

# ERP 2030: Industrie 5.0 und Industrial Metaverse voraus

Christian Leubner, Benedict Homuth

ERP-Systeme werden auch in Zukunft das Herzstück der Unternehmenssoftware bilden. Neue Technologien und Konzepte wie die Industrie 5.0 oder das Industrial Metaverse werfen ihre Schatten voraus. Eine wichtige Rolle wird den Bereichen Augmented Reality (AR) und Virtual Reality (VR) zugeschrieben, die neue Anwendungsszenarien ermöglichen und in bestehende ERP-Systemlandschaften und Unternehmensprozesse integriert werden sollen. Neue AR/VR-Headsets sind bei nahezu allen großen Tech-Playern in der Produktpipeline. Auf der Softwareseite hoffen viele Anbieter auf den berühmten „Vendor Lock-in“ ihrer Plattformen und damit verbundene hohe Gewinnmargen. Für viele AR/VR-Anwendungsfälle in Unternehmen sind offene Webstandards wie WebXR und WebRTC eine interessante Alternative. Auf dieser Grundlage erstellte Anwendungen sind plattform- und geräteunabhängig und laufen auf allen Geräten, für die es einen Browser gibt. Zusammen mit weiterer quelloffener und kostenfreier Software werden einige Anwendungsbeispiele gezeigt, die vom Digitalen Zwilling bis hin zu AR-basierter Remoteunterstützung und Instandhaltung reichen und ERP-Systemlandschaften zukunftssicher ergänzen.

Seit der Vorstellung des Industrie 4.0-Konzepts im Jahr 2011 haben sich die Ideen weltweit zu einem Exportschlager entwickelt. Zu den technologischen Säulen des Konzepts gehören unter anderem Technologien wie Cyber-Physikalische Systeme (CPS), Industrial Internet-of-Things (IIoT), Cloud Computing, Augmented Reality, Big Data und Analytics. Auf der Anwendungsseite wurden neue Prozesse und Geschäftsmodelle wie Predictive Maintenance oder kundenindividuelle Fertigung in der Massenproduktion („Losgröße 1“) ermöglicht. Viele Unternehmen stehen unverändert vor großen Herausforderungen, diese Konzepte umzusetzen und in bestehende ERP-Systemlandschaften zu integrieren.

## Industrie 5.0 voraus

Ziemlich genau zehn Jahre später und mitten in der Corona-Pandemie hat die Europäische Kommis-

sion das weiterentwickelte Konzept „Industry 5.0“ vorgestellt [1]. Basis sind die drei Bausteine Nachhaltigkeit, Resilienz und Mensch-Zentrierung („human-centric“). Insbesondere beim Thema Mensch-Zentrierung wird mehrmals auf Augmented Reality als technologische Säule verwiesen, die beispielsweise den „Augmented Operator“ ermöglicht: Mit entsprechenden Headsets ausgestattete Mitarbeitende werden mit Augmented-Reality-Unterstützung durch ihre Tätigkeiten geführt und treffen qualifizierte Entscheidungen. Augmented („angereicherte“) Reality lässt Nutzende die natürliche Umgebung weiterhin sehen. Diese wird jedoch um virtuelle Objekte angereichert, die sich in die natürliche Welt integrieren. Kennzeichnend ist, dass sich die virtuellen Objekte an einem festen Ort positionieren lassen. Nutzende können um sie herumlaufen und aus verschiedenen Perspektiven betrachten. Darüber hinaus ist eine Interaktion mit den Objekten möglich, d. h., sie können beispielsweise angefasst und bewegt werden. Ein bekanntes und seit einigen Jahren am Markt erhältliches AR-Headset ist die Microsoft HoloLens.

Dagegen ist Virtual Reality aus dem Spielbereich einer größeren Öffentlichkeit bekannt. VR-Headsets bedecken die Augen vollständig und versetzen die Nutzenden in eine von einem Rechner erzeugte virtuelle Welt. AR und VR werden häufig auch mit der Abkürzung XR wie „eXtended Reality“ oder MR wie „Mixed Reality“ zusammengefasst. Über den

### Lesen Sie

- welche Rolle neue Technologien und Konzepte wie Industrie 5.0 und Industrial Metaverse spielen
- durch welche Anwendungsbeispiele ERP-Landschaften zukunftssicher ergänzt werden können

Aspekt der Mensch-Zentrierung wird XR auch zukünftig im Fokus bleiben, zumal AR bereits Teil der Industrie 4.0-Szenarien war.

## Industrial Metaverse

Das Thema AR/VR erfährt auch von anderer Seite einen deutlichen Aufwind seit sich Facebook im Oktober 2021 mit Verweis auf das sich entwickelnde Metaverse öffentlichkeitswirksam in „Meta“ umbenannt hat. Tatsächlich ist die Vision des Metaverse deutlich älter. Viele Ideen und Konzepte sind keineswegs ausgereift und es gibt keine anerkannte Definition, was das Metaverse einmal sein soll. Jedoch kristallisieren sich verschiedene Aspekte heraus, die allgemein Zustimmung finden. Hierzu zählt, dass sich das Internet von zweidimensionalen Darstellungen auf Smartphones, Tablets und Monitoren lösen und zukünftig auch dreidimensional erlebbar sein soll. Die Schlüsseltechnologien hierfür sind wiederum AR und VR. Eine viel beachtete Zusammenfassung des aktuellen Diskussionsstands liefert Matthew Ball [2]. Virtuelle Zwillingswelten von Produktionshallen, in denen sich per VR-Headset zugeschaltete Mitarbeitende bewegen und austauschen können, zählen zu den ersten Prototypenanwendungen, die in Abgrenzung zu privaten Einsatzbereichen als „Industrial Metaverse“ bezeichnet werden [3].

Die aktuelle Diskussion wird stark aus dem privaten Consumerbereich und der Spieleindustrie getrieben. Studien wie beispielsweise von McKinsey [4] sagen einen Marktumfang von bis zu fünf Billionen Dollar bis 2030 voraus. Neben Meta investieren nahezu alle großen Tech-Firmen wie Microsoft und Google in erheblichem Umfang in Plattformen und auch AR/VR-Hardware. Vor diesem Hintergrund ist in den kommenden Jahren mit einer starken Verbesserung und Weiterentwicklung zu rechnen, die zu weniger klobigen, bequemer zu tragenden und technisch ausgereifteren AR/VR-Headsets führen wird. Unternehmen könnten von dieser Entwicklung im Privatsektor ähnlich stark profitieren wie in den 2010er-Jahren von der Verbreitung von Smartphone und Tablets.

Konsequent zu Ende gedacht, könnten gesellschaftlich akzeptierte und technisch ausgereifte AR-Headsets, die sich eher in Richtung normaler Brillen entwickeln, nicht weniger als das Ende des Smartphones bedeuten. Denn aus welchem Grund sollten Anwender\*innen noch mit kleinen Displays arbeiten, wenn sich über zukünftige Brillen raumfüllende Anwendungen darstellen und bedienen lassen? Aus technischer Sicht und mit Blick auf die Anatomie des menschlichen Auges ist es denkbar, dass Menschen eines Tages bei der Nutzung von

AR-Brillen keinen Unterschied mehr zwischen virtuell eingeblendeten und realen Objekten erkennen können [5].

## Herausforderungen für die IT-Abteilungen

Aus Unternehmenssicht stellt sich unabhängig von der technologischen Entwicklung vor allem die Frage nach den Use-Cases und der Integrierbarkeit in bestehende Systemlandschaften und Geschäftsprozesse. Da das Thema 3D-Welten bisher vor allem in der Spieleindustrie verortet ist, sehen sich IT-Abteilungen mit in der Regel gänzlich unbekanntem Tools und Entwicklungsumgebungen wie Unity oder Unreal konfrontiert. Plattformen wie beispielsweise Metas Horizon Worlds oder Microsoft Mesh sind nicht interoperabel, sodass die Entscheidung für eine Plattform in der Regel zu einer langfristigen Bindung führt, die nur mit großem Aufwand änderbar ist. Auch bei den derzeit erhältlichen XR-Headsets setzen Anbieter auf unterschiedliche Betriebssysteme, angefangen von Windows Holographic auf der HoloLens, über Android-basierende Systeme bis hin zu SteamVR. Insgesamt ergibt sich ein Bild geschlossener Plattformen mit proprietärer Software, das kaum vereinbar scheint mit dem heutigen Internet als offener, auf allgemein anerkannten Standards basierender Kommunikationsplattform.

Im Schatten der Marketingbemühungen der großen Anbieter hat sich auch im Bereich der Webstandards einiges getan. Insbesondere ist mit WebXR ein Standard in die meisten Webbrowser eingezogen, der respektable AR/VR-Apps ohne Anbieterbindung und Abomodelle ermöglicht. WebXR-Apps werden in JavaScript geschrieben, in normale HTML-basierende Webseiten eingebettet und erfordern keinerlei zusätzliche Infrastruktur. Je nach Gestaltung und bei Nutzung eines entsprechenden Headsets haben Anwender\*innen per Click die Möglichkeit, in den sogenannten immersiven Modus des Browsers zu wechseln, der zu einem Wechsel in die AR- oder VR-Welt führt. Das Erzeugen der 3D-Inhalte erfolgt technisch über WebGL, das in der Regel durch einfacher zu nutzende Open-Source-JavaScript-Frameworks wie Three.js, Babylon.js oder A-Frame überlagert wird.

Gerade für Unternehmensanwendungen, bei denen es nicht wie bei Spielen auf den letzten Rest 3D-Performance ankommt, sind WebXR-basierende Anwendungen eine interessante Alternative. Als plattform- und geräteunabhängiger Standard bleiben Investitionen zukunftssicher und hängen nicht von einzelnen proprietären Komponenten ab. Mit JavaScript wird zudem eine Programmiersprache



Bild 1: In HoloMaintain führen eingeblendete Dialoge und Wegweiser die Mitarbeitenden schrittweise durch zuvor unbekannte Anlagen und Tätigkeiten.

verwendet, mit der auch Frontend-Entwickelnde in der Unternehmens-IT bestens vertraut sind.

## Und die Anwendungen?

Aus Unternehmenssicht stellt sich vor allem die Frage nach sinnvollen Use-Cases für AR- oder VR-Anwendungen. Die Fragestellung ist nicht wirklich neu, schließlich wurde AR bereits als Bestandteil der Industrie 4.0 propagiert. Eher wird in den nächsten Jahren kontinuierlich neu zu bewerten sein, welche Use-Cases durch Fortschritte bei Hard- und Software auch im Unternehmenseinsatz praktikabel und wirtschaftlich erscheinen. Beispielhaft werden an dieser Stelle drei Anwendungen vorgestellt, die allesamt mithilfe von Webtechnologien wie WebXR erstellt wurden und zum Teil bereits auch produktiv in Unternehmen eingesetzt werden.

Die Anwendung „HoloMaintain“ wird im Instandhaltungs- und Serviceumfeld genutzt, um neue oder nicht speziell qualifizierte Mitarbeitende durch wiederkehrende Aufgaben in Form von Checklisten zu führen. Aus betrieblicher Sicht kann damit effektiv das Problem des Fachkräftemangels adressiert werden [6]. Der Vorteil bei der Verwendung von WebXR und JavaScript zeigt sich auch bei der Integration mit Backend-Systemen, die technisch genauso wie andere JavaScript-Frontends (etwa SAP Fiori) über REST/OData-Schnittstellen angebunden werden. HoloMaintain ist für die Nutzung eines AR-Headsets wie die Microsoft HoloLens konzipiert und bietet den Vorteil, dass die Hände frei für die Arbeit bleiben. Bei Verwendung eines Tablets müsste dieses im Vergleich häufig aufgenom-

men, Werkzeug beiseitegelegt und wieder gewechselt werden. Durch das AR-Headset bleiben Informationen für die Arbeitenden jederzeit im Blickfeld. Darüber hinaus ermöglicht AR eine räumliche Führung der Nutzenden. Relevante Positionen an einer Anlage oder in einem Raum können durch sogenannte „Spatial Anchor“ dauerhaft markiert und gespeichert werden. Über den gleichnamigen Microsoft Azure Cloud-Dienst steht die Information geräteübergreifend und dauerhaft zur Verfügung. In der Anwendung werden Spatial Anchor genutzt, um die Mitarbeitenden von ihrer aktuellen Position zum relevanten Anlagenteil zu führen (Bild 1).

Da Unternehmensanwendungen häufig dialogbasiert sind, ist eine wesentliche Herausforderung die Gestaltung der dreidimensionalen Benutzungsumgebung. Die zuvor genannten 3D-Bibliotheken für WebXR bieten keine vorgefertigten UI-Elemente wie Dialoge, Buttons, Textfelder, Checkboxes oder Ähnliches. Hilfreich können hierfür ergänzende kommerzielle Angebote wie etwa die Buildwagon-Plattform sein [7]. Diese ergänzt auf Basis von Three.JS nicht nur UI-Elemente, sondern auch verschiedene Cloud-Dienste wie etwa Spatial Anchors, Datenbanken oder Sprachdienste. Im Ergebnis werden bestehende Systemlandschaften lediglich um einen neu-

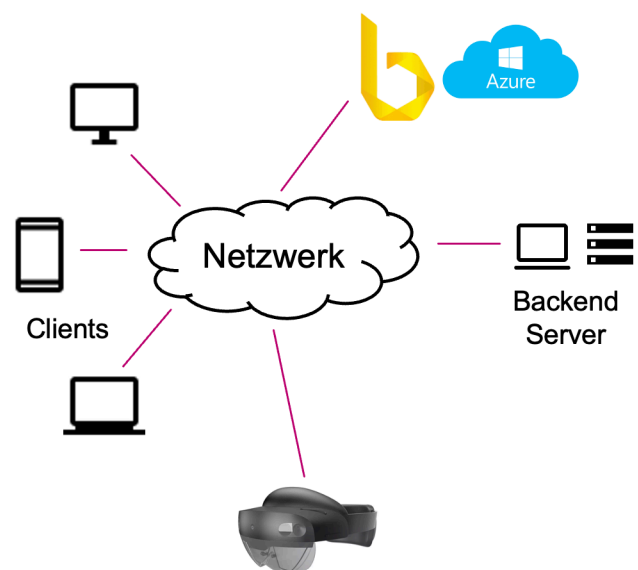


Bild 2: Clients für AR/VR könnten die bisherigen Desktop-, Tablet- und Smartphone-Clients in ERP-Systemlandschaften ergänzen.

en AR-Client erweitert, der Desktop-, Tablet- oder Smartphone-Varianten ergänzt. Der HoloMaintain AR-Client kann über REST-Schnittstellen an bestehende Backend-Systeme wie zum Beispiel Paledo von der Firma Syntactix angebunden werden (Bild 2).

Als weiteres Beispiel für AR/VR-Anwendungen wird die Integration eines Digitalen Zwillings vorgestellt. In der Regel laufen Sensordaten oder Zustände von einzelnen Aktoren entsprechend der Automatisierungspyramide nicht direkt in ERP-, sondern eher in MES-Systemen zusammen. Auf der anderen Seite sind für viele Einsatzzwecke auch Stammdaten zu Equipments und Wartungsinformationen in ERP-Systemen zu verorten, sodass flexible Datenschnittstellen und Protokolle benötigt werden.

Mit Digitalen Zwillingen lassen sich neue Produktionshallen planen und simulieren. Virtuelle Hallen werden durch die Headsets erlebt, wobei sich jede einzelne Bewegung der Maschinen, deren Anordnung in der Produktionsstrecke und ein virtueller Materialfluss in Echtzeit simulieren lassen. Verschiedene Versionen können erstellt und „im virtuellen Produktivbetrieb“ getestet werden, um etwaige Fehlerquellen zu erkennen oder verschiedene Hallen-Layouts zum Beispiel auf Durchlaufzeiten zu optimieren.

Die vorgestellte Lösung nutzt als Proof-of-Concept einen Dobot M1 Roboterarm, der Einsatzgebiete wie Bestückung, Vereinzeln oder Kommissionierung abdeckt. Die Positionen und Zustände der einzelnen Motoren werden über Netzwerk abgerufen und auf ein digitales Modell übertragen. Hierfür wird das quelloffene Messingssystem NATS als Cloud-Dienst verwendet. In einer WebXR-Anwendung werden die Motorpositionen in nahezu Echtzeit auf ein virtuelles 3D-Modell des Roboterarms übertragen. Je nach Einsatzzweck ist eine Darstellung durch WebXR entweder auf einem PC oder auch einem AR/VR-Headset möglich (Bild 3).

Das dritte Beispiel für die Verwendung von Webtechnologien ist eine AR-basierte Remoteunterstützung, die ebenfalls auf einem AR-Headset wie der HoloLens eingesetzt wird. Der betriebliche Anwendungsfall zielt wiederum auf ein Produktions-, Instandhaltungs- oder Serviceszenario ab, bei dem Mitarbeitende vor Ort bei einem Problem nicht weiterkommen und Expert\*innen hinzuziehen müssen. Expertenwissen ist typischerweise knapp und auf wenige Köpfe verteilt. Die Notwendigkeit, vor Ort Probleme zu beurteilen oder zu beheben, ist dabei ein erheblicher Engpassfaktor. Neben den Reisekosten fallen vor allem die Reisezeiten ins Gewicht, die die knappen Zeitressourcen der Expert\*innen

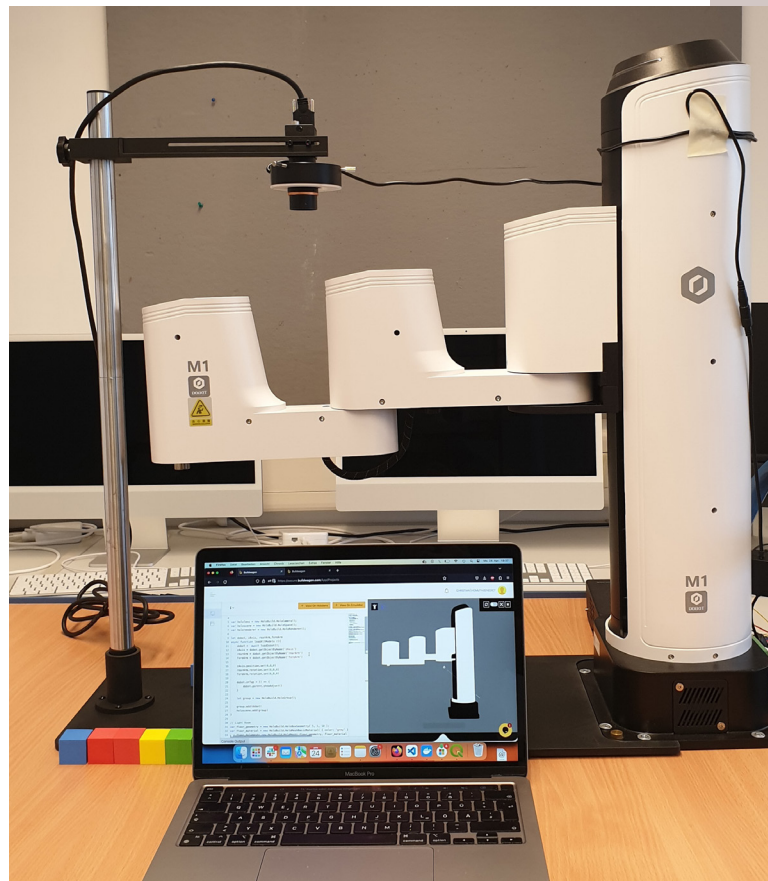


Bild 3: Die Motorpositionen des Roboterarms werden über eine NATS Messaging Queue auf das 3D-Modell übertragen, das auch in AR/VR dargestellt werden kann.

zusätzlich belasten. Drohen Produktionsausfälle durch eine Störung, sind noch erheblichere Kosten zu erwarten.

Die vorgestellte Anwendung ermöglicht das Hinzuziehen einer weiteren Person über die in die HoloLens integrierte Frontkamera. Das aufgenommene Video inklusive Ton wird über den WebRTC-Standard an einen Experten übertragen, der sich über ein beliebiges Endgerät mit einem Browser zuschalten kann. Ähnlich wie bei einem Videocall werden Video und Ton des Experten zurück an die HoloLens übertragen und dort abgespielt. Der Remote-Experte sieht so das Gleiche wie die Mitarbeitenden vor Ort und kann live Hinweise geben und den Befund diskutieren. Zusätzlich verfügt der Remote-Experte über ein virtuelles Board, mit dem er in das Videobild zeichnen kann, um auf bestimmte Positionen hinzuweisen oder diese zu markieren. Alternativ lassen sich über das Board auch Bilder oder Anleitungen übermitteln, die den Nutzenden vor Ort im AR-Headset eingeblendet werden (Bild 4). Der betriebliche Mehrwert ergibt sich aus eingesparten Reisekosten, Schonung des knappen

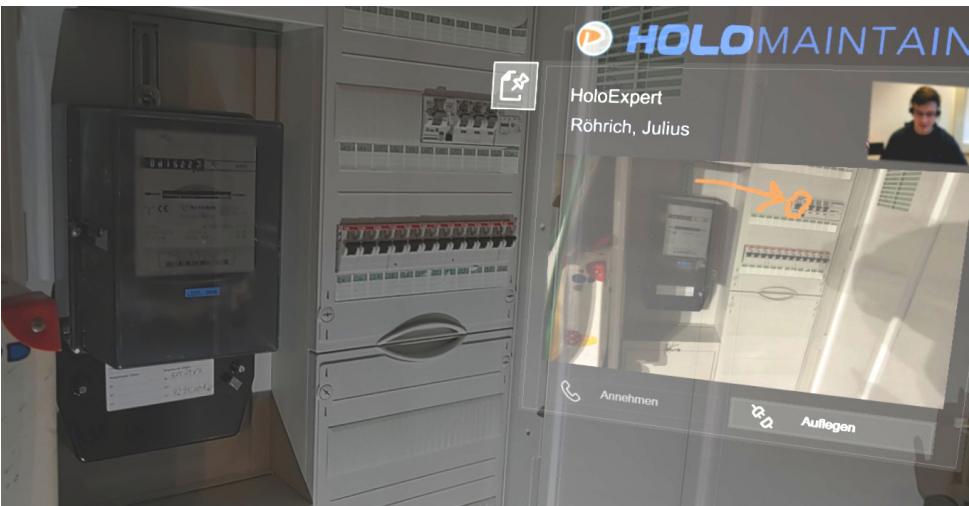


Bild 4: Mitarbeitende vor Ort übertragen ihr Live-Bild über die Holo-Lens und erhalten Remoteunterstützung per Bild, Sprache und Einblendungen.

Experten Know-hows und geringerer Downtime im Schadensfall.

## Fazit

Mit Blick auf die zukünftige Entwicklung der Unternehmens-IT besteht eine nennenswerte Wahrscheinlichkeit, dass AR und VR einen dauerhaften Platz einnehmen werden und auch einen betrieblichen Mehrwert leisten können. Der Kern bzw. die



Prof. Dr. Christian Leubner ist Professor für Wirtschaftsinformatik an der Fachhochschule Südwestfalen in Hagen und Geschäftsführer der *sustinet solutions*. Er berät und entwickelt für Unternehmen im Bereich Instandhaltung und Materialwirtschaft.



Benedict Homuth absolviert das Masterstudium der Wirtschaftsinformatik an der Fachhochschule Südwestfalen in Hagen. Neben dem Studium beschäftigt er sich mit Systemarchitekturen in der Cloud bei *inovex*.

Prof. Dr. Christian Leubner  
FH Südwestfalen University of Applied Sciences  
Haldener Straße 182  
58095 Hagen  
E-Mail: [leubner.christian@fh-swf.de](mailto:leubner.christian@fh-swf.de)

Datenquelle für die meisten betrieblichen Anwendungsfälle wird ein ERP-System bleiben, dessen Daten über standardisierte Schnittstellen und Protokolle abgerufen werden. Auch Marktführer SAP zielt mit der „keep the core clean“-Strategie auf ein ERP-System im Zentrum, angereichert um weitere Services aus der Cloud. Statt gänzlich neue Plattformen, Tools, Know-how und Abhängigkeiten in die Organisation zu tragen, spricht vieles beim Thema AR/VR für die Verwendung von offenen Webtechnologien wie WebXR. Für deren Nutzung ist ein einfacher Browser wie Chrome ausreichend, der gleichzeitig Plattform- und Geräteunabhängigkeit ermöglicht. Neben der Zukunftssicherheit spricht auch JavaScript als Programmiersprache in der XR-Entwicklung für geringe Reibungsverluste in den IT-Abteilungen. Die zu erwartenden Fortschritte in der Technik werden nach und nach weitere XR-Einsatzszenarien ermöglichen.

grammiersprache in der XR-Entwicklung für geringe Reibungsverluste in den IT-Abteilungen. Die zu erwartenden Fortschritte in der Technik werden nach und nach weitere XR-Einsatzszenarien ermöglichen.

## Literatur

- [1] European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Breque, M., De Nul, L., Petridis, A., „Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry“, Publications Office of the European Union, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>.
- [2] Ball, M., „The Metaverse: and how it will revolutionize everything“, Liveright Publishing Corporation, 2022.
- [3] Siemens AG, „Siemens and NVIDIA to enable industrial metaverse“, Pressemitteilung 29.06.2022, URL: <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-and-nvidia-partner-enable-industrial-metaverse>.
- [4] McKinsey & Company, „Value creation in the metaverse: the real business of the virtual world“, 2022, URL: <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/marketing%20and%20sales/our%20insights/value%20creation%20in%20the%20metaverse/Value-creation-in-the-metaverse.pdf>.
- [5] Abrash, M., „Creating the Future: Augmented Reality, the next Human-Machine Interface“, 2021 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), San Francisco, CA, USA, 2021, pp. 1.2.1-1.2.11, doi: 10.1109/IEDM19574.2021.9720526.
- [6] Wagner, M., Leubner, C., Strunk, J., „Mixed Reality or Simply Mobile? A Case Study on Enabling Less Skilled Workers to Perform Routine Maintenance Tasks“, in: *Procedia Computer Science*, Vol. 217, p. 728-736, 2023, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.269>.
- [7] BuildWagon Mixed Reality Development Platform: o. D., [online] <https://www.buildwagon.com/>.

## Stichwörter:

Augmented Reality, Mixed Reality, WebXR, Industrial Metaverse, Instandhaltung, Industrie 4.0, Industrie 5.0