imk ERGONOMIE

Prof. Dr. Lars Fritzsche

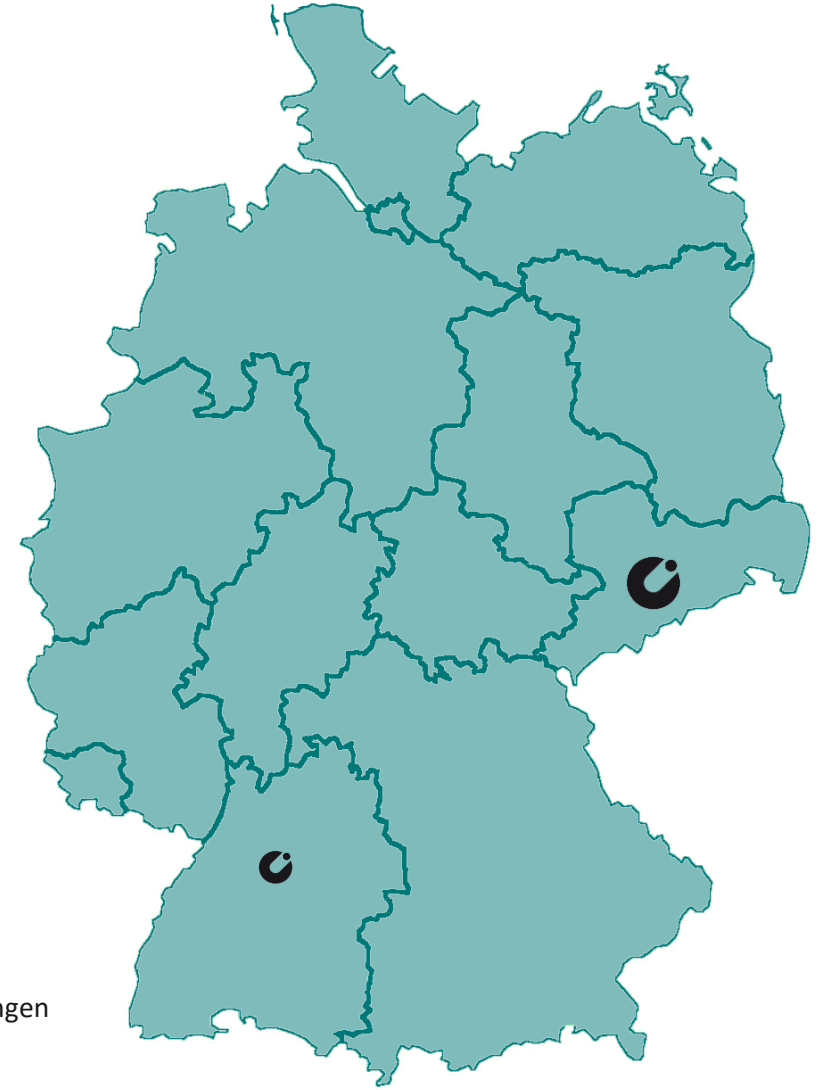
„Ergonomie 4.0“ – Arbeitsgestaltung und Ergonomie für eine moderne Produktion der Zukunft

Teamwork Forum Arbeitsplatzgestaltung, 27.06.2018

1. **Kurzvorstellung imk**
2. Wirtschaftliche Effekte ergonomischer Arbeitsgestaltung
3. Digitalisierung von IE und Planung
4. Neue Assistenzsysteme: MRK und Exoskelette
5. Demographie und alternsgerechte Arbeitsgestaltung
6. Schlussfolgerung

imk automotive GmbH
Betriebsstätte Stuttgart

Adresse: Hauptstr. 35
70771 Leinfelden-Echterdingen
Telefon: +49 (0) 711 7819346 0
Fax: +49 (0) 711 7819346 99



imk automotive GmbH
Firmensitz Chemnitz

Adresse: Amselgrund 30
09128 Chemnitz
Telefon: +49 (0) 371 400 97 900
Fax: +49 (0) 371 400 97 19

Branchenübergreifende Beratungs- und Ingenieurdienstleistungen

Produkt-entwicklung

Dr. Jens Trepte

- Antriebslösungen
- Struktur- und Materialdesign
- Multiphysikalische Simulation
- Finite Elemente Beratung und Training

Fertigungsprozess-entwicklung

Carsten Otto

- Fertigungs- und Montageplanung
- Fabrik- und Logistikplanung
- Digitale Produktionsplanung
- Produkt- und Pro-duktionsoptimierung

Informations-technologie

Dr. Sebastian Bauer

- Softwareentwicklung
- Support und Service

ema imk
upp imk

Ergonomie

Prof. Dr. Lars Fritzsche

- Ergonomische Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation
- Ergonomieanalyse und Risikobewertung
- Virtuelle Ergonomie
- Beratung und Training

Strategische Entwicklung
Dr. Wolfgang Leidholdt

Kunden und Partner des Fachbereichs Ergonomie

Audi
BMW
DAIMLER
PORSCHE
Volkswagen
Nutzfahrzeuge
ThyssenKrupp
ŠKODA
SEAT
frauenthal automotive
smart parts for trucks
AIRBUS
B/S/H/
Johnson Controls
WENDT & KUHN
TÜVRheinland
ottobock.
DB SCHENKER
GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
iad
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CHEMNITZ
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
MIKOMI Innovation. Bildung. Transfer.

1. Kurzvorstellung imk
2. **Wirtschaftliche Effekte ergonomischer Arbeitsgestaltung**
3. Digitalisierung von IE und Planung
4. Neue Assistenzsysteme: MRK und Exoskelette
5. Demographie und alternsgerechte Arbeitsgestaltung
6. Schlussfolgerung

Unser Motto: “Good Ergonomics is good Economics!“ (H. Hendricks, 1996)

Gute Ergonomische Arbeitsgestaltung:

- **verbessert Qualität** indem Ungenauigkeiten bei der Arbeit verringert werden, die durch Ermüdung und schlechter Zugänglichkeit entstehen
- **reduziert Ausfallkosten**, die durch körperliche Überlastung und daraus resultierende Muskel- und Skeletterkrankungen verursacht werden
- **erhöht Flexibilität** durch die Bereitstellung von mehr geeigneten Arbeitsplätzen für Ältere, Frauen und einsatzeingeschränkte Mitarbeitern
- **steigert Wertschöpfung** durch die Reduktion von unnötigen Bewegungen (Beugen, Drehen, etc.) und prozessbedingten Verschwendungen
- **verstärkt Motivation** und Zufriedenheit der Mitarbeiter, ihre Bindung zum Unternehmen und die Arbeitgeber-Attraktivität für Fachpersonal.

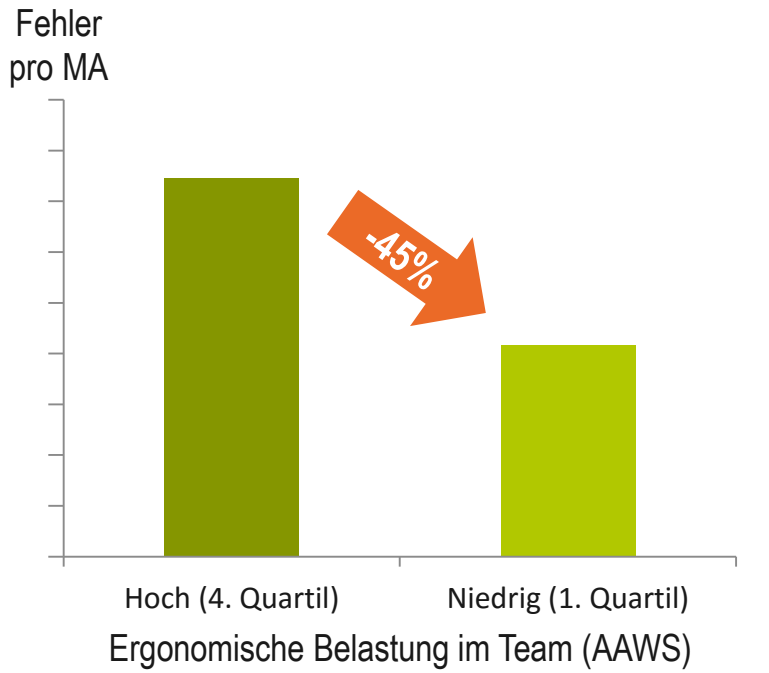
Die Ergonomie als angewandte Arbeitswissenschaft hat das Ziel, die Arbeitsbedingungen (Arbeitsaufgabe, Arbeitsmittel, Arbeitsumwelt) an die Eigenschaften und Fähigkeiten des Menschen anzupassen und damit die **Effizienz/Produktivität des Arbeitssystems zu optimieren**.

(Landau K.: Lexikon Arbeitsgestaltung. Gentner Verlag, Stuttgart: 2007)

Wirtschaftlichkeit von Ergonomiemaßnahmen: Zusammenhang zu Fehlzeiten und Qualität

Studie: 56 Teams (623 MA) in der PKW-Montage von Mercedes-Benz (Fritzsche et al., 2014)

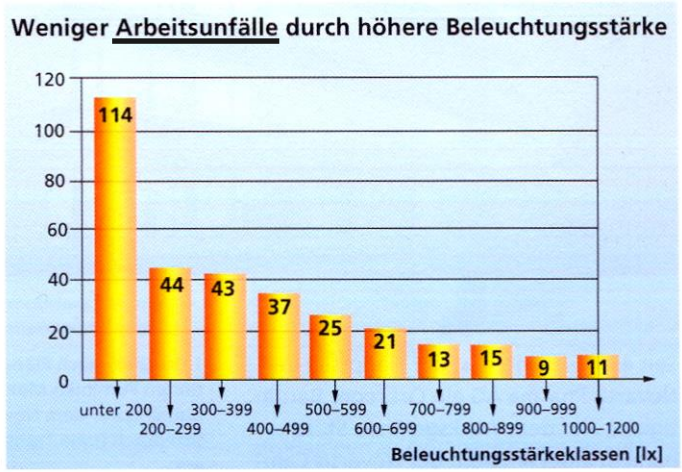
Bis zu **20 % geringere Ausfalldauer**
bei niedriger ergonomischer Belastung

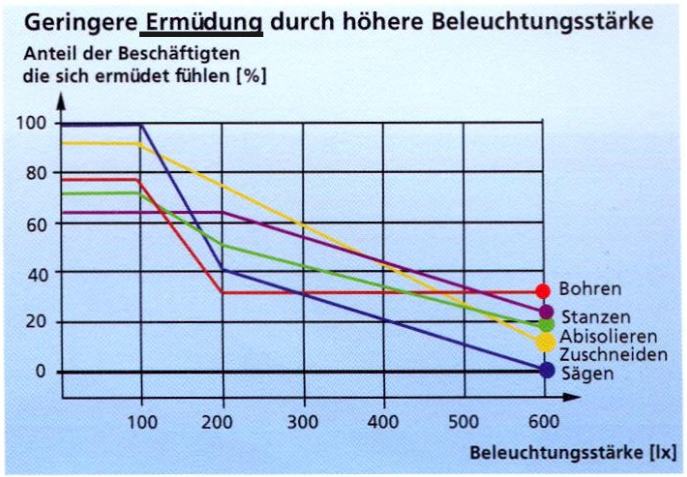


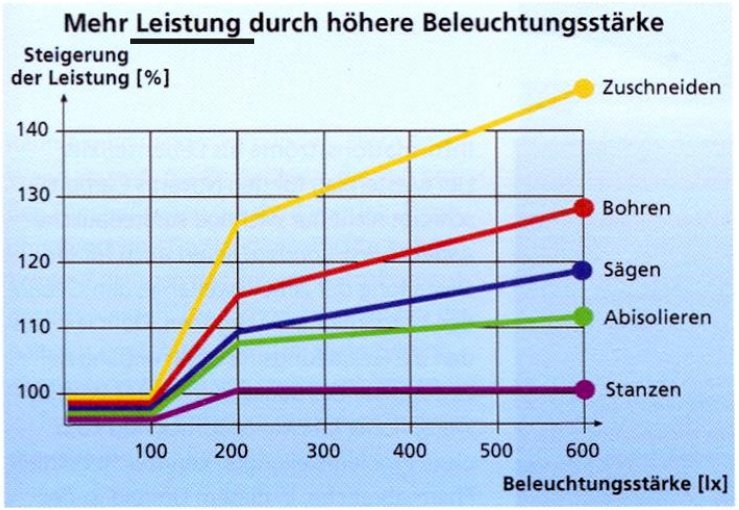
Bis zu **45 % weniger Montagefehler**
bei niedriger ergonomischer Belastung

Quelle: Fritzsche, L., Wegge, J., Schmauder, M., Kliegel, M. & Schmidt, K.-H. (2014). Good ergonomics and team diversity reduce absenteeism and errors in car manufacturing. Ergonomics, 57 (2), 148–161.

Zusammenhang von Beleuchtung mit Wohlbefinden und Leistung

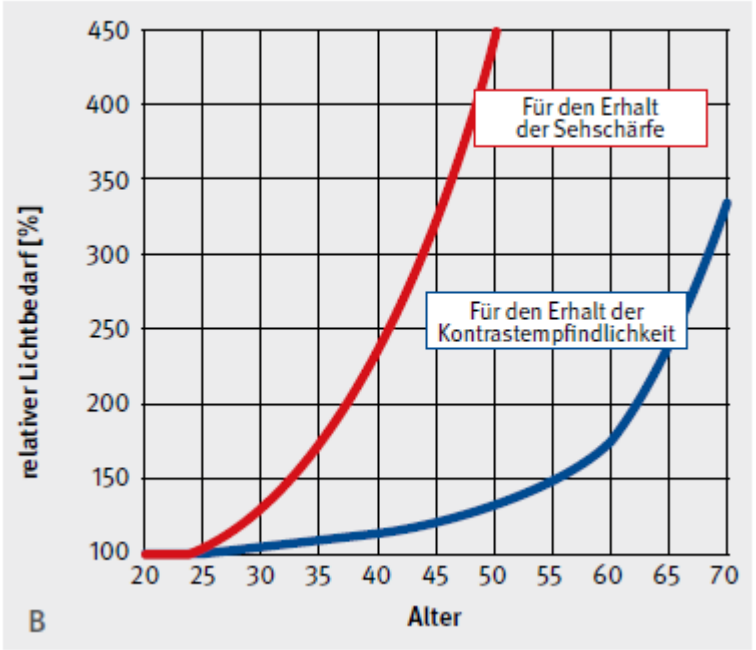






Quelle: Licht 10/2010, S.675

Beleuchtung ist besonders relevant für eine alternsgerechte Arbeitsgestaltung:



Quelle: DGUV Information 215-210 (2016). Natürliche und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten.

Beispielreferenz: Arbeitssystemanalyse in der Malerei von Wendt & Kühn

WENDT & KÖHN

Ziel:

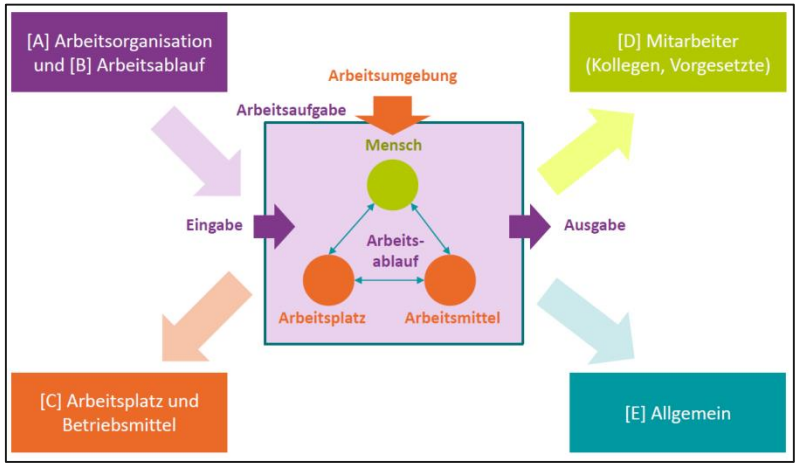
- Optimierung der Arbeitsbedingungen zur Senkung von Fehlzeiten und Verbesserung der Normleistung

Vorgehen:

1. Ganzheitliche Analyse des Arbeitssystems inkl. aller Elemente
2. Auswahl geeigneter Methoden (Begehung, Fragebogen, Interview, Videoanalyse, Workshop etc.)
3. Entwicklung von 21 Gestaltungsmaßnahmen bzgl. Arbeitsablauf, Arbeitsplatzgestaltung, Organisation, Mitarbeiter etc.
4. Gemeinsame Priorisierung und Ableitung konkreter Maßnahmen

Kundennutzen:

- Reduzierter Krankenstand und höhere Produktivität
- Einbindung von Mitarbeitern und Führungskräften verbesserte die Akzeptanz und Zufriedenheit



1. Kurzvorstellung imk
2. Wirtschaftliche Effekte ergonomischer Arbeitsgestaltung
3. **Digitalisierung von IE und Planung**
4. Neue Assistenzsysteme: MRK und Exoskelette
5. Demographie und alternsgerechte Arbeitsgestaltung
6. Schlussfolgerung

Herausforderungen durch aktuelle Trends und Entwicklungen

Digitalisierung, „Industrie 4.0“, „Big Data“, „Cyberphysische Systeme“

Steigende Datenflut, Variantenanzahl und Komplexität in der Fertigung, Losgröße 1

Neue Systeme zur Datenerfassung

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

Neue Technologien und Assistenzsysteme

Mensch-Roboter Kollaboration (MRK), Exoskelette, Orthesen, etc.

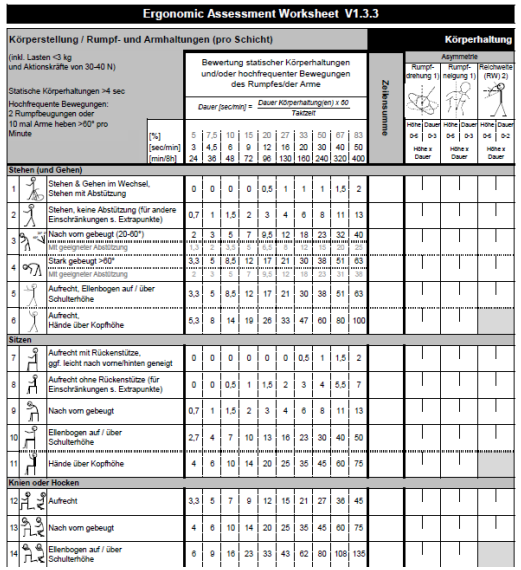
Verschärfung der Demographischen Entwicklung

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

Digitalisierung verändert das Industrial Engineering

Traditionell: Manuelle Routine

Aufnehmen und Platzieren		Kode	1	2	3
			TMU		
	Fall des Aufnehmens	Fall des Platzierens			
≤ 1 kg	leicht	ungefähr	AA	20	35	50
		lose	AB	30	45	60
		eng	AC	40	55	70
	schwierig	ungefähr	AD	20	45	60
		lose	AE	30	55	70
		eng	AF	40	65	80
	Hand voll	ungefähr	AG	40	65	80

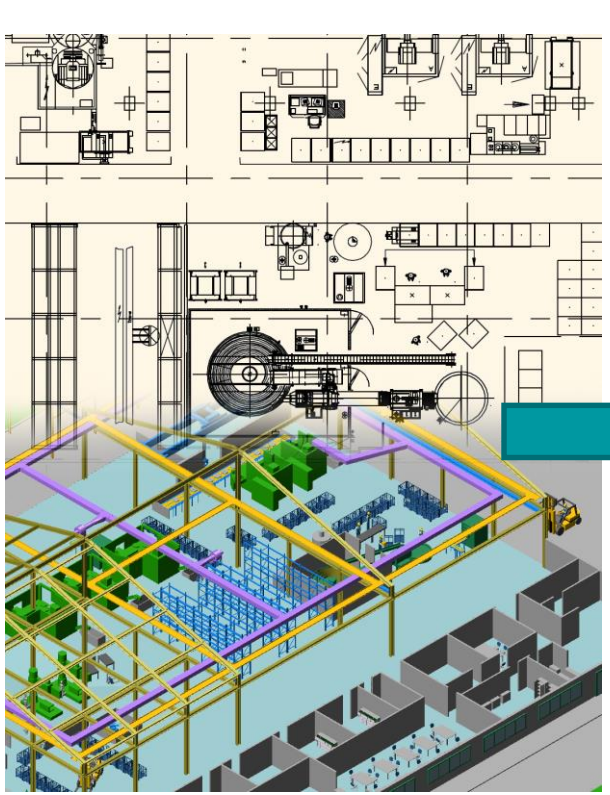


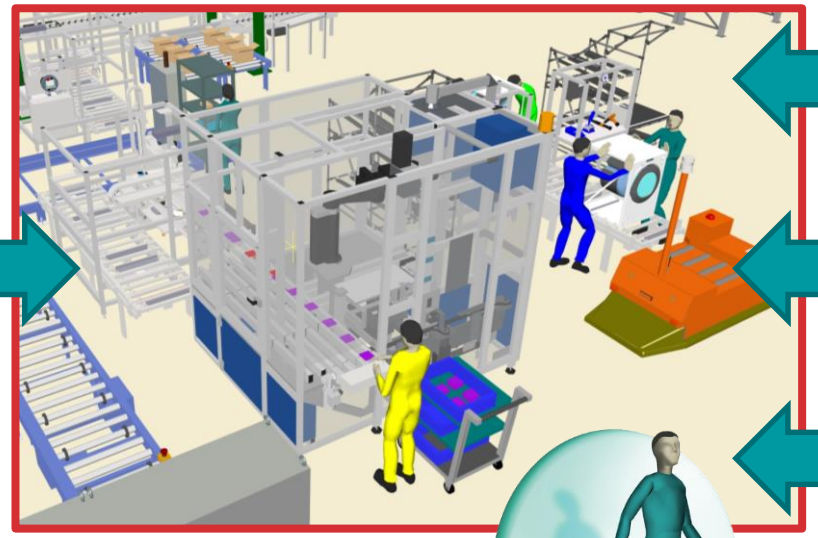
- Alphanumerische, tabellarische Arbeitsweise („Zahlenverwalter“)
- Manuelle zeitwirtschaftliche und ergonomische Bewertung
- Implizite Visualisierung im Kopf des I.E. Experten; Schwierigkeiten bei der Kommunikation z.B. mit Fertigung, Planung, etc.

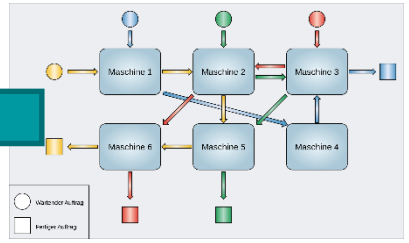
Zukünftig: Kreative Prozessgestaltung

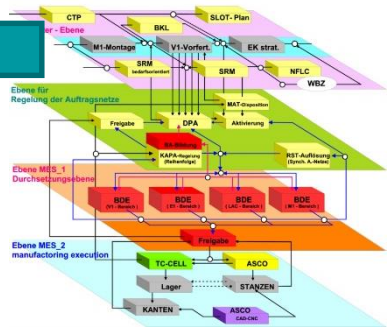
- 3D visuelle Planung, Prozessgestaltung und –optimierung
- Automatische Generierung von Zeit- und Ergonomiebewertungen
- Explizite Visualisierung als Grundlage der Kommunikation und Zusammenarbeit in digitalen Workshops

Ziel: Ganzheitliche Visuelle Planung in der Digitalen Fabrik









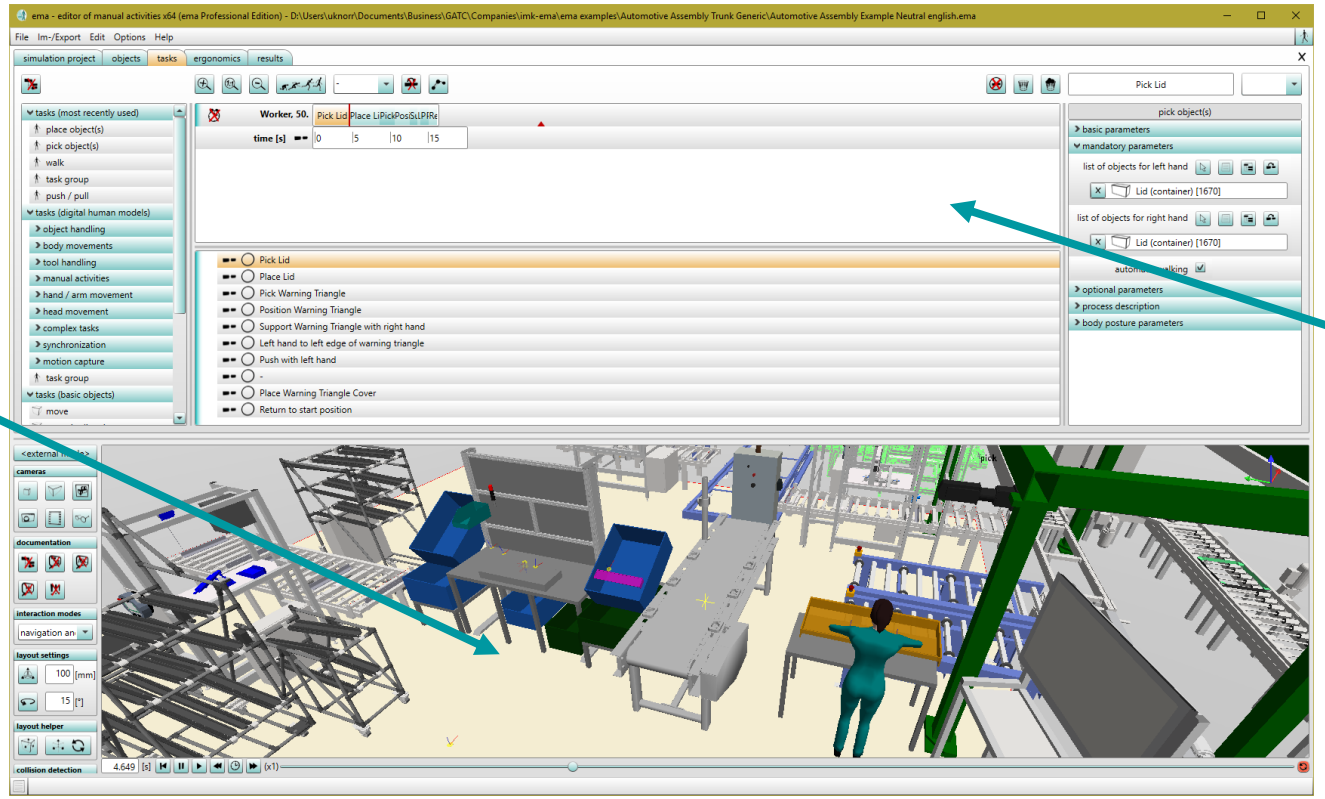
ema – Visuelles Industrial Engineering & Ergonomie

Produkt
CATIA, NX, AutoCAD, …

Layout
AutoCAD, HLS, …

Betriebsmittel, Roboter, Werkzeuge
CATIA, NX, AutoCAD, …

CAD



Planung/ Industrial Engineering

Zeitwirtschaft, Ergonomie

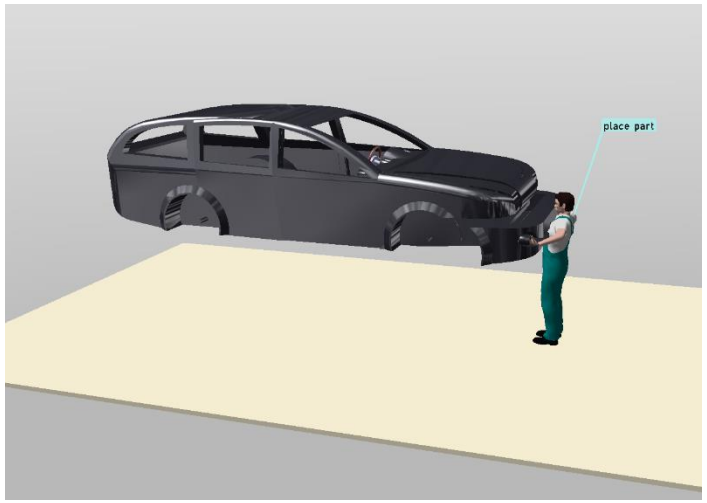
Logistik

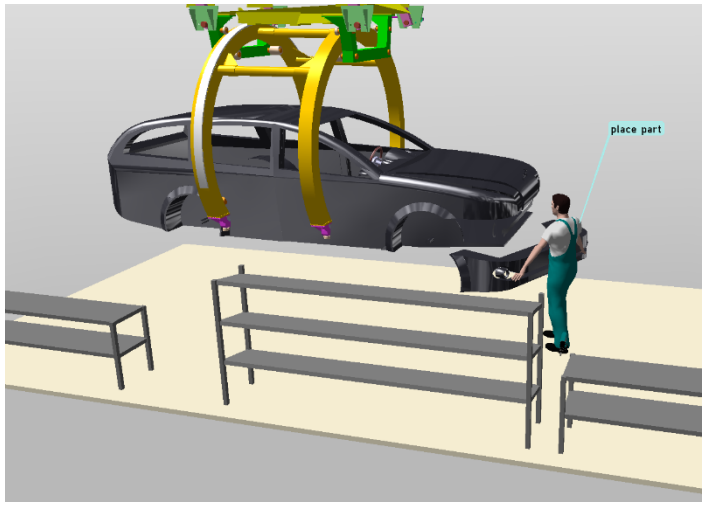
Tabelle

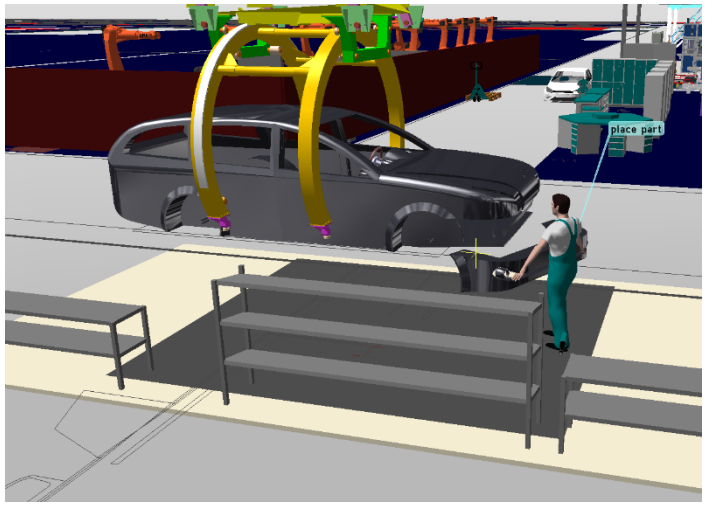
Messbare Ergebnisse direkt aus dem 3D Modell

Durchgängige Digitale Planung und Bewertung als integraler Bestandteil des PEP

Produktdefinition | Produktentstehung | Serienvorbereitung | SOP | Serie





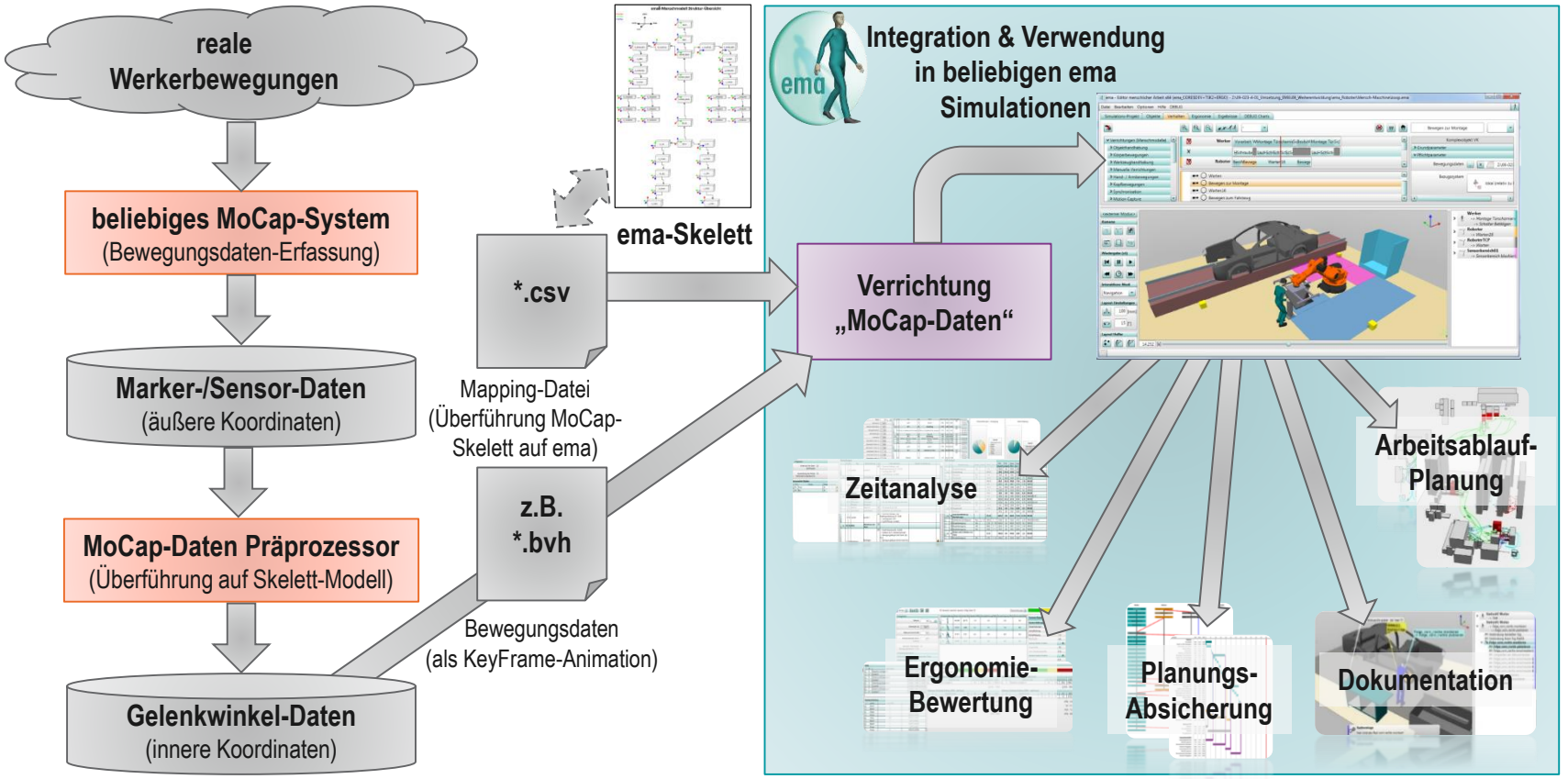


Konzept
Digitales EHPV & Bauteilergonomie

Planung
Digitale Arbeitsplatzgestaltung & Virtuelle Workshops

Serie
Digitales KVP-Management & Arbeitsunterweisung

Integration von Motion Capturing in ema – Verarbeitungsprozess

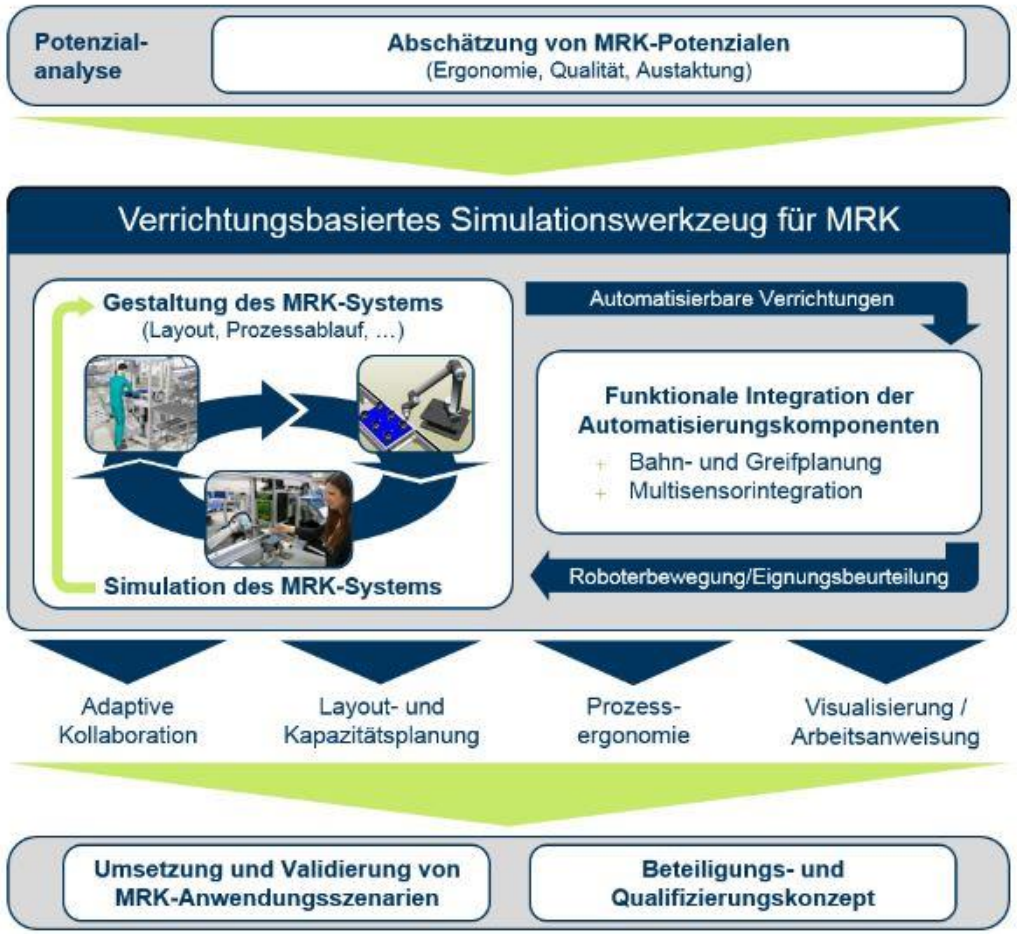


Derzeitiger Funktionsumfang:

- **Skalierung** der Bewegungsdauer auf Vorgabe- / Normzeit
- **Beschneiden** des MoCap-Clips durch Angabe **Start-/Endzeit**
- **Synchronisation** auf MoCap-Aufnahme-Koordinatensystem
- **Schwerkraft-Funktion** zur Anpassung an Boden
- **Nahtlose Kombination** mit beliebigen anderen Verrichtungen
- korrekte **Ergonomie-Bewertung** (v.a. Körperhaltungen)

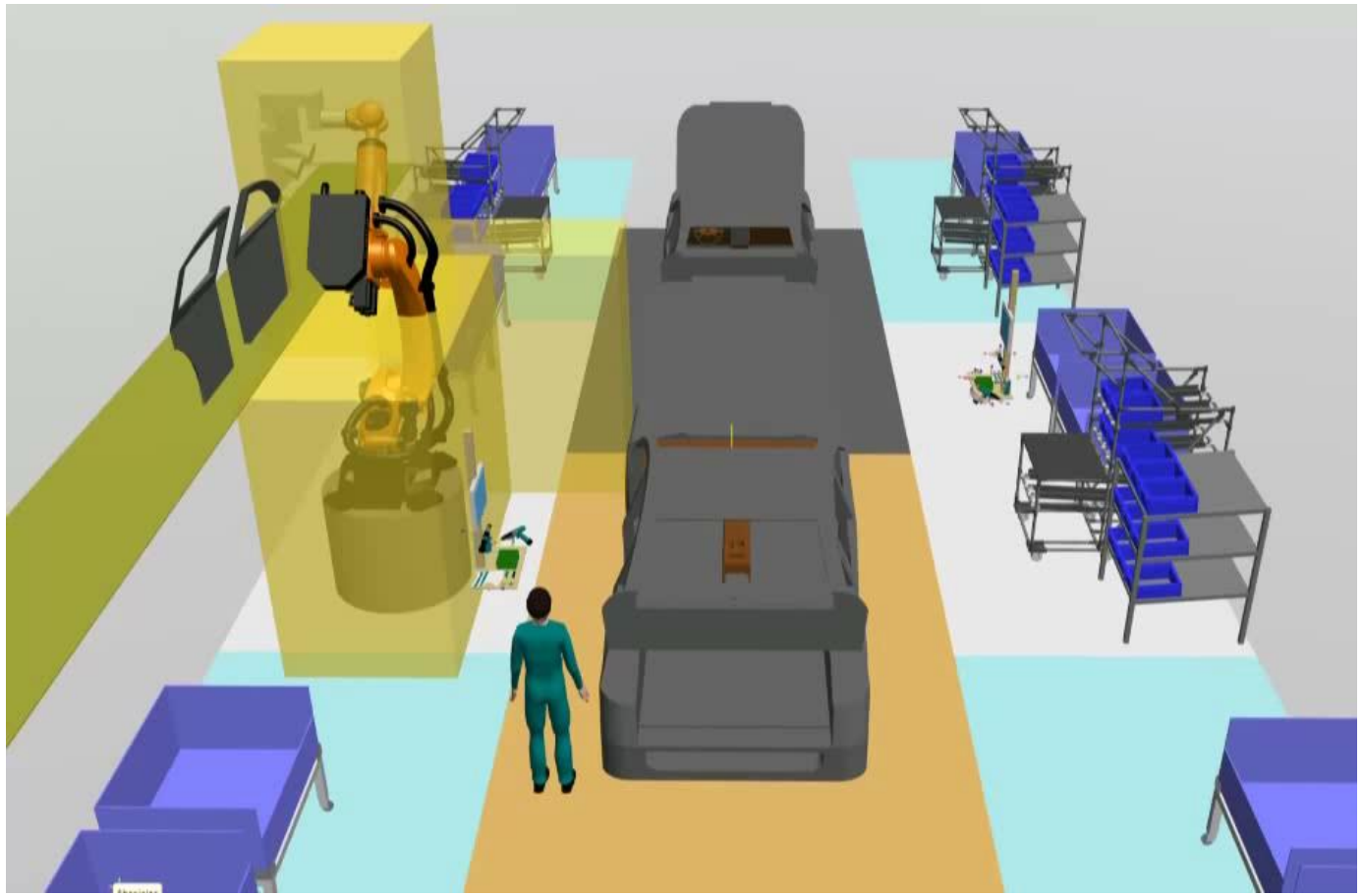
1. Kurzvorstellung imk
2. Wirtschaftliche Effekte ergonomischer Arbeitsgestaltung
3. Digitalisierung von IE und Planung
4. **Neue Assistenzsysteme: MRK und Exoskelette**
5. Demographie und alternsgerechte Arbeitsgestaltung
6. Schlussfolgerung

BMBF-Projekt KOMPI – Verrichtungsbasierte, digitale Planung kollaborativer Montagesysteme



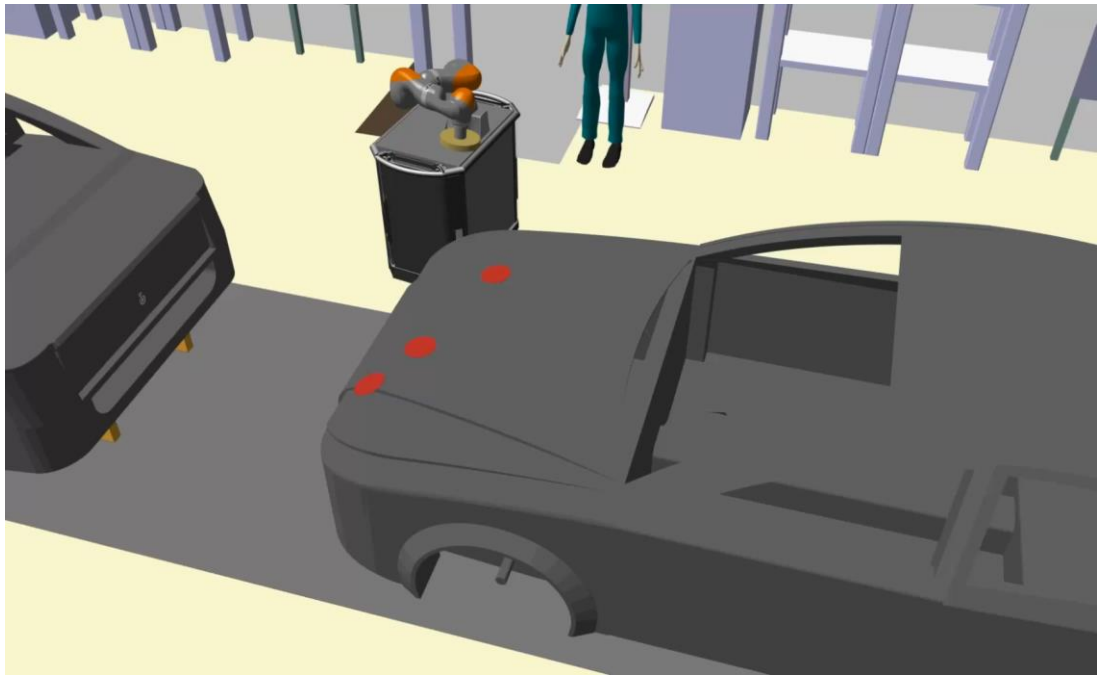
- Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktionssysteme
- Technische Universität Dortmund, Institut für Produktionssysteme
- imk automotive GmbH
- ISRA Vision AG
- Boll Automation GmbH
- cognitas Gesellschaft für Technik-Dokumentation mbH
- Albrecht Jung GmbH & Co. KG
- Leopold KOSTAL GmbH & Co. KG
- Karl Dungs GmbH & Co. KG

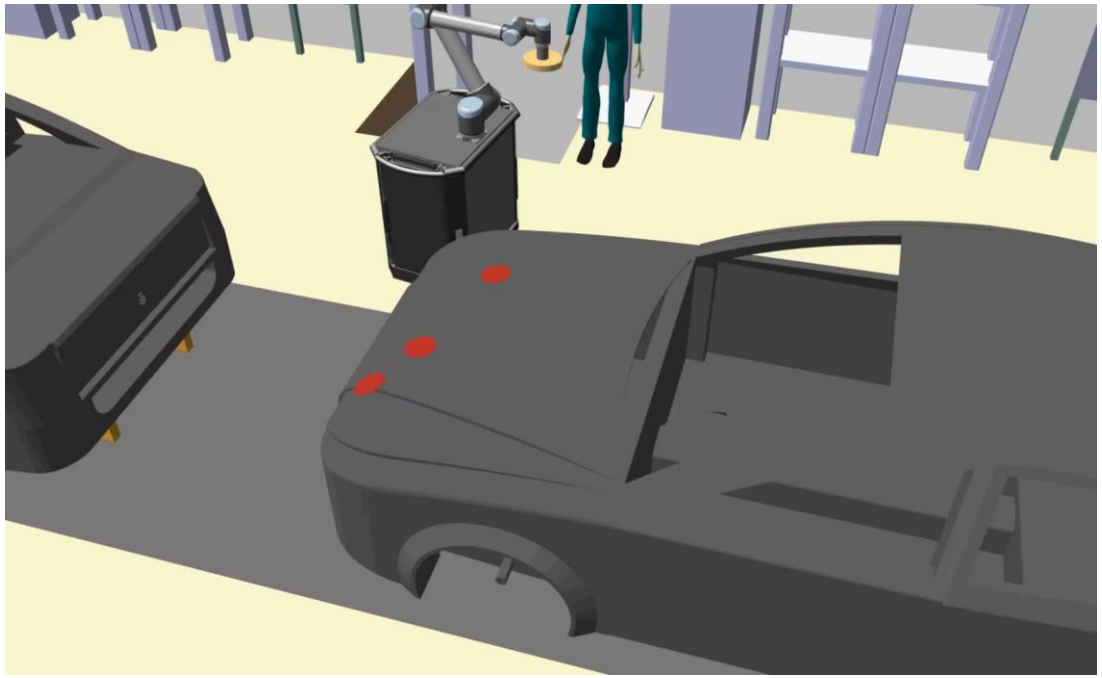
Planung und simulative Absicherung von Mensch-Roboter-Kollaboration



Entscheidende Vorteile:

- **valide Daten** für menschliche Arbeit (Fertigungszeit und Ergonomie)
- **valide Daten** für Roboter-Arbeit (Geschwindigkeit und Erreichbarkeit)
- **systematische Arbeitsteilung** und optimale Synchronisierung von Mensch und Roboter
- **integrierter Sicherheitscheck,** z.B. durch Berechnung und Bewertung von Kollisionen
- **virtuelle Machbarkeitsanalyse** ohne teure Laborversuche und Pilotaufbauten
- **Visualisierung** als gemeinsame Sprache für alle Beteiligten zur Lösungsfindung
- **Zeitersparnis und Kostenersparnis** durch schnelle Simulation und valide Ergebnisse

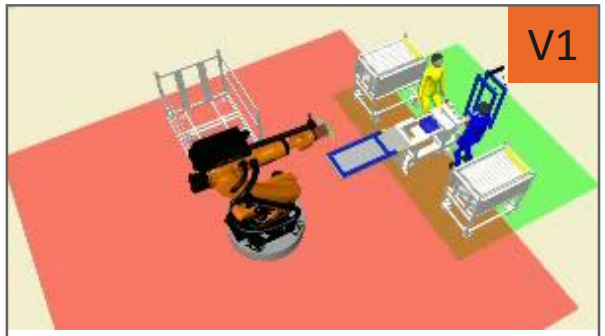




Variante A	Roboter: KUKA iiwa 7 r800
Erreichbarkeit	ca. 50% der Oberfläche FKL ⚠
Taktzeit-Kompatibilität	bis zu 5 Oberflächenfehler ✓
Gewichte	22,3 kg (extra: bis zu 300kg Peripherie)
Ergonomie (EAWS 1.3.3)	Ausführbed. Ziehen + Schieben (2 - 33 Pkt.)
Kostenschätzung	110 k€ (ohne Peripherie)

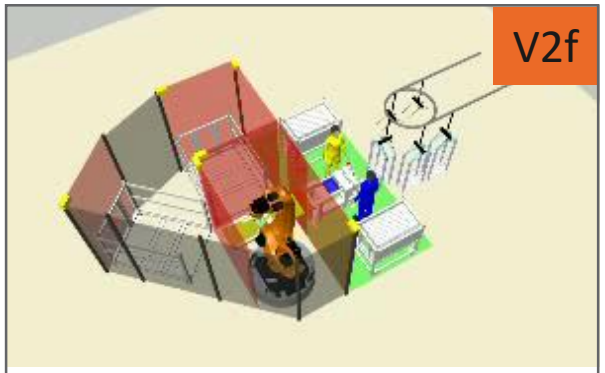
Variante B	Roboter UR 10
Erreichbarkeit	100% der Oberfläche FKL
Taktzeit-Kompatibilität	bis zu 5 Oberflächenfehler ✓
Gewichte	22,3 kg (extra: bis zu 300kg Peripherie)
Ergonomie (EAWS 1.3.3)	Ausführbed. Ziehen + Schieben (2 - 33 Pkt.)
Kostenschätzung	28 k€ (ohne Peripherie)

Umsetzungsbeispiel: Virtueller Planungsprozess unter Einbindung der Mitarbeiter



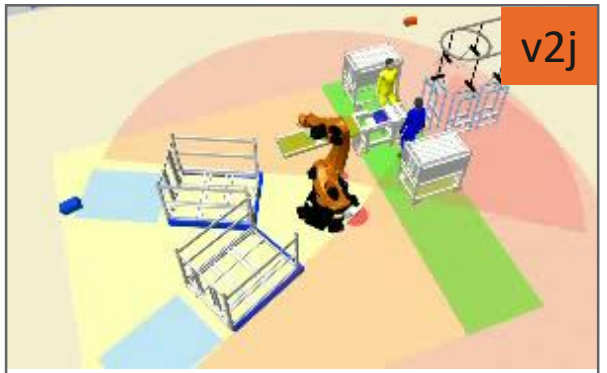
erster Entwurf
- ein Ladungsträger
- mittige Roboteraufstellung

alternativer Roboter
- an der Decke montiert
- KR 20-3



verbessertes Layout
- Lichtvorhänge
- Ladungsträgeraufstellung Typ A

optimiertes Layout
- KR 120
- Sicherheitsausrüstung



alternative Layoutvariante
ohne Roboterpodest

Umsetzungsbeispiel: Realisierte MRK-Station vorher/nachher

Taktzeit: 30 s

Ergonomie (EAWS):
52 Punkte – roter Arbeitsplatz

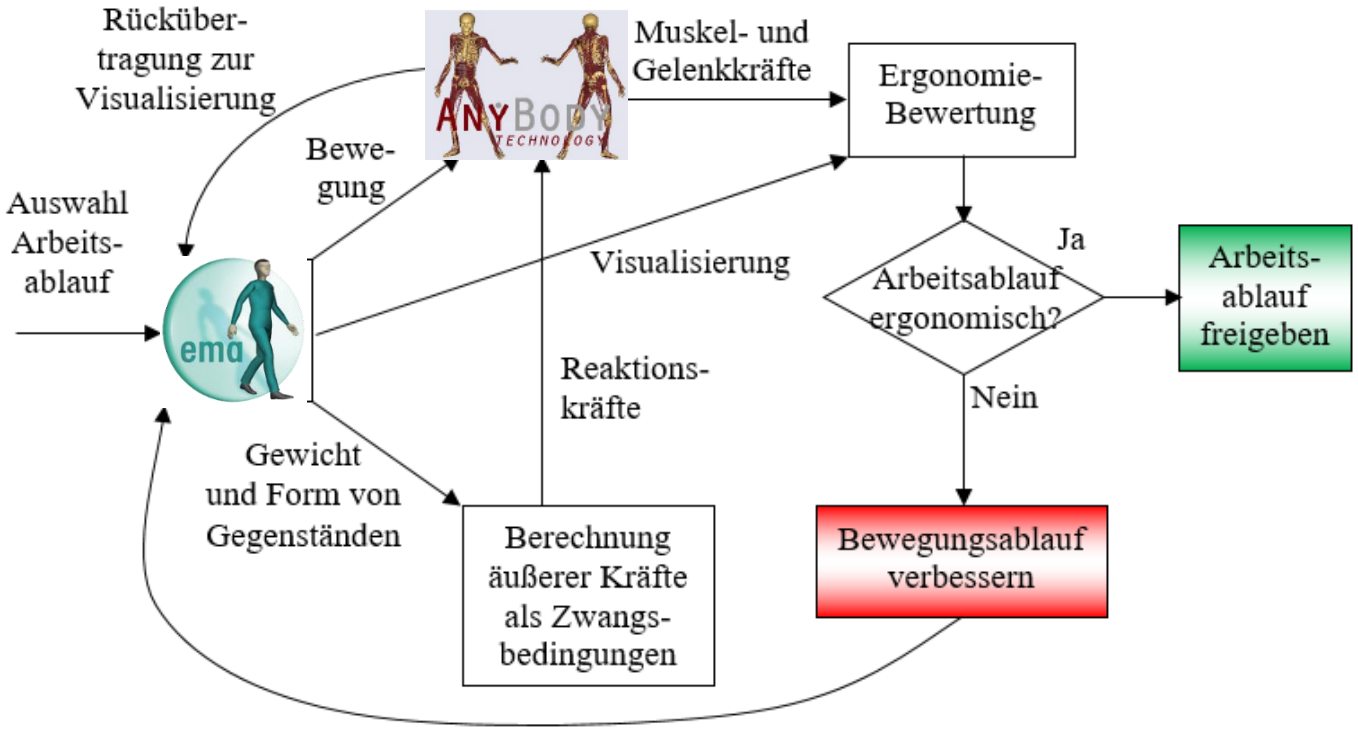
Prozess / Logistik:
bei jedem Behälterwechsel Produktionsstillstand (Platzmangel)

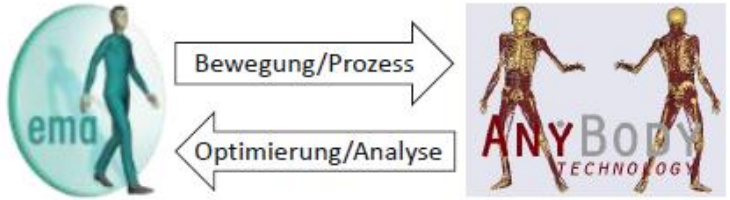
Taktzeit: 20 s (Zielzustand) → **Produktivitätserhöhung +33%**

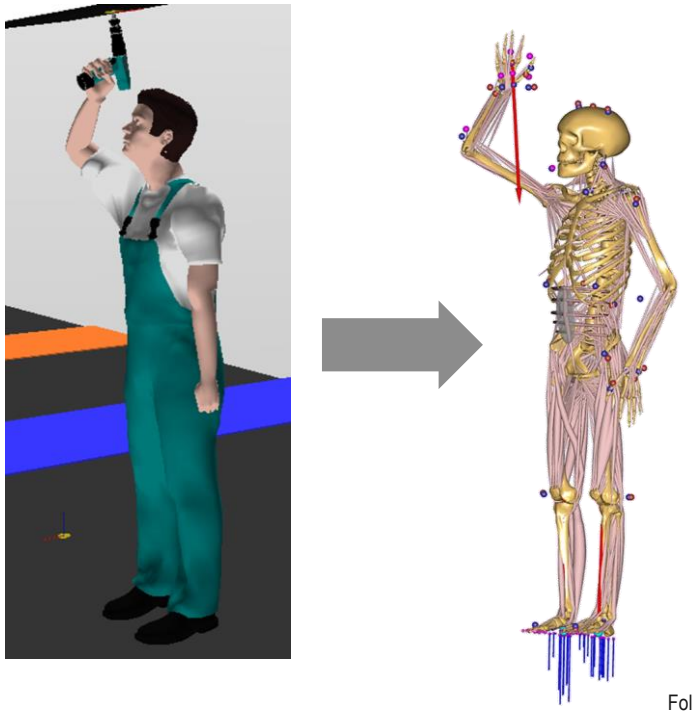
Ergonomie (EAWS):
35 Punkte – gelber Arbeitsplatz → **Belastungsreduktion –33%**

Prozess / Logistik:
unterbrechungsfreie Produktion durch Zwei-Behälterprinzip

„ema2AnyBody“ – Kopplung von ema und AnyBody zur biomechanischen Bewegungsanalyse







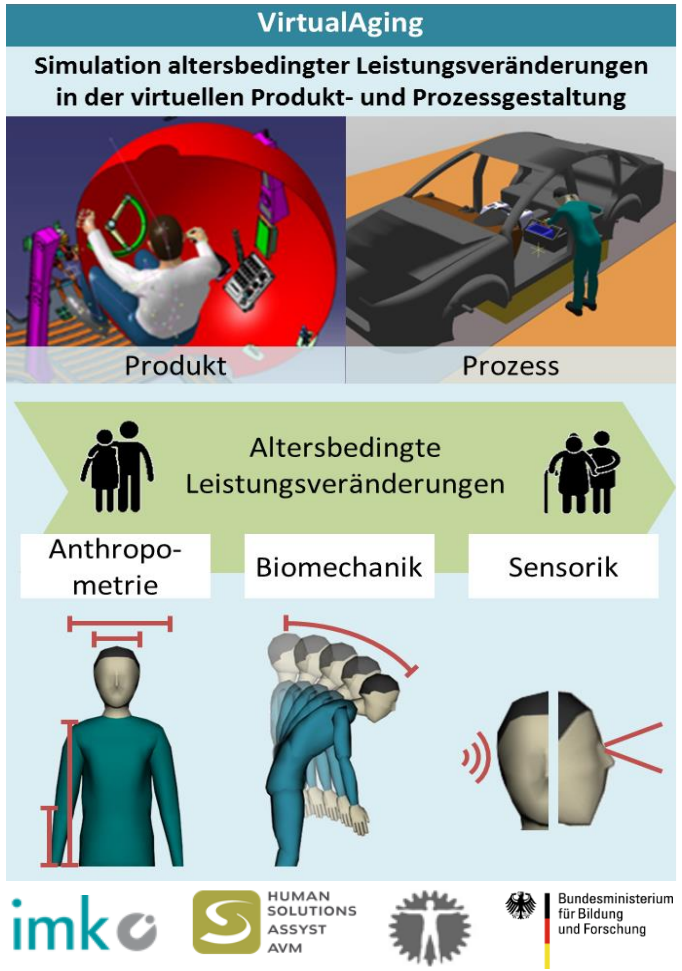
PAEXO von Ottobock – Zur Unterstützung von Überkopf-Arbeit

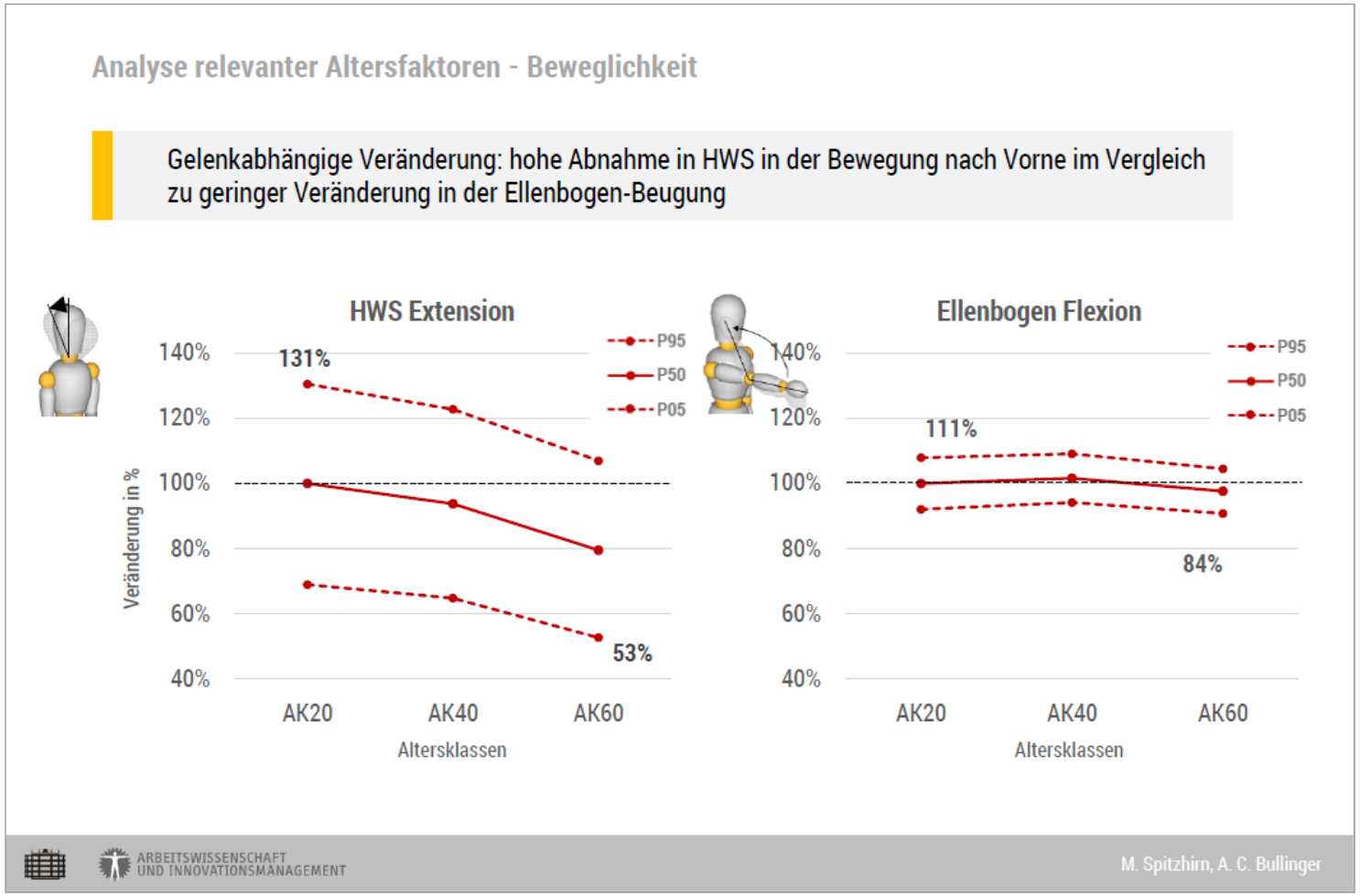
- Entlastung bei Überkopfarbeiten
- +8 h Tragezeit; Anziehen < 30 s
- Geeignet für getaktete Fertigungsprozesse
- Individuell anpassbar, für Frauen und Männer

ottobock.

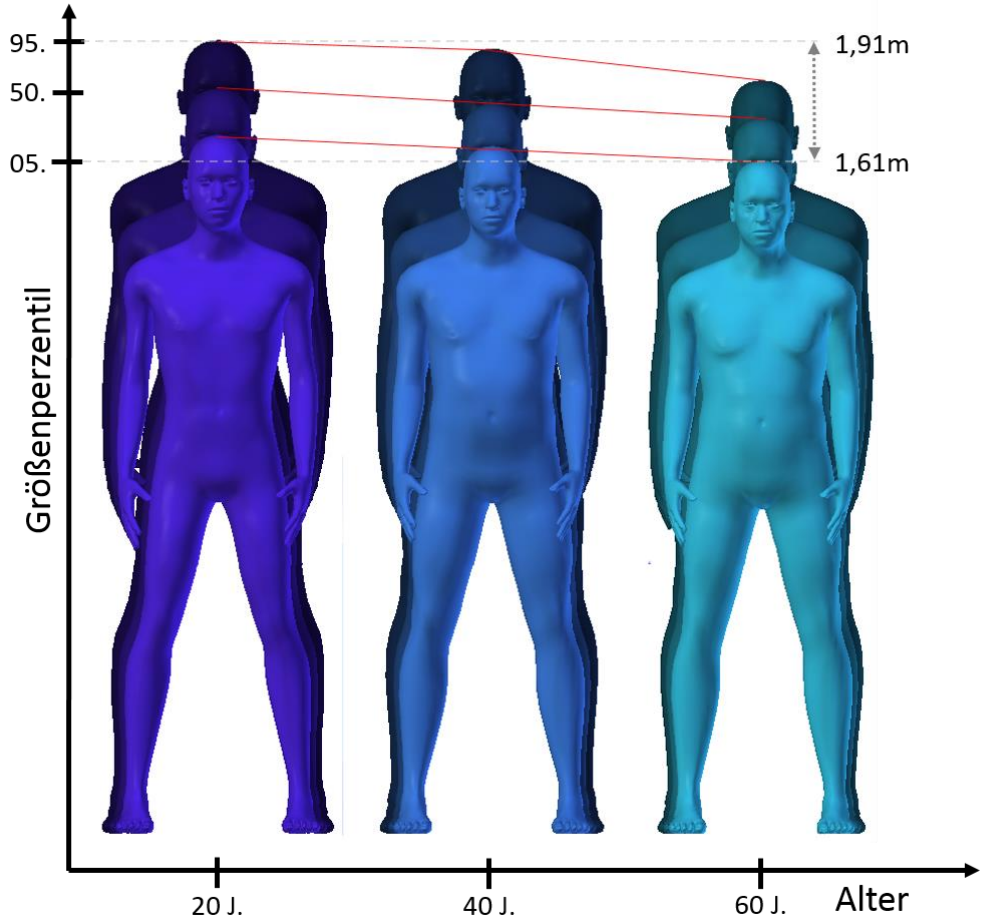
1. Kurzvorstellung imk
2. Wirtschaftliche Effekte ergonomischer Arbeitsgestaltung
3. Digitalisierung von IE und Planung
4. Neue Assistenzsysteme: MRK und Exoskelette
5. **Demographie und alternsgerechte Arbeitsgestaltung**
6. Schlussfolgerung

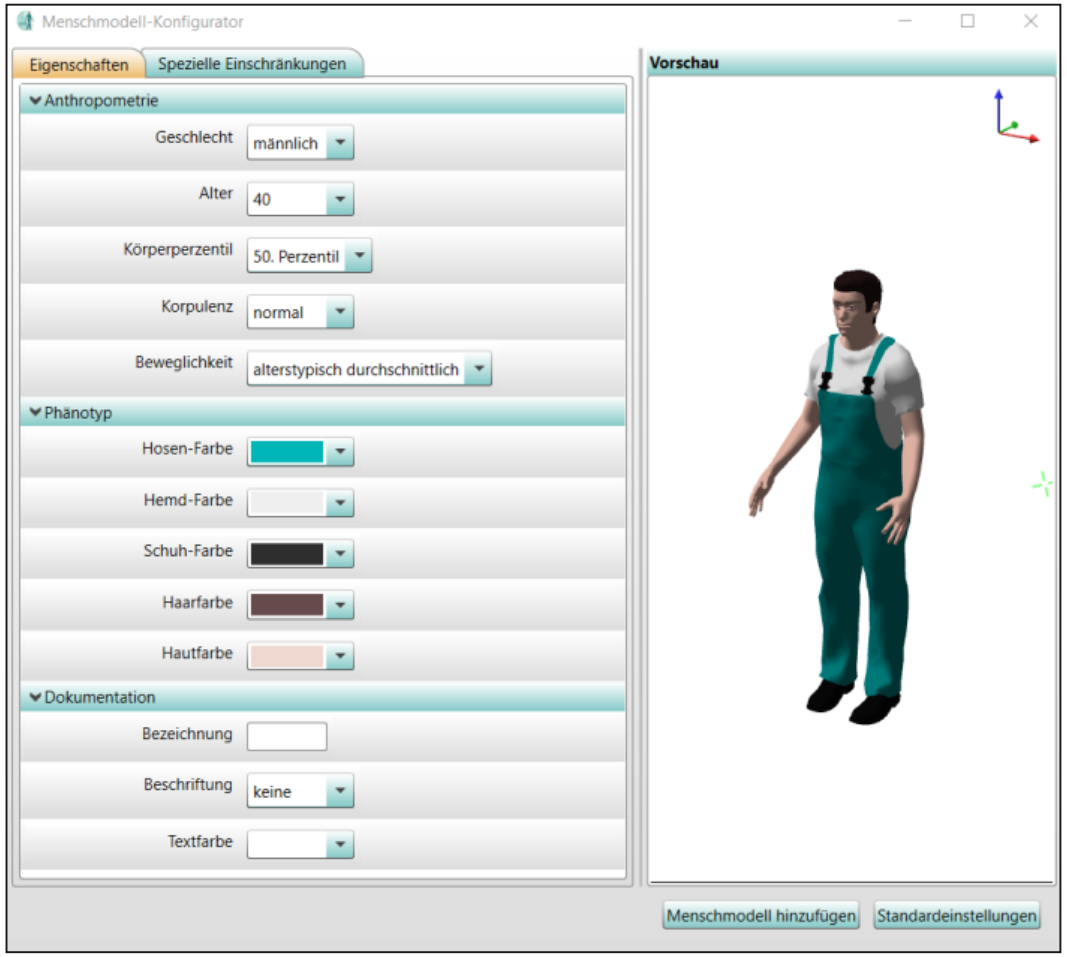
„VirtualAging“ – Simulation altersbedingter Leistungsveränderungen zur Arbeits- und Produktgestaltung



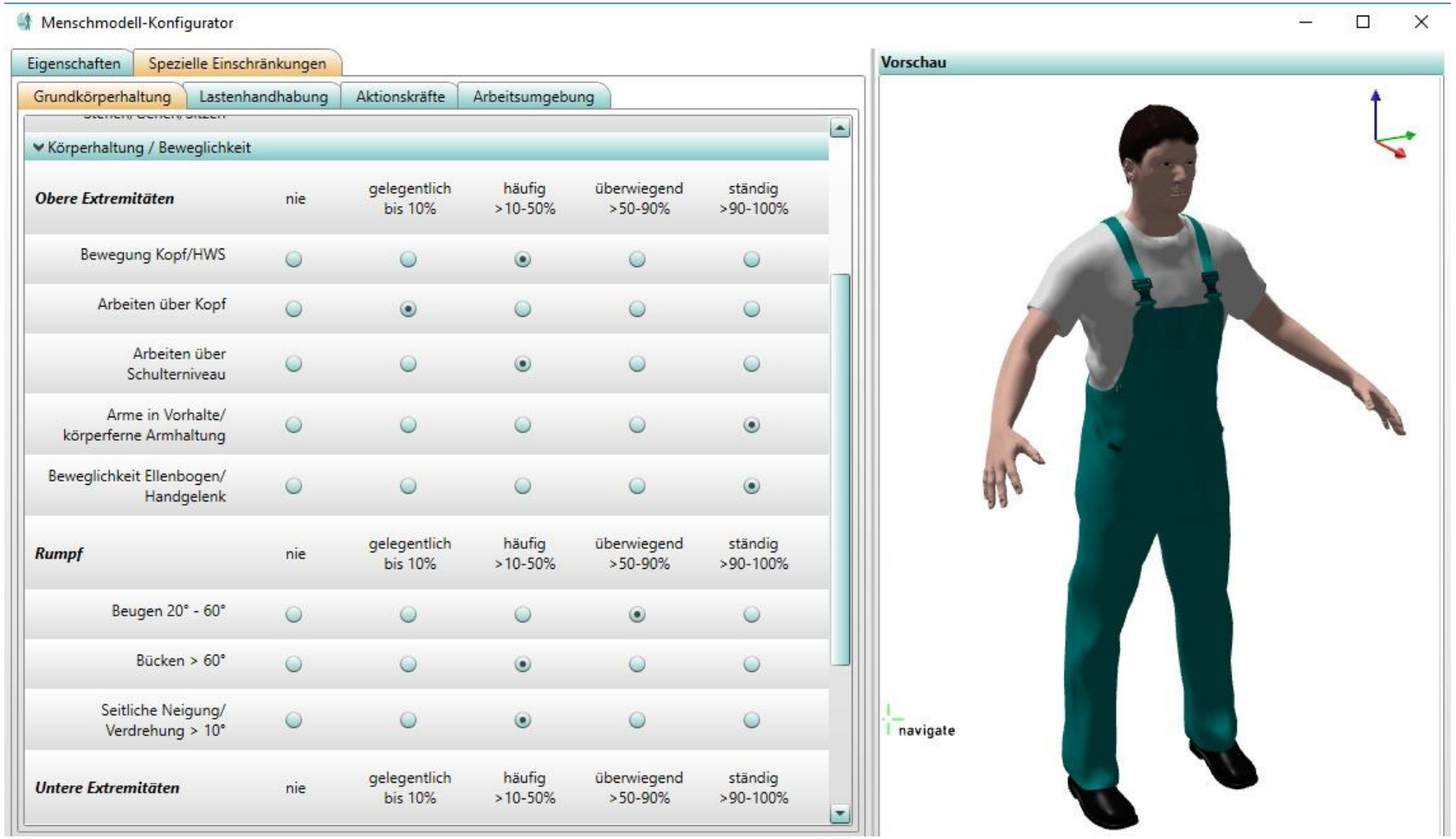


Erweitertes Werkermodell – 1. Anthropometrie und Biomechanik

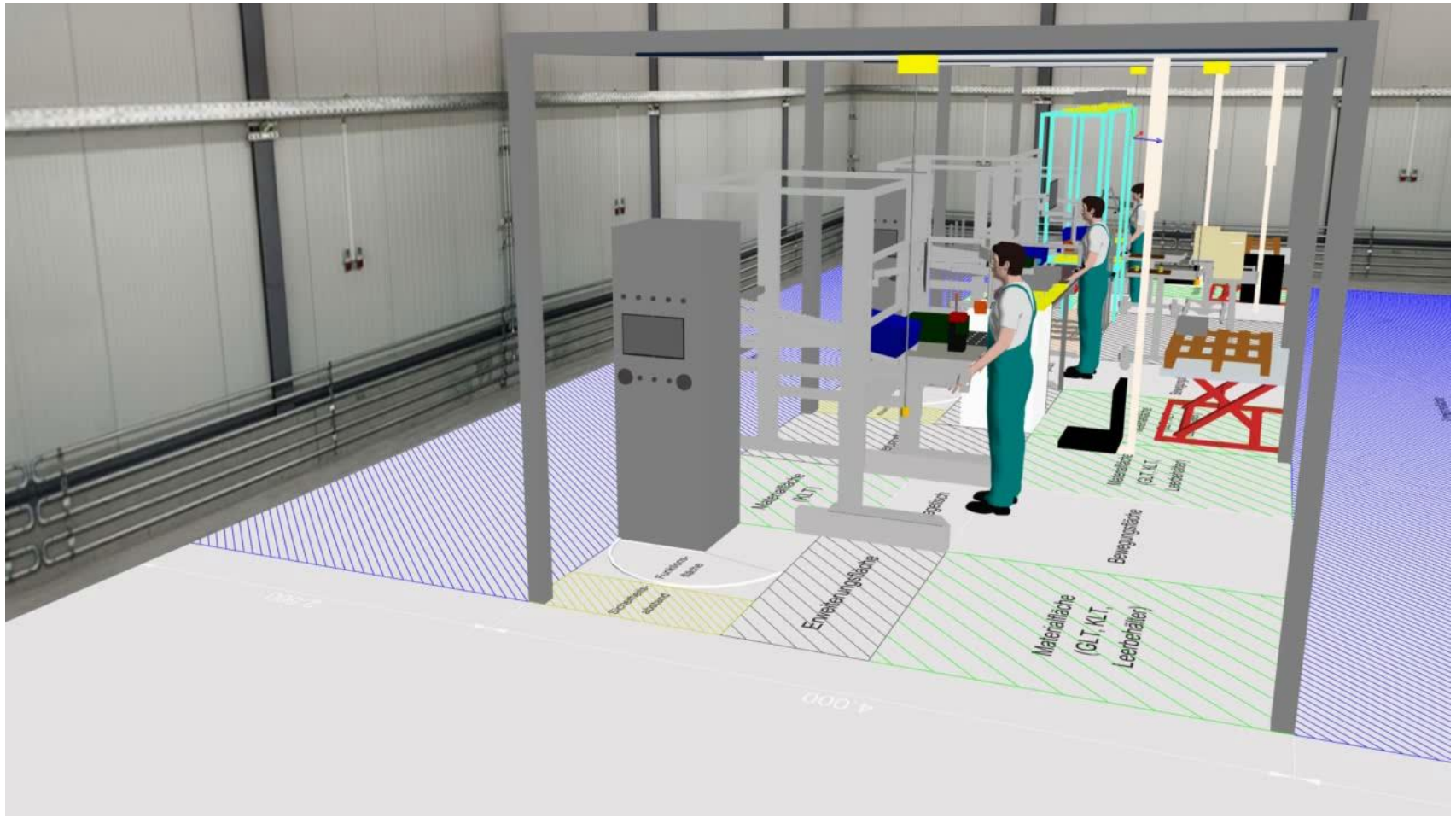




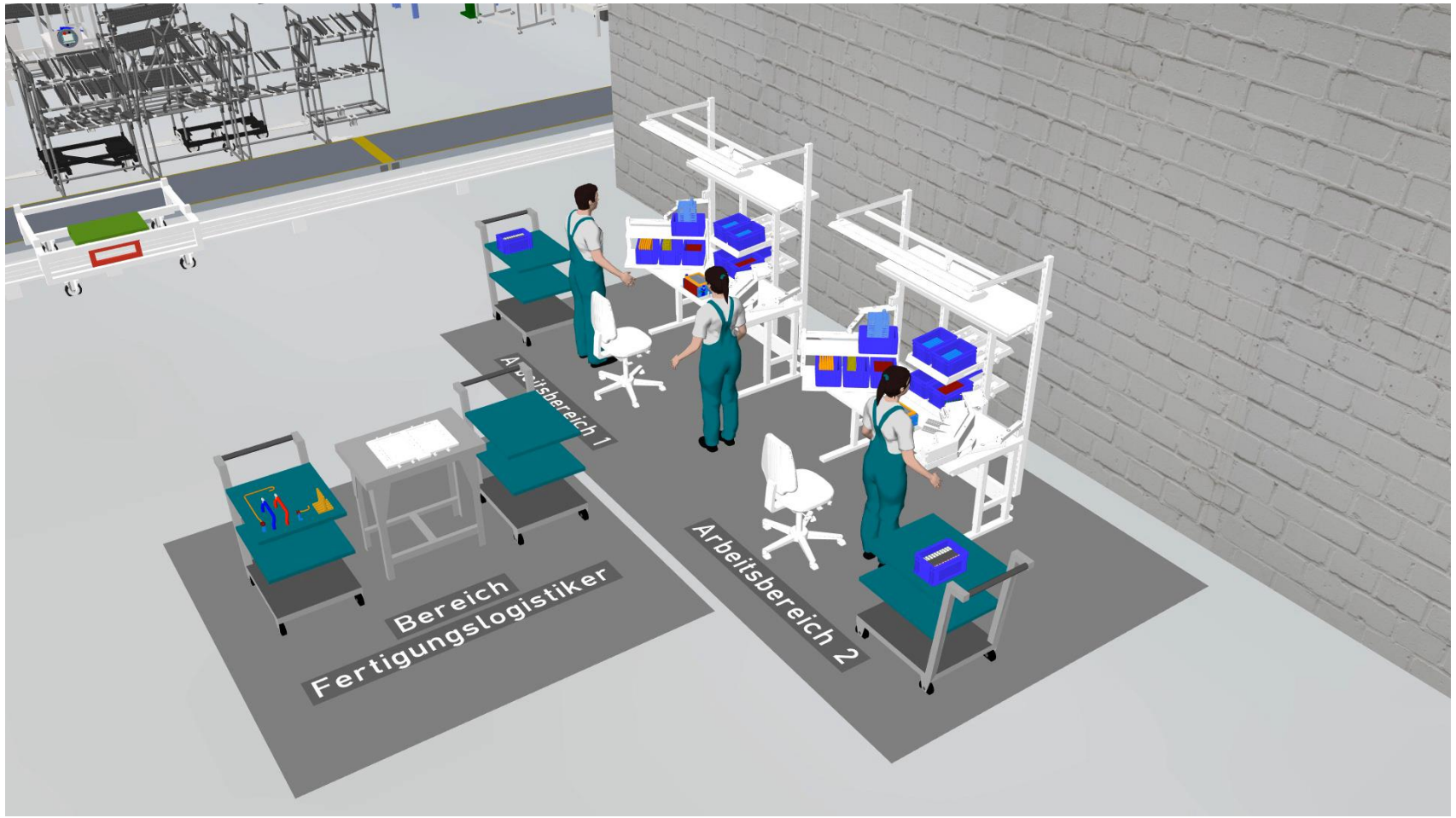
Erweitertes Werkermodell – 2. Spezielle Einschränkungen („Leistungsgewandelte Mitarbeiter“)



Fähigkeitsgerechte Arbeitsplatzgestaltung: Einsatz älterer und leistungsgewandelter Mitarbeiter



Planung und Gestaltung von Sitzarbeitsplätzen und Materialbereitstellung



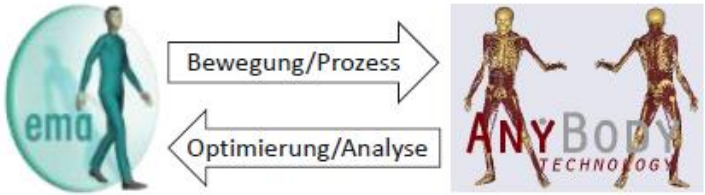
1. Kurzvorstellung imk
2. Wirtschaftliche Effekte ergonomischer Arbeitsgestaltung
3. Digitalisierung von IE und Planung
4. Neue Assistenzsysteme: MRK und Exoskelette
5. Demographie und alternsgerechte Arbeitsgestaltung
6. **Schlussfolgerung**

Herausforderungen für die „Ergonomie 4.0“ mit Innovation und „Teamwork“ bewältigen

„Die reinste Form des Wahnsinns ist es, alles beim Alten zu lassen und gleichzeitig zu hoffen, dass sich etwas ändert.“ A. Einstein

KOMPI

Virtual Aging



imk ERGONOMIE

Ergonomie

Kontakt
Prof. Dr. Lars Fritzsche
Fachbereichsleiter Ergonomie
Mobil: +49 (0)162 250 03 47
lars.fritzsche@imk-automotive.de
www.imk-automotive.de

Honorarprofessur
„Ergonomie und betriebliches Gesundheitsmanagement“
Institut für Arbeits-, Organisations- und Sozialpsychologie
Technische Universität Dresden