

22. TECHNO-ÖKONOMIE-KOLLOQUIUM

Fähigkeitsorientierte Arbeitsgestaltung in der Montage durch Mensch-Roboter-Kollaboration

Graz, 27. November 2017

Fabian Ranz, MSc

Fraunhofer Austria Research GmbH
TU Wien – IMW – Betriebstechnik und Systemplanung

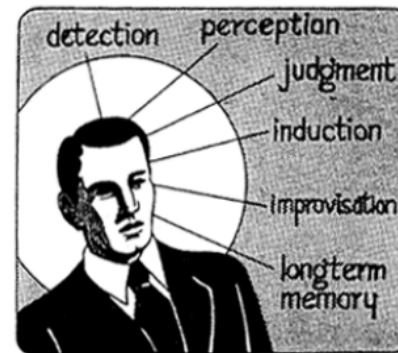
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Produktionsoptimierung | Industrial Engineering

Theresianumgasse 27
A-1040 Wien

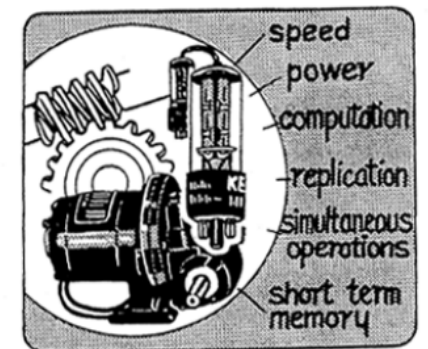
fabian.ranz@fraunhofer.at

+43 676 888 616 39

Humans Surpass Machines in the:



Machines Surpass Humans in the:



[Fitts 1951]

Inhalt

27.11.2017

■ Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Ausgangssituation & Problemstellung
- Forschungsfrage & Hypothese
- Zielsetzung & erwartetes Ergebnis

■ Methodisches Vorgehen

- Eingrenzung des Untersuchungsbereichs
- Aufbau der Arbeit
- Literatur

■ Ausblick und offene Fragen

SACHSENHEIM

Roboter hilft Menschen mit Handicap

Industrie 4.0

Gemeinsam: Mensch und Roboter

Von Peter Ilg - 31. März 2014 - 05:00 Uhr

Mensch oder Roboter: Arbeitswelt der Zukunft
BZ-GASTBEITRAG VON RUDOLF KAST zum Diskussionsentwurf des
Weißbuches Arbeiten 4.0 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

7. Februar 2017, 18:53 Uhr Mensch und Maschine

Nicht ohne meinen Roboter

Wirtschaft
13.04.2016

Kommentare (0) Drucken

Arbeitsteilung von Mensch und Roboter

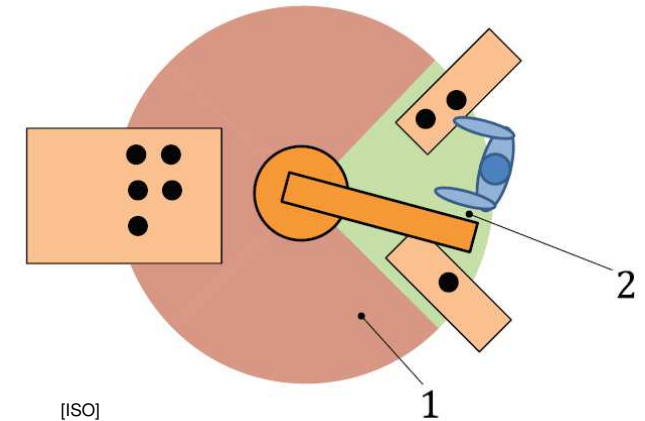
AUGSBURG

Kuka und Fujitsu führen Roboter und Mensch zusammen

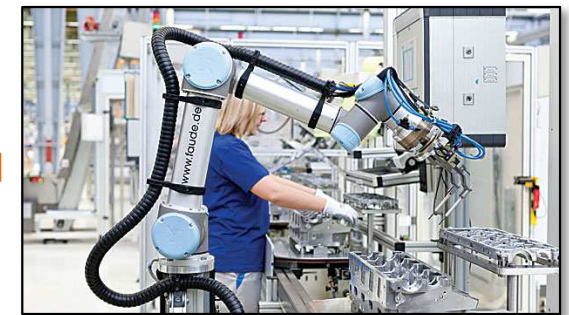
Ausgangssituation und Problemstellung

Mensch-Roboter-Kollaboration in der Industrie

- *Mensch-Roboter-Kollaboration* nach [ISO/TS 15066]:
 - Die Arbeit in unmittelbarer Nähe zu einem Robotersystem,
 - welches währenddessen mit Energie versorgt wird,
 - und bei der physischer Kontakt zwischen Roboter und Mensch aufgrund des gemeinsamen Arbeitsraums prinzipiell eintreten kann.
- *Mensch-Roboter-Kollaboration* soll bewirken
 - gegenüber manueller Arbeit:
 - Wirtschaftlichkeitsverbesserung [Bauer 2016],
 - Ergonomieverbesserung [Bauer 2016] [Deuse et al. 2016],
 - gegenüber vollautomatisierter Arbeit:
 - Flexibilitätssteigerung [Matthias 2015]
 - Reduktion des Investitionsbedarfs [Matthias 2015]



[Fraunhofer IFF]



[Assembly Mag]

Dennoch bislang nur wenige industrielle Anwendungen,
insb. in der Montage [Spena et al. 2016], [Bauer 2016]

Ausgangssituation und Problemstellung

Hindernisse bei der Umsetzung von Mensch-Roboter-Kollaboration

■ Durchführung einer Studie zur Identifikation der Gründe für die geringe Industrialisierung von MRK

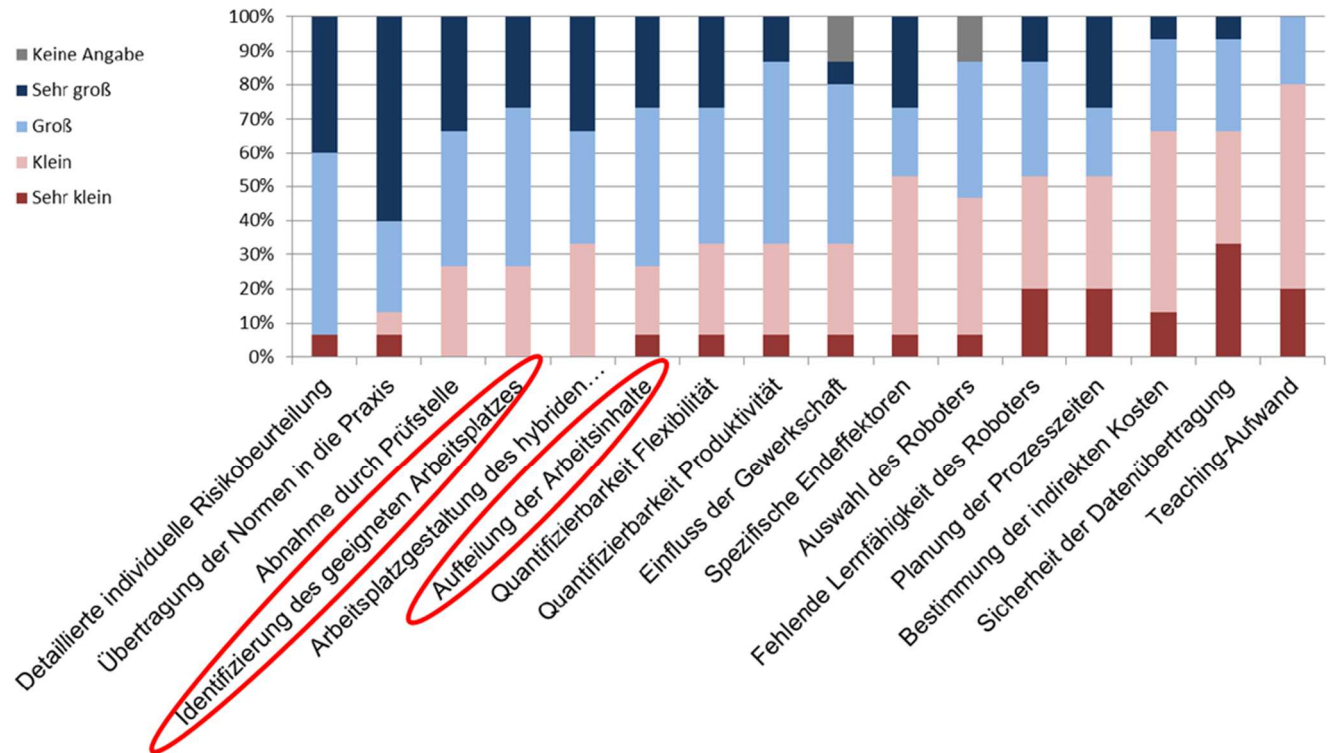
- Breitenbefragung von Roboterherstellern und Systemintegratoren (n=29)
 - Likert-Skala mit vier Ebenen
- Tiefenbefragung von MRK-Anwenderunternehmen (n=5)

■ Erkenntnisse der Studie:

- Technologie unkritisch
- Kernproblemfelder
 - Sicherheit
 - MRK-Planung und -Design



Aufgaben bei der Planung und Implementierung von MRK werden bislang nicht durch das „klassische“ Fabrikplanungsvorgehen unterstützt



Ausgangssituation und Problemstellung

Anforderungen an die Arbeitsteilung zwischen Mensch und Roboter

- Ansatz der Mensch-Roboter-Kollaboration ist, die **Fähigkeiten** von Menschen und Robotern bestmöglich zu **kombinieren**. [Spillner 2015] [Reinhart 2011] [Krieger et al. 2008]
- Die Aufgabenverteilung sollte dynamisch und individuell erfolgen [Luedtke 2014] und zur **Persönlichkeitsförderlichkeit** der Arbeit **beitragen** [Wischniewski 2015].
- Eine **starre Aufgabenallokation** ohne Berücksichtigung **individueller Faktoren** hingegen wird **nicht zu idealen Ergebnissen** führen. [Wischniewski 2015]
- **Berücksichtigung** von Mitarbeiterfähigkeiten sollte bereits **während der Arbeitssystemplanung** erfolgen, nicht erst im Betrieb. [Reinhart 2011]

Generelle Anforderungen an die Arbeitsgestaltung in der industriellen Mensch-Roboter-Kollaboration

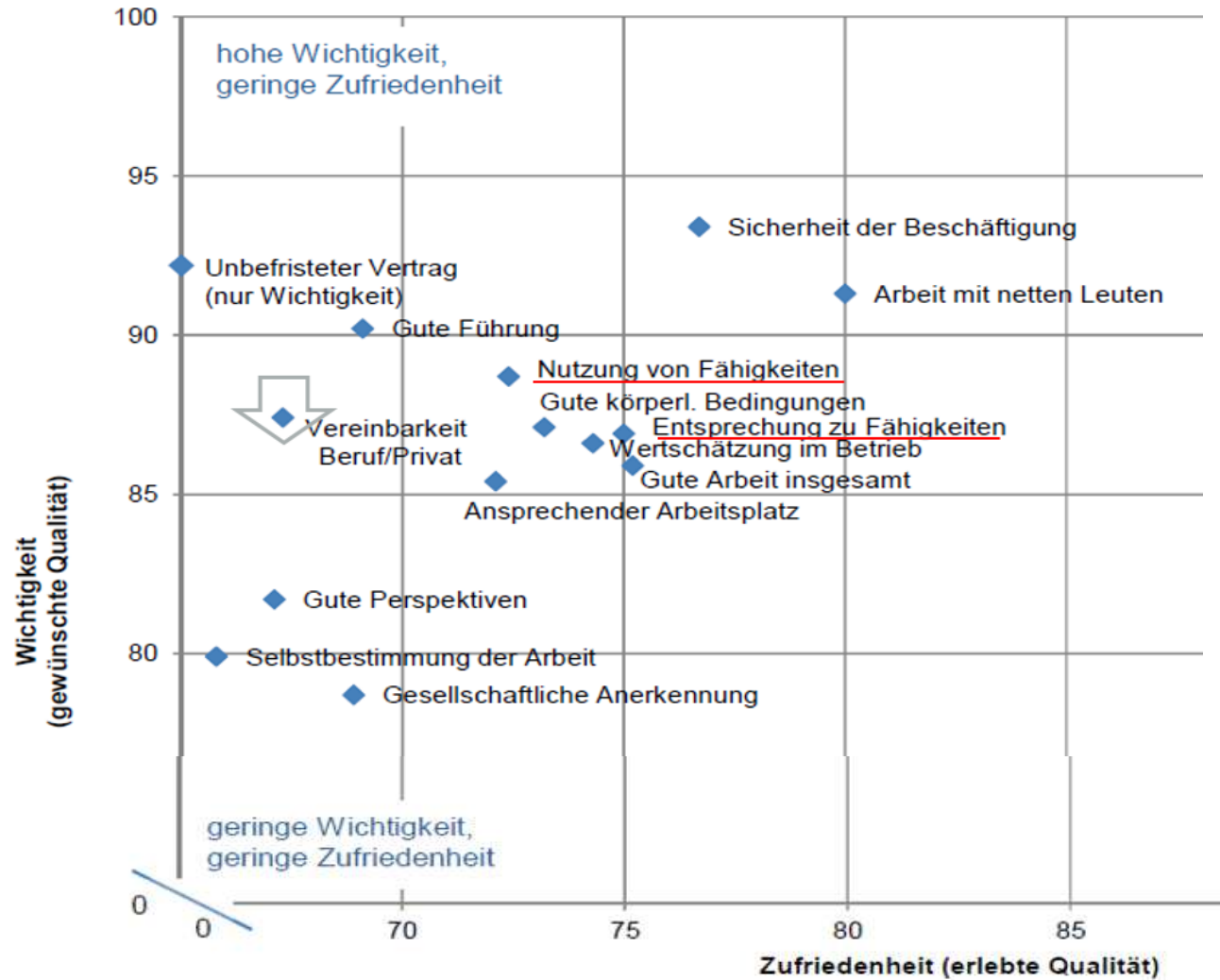
Ausgangssituation und Problemstellung

Zur Fokussierung auf Fähigkeitsorientierung

Angemessene Nutzung von Fähigkeiten und gute Entsprechung von Fähigkeiten und Anforderungen sind wichtige Komponenten von gewünschter Arbeitsqualität.



Die erlebte Arbeitsqualität wird geringer als die gewünschte eingestuft, woraus sich ein Handlungsbedarf für Arbeitgeber ergibt.
[Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2015]



[BMA 2013]

Ausgangssituation und Problemstellung

Zur Fokussierung auf Fähigkeitsorientierung

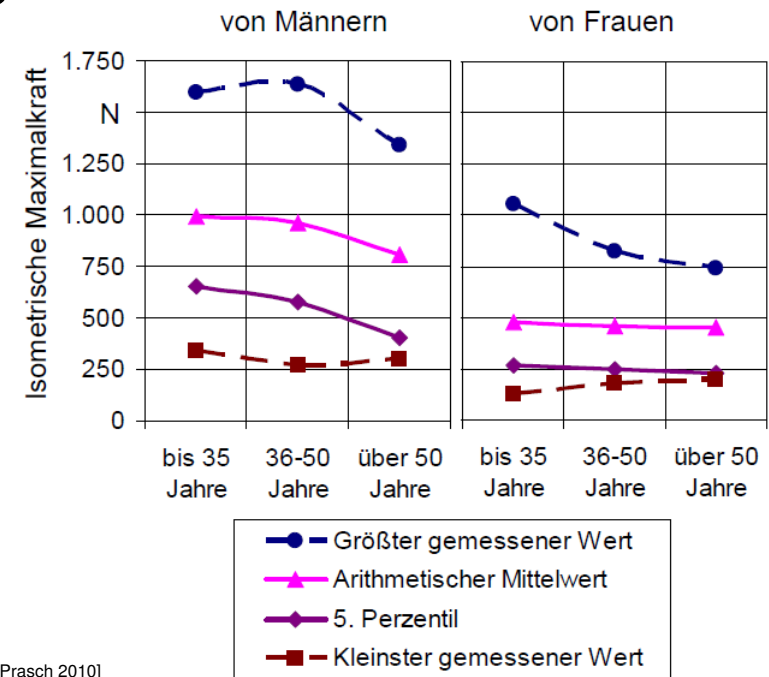
■ Montagerelevante Fähigkeitsausprägungen variieren zwischen Individuen, eine pauschale Fähigkeitsbetrachtung von Menschen insgesamt ist nicht möglich.

- Demografischer Wandel
- Leistungswandlung

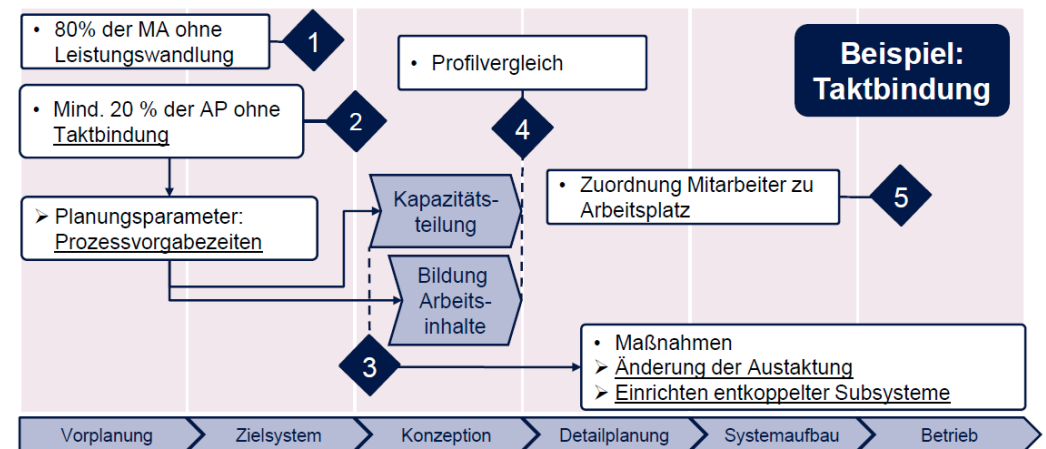
■ Fähigkeiten von Ressourcen, insb. Mitarbeitern werden häufig nicht in der Arbeitssystemplanung sondern erst im Betrieb berücksichtigt

- Planungsproblem
- Effizienzverluste durch Änderungen in Zuordnung und Aufteilung

Erreichte Kräfte beim Heben eines Stapelkastens von einer Euro-Palette in Unterfassung



[Prasch 2010]



[Reinhart 2011]

Zielsetzung und erwartetes Ergebnis

Mensch-Roboter-Kollaboration als Alleskönner

Forschungsfrage: Welche qualitativen und quantitativen Effekte hat die (Nicht-) Berücksichtigung von individuellen Fähigkeitsausprägungen bei der Aufgabenallokation für die Mensch-Roboter-Kollaboration in der Fließmontage?

Hypothese 1: Die Berücksichtigung von individuellen Fähigkeiten bei der Aufgabenallokation in der Mensch-Roboter-Kollaboration führt zu verbesserter empfundener Arbeitszufriedenheit.

Hypothese 2: Die Berücksichtigung von individuellen Fähigkeiten bei der Aufgabenallokation in der Mensch-Roboter-Kollaboration führt zu reduzierten Beanspruchungen (verbesserter Ergonomie).

Hypothese 3: Es besteht ein Zusammenhang zwischen Fähigkeitsorientierung in der Aufgabenallokation und der Systemproduktivität in der kollaborativen Montage.

Forschungslücke

Individuelle Fähigkeitsbetrachtung für die Mensch-Roboter-Kollaboration

- Maximierung der Automatisierung: Nur „nicht automatisierbare“ Aufgaben werden vom Mensch durchgeführt [z.B. Bauernhansl 2016], Identifikation durch Automatisierungsschecklisten [z.B. Deutschländer 1989, Ross 2002...]
- Paarweiser Vergleich von Fähigkeiten auf Grundlage von alphanumerischen Parametern [Müller et al. 2016]
- Multi-kriterielle ad-hoc Aufgabenzuteilung auf Grundlage von Ressourcenfähigkeit, Verfügbarkeit und Prozesszeit [Chryssolouris et al. 2016]
- Zuteilung aufgrund von Fähigkeitskennzahlen, deliberalisiert aus den Unternehmenszielen Zeit, Kosten, Qualität [Beumelburg 2004]
- Zuteilung von Aufgaben unter
 - Leistungswandlung [Spillner 2014]
 - Berücksichtigung ihrer zukünftigen Änderungswahrscheinlichkeit und der damit verbundenen Änderungskosten [Takata et al. 2011],
 - Aufgabenpräferenzen [Gombolay et al. 2015]
 - ...

Die vorhandenen wissenschaftlichen Ansätze und Methoden

...sind technik-, nicht menschenzentriert.

...beurteilen qualitative menschliche Fähigkeiten subjektiv.

...berücksichtigen nicht die Individualität von Fähigkeiten und Fertigkeiten.

...unterstützen die Lösung des Optimierungsproblem der Aufgabenallokation im Flow Shop nicht.

Zielsetzung und erwartetes Ergebnis

Mensch-Roboter-Kollaboration als Alleskönner

Ziel der Arbeit ist es...

1. ...die Möglichkeiten zur **fähigkeitsorientierten Arbeitsgestaltung zu objektivieren**.
2. ...eine **integrierte Berücksichtigung von Menschen und Roboter** in der Arbeitsgestaltung, insb. bei der Aufgabenallokation, zu ermöglichen.
3. ...die **Aufgabenallokation in kollaborativen Arbeitssystemen** als komplexes Planungsproblem zu beschleunigen und vereinfachen.

Ergebnis der Arbeit ist eine **Methode**...

- ...welche montagerelevanten Fähigkeiten und aufgabenrelevanten Anforderungen **individuell quantifizieren** und in Bezug setzen kann (similarity measure).
- ...welche das Delta zwischen Anforderungen und Fähigkeitsangebot auf Mitarbeiterseite durch Einsatz eines Roboters zu kompensieren versucht.
- ...die durch Ansätze des **Operations Research / Data Analytics** auch umfangreiche Allokationsaufgaben effizient und annähernd optimal löst.

Inhalt

27.11.2017

■ Beschreibung des Forschungsvorhabens

- Ausgangssituation & Problemstellung
- Zielsetzung & erwartetes Ergebnis
- Forschungsfrage & Hypothese

■ Methodisches Vorgehen

- Eingrenzung des Untersuchungsbereichs
- Aufbau der Arbeit
- Literatur

■ Ausblick und offene Fragen

SACHSENHEIM

Roboter hilft Menschen mit Handicap

Industrie 4.0

Gemeinsam: Mensch und Roboter

Von Peter Ilg - 31. März 2014 - 05:00 Uhr

Mensch oder Roboter: Arbeitswelt der Zukunft
BZ-GASTBEITRAG VON RUDOLF KAST zum Diskussionsentwurf des
Weißbuches Arbeiten 4.0 des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales.

7. Februar 2017, 18:53 Uhr Mensch und Maschine

Nicht ohne meinen Roboter

Wirtschaft
13.04.2016

Kommentare (0) Drucken

Arbeitsteilung von Mensch und Roboter

AUGSBURG

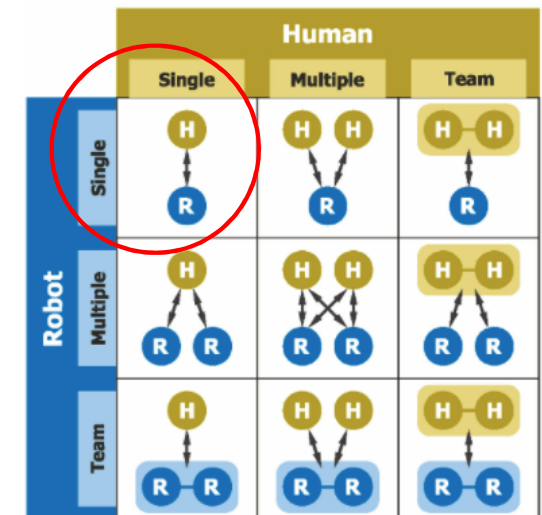
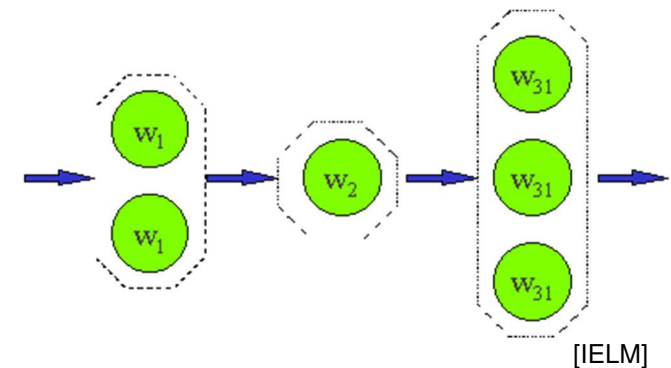
Kuka und Fujitsu führen Roboter und Mensch zusammen

Methodisches Vorgehen

Eingrenzung des Untersuchungsbereichs

Die Eingrenzung des Untersuchungsbereichs ist erfolgt für...

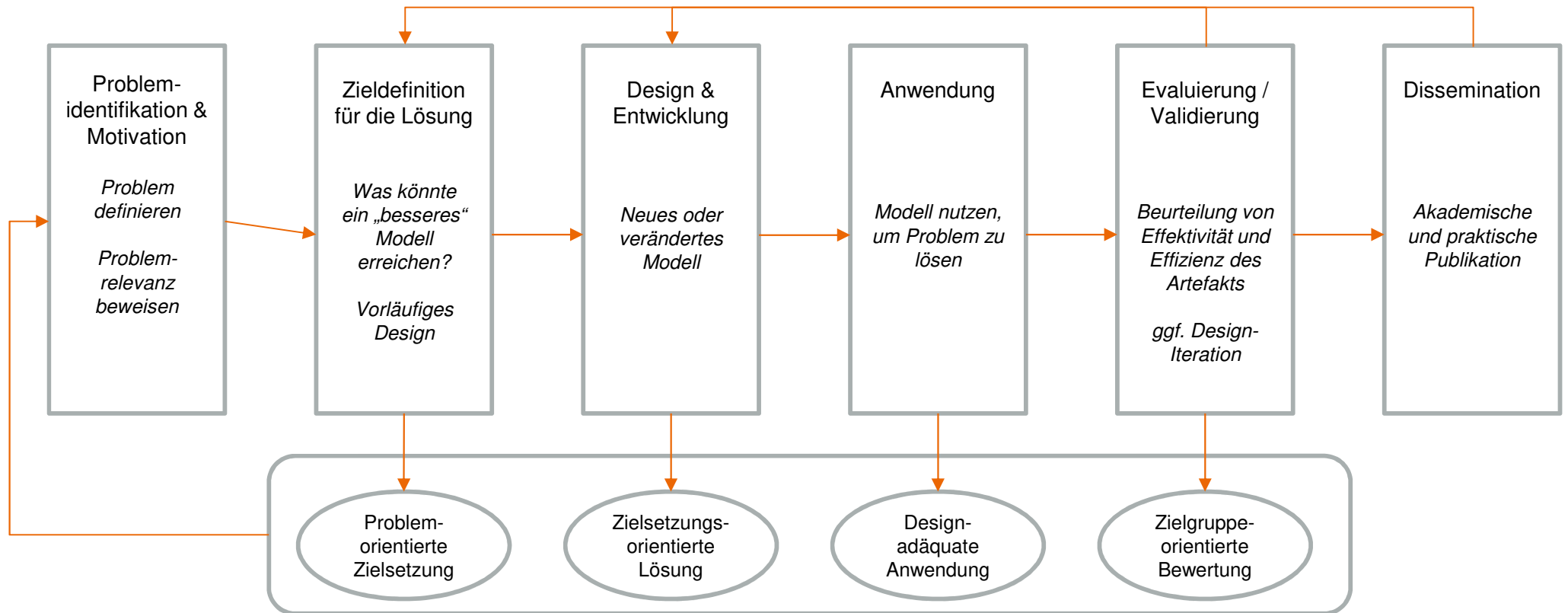
- Fertigungsbereich: *Montage*
- Fertigungsablauf: *Flow Shop*
- Zieldimensionen
 - *Fähigkeitsorientierung* (→ *Arbeitszufriedenheit*)
 - *Ergonomie*
 - *Durchlaufzeit* (→ *Kosten*)
- Multiplizität: *1-1*
- Fähigkeiten zum Zeitpunkt t_0 ohne Fortschiebung
- Ausgrenzung von Performance-Faktoren
 - Motivation
 - Müdigkeit, ...



[Wang et al. 2017]

Methodisches Vorgehen

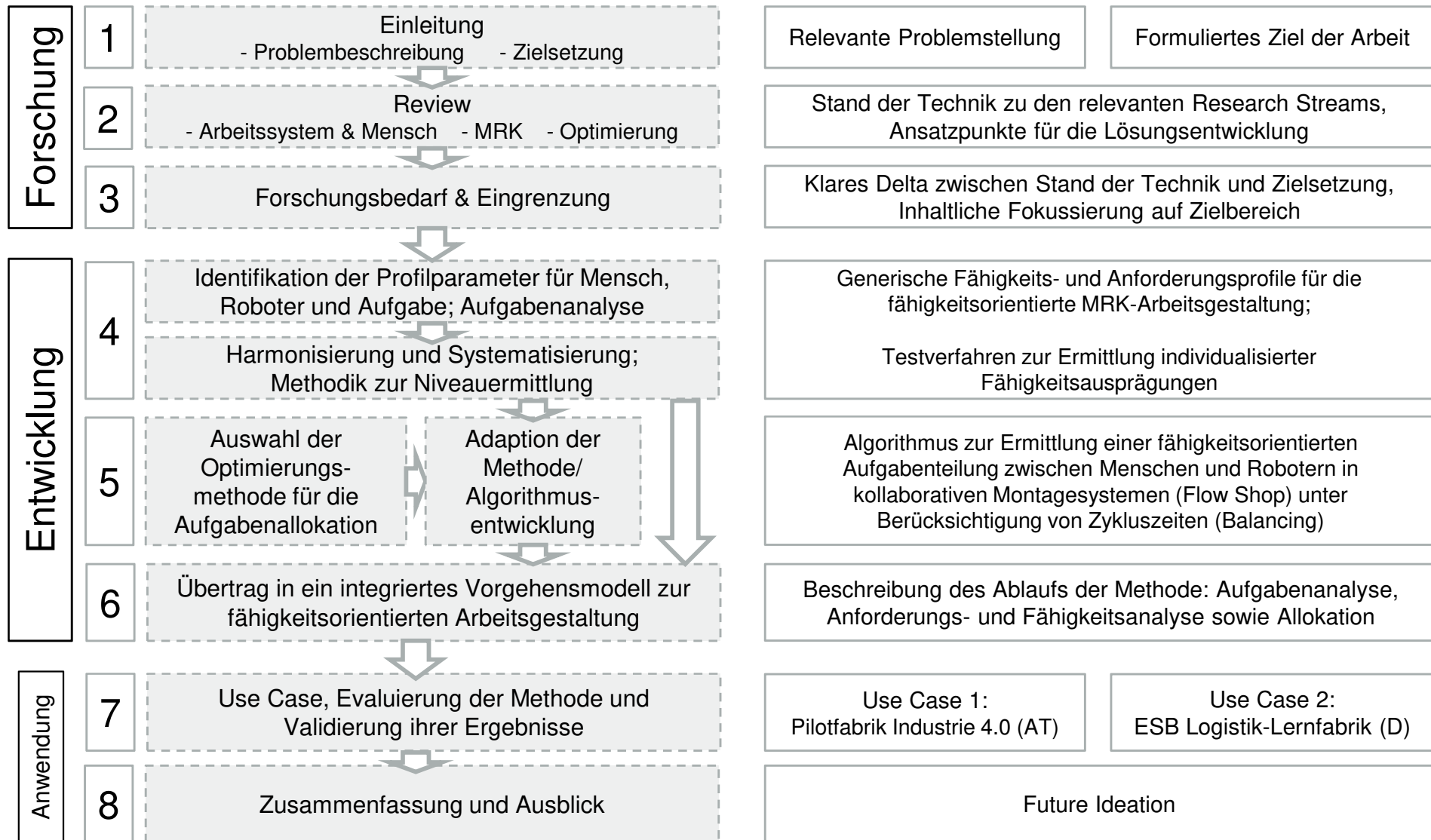
Takeda Design Cycle



[Takeda et al. 1990]

Methodisches Vorgehen

Aufbau der Arbeit und jeweilige Teilergebnisse



Methodisches Vorgehen

Research Streams und Literatur

Human Factors

Gombolay, Matthew C., Reymundo A. Gutierrez, Shanelle G. Clarke, Giancarlo F. Sturla, and Julie A. Shah. **Decision-making authority, team efficiency and human worker satisfaction in mixed human-robot teams.** Autonomous Robots 39:3 (10/2015), pp. 293-312.

R. Spillner. **Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion.** Genehmigte Dissertation, Institut für Maschinenwesen, TU München, 2015.

J.M. Bradshaw, M. Johnson, P.J. Feltovich. **Human-Agent Interaction.** Handbook of Human-Machine Interaction, 2011. pp. 283-302.

Hancock PA, Scallen SF (1996) **The future of function allocation.** Ergon Des Q Hum Factors Appl 4:24-29

P.M. Fitts, ed. **Human Engineering for an Effective Air Navigation and Control System.** Washington, D.C.: National Research Council, 1951

Industrial Engineering

P.R. Spena, P Holzner, E Rauch, R Vidoni, D.T. Matt. **Requirements for the Design of flexible and changeable Manufacturing and Assembly Systems: a SME-survey.** Procedia CIRP 41 (2016) pp. 207-212.

D. Schröter, P. Kuhlmann, T. Finsterbusch, B. Kuhrke, A. Verl: **Introducing Process Building Blocks for Designing Human Robot Interaction Work Systems and Calculating Accurate Cycle Times.** Procedia CIRP 44 (2016) pp. 216-221.

D. Schröter, P. Jaschewski, B. Kuhrke, A. Verl. **Methodology to identify applications for collaborative robots in powertrain assembly.** Procedia CIRP 55 (2016), pp. 12-17

C. Thomas, L. Stankiewicz, A. Grötsch, S. Wischniewski, J. Deuse, B. Kuhlentötter. **Intuitive work assistance by reciprocal human-robot interaction in the subject area of human-robot collaboration.** Procedia CIRP 44 (2016) pp. 275-280

Robotik

W. Bauer, M. Bender, M. Braun, P. Rally, O. Scholtz. **Roboter ohne Schutzzaun in der Montage – Stand der Anwendungen** wt Werkstattstechnik online Jahrgang 106 (2016) H9, S. 616-621

R. Müller, M. Vette, O. Mailahn. **Process-oriented task assignment for assembly processes with human-robot interaction.** Procedia CIRP 44 (2016) pp. 210-215.

P. Tsarouchi, A.S. Matthaiakis, S. Makris, G. Chryssolouris. **On a human-robot collaboration in an assembly cell.** International Journal Of Computer Integrated Manufacturing (2016).

J. Krüger, T.K. Lien, A. Verl. **Cooperation of human and machines in assembly lines.** CIRP Annals – Manufacturing Technology 58 (2009), pp. 628-646

S.Y. Nof. **Handbook of Industrial Robotics.** 2nd Edition. ISBN 0-471-17783-0

Operations Research

E. Nunes, M. Manner, H. Mitchie, M. Gini. **A taxonomy for task allocation problems with temporal and ordering constraints.** Robotics and Autonomous Systems. Vol. 90, April 2017, pp. 55-70

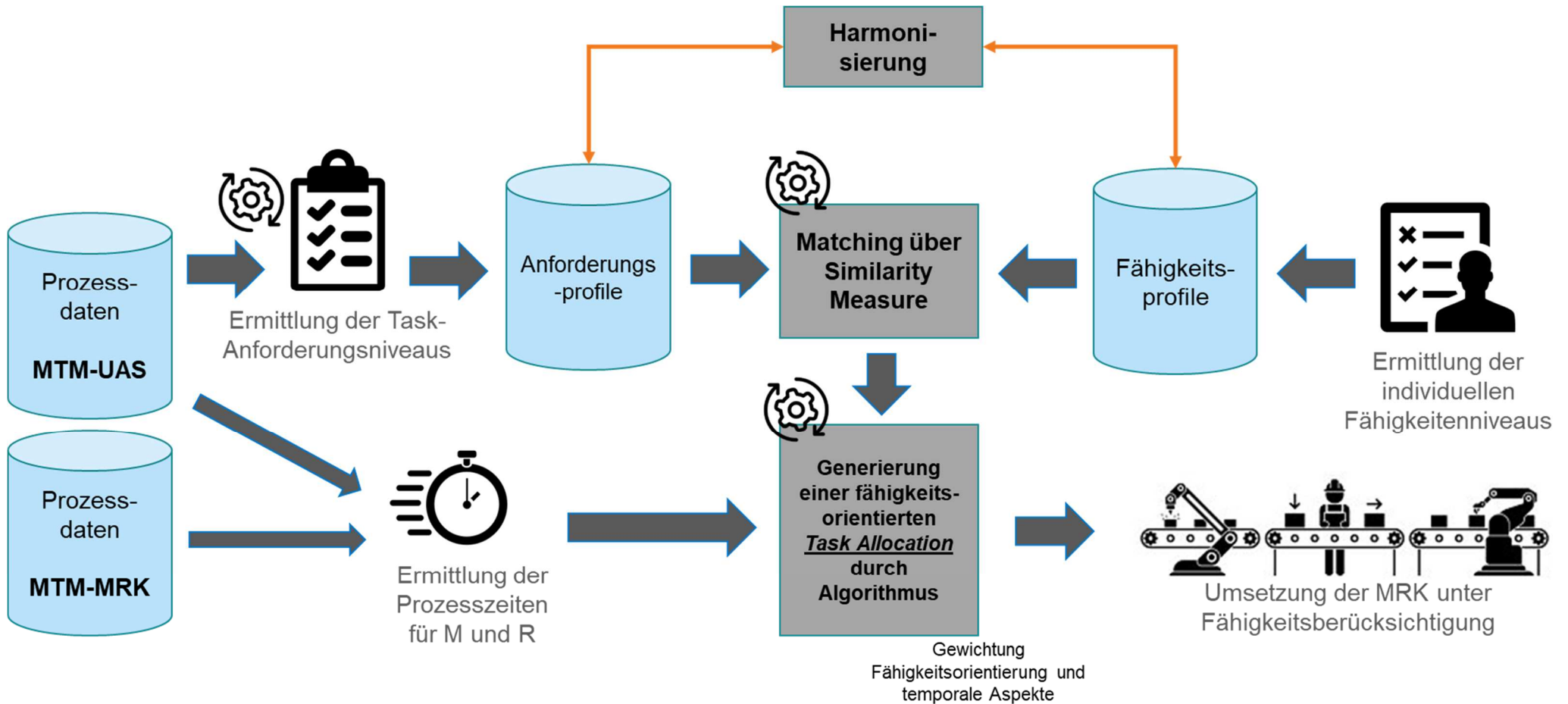
F. Chen, K. Sekiyama, F. Cannella, T. Fukuda. **Optimal Subtask Allocation for Human and Robot Collaboration Within Hybrid Assembly System.** IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol. 11, #4, October 2014

S. Takata, T. Hirano. **Human and robot allocation method for hybrid assembly systems.** CIRP Annals – Manufacturing Technology 60 (2011), no. 1, pp. 9-12.

K. Beumelburg. **Fähigkeitsorientierte Montageablaufplanung in der direkten Mensch-Roboter-Kooperation.** Genehmigte Dissertation, Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart, 2005.

Ausblick

Vorläufiges Design des Lösungsansatzes



Offene Fragen

- Sind Forschungsfrage und Hypothese ausreichend detailliert?

- Ist die Eingrenzung der Arbeit auf die Zieldimensionen
 - Fähigkeitsorientierung
 - Durchlaufzeitzu weit gefasst oder zu eng?

- Wie sollte die praktische/industrielle Relevanz des Ansatzes sichergestellt und ggf. erhöht werden?



Wir begleiten Sie gerne in
innovativen Projekten...



„INNOVATIVE LÖSUNGEN FÜR DAS HEUTE VON MORGEN“

Fabian Ranz, MSc
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Produktionsoptimierung | Industrial Engineering

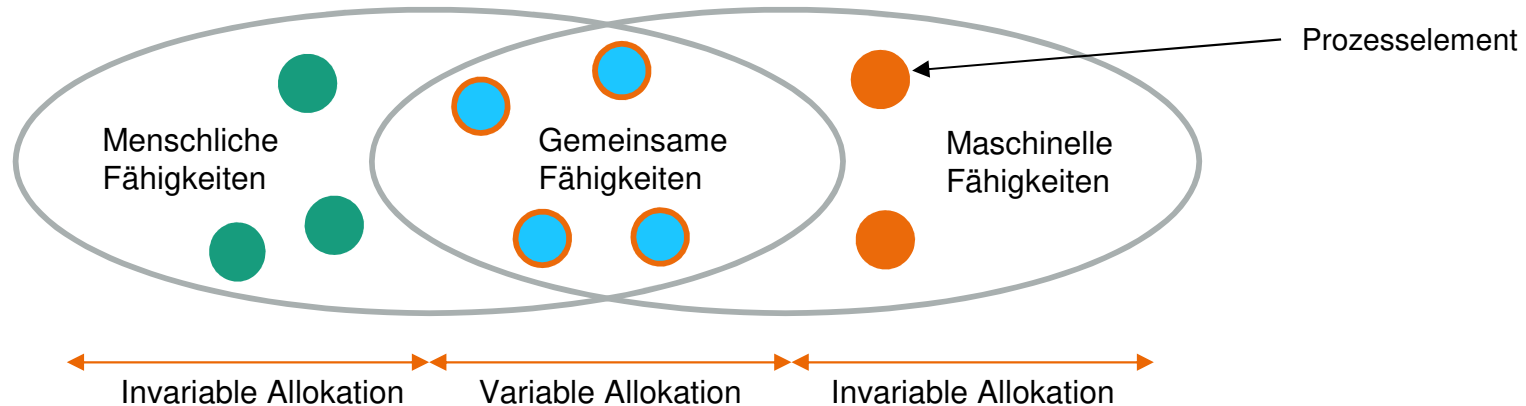
Telefon: +43 676 888 616 39
Email: fabian.ranz@fraunhofer.at

Back-Up

Lösungsansatz

Aktueller Arbeitsstand - Grundannahme

- Annahme: Es gibt Aufgaben, die aufgrund einzigartiger Fähigkeiten zugeteilt werden können, und es gibt Fähigkeiten, die aufgrund höherer/besserer Fähigkeitsausprägung zugeteilt werden können.



- KO-Kriterien: Über paarweisen Vergleich von Prozessanforderungen und Ressourcenfähigkeiten werden Aufgaben aus dem Bereich der „invariablen Allokation“ zugeordnet, dies können bspw. Automatisierungshindernisse oder ergonomische Prozessschwächen sein.

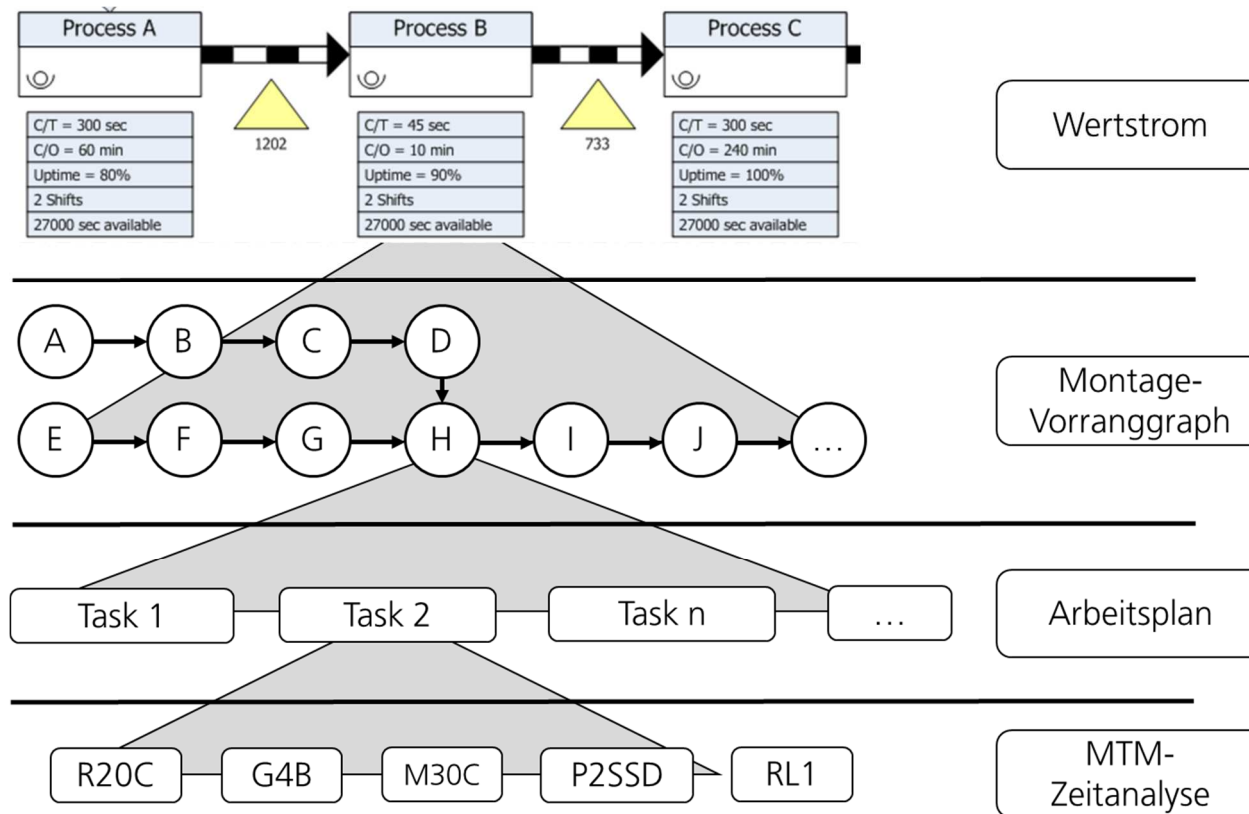
- Beispiel Zuordnung Roboter:

Assembly task	Task-relevant criteria from catalogue	True characteristic	Task-allocation indication
Grouting bearing into rear wheel	Applying pressure to object through a wrist joint end position	frequently	robot
...
Sorting un-ripe fruits from conveyor belt	Subjective decision making based on unprecise optical indication	required	human

- Beispiel Zuordnung Mensch:

Lösungsansatz

Aktueller Arbeitsstand - Aufgabenanalyse



Abgleich Aufgabenanforderungen und individuelle Fähigkeiten

