

Kollaborative Roboter in der Produktion | 16. November 2023

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen



Dr. Philipp Hold

Leiter: Montageplanung & Assistenzsysteme
Fraunhofer Austria Research, Geschäftsbereich
Arbeitsgestaltung und Digitalisierung

ARBEITSERFAHRUNG

seit 2012	Fraunhofer Austria Research
seit 2015	Donau Universität Krems
seit 2015	Institut für Management- wissenschaften (TU Wien)
2015 – 2020	FH Technikum Wien
2010 – 2011	Siemens AG, Robert Bosch GmbH
2007 – 2010	TU Braunschweig

AUSBILDUNG

2014 – 2020	Doktoratsstudium TU Wien
2005 – 2011	Wirtschaftsingenieurwesen/ Maschinenbau TU Braunschweig

PROJEKTE

HWS -Hybrid Work Systems

MMAssist II

SAMY

Human Centered Production

Digital Assistance Systems

CoBots

Lean Management



15. November



+43 676 888 616 30



Philipp.Hold@fraunhofer.at



www.fraunhofer.at

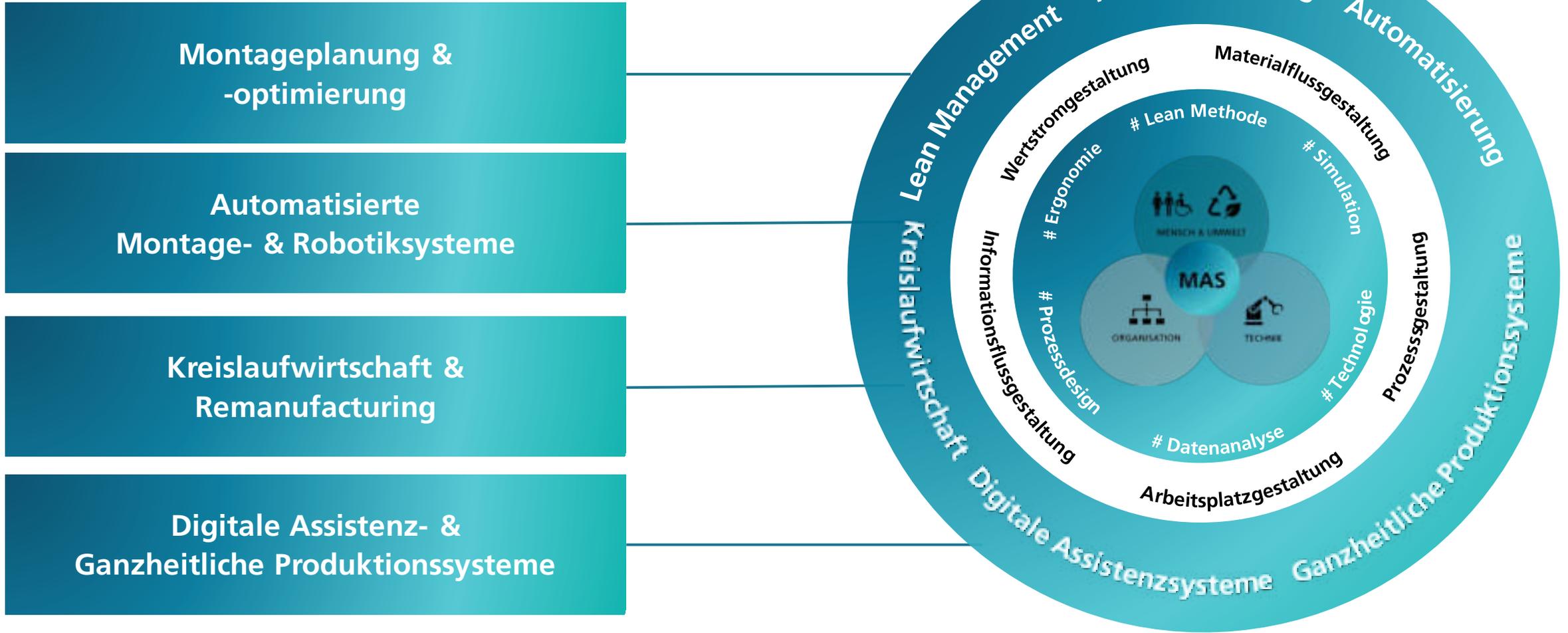
SKILLS

Forschungskoordination	██████████
Projektmanagement	██████████
Lean Management	██████████
Assistenzsysteme	██████████
MRK	██████████



Geschäftsbereich Arbeitsgestaltung und Digitalisierung

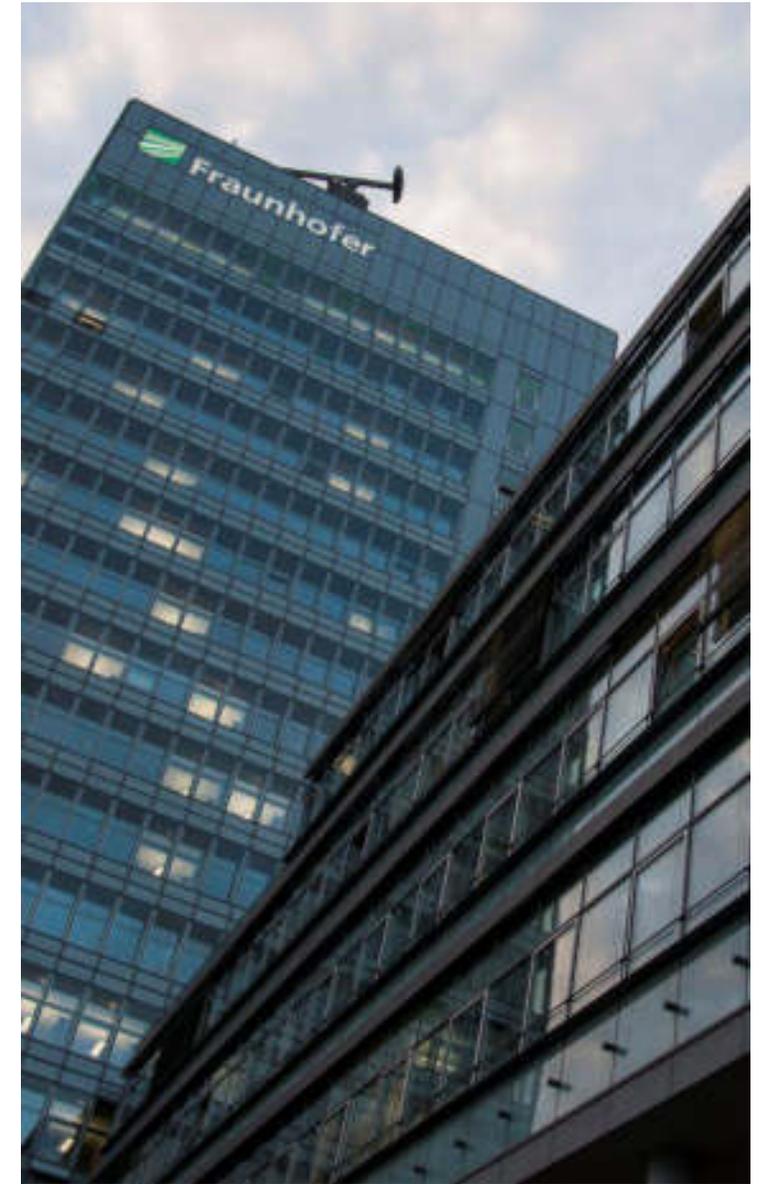
Montageplanung du Assistenzsysteme | Fachthemen & Servicekreis



Fraunhofer-Gesellschaft

Die führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung

- Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung
- 76 Institute und Forschungseinrichtungen
- 30 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
- Forschungsvolumen: 2,9 Milliarden Euro, davon 2,5 Milliarden Euro im Bereich Vertragsforschung
 - Über 70 Prozent dieses Bereichs erwirtschaftet Fraunhofer mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten
 - Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert



Fraunhofer Austria

Innovative Lösungen für das Heute von morgen

1

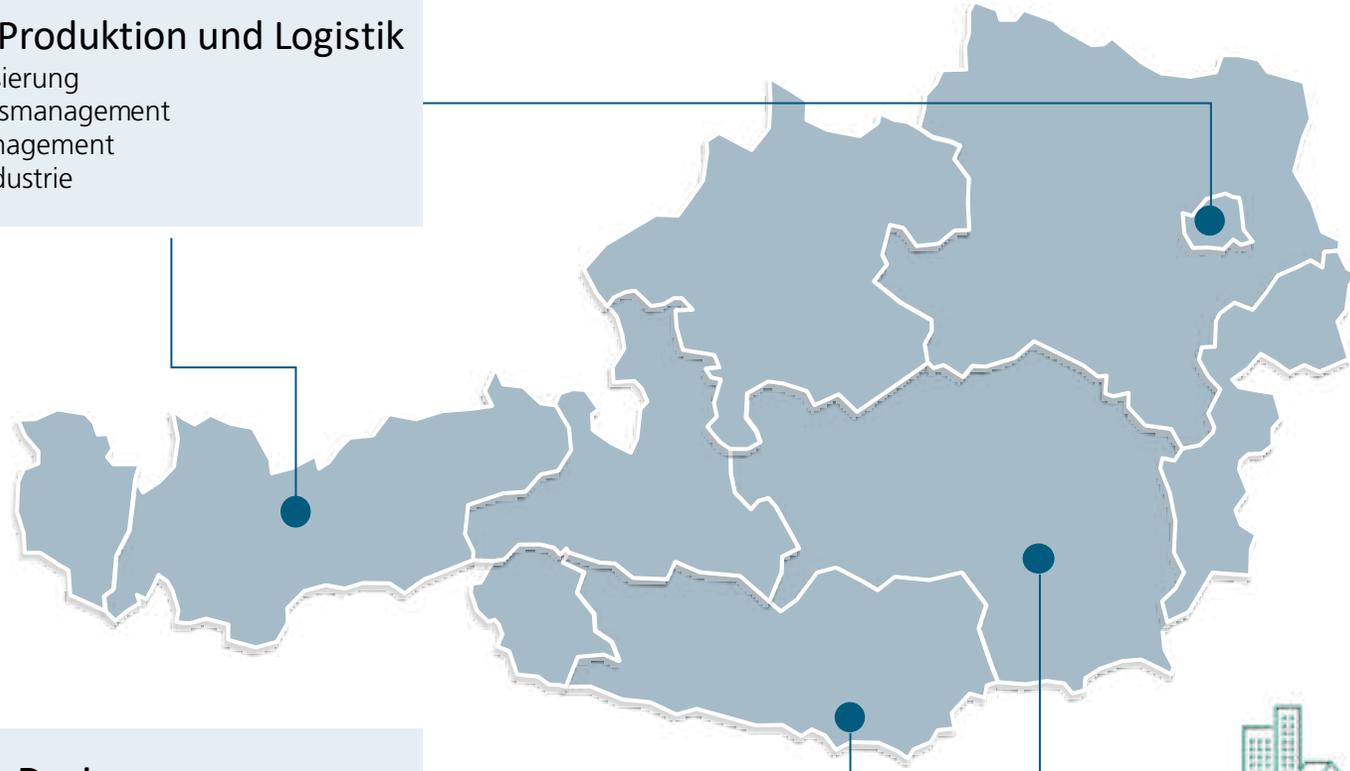
Center für Nachhaltige Produktion und Logistik

- Arbeitsgestaltung und Digitalisierung
- Fabrikplanung und Produktionsmanagement
- Logistik und Supply Chain Management
- Digitale Transformation der Industrie

2

Center für Data Driven Design

- Digitalisierung und Künstliche Intelligenz
- Visual Computing



4 Standorte
5 Geschäftsbereiche
1 Innovationszentrum

135 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

Forschungsvolumen: 10 Mio. Euro

TU Wien Pilotfabrik – Industrie 4.0

Kooperationspartner für Prototypen-Erstellung



- Neutrales Forschungs- und Testumfeld ohne Beeinflussung der laufenden Produktion
- Plattform für kooperative Forschung
- Partner für Forschung und Erprobung von Technologien im Feld der Industrie 4.0 (Mockups, Prototypen etc.)

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Agenda | Methoden zur Planung und Validierung

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Knappen personellen und infrastrukturellen Ressourcenkapazitäten entgegen

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Reduktion menschlicher Fehler, von Ausführungszeiten sowie von Einlern- und Trainingszeiten

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Bestimmung des Automatisierungsbudgets, -konzeptes, Integrations- und Umsetzungsplanes

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Fraunhofer Austria

Diskussion und die Fraunhofer Kooperationsprojekte

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Agenda | Methoden zur Planung und Validierung

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Knappen personellen und infrastrukturellen Ressourcenkapazitäten entgegen

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Reduktion menschlicher Fehler, von Ausführungszeiten sowie von Einlern- und Trainingszeiten

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Bestimmung des Automatisierungsbudgets, -konzeptes, Integrations- und Umsetzungsplanes

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Fraunhofer Austria

Diskussion und die Fraunhofer Kooperationsprojekte

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Das Arbeitssystem der Zukunft & „Digitale und Technische Assistenzsysteme“

...in der TU Wien Pilotfabrik Industrie 4.0

■ Szenarios:

(Automatisierung und die zukünftige Rolle des Menschen)

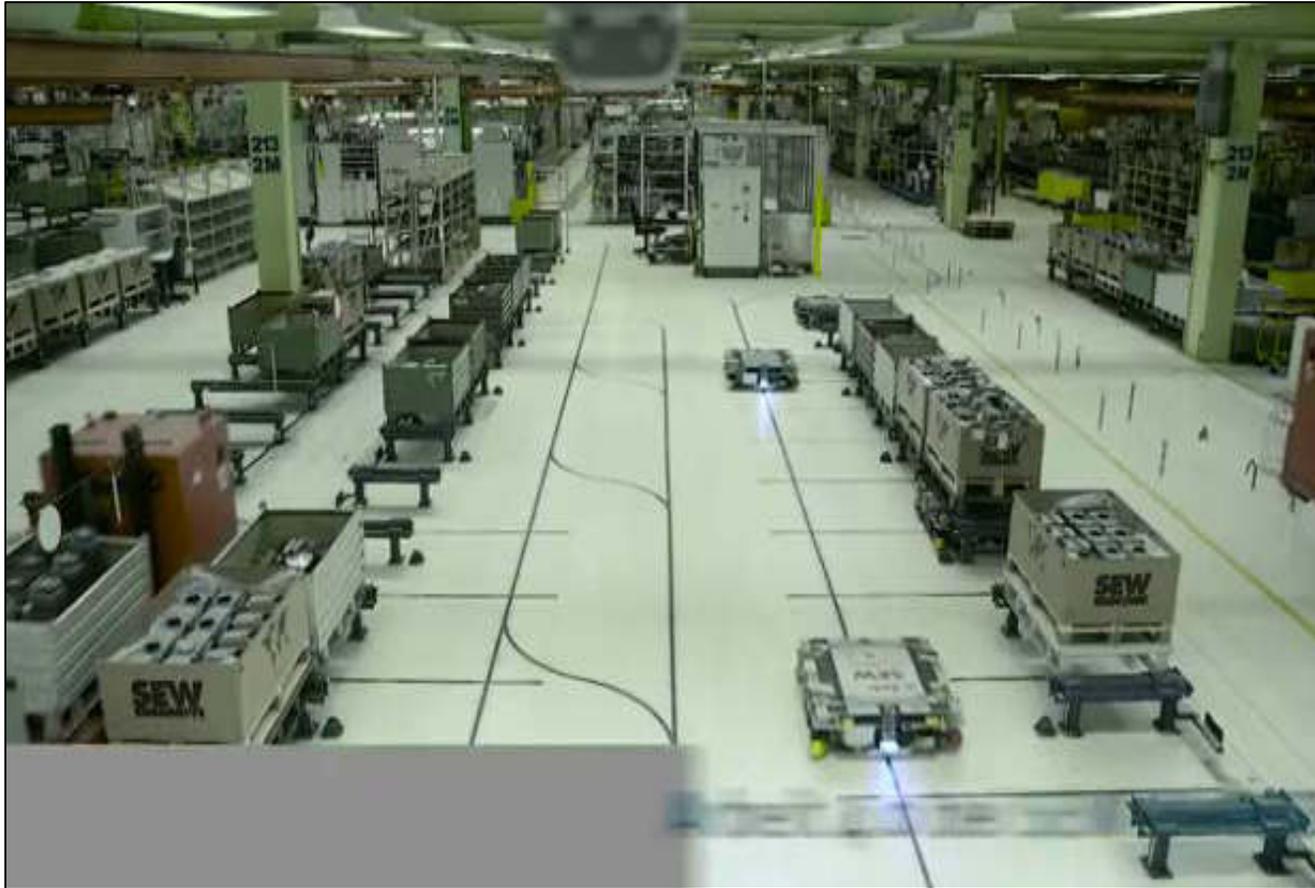
- **Werkzeug-Szenario:**
Einsatz Cyber-Physischer Systeme wirkt als eine Art Werkzeug und unterstützt die weiterhin dominante Rolle des Facharbeiters.
- **Hybrid-Szenario:**
Kooperation zwischen den vernetzten Technologien und den Beschäftigten
- **Automatisierungsszenario:**
Alleinige Steuerungsfunktion durch Cyber-Physische Systeme



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

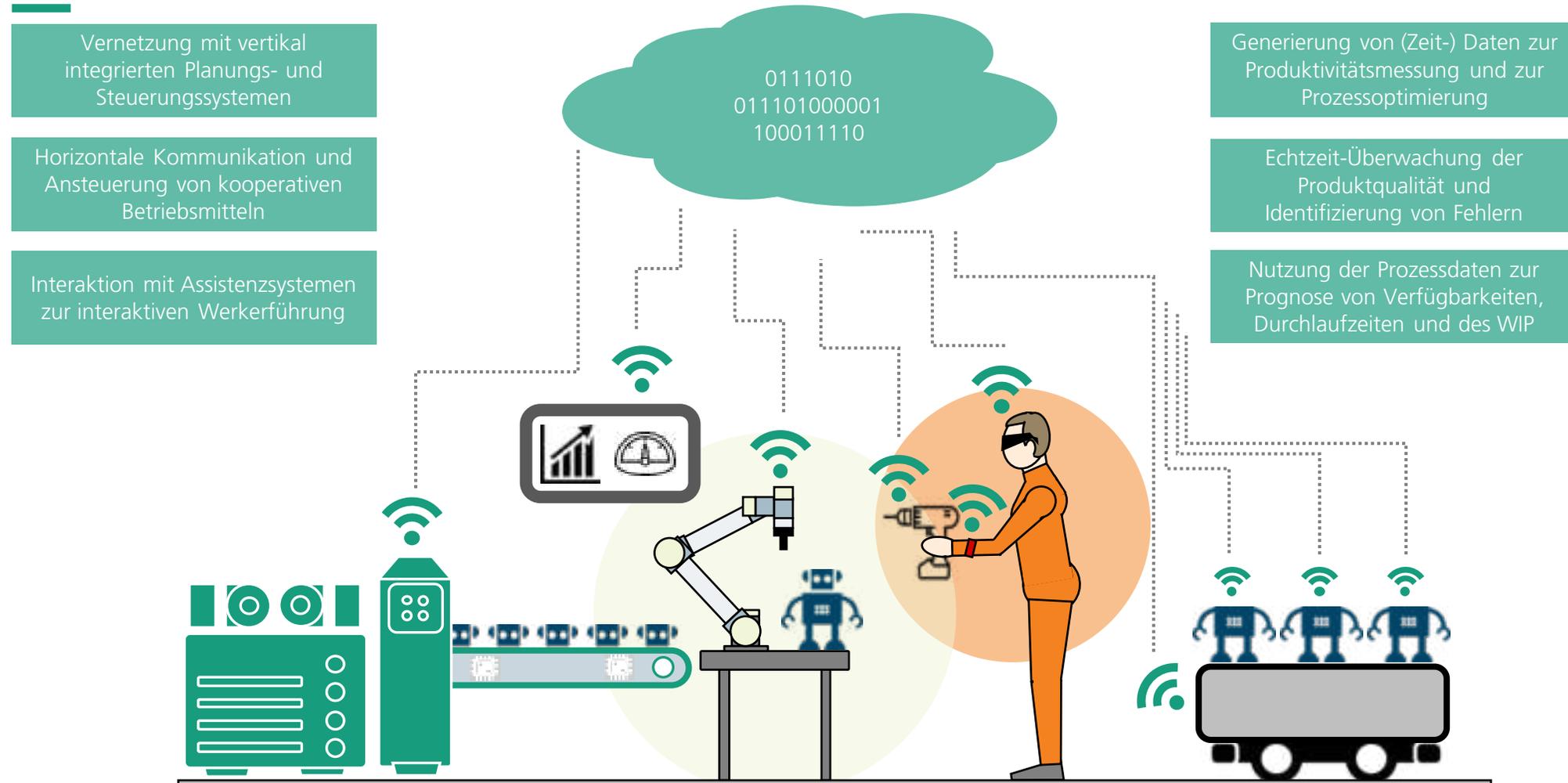
Das Arbeitssystem der Zukunft & „Digitale und Technische Assistenzsysteme“

...und in der Industry



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Das Arbeitssystem der Zukunft & „Digitale und Technische Assistenzsysteme“



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Mensch-Technik-Organisations-Konzept | Leitstern für eine ausgewogene Arbeitssystemgestaltung

■ Sozio-Technischer Systemansatz

zur Analyse menschlicher Arbeitsbedingungen

■ Mensch-Technik:

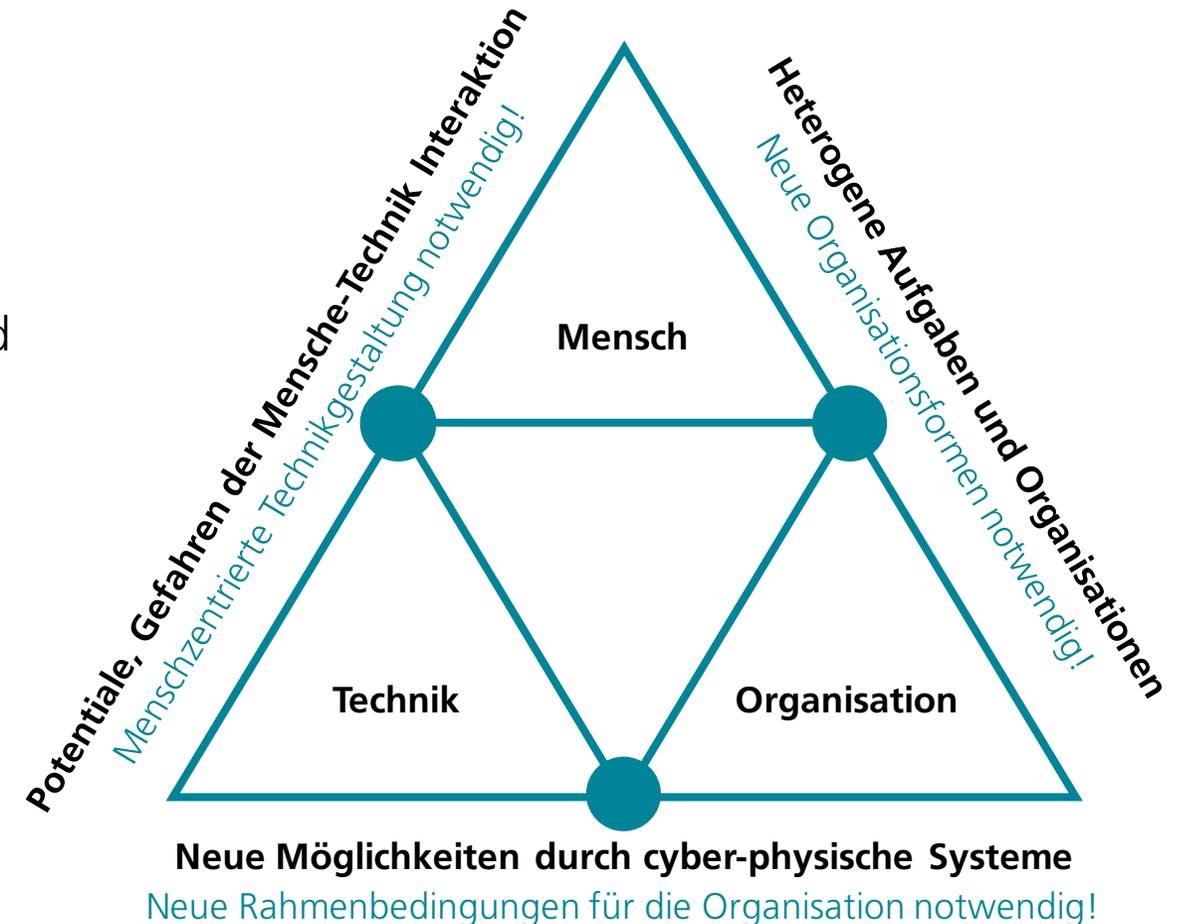
Kontext- und Nutzeradaptivität vs. Überwachung und kognitive Überforderung

■ Mensch-Organisation:

Arbeitsteilung, Qualifikation, Arbeitsorganisation

■ Technik-Organisation:

Neue Möglichkeiten innovativer Organisations- und Interaktionskonzepte



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Agenda | Methoden zur Planung und Validierung

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Knappen personellen und infrastrukturellen Ressourcenkapazitäten entgegen

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Reduktion menschlicher Fehler, von Ausführungszeiten sowie von Einlern- und Trainingszeiten

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

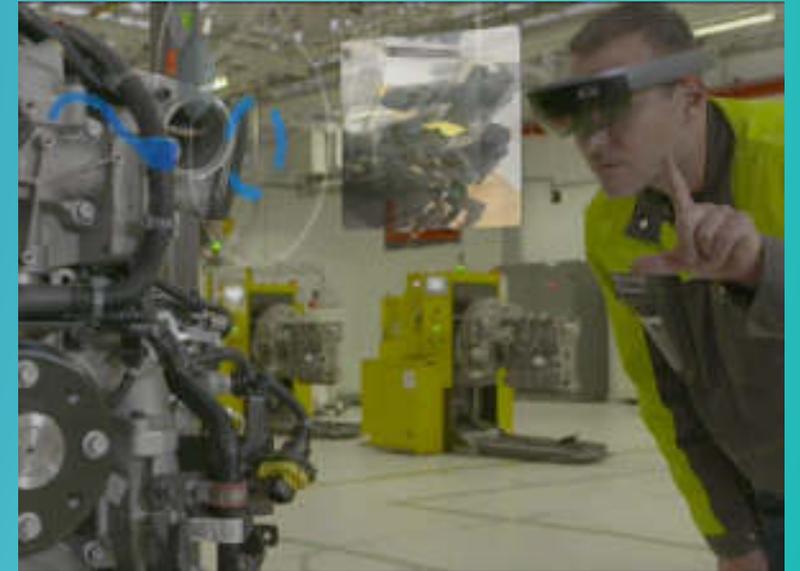
Bestimmung des Automatisierungsbudgets, -konzeptes, Integrations- und Umsetzungsplanes

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Fraunhofer Austria

Diskussion und die Fraunhofer Kooperationsprojekte

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Produktivitätspotenziale Digitaler Assistenzsysteme in Fertigung und Montage



Digitales Assistenzsystem:

Mitarbeitende werden durch digitale Assistenzsysteme unterstützt, so dass die Lücke zwischen immer höher werdenden Anforderungen einer Tätigkeit (Fähigkeitsforderung, Wissensforderung, kognitive Belastung) und menschlicher Leistungsfähigkeit minimiert wird.

Reduktion von
Ausführungszeiten

Reduktion von
Einlernzeiten

Reduktion von
Fehler

?

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Vertiefung: Morphologien und Funktionsmodelle Digitaler Assistenzsysteme



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Kognitive Entlastung durch komplexe Informationstechnik | Digitale Assistenzsysteme





Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Vorgehensmodell zur Planung und Validierung Digitaler Assistenzsysteme

Ergebnisse

- ✓ Aussage über die prinzipielle Umsetzbarkeit eines Digitalen Assistenzsystems

- ✓ Qualitativ und quantitativ bewerte Potentiale durch Einführung Digitaler Assistenzsysteme

- ✓ Realisierungskonzept unter Beachtung aller Rahmenbedingungen
- ✓ Lastenheft mit spezifizierten Anforderungen und Funktionalitäten

- ✓ Proof of Concept Demonstration des Mock-Ups in Pilotfabrik inkl. erster funktionaler Tests
- ✓ Detailplanung der Umsetzung

- ✓ Funktionales Assistenzsystem
- ✓ Eingeschultes Personal
- ✓ Zertifizierung

- ✓ Evaluierungs-ergebnisse
- ✓ Dokumentation

- ✓ Lessons learned
- ✓ Weitere potenzielle Anwendungsfelder

Konzeption

Umsetzung

Pilotbetrieb

Evaluierung

Rollout

Quick-Check

Spezifikation

Detail-Konzeption

Methoden

- Workshop zur Wissensvermittlung
- Reifegradmodell „Ready4Assistance“
- Fragebogen zur Potential- und Machbarkeitsbewertung

- MTM-Analyse
- Worker-Journeys
- Wertstromanalyse
- Potenzialanalyse
- Automatisierbarkeits- und Wirtschaftlichkeitsbewertung

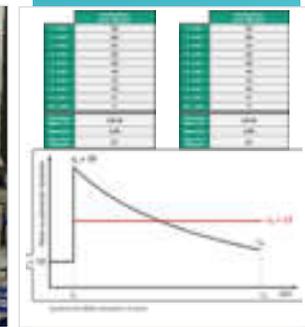
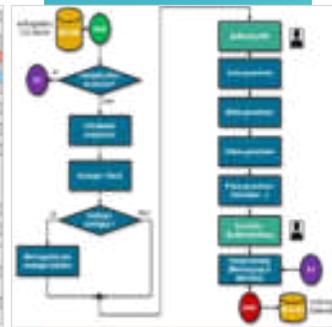
- Soll-Prozess-Konzeption
- Click-Mock-Ups
- Festlegung Anforderung nach MTO-Konzept
- Lieferantenrecherche
- Ausschreibungs-begleitung

- Anbieterkoordination
- Programmierunterstützung
- Definition von Funktionstests
- UX/UI-Design

- Systemtests
- Anlaufmanagement
- Personaleinschulung
- Anpassungen
- Zertifizierung
- Safety & Security

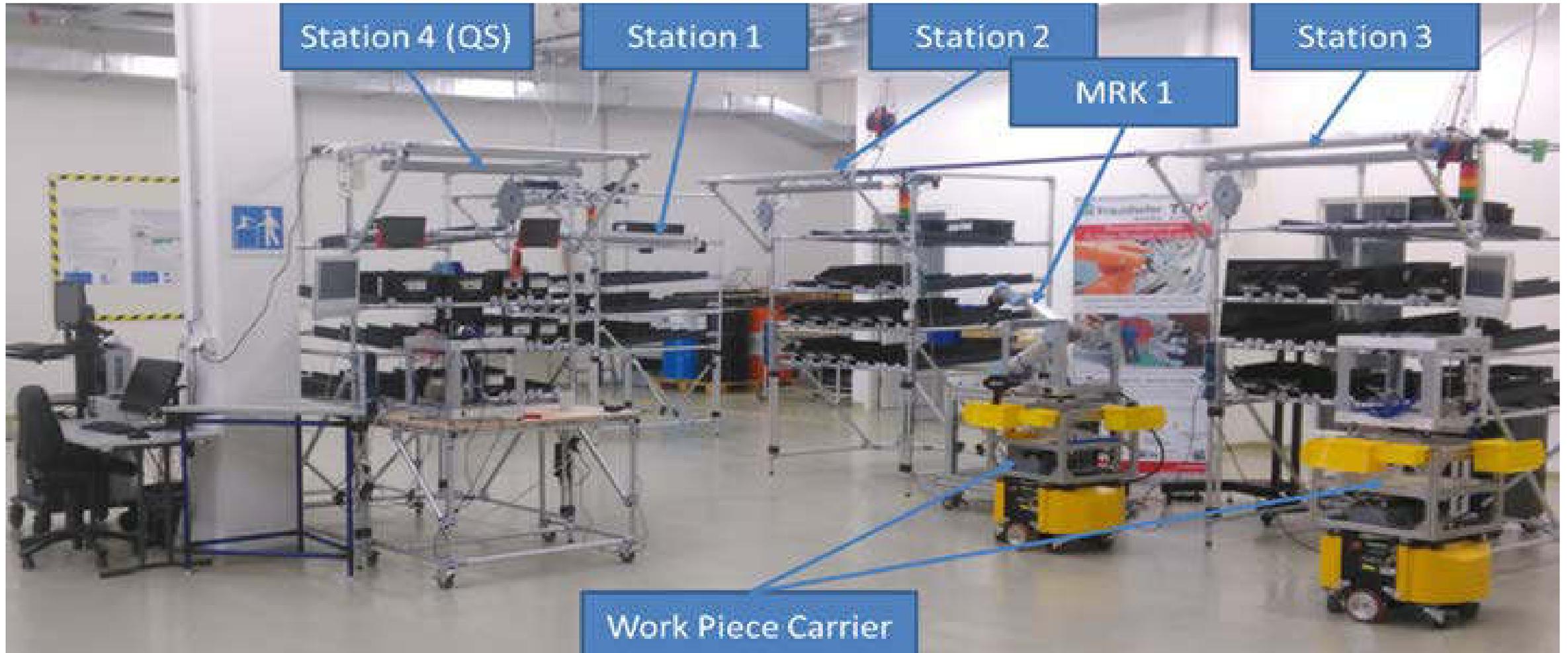
- Analyse der Auswirkungen auf zuvor definierte KPIs (Zeiten, Fehler, ...)
- Einarbeitung
- Anwender-Feedback
- Dokumentation

- Entwicklung von Roadmaps
- Ableitung von Umsetzungsmaßnahmen zum Rollout
- Umsetzungsbegleitung



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Betriebswirtschaftlichen Entscheidungsunterstützung zum Einsatz eines Digitalen Assistenzsystems



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Betriebswirtschaftlichen Entscheidungsunterstützung zum Einsatz eines Digitalen Assistenzsystems

Gesamtmontagelinie (Montagestation 1-3)		
Pool	DAS-Komponenten	Ausgewählte Komponenten [1 = ausgewählt]
T-Pool	Schraubarbeiten	1
D-Pool	Brille (Glass)	1
TS-Pool	Aufgaben-Detektion mittels Kamera	1
TS-9	Trigger Signal / Log Daten	1
IR-Pool	Augmented Reality	1
II-Pool	Manuelle Konfiguration	1

Gesamtmontagelinie (Montagestation 1-3)	IST-Situation	Soll-Situation
Einlernzeit in Sekunden	140.590	102.630
Ausführungszeit in Sekunden	14.709.259	14.709.259
Korrekturzeiten (HEP) in Sekunden	4.920.749	13.560
Einsparungspotenzial in Euro p.a.	54.956,00	
Investition in Euro	43.977,00	
Amortisationszeit in Jahren	0,8	

Manuelle Anleitungserstellung, da nur eine Produktionsvariante betrachtet worden ist. Unter Berücksichtigung aller Produktionsvarianten oder auch von Losgröße 1, ist eine **automatisierte Anleitungserstellung mittels KI** aus betriebswirtschaftlicher Sicht empfehlenswert!

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Agenda | Methoden zur Planung und Validierung

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Knappen personellen und infrastrukturellen Ressourcenkapazitäten entgegen

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Reduktion menschlicher Fehler, von Ausführungszeiten sowie von Einlern- und Trainingszeiten

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Bestimmung des Automatisierungsbudgets, -konzeptes, Integrations- und Umsetzungsplanes

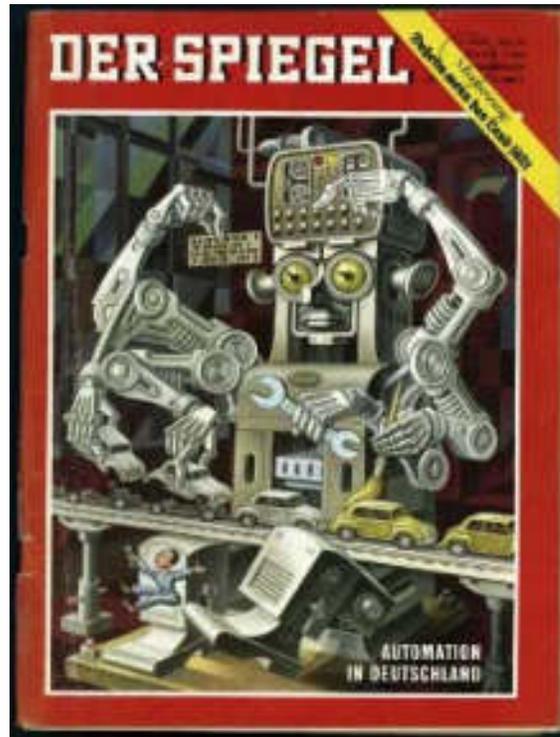
Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Fraunhofer Austria

Diskussion und die Fraunhofer Kooperationsprojekte

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Diskussionen und Befürchtungen

1964



1976



2016



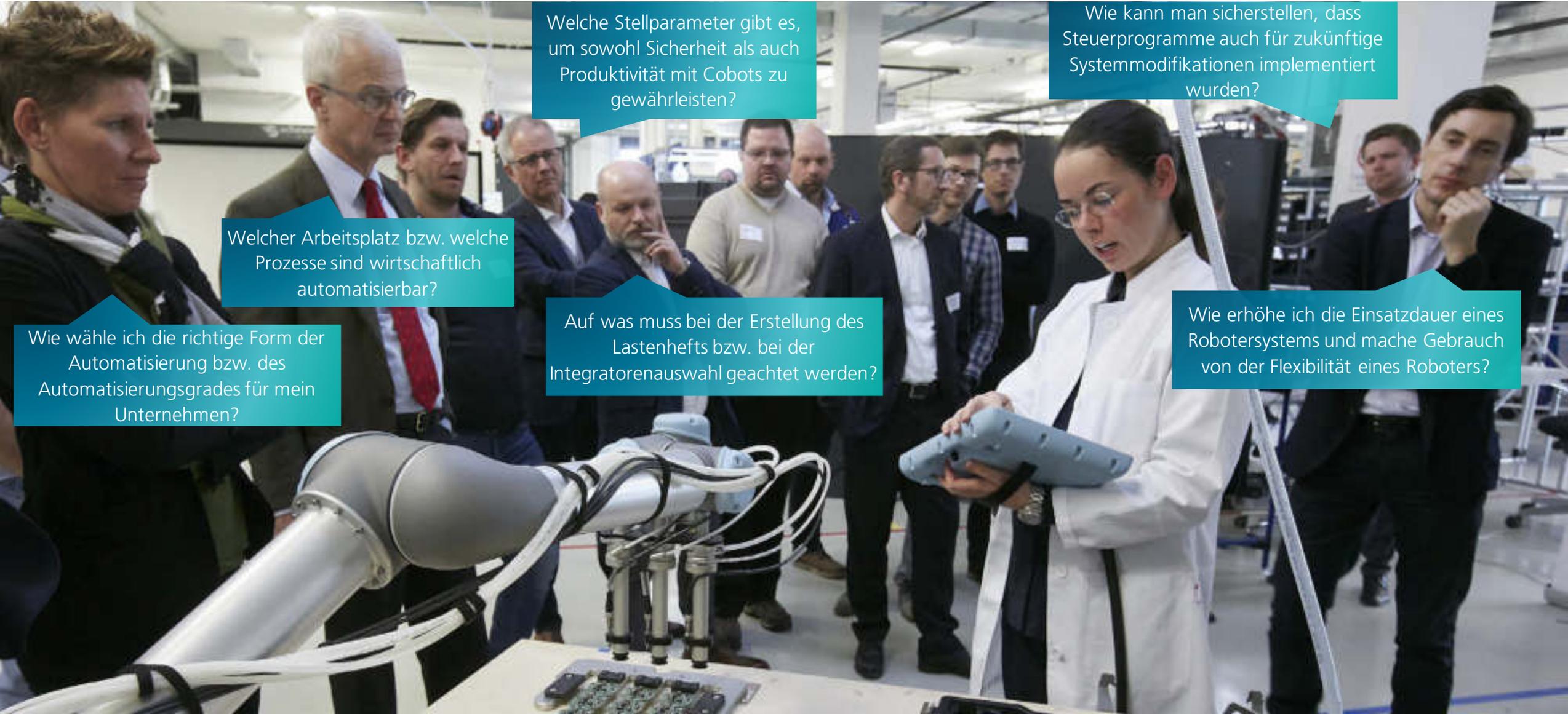
2022



„Um die zunehmend teurer und knapper werdenden personellen und infrastrukturellen Ressourcen noch optimaler einzusetzen, kommt dem Faktor Automatisierung und Assistenz eine verstärkte Bedeutung zu!“ (Made in Austria, 2022)

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Fragen an Mensch und Technologie



Welche Stellparameter gibt es, um sowohl Sicherheit als auch Produktivität mit Cobots zu gewährleisten?

Wie kann man sicherstellen, dass Steuerprogramme auch für zukünftige Systemmodifikationen implementiert wurden?

Welcher Arbeitsplatz bzw. welche Prozesse sind wirtschaftlich automatisierbar?

Wie wähle ich die richtige Form der Automatisierung bzw. des Automatisierungsgrades für mein Unternehmen?

Auf was muss bei der Erstellung des Lastenhefts bzw. bei der Integratorenauswahl geachtet werden?

Wie erhöhe ich die Einsatzdauer eines Robotersystems und mache Gebrauch von der Flexibilität eines Roboters?

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Identifikation von Wirtschaftlichkeit, Flexibilität, Arbeitsbedingungen und Forschung/Innovation

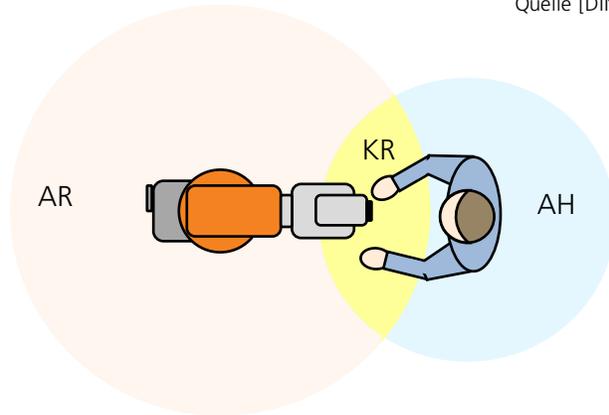
Kollaborierender Betrieb

Zustand, in dem hierfür konstruierte Roboter innerhalb eines festgelegten Arbeitsraums direkt mit dem Menschen zusammenarbeiten.

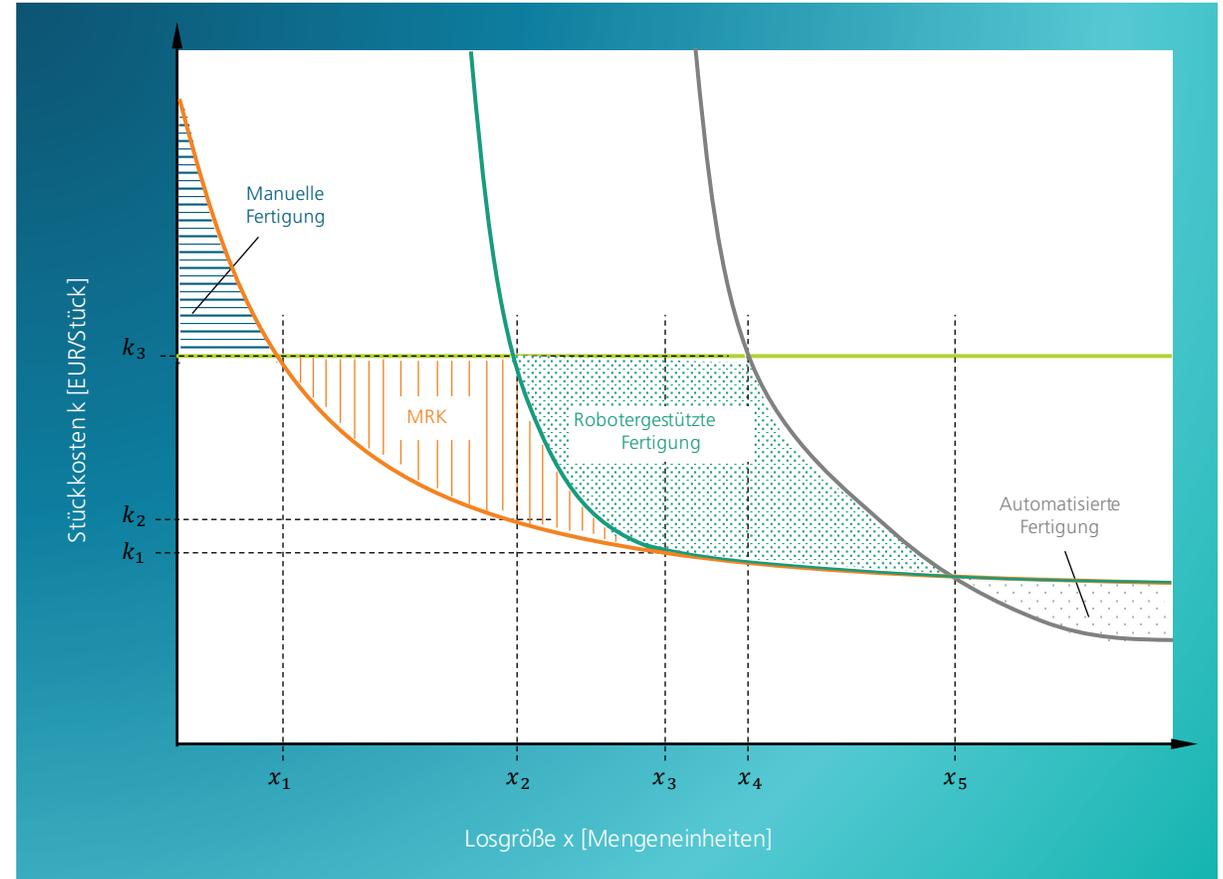
Kollaborationsraum

Arbeitsraum innerhalb des geschützten Bereichs, in dem der Roboter und der Mensch während des Produktionsbetriebs gleichzeitig Aufgaben ausführen können.

Quelle [DIN EN ISO 10218-1: 2012-01]



AR – Arbeitsraum Roboter; AH – Arbeitsraum Mensch; KR – Kollaborationsraum



Quelle [adaptiert nach Matthias und Ding 2013]

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Vorgehen zur Planung und Validierung von Robotik- und Automatisierungslösungen



Arbeit von Heute produktiv und humanzentriert mit CoBots gestalten

Referenz: Potentialanalyse zur Cobot-Integration und Automatisierung

Projektauftrag

Identifizierung von Handlungsfeldern zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung durch die Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration

Projektlaufzeit: 10/2019 – 12/2019 (3 Monate)

1,9

Jahre

identifizierte
Amortisationszeit

200

tausend Euro

identifiziertes
Investitionsbudget

Vorgehensweise

- ✓ Strukturierte Prozessanalyse mittels Wertstrom
- ✓ Identifizierung von Verbesserungspotentialen
- ✓ Identifizierung von Möglichkeiten zum Einsatz von Cobots und Automatisierungslösungen
- ✓ Quantifizierte Aussage zur Kosten-Nutzen-Relation von Cobots und Automatisierungslösungen

Projektergebnisse

- Strukturierte Prozessanalyse mittels MTM-UAS für 4 ausgewählte Prozesse
- Ergonomieanalyse nach EAWS
- Technologierecherche und –vergleich mittels Nutzwertanalyse
- Quantifizierung des wirtschaftlichen Investitionsbudgets für eine (Teil-)Automatisierung
- Handlungsempfehlungen für die weitere Vorgehensweise



in Kooperation mit



Arbeit von Heute produktiv und humanzentriert mit CoBots gestalten

Referenz: Realisierung eines teilautomatisierten Platinenverpackplatzes

Projektauftrag

Verbesserung der Arbeitsbedingungen bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung durch die Einführung von Mensch-Roboter-Kollaboration

Vorgehensweise

- ✓ Potential- und Prozessanalyse
- ✓ Entwicklung eines technischen Konzepts
- ✓ Implementierung eines Mock-Ups
- ✓ Risikoanalyse mit dem TÜV Austria
- ✓ Adaptierung und Optimierung
- ✓ Roll-Out in die laufende Produktion

Projektlaufzeit: 10/2017 – 11/2018 (13 Monate)

1,5

Jahre

Amortisationszeit

90

tausend Euro

jährl. Einsparung

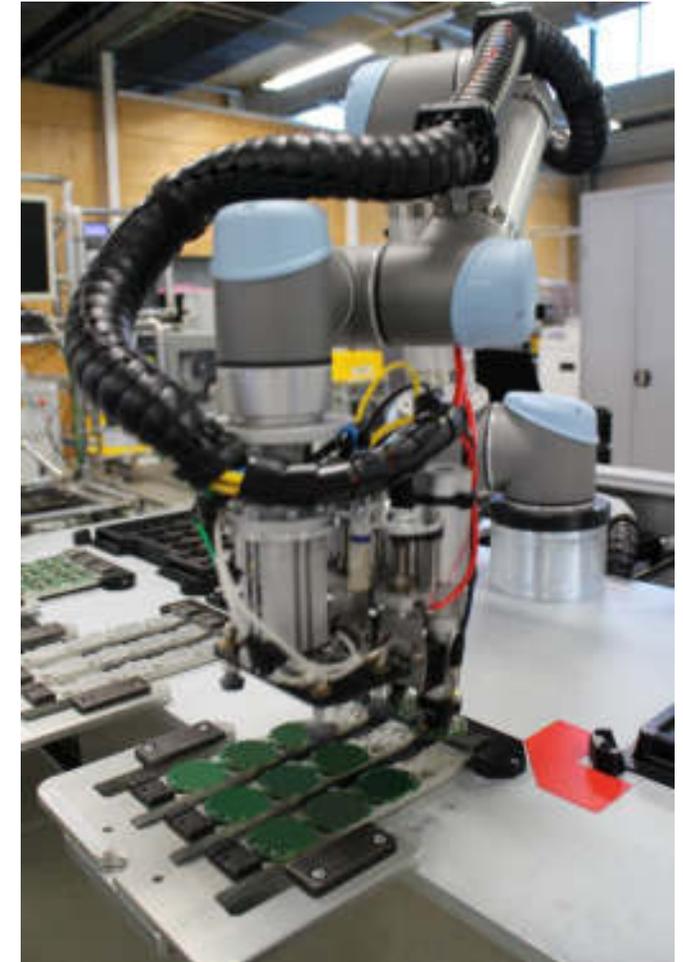
Projektergebnisse

- Identifizierte, wiederkehrende Produktionsmodule inkl. quantifiziertes Automatisierungspotential
- Quantifiziertes wirtschaftliches und ergonomisches Potential
- Lastenheft
- Implementierter funktionaler und sicherer MRK-Arbeitsplatz

in Kooperation mit



gefördert durch



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Referenz: Schüttgutmagazinierung mittels Cobot

Projektauftrag

Schaffung von Transparenz über die Möglichkeiten des Einsatzes von Mensch-Roboter-Kollaboration in der Schlüsselfertigung

Vorgehensweise

- ✓ Marktrecherche
- ✓ Potenzial- und Prozessanalyse
- ✓ Prozessdokumentation
- ✓ Entwicklung eines technischen Konzepts
- ✓ Implementierung von Mock-Ups zur Prüfung der technischen Machbarkeit

Projektergebnisse

- Workshops zur Darstellung des Stands der Technik und zum Wissenstransfer
- Identifizierte unwirtschaftliche und nicht ergonomische Prozesse
- Identifizierte Prozesse, die mit MRK technisch umsetzbar sind
- Amortisationsrechnung

Projektlaufzeit: 10/2017 – 02/2018 (5 Monate)

2

Jahre

Amortisationszeit

62

tausend Euro

identifiziertes
jähr. Einsparung-
potenzial

in Kooperation mit

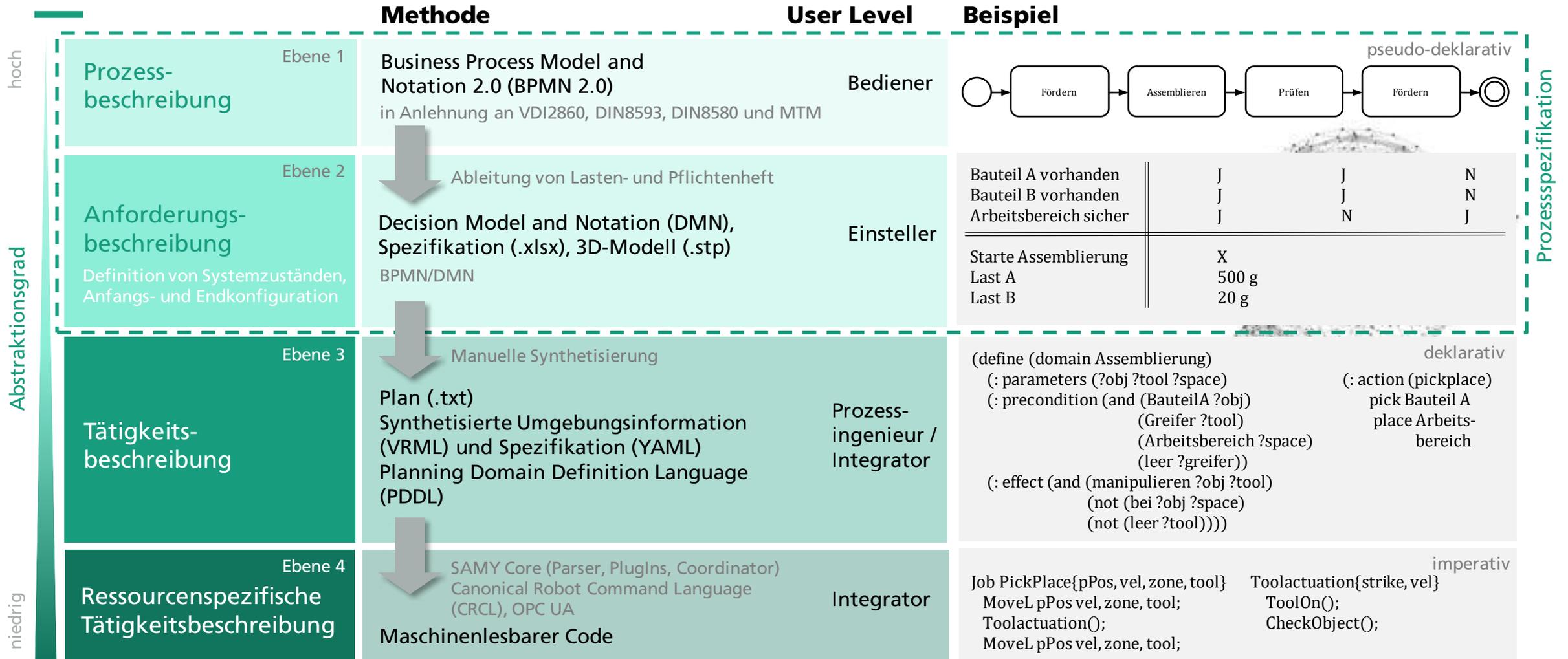


gefördert durch



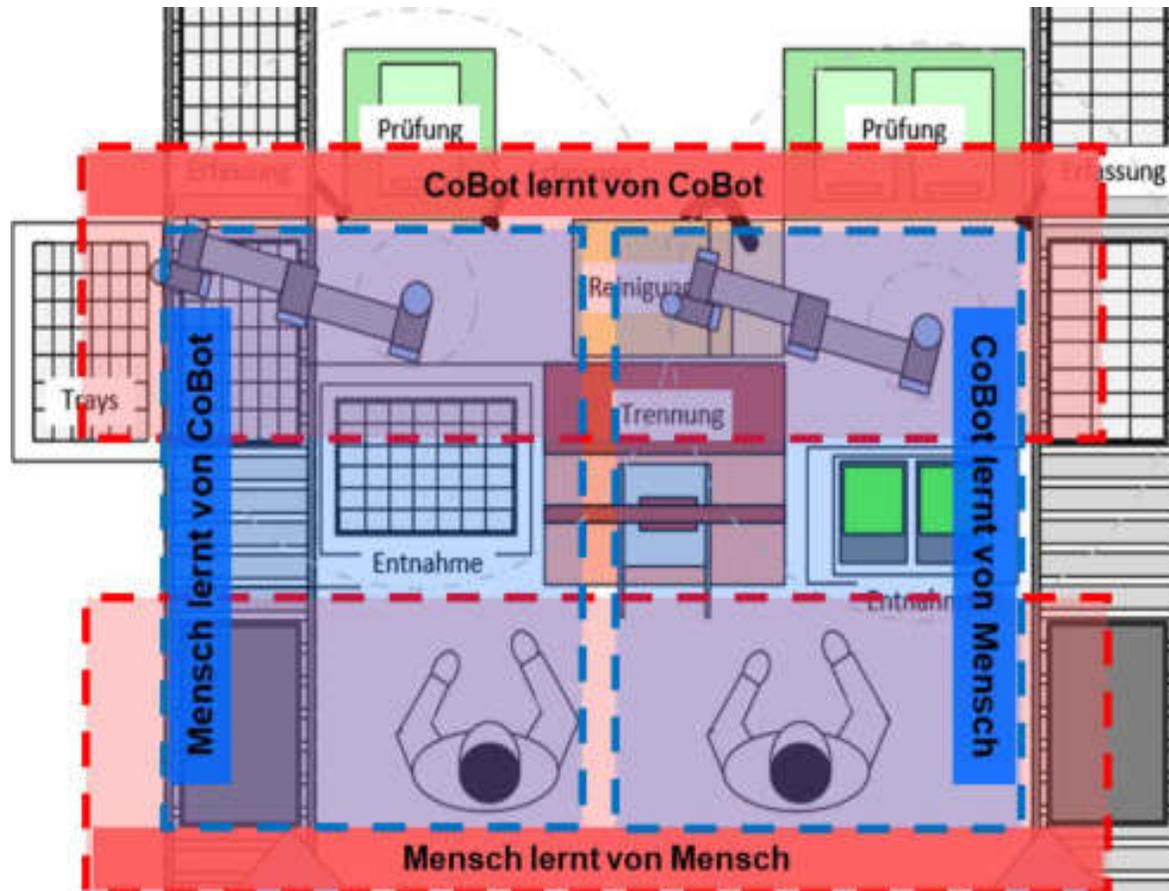
Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Schemata: Semiautomatische und intuitive Programmierung von Cobots (FFG – SAMY)



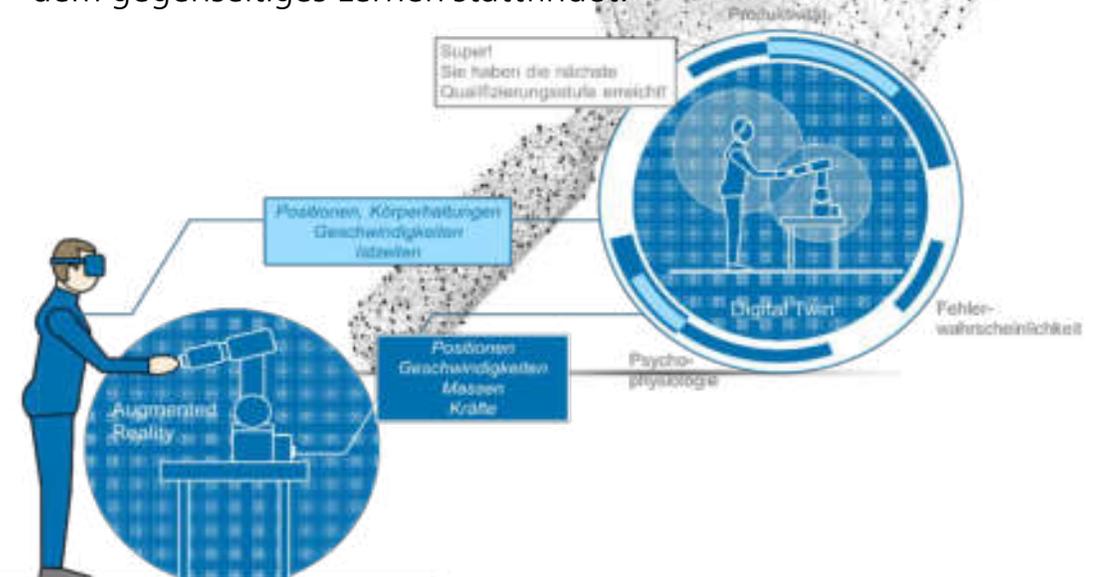
Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Effiziente Aus- und Weiterbildung sowie Reziprokes Lernen am Arbeitsplatz



In der Fabrik der Zukunft wandelt sich die Aufgabenverteilung zwischen Mensch und Maschine:

- Diese Entwicklung erfordert die Lernfähigkeit von menschlichen Arbeitskräfte und gleichsam wie von Maschinen (d.h. Menschen und Maschinen sind Lernende) wodurch Mensch und Maschine zu einem neuen ganzheitlichen System verbunden werden, in dem gegenseitiges Lernen stattfindet.



Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Der humanoiden Roboter der Firma Tesla für „weniger als 20.000 US-Dollar“



Bildquelle: <https://www.notebookcheck.com/Tesla-Chef-Elon-Musk-stellt-humanoiden-Roboter-Optimus-vor.658986.0.html>, eingesehen am: 07.11.2022, TESLA LIVE

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Agenda | Methoden zur Planung und Validierung

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Technologieinnovationen

Knappen personellen und infrastrukturellen Ressourcenkapazitäten entgegen

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Digitalen Assistenzsystemen

Reduktion menschlicher Fehler, von Ausführungszeiten sowie von Einlern- und Trainingszeiten

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Robotik- & Automatisierungslösungen

Bestimmung des Automatisierungsbudgets, -konzeptes, Integrations- und Umsetzungsplanes

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Fraunhofer Austria

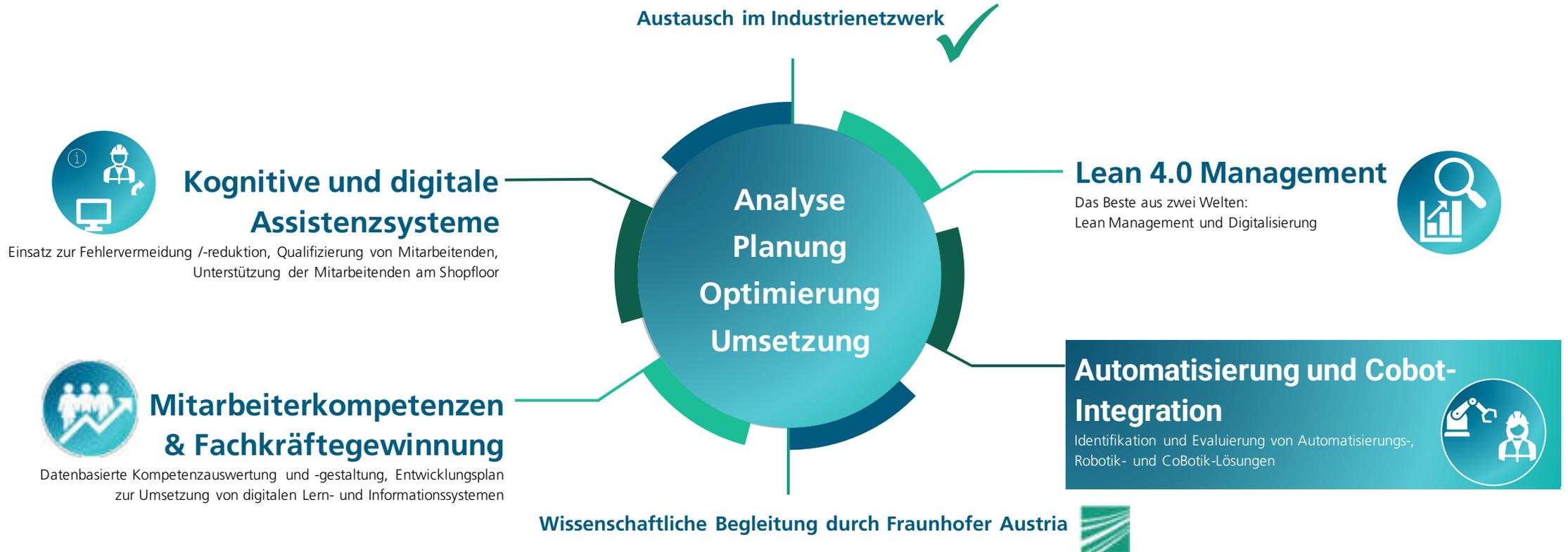
Diskussion und die Fraunhofer Kooperationsprojekte

Kooperationsprojekte in Industrienetzwerken

4 Module – zusammen als auch einzeln



Hier geht's zum Video:
Das Relevanteste zu den
Kooperationsprojekten!



Unsere Forscherinnen und Forscher entwickeln **konkrete Ideen zur Umsetzung von Produktivitätssteigerung** bei den Unternehmen vor Ort, **vernetzen Forschung und Industrie in Kooperationsprojekten** und sorgen für einen regen **Wissenstransfer von Fraunhofer Austria direkt in die Industrie.**

Humanzentriertes Gestalten von Arbeitssystemen mit Fraunhofer Austria

Diskussion und Fragen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Dr. Philipp Hold
Leitung Montageplanung und Assistenzsysteme
Arbeitsgestaltung und Digitalisierung
Tel. +43 676 888 616 30
philipp.hold@fraunhofer.at

Fraunhofer Austria Research GmbH
Theresianumgasse 7 | 1040 Wien
Tel: +43 1 504 69 06

office@fraunhofer.at
www.fraunhofer.at

Follow us on  

