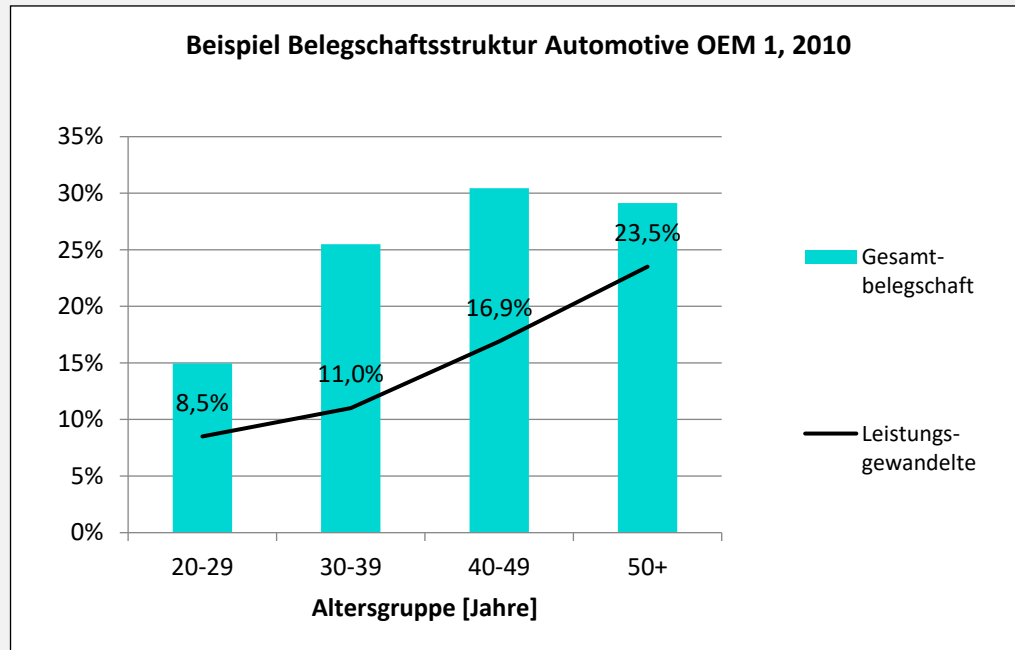


Prospektive und fähigkeitsgerechte Gestaltung von Arbeitsprozessen mittels 3D-Simulation

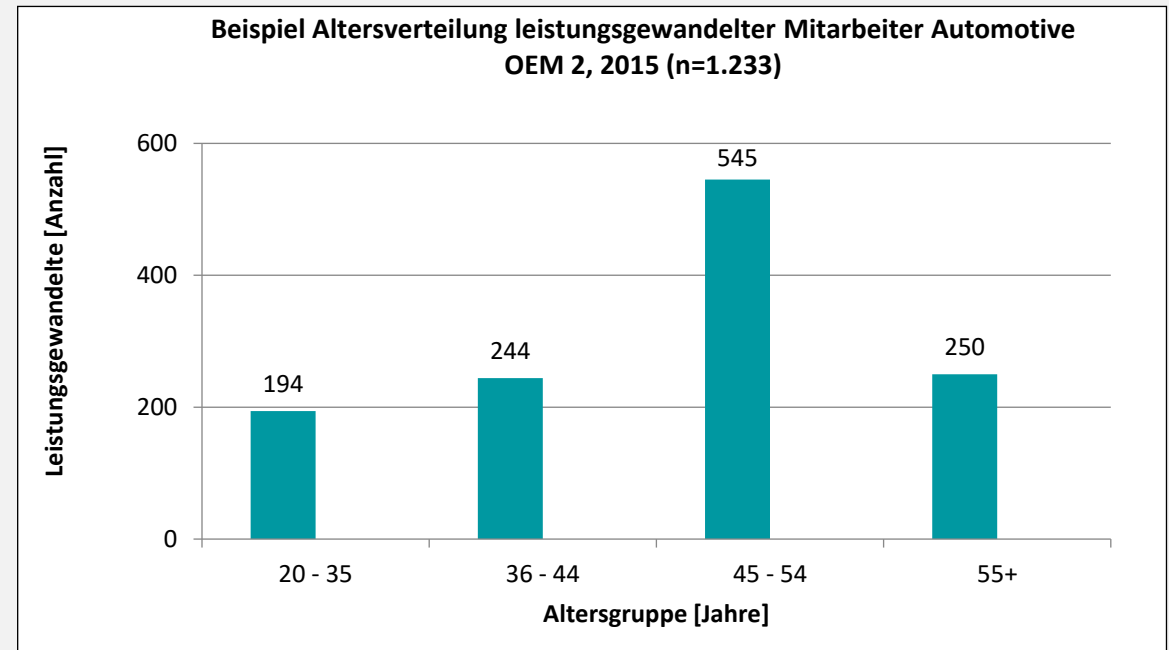
GfA-Herbstkonferenz 2022

23.09.2022

Wieso wird fähigkeitsgerechte Arbeitsgestaltung immer wichtiger?



Quelle: eigene Darstellung, nach Keskin & Stork, 2010.



Quelle: eigene Darstellung nach Scheller et al., 2015.

- Steigender Anteil mit dem Alter, **aber auch jüngere** Arbeitnehmer/-innen können Leistungseinschränkungen aufweisen
- Einschränkungen sind **vielfältig** und treten **häufig in Kombinationen** auf (Reinhart & Egbers 2012)
- ➔ **Einsatz** als Hilfskraft und/oder **Verlust an Produktivität** (Menges, 1998; Alvania et al., 2009; Brauer & Korge, 2009)
- ➔ **Korrektive Einzellösungen**, systematische Einbeziehung in der frühen Planungsphase **unzureichend** (Kocka & Staudinger, 2009; Egbers, 2014)

Ältere Mitarbeiter/-innen sind Personen...

... mit einem Lebensalter **von 50** (ILO, Bundesagentur für Arbeit) bzw. **55 Jahren** (WHO, Statistisches Bundesamt)

... deren Leistungsfähigkeiten starken **individuellen Schwankungen** unterliegen

- **Abnahme** der körperlichen Leistungsfähigkeit (Beweglichkeit, Maximalkraft, Sehen, Hören)
- Aber: **Stabilisierung**, teilweise Zunahme der geistigen Leistungsfähigkeiten (kristalline Intelligenz) insb. Erfahrungswissen

Leistungsgewandelte Mitarbeiter/-innen sind Personen...

... welche **irreversible physische** und/oder **psychische** Einschränkungen der Leistungsfähigkeit aufweisen

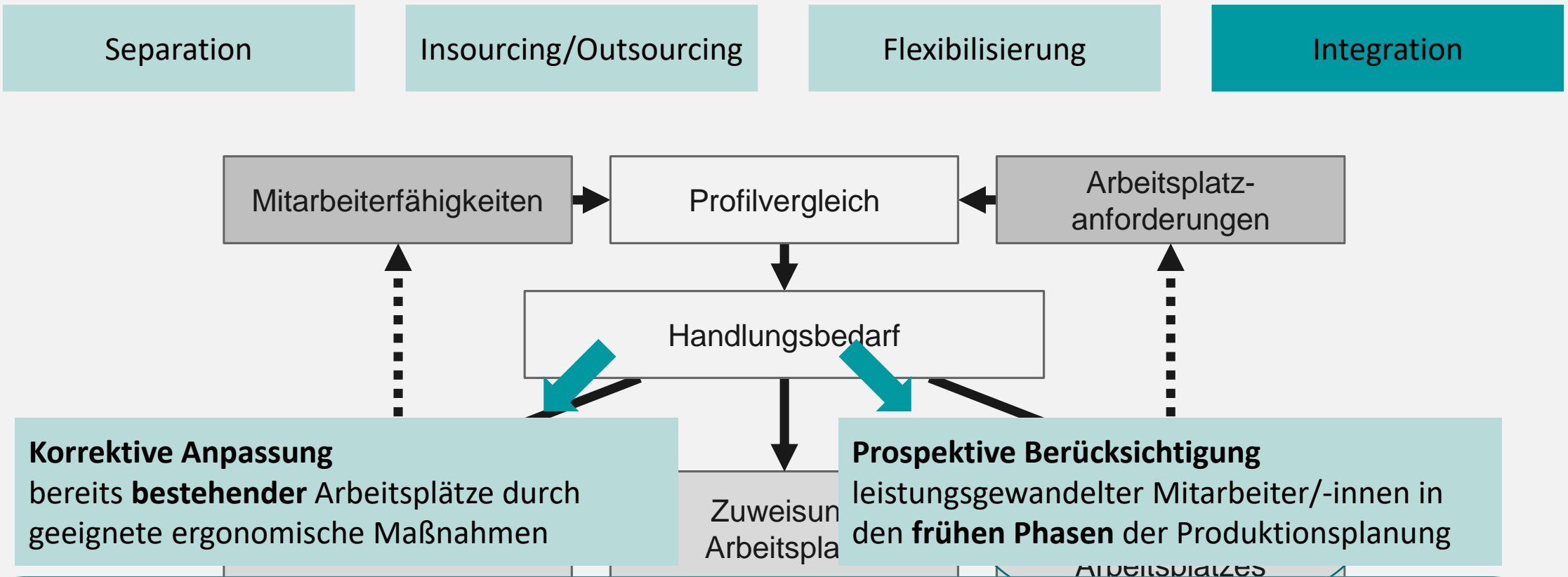
... die ihre aktuelle Arbeitstätigkeit **temporär oder langfristig** nicht mehr vollständig ausführen können

... deren Einschränkungen vom Betriebsarzt **attestiert** sind

(Rudow, 2011)

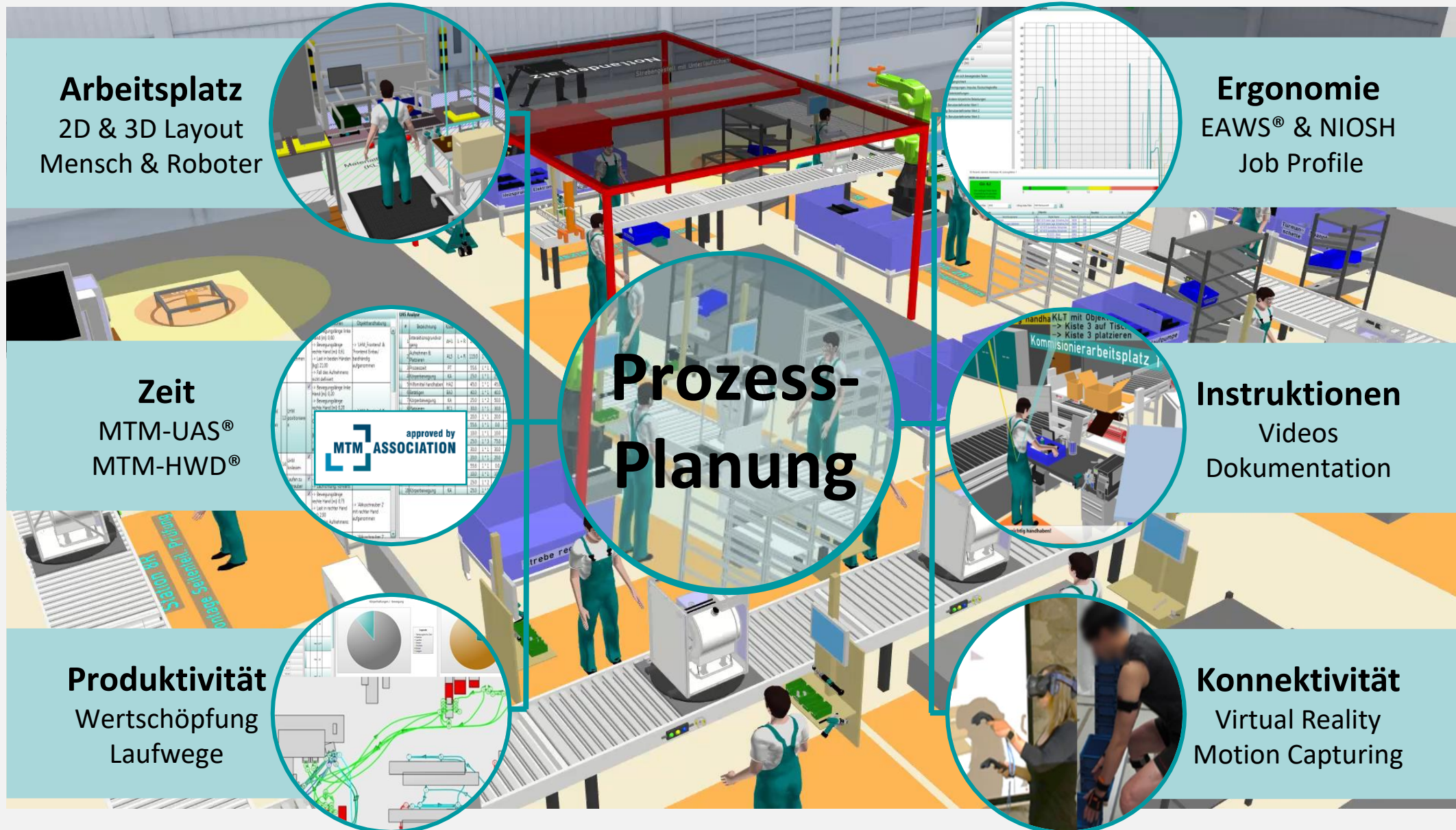
Aber: Leistungsgewandelte entsprechen nicht zwangsläufig Mitarbeitern/-innen mit Schwerbehinderung nach SGB IX §2!

Wie können leistungsgewandelte Mitarbeiter/-innen (wieder) eingesetzt werden?



Unterstützung durch digitale Menschmodelle und Simulationssoftware

Quelle: eigene Darstellung in Anlehnung an Wieland (1995) und Adenauer (2004).



Wie kann der ema Work Designer die Planung fähigkeitsgerechter Arbeitsplätze unterstützen?

Ausführbarkeit

- Arbeitsprozesse können durch den **Großteil der Mitarbeiter/-innen** ausgeführt werden
 - Menschmodell-Konfigurator**
 - 5./50./95. Körperhöhenperzentil männlich/weiblich (ab ema 2.2.: individuell)
 - Verschiedene Populationen** (Dtl., USA, China, Japan, Mexiko)
 - Altersklassen** 20/40/60 Jahre mit alterstypischer & eingeschränkter Beweglichkeit
 - Überprüfung der **Greifräume** (nach DIN EN ISO 14738)







Erträglichkeit

- Automatisch generierte Ergonomiebewertung mit **EAWS®** bzw. **NIOSH Lifting Index**



Profilvergleich bzw. Job Match

- Automatische Erstellung von **Arbeitsplatzanforderungsprofilen**

Arbeitsplatzanforderungsprofil								
Bereich	Taktzeit [s]				Analyst			
	60,00							
Arbeitsplatz					Datum			
Takt Reserverad					08.09.2020			
Kategorie	Zeile	Anforderung	Zeitanteil pro Takt / Arbeitstag (8h)					
			nie	gelegentlich bis 10%	häufig >10-50%	überwiegend >50-90%	ständig >90-100%	
Grundkörperstellung	1a	 Stehen / Gehen im Wechsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	1b	 Stehen (Bewegungsraum < 1,5m²)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	2	 dauerhaftes Arbeiten im Sitzen (Dauer ≥ 25%)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	3	 Wechselnde Körperstellung Stehen / Gehen / Sitzen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

- Datengrundlage bilden bestehende **Bewertungsverfahren** (u.a. IMBA, EAWS), **Normen** (u.a. DIN/ISO), **Richtlinien** (u.a. ASR) sowie Expertenfeedback aus dem Bereich Ergonomie/Arbeitssicherheit der Automobil-, Zulieferer- und Flugzeugindustrie
- **57 positiv formulierte** physische und arbeitsorganisatorische **Kriterien** zur Einordnung von Beschäftigten und Arbeitsplätzen zur Nutzung als Pen&Paper-Methode sowie implementiert in ema Work Designer (Ullmann, 2021)

Arbeitsplatzanforderungsprofil

Bereich

Zustand

Arbeitsplatz

Arbeitsplatz

Zustand

Kategorie	Zeile	Anforderung	nie	gelegentlich 10-25%	häufig 26-50%	überwiegend 51-75%	ständig 76-100%
Grundkörperstellung	1a	Stehen/Gehen im Wechsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1b	Stehen (Bewegungsraum < 1,5 m²)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beweglichkeit	2	dauerhaftes Arbeiten im Sitzen (Dauer ≥ 25 %)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Wechselnde Körperstellung Stehen/Gehen/Sitzen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	4	Beweglichkeit Kopf/Halswirbelsäule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obere Extremitäten	5	Arbeiten über Kopf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	Arbeiten auf/über Schulterniveau	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rumpf	7	Beugen 20° - 60°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8	Seitliche Neigung/Verdrehung > 20°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Untere Extremitäten	9	Knien/Hocken	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	10	Steigen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lastenhandhabung	11	Heben/Halten/Tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	12	Ziehen/Schieben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Aktionskräfte

















Vibrationen

Sensorik

Arbeitsorganisation

Arbeitsumgebung

Bemerkungen

Kategorie	#	Zeile	Anforderung	Zeitanteil pro Takt/Arbeitsstag (8 h)				
				nie	gelegentlich ≤ 10 %	häufig > 10 - 50 %	überwiegend > 50 - 90 %	ständig > 90 %
Grundkörperstellung	1a		Stehen / Gehen im Wechsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1b		Stehen (Bewegungsraum < 1,5 m²)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2		dauerhaftes Arbeiten im Sitzen (Dauer ≥ 25 %)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3		Wechselnde Körperstellung Stehen/Gehen/Sitzen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Körperhaltung/Beweglichkeit	Obere Extremitäten	4		Beweglichkeit Kopf/Halswirbelsäule	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		5		Arbeiten über Kopf	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		6		Arbeiten auf/über Schulterniveau	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		7		Körperferne Armhaltung > 60 %	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		8		Beweglichkeit Unterarm/Handgelenk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		9		Fingerfertigkeit/Feinmotorik	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Rumpf	10a		Beugen 20° - 60°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		10b		Bücken > 60°	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		10c		Seitliche Neigung/Verdrehung > 20°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Untere Extremitäten	11		Knien/Hocken	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		12		Steigen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		13		Liegen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Quelle: Ullmann, 2021.

ema Work Designer 2.0.3.1 x64 (ema Professional Edition + WPDF|WJT|RSTP|WSTP|WWRL|RSAT|RCT4|RCT5|WCT5|RCT6|RCRE|GLT|WGLT|RIFC|RIGS|RIP|RN|X|R3DM|RRBC|WRBC|RSDE|RSBW|RVDA|RX|T|RFBX|WFBX) - C:\Arbeitsdaten\09_Konferenzen\2022 GfA\Szenario\Montage_Reserverad

Datei Im-/Export Bearbeiten Optionen Hilfe

Simulations-Projekt Objekte Verhalten Ergonomie Ergebnisse

EAWS Werker AK40 mit Erträglichkeitsanzeige 50. Perzentil, männlich, Altersklasse: 40, Leistungsfaktor: 1

NIOSH

APA

Taktzeit 60 s

Simulationszeit [s] 52.59

Takte pro Schicht [#] 440

Nettoarbeitszeit [min/Schicht] 440

Bewegungsbereich [m²] 26,85

Sensorik

Schichtsystem

Taktbindung

Arbeitsumwelt

Arbeitsplatzanforderungsprofil

Körperhaltung Lastenhandhabung Aktionskräfte / Vibrationen Arbeitsumfeld

1a Stehen / Gehen im Wechsel

1b Stehen (Bewegungsraum <1,5m²)

2 dauerhaftes Arbeiten im Sitzen (Dauer ≥25%)

3 Wechselnde Körperhaltung Stehen / Gehen / Sitzen

Obere Extremitäten

4 Beweglichkeit Kopf - Halswirbelsäule

5 Arbeiten über Kopf

Details

Zusammenfassung

Kategorie	Anforderung	bewertete Dauer [%/TZ]	Ø Dauer [%/TZ]	Dauer [%/TZ]	Ø Dauer [s/TZ]	Dauer [s/TZ]
Körperhaltung	Beweglichkeit Kopf - Halswirbelsäule	13.66	13.66	13.66	8.20	8.20

Zwischenwerte

#	Verrichtung	ID	Start [s] Anforderung	Ende [s] Anforderung	antl. Faktor	Ø Dauer [%/TZ]	Dauer [%/TZ]	Ø Dauer [s/TZ]	Dauer [s/TZ]
1	Heckdeckel aufnehmen	44	9.73	9.85	1.00	0.20	0.20	0.12	0.12
2	Heckdeckel öffnen	45	10.20	11.04	1.00	1.41	1.41	0.84	0.84
3	Reserverad platzieren	50	21.51	22.63	1.00	1.87	1.87	1.12	1.12
4	Schraube aufnehmen	52	24.29	25.45	1.00	1.94	1.94	1.16	1.16
5	Wardreieck platzieren	55	28.36	29.90	1.00	1.74	1.74	1.05	1.05
6	Schraube platzieren	57	30.27	32.86	1.00	2.97	2.97	1.78	1.78
7	Verschraubung Reserverad	61	39.04	39.13	1.00	0.15	0.15	0.09	0.09
8	Schrauber ablegen	62	46.19	46.51	1.00	0.54	0.54	0.32	0.32
9	Heckdeckel aufnehmen	64	49.42	50.32	1.00	1.50	1.50	0.90	0.90

<externer Modus>

Ansicht & Interaktion

keine Interakt

Layout

50 [mm]

10 [°]

Benutzeransichten

22.566 [s] (x1)

Ziel: Prospektive Gestaltung von Arbeitsplätzen im Bereich der Montage „Versorgungs kanal“ des Volkswagen ID.3

Gemeinsame Definition der Anforderungen an die Arbeitsgestaltung zum Einsatz von leistungsgewandelten Mitarbeitern/-innen nach „Heat-Map“

Digitale Erstsimulation des Planungsstandes als Bewertungsgrundlage und zur Erkennung von Belastungsschwerpunkten

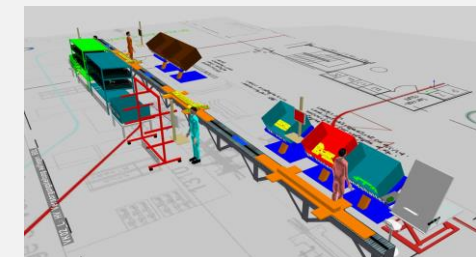
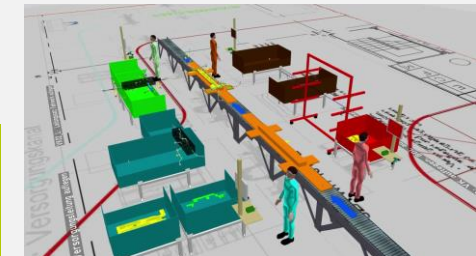


Kontinuierliche Abstimmung mit den Stakeholdern

Virtuelle Abbildung verschiedener Varianten zum Einsatz Leistungsgewandelter unter Berücksichtigung Fertigungszeit, Ergonomie und Flächenbedarf

Finaler Abstimmungsstand und Ableitung der Einsatzpotentiale

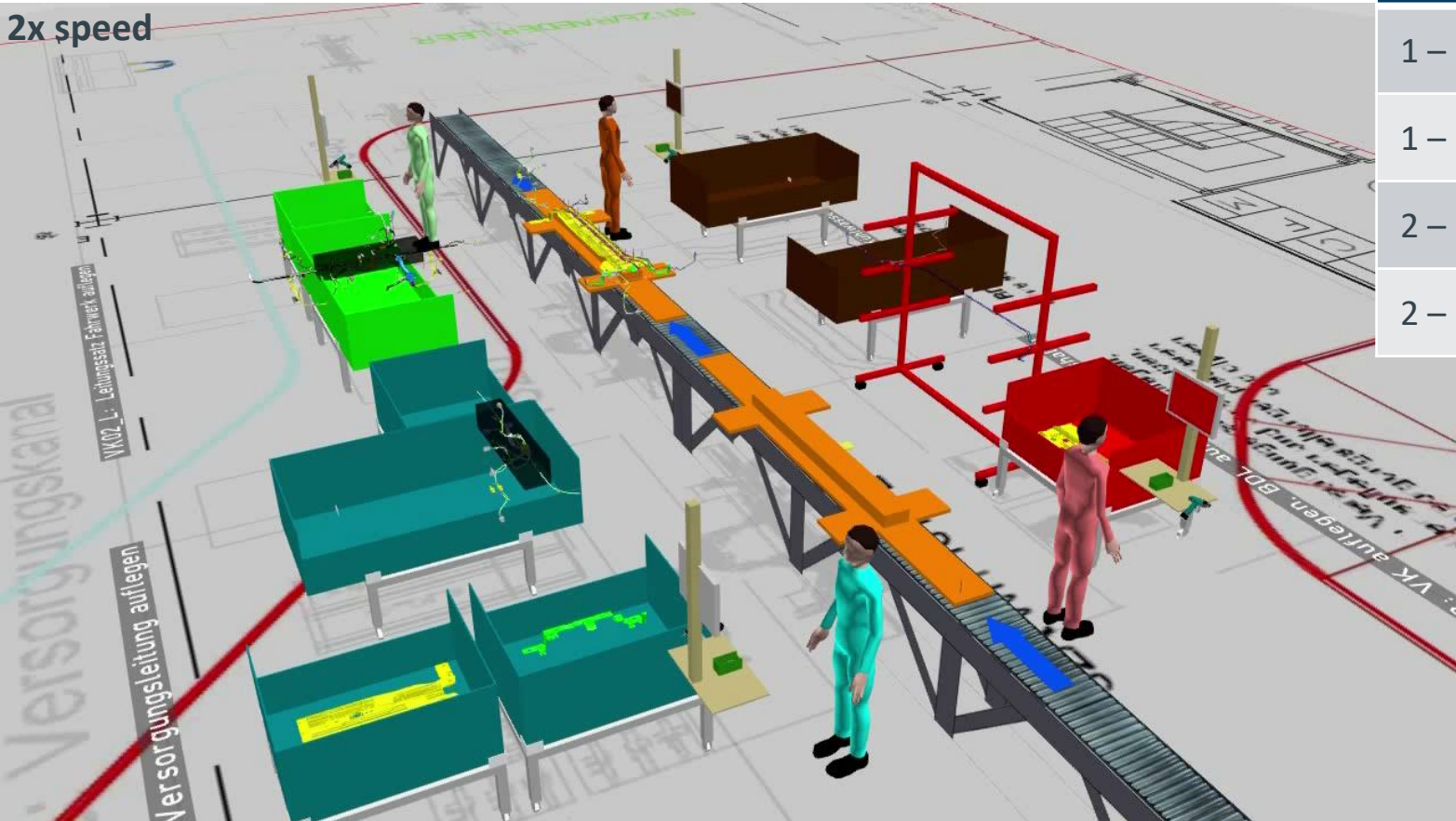
Kategorie	Zeile	Fähigkeit	Zeichentafel zum Tablett/Handschlag (ID.3)				
			nie	gelegentlich 20-30 %	häufig 40-50 %	überwiegend 60-80 %	ständig 100-100 %
Grundkörperarbeit	1a	Stehen/Arbeiten im Wechsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1b	Stehen (Bewegungsradius > 1,5 m)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2	Dauerhaftes Arbeiten im Sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3	Wechselnde Körperhaltung Stehen/Sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Körperhaltungsfähigkeit	4	Beweglichkeit Kopf - Halswirbelsäule	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	5	Arbeiten über Kopf	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6	Arbeiten auf/über Schulterhöhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	7	Körperknie Anknüpfung > 60°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	8	Beweglichkeit Unterarm/Handgelenk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	9	Fingerfertigkeit/Feinmotorik	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Quelle: Fritzsche, Ullmann, Schönherr, 2021

Volkswagen Sachsen GmbH

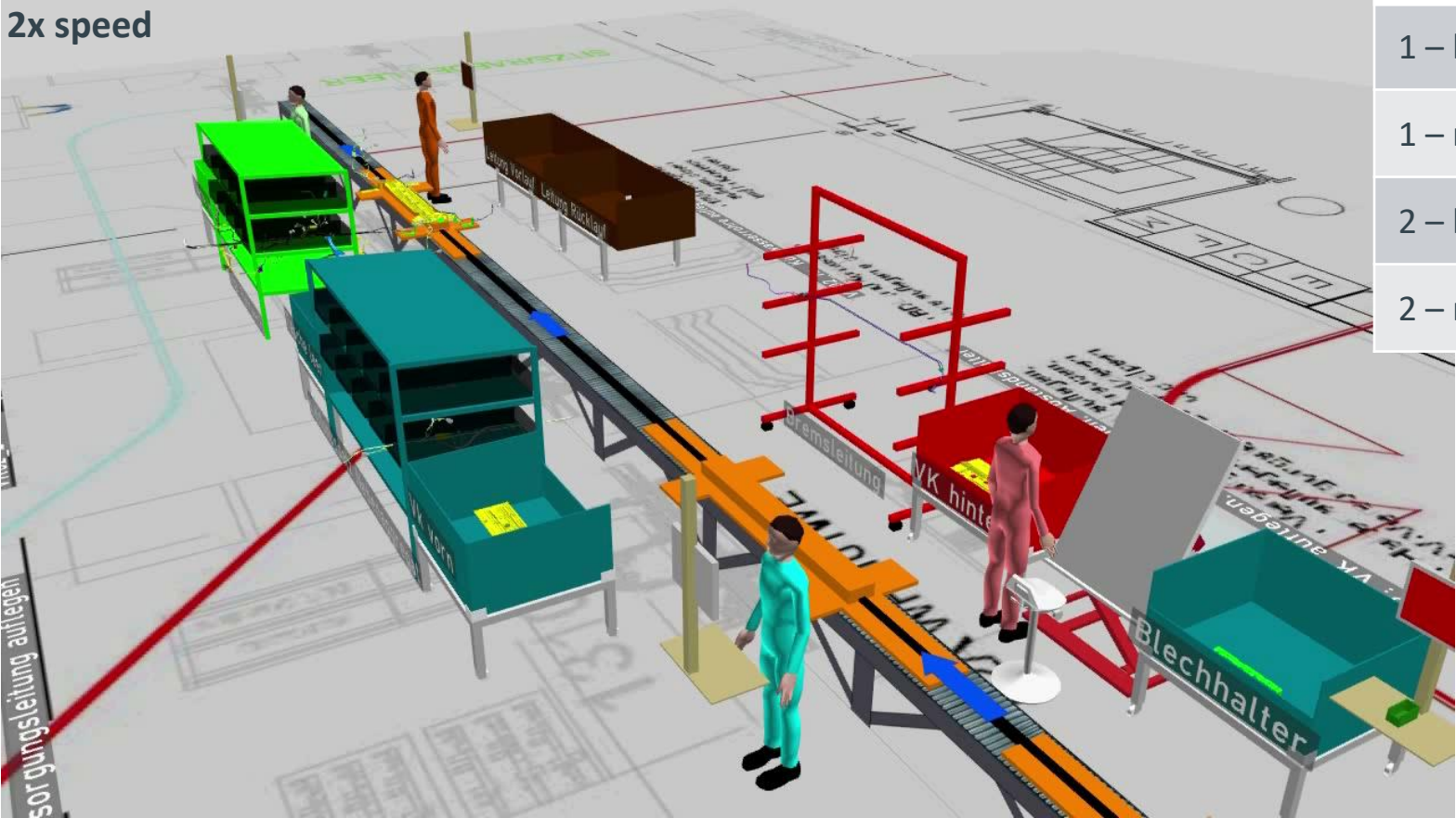
► Pre-assembly line: electronic supply duct – before improvement



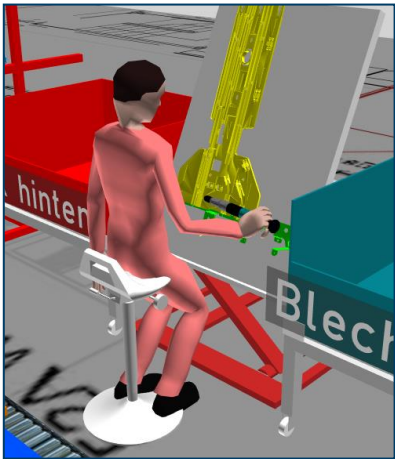
Work place	Productivity	Ergonomics
1 – left	Balanced between workers	
1 – right		
2 – left		
2 – right		

Volkswagen Sachsen GmbH

► First optimization – Integration of seated work tasks

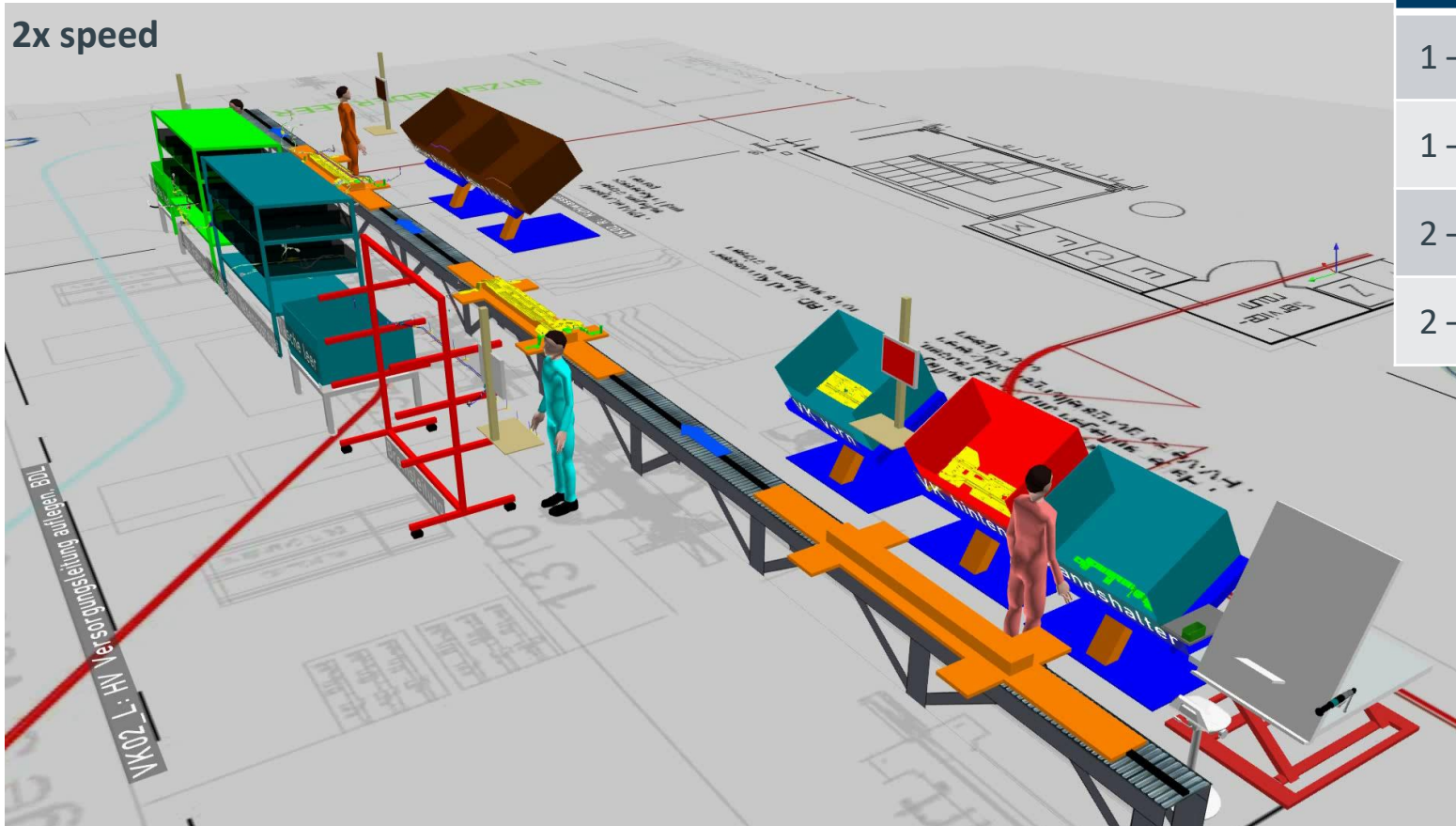


Work place	Productivity	Ergonomics
1 – left	Unbalanced: increased waiting times & not well synchronized	
1 – right		
2 – left		
2 – right		



Volkswagen Sachsen GmbH

► Final result: Redesign of workstations & pre-assembly process



Work place	Productivity	Ergonomics
1 – left	Balanced between workers	
1 – right		
2 – left		
2 – right		

- Improved work balance, synchronization & productivity
- Reduced ergonomic workload for all employees
- Integration of 4-8 additional workers with impairments

Implemented

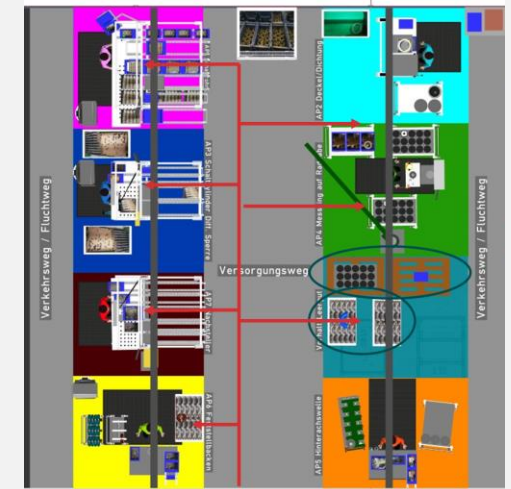
Ziel: Überführung bestehender Arbeitsplätze der Komponentenmontage in neuen zentralen Produktionsbereich für den Einsatz leistungsgewandelter Personen

Workshop zur Definition und Eingrenzung des Planungsbereiches und den Anforderungen zum Einsatz von Mitarbeitern/-innen mit Einschränkungen

Ist-Analyse aktueller Vormontagen und Konzepterstellung eines neuen zentralen Produktionsbereichs unter Berücksichtigung von Prozess, Layout und Materialfluss

Digitale Workshops u. a. mit den späteren Nutzern/-innen der Arbeitsplätze und weitere Optimierung hinsichtlich Ergonomie und Effizienz

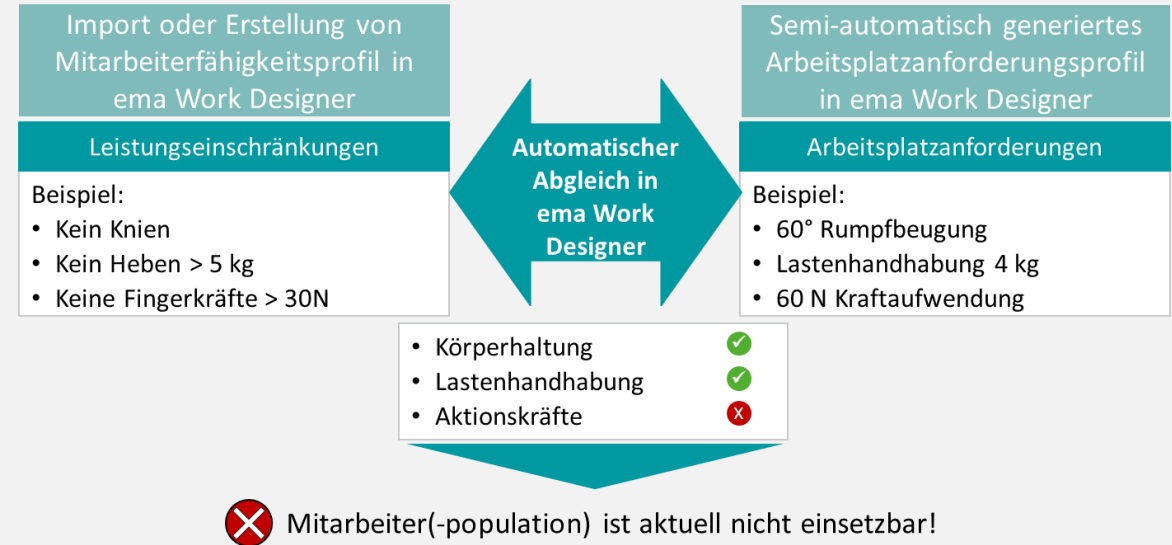
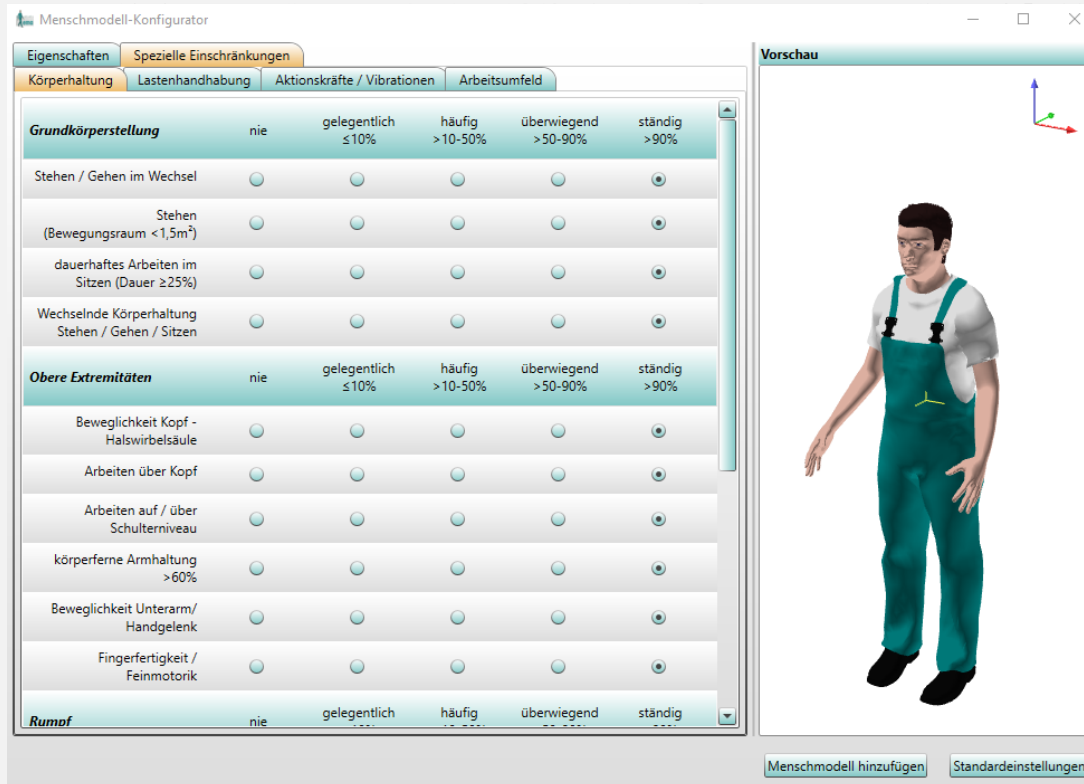
Erstellung von Lastenheften zur Umsetzung der abgestimmten Vorzugsvariante



Quelle: Fritzsche, Ullmann, Schönherr, 2021



Berücksichtigung von Mitarbeiterfähigkeitsprofilen und Einsatzanalyse im ema Work Designer



A complex network of white lines and dots on a blue-to-purple gradient background, resembling a molecular or data network structure.

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Ihr Kontakt:



Dr.-Ing. Sascha Ullmann
Leiter
Digitale Planung & Ergonomie
imk Industrial Intelligence
GmbH
+49 (0) 172 462 68 42
sascha.ullmann@imk-ic.com
www.imk-ic.com

