

Planung und Gestaltung interaktiver Mensch-Roboter-Systeme

Technische Universität Dortmund
André Hengstebeck
Bocholt, 20.03.2019

Institutsleitung

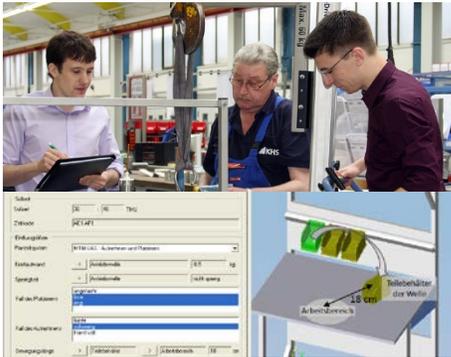


Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Jochen Deuse



- Gegründet 2012
- Forschung im Bereich Industrial Engineering seit den 1980er Jahren durch die Vorgängerlehrstühle LFV und APS
- Aktuell ca. 40 wissenschaftliche und technische Mitarbeiter der Fachgebiete
 - Wirtschaftsingenieurwesen
 - Maschinenbau
 - Logistik
 - Informatik
 - Mathematik

Arbeits- und Zeitstudium



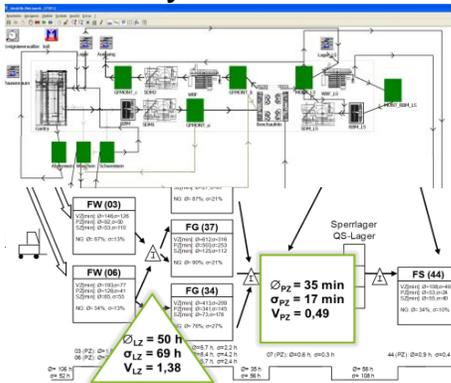
Arbeitssystemgestaltung



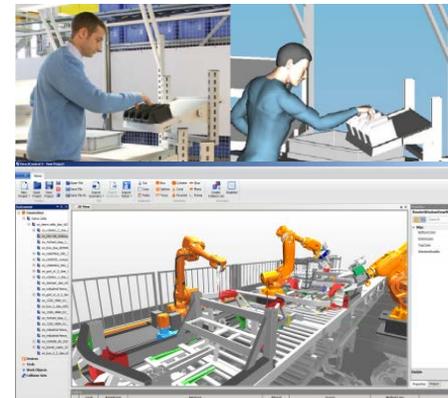
Mensch-Roboter-Interaktion



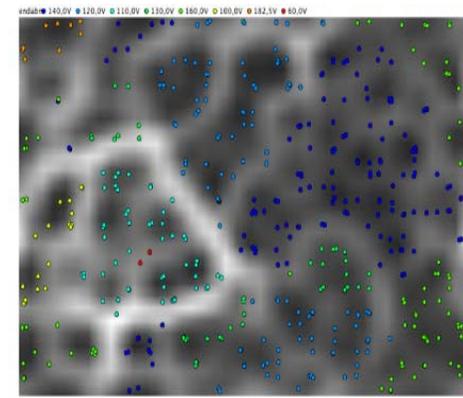
Production System Dynamics



Digitale Fabrik



Industrial Data Science



Arbeits- und Zeitstudium



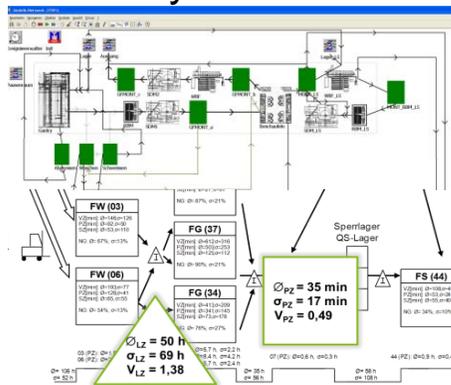
Arbeitssystemgestaltung



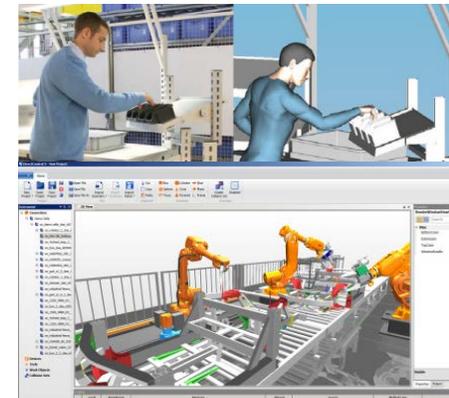
Mensch-Roboter-Interaktion



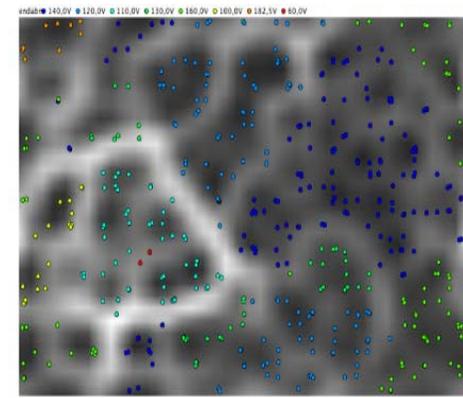
Production System Dynamics



Digitale Fabrik



Industrial Data Science



Aktuelle Rahmenbedingungen

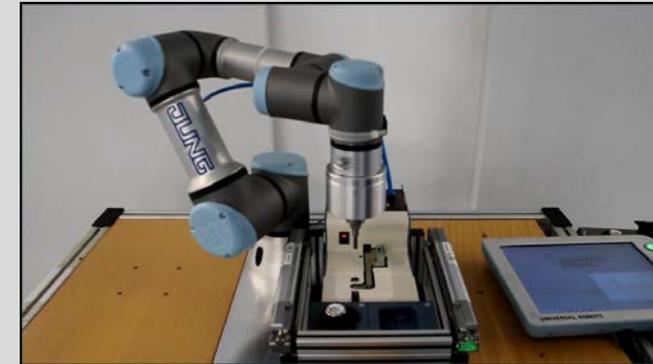
- Zunehmende Produkt- und Variantenvielfalt
- Zunehmende Prozesskomplexität
- Demographischer Wandel

[ADAC, 2016]



Neue Entwicklungen

- Entwicklung neuer technischer Möglichkeiten, z. B.:
 - Technische Assistenzsysteme
 - Exoskelette
 - **Leichtbauroboter**

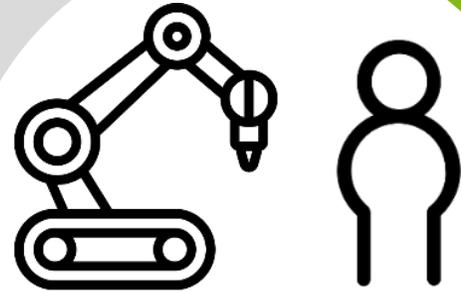


Leichtbaurobotik ermöglicht die gleichzeitige Erschließung der Stärken von Mensch und Roboter.



Humanorientierte Gestaltung

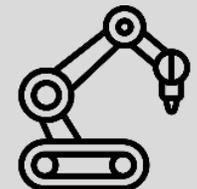
- Langzeitgedächtnis
- Wahrnehmung
- Flexibilität
- Improvisation
- Schlussfolgerung
- Urteilsvermögen



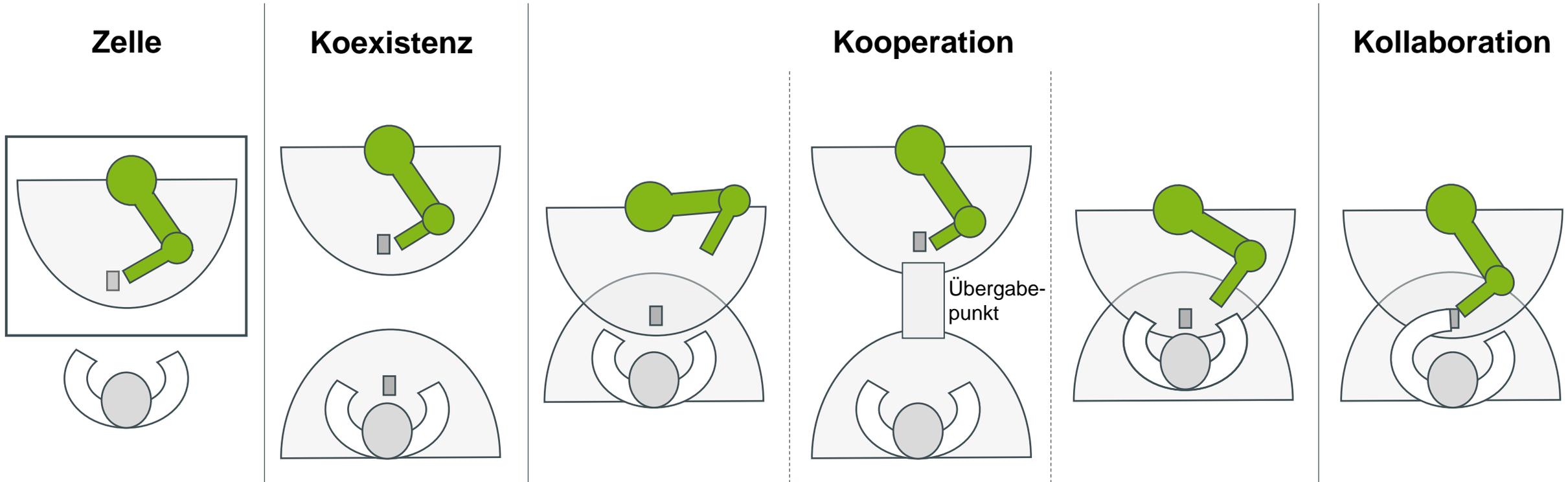
Komplementäre Automatisierung

- Kurzzeitgedächtnis
- Reaktionsgeschwindigkeit
- Reproduzierbarkeit
- Geschwindigkeit
- Simultane Tätigkeiten
- Kraft
- Ermüdungsfreiheit

Technikorientierte Gestaltung

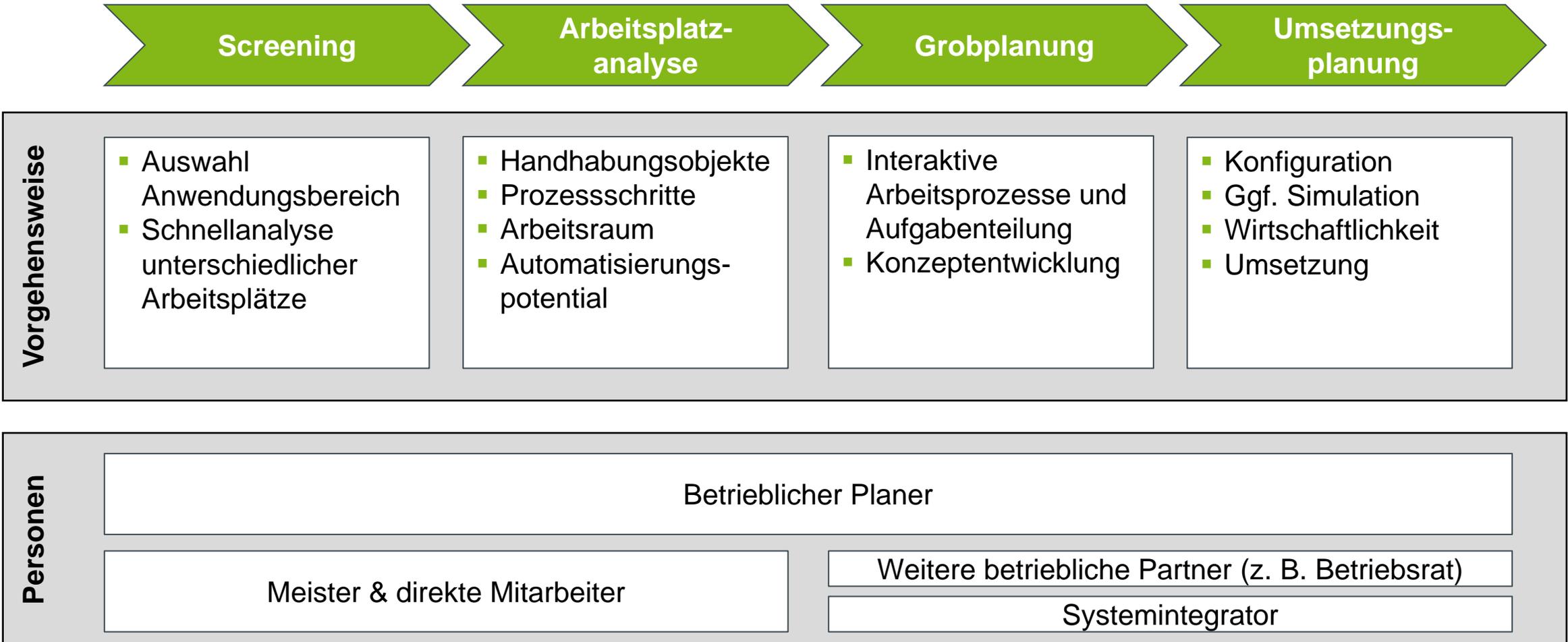


vgl. [Fitts, 1954]



▶ Wie kann eine Form der Mensch-Roboter-Interaktion bedarfsgerecht ausgewählt werden?

vgl. [Onnasch et al., 2016]



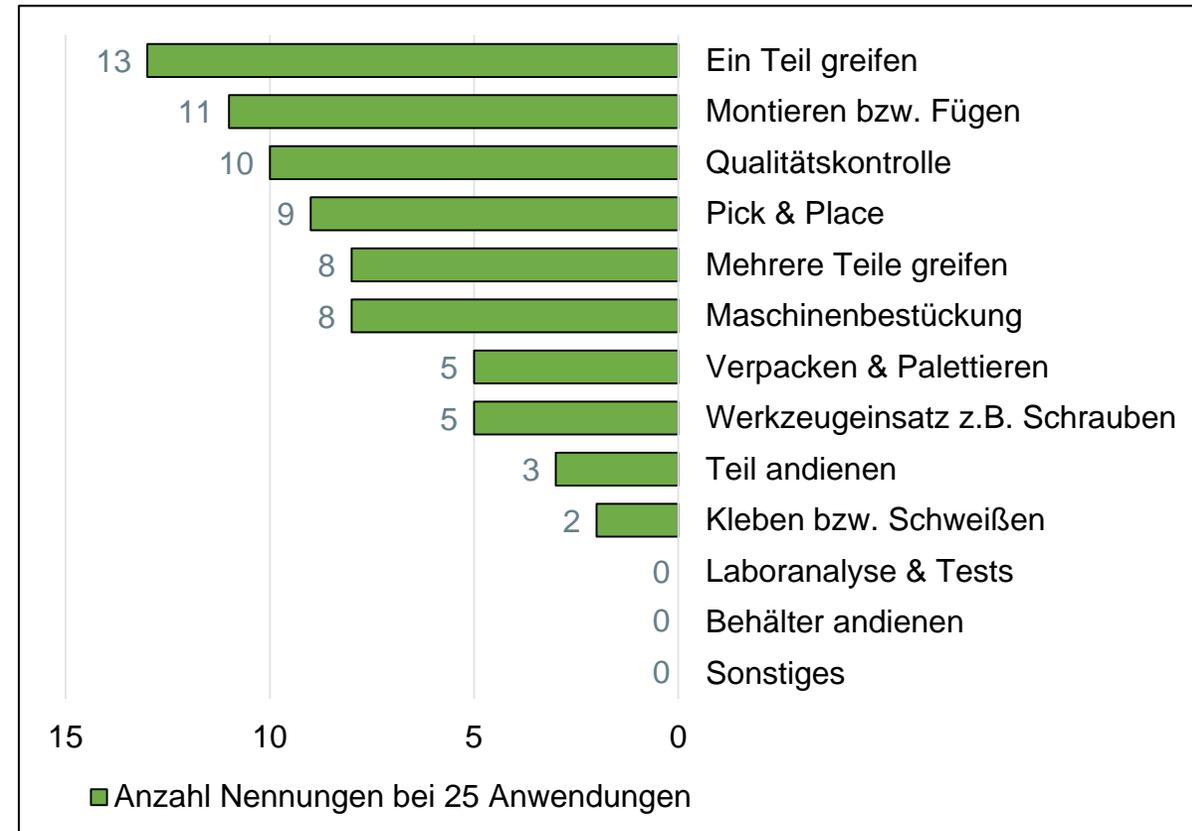


Auswahl eines Anwendungsbereichs:

- Einsatz von Leichtbaurobotern insbesondere bei Handhabung, Montage und Werkzeugtätigkeit
- Auswahl einfacher Anwendungsfälle für den Einstieg sinnvoll (z. B. Pick & Place)

Schnellanalyse unterschiedlicher Arbeitsplätze:

- Vergleich unterschiedlicher Arbeitsplätze des Anwendungsbereichs
- Bewertungsfaktoren: Variantenanzahl, Ergonomie, Wirtschaftlichkeit
- Auswahl eines konkreten Arbeitsplatzes zur weiteren Planung



vgl. [Bauer, 2016]



Handhabungsobjekte:

- Untersuchung aller Handhabungsobjekte im Arbeitsablauf (z. B. Einzelteile, Zwischenbaugruppen, Endprodukte)
- Wichtige Bauteilmerkmale: Gewicht, Form, Formstabilität

Prozessschritte:

- (Kurz-)Beschreibung des Arbeitsablaufs
- Wichtige Prozessmerkmale: Ordnungszustand, Genauigkeitsanforderungen, Bewegungslänge

Arbeitsraum:

- Berücksichtigung Layout, Zugänglichkeit und Verbaauraum

Zusammenfassende Bewertung Automatisierungspotentials

Zu- und Abführung (Bewerten Sie die Ist-Situation des Arbeitssystems!)				
Aktionsradius	<p>Wie hoch ist <u>aktuell</u> die <u>maximale</u> Distanz zwischen zwei Aufnahme- / Ablageorten? Beispiel Teilprozess Verpackung von vier Produkten: Abstand zw. Bereitstellung des Produkts und der Ablagefläche für verpackte Produkte.</p>			
	> 260 cm	160 - 260 cm	120 - 160 cm	60 - 120 cm
	0 Punkte	1 Punkt	2 Punkte	3 Punkte
Ordnungszustand der zugeführten Bauteile	<p>Was ist der <u>schlechteste</u> Orientierungszustand, der in dem betrachteten Teilprozess <u>aktuell</u> vorkommt? Beispiel Teilprozess Verpackung von vier Produkten: Produkte liegen vermischt in KLT vor, Füllmaterial und Verpackung sortiert --> chaotisch</p>			
	chaotisch (z.B. "Griff in die Kiste") 	orientiert in einer Ebene (2D) 	lagerichtig (z.B. auf Werkstückträger) 	
	0 Punkte	2 Punkte	4 Punkte	

Download Quick-Check: <https://kompi.org/quickcheck/>



Interaktive Arbeitsprozesse und Aufgabenteilung:

- Zusammenstellung eines Anforderungsprofils
- Planung der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Roboter
- Beschreibung der interaktiven Prozessfolgen

Konzeptentwicklung:

- Individuelle Bewertung und Auswahl einer geeigneten Interaktionsform zwischen Mensch und Roboter
- Brainstorming zur Konzeptentwicklung
- Ggf. Einbindung Systemintegrator



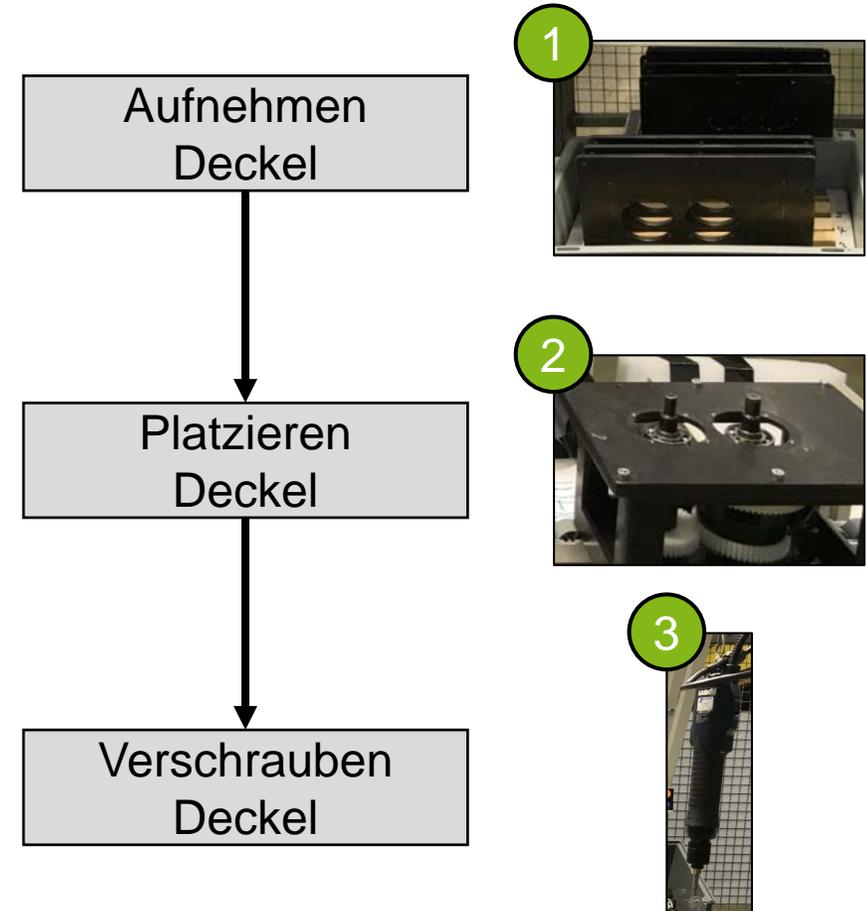


Interaktive Arbeitsprozesse und Aufgabenteilung:

- Zusammenstellung eines Anforderungsprofils
- Planung der Aufgabenteilung zwischen Mensch und Roboter
- Beschreibung der interaktiven Prozessfolgen

Konzeptentwicklung:

- Individuelle Bewertung und Auswahl einer geeigneten Interaktionsform zwischen Mensch und Roboter
- Brainstorming zur Konzeptentwicklung
- Ggf. Einbindung Systemintegrator



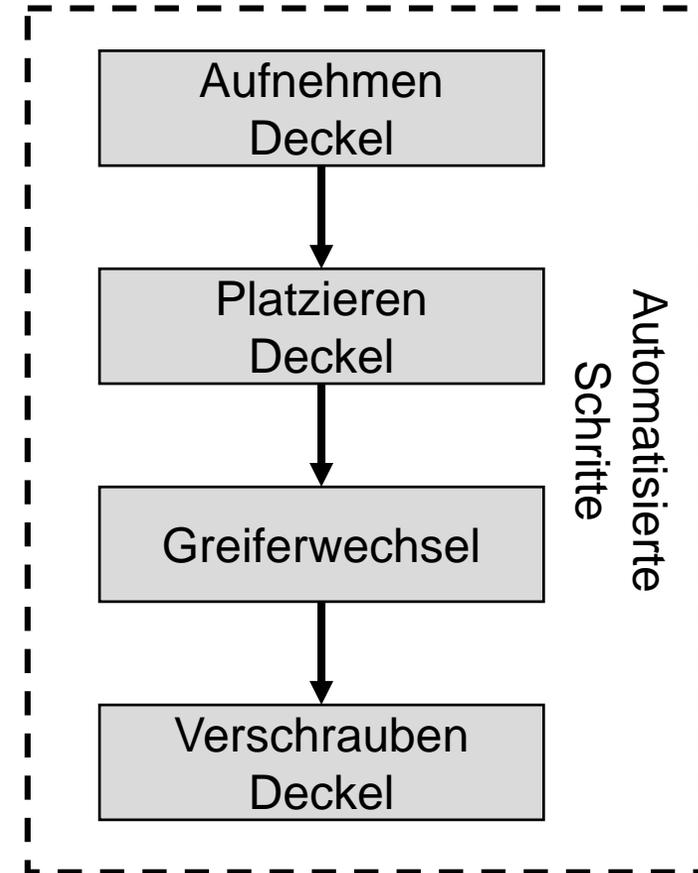


Variante 1: Vollautomatisierte Zelle

- Alle Arbeitsschritte werden vom Robotersystem übernommen
- Aufgrund von Schutzzaun kein erhöhter Aufwand für Absicherung erforderlich
- Greiferwechsel im Prozess erforderlich
- Komplexe Sensorik für Handhabung und Verschraubung erforderlich

Variante 2: Kooperation mit zeitlicher Trennung

Variante 3: Mensch-Roboter-Kollaboration



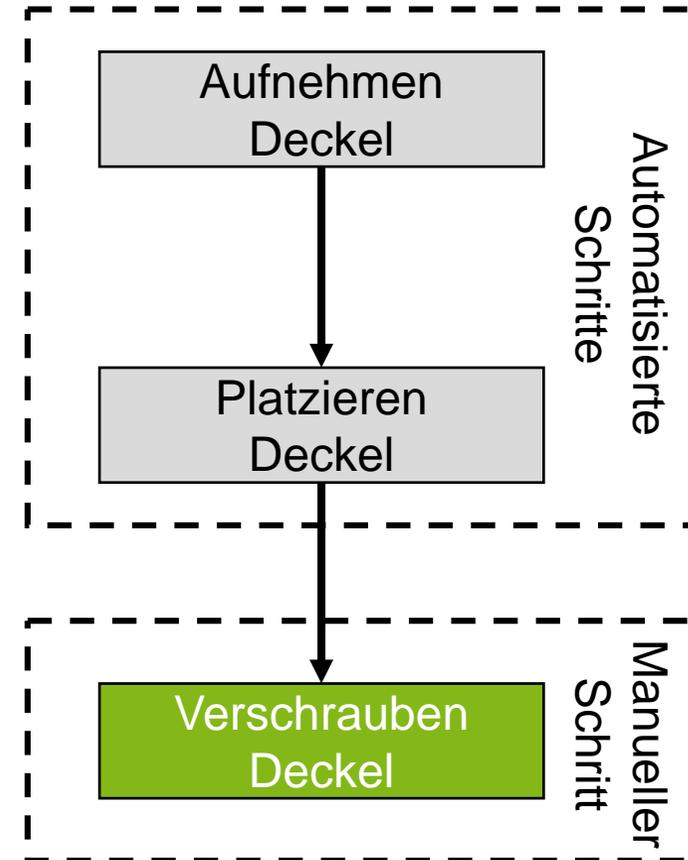


Variante 1: Vollautomatisierte Zelle

Variante 2: Kooperation mit zeitlicher Trennung

- Roboter übernimmt die Handhabung des Deckels und verlässt Arbeitsraum
- Mitarbeiter verschraubt Deckel
- Erhöhter Aufwand für Sicherheitskonzept
- Robotersystem kann aufgrund der zeitlichen Trennung mit höherer Geschwindigkeit arbeiten
- Ein Greifer ausreichend
- Komplexe Sensorik für Handhabung erforderlich

Variante 3: Mensch-Roboter-Kollaboration



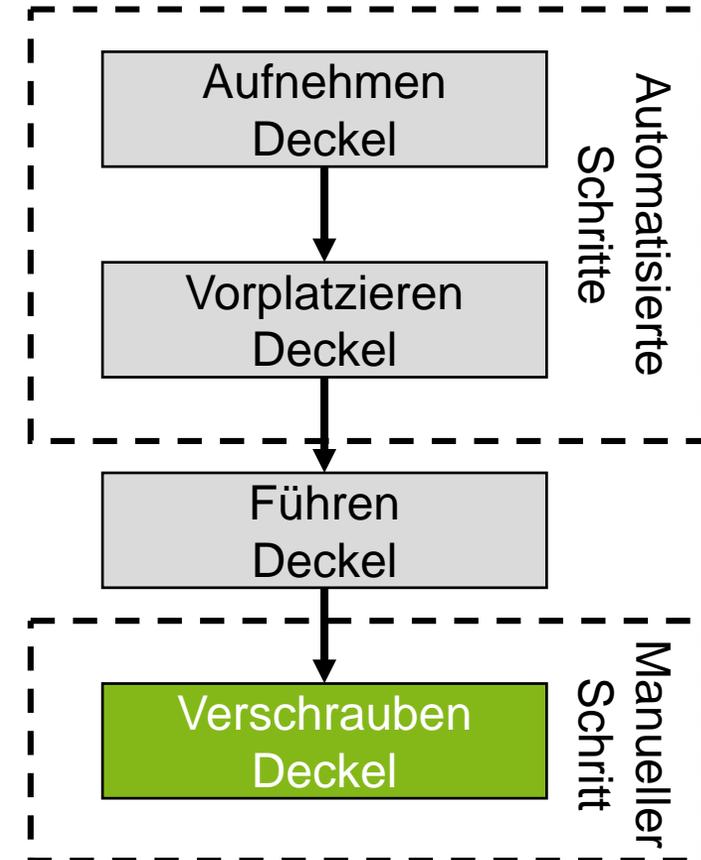


Variante 1: Vollautomatisierte Zelle

Variante 2: Kooperation mit zeitlicher Trennung

Variante 3: Mensch-Roboter-Kollaboration

- Roboter übernimmt Aufnehmen und Vorplatzieren des Deckels
- Mitarbeiter führt die Kinematik zum Platzieren des Deckels (Kollaboration)
- Mitarbeiter verschraubt Deckel
- Erhöhter Aufwand für Sicherheitskonzept
- Robotersystem arbeitet mit verringerter Geschwindigkeit
- Ein Greifer ausreichend
- Keine Komplexe Sensorik für Handhabung erforderlich





Konfiguration:

- Auswahl eines Robotersystems und kompatibler Komponenten (z. B. Endeffektor, Sensorik)
- Erarbeitung eines geeigneten Sicherheitskonzeptes

Simulationserstellung (optional):

- Erstellung einer 3D-Simulation zur verbesserten Planung der Prozessfolgen sowie zur Bewertung der Machbarkeit und Zeiten

Absicherung Wirtschaftlichkeit:

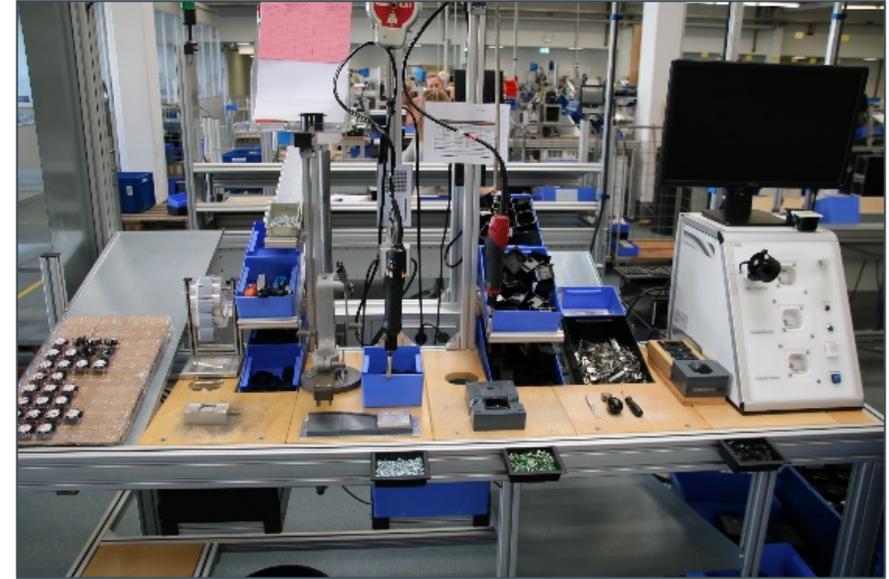
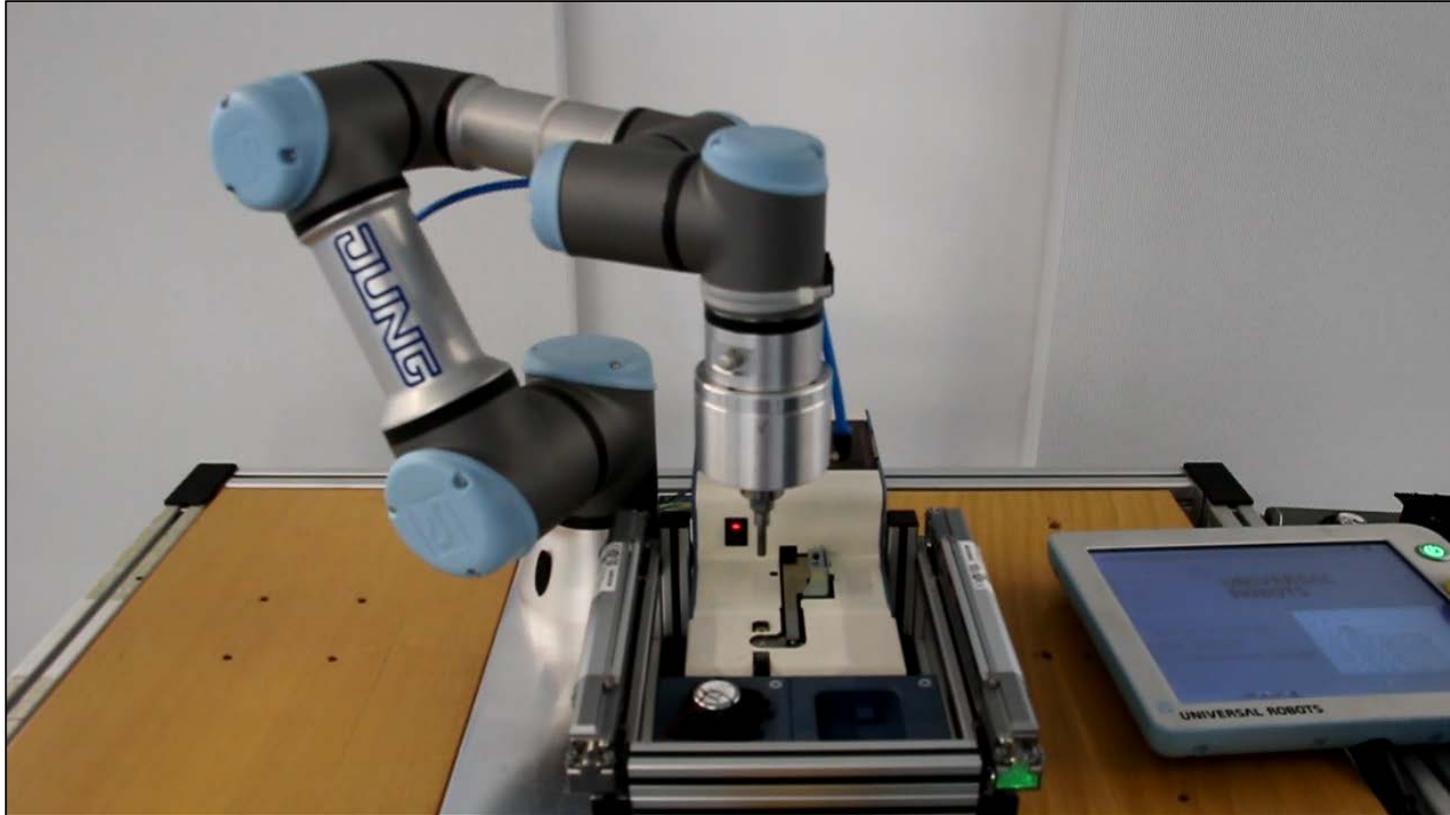
- Detailbewertung der Wirtschaftlichkeit (z. B. Amortisation)

Umsetzung:

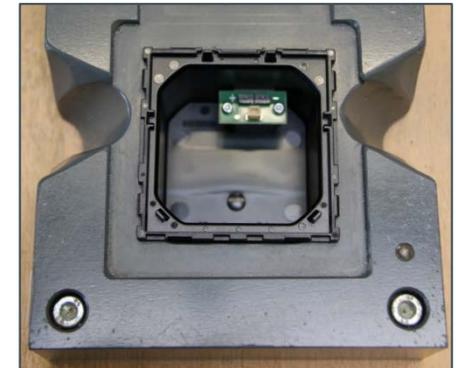
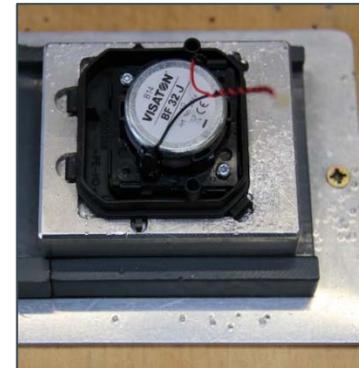
- Umsetzung gemeinsam mit Systemintegrator



[Wantia et al., 2016]

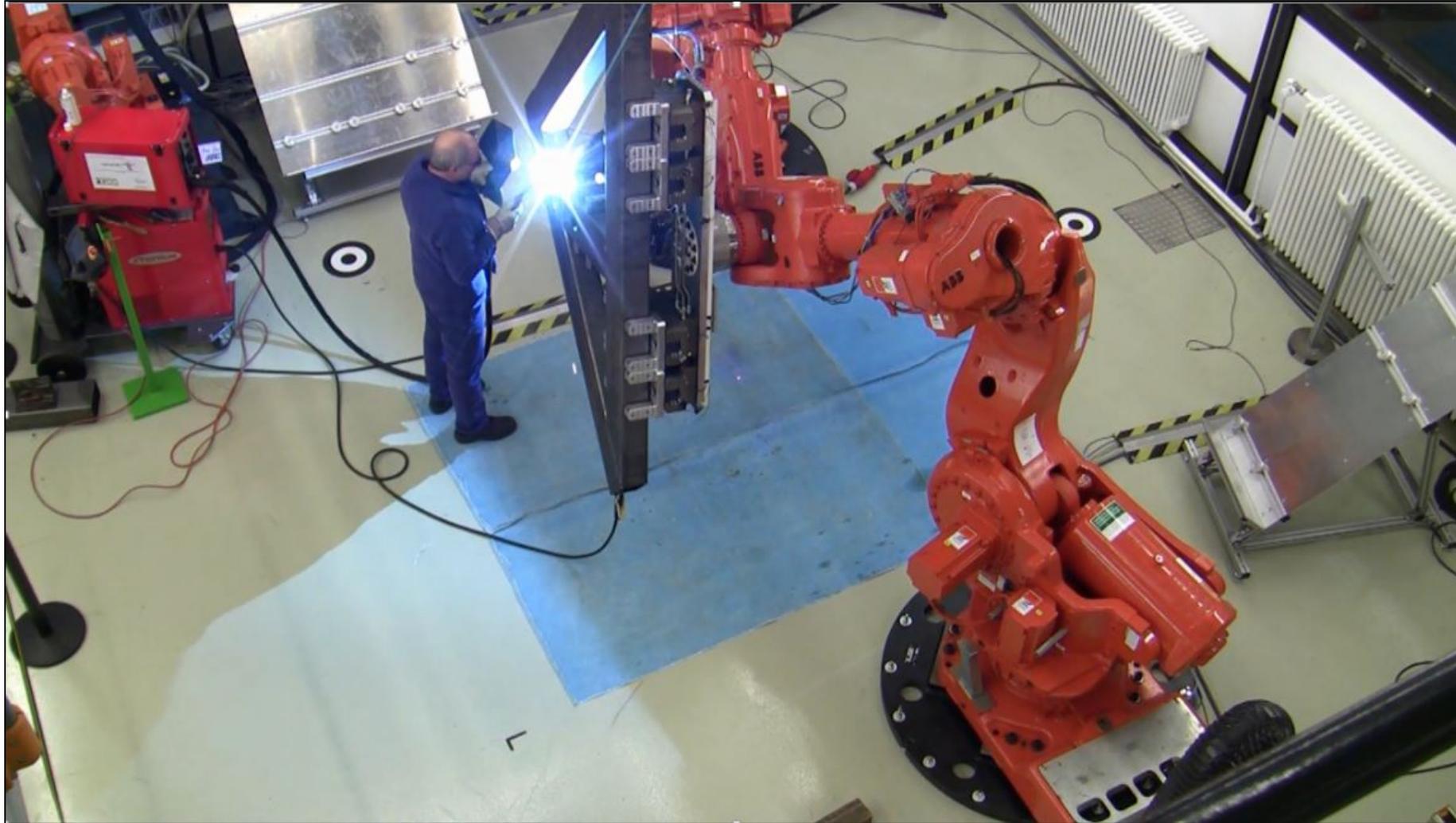


Arbeitssystem



Komponenten





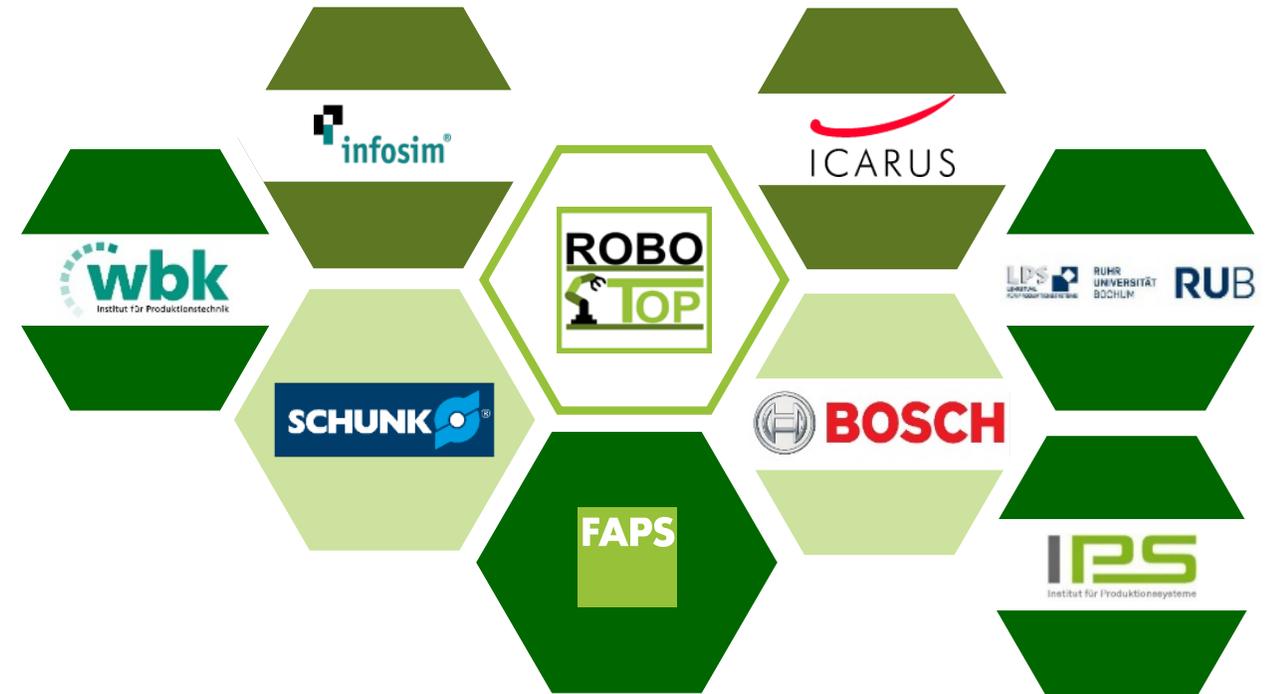
	Erfolgsfaktoren	
Screening	<ul style="list-style-type: none">▪ Auswahl einfacher Anwendungsfelder für den Einstieg (z. B. Pick & Place)▪ Ausgewogenes Verhältnis von Komplexität und Mehrwert	
Arbeitsplatz-analyse	<ul style="list-style-type: none">▪ Einbindung direkter Mitarbeiter▪ Kein Schüttgut	<ul style="list-style-type: none">▪ Formstabile, gut greifbare Handhabungsobjekte▪ Kein (enges) Einfügen
Grobplanung	<ul style="list-style-type: none">▪ Durchspielen verschiedener Interaktionsszenarien (Zelle, Kooperation, Kollaboration)▪ Einbezug mehrerer betrieblicher Bereiche für Konzeptentwicklung	
Umsetzungs-planung	<ul style="list-style-type: none">▪ Absicherung der Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit vor Implementierung▪ Einbezug eines Systemintegrators für die Detailplanung und Umsetzung	

Weiterer Forschungsbedarf:

- Effiziente Formen der Mensch-Roboter-Interaktion
- Vereinfachtes Anlernen von Robotersystemen durch menschliche Demonstration
- Nutzung von Industrierobotern für die Mensch-Roboter-Interaktion

Forschungsprojekt ROBOTOP:

- Identifikation und Sammlung industrieller Automatisierungslösungen als Best Practices
- Planungsunterstützung für industrielle Endanwender



▶ Austausch mit Forschungspartnern und Anwendern im Konsortium möglich.

- ADAC (2016): Zahlen, Fakten, Wissen. Aktuelles aus dem Verkehr. Ausgabe 2016. Online abrufbar unter https://www.adac.de/_mmm/pdf/statistik_zahlen_fakten_wissen_1016_208844.pdf
- Bauer, W (2016): Leichtbauroboter in der manuellen Montage – Einfach einfach anfangen
- Fitts, Paul (1954): The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. In: *Journal of Experimental Psychology* (6), S. 262-268
- Onnasch L, Maier X, Jürgensohn T (2016) Mensch-Roboter-Interaktion – Eine Taxonomie für alle Anwendungsfälle. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund
- Wantia N, Esen M, Hengstebeck A, Heinze F, Roßmann J, Deuse J, Kuhlenkötter B (2016) Task planning for human robot interactive processes. In: Proceedings of the 21st IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)