



Dr. Lars Fritzsche
Dr. Jens Trepte

Digital Humans in Application

Humanmotorisch eigeninitiierte Bewegungen und Normzeitbezug
als Grundlagen für den virtuellen Facharbeiter

I	imk ... Innovationen – Methoden – Konzepte
II	Humanmotorisch eigeninitiierte Bewegungen und Normzeitbezug
III	Der virtuelle Facharbeiter im PEP



Standorte und Kunden



Kunden Europa



Automobilindustrie, Maschinenbau, Industriegüter, erneuerbare Energien, IT, Luft- und Raumfahrt

Branchenübergreifende Beratungs- und Ingenieurdienstleistungen

Engineering

Produkt-entwicklung

Dr. Jens Trepte

- Mechatronische Systeme
- Strukturbauteile

Fertigungs-prozess-entwicklung

Carsten Otto

- Fertigung und Montage
- Karosseriebau

Informations-technologie

Gerson Heuwieser

- Software-entwicklung
- Support und Service

Consulting

Ergonomie

Dr. Lars Fritzsche

- Ergonomische Arbeitsgestaltung
- Schulung und Training

Beratung

Ingolf Grüßner

- Produktionsstrategie
- Produkt- und Produktionsoptimierung

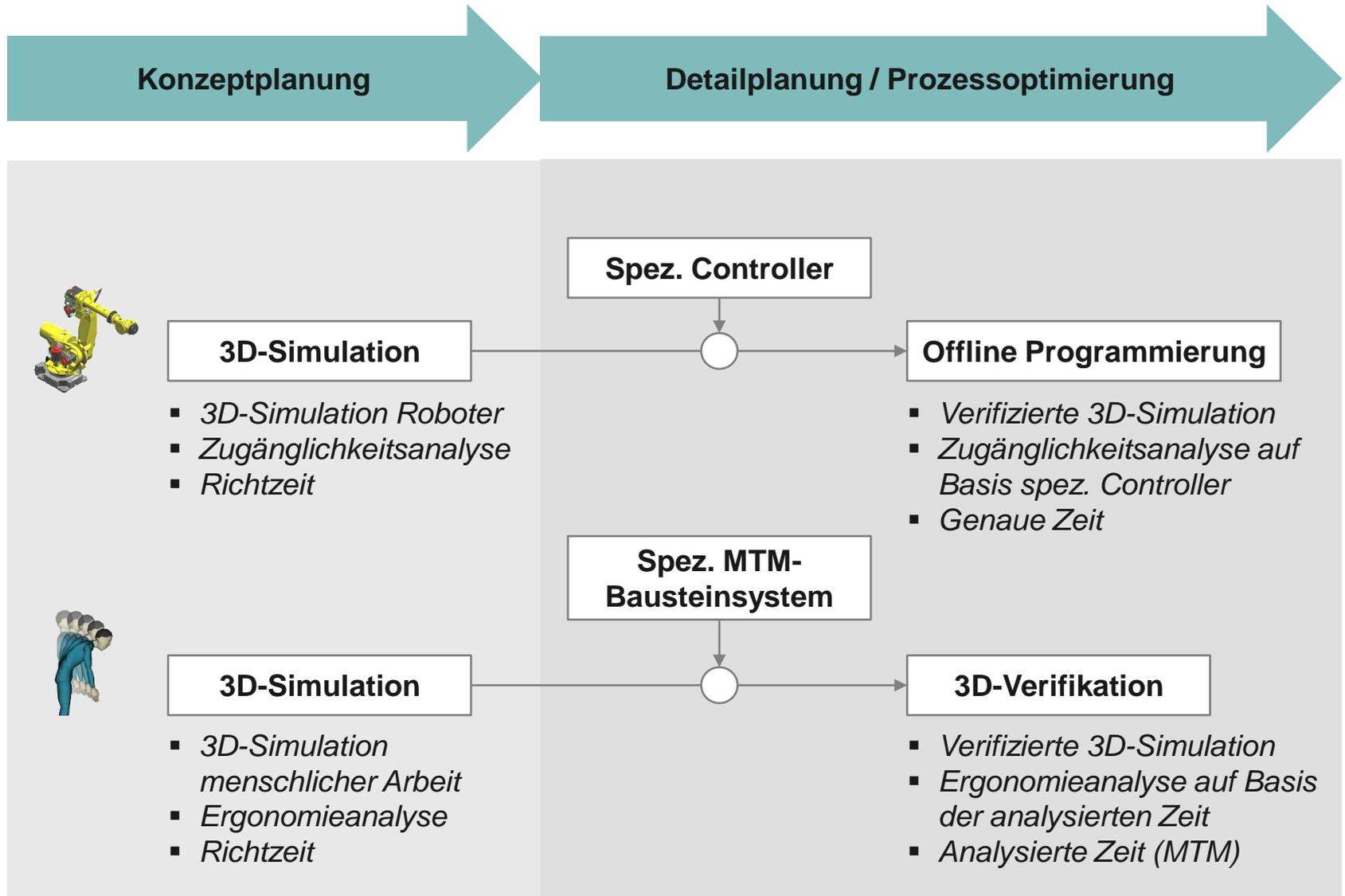
Strategische Entwicklung

Dr. Wolfgang Leidholdt

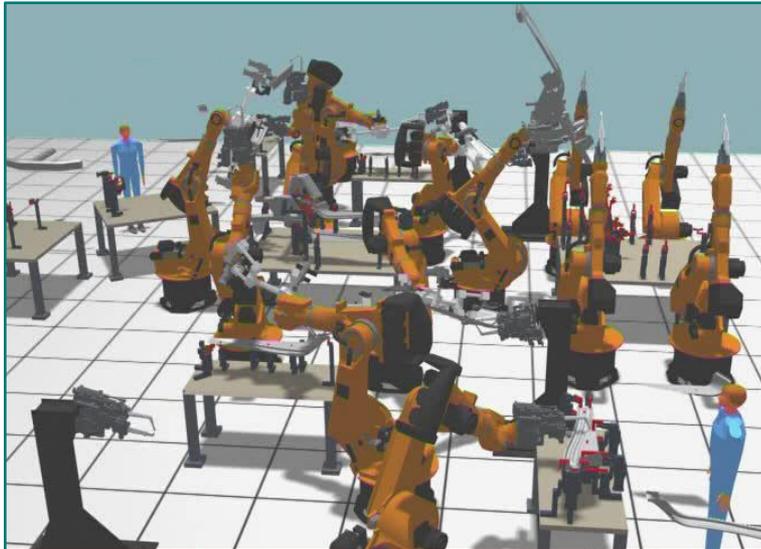


Dr. Jens Trepte

Humanmotorisch eigeninitiierte Bewegungen und Normzeitbezug



Der Mensch ist heute noch weitestgehend Statist in der Digitalen Fabrik



Anforderungen an Menschmodelle

- Realitätsnahe Bewegung in 3D
- Interaktion Mensch - Maschine
- Vertretbarer Aufwand für die Modellerstellung
- Auswertung der Fertigungszeit und Ergonomie auf Basis akzeptierter Standards

Merkmale heutiger Menschmodelle

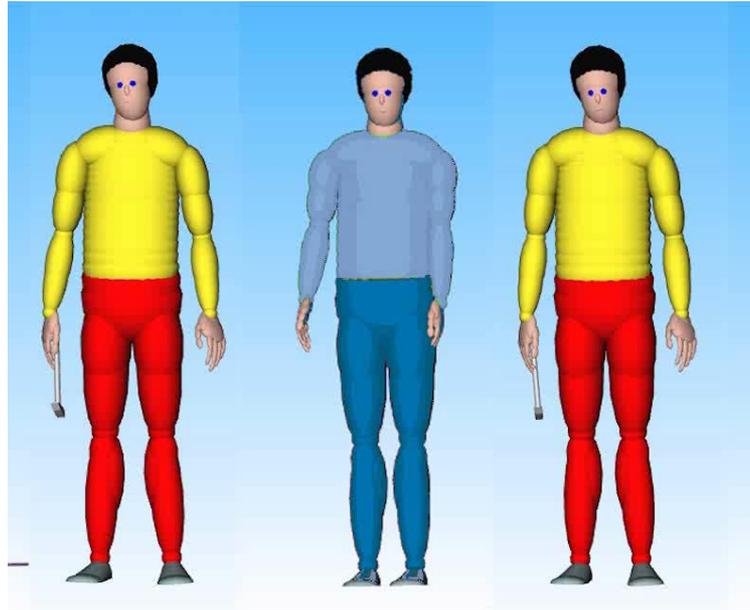
- Aufwendige Modellierung jeder einzelnen Pose
z.B. Schritt(e) vorwärts → stehen aufrecht
→ Beugen → Hand zum Objekt → Greifen ...
- Mechanistische Motorik der Bewegung
- Keine vergleichbare Zeitaussage
- Rudimentäre Ergonomiebewertung

Motion Capturing



+

Mathematische Regression

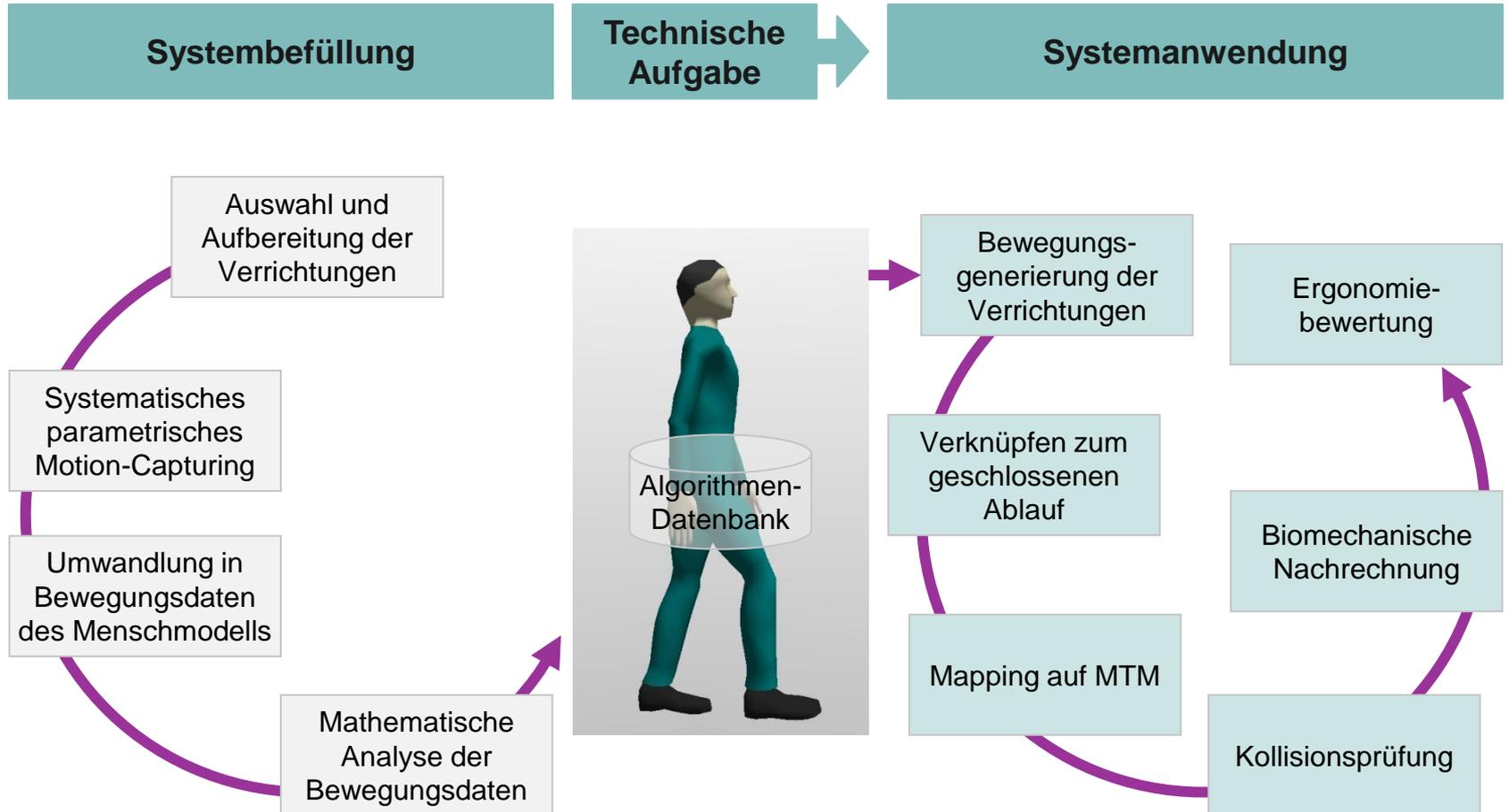


=

Menschmodell

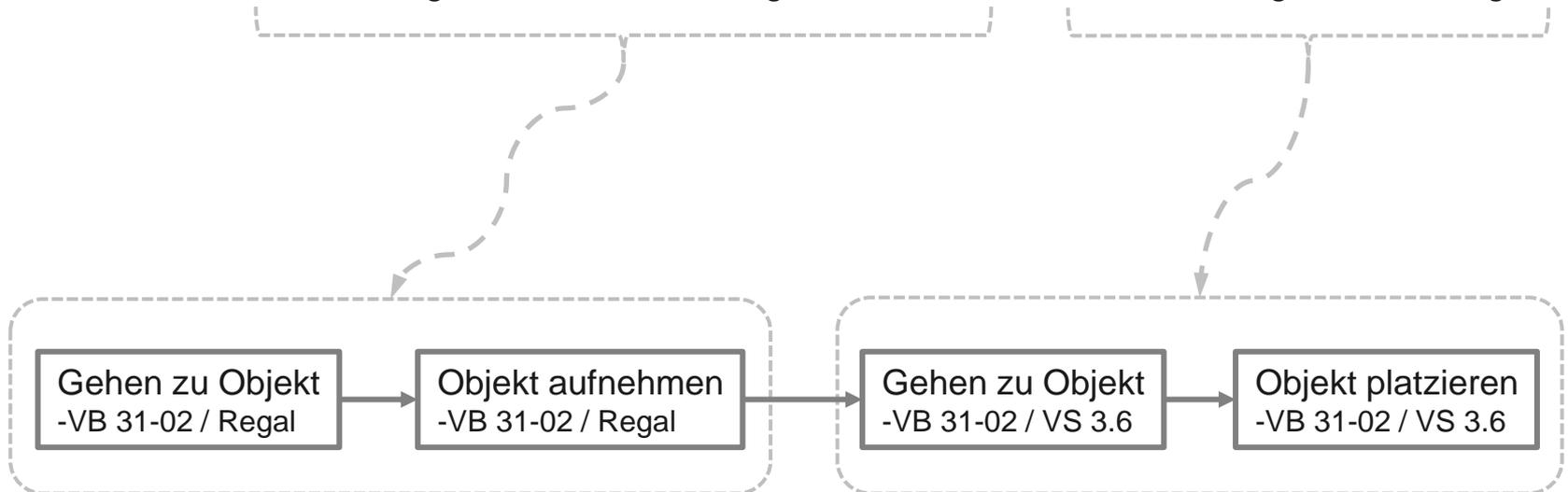


t^3	24.8394	98.3653	-25.9180	7.2907	-0.3818	0.5252	-0.1642	-0.3049	0.4188	0.1718
t^2	37.2455	-194.6181	38.6173	-23.0096	0.7821	-1.0538	0.5356	0.6747	-0.7769	-0.1908
u	120.1546	33.0444	-162.4696	-48.6738	1.0225	-0.0316	-0.3110	0.1754	0.7649	-0.4737
v	911.3561	103.0373	-883.4982	-343.0433	7.6867	-0.5253	-3.2369	1.7469	-3.8798	-4.6774
h	0.1170	0.0070	-0.0968	-0.0325	0.0010	-0.0001	-0.0004	0.0003	0.0005	-0.0006
t	10.0739	59.4810	13.2349	11.0714	-0.1310	0.4381	-0.2556	-0.6100	0.1104	0.0726
$v^* \cdot u$	-2849.9398	-632.3227	3547.8542	1179.1640	-25.4516	1.3114	9.0318	-6.2683	-15.7819	13.4058
$u^* \cdot t$	114.0803	19.4163	-13.0746	-5.5780	-0.1903	0.1459	-0.1858	-0.3304	0.4881	0.2169
$t^3 \cdot u$	-65.2261	62.8527	-3.4251	-1.7272	-0.1553	0.3190	-0.1395	-0.1849	0.1489	-0.1245
$t^3 \cdot v$	20.3823	273.8314	-45.5686	22.5906	-0.8777	1.4030	-0.4362	-0.6370	1.3708	0.5808
$t^3 \cdot h$	0.0854	0.0547	-0.0141	0.0123	-0.0002	0.0003	-0.0002	-0.0003	0.0004	0.0004



Menschmodell soll Arbeitsanweisungen interpretieren können

„Verstärkungsblech 31-02 aus Regal entnehmen und in Vorrichtung VS 3.6 einlegen“

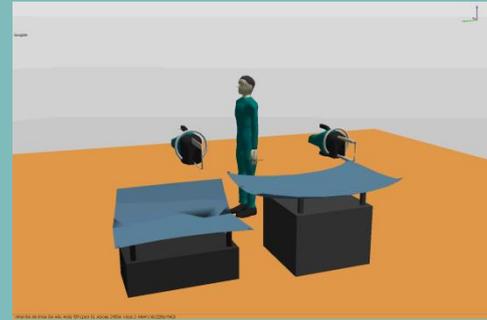


ema findet in vielen Branchen und Aufgabenstellungen Anwendung

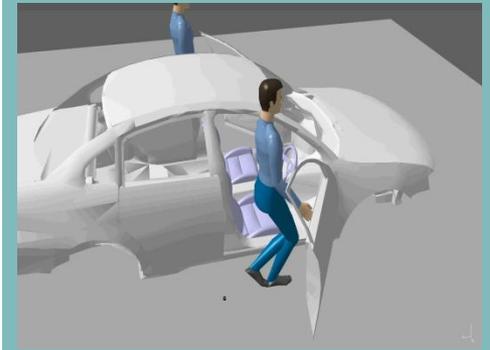
Bewegte Montagelinie



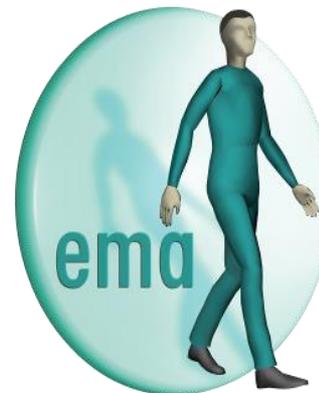
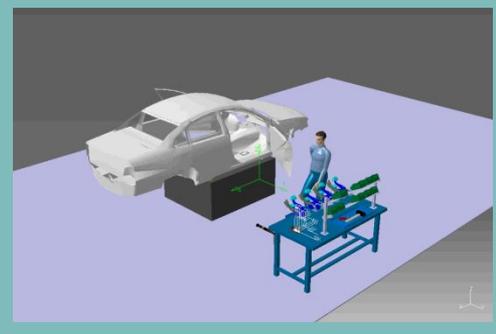
Schweißen



Ein- und Aussteigen



Interior Montage



Logistik



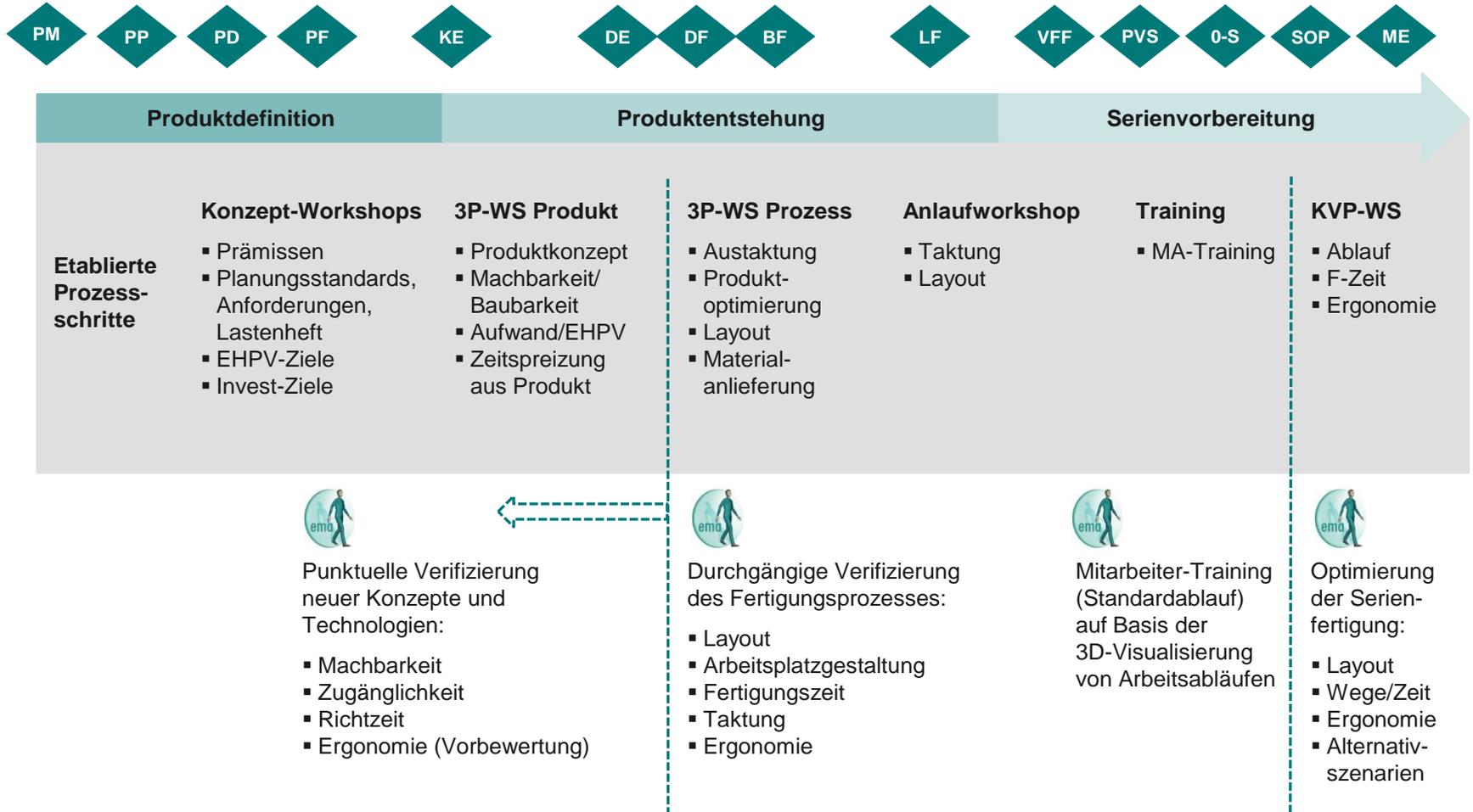


Dr. Lars Fritzsche

Der virtuelle Facharbeiter im PEP

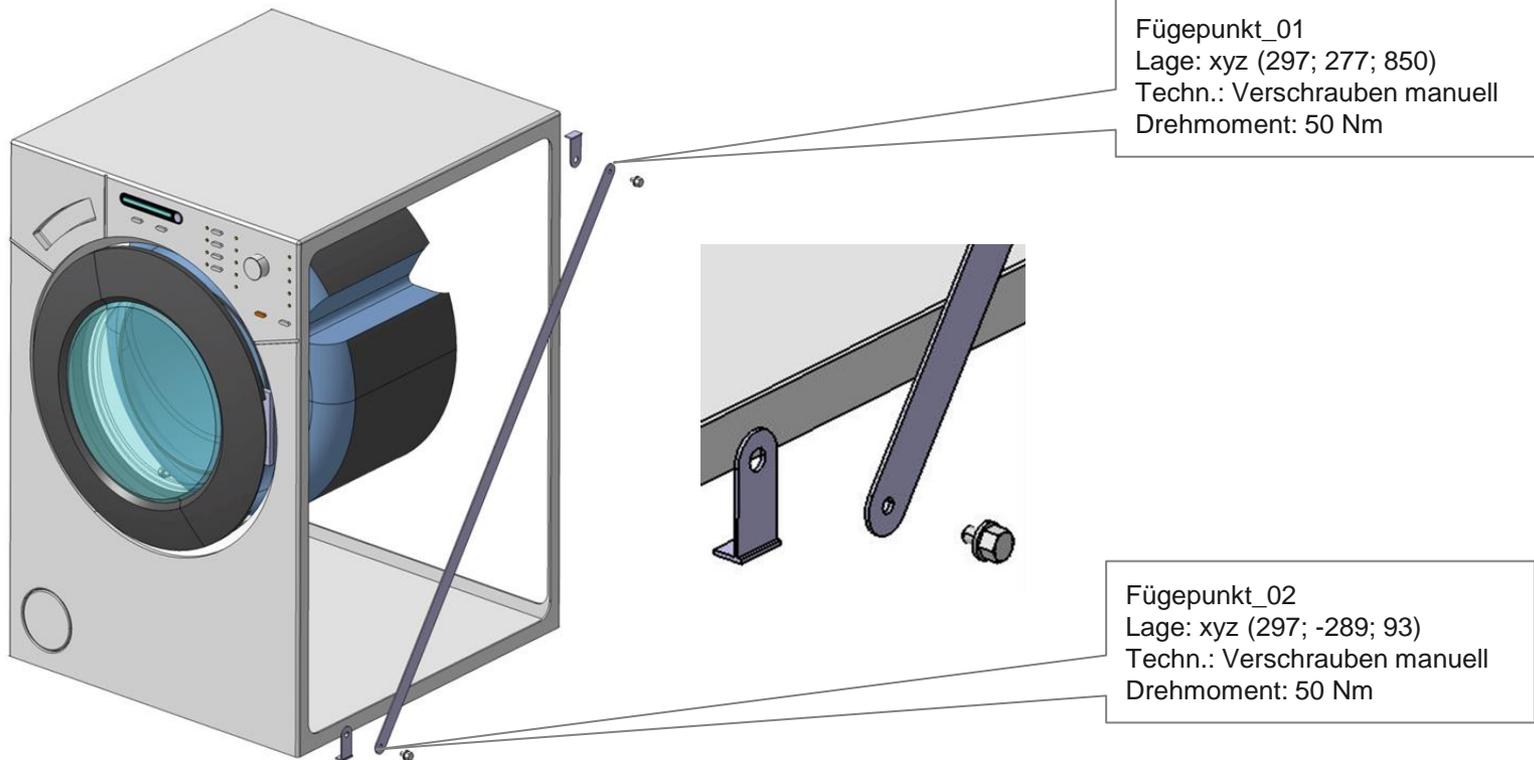
Einsatz im PEP

Durchgängige Anwendung



Anwendung im PEP vom Konzept bis in die Serie

Fügeinformationen „konventionell verschrauben“



Produktdefinition

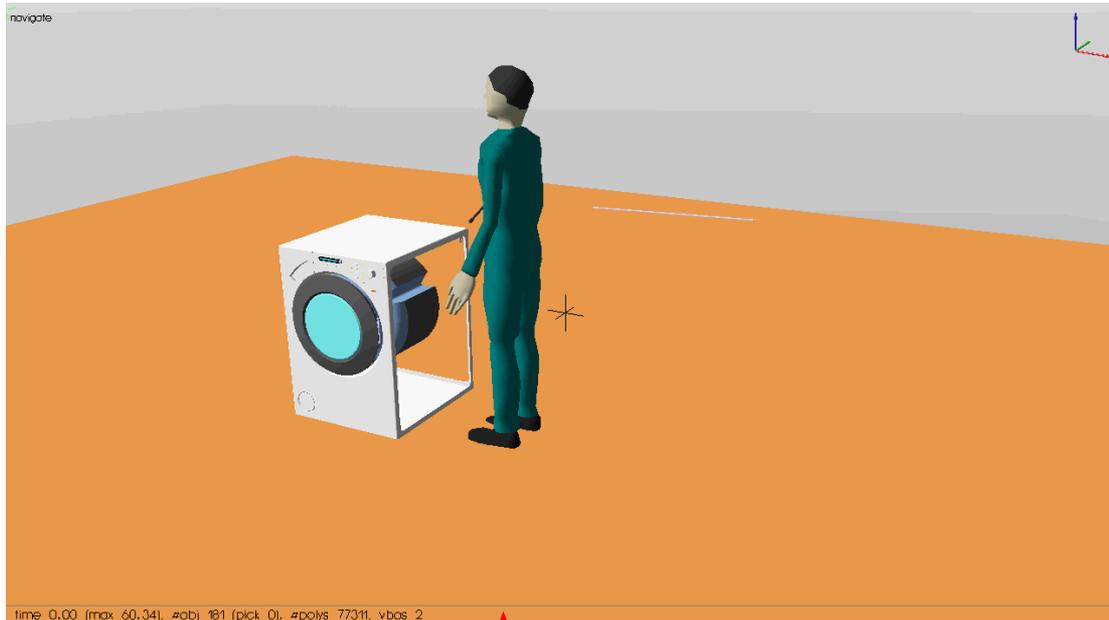
Produktentstehung

Serienvorbereitung

Ausgangsvariante: „konventionell verschrauben auf Boden“

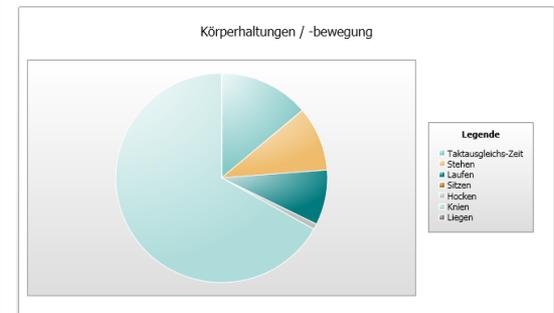
Prozess

- Strebe aufnehmen und positionieren
- Schrauben aufnehmen und positionieren
- Akkuschrauber aufnehmen und Schrauben festdrehen



time 0.00 (max 60.34), #obj 181 (pick 0), #polys 77311, vbos 2

Kriterium	Variante
Arbeitszeit	60 s
Wertschöpfung	28 s
Gesamtdauer ,Stehen‘	7 s
Gesamtdauer ,Laufen‘	6 s
Gesamtdauer ,Knien‘	47 s
Laufweg	6 m
Ergonomie	63 Punkte



Produktdefinition

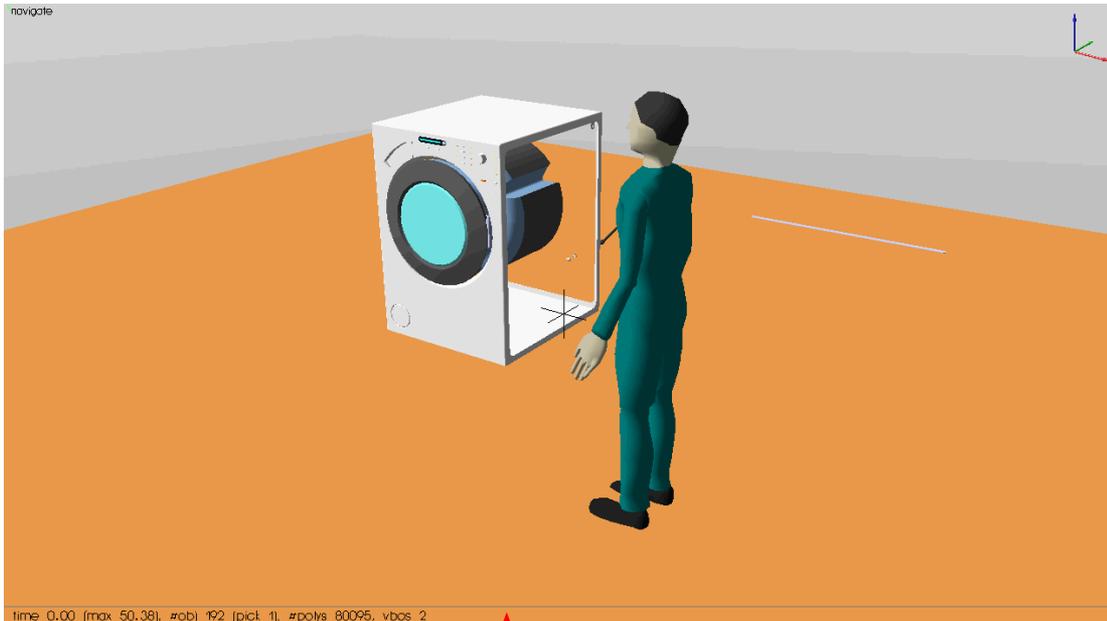
Produktentstehung

Serienvorbereitung

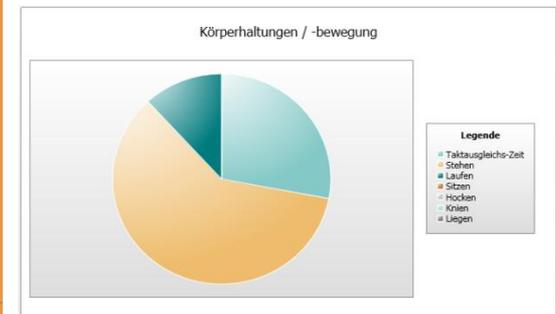
1. Verbesserung: „konv. verschrauben auf Verkettungsmittel“

Prozess

- Strebe aufnehmen und positionieren
- Schrauben aufnehmen und positionieren
- Akkuschrauber aufnehmen und Schrauben festdrehen



Kriterium	Variante
Arbeitszeit	50 s
Wertschöpfung	27 s
Gesamtdauer ,Stehen‘	42 s
Gesamtdauer ,Laufen‘	8 s
Gesamtdauer ,Knien‘	-
Laufweg	7 m
Ergonomie	31 Punkte

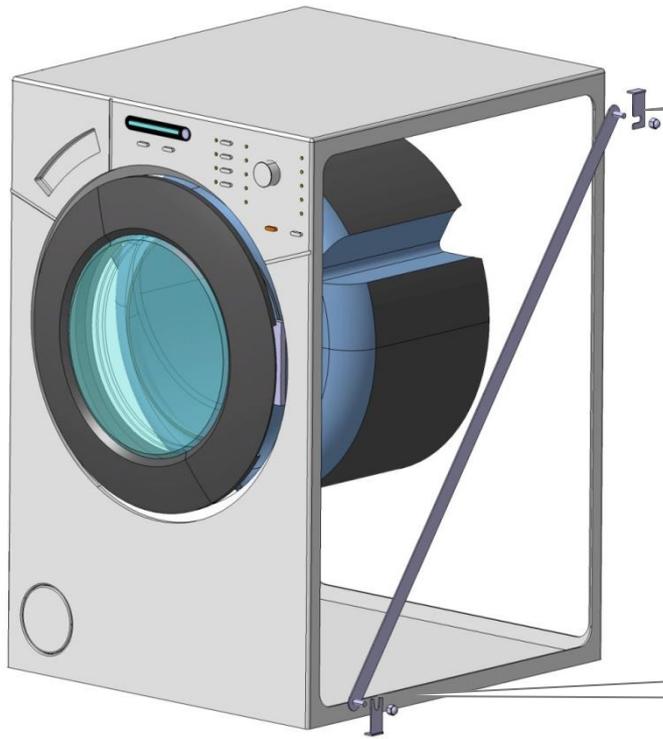


Produktdefinition

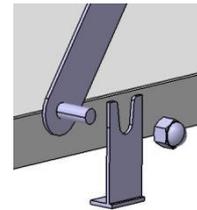
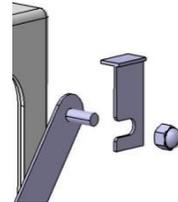
Produktentstehung

Serienvorbereitung

Fügeinformationen „Schweißbolzen mit vormontierten Hutmuttern“



Fügepunkt_01
Lage: xyz (297; 277; 850)
Techn.: Verschrauben manuell
Drehmoment: 50 Nm

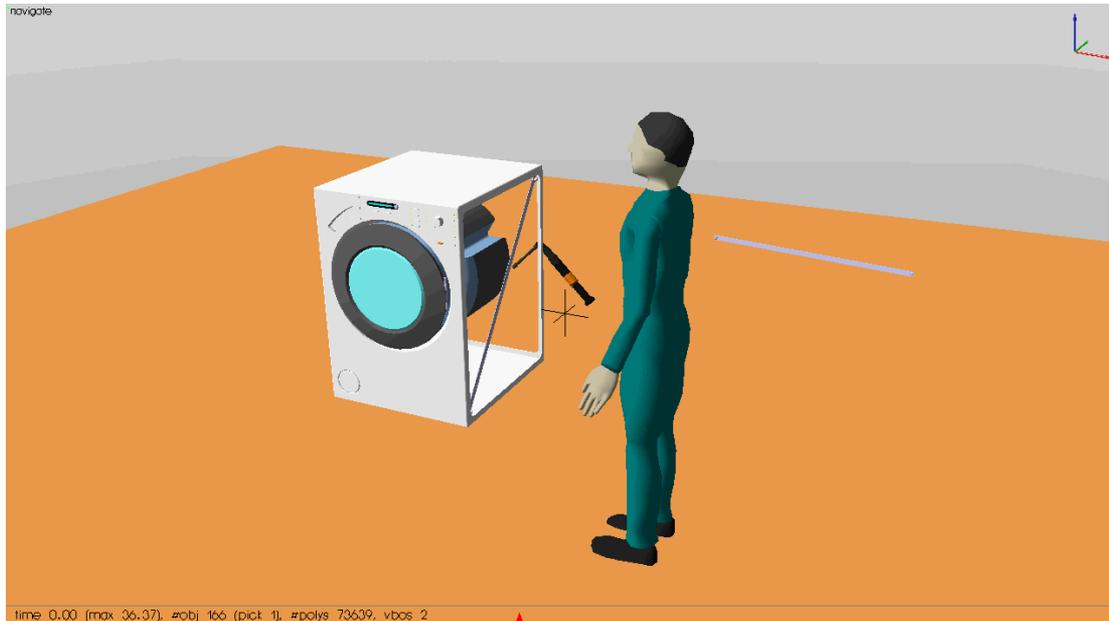


Fügepunkt_02
Lage: xyz (297; -289; 93)
Techn.: Verschrauben manuell
Drehmoment: 50 Nm

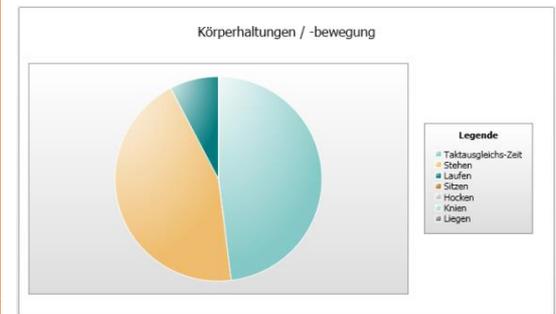
2. Verbesserung: „Schweißbolzen mit vorm. Hutmuttern“

Prozess

- Strebe aufnehmen und auf Boden ablegen
- Hutmuttern locker drehen und Strebe aufnehmen
- Strebe positionieren und Hutmuttern festdrehen



Kriterium	Variante
Arbeitszeit	36 s
Wertschöpfung	20 s
Gesamtdauer ,Stehen‘	31 s
Gesamtdauer ,Laufen‘	5 s
Gesamtdauer ,Knien‘	-
Laufweg	5 m
Ergonomie	17 Punkte



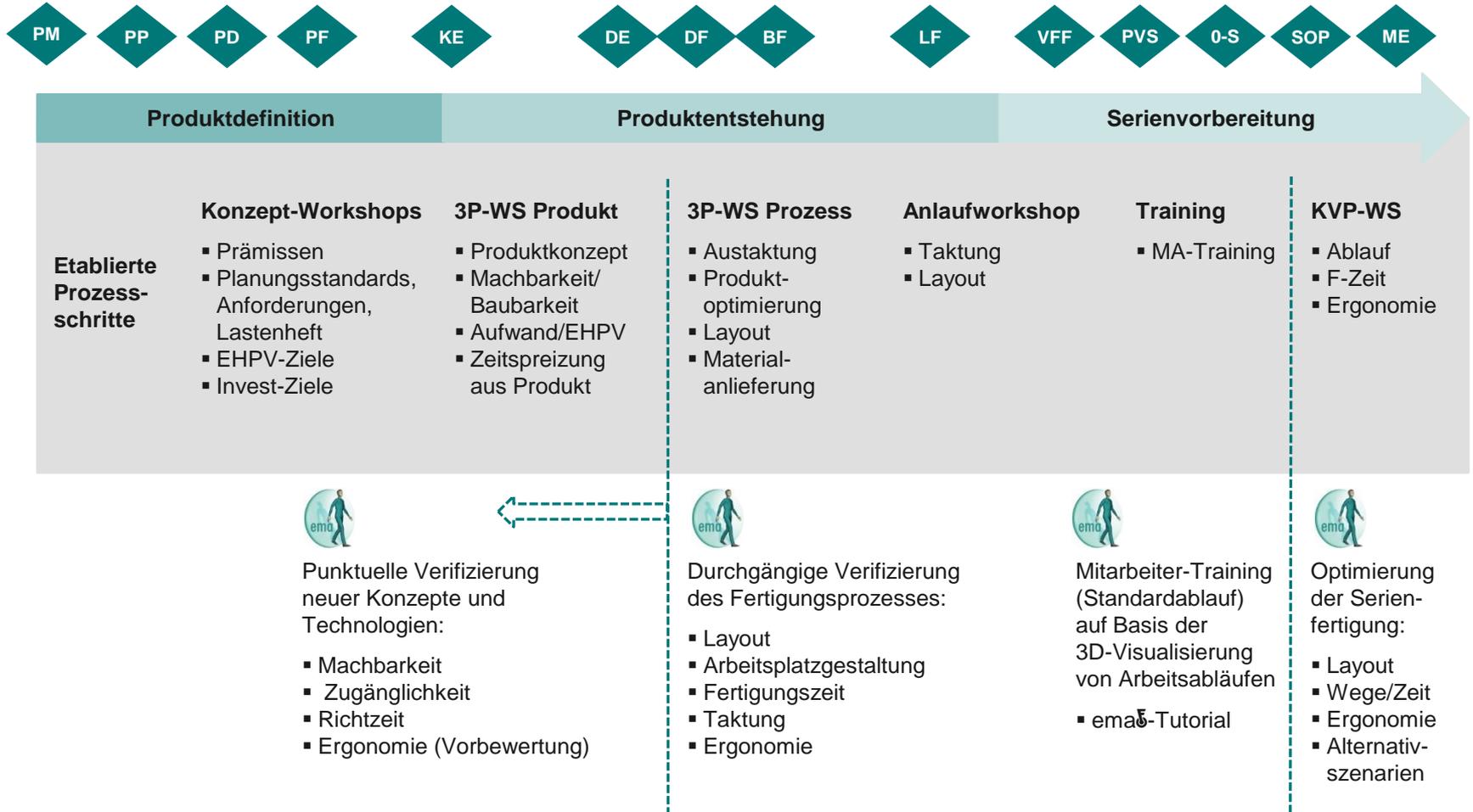
Produktdefinition

Produktentstehung

Serienvorbereitung

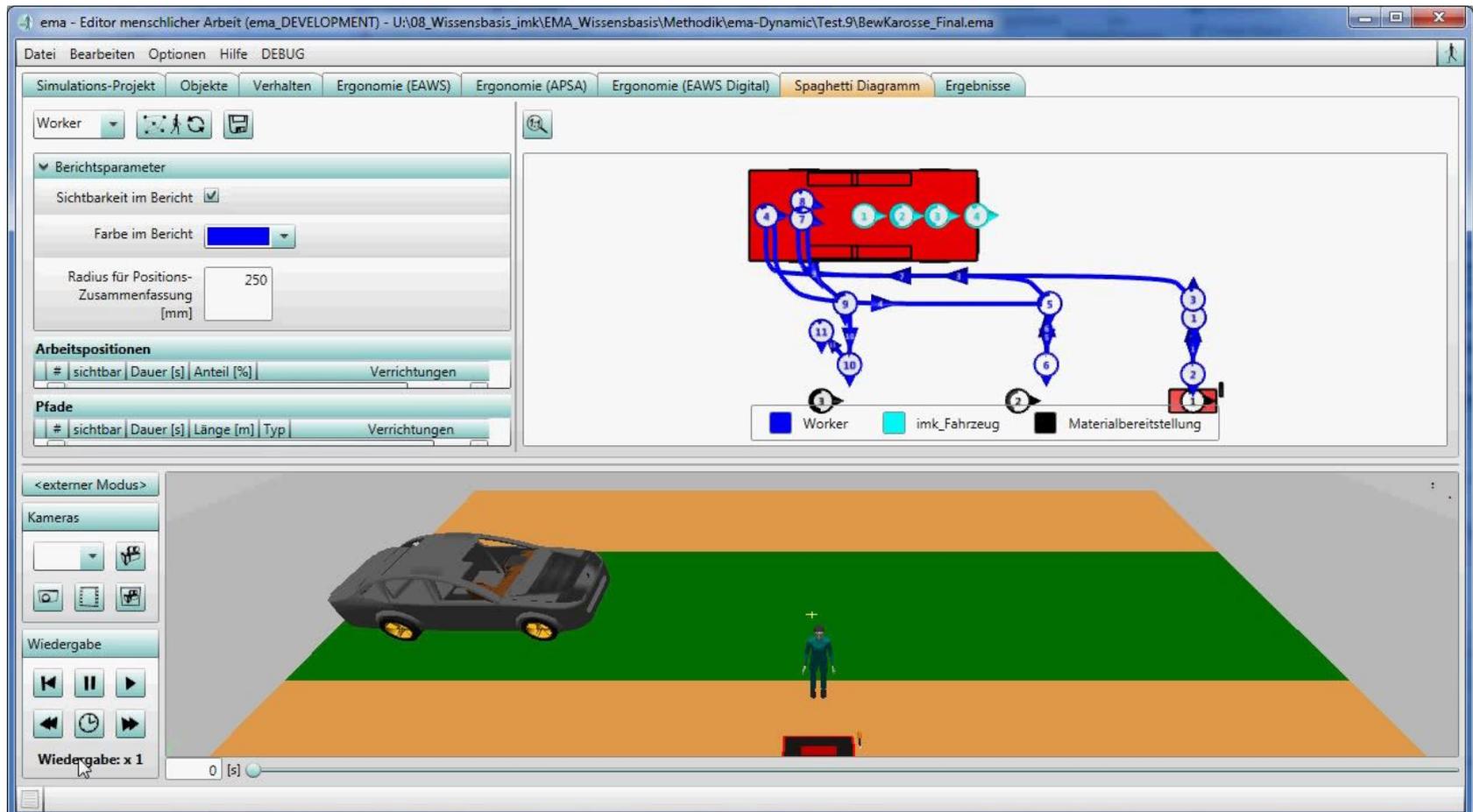
Einsatz im PEP

Durchgängige Anwendung



Anwendung im PEP vom Konzept bis in die Serie

Bewegtes Fahrzeug & Laufweganalyse



The screenshot displays the 'ema - Editor menschlicher Arbeit' software interface. The main window shows a spaghetti diagram with a red car icon at the top, connected by blue lines to various numbered workstations (1-11). A legend at the bottom identifies the elements: a blue square for 'Worker', a cyan square for 'imk_Fahrzeug', and a black square for 'Materialbereitstellung'. The left sidebar contains settings for 'Berichtsparameter' (Report parameters) and 'Arbeitspositionen' (Work positions). The bottom section features a 3D simulation of a worker in a blue uniform moving a car on a green surface, with a timeline at the bottom showing a playback speed of 'x 1' and a time of '0 [s]'.

Die Ergebnisse müssen auf akzeptierten Industriestandards beruhen

#	Typ	Name	Dauer [s]	zeitrelevant	MTM1	Wertschöpfung [%]
0	Laufen zu Ziel	zum SLT	4.052	<input checked="" type="checkbox"/>	SS30C1+W1P+W1P+W1P+mW2P	0
1	Objekt(e) aufnehmen	Dachreihg aufnehmen	0.583	<input checked="" type="checkbox"/>	R35B+G1A	0
2	Laufen zu Ziel	zum FZG	2.204	<input checked="" type="checkbox"/>	TCG+M5B+M5B+M5B	0
3	Hand zu Vorgabeposition bewegen	Hand zu Vorgabeposition be				
4	Objekt(e) platzieren	Dachreihg endgültig pla				
5	Laufen zu Ziel	zum Tisch				
6	Objekt(e) aufnehmen	Schrauben aufnehmen				
7	Hand zu Vorgabeposition bewegen	Hand zu Vorgabeposition be				
8	Objekt(e) aufnehmen	Schrauber aufnehmen				
9	Greifen99					
10	Laufen auf Pfad	zum FZG				
11	Hinsetzen	Hinsetzen72				
12	Objekt(e) platzieren	Mutter 1				
13	Automatisches Werkzeug benutzen	Verschrauben 1				
14	Objekt(e) platzieren	Mutter 2				
15	Automatisches Werkzeug benutzen	Verschrauben 2				
16	Hand zu Vorgabeposition bewegen	Hand zu Vorgabeposition be				
17	Objekt(e) platzieren	Mutter 3				
18	Automatisches Werkzeug benutzen	Verschrauben 3				
20	Objekt(e) platzieren	Mutter 4				
21	Automatisches Werkzeug benutzen	Verschrauben 4				
22	Hand zu Vorgabeposition bewegen	Hand zu Vorgabeposition be				
23	Schritt in Vorgaberichtung	aus FZG				
24	Laufen zu Ziel	zum Tisch				
25	Objekt(e) platzieren	Schrauber ablegen				

Manikin50 | Ergebnisse aktualisieren | Ergebnisse exportieren | Taktzeit: 60s | Gesamt-Arbeitsdauer: 45,9905s (50,3317s)

Allgemein

Basis Taktzeit [s]: 60.0

Takte pro Schicht [#]: 480

Arbeit an sich bewegenden Teilen

Bearbeitung: (Kein Mitlaufen / 1-2 Schritte bei Auf)

Zugänglichkeit

Zugänglichkeit: Von außen

Schwingungen, Impulse, Rückschlagkräfte

Anzahl: 0

Intensität: gering

Gelenkstellungen

Dauer: 0%

Intensität: neutral

Andere körperliche Belastungen

Andere Belastungen: keine anderen körperlichen Belastung

Letzten



Ergonomie-Ergebnisse

Summe Gesamtkörper Punkte: **45**

Summe der Haltungspunkte: 45

Körperhaltungen: 45

Rumpfführung: 0

Rumpffreigng: 0

Reichweite: 0

Summe der Kräfte-Punkte: 0

Fingerkräfte: 0

Arm-/Ganzkörperkräfte: 0

Summe der Lasten-Punkte: 0

Körperhaltungen

#	Körperhaltung	Gesamtdauer [s]	Prozentsatz [%]	Haltungspunkte	Rumpfführung	Rumpffreigng	Reichweite
1		20.652	34.42	1	0	0	0
2		0.000	0.00	0	0	0	0
3		1.095	1.82	1	0	0	0
4		0.000	0.00	0	0	0	0
5		0.000	0.00	0	0	0	0
6		3.446	5.74	7	0	0	0
7		0.000	0.00	0	0	0	0
8		2.290	3.82	0	0	0	0
9		0.000	0.00	0	0	0	0
10		0.738	1.23	1	0	0	0
11		22.111	36.85	35	0	0	0
12		0.000	0.00	0	0	0	0
13		0.000	0.00	0	0	0	0
14		0.000	0.00	0	0	0	0
15		0.000	0.00	0	0	0	0
16		0.000	0.00	0	0	0	0

Ergonomie-Ergebnisse

Summe Gesamtkörper Punkte: **45**

Summe der Haltungspunkte: 45

Körperhaltungen: 45

Rumpfführung: 0

Rumpffreigng: 0

Reichweite: 0

Summe der Kräfte-Punkte: 0

Fingerkräfte: 0

Arm-/Ganzkörperkräfte: 0

Summe der Lasten-Punkte: 0

Umsetzen: 0

Halten: 0

Tragen: 0

Ziehen & Schieben: 0

Summe der Extra-Punkte: 0

Arbeit an sich bewegenden Teilen: 0

Zugänglichkeit: 0

Schwingungen, Impulse, Rückschlagkräfte: 0

Gelenkstellungen: 0

Andere körperliche Belastungen: 0



- MTM-Richtzeit
- Ergonomiebewertung nach EAWS
- Ergonomiedetails (Wirbelsäulenwerte, Körperteil-Höhenangaben, etc.)

Planungsfehler vermeiden und somit Änderungskosten senken

- ✓ Plausibilisierung der Planung der menschlichen Arbeit in 3D
- ✓ Hohe Akzeptanz durch MTM-Normleistungsbezug
- ✓ Automatische Ergonomieanalyse auf Basis von Standardmethoden (z.B. EAWS)
- ✓ Geringer Aufwand bei Änderungen bei durchgängiger Objektreferenzierung

Kunden aus Industrie, Wissenschaft und Bildung



Volkswagen



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ



DAIMLER





innovationen methoden konzepte

Vielen Dank für Ihr Interesse!



Kontakt

Dr. Jens Trepte
Geschäftsführer

Telefon: +49 (0)371 400 97 0

jens.trepte@imk-automotive.de
www.imk-automotive.de



Kontakt

Dr. Lars Fritzsche
Fachbereichsleiter Ergonomie

Mobil: +49 (0)162 250 03 47

lars.fritzsche@imk-automotive.de
www.imk-automotive.de