

DIHSÜD
Digital Innovation Hub

JOANNEUM RESEARCH
ROBOTICS

Institut für Robotik und
Flexible Produktion

HERO5 – Quick Check

Menschzentrierte, ergonomische Arbeitsgestaltung

Clara Wiederschwinger-Fischer, Bernhard Reiterer, Benjamin Breiling

Klagenfurt, Juni 2026

MITEINANDER
ZUKUNFTSRELEVANT

Vorwort

Die Gestaltung ergonomischer und menschzentrierter Arbeitsplätze gewinnt im Zuge von Industrie 5.0 zunehmend an Bedeutung. Neben Produktivität und technologischer Innovation rücken die Gesundheit, Sicherheit und das Wohlbefinden der Beschäftigten stärker in den Fokus. Ziel ist es, Arbeitsplätze so zu gestalten, dass Personen langfristig gesund, leistungsfähig und motiviert arbeiten können.

Dieser Quick-Check bietet kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) einen kompakten Überblick über zentrale Handlungsfelder der ergonomischen und menschzentrierten Arbeitsplatzgestaltung. Behandelt werden Aspekte der Arbeitsumgebung, Arbeitsplatzgestaltung, Arbeitsmittel und persönliche Schutzausrüstung, Evaluierungsmethoden sowie die Gestaltung ergonomischer Büroarbeitsplätze.

Das Dokument unterstützt Unternehmen dabei, potenzielle Verbesserungsbereiche systematisch zu identifizieren und erste Maßnahmen abzuleiten. Ergänzend werden weiterführende Normen, Leitfäden und Informationsquellen bereitgestellt, die eine vertiefende Auseinandersetzung mit einzelnen Themen ermöglichen.

Eine menschenzentrierte Arbeitsgestaltung trägt nicht nur zur Prävention arbeitsbedingter Belastungen und zur Reduktion von Krankenständen bei, sondern unterstützt auch die langfristige Mitarbeitendenbindung, altersgerechte Arbeit und den erfolgreichen Einsatz moderner Technologien. Damit leistet sie einen wichtigen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit und Zukunftsfähigkeit von Unternehmen.

Inhalt

Vorwort 2

1 Menschzentrierte Produktionsarbeit – Grundlagen 4

1.1 Einführung in Industrie 5.0 4

1.2 Relevanz, Ziele und Potenziale für Unternehmen 5

2 Quick-Check: Ergonomische und menschzentrierte Arbeitsplatzgestaltung 5

2.1 Arbeitsumgebung 6

2.2 Arbeitsplatzgestaltung 7

2.3 Arbeitsmittel und persönliche Schutzausrüstung (PSA) 8

2.4 Evaluierungsmethoden physischer und psychischer Belastungen 9

2.5 Gestaltung ergonomischer Büroarbeitsplätze 10

3 Menschzentrierte Produktionsarbeit in der Praxis 11

3.1 Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) 12

3.2 Exoskelette 13

3.3 Extended Reality (VR, AR, XR) 14

1 Menschzentrierte Produktionsarbeit – Grundlagen

1.1 Einführung in Industrie 5.0

Während bei Industrie 4.0 vor allem Effizienz, Digitalisierung und Automatisierung im Fokus stehen, rückt bei Industrie 5.0 der Mensch wieder stärker in den Mittelpunkt. Moderne Technologien wie Künstliche Intelligenz, Robotik oder digitale Assistenzsysteme sollen die Arbeit unterstützen, nicht ersetzen. Ziel ist eine nachhaltige, resiliente und menschenzentrierte Produktion, in der Mensch und Technologie ihre jeweiligen Stärken optimal einbringen. Dieser Ansatz erfordert einen Perspektivwechsel – weg von einer rein technologiegetriebenen Betrachtung hin zu einer ganzheitlichen Gestaltung von Arbeit und Produktion.



Industrie 4.0 und Industrie 5.0 ergänzen sich: Menschenzentrierte und nachhaltige Prinzipien können unabhängig vom aktuellen Digitalisierungsgrad in die Produktion integriert werden.

Industrie 4.0	Industrie 5.0
Automatisierung & Effizienz	Menschenzentrierte Wertschöpfung
Intelligente Fabriken (Smart Factories)	Sinnstiftende Arbeitssysteme
Vernetzte cyber-physische Systeme	Mensch-Roboter-Symbiose
Maschine-zu-Maschine-Kommunikation	Nachhaltigkeits- & Resilienzorientierung
Produktivitätsgetrieben	Gesellschafts- & werteorientiert
→ Technologiegetriebene Optimierung	***→ Menschen- und kontextorientierte Transformation***

1.2 Relevanz, Ziele und Potenziale für Unternehmen

Industrie 5.0 bietet KMUs die Möglichkeit, Arbeitsplätze gesundheitsförderlich, attraktiv und zukunftsfähig zu gestalten. Daraus ergeben sich Potenziale in den Bereichen Gesundheit und Ergonomie, Personal und Fachkräfte sowie Wirtschaft und Wettbewerbsfähigkeit.

Gesundheit & Ergonomie

- Reduktion körperlicher und psychischer Belastung
- Förderung von Gesundheit, Wohlbefinden und langfristiger Erwerbsfähigkeit

Personal & Fachkräfte

- Stärkung der Mitarbeiterbindung
- Erhöhung der Attraktivität als Arbeitgeber
- Beitrag zur Fachkräftesicherung

Wirtschaft & Wettbewerbsfähigkeit

- Sicherung bzw. Steigerung der Produktivität
- Förderung nachhaltiger Arbeits- und Produktionsweisen

Industrie 5.0 verbindet technologische Innovation mit den Bedürfnissen der Beschäftigten und schafft dadurch gesündere, attraktivere und produktivere Arbeitsplätze.

2 Quick-Check: Ergonomische und menschzentrierte Arbeitsplatzgestaltung

Für die ergonomische und menschzentrierte Gestaltung von Produktionsarbeitsplätzen sind insbesondere folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- **Arbeitsumgebung (Licht, Klima, …)**
- **Arbeitsplatzgestaltung (Arbeitshöhen, Erreichbarkeiten, ect.)**
- **Arbeitsmittel (z.B. Schadstoffe, PSA, Gewichte – Tragen von Lasten)**
- **Evaluierungsmethoden von physischen und psychischen Belastungen**
- **Gestaltung von ergonomischen Büroarbeitsplätzen**

2.1 Arbeitsumgebung

Die Arbeitsumgebung umfasst alle physikalischen, chemischen und biologischen Umgebungsfaktoren, die Gesundheit, Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Beschäftigten beeinflussen. Zu den wichtigsten Einflussfaktoren zählen:

- **Lärm und Vibrationen**
  (z. B. Maschinenlärm, Schwingungen; ggf. Lärmschutzmaßnahmen oder Gehörschutz erforderlich)
- **Klima und thermische Bedingungen**
  (z. B. Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Wärmestrahlung; ggf. Lüftung oder angepasste Arbeitskleidung)
- **Beleuchtung und Tageslicht**
  (z. B. ausreichende Beleuchtungsstärke, Vermeidung von Blendung)
- **Gefahrenstoffe**
  (z. B. Staub, Rauch, Nebel, Gase oder Dämpfe)
- **Strahlung**
  (z. B. UV-, Laser- oder elektromagnetische Strahlung; ggf. Schutzmaßnahmen erforderlich)

Orientierungswerte (Büro- und leichte Montagetätigkeiten):

- Lärmpegel: Max. 55 dB(A)
- Raumtemperatur: 20–22°C
- Luftfeuchtigkeit: 40–60%
- Beleuchtungsstärke entsprechend der Tätigkeit (siehe EN 1464-1)
  - Für Büro und einfache Montagetätigkeiten häufig 300–500 Lux
- Farbtemperatur: 4000–6500 K

Die tatsächlichen Anforderungen hängen von Tätigkeit und Arbeitsumgebung ab.

Weiterführende Information	
Lärm und Vibrationen	AUVA: *M.plus 040.E8 Evaluierung von Lärmbelastungen*
Klima	DIN 33403 -2- Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Teil 2: Einfluss des Klimas auf den Wärmehaushalt des Menschen
Beleuchtung	ÖNORM EN 12464 Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten (Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen; Teil 2: Arbeitsplätze im Freien) AUVA: M 086 Optische Strahlung - Hitzebelastung
Gefahrenstoffe	AUVA: M 391 – Sicherer Umgang mit gefährlichen Arbeitsstoffen
Strahlung	AUVA: M 014 UV-Strahlenbelastung am Arbeitsplatz

2.2 Arbeitsplatzgestaltung

Arbeitsplatzgestaltung umfasst die räumliche Anordnung von Arbeitsmitteln, Werkstücken und Arbeitsflächen. Ziel ist die Vermeidung ungünstiger Körperhaltungen und unnötiger Belastungen. Wichtige Aspekte der Arbeitsgestaltung sind:

- Arbeitshöhen (an Körpergröße und Tätigkeit angepasst)
- Sichtverhältnisse und Seehöhen
- Greifräume und Erreichbarkeit (häufig benötigte Gegenstände im direkten Zugriff)
- Körperhaltungen (Vermeidung von dauerhaftem Bücken, Strecken oder Verdrehen)
- Bewegungs- und Freiflächen (ausreichend Platz für sichere Bewegungen)
- Barrierefreiheit und Zugänglichkeit (Arbeitsplätze sind für Personen mit unterschiedlichen körperlichen Voraussetzungen nutzbar)
- Variabilität (Wechsel zwischen Tätigkeiten und Körperhaltungen möglich)

Quick Check

- ☐ Sind Arbeitshöhen an die Beschäftigten und die Tätigkeit angepasst?
- ☐ Können häufig benötigte Materialien und Werkzeuge ohne Strecken oder Verdrehen erreicht werden?
- ☐ Werden ungünstige Körperhaltungen vermieden?
- ☐ Steht ausreichend Bewegungs- und Freiraum zur Verfügung?
- ☐ Sind Arbeitsplätze, Bedienelemente und Verkehrswege für Beschäftigte mit unterschiedlichen körperlichen Voraussetzungen zugänglich?
- ☐ Sind Wechsel zwischen Sitz-, Steh- und Bewegungstätigkeiten möglich?
- ☐ Sind Arbeitsmittel und Materialien ergonomisch angeordnet?

Weiterführende Information	
Grundlagen ergonomische Arbeitsplatzgestaltung	EN ISO 6385 - Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen AUVA: M.plus 021 Ergonomie - Grundlagen der Arbeitsplatzgestaltung
Auslegung von Arbeitshöhen, Greifräumen, Sichtbereichen und Erreichbarkeiten	DIN EN ISO 14738 - Sicherheit von Maschinen - Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Arbeitsplätzen für Industrie und Dienstleistungen

2.3 Arbeitsmittel und persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Arbeitsmittel umfassen alle Werkzeuge, Maschinen und Hilfsmittel, die zur Ausführung von Tätigkeiten verwendet werden. Persönliche Schutzausrüstungen (PSA) dienen dem Schutz vor arbeitsbedingten Gefährdungen. Geeignete und ergonomisch gestaltete Arbeitsmittel sowie eine bedarfsgerechte PSA tragen dazu bei, Belastungen zu reduzieren sowie die Sicherheit und Effizienz der Arbeit zu verbessern. Wichtige Elemente sind dabei:

- Ergonomische Werkzeuge (Gewicht, Griffgestaltung, Handhabung)
- Lastenhandhabung und Hebehilfen (Vermeidung manueller Überlastung)
- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) (geeignet, verfügbar und akzeptiert)
- Maschinen und Bedienelemente (gut erreichbar und verständlich bedienbar)
- Wartung und Zustand der Arbeitsmittel (funktionsfähig und sicher)

Quick Check

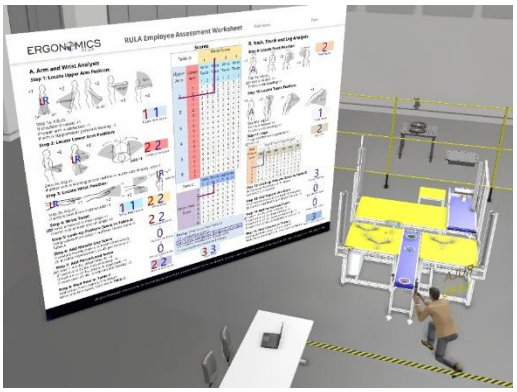
- ☐ Sind die für die Tätigkeit erforderlichen Arbeitsmittel vollständig vorhanden?
- ☐ Sind notwendige ergonomische Hilfsmittel (z. B. Hebehilfen, Transporthilfen, ergonomische Werkzeuge) verfügbar?
- ☐ Können alle Beschäftigten ihre Aufgaben mit den vorgesehenen Arbeitsmitteln und Hilfsmitteln sicher und effizient ausführen?
- ☐ Sind Werkzeuge und Arbeitsmittel ergonomisch gestaltet?
- ☐ Ist geeignete persönliche Schutzausrüstung (PSA) verfügbar und wird sie verwendet?
- ☐ Werden Arbeitsmittel regelmäßig geprüft und gewartet?

Weiterführende Information	
Persönliche Schutzausrüstung	Arbeitsinspektion: Evaluierung, Bewertung und Auswahl von PSA
Arbeitsmitteln	DGUV: Betreiben von Arbeitsmitteln

2.4 Evaluierungsmethoden physischer und psychischer Belastungen

Die Evaluierung physischer und psychischer Belastungen dient der Identifikation ergonomischer Risiken und unterstützt die Gestaltung sicherer, gesunder und leistungsfähiger Arbeitsplätze. Sie bildet eine wichtige Grundlage für die Arbeitsplatzgestaltung, die Risikobewertung sowie die Ableitung von Präventionsmaßnahmen. Zur Erfassung von Belastungen können unterschiedliche Methoden eingesetzt werden, beispielsweise:

- Vor-Ort-Beobachtung
- Video- und Bildauswertungen
- Motion-Tracking Systeme
- Digitale Menschmodelle und Simulationen
- Mitarbeitendenbefragung



Grafik: JOANNEUM RESEARCH ROBOTICS

Physische Belastungen	**Psychische Belastungen**
Untersuchungsgegenstände: • Körperhaltungen • Heben und Tragen von Lasten • Repetitive Bewegungen • Kraftaufwand • Ziehen und Schieben von Lasten	*Untersuchungsgegenstände* • Arbeitsintensität und Zeitdruck • Informationsverarbeitung • Mentale Arbeitsbelastung • Entscheidungsanforderungen • Mensch-Maschine-Interaktion
Gängige Bewertungsverfahren: • LMM: Leitmerkmalmethode • RULA: Rappid upper limb assesment • REBA: Rappid entire body assesment • EAWS: Ergonomic Assesment Worksheet	*Gängige Bewertungsverfahren:* • NASA-TLX: Nasa Task Load Index • SMEQ: Subjective Mental Effort Questionnaire • Mitarbeitendenbefragungen

Weiterführende Information	
Lastenhandling	ISO 11228-1 Ergonomie - Manuelles Handhaben von Lasten - Teil 1 Heben und Tragen BG BAU: Beurteilung von manuell zu handhabenden Lastgewichten
Gefährdungsbeurteilungen	DGUV Information 208-033: Muskel-Skelett-Belastungen – erkennen und beurteilen AUVA: Evaluierung arbeitsbedingter psychischer Belastung

2.5 Gestaltung ergonomischer Büroarbeitsplätze

Ergonomisch gestaltete Büroarbeitsplätze tragen dazu bei, körperliche Beschwerden, Augenbelastungen und Ermüdung zu reduzieren. Wichtige Aspekte sind die richtige Anordnung von Bildschirm, Tisch und Stuhl sowie geeignete Licht- und Umgebungsbedingungen:

- Bildschirmpositionierung (Abstand ca. 50–70 cm, oberste Bildschirmkante auf oder leicht unter Augenhöhe)
- Arbeitsstuhl und Tisch (an Körpergröße anpassbar, ergonomische Sitzhaltung möglich)
- Beleuchtung und Blendfreiheit (ausreichende Beleuchtung, keine Reflexionen oder direkte Blendung)
- Blickwechsel und Bewegung (regelmäßiger Wechsel zwischen Bildschirmarbeit und anderen Tätigkeiten)
- Raumklima (angenehme Temperatur und Luftfeuchtigkeit)

Quick Check

- ☐ Sind Tisch und Stuhl ergonomisch eingestellt?
- ☐ Ist der Bildschirm in geeigneter Sehentfernung und Höhe positioniert?
- ☐ Werden Blendungen und Reflexionen vermieden?
- ☐ Sind regelmäßige Haltungs- und Blickwechsel möglich?
- ☐ Sind Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Beleuchtung angenehm?

Orientierungswerte:

- Raumtemperatur: 20–22°C
- Luftfeuchtigkeit: 40–60%
- Lärmpegel: Max. 55 dB(A)
- Beleuchtungsintensität: 300–500 Lux
- Farbtemperatur: 4000–6500 K

Weiterführende Information	
Bildschirm- und Büroarbeitsplätze	DGUV Information 215-410 „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze“ DIN EN ISO 9241-5: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil 5: Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung
Beleuchtung am Arbeitsplatz	ÖNORM EN 12464-1: Licht und Beleuchtung - Beleuchtung von Arbeitsstätten - Teil 1: Arbeitsstätten in Innenräumen

3 Menschzentrierte Produktionsarbeit in der Praxis

Menschzentrierte Arbeitsgestaltung verbindet ergonomische Arbeitsplatzgestaltung mit organisatorischen Maßnahmen und unterstützenden Technologien. Ziel ist es, Belastungen zu reduzieren, die Gesundheit der Beschäftigten zu fördern und Arbeitsplätze langfristig attraktiv und leistungsfähig zu gestalten. Dies unterstützt sowohl die Prävention arbeitsbedingter Beschwerden als auch eine altersgerechte Gestaltung von Produktionsarbeit.

Moderne Technologien wie Mensch-Roboter-Kollaboration, Exoskelette oder Extended-Reality-Anwendungen können Beschäftigte bei körperlich und kognitiv anspruchsvollen Tätigkeiten unterstützen. Gleichzeitig entstehen neue Anforderungen an Qualifizierung, Weiterbildung und lebenslanges Lernen, beispielsweise beim Umgang mit digitalen Assistenzsystemen oder der Programmierung von Robotern.

Damit neue Technologien erfolgreich eingesetzt werden können, müssen neben technischen Aspekten auch die Bedürfnisse der Beschäftigten berücksichtigt werden. Akzeptanz, Qualifizierung und eine frühzeitige Einbindung der Mitarbeitenden spielen dabei eine zentrale Rolle.

Erfolgsfaktoren für die Einführung neuer Technologien

- Mitarbeitende frühzeitig einbinden und beteiligen
- Schulungen und Life-Long Learning fördern
- Change-Management berücksichtigen
- Transparenz und Aufklärung schaffen
- Datenschutz und Privatsphäre beachten
- Erfahrung und Wissen älterer Beschäftigter nutzen

Die nachfolgenden Abschnitte stellen ausgewählte Technologien und Praxisbeispiele für eine menschenzentrierte Arbeitsgestaltung vor.

3.1 Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)

Die Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) beschreibt die direkte Zusammenarbeit von Mensch und Roboter innerhalb eines gemeinsamen Arbeitsbereichs. Moderne sensitive Leichtbauroboter („Cobots" – für die Kollaboration geeignete Roboter) können Beschäftigte bei unterschiedlichen Tätigkeiten unterstützen und ermöglichen flexible Produktionsprozesse. MRK-Anwendungen können sowohl stationär als auch mobil ausgeführt werden. Bei der mobilen Manipulation werden autonome mobile Roboter mit Roboterarmen kombiniert, wodurch Tätigkeiten flexibel an verschiedenen Einsatzorten unterstützt werden können.

Potenziale der Mensch-Roboter-Kollaboration

- Entlastung bei körperlich belastenden Tätigkeiten
- Reduktion monotoner und repetitiver Arbeiten
- Unterstützung altersgerechter Arbeitsplätze
- Förderung von Inklusion und Teilhabe
- Flexible Anpassung an unterschiedliche Aufgaben und Beschäftigte
- Ortsunabhängiger Einsatz durch mobile Robotersysteme

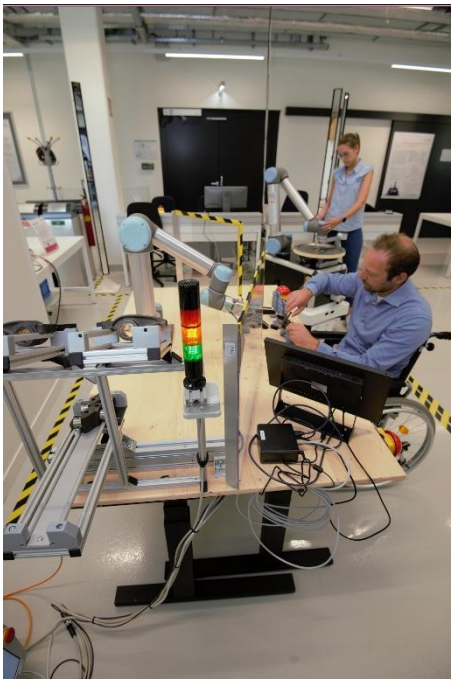


Foto: JOANNEUM RESEARCH ROBOTICS

Sicherheit als Voraussetzung:

Eine sichere Mensch-Roboter-Kollaboration entsteht nur durch die sichere Gestaltung der gesamten Anwendung. Neben dem Roboter selbst müssen auch das Roboterprogramm, Werkstücke, Werkzeuge, Bewegungen und Arbeitsabläufe berücksichtigt werden.

Best Practice: MRK zur Ermöglichung von Teilhabe in Produktion

- Projekt SAFEIVERSE: Gestaltung von sicheren und inklusiven Mensch-Roboter-Kollaborationen

Weiterführende Information	
Sichere Integration	ISO 10218-2:2025: Robotics — Safety requirements — Part 2: Industrial robot applications and robot cells
MRK	AUVA: Checkliste Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)
Mobile Manipulation	Rathmair, Michael, et al. "Sichere und zuverlässige mobile Manipulation." *e & i Elektrotechnik und Informationstechnik* 137.6 (2020): 283-290.

3.2 Exoskelette

Exoskelette sind am Körper getragene Assistenzsysteme, die Beschäftigte bei körperlich belastenden Tätigkeiten unterstützen können. Sie kommen beispielsweise bei Überkopfarbeiten, Hebetätigkeiten oder statischen Körperhaltungen zum Einsatz und tragen dazu bei, Muskel-Skelett-Belastungen zu reduzieren.

Exoskelette können insbesondere zur altersgerechten Gestaltung von Arbeitsplätzen beitragen und Beschäftigte bei körperlich belastenden Tätigkeiten unterstützen.

Je nach Anwendungsfall stehen unterschiedliche Exoskelett-Systeme zur Verfügung. Grundsätzlich wird zwischen passiven und aktiven Systemen sowie zwischen Systemen zur Unterstützung des Oberkörpers und der unteren Extremitäten unterschieden.

Der Einsatz von Exoskeletten sollte immer im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung betrachtet werden. Exoskelette dienen der Unterstützung von Beschäftigten, ersetzen jedoch keine ergonomische Arbeitsplatzgestaltung oder technische und organisatorische Maßnahmen.



Foto: JOANNEUM RESEARCH ROBOTICS

Passive Systeme	Aktive Systeme
Mechanische Unterstützung (z. B. Feder-, Seilzug- oder Gummibandsysteme)	Unterstützung durch elektrische oder pneumatische Aktuatoren
Lastumverteilung ohne externe Energiezufuhr	Sensorgesteuerte und adaptive Unterstützung
Leichtgewichtig & einfach anzuwenden	Höhere, aufgabenbezogene Unterstützung
Begrenzte Kraftunterstützung und Anpassungsfähigkeit	Höhere Systemkomplexität und Energiebedarf

Weiterführende Information	
Systemauswahl	BG BAU: Entscheidungsmatrix zur Auswahl eines Exoskelettes
Gefährdungsbeurteilung	IFA: Gefährdungsbeurteilung für Exoskelette

3.3 Extended Reality (VR, AR, XR)

Unter dem Begriff Extended Reality (XR) werden Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR) und verwandte Technologien zusammengefasst. Dabei werden virtuelle Inhalte bereitgestellt, welche die audiovisuellen Sinneseindrücke aus der realen Umgebung im Fall von VR zumeist weitgehend ersetzen oder im Fall von AR überlagern. Solche Technologien können menschzentrierte Produktionsarbeit auf unterschiedliche Weise unterstützen. Je nach Einsatzzweck der XR und je nach Tätigkeit kann diese Unterstützung in bestimmten Phasen oder dauerhaft stattfinden. Typischerweise kommen dabei spezielle Brillen bzw. Headsets zum Einsatz; diese lassen sich jedoch in vielen Fällen – mit Einbußen für die Immersion, jedoch oft mit höherer Verträglichkeit – durch allgemeinere Hardware ersetzen, konkret Tablets und Mobiltelefone für AR bzw. PCs und Laptops für VR.

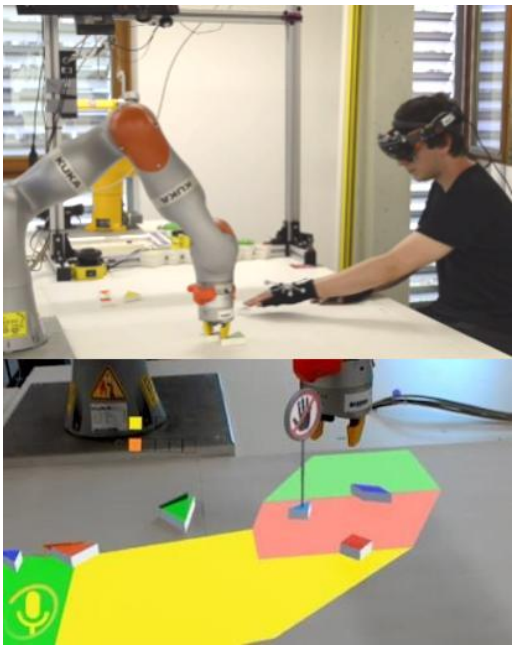


Foto: JOANNEUM RESEARCH

Ist die Verwendung spezieller XR-Hardware vorgesehen, muss darauf geachtet werden, möglichen dadurch verursachten Beeinträchtigungen des Wohlbefindens entgegenzuwirken. Viele Anwendungen bieten hierfür eigene Komfort-Einstellungen an. Darüber hinaus sollte die individuelle Zugänglichkeit sichergestellt werden.

Für sehr viele Tätigkeiten wie auch für allgemeine Fähigkeiten und Verhaltensweisen sind sinnvolle XR-Anwendungen im Lernbereich verfügbar oder denkbar, wobei in VR simulierte Szenarien zur Anwendung kommen, in denen auch Tätigkeiten trainiert werden können, deren reale Ausführungen gefährlich oder teuer sind. AR dagegen wird im Kontext von Industrie 4.0 und 5.0 oft mit Hilfestellungen für das Erlernen einer Tätigkeit während ihrer Durchführung genannt, weiters auch zur Unterstützung durch das Einblenden von im Kontext relevanten Zusatzinformationen. Beide Technologiefamilien bieten großes Synergiepotential in Verbindung mit digitalen Zwillingen und Simulationsmodellen von realen oder in Entwicklung befindlichen Anlagen. Immer größere Bedeutung erlangt VR etwa bei Design-Optimierungen und Qualitätsinspektionen anhand CAD-basierter Modelle einzelner Teile oder mitunter komplexer Zusammenstellungen.

XR kann die Arbeit mit Robotern unterstützen. Dabei kann VR durch interaktive Möglichkeiten die Programmierung von Robotern vereinfachen, während AR in der direkten Zusammenarbeit die Kommunikation zwischen Mensch und Roboter verbessern und zugleich die Sicherheit des Menschen erhöhen kann. Auch die Evaluierung und Optimierung von Ergonomie kann sowohl mit VR als auch mit AR unterstützt werden, erstere etwa bei der Analyse von virtuell durchgeführten Tätigkeiten an neuen oder zu modifizierenden Arbeitsplätzen, und letztere durch Feedback über die eigene Arbeitshaltung durch die Auswertung von Sensordaten.

Aspekt	**Virtual Reality**	**Augmented Reality**
Sicherheit	Physische Umgebung wird nicht wahrgenommen, Nutzung in ausreichendem gefährdungsfreiem Raum, keine MRK	Physische Umgebung wahrnehmbar, Verschlechterung durch ungünstige Überdeckung,

		Verbesserung durch Warnhinweise etc.
Komfort	Oft schwere Headsets; Schwindel, Übelkeit etc. können Komfort-Maßnahmen oder Alternativen erfordern	Zumeist leichte Brillen; durch hohes Maß an verbleibendem Blick auf echte Welt tritt zumeist kein Schwindel oder Folgeeffekte auf
Kommunikation	Virtuelle gemeinsame Kollaboration/Telepräsenz möglich	Analog zu herkömmlichen Telekommunikationsmethoden, mit Erweiterungsmöglichkeiten
Lernen	durch virtuelle Durchführung einer Tätigkeit	durch Anleitung während der Durchführung einer Tätigkeit
Ortsgebundenheit	Virtuell kann an beliebige Orte gereist werden; variabler Maßstab (z.B. simulierte Fabrik 1:1 betreten oder in Tischformat überblicken)	Nur die vorhandenen Gegebenheiten können augmentiert werden

Weiterführende Information	
Sicherheitsaspekte	AUVA M-plus 031: XR-Technologien am Arbeitsplatz
Literaturüberblick (2022) zu MRK-Anwendungen mit AR, inkl. Taxonomie zu XR-Technologien	de Moura Costa, G., Petry, M. R. and Moreira, A. P. (2022), 'Augmented Reality for Human–Robot Collaboration and Cooperation in Industrial Applications: A Systematic Literature Review', Sensors, Vol. 22, Issue 7, p. 2725, https://doi.org/10.3390/s22072725.

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH

ROBOTICS –
Institut für Robotik und Flexible Produktion

Lakeside B13b
9020 Klagenfurt am Wörthersee

Tel. +43 316 876-20 00

robotics@joanneum.at
www.joanneum.at/robotics

**MITEINANDER
ZUKUNFTSRELEVANT**