



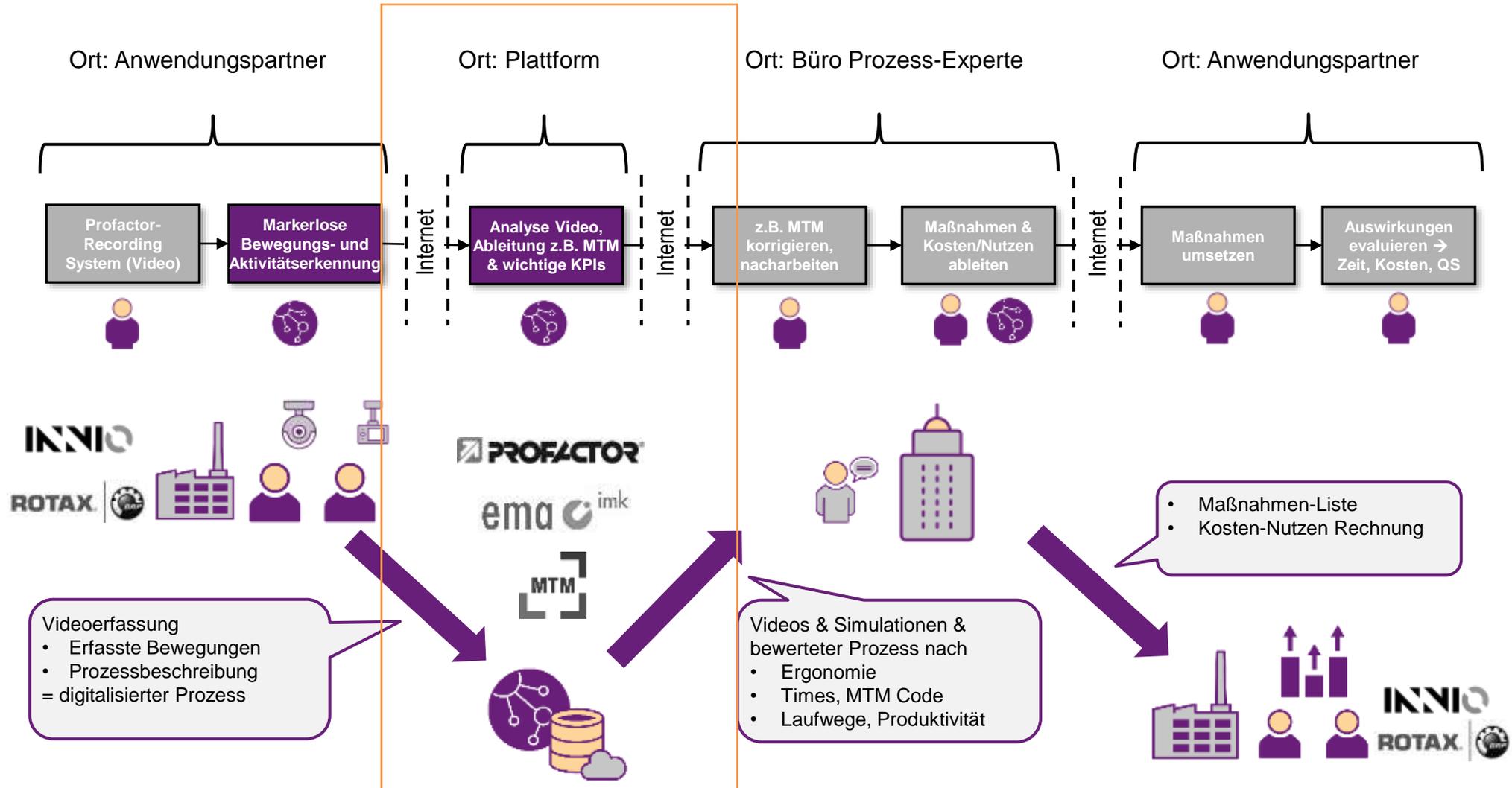
Hybrid Work Systems

Michael Spitzhirn (imk Industrial Intelligence)
ema Work Designer



Kombination von Prozesssimulationen und
Motion Capturing zur ergonomischen &
wirtschaftlichen Gestaltung von
Arbeitsprozessen

Workflow und Kollaboration für eine Arbeitsplatzoptimierung





Arbeitsplatz

2D & 3D Layout
Mensch & Roboter



Ergonomie

EAWS® & NIOSH
Job Profile



Vorgabezeit

MTM-UAS®
MTM-HWD®



Prozess- planung

Instruktionen

Videos
Dokumentation



Produktivität

Wertschöpfung
Laufwege



Konnektivität

Virtual Reality
Motion Capturing







Ergonomieanalyse in emaWD von MoCap-Daten (ohne Objektverknüpfung, nur Analyse der Körperhaltung möglich)

	emaWD_Human_Michael_2	emaWD_Human_Michael_3	emaWD_Human_Michael_4	emaWD_Human_Michael_5	emaWD_Human_Michael_6
Informationen	50. Perzentil, männlich, Altersklasse: 20, Leistungsfaktor: 1				
Gesamt Körper [Pkt]	7	6.5	5	4.5	4
Körperstellung [Pkt]	5.9	6.1	4.6	3.2	2.9
Rumpfdrehung [Pkt]	0.8	0	0	1.1	0
Rumpfneigung [Pkt]	0	0	0	0	0.7
Reichweite [Pkt]	0	0	0	0	0
Haltung [Pkt]	7	6.5	5	4.5	4

Ergonomieanalyse in emaWD von MoCap-Daten unter Hinzufügen von Kräften, gehandhabten Objekten

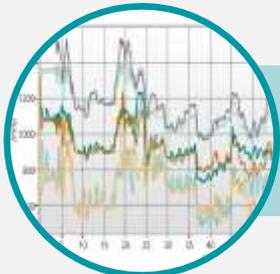
	emaWD_Human_Michael_M oCap_D6	emaWD_Human_Michael_M oCap_D4
Informationen	50. Perzentil, männlich, Altersklasse: 40, Leistungsfaktor: 1	50. Perzentil, männlich, Altersklasse: 40, Leistungsfaktor: 1
Gesamt Körper [Pkt]	48	52.5
Körperstellung [Pkt]	2	6.3
Rumpfdrehung [Pkt]	0	0
Rumpfneigung [Pkt]	0	0
Reichweite [Pkt]	0	0
Haltung [Pkt]	2	6.5
17 Fingerkräfte [Pkt]	0	0
18 Arm-/Ganzkörperkräfte [Pkt]	0	0
Kräfte [Pkt]	0	0
19 Umsetzen [Pkt]	45.7	45.7
19 Halten [Pkt]	0	0
19 Tragen [Pkt]	0	0
19 Ziehen & Schieben [Pkt]	0	0
manuelle Lastenhandhabung [Pkt]	46	46



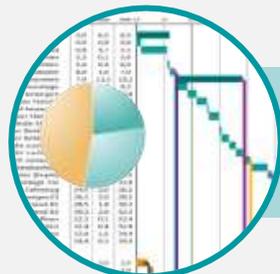
Objektdaten und MoCap in emaWD verknüpft



Ergonomiebewertung mit EAWS® hinsichtlich Körperhaltungen



Detaillierte Bewertung von Gelenkwinkeln nach DIN EN 1005-42 & Arbeitshöhen nach DIN EN 147382



Wertschöpfung & Zeitbewertung von Prozesszeiten & MTM-UAS® für ema-Verrichtungen

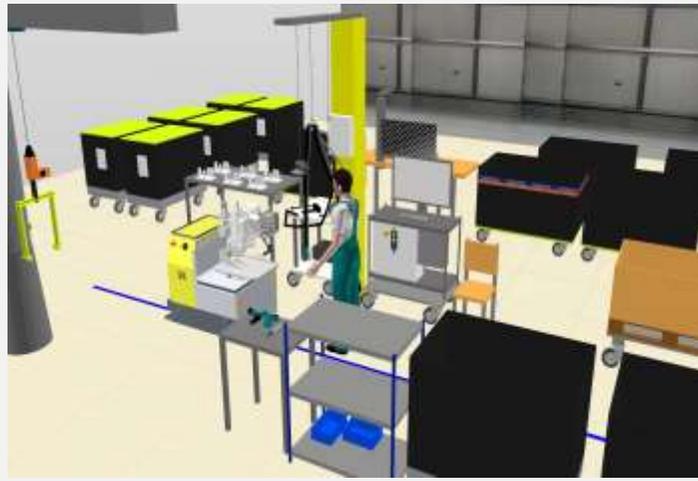


Automatische Generierung von Arbeitsplatzanforderungsprofilen zum Job Match





Zylinderkopfmontage(BRP)



Motorprüfung (BRP)



Schweißprozess(INNO)



Zylinderkopfmontage (BRP)



Produktdaten

3D CAD Daten
Stückliste



Prozessdaten

Prozessbeschreibung
Ablauffolge / Vorranggraphen



Ressourcendaten (3D/2D)

Layout, Werkzeuge, Maschinen,
Behälter, Roboter



Bewegungsdaten

Mensch
Roboter



Eigenschaften des Menschen

Anthropometrie, Beweglichkeit, ...



Simulations-Projekt
Objekte
Verhalten
Ergebnisse
X

Simulations-Ergebnisse

Objekt-Übersicht

MRK Bericht

Zeitanalyse

Ergonomie

Spaghetti-Diagramm

Taktzeit-Diagramm

Verrichtungs-Abhängigkeiten

EAWS

NIOSH

APA

Mensch F50

50. Perzentil, weiblich, Altersklasse: 40, Leistungsfaktor: 1 Last-Fälle

Taktzeit s

Simulationszeit [s]

Takte pro Schicht [#]

Nettoarbeitszeit [min/Schicht]

beengter Arbeitsplatz (Bewegungsbereich < 2m)

- Extra 0a: Arbeit an sich bewegenden Teilen
- Extra 0b: Zugänglichkeit
- Extra 0c: Schwingungen, Impulse, Rückschlagkräfte
- Extra 0d: Gelenkstellungen
- Extra 0e: Andere körperliche Belastungen
- Extra 0f: Benutzerdefinierter Wert 1
- Extra 0g: Benutzerdefinierter Wert 2
- Extra 0h: Benutzerdefinierter Wert 3

Last-Fälle

#	Dauer [s]	Distanz [m]	Last-Fall	Fa	Last (links) [kg]	Last (rechts) [kg]	Last (beidhändig) [kg]	Au	Last [Pkt]	Körperhaltung	Anzahl [Pkt]
4	5.070	1.36			0.0	0.0	8.1	0.0	2.4	2.5	4.4

Last-Fälle (Zusammenfassung)

Last-Fall	Anzahl [# / Schicht]	Anzahl [# / Takt]	Intensität (gew. Mittel) [Pkt]	Anzahl [Pkt]	Gesamt [Pkt]	Intensität x Anzahl = Gesamt
Umsetzen	165.0	1.0	4.9	4.4	21.6	4.9 x 4.4 = 21.6

Lasten

Diagramm-Optionen

- linke Hand [kg]
- rechte Hand [kg]
- beidhändig [kg]
- Ziehen & Schieben [kg]
- Kurvendetails anzeigen

Summe Gesamtkörper Punkte: 26,5

Summe Haltungspunkte: 2

Körperhaltungen 2

Rumpfdrehung 0

Rumpfneigung 0

Reichweite 0

Summe Kräfte-Punkte: 2,5

Fingerkräfte 0

Arm-/Ganzkörperkräfte 2,5

Summe Lasten-Punkte: 22

Umsetzen 21,6

Halten 0

Tragen 0

Ziehen & Schieben 0

Summe Extra-Punkte: 0

Arbeit an sich bewegenden Teilen 0

Zugänglichkeit 0

Schwingungen, Impulse, Rückschlagkräfte 0

Gelenkstellungen 0

Andere körperliche Belastungen 0

Extra 0f 0

Extra 0g 0

Extra 0h 0



Simulations-Projekt
Objekte
Verhalten
Ergebnisse
X

Simulations-Ergebnisse

Objekt-Übersicht

MRK Bericht

Zeitanalyse

Ergonomie

Spaghetti-Diagramm

Taktzeit-Diagramm

Verrichtungs-Abhängigkeiten

Mensch F50 🕒 🔄 📄 📄

50. Perzentil, weiblich, Altersklasse: 40, Leistungsfaktor: 1

▼ Allgemein

Arbeit an Sitz-Steh-Arbeitsplatz

Anwendung des hohen Methodenniveaubereichs

Bezeichnung

Verwendete Objekte

ID	Name	M.	sp	
109	Handscanner	0.2	<input type="checkbox"/>	ⓘ
704	Drehvorrichtung_Zylinderkopf	8.14	<input type="checkbox"/>	
731	Steckkerbstift_1_5x10 DIN 1474	0.001	<input type="checkbox"/>	ⓘ
732	Steckkerbstift_2_5x10 DIN 1474	0.001	<input type="checkbox"/>	ⓘ
735	254682_ventil_1_o.obj	0.052	<input type="checkbox"/>	ⓘ
736	254682_ventil_2_o.obj	0.052	<input type="checkbox"/>	ⓘ
737	254682_ventil_3_o.obj	0.052	<input type="checkbox"/>	ⓘ

UAS Analyse

#	Bezeichnung	Kode	Hand	TMU	A x H	TMU beeinfl.	TMU unbeeinfl.	Gesamt TMU	Dauer [s]	Ø Dauer [s]	Turnus [%]
1	10010 Steckkerbstifte einlegen			130		155.0	0.0	155.0	5.58	5.58	100.00
2	Körperbewegung	KA		25	2 * 1	50.0	0.0	50.0	1.80	1.80	100.00
3	Aufnehmen & Platzieren	AF2	L + R	65	1 * 1	65.0	0.0	65.0	2.34	2.34	100.00
4	Interaktionsgrundvorgang	AF1	L + R	40	1 * 1	40.0	0.0	40.0	1.44	1.44	100.00
5	0020 Zylinderkopf einlegen in Vorrichtung			235		420.0	0.0	420.0	15.12	15.12	100.00
6	Körperbewegung	KA		25	2 * 1	50.0	0.0	50.0	1.80	1.80	100.00
7	Körperbewegung	KB		60	1 * 1	60.0	0.0	60.0	2.16	2.16	100.00
8	Aufnehmen & Platzieren	AL1	L + R	80	1 * 1	80.0	0.0	80.0	2.88	2.88	100.00
9	Körperbewegung	KA		25	2 * 1	50.0	0.0	50.0	1.80	1.80	100.00
10	Sichtkontrolle je Zylinder (4 Bohrungen) und insgesamt 3 Zylinder			45		180.0	0.0	180.0	6.48	6.48	100.00
11	Visuelle Kontrolle	VA		15	4 * 1	60.0	0.0	60.0	2.16	2.16	100.00
12	Visuelle Kontrolle	VA		15	4 * 1	60.0	0.0	60.0	2.16	2.16	100.00
13	Visuelle Kontrolle	VA		15	4 * 1	60.0	0.0	60.0	2.16	2.16	100.00
14	0030 Startknopf betätigen			25		25.0	0.0	25.0	0.90	0.90	100.00
15	Betätigen	BA2		25	1 * 1	25.0	0.0	25.0	0.90	0.90	100.00
16	0040 Automatikstation S010			1		0.0	83.3	83.3	3.00	3.00	100.00
17	Prozesszeit	PT		1	83,3 * 1	0.0	83.3	83.3	3.00	3.00	100.00
18	0050 Zylinderkopf in Vorrichtung schieben			37		60.0	88.5	148.5	5.35	5.35	100.00
19	V2: per Taster auf Brett und dann von Hand in Vorrichtung			37		60.0	88.5	148.5	5.35	5.35	100.00

Grundzeit nach MTM-UAS: 4048,5 [TMU] ~ 145,75 [s] (2,43 [min])
Ø Grundzeit nach MTM-UAS: 4048,5 [TMU] ~ 145,75 [s] (2,43 [min])
(Zeit-Faktoren nicht aktiviert)



Simulations-Projekt
Objekte
Verhalten
Ergebnisse
X

Simulations-Ergebnisse: Mensch F50

Objekt-Übersicht

MRK Bericht

Zeitanalyse

Ergonomie

Spaghetti-Diagramm

Taktzeit-Diagramm

Verrichtungs-Abhängigkeiten

Zeit-Basis: t100 Zeit [s]

Sichtbarkeit im Bericht:

Radius für Positions-Zusammenfassung [mm]: 250

Laufweg [m]: 6.69

Laufweg pro Schicht [m]: 1104.63

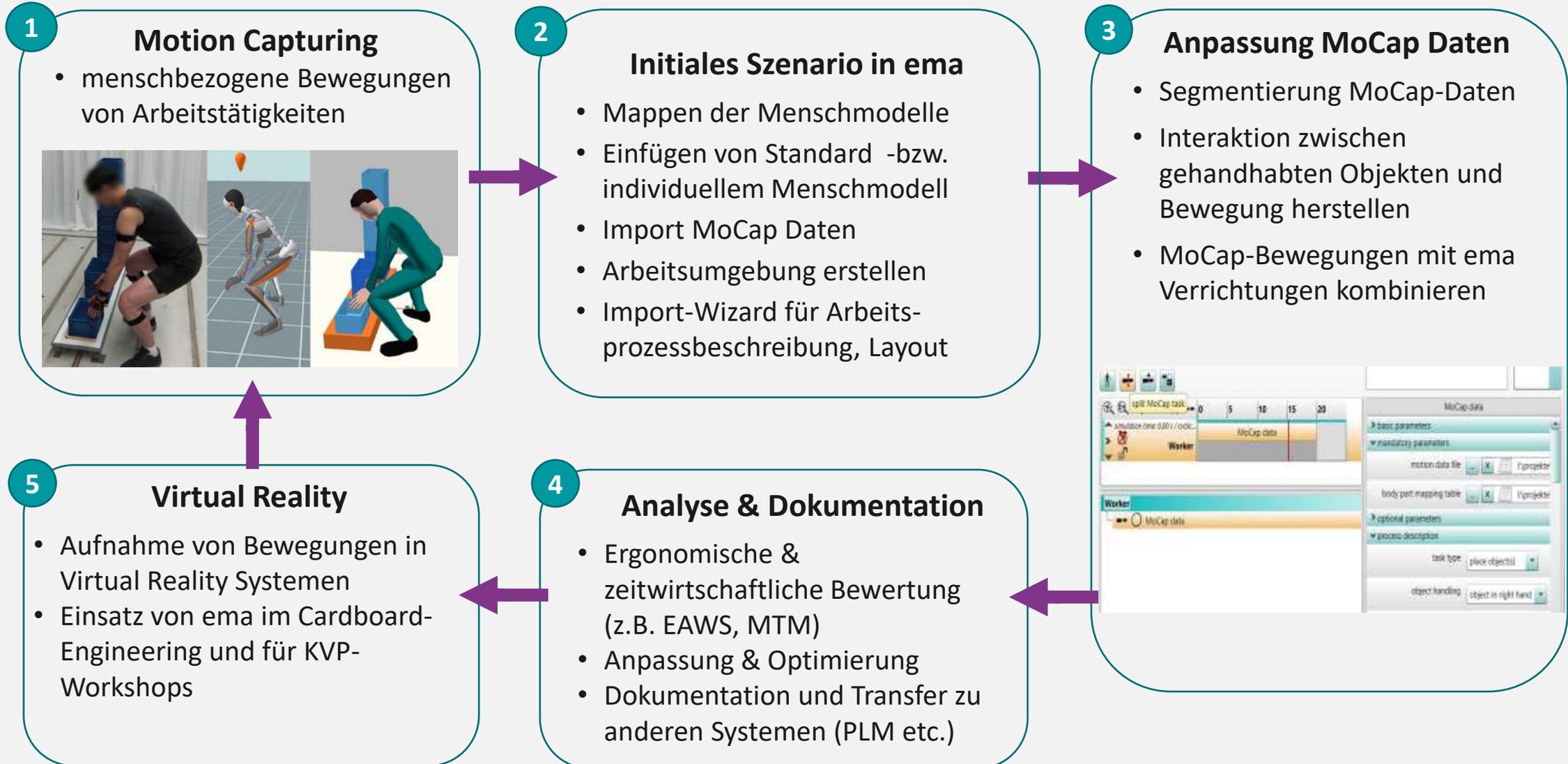
Arbeitspositionen

#	sichtbar	Dauer [s]	Ø Dauer [s]	Anteil [%]	Verricht
1	<input checked="" type="checkbox"/>	16.560	0.000	9.76	1#1 - Gehen zu Arbeitsplatz 1 1#2 - Steckkerbstift 1 & 2 aufnehmen 0 - Steckkerbstift 1 & 2 aufnehmen (Steckkerbstift 1 & 2 auf 1 - Hand zu Ziel bewegen (Steckkerbstift 1 & 2 aufnehmen) 1#3 - Steckkerbstift 1 platzieren 1#4 - Steckkerbstift 2 platzieren 2#5 - Zylinderkopf zu Automatikstation 2#6 - Zylinderkopf platzieren 2#7 - Aufrichten

Pfade

#	sichtbar	Dauer [s]	Ø Dauer [s]	Länge [m]	Ø Länge [m]	Typ	Verrichtungen
1	<input checked="" type="checkbox"/>	0.993	0.993	1.10	1.10	🚶	1#1 - Gehen zu Arbeitsplatz 1
2	<input checked="" type="checkbox"/>	0.983	0.983	1.09	1.09	🚶	2#1 - Gehen zur Gitterbox
3	<input checked="" type="checkbox"/>	0.986	0.986	1.10	1.10	🚶	2#5 - Zylinderkopf zu Automatikstation
4	<input checked="" type="checkbox"/>	0.972	0.972	1.08	1.08	🚶	5#2#3 - Gehen zu Arbeitsplatz 2
5	<input checked="" type="checkbox"/>	1.228	1.228	0.15	0.15	🚶	6#1 - Schritt nach rechts
6	<input checked="" type="checkbox"/>	0.247	0.247	0.27	0.27	🚶	7#1#1 - Schritt zu Vorrichtung

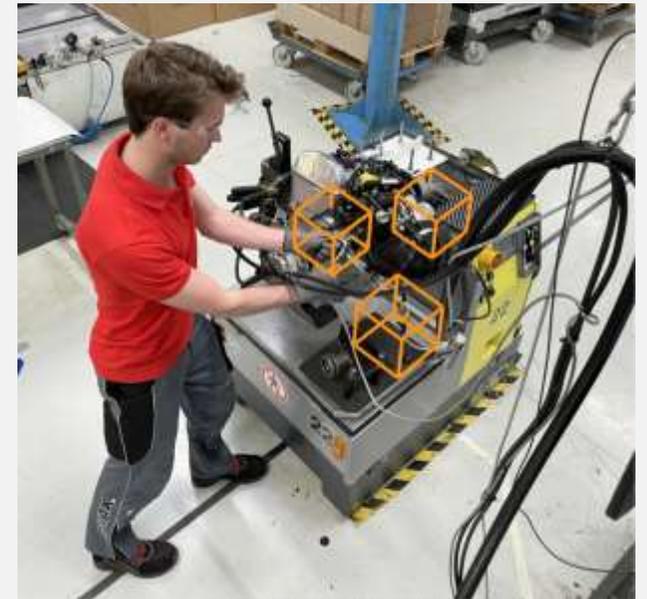
Menschmodelle / Objekte: ■ Mensch F50



- Markerlose Erfassung von Bewegungen mittels einer 2D Standardkamera
- Ausgabe von metrischen Daten in 3D bzw. BVH-Datei für Weiterverarbeitung z.B. in emaWD

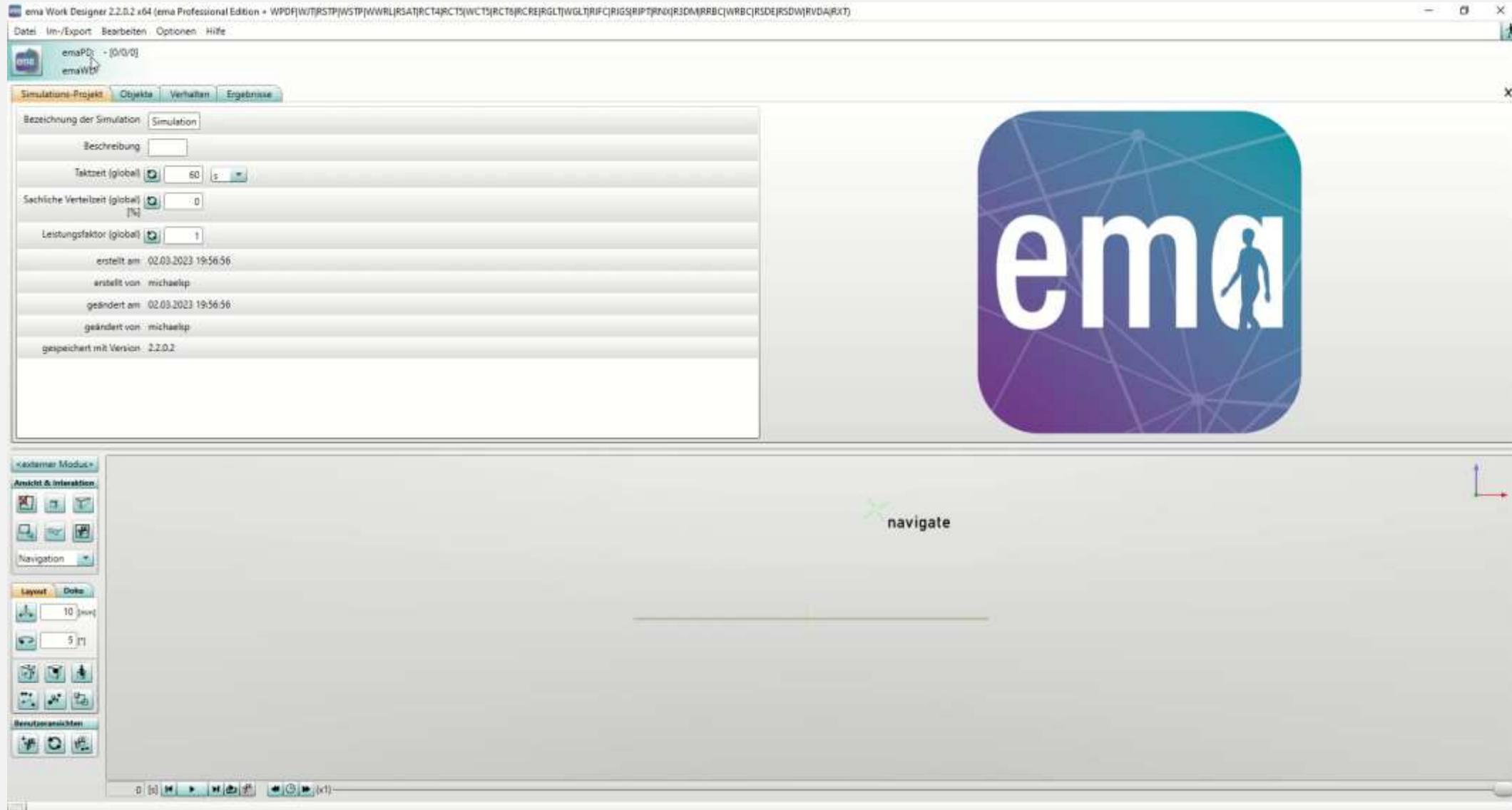


- Aktionserkennung (in Raum / Zeit)
 - Ohne Vorwissen:
 - z.B. basierend auf Bewegungsablauf Person
 - KI-basiertes Trainieren zur Erkennung einer Bückbewegung
 - mit Vorinformation:
 - z.B. basierend auf Volume of Interest (VOIs), Prozesswissen



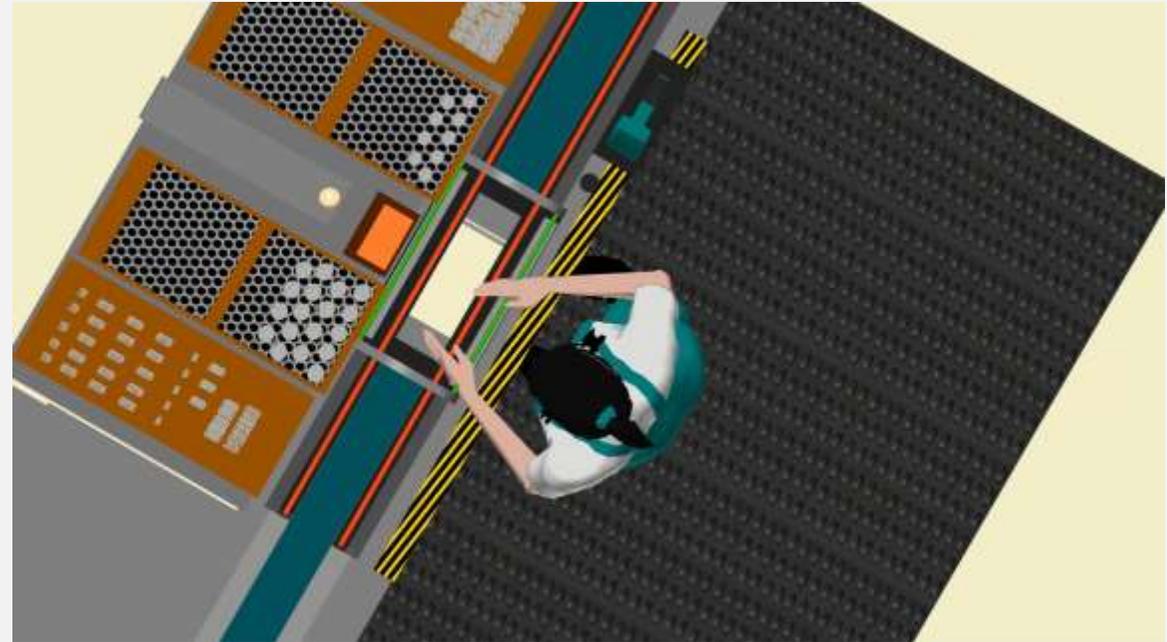
id	level	process					product(s)				utilities		
		name	comment	description	duration [s]	resource	part(s)	hand usage	pick type	target	place type	tool	tool type
A0	1	Zylinderkopfmontage				worker01							
A01	2	0010 Steckkerbstifte einlegen					Steckkerbstift_1_5x10 DIN 1474 Steckkerbstift_2_5x10 DIN 1474	both hands	difficult	ref_Steckkerbstift 2[732]1 ref_Steckkerbstift 1[731]1	tight		
A02	2	0020 Zylinderkopf einlegen in Vorrichtung					Zylinderkopf BRP_1.jt	both hands	easy	ref_Zylinderkopf BRP_1.jt[3671]1	loose		
A03	3	Sichtkontrolle je Zylinder (4 Bohrungen) und insgesamt 3 Zylinder			3,76								

object	type or filename	part no./name	length [mm]	width [mm]	height [mm]	color	weight [kg]	collision object	parameter	position & orientation (x;y;z;rx;ry;rz) or position only (x;y;z) or initial matrix (16 values)
Automatikstation_S010	emaGeometry\Automatikstation_S010.dae						0	yes		
AP1_Höhenverstellung	emaGeometry\AP1_Hoehenverstellung.dae						0	yes		
Materialanstellung	emaGeometry\Materialanstellung.dae						0	no		
Zylinderkopf BRP_1.jt	emaGeometry\Zylinderkopf BRP_1.jt.dae						8,14	no		2252.5;1600;448.2;0;90;90
worker01	oHuman									933;1534;0;0;0;90
Steckkerbstift_1_5x10 DIN 1474	emaGeometry\Steckkerbstift_1_5x10 DIN 1474.dae						0,001	no		1005;459;911.3;90;0;0
Steckkerbstift_2_5x10 DIN 1474	emaGeometry\Steckkerbstift_2_5x10 DIN 1474.dae						0,001	no		1113;459;911.3;90;0;0
Automatikstation_S030	emaGeometry\Automatikstation_S030.dae						0	yes		
Transportwagen_1 - Behälter_Zylinderträger	emaGeometry\Transportwagen_1 - Behälter_Zylinderträger.dae						0	no		
Transportwagen_2 - Behälter_Zylinderträger	emaGeometry\Transportwagen_2 - Behälter_Zylinderträger.dae						0	no		
ref_Steckkerbstift 1[731]1	emaGeometry\ref_Steckkerbstift 1[731]1.dae						0	no		952;209;981.5;90;0;0
ref_Steckkerbstift 2[732]1	emaGeometry\ref_Steckkerbstift 2[732]1.dae						0	no		1150;212;981.5;90;0;0
ref_Zylinderkopf BRP_1.jt[3671]1	emaGeometry\ref_Zylinderkopf BRP_1.jt[3671]1.dae						0	no		1138.5;304.5;902.2;90;0;0
Anti-Ermüdungsmatte	emaGeometry\Anti-Ermüdungsmatte.dae						2	no		352;1003;11;0;0;-90
Drehvorrichtung	emaGeometry\Drehvorrichtung.dae						8	no		145;304;830

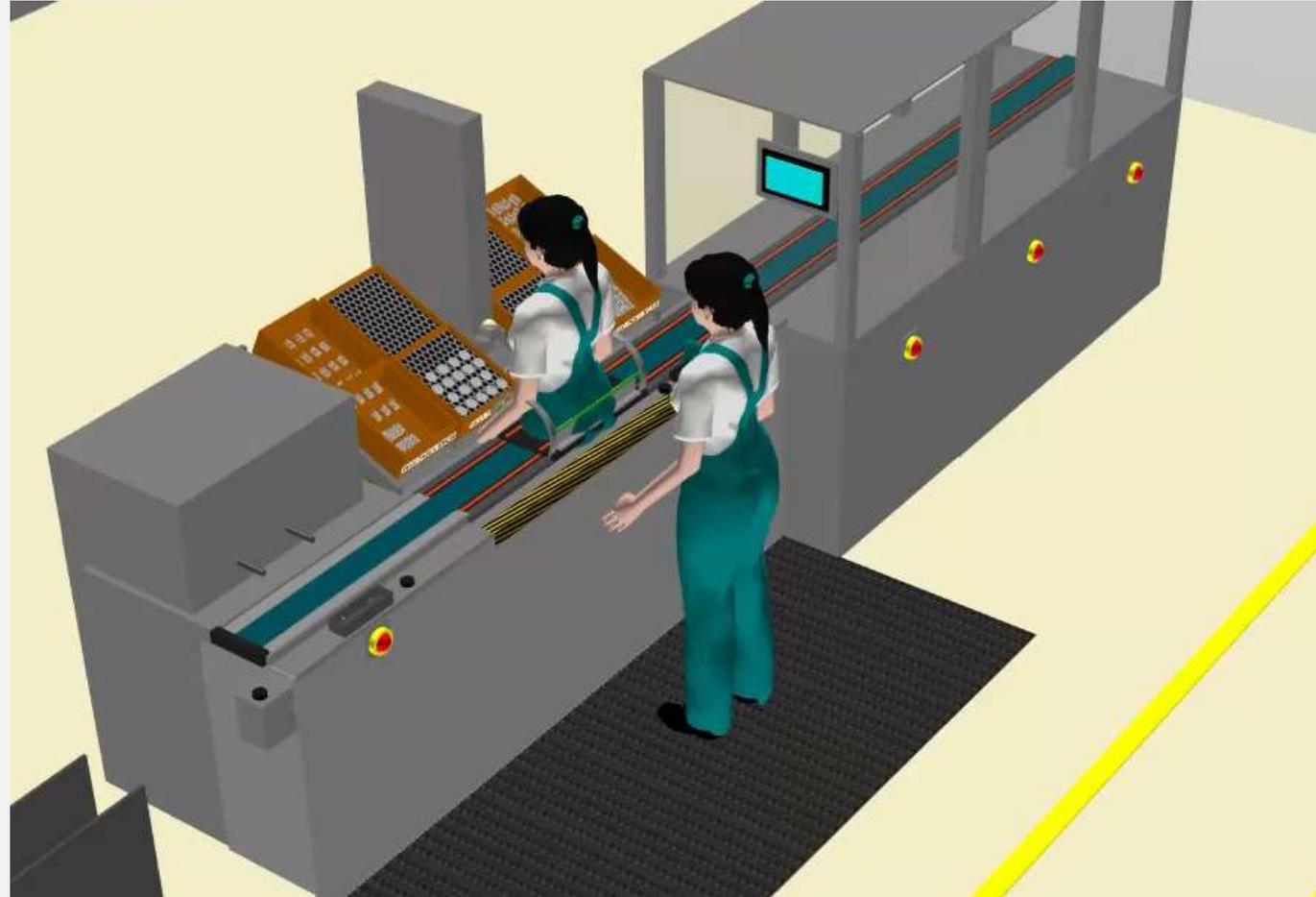




BVH1 durch ProFactor System



BVH1 in emaWD





- Weiterführende Integration Motion Capturing-Daten z.B. automatisierte Segmentierung von Daten und Verknüpfung von Daten
- Zusammenbringen digitaler Daten z.B. im Omniverse oder auch in VR
- Integration der Services in digitale Plattformen

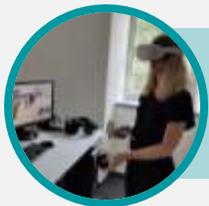
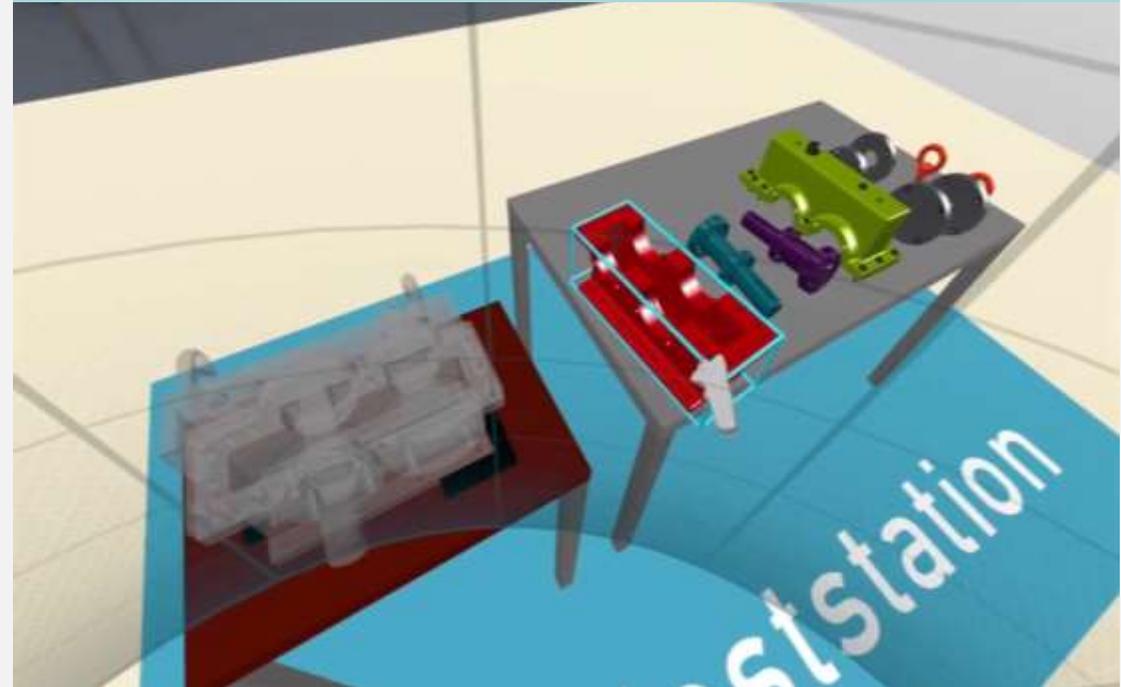
**IIC – ema Anwenderkonferenz aufmerksam machen.
Diese findet vom 12 bis 13.09. in Fulda statt. <https://iic2023.de/>**



Viewer & virtuelle Gestaltung



Try-Out



Integriertes VR-Modul in ema zur hybriden Nutzung in Desktop & VR-Modus



Betrachtung dynamischer Arbeitsprozesse & eigenes Try-Out mit Objekthandhabung in VR



IIC – ema Anwenderkonferenz aufmerksam machen.
Diese findet vom 12 bis 13.09. in Fulda statt. <https://iic2023.de/>

Ihr Kontakt



Michael Spitzhirn

Fachreferent Virtuelle Ergonomiemethoden
Koordinator Forschung & ema Education

+49 (0)151 289 00 775

michael.spitzhirn@imk-ic.com

www.imk-ic.com

