

Industrie 5.0: Die Zukunft der Produktion ist kollaborativ und menschenzentriert

daaap Jahrestreffen 21./22.04.2026

Lebenshilfe Werkstatt München

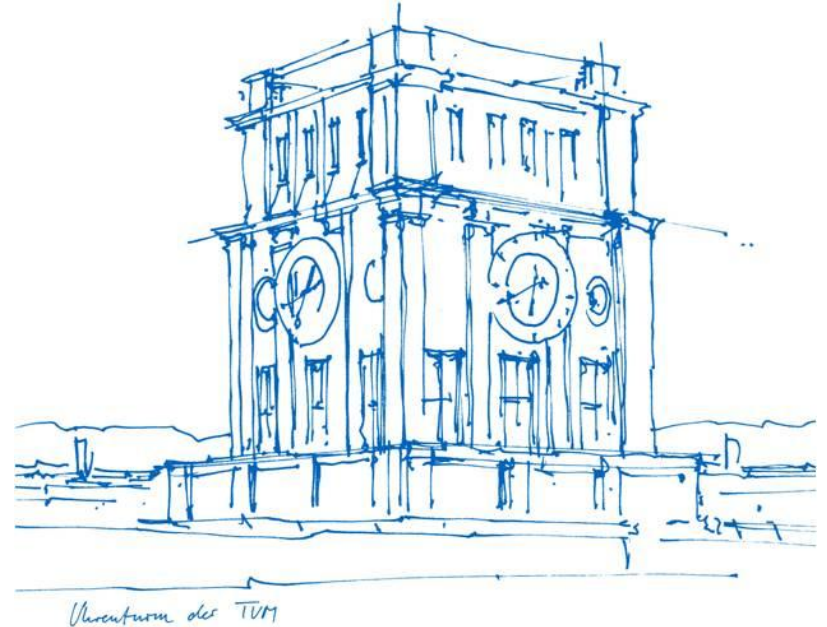
Dr.-Ing. Verena Knott

Technische Universität München (TUM)

TUM School of Engineering and Design

Lehrstuhl für Ergonomie (LfE)

21.04.2026



Industrie 5.0: Die Zukunft der Produktion ist kollaborativ und menschenzentriert

daaap Jahrestreffen 21./22.04.2026

Lebenshilfe Werkstatt München

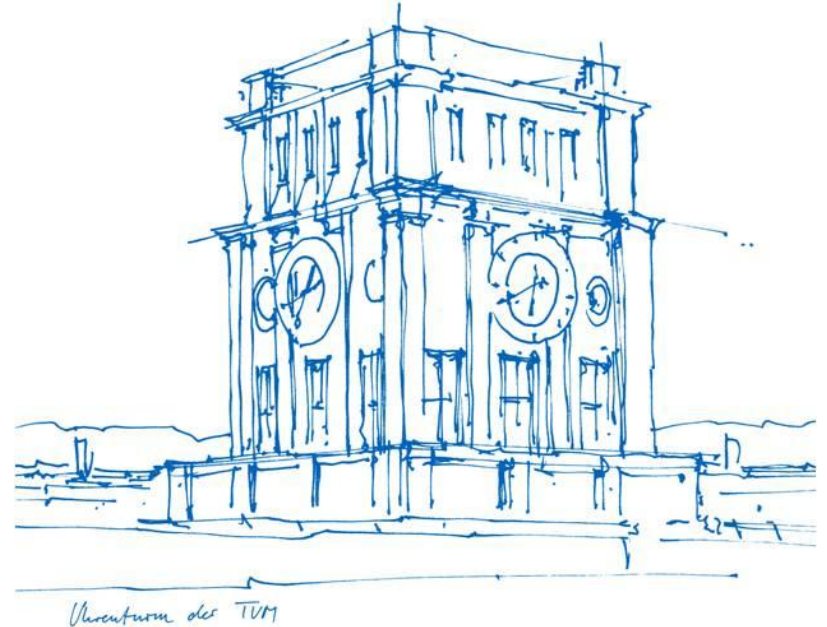
Dr.-Ing. Verena Knott

Technische Universität München (TUM)

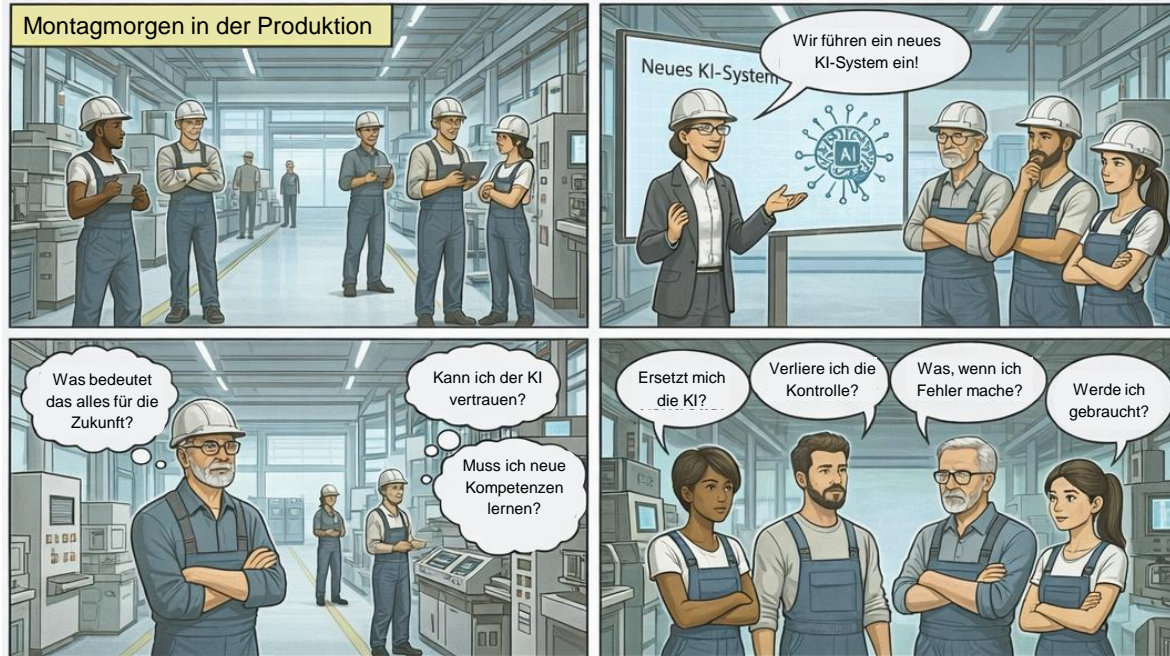
TUM School of Engineering and Design

Lehrstuhl für Ergonomie (LfE)

21.04.2026



Wenn die KI in die Werkshalle kommt ...



Mit KI generiert nach Link, J.; Stowasser, S. & Harlacher, M. (2026). Demonstratoren zur Verringerung negativer Emotionen gegenüber Künstlicher Intelligenz in der Produktion. Eigenschaften und Anforderungen auf Basis von Personas. 72. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Kassel.

TUM Lehrstuhl für Ergonomie

TUM Lehrstuhl für Ergonomie (LfE)

Ergonomie – Human Factors

- Wissenschaft von der Gesetzmäßigkeit menschlicher Arbeit

Lehrstuhlleitung: Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

- Wissenschaftliche Mitarbeitende (~20)
- Wissenschaftsstützende Mitarbeitende (6)

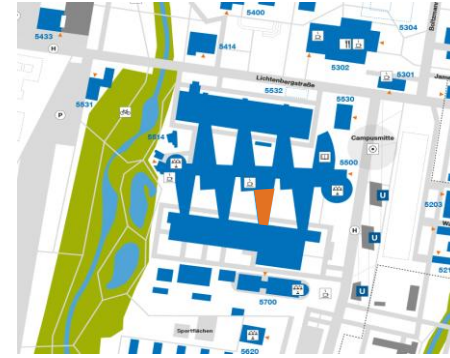
Standort

TUM School of Engineering and Design - Campus Garching:

- Department of Mechanical Engineering
- Erdgeschoss und 3. Stock

TUM Convergence Center am Flughafen München:

- Living Lab Future Work

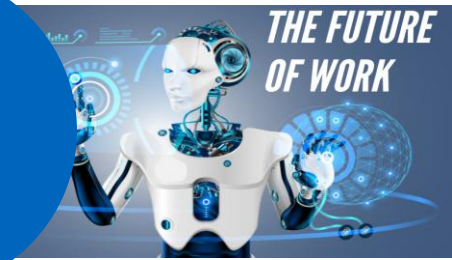
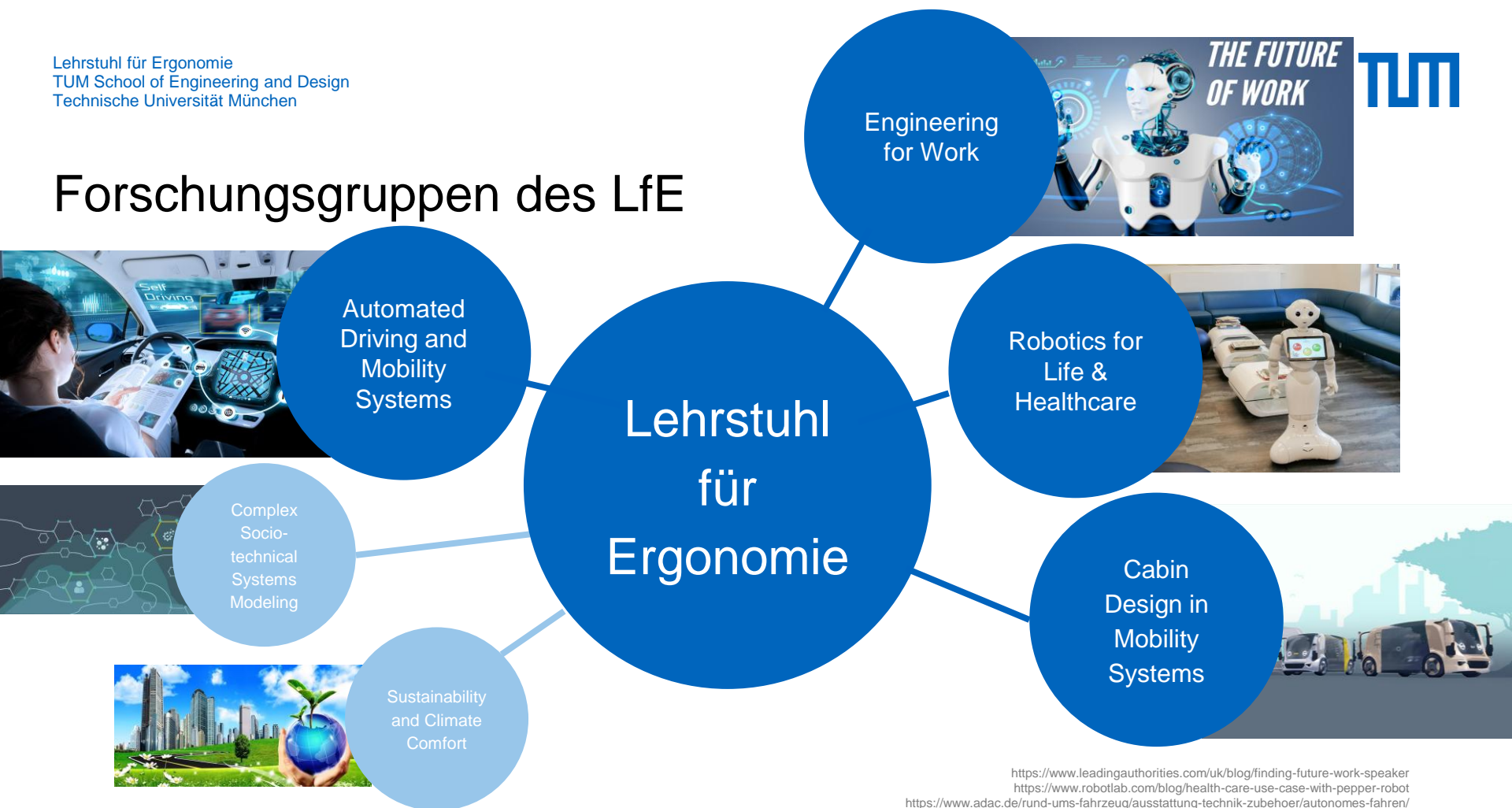


© Julia Gres / TUM LfE



© Verena Knott / TUM LfE

Forschungsgruppen des LfE



<https://www.leadingauthorities.com/uk/blog/finding-future-work-speaker>
<https://www.robotlab.com/blog/health-care-use-case-with-pepper-robot>
<https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/ausstattung-technik-zubehoer/autonomes-fahren/>
<https://www.unicaragil.de/de/projektinformationen.html>
<https://architetturaresiliente.com/building-regulations-for-energy-efficiency/>

Studiengang: M.Sc. Human Factors Engineering

- Ziel: Ausbildung von interdisziplinären Experten für die Konzeption, Umsetzung und Bewertung zukünftiger Konzepte für die Interaktion zwischen Mensch und Technologie in verschiedenen Anwendungsbereichen.
- 120 Credits, 4 Semester (Vollzeit), Deutsch + Englisch
- Für Studierende mit folgenden Bachelorabschlüssen:
 - Maschinenwesen
 - Elektrotechnik
 - Design
 - Computer Science
 - Sportwissenschaft
 - Pädagogik
 - Architektur
 - Psychologie
 - Medizin



© Burak Karakaya / TUM LfE

Industrialisierung, Digitalisierungstrends und Künstliche Intelligenz

Digitalisierung aller Prozesse mit Einbeziehung Mensch



Herausforderungen durch aktuelle Trends und Entwicklungen

Digitale Produktionsplanung &
digitale Ergonomie



Digitalisierung, Industrie 4.0 / Industrie 5.0, Big Data, Cyberphysische Systeme

Steigende Datenflut, Variantenanzahl, Komplexität in Fertigung, Losgröße 1, Nachhaltigkeit, Resilienz



Neue Systeme zur Datenerfassung und -ausgabe

Motion Capturing, Wearables, Virtual & Augmented Reality, Sensorsysteme etc.



Neue Technologien und Assistenzsysteme

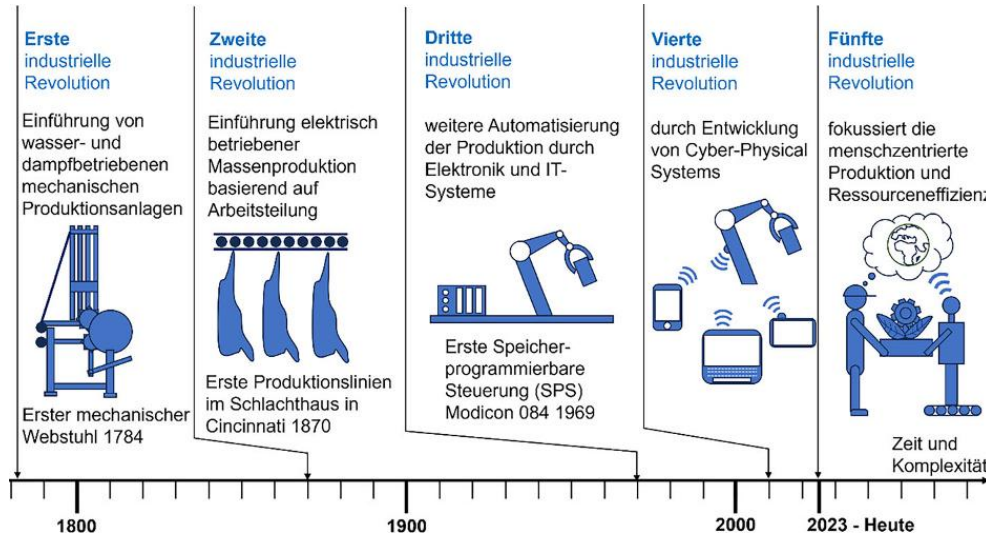
Selbstlernende Systeme / KI , Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK), Exoskelette, Orthesen etc.



Verschärfung der demographischen Entwicklung

Zunahme der Alterung bis 2050, mehr „leistungsgewandelte“ Mitarbeiter, steigende Diversität

Paradigmenwechsel von Industrie 4.0 zu Industrie 5.0



Fokus auf Mensch-Maschine-Kollaboration

Industrie 5.0 betont Mensch als unverzichtbaren Partner in automatisierten Produktionsprozessen.

Nachhaltigkeit und soziale Verantwortung

Industrie 5.0 integriert Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und soziale Auswirkungen in industrielle Prozesse.

Individuelle Anpassung und Ergonomie

Technologien passen sich an individuelle Fähigkeiten und Bedürfnisse der Mitarbeitenden an und fördern ergonomische Arbeitsplätze.

Transformation und Qualifizierung

Umstellung auf Industrie 5.0 erfordert Investitionen, Qualifizierung und kulturelle Veränderungen in Unternehmen.

Digitalisierung – Kernmerkmale der Industrie 5.0

Idee der Europäischen Kommission von Industrie 5.0



Menschzentrierung

- Anpassung der Produktionstechnologien auf den Menschen
- Ganzheitliche Ansicht der Produktion als Mensch-Maschine-Kollaboration



Nachhaltigkeit

- Geringer Einsatz von Ressourcen und Energie in der Produktion
- Vermeidung von Abfällen im Produktionsprozess



Resilienz

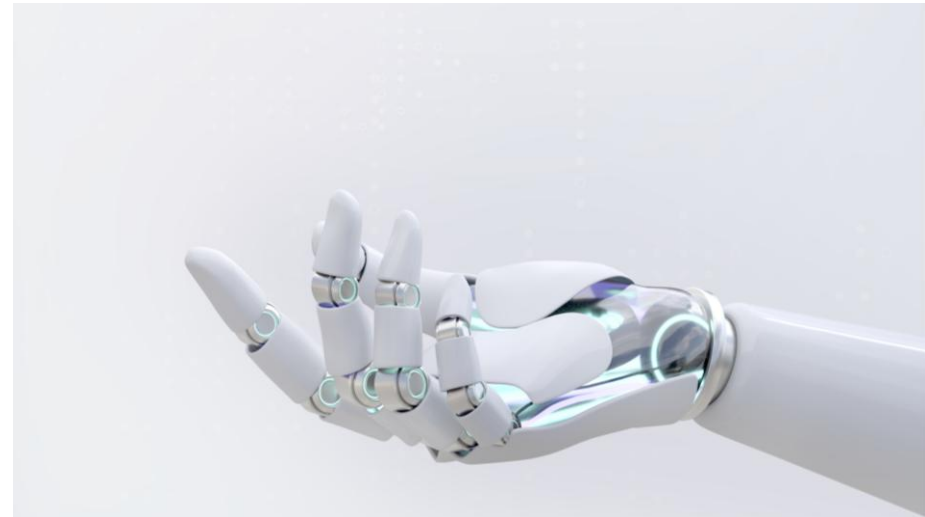
- Erhöhung der Robustheit von Lieferketten
- Erhaltung der Betriebsfähigkeit bei disruptiven Ereignissen

Definition eines KI-Systems

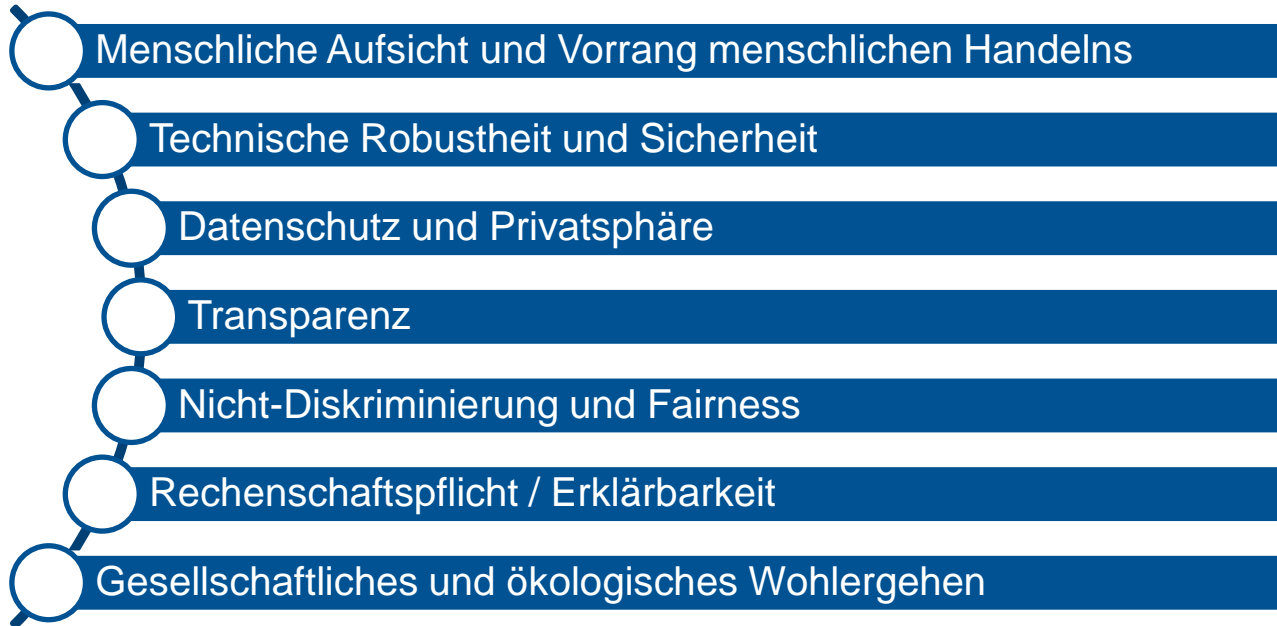
Verordnung (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz

KI-VO, Kapitel 1, Artikel 3:

„Für die Zwecke dieser Verordnung bezeichnet der Ausdruck (...) „KI-System“ ein maschinengestütztes System, das für einen in unterschiedlichem Grade autonomen Betrieb ausgelegt ist und das nach seiner Betriebsaufnahme anpassungsfähig sein kann und das aus den erhaltenen Eingaben für explizite oder implizite Ziele ableitet, wie Ausgaben wie etwa Vorhersagen, Inhalte, Empfehlungen oder Entscheidungen erstellt werden, die physische oder virtuelle Umgebungen beeinflussen können.“



Anforderungen an eine vertrauenswürdige KI



Potenziale von KI vs. Negative Emotionen

Potenziale menschzentrierter KI



Entlastung von monotonen Aufgaben



Gesteigerte Arbeitsplatzqualität



Verbesserte physische Sicherheit



Zeit für kreative abwechslungsreiche Aufgaben



Entscheidungsunterstützung

(Plathottam et al. 2023, Dömer, 2023; Stowasser, 2022&2023; Gamkrelidze, 2022; Giering, 2022; Milanez, 2023)



Sorgen, Bedenken, Unsicherheit, Angst

Möglicher Arbeitsplatzverlust



Fehlende Datensicherheit



Kontrollverlust



Unzuverlässigkeit der Technologie



Abhängigkeit von der Technik

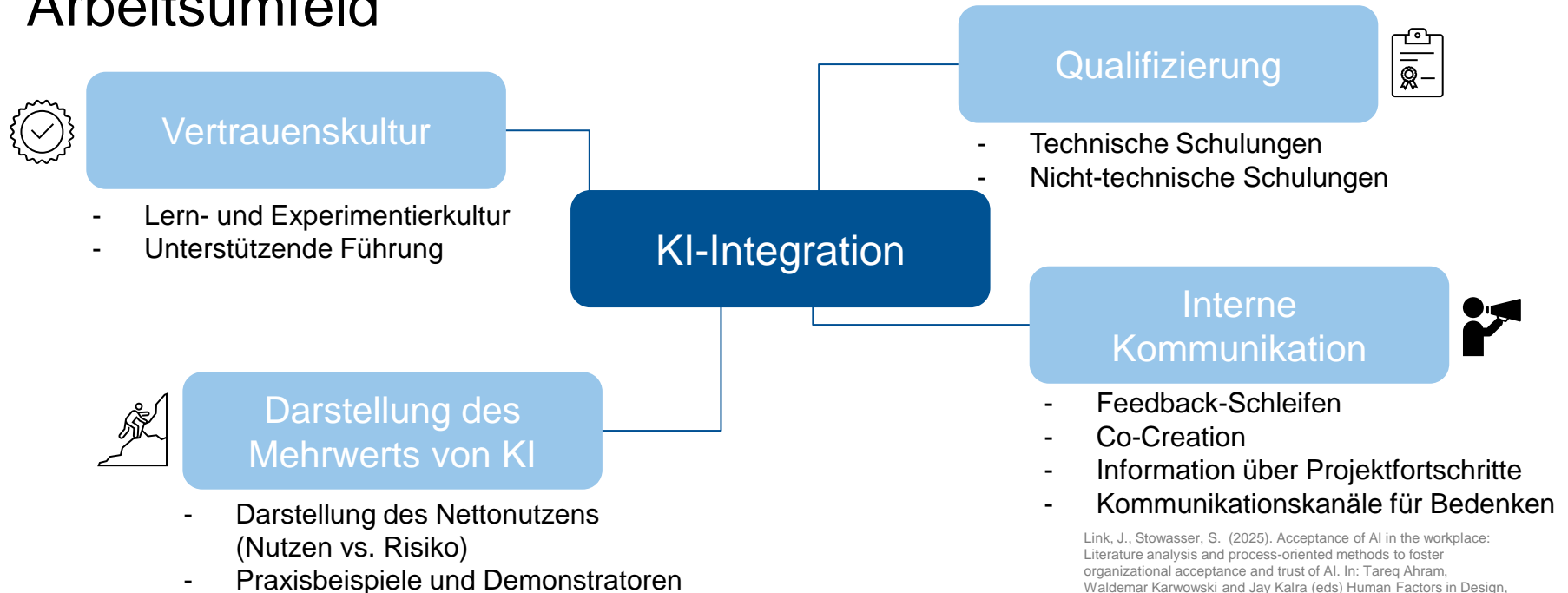


Fehlende Kompetenzen



(Link & Stowasser, 2024)

Methoden zur Schaffung von Akzeptanz gegenüber KI im Arbeitsumfeld



Link, J., Stowasser, S. (2025). Acceptance of AI in the workplace: Literature analysis and process-oriented methods to foster organizational acceptance and trust of AI. In: Tareq Ahram, Waldemar Karwowski and Jay Kalra (eds) Human Factors in Design, Engineering, and Computing. AHFE (2025) International Conference. AHFE Open Access, vol 199. AHFE International, USA. <http://doi.org/10.54941/ahfe1006926>

KI.Fabrik

KI.Fabrik Bayern: Forschungs- und Entwicklungsprojekt



- Konzentration und Erforschung grundlegend relevanter Technologien für vier Anwendungsfälle
- Ermöglichung des technologischen Rahmens für den ersten Prototyp einer KI-gestützten Produktion mit Herstellung verschiedener mechatronischer Produkte unter Nutzung von modularen, rekonfigurierbaren, hochautomatisierten und integrierten KI-Technologien
- Ziele: Demonstration der Machbarkeit des Production-as-a-Service (PaaS)-Ansatz, Entwicklung eines hochvernetzten, adaptiven und halbautonomen Fabriksystem
- Das F&E Projekt KI.FABRIK ist in vier Teilprojekte unterteilt, jedes Teilprojekt sieht ein Szenario der Zukunft der Arbeit vor
- Zeitraum: Juni 2021 – Dezember 2025
- <https://kifabrik.mirmi.tum.de/>



Sichere Mensch-Roboter-Zusammenarbeit



Home-Office für Produktionsarbeitende



Autonome KI-gestützte Produktion



Dezentrale Produktion



Auf dem Weg zur emissionsfreien Fabrik



KI.Fabrik Bayern: Forschungs- und Entwicklungsprojekt



© MIRMI / TUM

Ein Technologieframework
für KI-gestützte Produktion mechatronischer
Hightech Produkte
modular, rekonfigurierbar, hochautomatisiert,
KI-Technologien integriert

Gestaltung einer Fabrik der Zukunft für
Wissenschaft und Unternehmen aus Bayern
als Katalysator
für weitere KI-gestützte
Produktionstechnologien



© MIRMI / TUM



Mission KI.Fabrik 2030



© MIRMI / TUM

- Entwicklung und Aufbau der ersten KI.Fabrik am Standort München mit 5 KI.Portalen – Demonstration von Teilschritten in Assembly, Manufacturing und Logistik
- Von der bayerischen Landesregierung in ihrer High-Tech-Agenda angekündigt.
- Die KI. FABRIK wird ein vollständig flexibler und vernetzter Standort für die lokale, krisensichere und wirtschaftliche Produktion modernster IT- und mechatronischer Hightech-Komponenten in Bayern sein.

KI.Fabrik: Zukunft der Arbeit in der Produktion



AI.Robot

Die mobilen und stationären KI.Roboter werden direkt mit dem Menschen in der KI.FABRIK zusammenarbeiten und extrem flexible, voll integrierte, intelligente Werkzeuge darstellen.



Central.AI

Die zentrale KI der KI.FABRIK ist verantwortlich für die Planung einer komplexen, autonom rekonfigurierbaren Fertigung mit einer Vielzahl von KI.Robotern und menschlichen Spezialisten.



AI.Portal

Avatar-Portale zur Maschinenüberwachung und –steuerung ermöglichen es, Roboter mithilfe von VR-Tools und Methoden der robotischen Telepräsenz in Echtzeit vom Homeoffice aus zu steuern.



Production-as-a-Service (PaaS)

Neues Produktionskonzept, das den Fokus auf die Komponentenspezialisierung der Produktionsmodule mit On-Demand-Logistik setzt. Ziel ist die Machbarkeit einer hochflexiblen, intelligenten und anpassungsfähigen Produktion bei Losgröße 1.

KI.Portal: Teleoperation zur Robotersteuerung aus der Ferne

- Teleoperation: Remote-Steuerung von Robotern mit visueller & bilateraler haptischer Rückmeldung
- Einsatzbereiche: Skill-Teaching, Unterstützung bei Montage, Qualitätsprüfung.
- bisheriger Einsatz: Chirurgie & Raumfahrt – neu im industriellen Umfeld



1. Digital Twin–Mediated Teleoperation
2. Automatisierte Virtual Fixtures
3. Teleoperated Learning from Demonstration (LfD)
4. Ergonomie der Teleoperations-Workstation



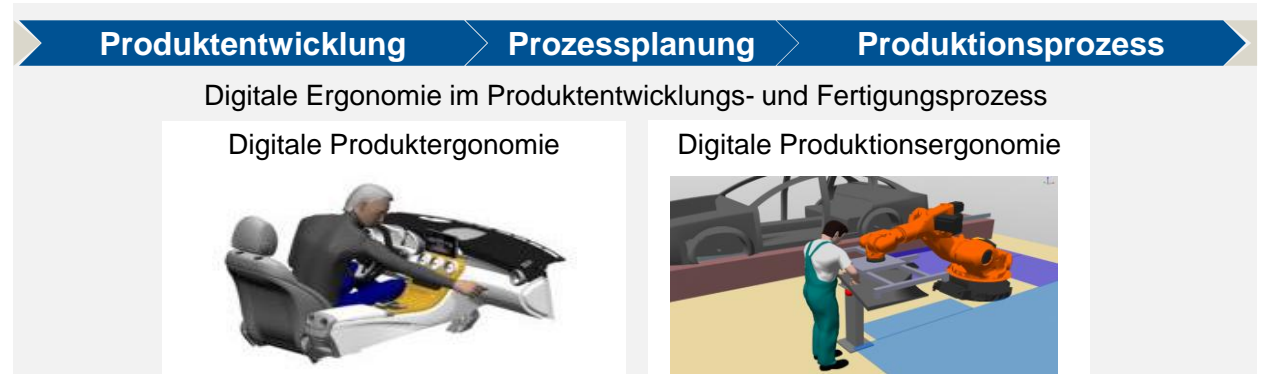
Bilder: MIRMI/TUM

Virtuelle Ergonomie und Digital Twin

Virtuelle bzw. digitale Ergonomie – Definition

„Virtuelle Ergonomie bezeichnet die **rechnergestützten Methoden und Werkzeuge** zur **ergonomischen Gestaltung von Produkten, Arbeitssystemen und Prozessen**. Unter dem Begriff werden Software-Werkzeuge oder Teile davon zusammengefasst, mit denen arbeitswissenschaftliche Ziele verfolgt und ergonomische Gestaltungen durchgeführt werden können.“ (Bullinger-Hoffmann & Mühlstedt, 2016)

Einsatz von Software-Werkzeugen in fast allen Phasen des Produktentstehungs- und -herstellungsprozesses



Motivation digitaler Ergonomie im Digital Twin

Allgemeine Trends:

Globalisierung der Märkte mit Verkürzung der Produktnutzungs- und Produktentwicklungszeiten

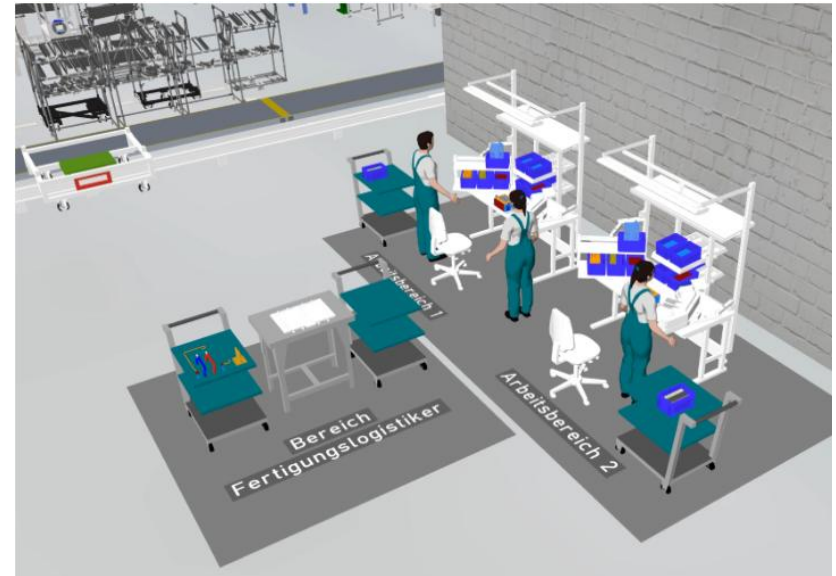
Zunahme der Produktvarianten aufgrund Bedarf zu individualisierten Produkten

Anforderungen an die Prozessplanung und -gestaltung:

- **Produktive Arbeitsprozesse**
- **Bedarfsgerechte Produktion**
- **Ergonomische und sichere Produktion**



Prospektive und fähigkeitsgerechte Gestaltung der Produkte und Arbeitsprozesse unter Digitalisierung der Planungsprozesses & Virtuellen Ergonomie



© imk Industrial Intelligence GmbH

Digitale Menschmodellierung am LfE – Tools

RAMSIS



Abbildung: Human Solutions GmbH

- Ergonomie-Simulations-Software zur Entwicklung von Fahrzeugen und Flugzeugen
- Anthropometrisches Menschmodell zur frühzeitigen Einbindung in den Produktentwicklungsprozess
- Vorgehensweise:
 - Eingabe von Parametern und Randbedingungen
 - Wahrscheinlichkeitsbasierte Haltungsberechnung
 - Analysen (Sicht, Erreichbarkeit, Diskomfort, etc.)

Digitale Menschmodellierung am LfE – Tools

ema



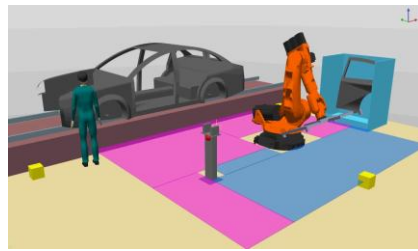
Abbildung: imk Automotive GmbH

- Software zur virtuellen Planung, Gestaltung und Optimierung von Arbeitsprozessen, Arbeitsplätzen und Produkten
- schnelle und effiziente Visualisierung von Arbeitsplätzen im Digital Twin
- Autonome Erzeugung einer validen und humanorientierten Arbeitsprozesssimulation anhand Verrichtungen unter Berücksichtigung von Prozess- und Ergonomievorgaben (MTM und EAWS integriert)
- Möglichkeit der Anwendung einer umfangreichen Ressourcenbibliothek (Mensch, Roboter, Objekte, Werkzeuge)
- nutzerorientierte Auswertungen zur ergonomischen und wirtschaftlichen Gestaltung

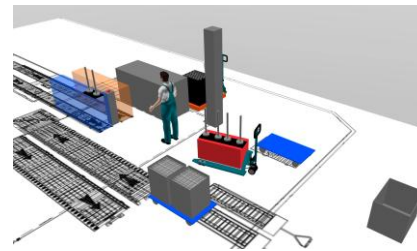
Digitale Fabrik und der digitale Arbeitsplatz – Beispiele



Anthropometrische
Arbeitsgestaltung



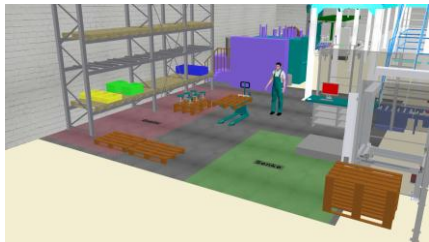
Mensch-Roboter-Interaktion



Maschinenbestückung



Bürogestaltung



Logistik - Kommissionierung



Fahrzeugendmontage



Warenkorb



Gestaltung von Pflegeleistungen

Kernbotschaften zum Mitnehmen

Ihr Wegweiser für die Praxis

- **Mensch im Mittelpunkt:** Technologie unterstützt den Menschen – nicht umgekehrt
- **KI-gestützte Arbeitsplatzanalyse:** Datenbasierte Bewertung von Belastung, Ergonomie und Arbeitsabläufen
- **Digitale Menschmodelle (Human Digital Twins):** Simulation von Bewegungen, Körperhaltungen und Arbeitsprozessen bereits in der Planungsphase
- **Ergonomieoptimierung:** Frühzeitige Identifikation von Fehlhaltungen, Überlastung und Unfallrisiken
- **Partizipative Gestaltung:** Mitarbeitende aktiv in Design und Verbesserung von Arbeitsplätzen einbinden
- **Personalisierte Arbeitsplätze:** Anpassung an individuelle körperliche Fähigkeiten und Bedürfnisse
- **Echtzeit-Feedback & Assistenzsysteme:** KI-basierte Unterstützung durch Wearables, Sensorik oder AR
- **Produktivität & Wohlbefinden verbinden:** Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Verbesserung von Gesundheit und Arbeitszufriedenheit
- **Datenschutz & Ethik beachten:** Transparenter und verantwortungsvoller Umgang mit Mitarbeiterdaten
- **Iterative Optimierung:** Simulation → Test → Feedback → kontinuierliche Verbesserung des Arbeitsplatzdesigns

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Dr.-Ing.
Verena C. Knott
Oberingenieurin

Technische Universität München
TUM School of Engineering and Design
Lehrstuhl für Ergonomie
Boltzmannstr. 15
85748 Garching b. München
Germany

+49 89 289 15403
verena.knott@tum.de
www.ergonomie.tum.de



Abbildung: © Benz, TUM

Industrie 5.0: Die Zukunft der Produktion ist kollaborativ und menschenzentriert

daaap Jahrestreffen 21./22.04.2026

Lebenshilfe Werkstatt München

Dr.-Ing. Verena Knott

Technische Universität München (TUM)

TUM School of Engineering and Design

Lehrstuhl für Ergonomie (LfE)

21.04.2026

