
Mensch-Roboter-Kollaboration

Nutzen, Technik, Anwendungsbeispiele und Entwicklungsrichtung



Fraunhofer-Institut für
Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Abteilung Robotersysteme

Dipl.-Ing. Thomas Dietz

Telefon 07 11 / 970-1152

Telefax 07 11 / 970-1008

E-Mail thomas.dietz@ipa.fraunhofer.de

Erlangen, 18. April 2012

Gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages
(Förderkennzeichen 01FS10001)

Inhalt

Technik, Nutzen, Beispiele und Entwicklungsrichtung

- Kurzvorstellung des Fraunhofer IPA
- Probleme beim Einsatz von Industrierobotern bei mittleren Losgrößen
- Warum Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK)?
- Normative Rahmenbedingungen
- Bsp. 1: Effiziente Programmierung
- Bsp. 2: Assistenzroboter in der Montage
- Weiterentwicklung zum Einsatz von Industrierobotern bei kleinen und mittleren Losgrößen

Joseph von Fraunhofer (1787 - 1826)



Forscher

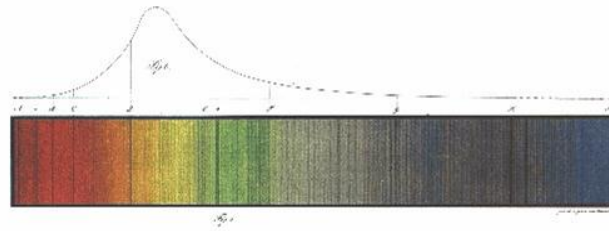
Entdeckung der »Fraunhofer-Linien«
im Sonnenspektrum

Erfinder

Neue Bearbeitungsverfahren für
Linsen

Unternehmer


Leiter und Teilhaber einer Glashütte



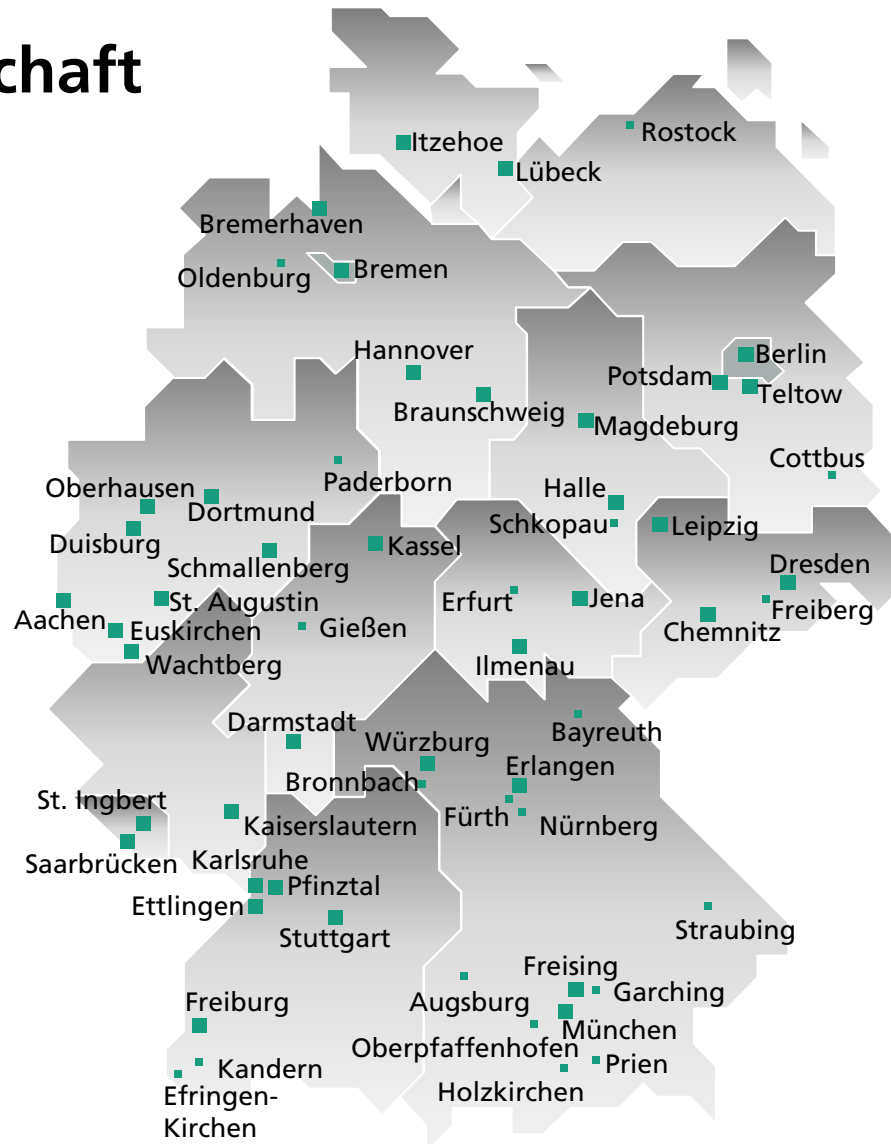
Die Fraunhofer Gesellschaft

 60 Institute

 18.000 Mitarbeiter

 1,65 Mrd. Euro Budget

Größte Organisation zur
angewandten Forschung in
Europa.



Fraunhofer IPA - Organigramm

Institutsleitung		
<p>Prof. Dr. -Ing. Alexander Verl Prof. Dr. -Ing. Thomas Bauernhansl</p>		
Unternehmensorganisation	Automatisierung	Oberflächentechnik
Digitale Fabrik Dr.-Ing. Carmen Constantinescu	Robotersysteme Dipl.-Ing. Martin Hägele M.S.	Lackiertechnik Dipl.-Ing. Dieter Ondratschek
Produkt- und Qualitätsmanagement Dr.-Ing. Alexander Schloske	Orthopädie und Bewegungssysteme Dr. med. Urs Schneider	Prozessengineering funktionaler Materialien Dipl.-Ing. (FH) Ivica Kolaric, MBA
Fabrikplanung und Produktionsoptimierung Dipl.-Ing. Michael Lickefett	Produktions- und Prozessautomatisierung Dr.-Ing. Jan Stallkamp	Schichttechnik Dr.-Ing. Martin Metzner
Unternehmenslogistik und Auftragsmanagement Dipl. oec. Soc. Anja Schatz	Reinst- und Mikroproduktion Dr.-Ing. Udo Gommel	Lacke und Pigmente Dr. rer. nat. Michael Hilt
Refabrikation Prof. Dr.-Ing. Rolf Steinhilper	Technische Informationsverarbeitung Dipl.-Inform. Markus Hüttel	Außenstellen
	Prüfsysteme Dipl.-Ing. Joachim Montnacher	Projektgruppe Bayreuth
		Anwendungszentrum Rostock
		Projektgruppe Zilina
		Fraunhofer Austria Research GmbH
		Fraunhofer Project Center PMI Budapest



Robotersysteme

Industrieroboter

Serviceroboter

Marktstudien
Potentialanalysen
Einsatzplanungen
Lasten- und
Pflichtenhefte
Hard- und Software
Realisierungen



Materialfluss
Bearbeiten
Schweißen
Montage



Reinigung
Transport
Wartung
Rehabilitation
Entertainment



Steuerung

Sensorik

Kinematik

MMI

Motivation

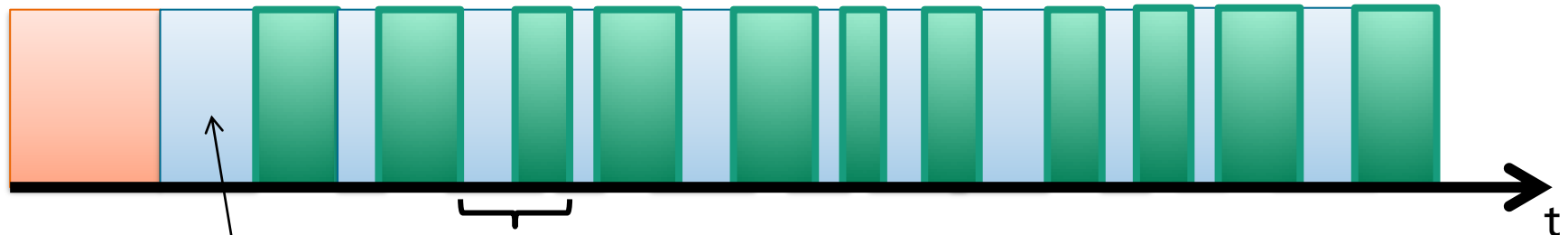
Robotereinsatz bei kleinen und mittleren Losgrößen

Robotersystem in Grosserienproduktion



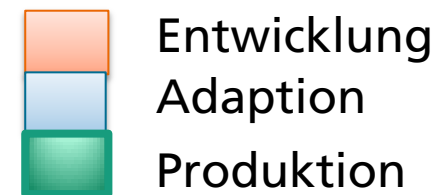
Großer Hebel durch Performancesteigerung

Robotersystem bei mittleren Losgrößen



Gesamteffizient entscheidend

Bisher für typische Aufgaben nicht allein durch Endanwender stemmbar



Motivation

Robotereinsatz bei kleinen und mittleren Losgrößen

- Robotertechnik für große Losgrößen optimiert
 - Produktivität wichtiger als Umrüstbarkeit
 - Leistungsfähigkeit wichtiger als Bedienbarkeit
 - Häufiger Produktwechsel erfordert hohe Gesamteffizienz in Betrieb und Umrüstung
 - Umrüstung und Neuprogrammierung oft nicht durch Anwender beherrschbar
 - Bedienung manueller Anlagen durch einen Prozessexperten, nicht durch Roboterexperte
 - Hohe Komplexität und Kenntnisse in vielen Fachbereichen erforderlich
- Roboter können oft nicht wirtschaftlich in der Kleinserienproduktion eingesetzt werden



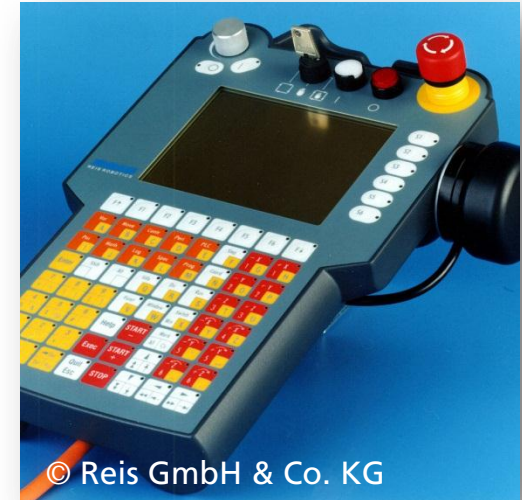
vs.



Motivation

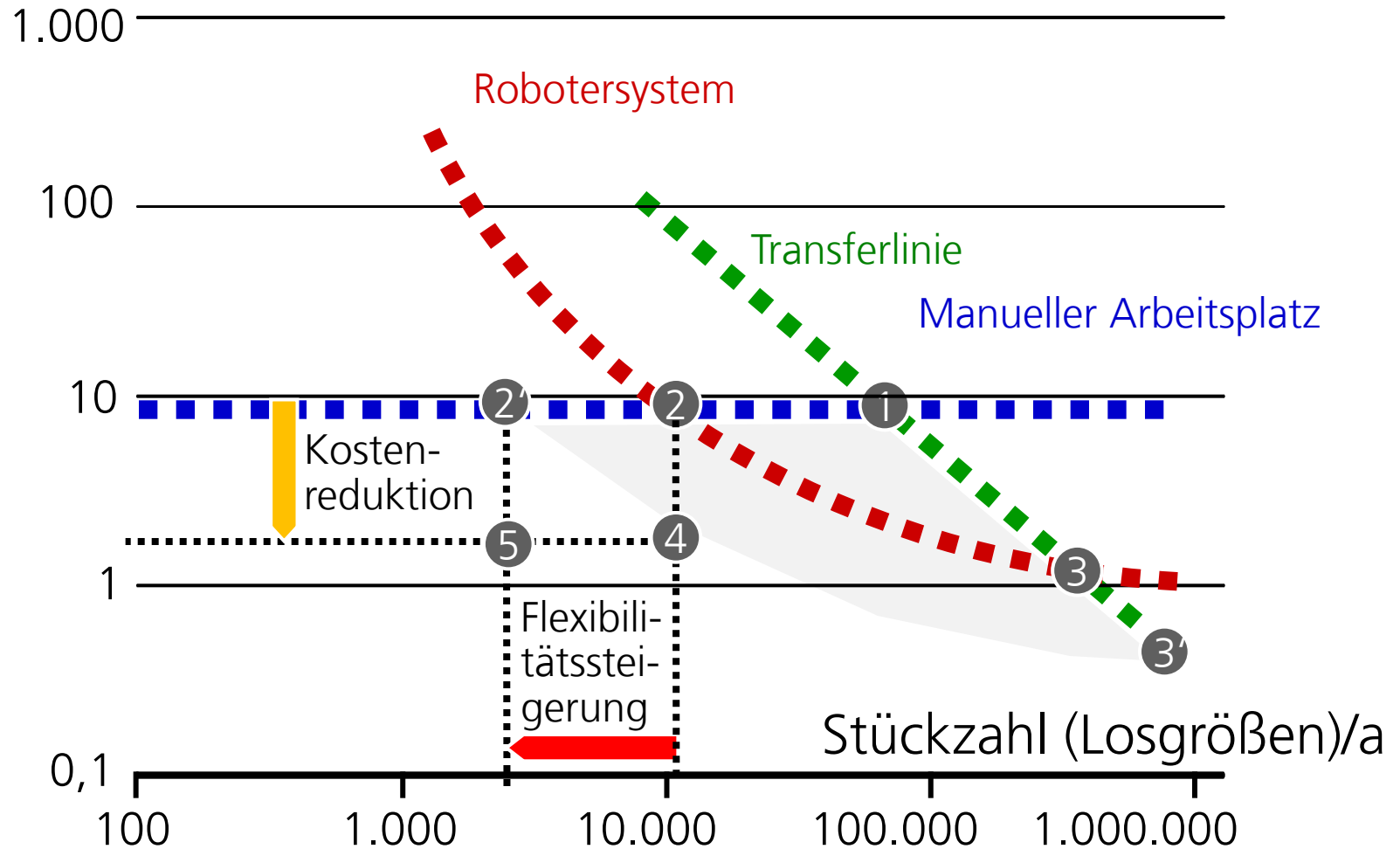
Wo liegt das Problem?

- Programmierung
 - Roboterexperte für Programmierung erforderlich
 - Hoher Zeitbedarf durch nicht anwendungsspezifische Programmierwerkzeuge
- Betrieb
 - Geringe Robustheit gegenüber Unsicherheiten
 - Unfähigkeit mit unvorhergesehen Situation umzugehen
 - Vollständig strukturierte Umgebung erforderlich



Wirtschaftlichkeitsgrenzen für Industrieroboter

Stückkosten



Motivation

Warum Mensch-Roboter-Kollaboration?



- Ziel: Kombiniere Stärken des Menschen mit Stärken des Roboters
- Stärken des Roboters:
 - Wiederholbarkeit und gleichbleibende Qualität
 - Kraft und Schnelligkeit
 - Ausdauer
- Einige Stärken des Menschen
 - Lernfähigkeit
 - Erfahrung
 - Entscheidungsfähigkeit
 - Kreative Lösungsfindung

Normative Rahmenbedingungen

Sicherheit als Grundvoraussetzung



Normative Rahmenbedingungen

ISO 10218

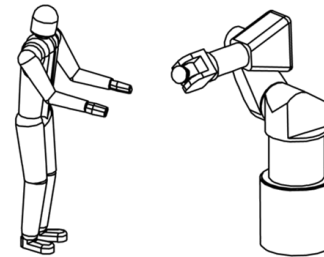
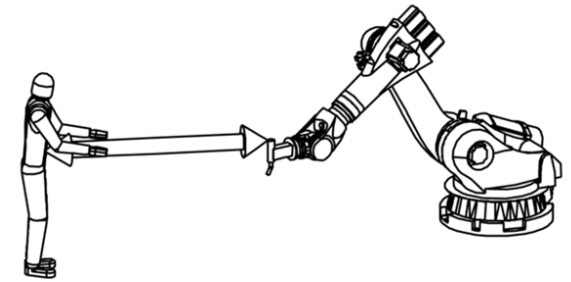
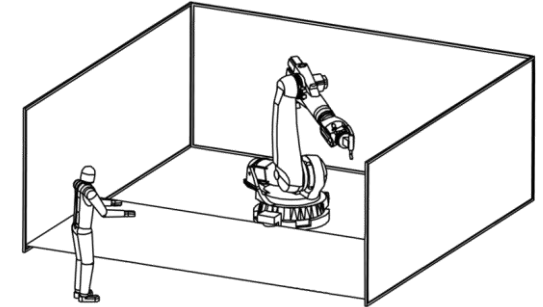
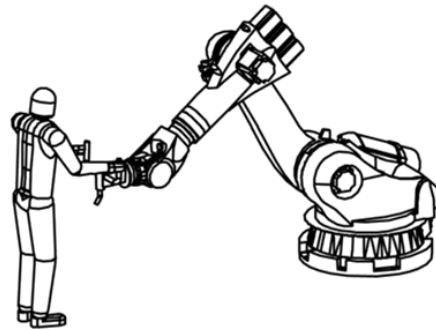
- ISO 10218: Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen
 - Regelt Sicherheitsaspekte für Roboter
 - Besteht aus zwei Teilen
- ISO 10218-1 macht zum ersten Mal konkrete Vorgaben zur MRK:
 - Technische Anforderungen an die Sicherheitsfunktionen des Roboters
 - Sicherheitsgerichtete Steuerungen: PL d, SIL 2
 - Spezifikation von Stoppfunktionen
 - Anzeigen und Bedienelemente für MRK
 - Definition von Kollaborationsarten

Normative Rahmenbedingungen

ISO 10218 - Kollaborationsarten

Vier Kollaborationsarten in ISO 10218

1. Stopp des Roboters mit automatischem Wiederanlauf
2. Handführen
3. Geschwindigkeits- und Positionsüberwachung
4. Leistungs- und Kraftbegrenzung



Normative Rahmenbedingungen

Neuerungen seit 2011 – Revision Teil 1

■ Wegfall konkreter Grenzwerte

Schutzkriterium	ISO 10218-1:2006	ISO 10218-1:2011
Handführen	Reduzierte Geschwindigkeit (< 250 mm/s)	Reduzierte Geschwindigkeit ohne konkreten Grenzwert
Geschwindigkeits- und Positionsüberwachung	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Abstände nach ISO 13855 ▪ Reduzierte Geschwindigkeit (< 250 mm/s) 	Abstände und Geschwindigkeiten aus Risikobeurteilung
Kraft- und Leistungsbegrenzung	Kraftbegrenzung (<150 N) oder Begrenzung der dynamischen Leistung (<80 W)	Keine konkreten Grenzwerte. Kombination von Begrenzungen für <ul style="list-style-type: none"> ▪ Leistung, ▪ Kraft, ▪ Geschwindigkeit oder ▪ Energie

➤ Stärkeres Gewicht auf Risikobeurteilung zur Festlegung der Grenzwerte

Normative Rahmenbedingungen

Neuerungen seit 2011 – Erscheinen Teil 2: Robotersystem

- ISO 10218-2 erweitert den Fokus auf das Robotersystem:
 - Einbeziehen der sich aus dem Prozess ergebenden Gefährdungen
 - Berücksichtigung der Gefährdungen durch Werkzeuge, Vorrichtungen und Werkstück
 - Analyse typischer Arbeitsabläufe
 - Einbeziehen der relativen Position von Roboter und Arbeiter
 - Einbeziehen aller Personen, die Zutritt zum Roboter haben
- Richtlinien zur Arbeitsplatzgestaltung, zum Beispiel
 - Klare Definition des Kollaborationsraums
 - Ausreichender Abstand zu statischen Hindernissen

Normative Rahmenbedingungen

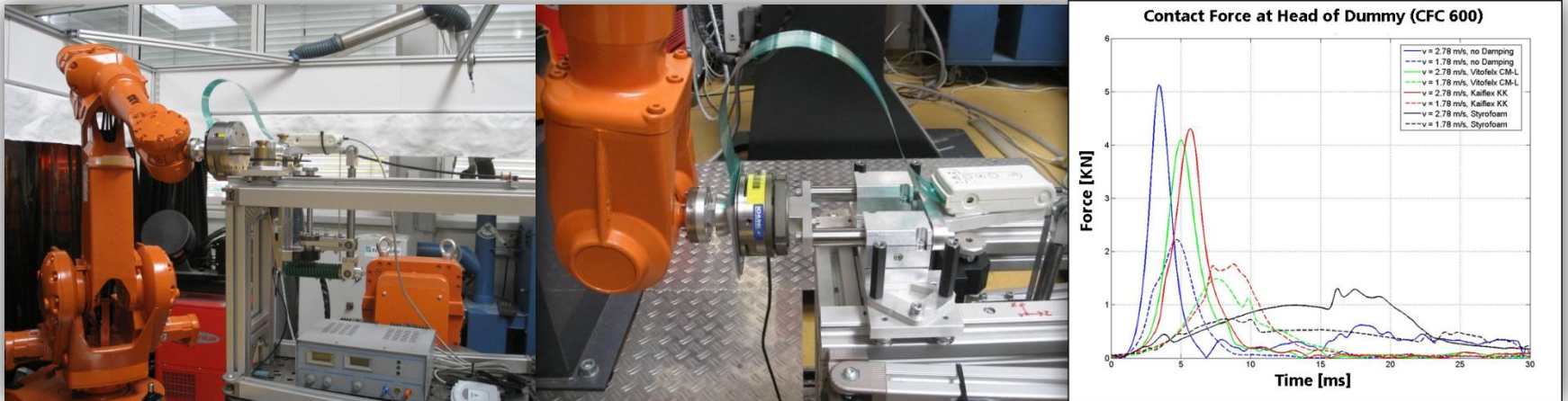
Neuerungen seit 2011 – Erarbeitung der TS 15066

- Wegfall konkreter Grenzwerte in ISO 10218
 - Größerer Handlungsspielraum der Normenanwender
 - Höhere Komplexität der Gefährdungsbeurteilung
- Wichtige Aspekte der MRK wurden in der Norm noch nicht behandelt
- Erarbeitung als Technische Spezifikation und später eventuell Einarbeitung in die Norm
- Dokument momentan noch in Entwurfsstadium
 - TS 15066 soll dem Endanwender Orientierung für die Gefährdungsbeurteilung geben
 - TS 15066 wird voraussichtlich erstmals Belastungsgrenzwerte des Menschen für den Kontakt von Roboter und Mensch enthalten
 - Vorgaben für zu überwachende Abstände

Normative Rahmenbedingungen

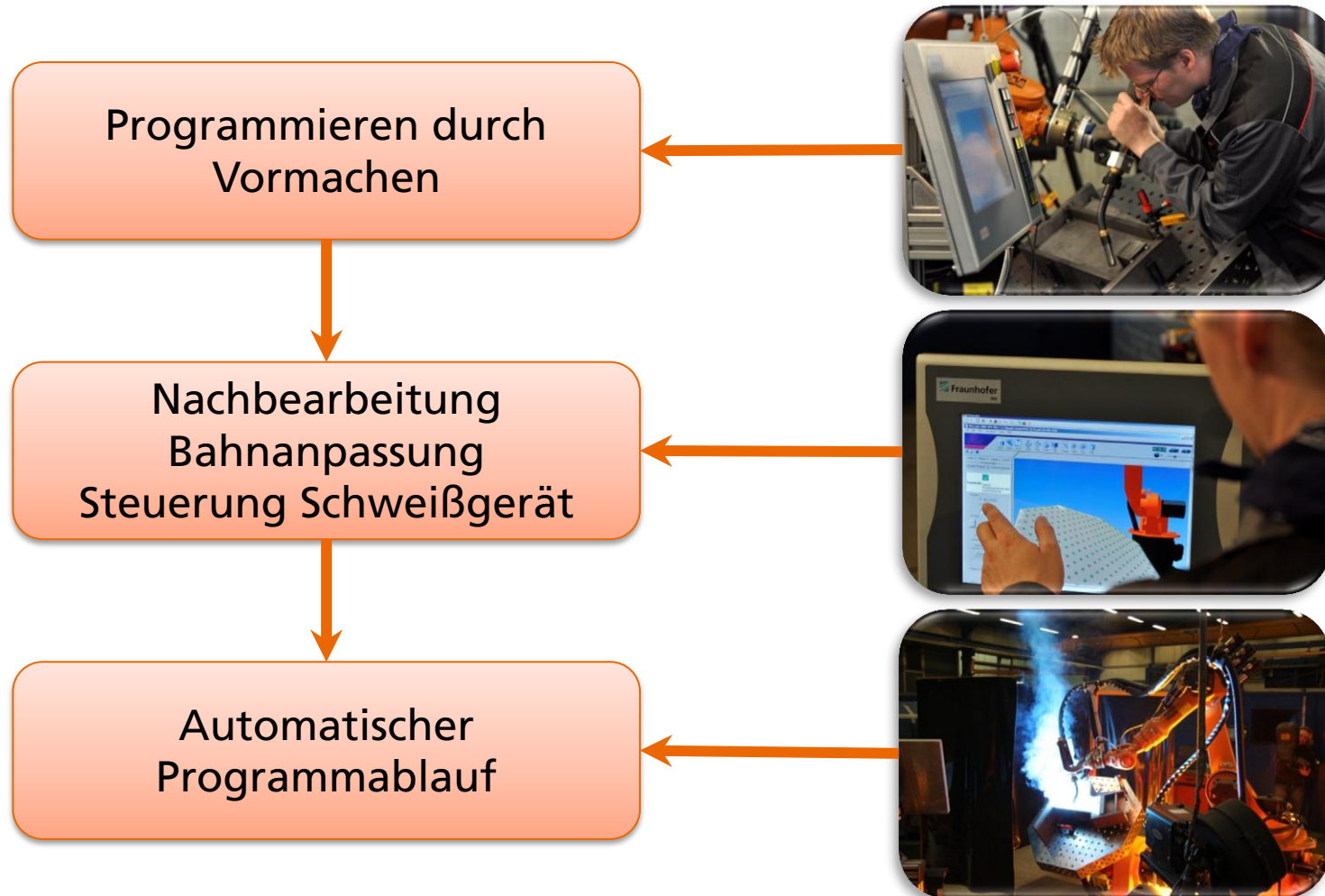
Zusammenfassung

- MRK in Normung aufgegriffen
- Sicherheitsanforderungen und Anwendungsprofile sind definiert
- Momentan Ausarbeitung der TS15066 zur Risikobeurteilung:
 - Prozess der Risikobeurteilung für MRK-Systeme
 - Verfahren zur Validierung konkreter Anwendungen



Beispiel 1: Programmieren durch Vormachen

Ablauf

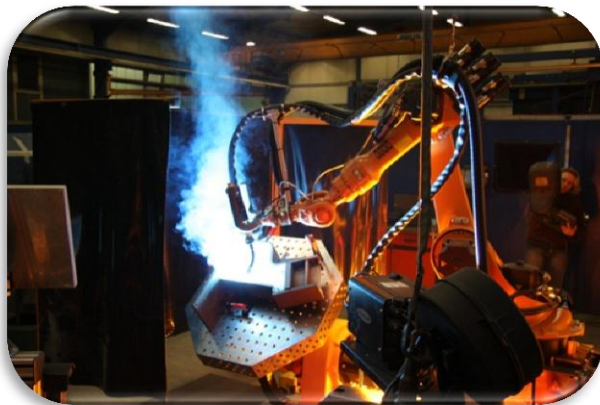


Beispiel 1: Programmieren durch Vormachen



Beispiel 1: Programmieren durch Vormachen

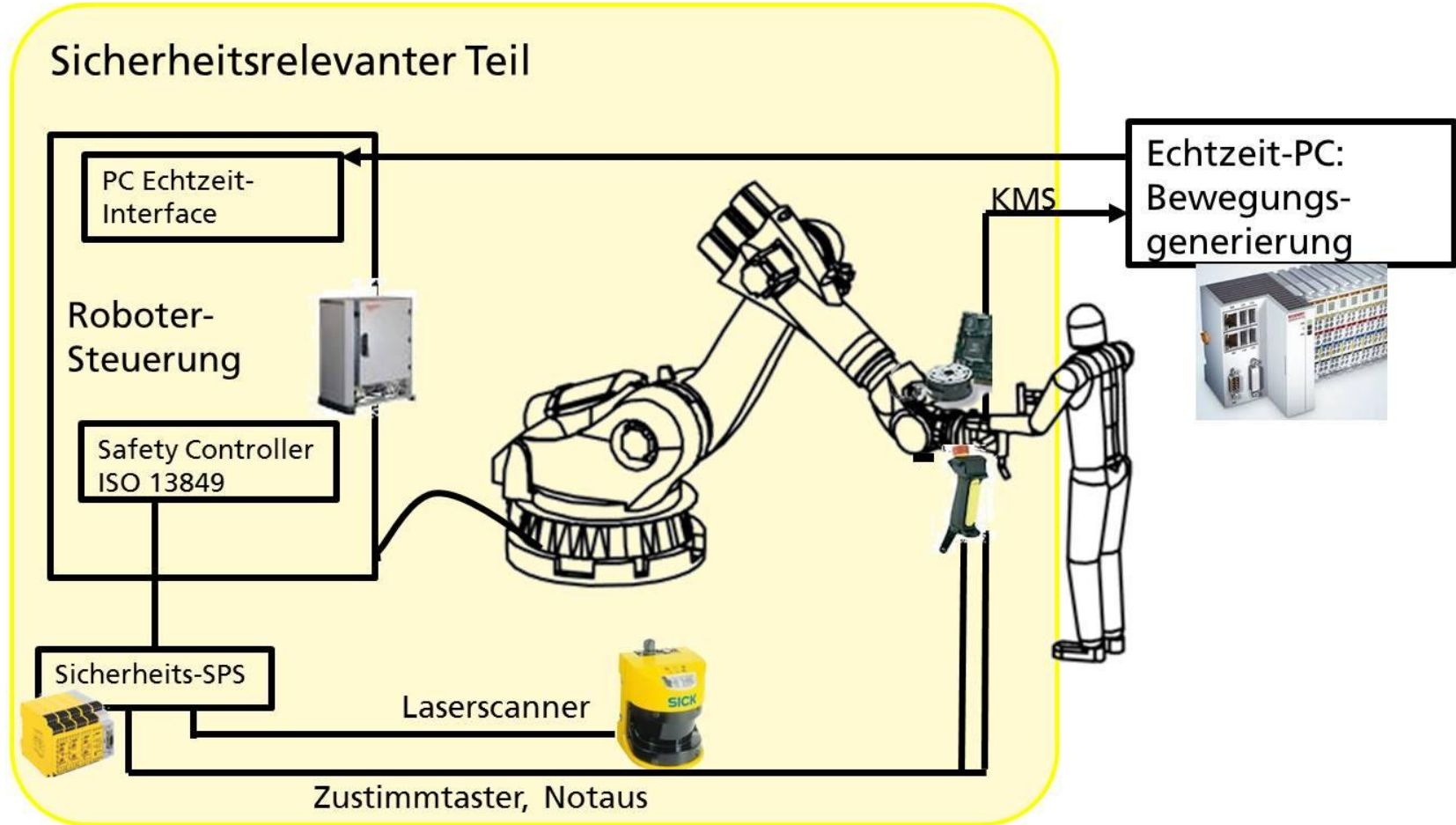
Vorteile bei der Programmierung



- **Versuchsbedingungen**
 - Versuche bei KMU
 - Programmierung durch Roboterexperten und Schweißer
- **Ergebnis**
 - Zeitersparnis zwischen 9% und 40%
 - Steilere Lernkurve für Schweißer durch Handführen
- **Nutzen**
 - Roboter schneller durch Prozessexperten nutzbar
 - Zeitersparnis vor allem bei unerfahrenen Programmierern

Beispiel 1: Programmieren durch Vormachen

Sicherheitskonzept



Beispiel 2: Assistenzroboter in der Montage

Gleitender Automatisierungsgrad

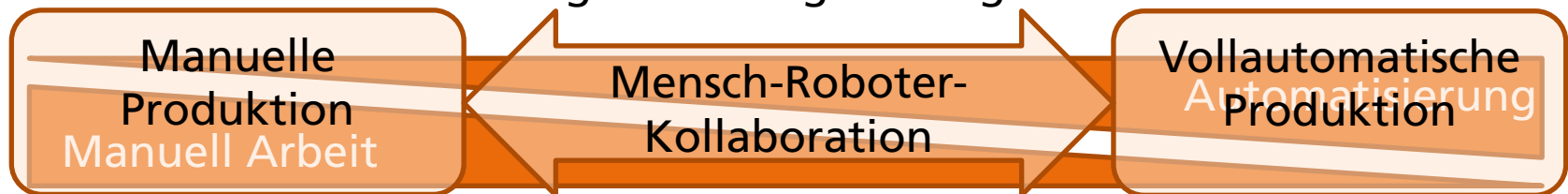
Assistenzroboter in der
Automobilproduktion

Beispiel 2: Assistenzroboter in der Montage

Gleitender Automatisierungsgrad

Nutzen:

- Häufig wiederholte Tätigkeiten können automatisiert werden
 - Z.B. holen neuer Teile
 - Entlastung des Arbeiters, Steigerung der Arbeitsplatzattraktivität
 - Schnelles Teachen durch Handführen
- Komplexe, seltene Prozesse werden durch den Menschen koordiniert
 - Z.B. Einsetzen von Teilen mit groben Toleranzen, Problemlösung
 - Unterstützung des Arbeiters (Kraft, Führungsgenauigkeit)
- Schnellere Problemlösung durch Eingriffsmöglichkeit des Menschen



Weiterentwicklung des Lösungsansatzes

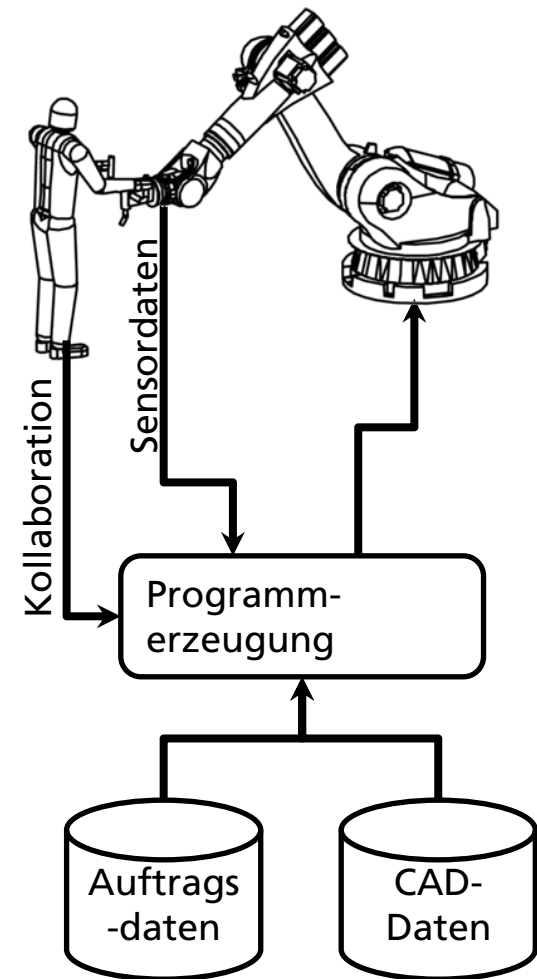
Robotereinsatz bei kleinen und mittleren Losgrößen

- Schnelle Rekonfigurierbarkeit entscheidend für Robotereinsatz für kleine und mittlere Losgrößen
 - Anpassung der Roboterprogramme
 - Anpassung des Roboterwerkzeugs
 - Anpassbarkeit durch Prozessexperten des Roboteranwenders
- MRK ist ein Ansatz zur Lösung der Programmanpassung
- Was kann man sonst tun, um die Anwendbarkeit von Robotern für kleine und mittlere Serien zu verbessern?

Weiterentwicklung des Lösungsansatzes

Robotereinsatz bei kleinen und mittleren Losgrößen

- Daten aus verschiedenen Informationsquellen am Roboter nutzbar machen:
 - CAD-Daten (Automatische Bahngenerierung, Merkmalerkennung)
 - Sensordaten (Korrektur einer Grobpositionierung)
 - Datenbanken (Einstellung von Prozessparametern, Rumpfprogramme)
 - Koordination, Kontrolle und Nachbearbeitung der Programme durch den Menschen
- Rekonfiguration als Service: externe Programmierstellung
- Roboterzellen, die mit Unsicherheiten umgehen können



Zusammenfassung

- Mensch-Roboter-Kollaboration
 - Kombiniert die Stärken von Mensch und Roboter
 - Macht Roboter besser für kleine und mittlere Seriengrößen nutzbar
- Nutzen
 - Schnellere Programmierung
 - Erhöhung der Qualität
 - Kostenreduktion
- Mensch-Roboter-Kollaboration ist normativ mittlerweile gut erfasst
 - ISO 10218 definiert Einsatzarten und gibt Sicherheitsanforderungen
 - Bessere Handleitung zur Risikobeurteilung ist in Arbeit
- Neue Ansätze für Programmierwerkzeuge bieten ein enormes Potential zur Effizienzsteigerung beim Industrierobotereinsatz