
- Einschränkungen (z.B. fehlende Haptik) ausgleichen oder kompensieren
- Ermüdung oder Unwohlsein vermeiden
- Interaktionen möglichst an vertraute Bewegungs- und Handlungsmuster anschließen
- Zusätzliche „Übersetzungsleistungen“ durch komplizierte Bedienlogiken vermeiden

4. SICHERHEIT UND VERTRAUEN FÖRDERN

Leitfrage: Fühlen sich Nutzende „abgeholt“ und sicher?

- Vorhersehbare und konsistente Interaktionen ermöglichen
- Unsicherheiten im Umgang mit der Technik reduzieren
- Vertrauen in die Situation und die Zusammenarbeit stärken
- Gemeinsame Bezugspunkte schaffen, damit Beteiligte über dasselbe Objekt, denselben Prozess oder dieselbe Situation sprechen

5. BELASTUNG UND ÜBERFORDERUNG VERMEIDEN

Leitfrage: Bleibt die Nutzung langfristig tragfähig?

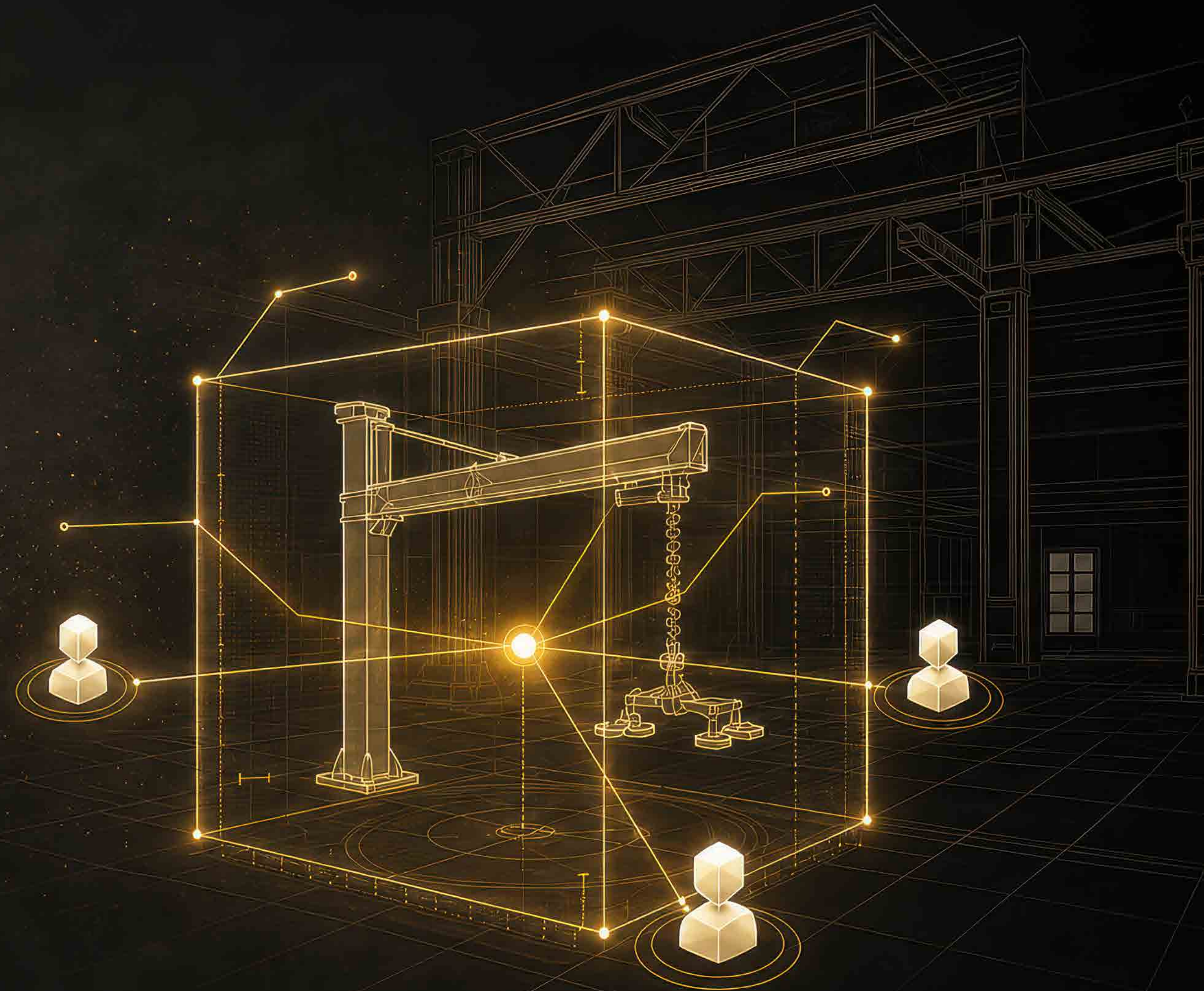
- Komplexität an die Nutzungssituation anpassen
- Pausen, Wechsel und Entlastung mitdenken (Ergonomie)
- Physische und kognitive Belastung berücksichtigen

6. GEMEINSAMES VERSTÄNDNIS ERMÖGLICHEN

Leitfrage: Unterstützt die VR-Umgebung Abstimmung und Perspektivübernahme?

- Produkte, Prozesse und räumliche Bedingungen gemeinsam sichtbar machen
- Unterschiedliche Wissensstände und Erwartungen frühzeitig abgleichen
- Erfahrungswissen anschaulich und situationsbezogen weitergeben

ANWENDUNGS- BEISPIEL



Kollaborative Beratung eines Kunden mittels Virtual Reality

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass kollaborative Virtual Reality ihr Potenzial insbesondere dann entfaltet, wenn sie gezielt in reale Arbeitsprozesse integriert, organisatorisch verankert und an die Handlungspraxis der Beteiligten angepasst wird. Entscheidend ist dabei nicht die Technologie selbst, sondern die Art und Weise, wie sie als digitaler Arbeitsraum gestaltet und genutzt wird.

Das im Projekt VR-Chain entwickelte Anwendungsbeispiel verdeutlicht diese Zusammenhänge anhand eines konkreten Einsatzszenarios: der Planung und Auslegung eines Säulenschwenkkrans in Kombination mit einem Vakuumhebegerät. Es zeigt exemplarisch, wie virtuelle und analoge Arbeitsprozesse ineinandergreifen, wie unterschiedliche Perspektiven zusammengeführt werden und wie durch die Nutzung von VR eine gemeinsame, gegenstandsbezogene Arbeitsgrundlage entsteht.

1. Beschreibung der Situation und Zielsetzung

Im Rahmen von Vertriebs- und Planungsprozessen für Vakuumhandhabungslösungen stehen Unternehmen vor der Herausforderung, komplexe technische Systeme bereits in frühen Projektphasen bewerten zu müssen. Zu diesem Zeitpunkt liegen in

der Regel lediglich Zeichnungen, Layouts oder konzeptionelle Beschreibungen vor. Räumliche Gegebenheiten, Bewegungsabläufe sowie die tatsächliche Integration der Anlage in bestehende Produktions- oder Lagerumgebungen lassen sich daraus nur eingeschränkt ableiten. Gleichzeitig müssen bereits grundlegende Entscheidungen hinsichtlich Auslegung, Positionierung und Funktionsweise getroffen werden. Diese Entscheidungen sind richtungsweisend für den weiteren Projektverlauf, erfolgen jedoch unter Unsicherheit und mit einem hohen Abstimmungsbedarf zwischen den beteiligten Akteuren.

Ziel der Anwendung ist es daher, den Beratungsprozess zwischen AERO-LIFT, VETTER und Kunden kollaborativ zu gestalten und bereits in einer frühen Phase

eine fundierte Entscheidungsbasis zu schaffen. Durch den Einsatz von Virtual Reality werden technische Lösungen für alle Projektteilnehmer realitätsnah erlebbar gemacht, Abstimmungsprozesse verbessert und Planungsunsicherheiten reduziert.

2. Einbettung der VR in die Arbeitsprozesse bei AERO-LIFT und VETTER

Die Virtual-Reality-Anwendung ist integraler Bestandteil eines erweiterten Anfrage- und Angebotsprozesses und wird gezielt zwischen technischer Analyse und Angebotserstellung eingesetzt. Sie fungiert dabei als Schnittstelle zwischen VR-gestützter und nicht-VR-gestützter Arbeit.

Der Gesamtprozess folgt einer klaren Abfolge: Er beginnt mit der Anfrage eines Interessenten, in der Anforderungen, Einsatzbedingungen und Projektziele aufgenommen werden. Darauf aufbauend erfolgt die technische Analyse durch die Fachbereiche von AERO-LIFT und VETTER, bei der Machbarkeit, technische Rahmenbedingungen und mögliche Lösungsansätze geprüft werden. Ergebnis ist ein erstes digitales 3D-Modell der geplanten Anlage. Dieses Modell wird anschließend in eine VR-Umgebung überführt. An dieser Stelle wird VR als kollaboratives Abstimmungswerkzeug wirksam: Vertrieb, Konstruktion und Kunde greifen gemeinsam auf das Modell zu, betrachten es im Kontext der späteren Einsatzumgebung und stimmen Anpassungen direkt am virtuellen Objekt ab.

Die in der VR abgestimmte Lösung bildet die Grundlage für ein präzises und transparentes Angebot. Nach Freigabe erfolgt die Umsetzung, wobei sich zeigt,

dass wesentliche Entscheidungen bereits im Vorfeld getroffen wurden und sich Anpassungsschleifen in späteren Projektphasen deutlich reduzieren.

3. Virtual Reality: Funktion, Gestaltung und Interaktion

Die VR-Anwendung basiert auf einem digitalen 3D-Modell der geplanten Anlage, das bei Bedarf um weitere Daten ergänzt wird, etwa durch 3D-Scans realer Produktionsumgebungen. In der virtuellen Umgebung können die Beteiligten die Anlage im realen Maßstab erleben, sich frei im Raum bewegen und diesen begehen, unterschiedliche Perspektiven einnehmen, Arbeitsabläufe nachvollziehen und bewerten sowie verschiedene Varianten und Konfigurationen vergleichen.

Der zentrale Mehrwert liegt in der kollaborativen Nutzung: Mehrere Beteiligte — etwa aus Kundenunternehmen, Vertrieb und Konstruktion — können gleichzeitig an der virtuellen Szene arbeiten und Entscheidungen direkt abstimmen. Kommunikation erfolgt dabei nicht nur sprachlich, sondern im direkten Bezug auf das virtuelle Objekt und seine Einbettung in den Raum, wodurch komplexe technische Inhalte deutlich effizienter vermittelt werden können.

Die Gestaltung der VR-Umgebung orientiert sich konsequent an der realen Arbeitssituation. Hallen, Arbeitsplätze und bestehende Infrastruktur werden realitätsnah abgebildet, Krananlagen und Hebeseysteme integriert und Vakuumheber in unterschiedlichen Ausführungen dargestellt. Auch potenzielle Störkonturen wie Maschinen, Regale oder bauliche Einschränkungen werden einbezogen.

Durch den Einsatz von 3D-Scans oder Mixed-Reality-Ansätzen kann die virtuelle Darstellung zusätzlich an reale Gegebenheiten angenähert werden.

4. Inhalte und Bearbeitungsmöglichkeiten in der VR

Innerhalb der VR-Anwendung werden konkrete Fragestellungen direkt am virtuellen Modell bearbeitet. Dazu gehören die Positionierung der Anlage im Raum, die Überprüfung von Reichweiten und Arbeitsbereichen sowie die Analyse von Zugänglichkeiten und Bewegungsabläufen. Kollisionen und Störkonturen werden frühzeitig sichtbar und können gemeinsam bewertet werden.

Darüber hinaus lassen sich unterschiedliche Systemvarianten vergleichen und hinsichtlich ihrer Eignung im konkreten Einsatzkontext beurteilen. Auch ergonomische Aspekte können berücksichtigt und optimiert werden, da Arbeitsabläufe im Zusammenhang mit der realen Nutzungssituation betrachtet werden. Durch die unmittelbare visuelle Rückmeldung entsteht ein Arbeitsprozess, in dem Anpassungen direkt diskutiert und bewertet werden können, ohne dass physische Prototypen erforderlich sind.

5. Dokumentation und Weiterverwendung der Ergebnisse

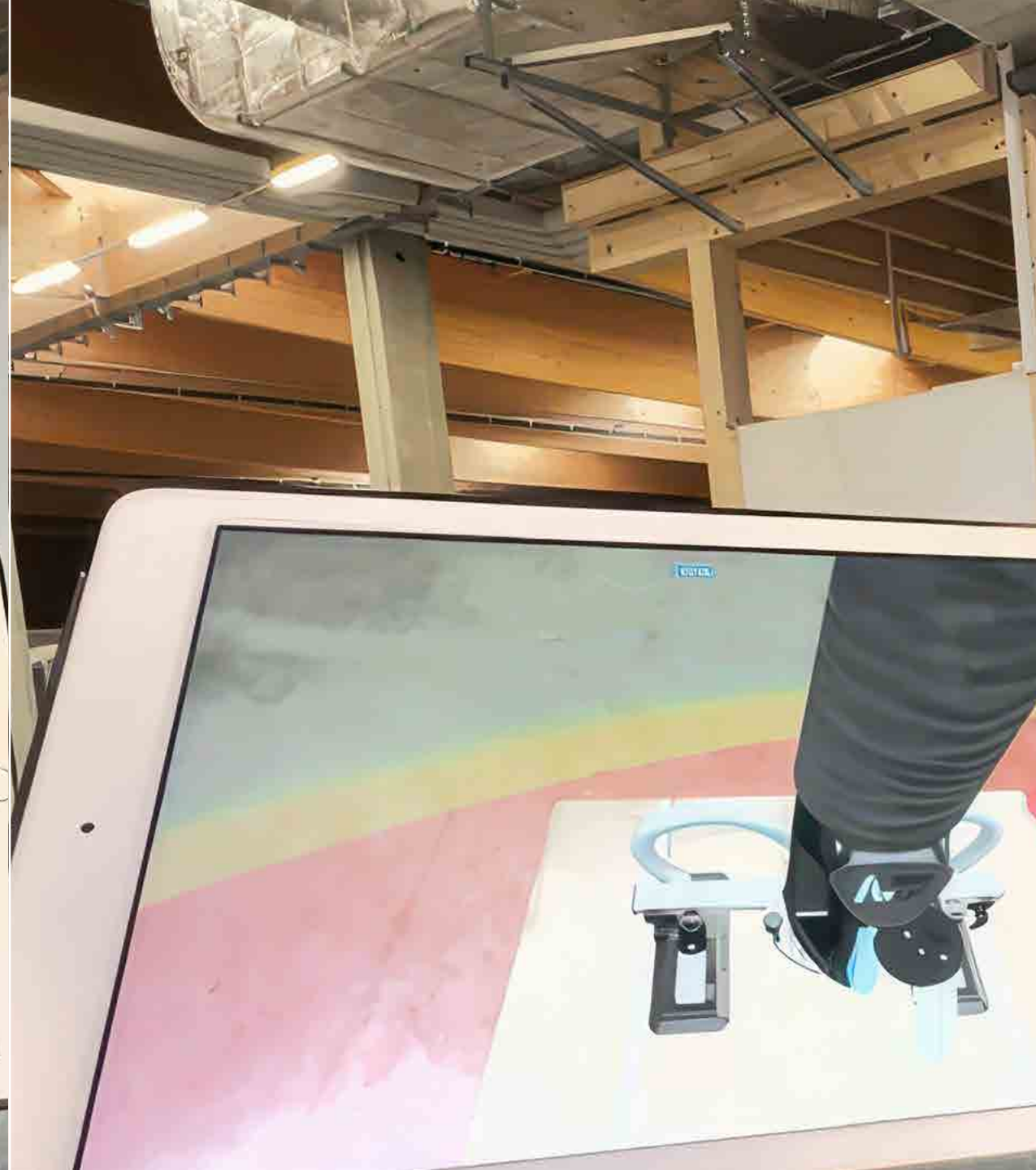
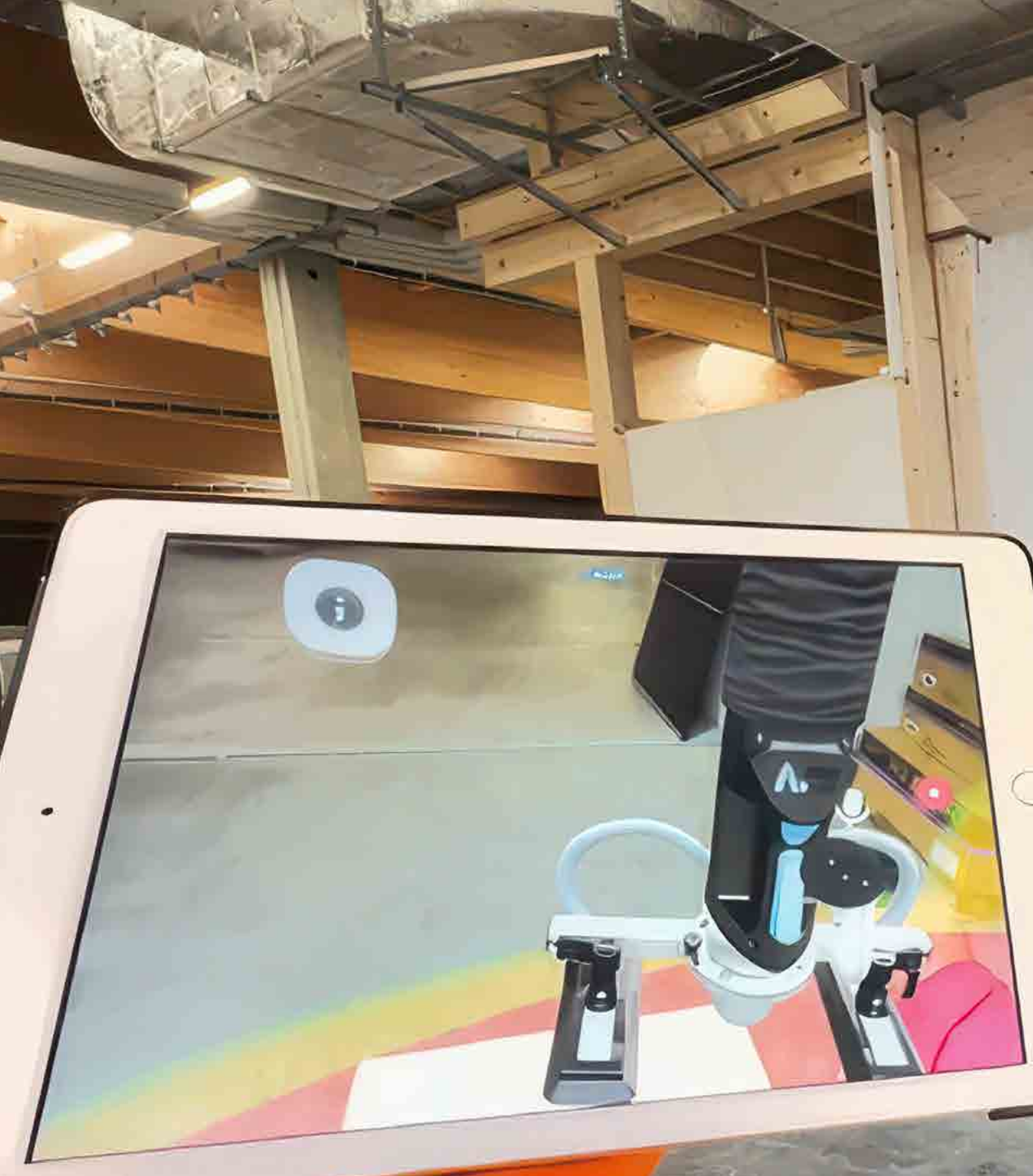
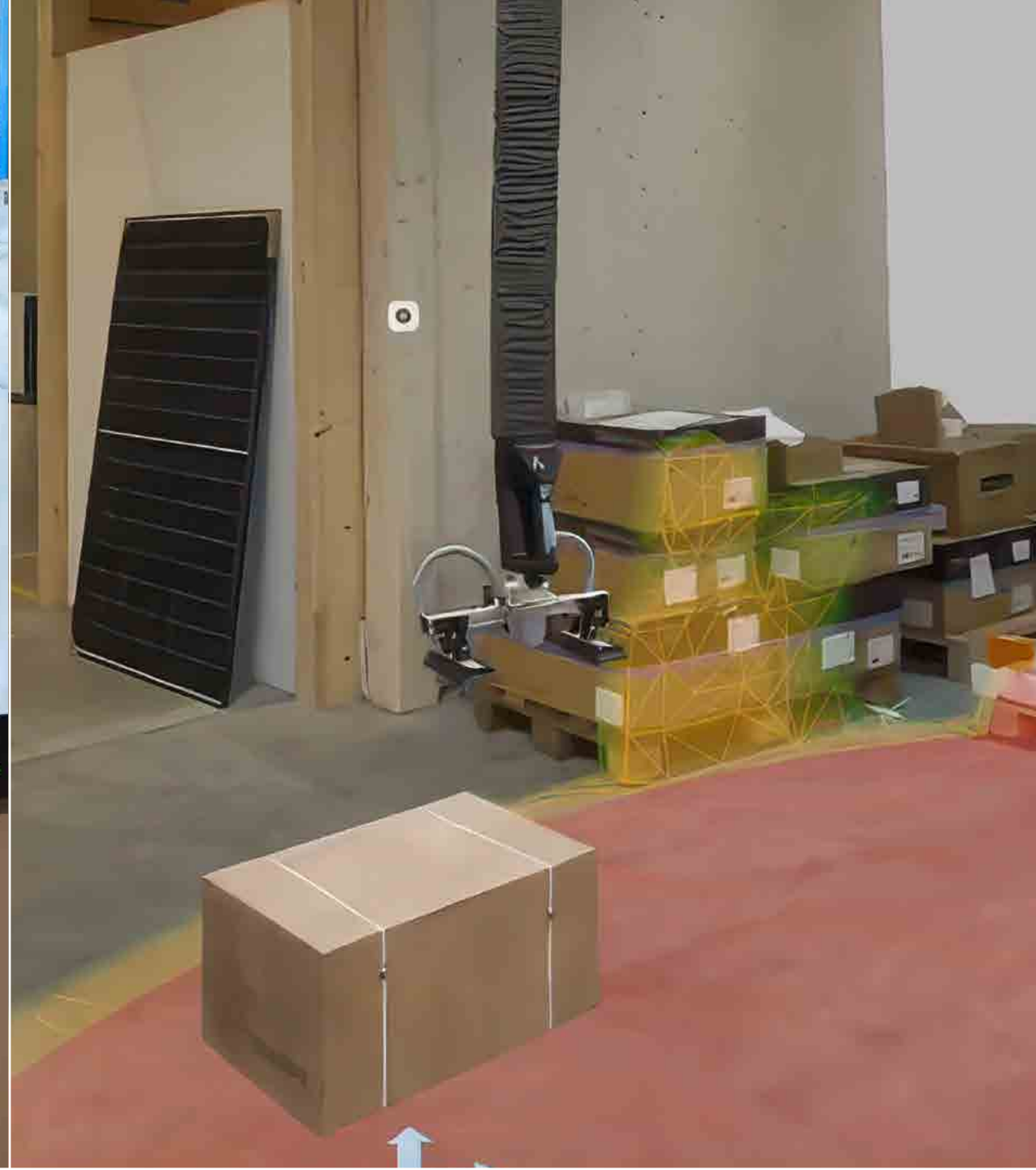
Die in der VR erarbeiteten Ergebnisse werden systematisch dokumentiert und für nachgelagerte Prozesse nutzbar gemacht. Inhalte können direkt aus der Anwendung heraus gesichert werden, etwa in Form von Screenshots, Audio-Anmerkungen und den relevanten Parametern der konfigurierten Produkte. Diese Informationen wer-

den in einer webbasierten Dokumentation gebündelt und über einen Link zugänglich gemacht, sodass alle Beteiligten auf eine gemeinsame und nachvollziehbare Grundlage zugreifen können. Ergänzend werden räumliche Maße und technische Spezifikationen festgehalten, beispielsweise über annotierte Screenshots oder in tabellarischer Form. Auf diese Weise werden die in der VR erarbeiteten Lösungen in die weitere Planung, Angebotserstellung und Umsetzung überführt und bleiben nicht auf den virtuellen Raum beschränkt.

6. Ergebnis und Nutzen der Anwendung

Durch die Integration von Virtual Reality in den Beratungsprozess wird eine neue Qualität der Zusammenarbeit erreicht. Komplexe technische Lösungen werden deutlich verständlicher, da sie nicht nur beschrieben, sondern im Kontext ihrer späteren Nutzung erfahrbar gemacht werden.

Optimierungspotenziale können frühzeitig identifiziert werden, Abstimmungen erfolgen effizienter und zielgerichteter. Gleichzeitig steigt die Planungssicherheit und Entscheidungsqualität, da Entscheidungen auf einer gemeinsamen und nachvollziehbaren Grundlage getroffen werden. Dies führt dazu, dass Iterationen und Anpassungen in späteren Projektphasen deutlich reduziert werden. Die VR-gestützte kollaborative Beratung trägt damit wesentlich dazu bei, den Angebotsprozess effizienter, transparenter und kundenorientierter zu gestalten.



FAZIT UND AUSBLICK



Zusammenarbeit in VR als Teil der Zukunft der Wertschöpfung?

Mit der vorliegenden Broschüre wurde ein erster Schritt getan, virtuelle Realität als Arbeits- und Kollaborationsraum zu verstehen und im Sinne einer effizienten und nachhaltigen Wertschöpfung zu gestalten. Dies geschah entlang der konkreten Prozessschritte und Entwicklungsarbeiten im Projekt, aus denen heraus als Orientierungsrahmen ein Nutzungskonzept für kollaborative VR-Anwendungen entwickelt wurde, das konkrete Einzelschritte beschreibt für die Gestaltung von virtueller Realität als Kollaborationsraum. Abgerundet wurde die Broschüre mit einem Anwendungsbeispiel.

Die Broschüre versteht sich als Anregung und erste Hilfestellung, digitale Arbeitsräume aktiv und partizipativ zu gestalten. Im Fokus stand die Entwicklung erster Lösungen, virtuelle Realität als Teil einer anschlussfähigen, resilienten und zukunftsfähigen Arbeitsgestaltung zu nutzen. Dabei greifen Lösungen aus der Technikentwicklung, der betrieblichen Anwendung und der Arbeitsforschung systematisch ineinander.

Durch den expliziten Blick auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) als zentrale Anwender und einen möglichen Breitentransfer bestand von Anfang an das Ziel, aber

auch die Herausforderung, möglichst niedrigschwellige Lösungen zu entwickeln, die sich ohne großen technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Aufwand in die realen Arbeitsprozesse integrieren lassen.

Damit sind Lösungsansätze entstanden, die über die übliche Nutzung von virtueller Realität als Add-on bzw. Zusatzraum (zum Beispiel für Schulungen, Darstellungen von (Verkaufs-)Objekten etc.) hinausgehen. Denn derartige Anwendungen sind zwar in zahlreichen Fällen sehr sinnvoll, zum Beispiel wenn riskante Situationen (z.B. Arbeitssicherheit) simuliert werden.

Oftmals werden sie jedoch als „nice to have“, zu aufwendig und zu kostenintensiv nicht dauerhaft weiterverfolgt. Daher ging es hier um die Integration von virtueller Realität in Arbeitsprozesse bzw. um die Verlagerung von kollaborativen Arbeitsprozessen in den virtuellen Raum.

Wesentlich ist dabei, dass Arbeit und vor allem Zusammenarbeit in virtuellen Arbeitsräumen nicht eins zu eins so funktioniert, wie sie vorher „im Analogen“ gestaltet war. Für die Arbeit in virtueller Realität braucht es Gestaltungslösungen, die die technischen, organisatorischen und arbeitspraktischen Besonderheiten virtueller Räume in den Blick nehmen. Dies betrifft die Gestaltung der Arbeit in der virtuellen Realität, aber vor allem auch die Herstellung neuer Lösungen der Anschlussfähigkeit an Unternehmens- und Wertschöpfungsprozesse sowie die Arbeitspraxis der Beschäftigten insgesamt.

In Bezug auf Niederschwelligkeit und Anschlussfähigkeit von VR-gestützter Arbeit bestehen noch technische Hürden, organisatorische Herausforderungen und offene Fragen an die Arbeitsforschung, die jedoch schrittweise überwunden werden können. Trotz immer neuer Innovationen an den technischen Schnittstellen ist virtuelle Realität noch nicht selbstverständlicher und dauerhafter Bestandteil der Arbeitswelt bzw. der Arbeitspraxis eines relevanten Anteils von Beschäftigten. Hier besteht weiterhin Forschungs- und Innovationsbedarf.

Es muss darum gehen, virtuelle Arbeitsräume in ihren Chancen und Herausforderungen besser verstehen zu lernen und weitere Gestaltungsansätze aus der Arbeitsforschung zu entwickeln. Eine Frage ist, welche neuen Kollaborationspraxen sich in virtuellen Räumen ausbilden und bewähren und welche Aneignungs- und Gestaltungsprozesse sie hervorbringen. Daneben gilt es, die besondere „Eigenlogik“ virtueller Realität zu verstehen und in Gestaltungsansätze zu übersetzen; zum Beispiel mit Blick auf Erweiterungsmöglichkeiten aber auch Grenzen bezüglich Wissens-, Erfahrungs- und Handlungsmöglichkeiten, Ent- und Belastungen, Sozialität und Interaktion etc.

Nicht zuletzt stellt sich auch die Frage, welche neuen Chancen technische Innovationen — nicht zuletzt generative und agentische KI — für die Schnittstellengestaltung in virtueller Realität, aber auch für die teil-automatisierte Herstellung von VR-Inhalten bieten und ob künstliche Intelligenz das Potenzial birgt für den entscheidenden Schub für virtuelle (Zusammen-)Arbeit.

