

HS Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld Umweltgerechte Produktionsverfahren

Prof. Dr.-Ing. Matthias Vette-Steinkamp



„Industrie 4.0 und Mensch-Roboter-Kooperation - eine kritische Bilanz“



HS Trier – Umwelt-Campus Birkenfeld

Forschungsschwerpunkte

Forschungsprofil der HS Trier

Angewandtes
Stoffstrom-
management

Life Sciences:
Medizin-, Pharma-
und Biotechnologie

Intelligente
Technologien für
Nachhaltige
Entwicklung

Matthias Vette-Steinkamp



Umweltgerechte Produktionsverfahren

Refabrikation



Industrielle Robotik



Virtuelle Robotik



Am UCB existieren zahlreiche Forschungsaktivitäten rund um Themen Industrie 4.0.

CPS-Robotik

Cyberphysisches Roboterframework



- Sicherung des Wirtschaftsstandortes Rheinland-Pfalz durch bedarfsgerechte, intelligente Automatisierung
- Entwicklung von wandlungsfähigen Produktionssystemen, die nachhaltig eingesetzt werden und verschiedene Varianten und Produkte abbilden können
- Aufbau von technischer Expertise und Infrastruktur um Unternehmen in der Region bei vorwettbewerblicher Forschung und Entwicklung im Bereich Robotik zu unterstützen

Wie muss ein cyberphysisches Robotersystem aufgebaut sein um in Anbetracht der wirtschaftlichen Herausforderungen in einem agilen Produktionsumfeld eine flexible Automation zu ermöglichen?



Netzwerken

- > Austausch in fachbezogenen Arbeitsgruppen
- > Zugriff auf Erfahrungen, Ressourcen, Infomaterial
- > Vernetzung von Wissenschaft und Unternehmen



Interessenvertretung

- > Vertretung gegenüber staatlichen Stellen
- > Beratung durch Experten und Entscheidungsträger
- > Mitarbeit in Normungsgremien



Aus- & Weiterbildung

- > Beratung und Schulung von Mitgliedern
- > Entwicklung von Ausbildungsprogrammen
- > Informationen über neue Regularien

Neue Entwicklungen und Technologien in den letzten Jahrzehnten führen zu neuen Möglichkeiten in der Automatisierungstechnik

MRK-fähige Robotersysteme



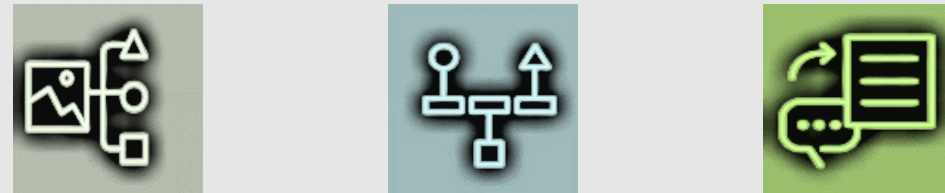
Smart Devices



Smart Services und IoT-Plattformen



KI und Big Data



Der Mensch erhält in der Smart Factory Unterstützung und übernimmt die Rolle des Akteurs, Sensors und Entscheiders.

Ausarbeitung des Szenarios Fehlervermeidung im Montageprozess



Ausarbeitung des Szenarios Assistenz bei Prüfungen, Nacharbeit und Qualitätssicherungs- und Qualitätsmanagementprozessen

**Digitales
Produktgedächtnis**

**Fahrzeug spezifische
Speicherung relevanter
Prozessdaten**



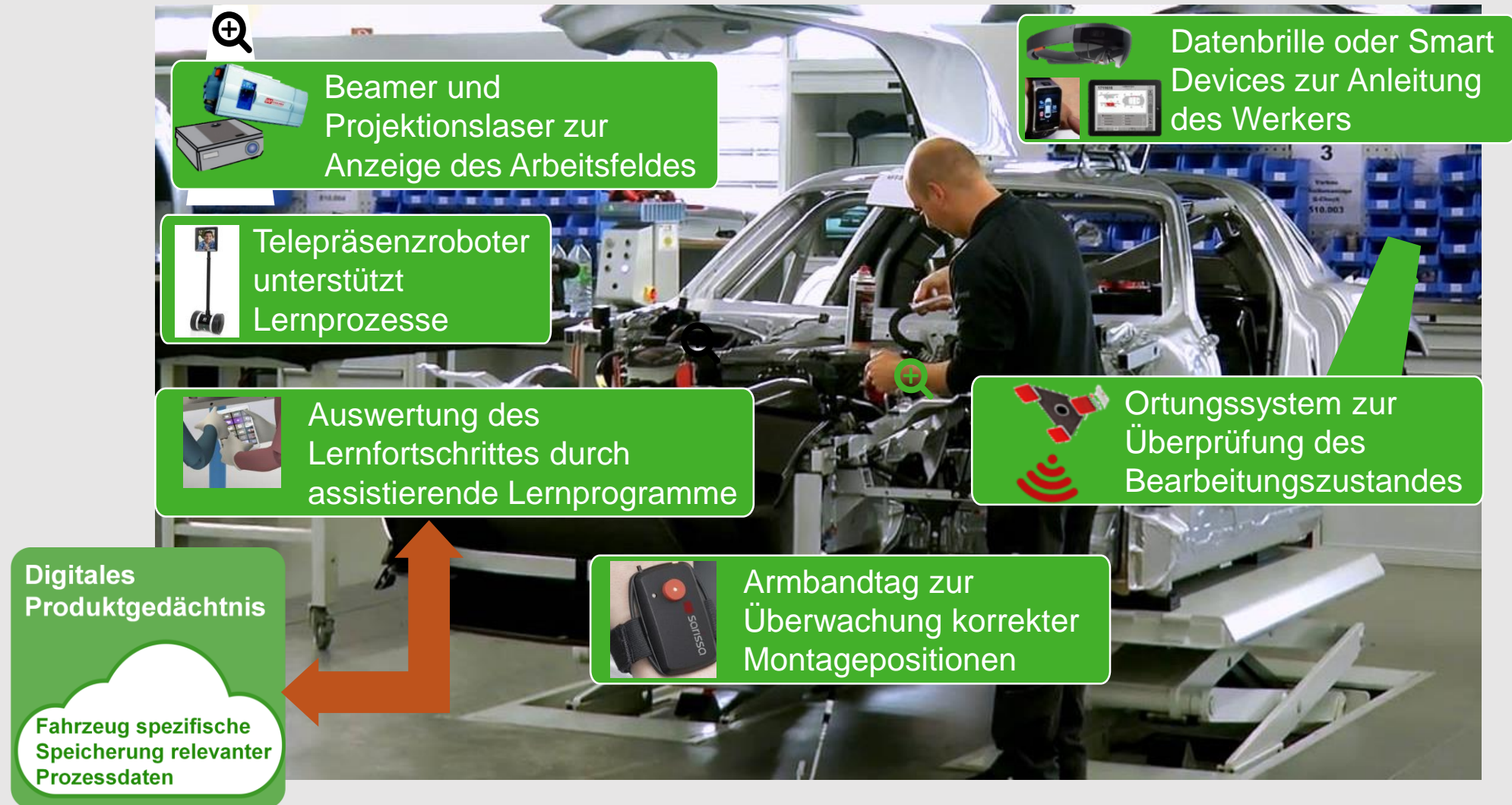
Smart Devices wie z.B Smartwatch, mitgeführte Anzeigen/Tablet oder Fahrzeugsysteme (Comand) zeigen fahrzeug- und prozessspezifische Informationen



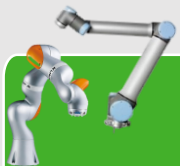
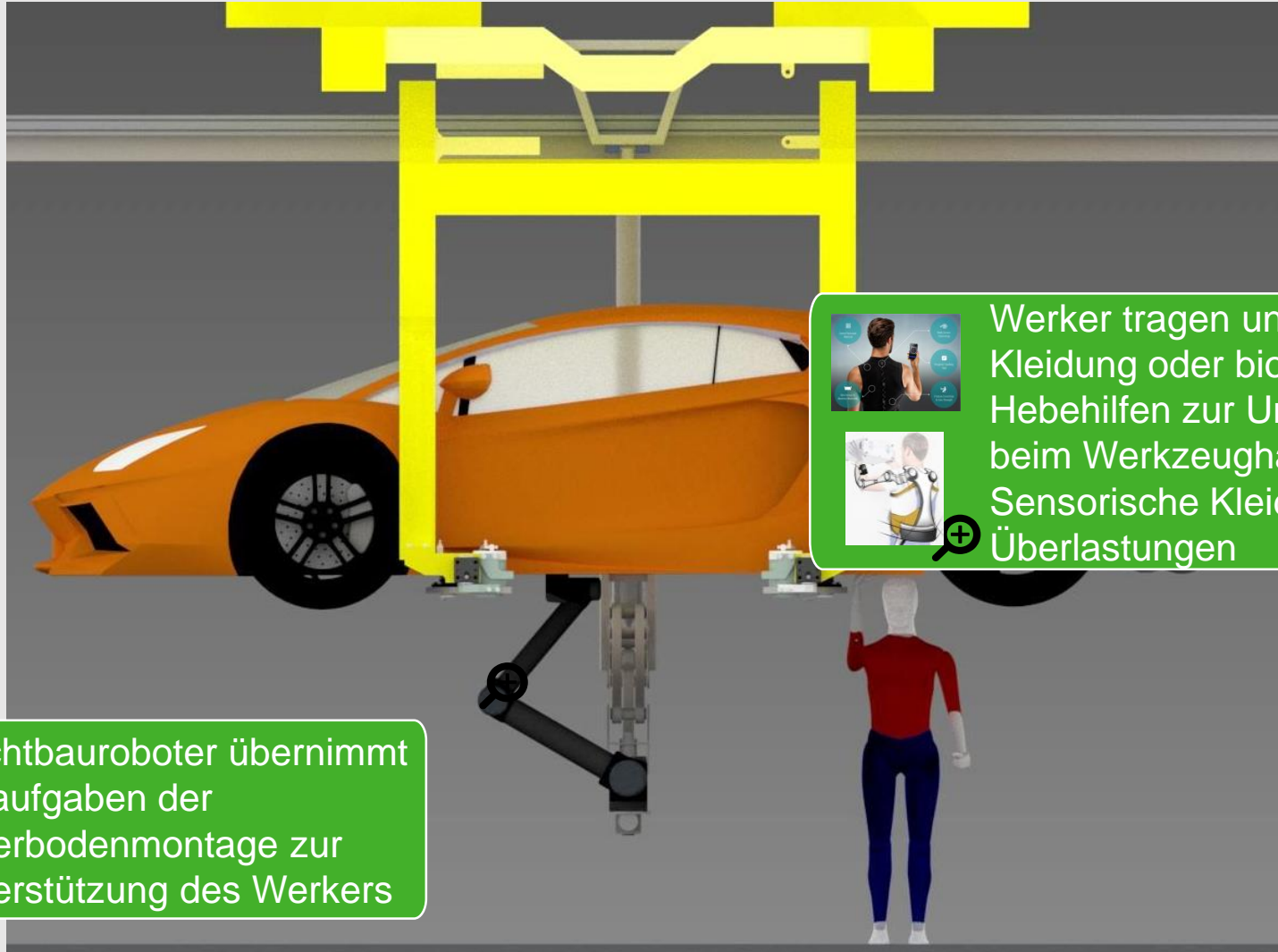
Dokumentation der Prozesse über Digi-Pen, Touchscreen oder Sprachsteuerung

Intelligente Software zur Werkerführung bei Prüfung und Nacharbeit mit Produkt- und Prozess-spezifischen Informationen in Form von aktuellen Prozessdaten, Best-Practice Empfehlungen und Wikiseiten

Ausarbeitung des Szenarios Lerninsel zur Schulung und Ausbildung



Ausarbeitung des Szenarios Unterstützung der Werker bei der Unterbodenmontage



Leichtbauroboter übernimmt Teilaufgaben der Unterbodenmontage zur Unterstützung des Werkers



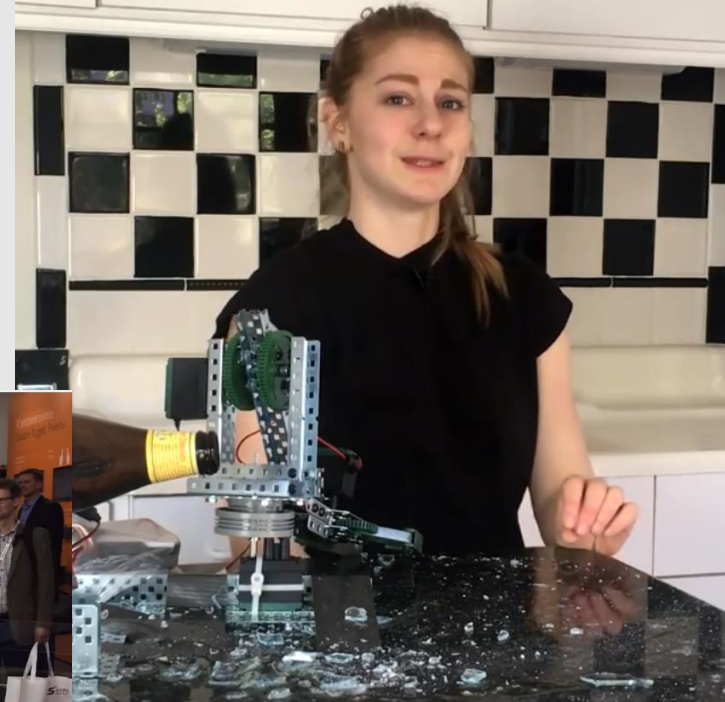
Werkler tragen unterstützende Kleidung oder bionische Hebehilfen zur Unterstützung beim Werkzeughandling
Sensorische Kleidung erkennt Überlastungen



„Hand in Hand – so arbeiten Roboter und Mensch künftig zusammen“









Illusion Internet

So arbeiten Mensch und Roboter zusammen



Bildquelle: Hype Cycle nach Gartner

Verbesserung der Ergonomie durch den Einsatz von MRK-fähigen Robotersystemen beim Stopfensetzen

Manuelle und monotone Überkopfarbeit



Manuelles Einsetzen von Stopfen



Automatisiertes Stopfensetzen mit einem MRK-fähigen Robotersystem



- Vermeidung von anstrengenden und monotone Aufgaben
- Vermeidung von dauerhaft hohen Konzentrationsaufgaben
- Teilweiser Einsatz von Automatisierungskomponenten

Quelle: KUKA; Bildquelle: Scheible, KUKA, Festo

KUKA



support you

Der KUKA flexFELLOW als assembly assistant.



Macht Mensch-Roboter-Kooperation in meinem Unternehmen Sinn?

Haben Sie eine der folgenden Herausforderungen in Ihrem Unternehmen?

Ergonomisch ungünstige Arbeitsplätze

Qualitätsprobleme durch schlechte Prozesse oder Mitarbeiterwechsel

Fehlende Fachkräfte oder planen Sie den Ausbau Ihrer Produktionskapazitäten?

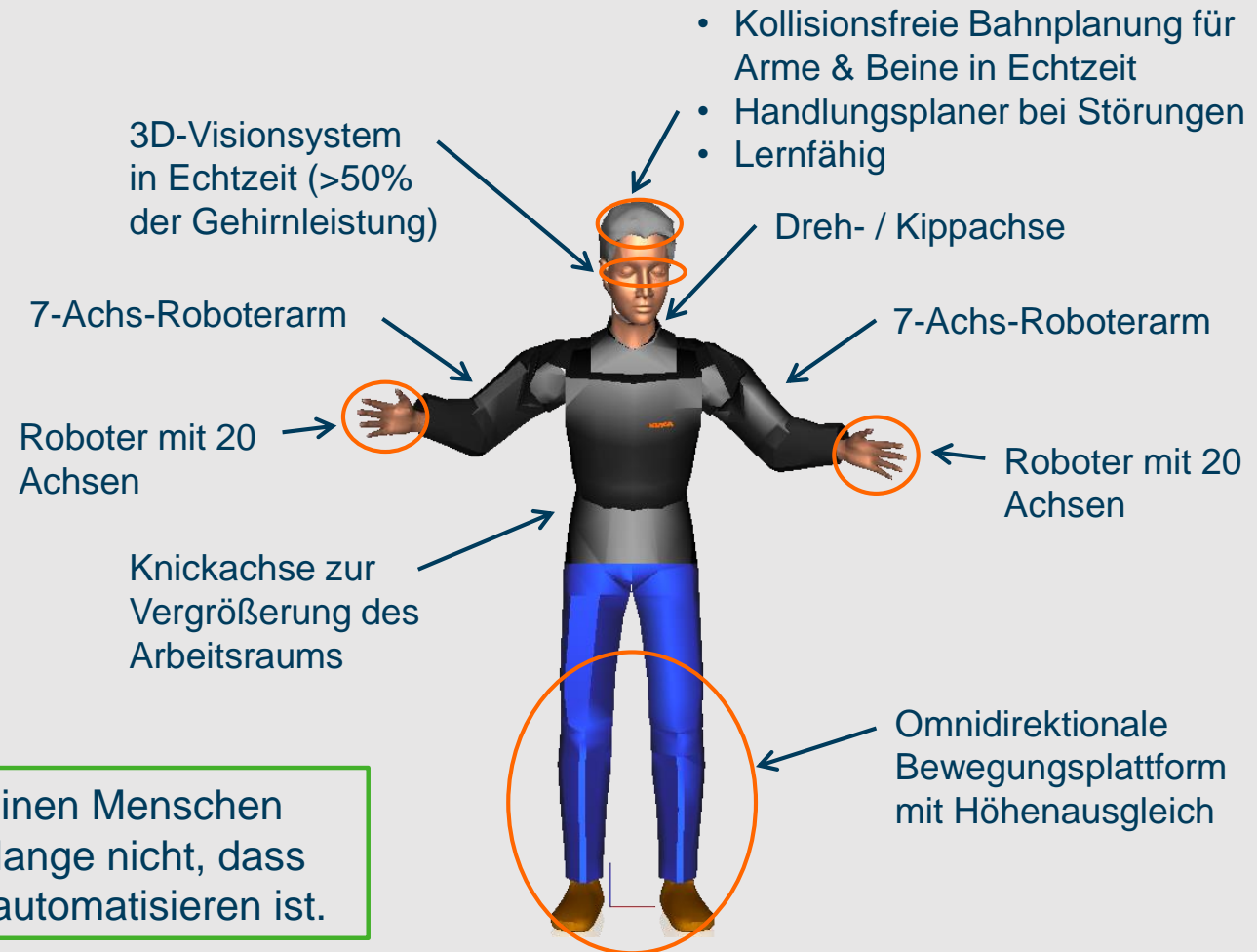
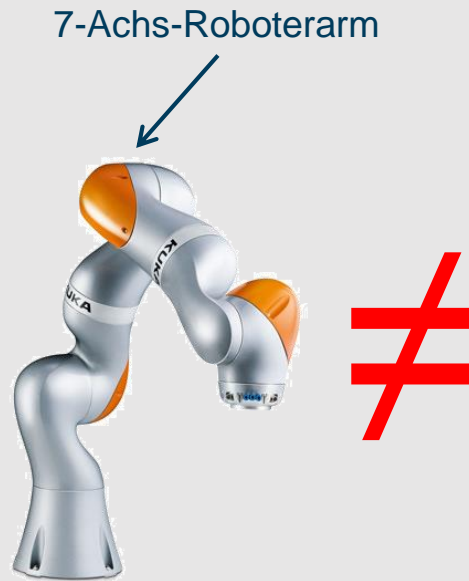
Kostendruck durch Wettbewerber in Niedrig-Lohnländern

Sind neue Produkte mit neuen Produktionstechnologien geplant

Wenn Sie sich mit einer dieser Herausforderungen beschäftigen macht eine Mensch-Roboter-Kooperation wahrscheinlich sinn.

Klassische Vertriebsfolie

Was können Roboter nicht ?



Nur weil eine Tätigkeiten für einen Menschen einfach ist, bedeutet das noch lange nicht, dass diese Tätigkeit auch einfach zu automatisieren ist.

Quellen:ZeMA Robotix Academy, Automatisierung in der Aerospace-Montage | Thomas Schmidt| 11.04.2018 | www.kuka.com

Die Motivation für eine Mensch-Roboter-Kooperation liegt in der effizienten Kombination beider Elemente

Motivation



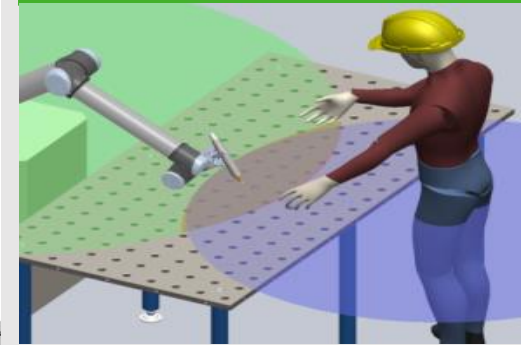
Ergonomie



Kombination der Fähigkeiten



Zeit- und Raum



Quelle: KUKA, Grueter

Spektren der Zusammenarbeit mit Definitionen / Mensch und Roboter ist nicht gleich Mensch-Roboter-Kooperation

Konventionell	Autark ¹ / Koexistent ²	Synchronisiert ^{1,2}	Kooperation ^{1,2}	Kollaboration ^{1,2}
---------------	---	-------------------------------	----------------------------	------------------------------



Spektrum	Beschreibung
Konventionell	Strikte Trennung der Arbeitsräume mit z.B. Schutzzaun
Autark / Koexistenz	Mensch und Roboter arbeiten autonom ohne Schutzzaun (kein gemeinsamer Arbeitsraum)
Synchronisiert	Nur 1 Aktionspartner befindet sich gleichzeitig im gemeinsamen Arbeitsraum
Kooperierend	Gemeinsamer Arbeitsraum aber keine gemeinsame Tätigkeiten
Kollaborierend	Gemeinsamer Arbeitsraum und gemeinsame Tätigkeiten

¹ Thiemann, Diss. Universität Tübingen, 2004

² Fraunhofer IAO, IAT University of Stuttgart



Übersicht MRK Thiemann

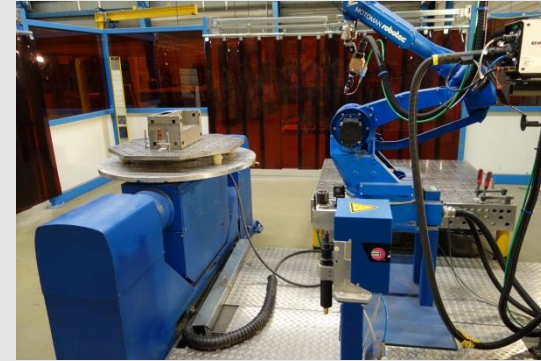
Der Mensch und der Roboter arbeiten zusammen

Mensch

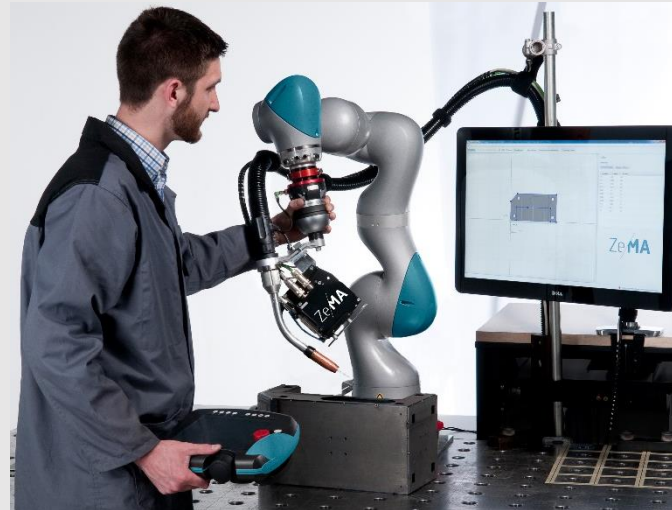
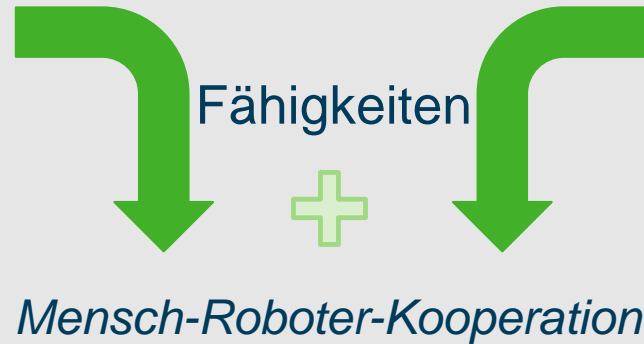


- + Hohe Flexibilität
- + Lernfähigkeit
- + Anpassungsfähig
- + Mobilität

Roboter



- + Hohe Qualität
- + Hohe Lasten
- + Monotone Massenproduktion



Ziel ist es die Fähigkeiten des Menschen und des Roboters zu kombinieren.

Mensch und Roboter arbeiten in einem gemeinsamen Arbeitsraum ohne trennende Schutzeinrichtungen



Safety first!

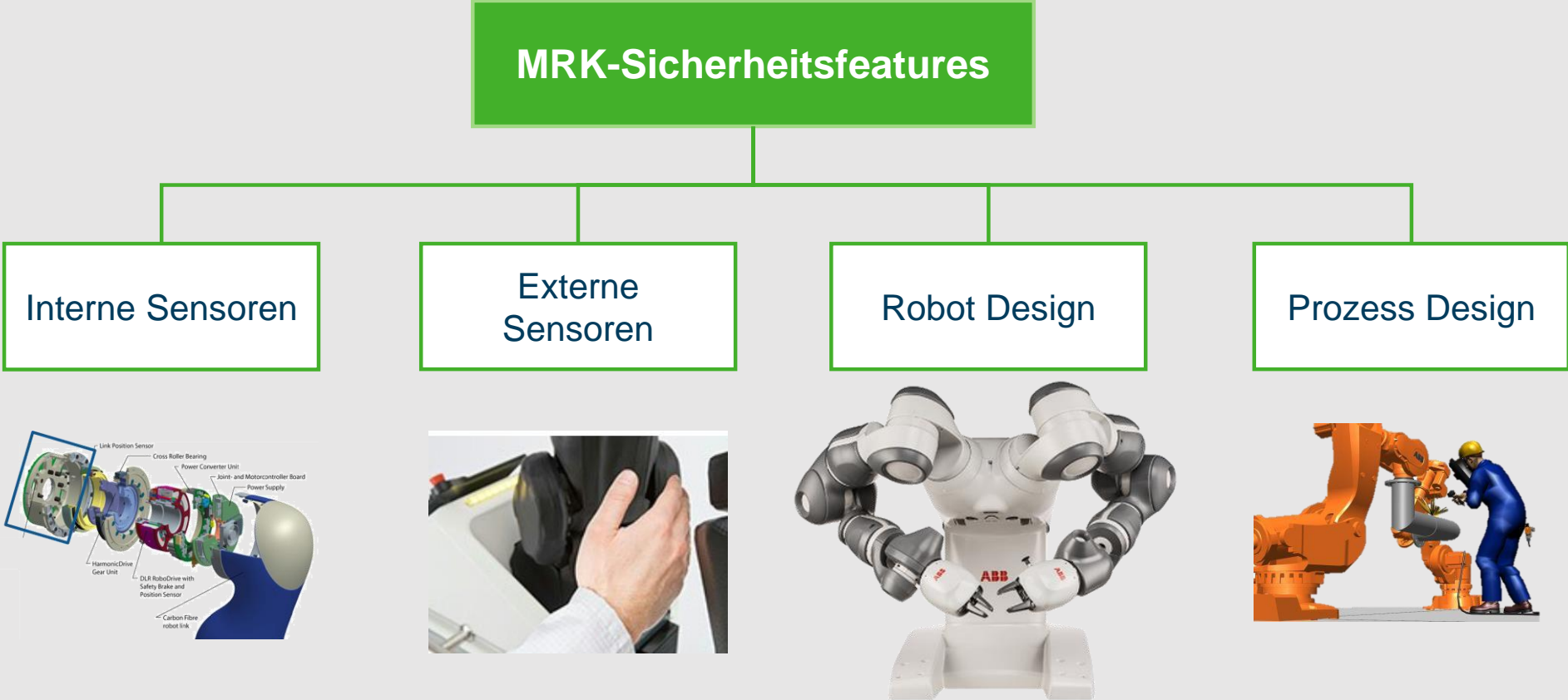


- Sicherer Arbeitsraum
 - Sicheres Roboter Design
 - Benutzerfreundliches Interface
 - Sichere Planung- und Kontrollstrategie
- Flexible Aufgabenverteilung
 - Intuitive Roboterprogrammierung
 - Schnelle Rekonfiguration des Roboters
 - Effiziente Anpassung der Arbeitsteilung
- Akzeptanz durch den Menschen

Neben der Sicherheit, muss in der Gestaltung von überlappenden Arbeitsräumen zwischen Mensch und Roboter, die Akzeptanz durch den Menschen erreicht werden.

Bildquelle: Audi, Bosch

Die MRK fähigen Robotersysteme auf dem Markt unterscheiden sich durch verschiedene Sicherheitsfeatures und Konzepte



Bildquelle: DLR, Bosch, ABB, Automationtrends.com

Ohne Risikobeurteilung kann keine Mensch-Roboter-Kooperation stattfinden

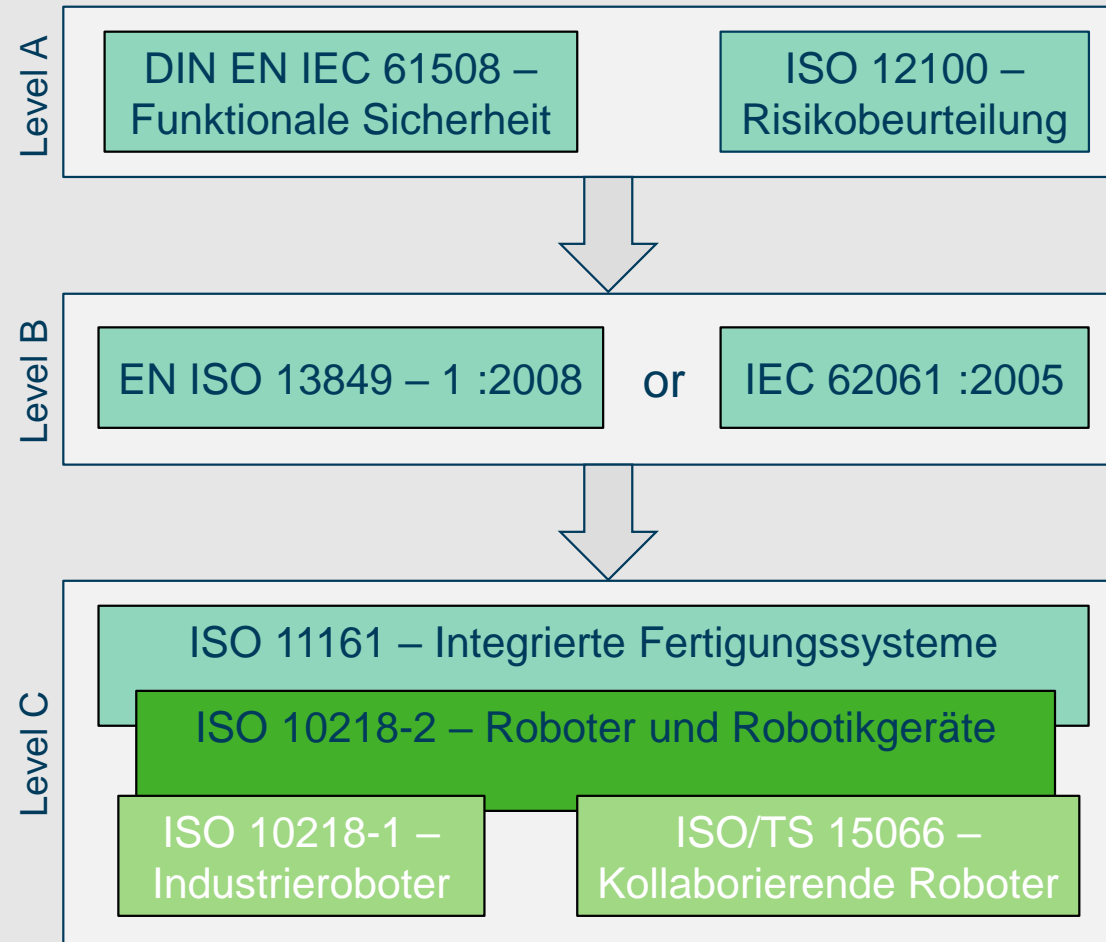


- Die Norm EN ISO 10218-1:2011 besagt, dass der Roboter selbst nur eine der Komponenten in einem Robotersystem ist und für sich alleine unzureichend für eine sichere MRK-Anwendung.
- Es ist immer die gesamte MRK-Anwendung zu betrachten, beispielsweise Greiftechnik inklusive Produkt.
- Die Anwendung des kooperierenden Betriebs muss durch eine Risikobeurteilung festgelegt werden.
- Die neue Norm ISO/TS 15066 unterstützt bei der Einführung von kollaborativen Robotersystemen.
 - Zusammenarbeit statt Schutzeinrichtung
 - Voraussetzungen hinsichtlich Design und Risikobeurteilung der Roboter

Bildquelle: Daimler, Universal Robots

Überblick der verschiedenen ISO Standards

- Top Level Standard ist die erste Referenz
- A-Level (höchste Standards)
 - Grundlegende Sicherheitskenntnisse
 - Grundlegende Design Features
 - Allgemeine Maschinenaspekte
- B-Level
 - Spezifischere Angaben
 - Risikograph zur Schätzung einer Gefahr
 - Verschiedene Maschinentypen
- C-Level
 - Konkrete Sicherheitsanforderungen
 - Spezifische Maschinen
 - Beispielsweise Robotersysteme



Quelle: Robotiq

Überblick auf dem Markt erhältlichen MRK-Robotersysteme



Stäubli



Yaskawa Motoman HR 10



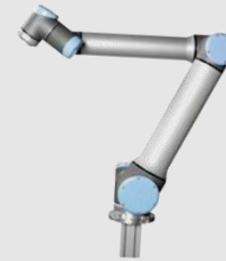
MRK Systems



Bosch APAS



Sawyer



Universal Robot



Fanuc CR



Kassow Robots



Sensodrive



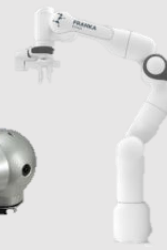
FESTO Bionic



ABB Yumi



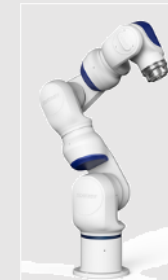
Pilz



Franka



ABB Yumi Single-arm



SIASUN



Doosan Robotics



Biorob



DLR Sara



Kuka iisy



Kuka iiwa



Mitsubishi



Bosch APAS inline

Was heißt vom TÜV zertifizierte Sicherheitslevel DIN EN ISO 13849: PL d Kat 3 bzw. DIN EN 62061: SIL 2



MRK- Sicherheitsfunktionen in PL d Kat 3 /SIL 2

Betriebsart mit reduzierter Geschwindigkeit
Positionsreferenzierung
Momentenreferenzierung
Kollisionserkennung
TCP-Kraftüberwachung
Basisbezogene TCP-Kraftkomponente
Achsgeschwindigkeitsüberwachung
Kartesische Geschwindigkeitsüberwachung
Werkzeugbezogene Geschwindigkeitskomponente
Kartesische Arbeitsraumüberwachung
Achsenbereichsüberwachung
Toolorientierung

Quelle: Kuka Dr. Kurt

DGUV-Information: Planung von Anlagen mit der Funktion „Leistungs- und Kraftbegrenzung“

Leitfaden für kollaborierende Robotersysteme



Kollaborierende Robotersysteme

Planung von Anlagen mit der Funktion „Leistungs- und Kraftbegrenzung“

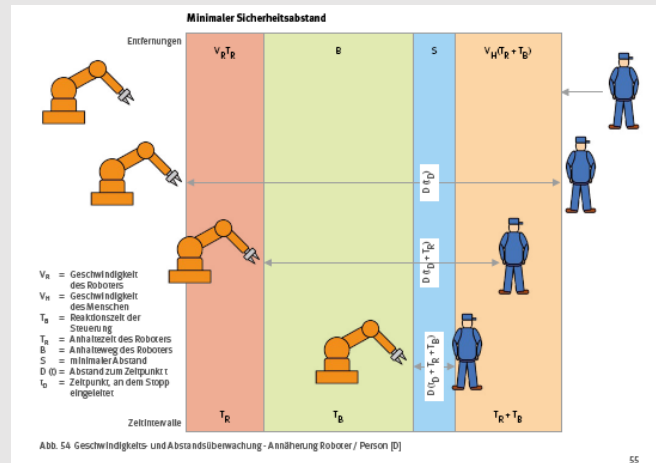
Entwurf 11/2015 FB HM-080

Kollaborierende Robotersysteme können in der Funktion „Leistungs- und Kraftbegrenzung (Power and Force Limiting)“ ohne traditionelle Schutzvorrichtungen wie Zäune und Lichtvorläufe zum Einsatz kommen. Bezüglich der Anforderungen von Normen, Vorschriften und Verordnungen sowie der Nutzung von Forschungsergebnissen besteht ein Bedarf an praktischen Handlungsanleitungen für Hersteller, Systemintegratoren, Betreiber, Unfallversicherungsträger und Zertifizierungsstellen.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Rechtsvorschriften und Normen
- 2 Risikobeurteilung
- 3 Leistungs- und Kraftbegrenzung (Power an Force Limiting / PFL)
- 4 Anforderungen an die Roboter
- 5 Robotersystem (Applikation)
- 6 Bestimmung der biomechanischen Belastungen (Kraft und Druck)
- 7 Dokumentation und Kennzeichnung der Ausrüstung
- 8 Zusammenfassung und Anwendungsgrenzen

DGUV – Information Industrieroboter



Checkliste der DGUV



Checkliste: Kollaborierende Robotersysteme	Ja	Nein
Stand: 10/2015 (Freilaufender Betrieb, Kollaborationsart: Leistungs- und Kraftbegrenzung)		
Dokumentation	Liegen für die Roboterapplikation folgende technische Unterlagen vor:	
– EG-Konformitätserklärung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Risikobeurteilung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– Betriebsanleitung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
– CE-Zeichen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Anmerkung:</i> Dokumentation für Roboterapplikation einschließlich Werkzeuge und Vorrichtungen. Diese Unterlagen stellt in der Regel der sogenannte Integrator zusammen, d.h. die Firma, welche den Roboter programmiert, erprobt und dem Betreiber zur Nutzung übergibt. Die Unterlagen nur für den „nackten“ Roboter sind nicht ausreichend. Wenn kein Integrator existiert muss der Betreiber die o.g. Unterlagen selbst erstellen.		
Äußere technische Merkmale	– Typenschild mit Name und Anschrift des Integrators (Typenschild des Roboters ist nicht ausreichend)	
– Not-Halt-Taster leicht erreichbar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

In 5 Schritten zur neuen Lösung



1

Bestandsaufnahme



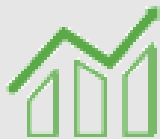
2

Identifikation von Handlungsbedarf



3

Ermittlung technischer und personeller Bedarfe



4

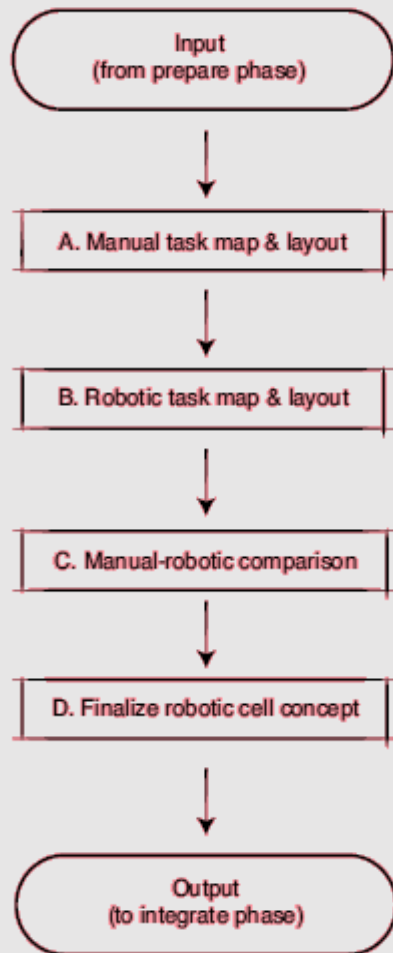
Klärung von Kosten



5

Umsetzungsplanung

Übersicht der Grobplanung



→ Vorbereitungsphase

- Ziel des Projekte definieren
- Zeitplan
- Teammitglieder bestimmen

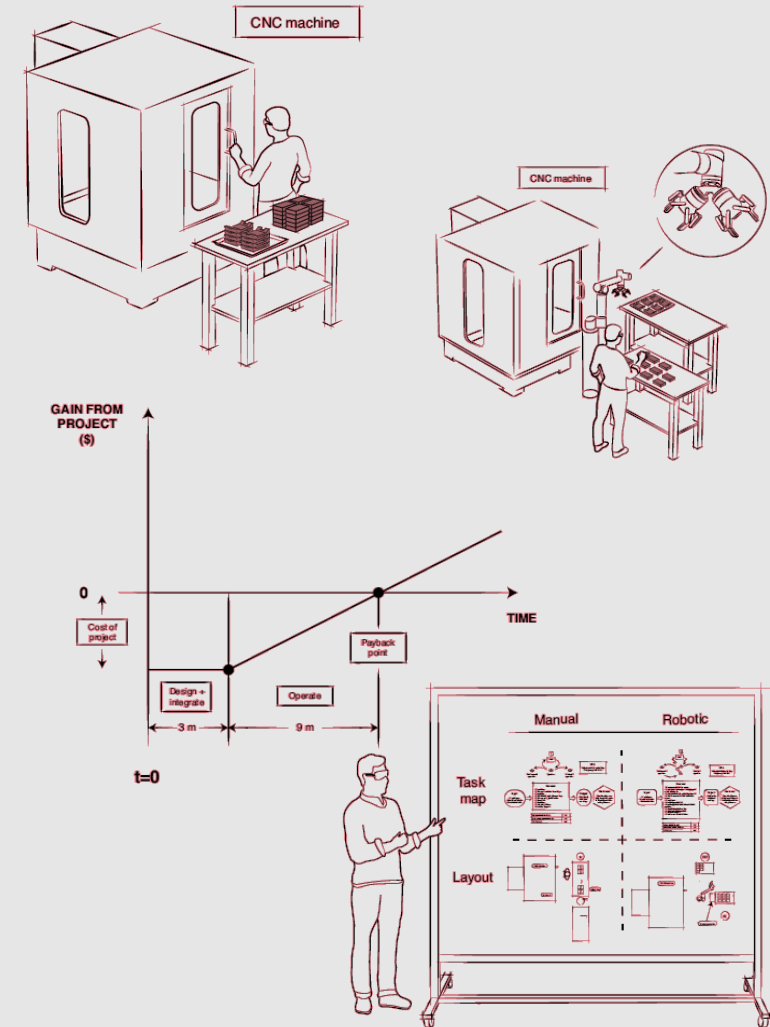
■ Arbeitsplan und Zellenlayout für manuellen Prozess

■ Arbeitsplan und Zellenlayout für manuellen Prozess

■ Vergleich der Lösungen, Ermittlung des technischen und personellen Bedarfs

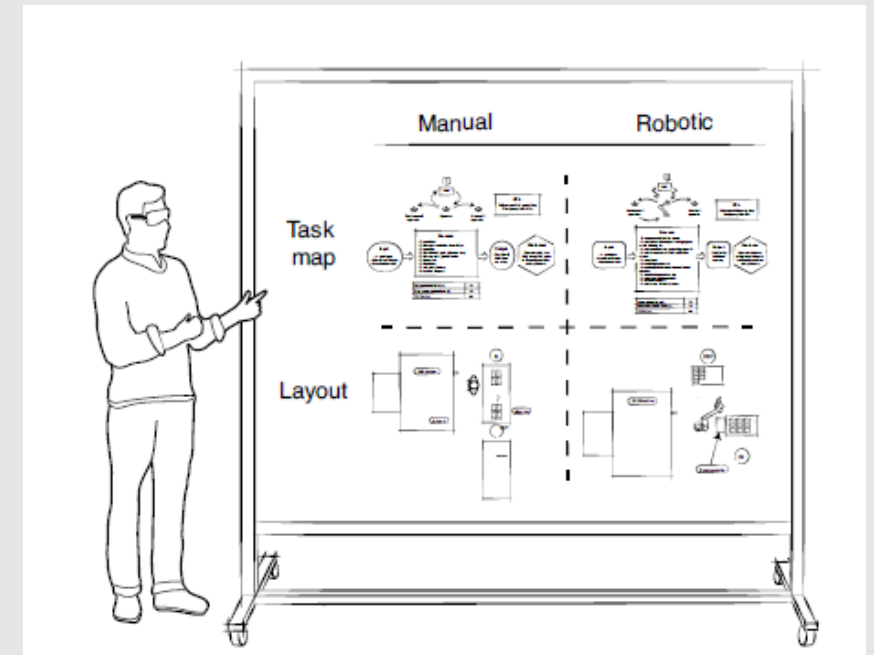
■ Definition des MRK-Prozess und erste Kostenabschätzung

→ Umsetzungsplanung und Betriebsmitteldesign



Wie kann man die Einführung von MRK vereinfachen?

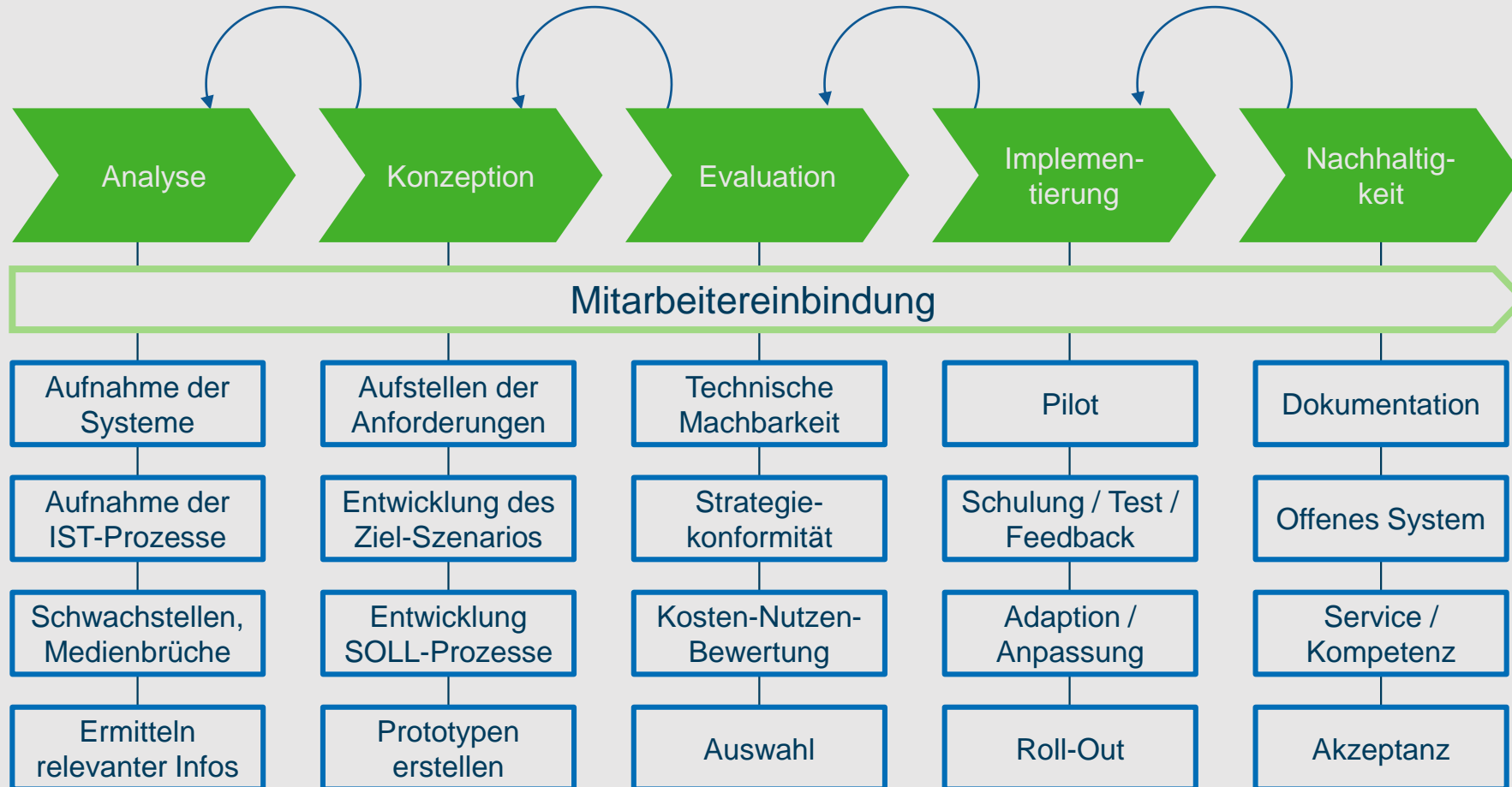
- Klein anfangen - Mit welchen neuen Anwendungen können Sie beginnen?
- Dokumentieren Sie Ihren aktuellen Prozess mit allen Randbedingungen.
 - Gibt es Produktvarianten und wie unterscheiden sie sich?
 - Wo sind hohe Genauigkeiten oder besondere Fähigkeiten erforderlich?
 - Wie können die Einzelteile bereitgestellt und gegriffen werden?
- Skizziere den automatisierten Prozess, den Sie im Sinn haben.
- Teilen Sie den Prozess bei Bedarf in kleinere Schritte auf und starten Sie mit der Umsetzung von Teilschritten.
- Identifizieren Sie die Herausforderungen für die Automatisierung und finden Sie Lösungsansätze.
- Testen und vergleichen Sie die Lösungen.



Welches Know-How muss im Unternehmen vorhanden sein?

- **Manager** benötigt realistische Kenntnisse über die Fähigkeiten der Systeme und die damit einhergehenden Potenziale für die Produktion
- Der **Anlagenplaner/ Betriebsmittelbau** muss die Fähigkeiten der Elemente kennen und so die richtigen Komponenten für das Gesamtsystem auszuschreiben oder direkt auszuwählen?
- **Produktplaner** und **Arbeitsvorbereiter** müssen die neuen Arbeitsformen und Fähigkeiten kennen um so Automatisierungsgerechte Produkte und Prozesse entwickeln zu können.
- Die **Wartung und Instandhaltung** muss die Komponenten kennen und diese im Falle einer Wartung Bedienen und ggf. anpassen können.
- Der **Bediener** muss die Systeme intuitive ohne Programmierkenntnisse im täglichen Einsatz problemlos bedienen können.
- Der **Programmierer** muss aktuelle Programme ändern und neue erstellen können. Er benötigt Kenntnisse über alle Systeme und deren Zusammenarbeit.
- **Sicherheitsabnahme** und Wiederholungsprüfung muss durch einen geschulten Mitarbeiter erfolgen der Kenntnisse über die aktuellen Normen und Vorschriften hat.
- **Mitarbeitervertreter** muss die Vor- und Nachteile sowie das Potenzial kennen, um die Mitarbeiter bestmöglich zu vertreten.

Entwicklung und Einführung von I4.0 Technologien in Unternehmensabläufe und Produktionsprozesse



Angelehnt an: Birkhan 2007