INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

AUTONOMIK FÜR INDUSTRIE 4.0

Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Mensch-Technik-Interaktion in der Industrie 4.0

Steffen Wischmann
Institut für Innovation und Technik (iit)
in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1, 10623 Berlin
E-Mail: wischmann@iit-berlin.de

Industrie 4.0 und Autonomik für Industrie 4.0

Ironien der Automation

Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Praxisbeispiele

Ausblick

wischmann@iit-berlin.de

Industrie 4.0 und Autonomik für Industrie 4.0

Ironien der Automation

Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Praxisbeispiele

Ausblick

wischmann@iit-berlin.de

Industrie 4.0
Schlüsseltechnologien für die Produktion der Zukunft

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

Robotik
- Hohe Flexibilität
- Intelligente Steuerung
- Intuitive Bedienung und Programmierung
- Kurzes ROI
- Sichere Mensch-Roboter-Kooperation

Kunden (B2B, B2C)

Lieferanten

Sensorik
- Präzision
- Echtzeitfähigkeit
- Verfolgbarkeit
- Zuverlässigkeit
- Vollständigkeit

Innovative Produktionssysteme
- CPS
- M2M Kommunikation
- Vollständige Vernetzung
- Hohe Automatisierung
- Virtualisierung
- Additive Fertigung
- Selbstkonfiguration

IKT-Technologien
- Cyber-Security
- Cloud-Computing
- Big-Data

Produktentwickler

Fabrik-ausrüster

Logistik 4.0
- Vollständig integrierte Versorgungsketten
- Sehr hoher Vernetzungsgrad
- Umfassende Dokumentation und Verfolgbarkeit
- Perfekte Koordination

wischmann@iit-berlin.de

Technologieprogramm „Autonomik für Industrie 4.0“ des BMWi

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

- Anwendungs- und KMU-nah

- Themencluster:
  - **Flexible Automatisierung**
  - **Industrielle Servicerobotik**
  - **Heimautomatisierung**
  - **3D-Technologien**

Analyse von Industrie 4.0 **Geschäftsmodellmustern**

- Projektvolumen insgesamt: **ca. 100 Mio. €**
- Fördervolumen insgesamt: ca. 50 Mio. €
- Laufzeit: 2014 bis 2016/2017
- Web: **www.autonomik40.de**

wischmann@iit-berlin.de

Industrie 4.0 und Autonomik für Industrie 4.0

Ironien der Automation

Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Praxisbeispiele

Ausblick

wischmann@iit-berlin.de

Ironie der Automation

Typischerweise wird versucht, zunächst alle Arbeitsschritte zu automatisieren, bei denen dies technisch und wirtschaftlich machbar erscheint. Die verbleibenden **Automatisierungslücken** definieren dann die menschlichen Aufgaben.

Der menschliche ‚**Überwacher**' ist gerade wegen der Automatisierung zunehmend weniger in der Lage, seiner Überwachungstätigkeit gegenüber dem automatisierten System nachzugehen.

Weitere Probleme: Übervertrauen, Fähigkeitserosion

Ironie der Automation

Ironie 1:
- Der Mensch wird von Entwicklern als wesentliche Fehlerquelle betrachtet und deshalb ersetzt
- Entwickler ist gleichzeitig Mensch
- Operative Fehler sind oft Entwicklungsfehler („menschliches Fehlverhalten“, „Fehlbedienung“)

Ironie 2:
- Hoch-komplexe, daher nicht automatisierbare, Aufgaben, werden auf den Mensch übertragen
- Übertragung auf das schwächste Glied in der Prozesskette

Ironie 3:
- Mensch wird durch Automatisierung ersetzt, da diese Systeme effizienter sind
- Mensch soll aber weiterhin überwachen, prüfen, Fehler beheben und ggf. manuell übernehmen

Ironie 4:
- Die zuverlässigsten Automatisierungssysteme erfordern den höchsten Trainingsaufwand
- Unzuverlässige Systeme erfordern geringen Trainingsaufwand

Aufgaben einer adäquaten Mensch-Technik-Interaktion:
- Zustandsinformationen müssen intuitiv bereitgestellt werden
- Ein angemessenes Situationsbewusstsein muss jederzeit gewährleistet werden

Bainbridge, 1983

Lösungsansätze

- Adaptive Automatisierung
- Automatisierungsgrade von vollständig manuell bis vollständig autonom
- Dazwischen: Dynamische Aufteilung der Aufgaben
- Übergänge können sowohl von der Maschine als auch vom Menschen initiiert werden
- Kontrolle wechselt zwischen Mensch und Maschine
- Aufgabenübergabe:
  - Was muss der Mensch über die Maschine und den aktuellen Prozess wissen?
  - Wie kann die Maschine entsprechende Informationen geeignet kommunizieren?
  - Wie wird ausreichend Situationsbewusstsein sichergestellt?
- Fokusverschiebung
  - Isolierte Entwicklung von Automatisierungssystemen -> Teamperspektive

Parasuraman et al., 2000; Opperman, 1994

Industrie 4.0 und Autonomik für Industrie 4.0

Ironien der Automation

Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Praxisbeispiele

Ausblick

wischmann@iit-berlin.de

Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Komposition
- Aufgaben
- Akteure
- Ressourcen

Kooperation
- Gemeinsame Aufgaben
- Wer mit wem
- Aufgabenübernahme

Anforderungsdefinition
Spezifikation
Implementation
Evaluation

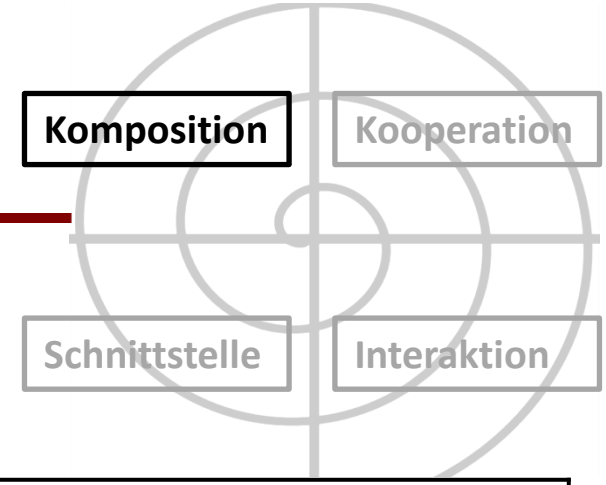
Schnittstelle
- (GUI-)Gestaltung
- Sprachregelungen
- Netzwerkprotokolle

Interaktion
- Kommunikationsinhalte
- -modalitäten
- -partner

wischmann@iit-berlin.de

nach Lüdkte, 2014

Mensch-Maschine-Teams

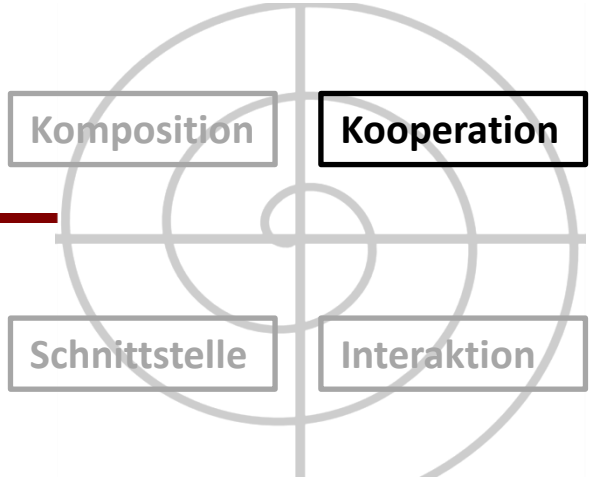


Anforderungsdefinition:
– In welcher Umgebung soll das MMT arbeiten?
– Welche Aufgaben soll das MMT durchführen?
Spezifikation:
– Welche Ressourcen werden für das MMT benötigt?
– Aus welchen Operateuren (Rollen, Skills, ..) und Maschinen soll sich das MMT zusammensetzen?
Implementation:
– Implementierung der Maschinenfunktionalität,
– Auswahlkriterien und –verfahren sowie Trainingsprogramme für die Operateure festlegen,
Evaluation:
– Abschätzung, ob die Operateure und Maschinen ausreichen, um die Aufgaben zu bewältigen,

wischmann@iit-berlin.de

nach Lüdkte, 2014

Mensch-Maschine-Teams

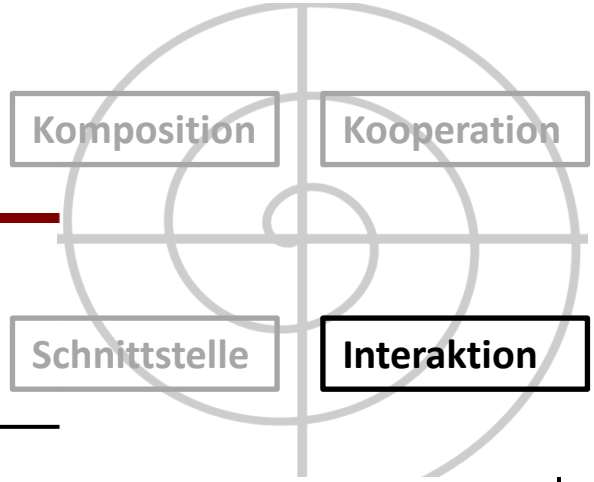


Anforderungsdefinition:
– Welche Akteure sollen zusammenarbeiten?
– Welche Akteure sollen welche Aufgaben übernehmen?
Spezifikation:
– Definition der Aufgabenallokation, Übergabestrategien, Kooperationsformen,
Implementation:
– Implementierung der Aufgabenübernahme und -übergabe durch die Maschinen,
– Definition von Prozeduren für die Aufgabenübername und –übergabe durch die Operateure,
Evaluation:
– Abschätzung, ob die Aufgabenübernahme und –übergabe sicher und effizient funktioniert,

wischmann@iit-berlin.de

nach Lüdkte, 2014

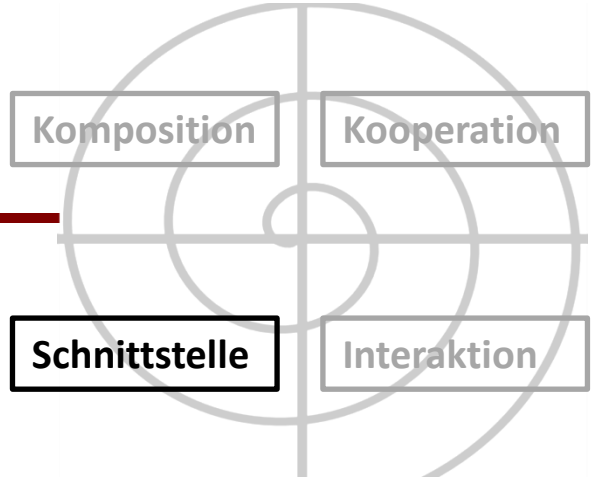
Mensch-Maschine-Teams



Anforderungsdefinition:
– Welche Informationen sind zu welchem Zeitpunkt für wen relevant? Wieviel muss der Mensch in welcher Situation über die Maschine wissen? Wieviel muss die Maschine in welcher Situation über den Menschen wissen?
– Welche Bedienaktionen sind notwendig?
Spezifikation:
– Definition der zu kommunizierenden Informationen, der Interaktionsmodalitäten (z.B. visuell, akustisch, taktil), der Informationsverteilung, der Bedienstrategien,
– Ggf. Definition der Methoden zur Messung des Zustands der Operateure (z.B. Müdigkeits-, Arbeitslastmessung),
Implementation:
– Implementierung der Informationsbereitstellung und – verteilung,
– Realisierung der spezifizierten Interaktionsmodalitäten, der Zustandsmessung,
– Ausarbeitung und Dokumentation der Interaktionsprozeduren,
Evaluation:
– Abschätzung, ob jeder Akteur die notwendigen Informationen zur richtigen Zeit zur Verfügung hat,

nach Lüdkte, 2014

Mensch-Maschine-Teams



Anforderungsdefinition:
– Ergonomische Anforderungen laut **EN ISO 9241-110**,
– Berücksichtigung der menschlichen Informationsverarbeitung,
Spezifikation:
– Gestaltung der (z.B. grafischen) Informationsdarstellung, der Bedienelemente,
Implementation:
– Implementation der Ausgabe- (z.B. Displays) und Bedienelemente auf Seiten der Maschinen,
Evaluation:
– Abschätzung, ob die Schnittstelle eine intuitive, fehlerfreie Mensch-Maschine Interaktion erlaubt,

nach Lüdkte, 2014

Gestaltung von Nutzerschnittstellen nach EN ISO 9241-110

- **Aufgabenangemessenheit**
  - Reduzierung nichtaufgabenrelevanter Informationen
- **Selbstbeschreibungsfähigkeit**
  - Jeder Bedienschritt ist unmittelbar verständlich
- **Lernförderlichkeit**
  - Angemessener, nachhaltiger Lernaufwand
- **Steuerbarkeit**
  - Zeitlich unabhängige Eingriffs- und Korrekturmöglichkeiten
- **Erwartungskonformität**
  - Konsistente „Sprache“ entsprechend dem Wissen und der Erfahrung des Benutzers
- **Individualisierbarkeit**
  - Hinsichtlich Aufgaben, Umständen, Fähigkeiten und Vorlieben
- **Fehlertoleranz**
  - Zielerreichung trotz fehlerhafter Eingaben möglich

wischmann@iit-berlin.de

Industrie 4.0 und Autonomik für Industrie 4.0

Ironien der Automation

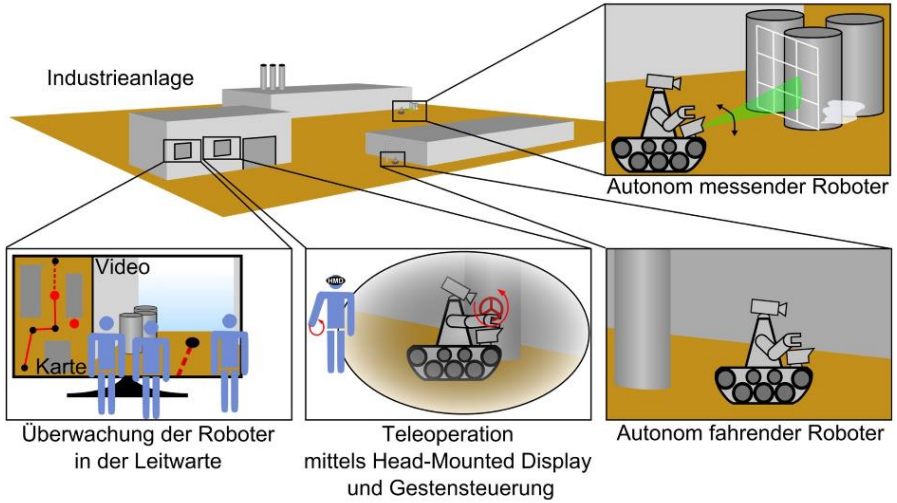
Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Praxisbeispiele

Ausblick

wischmann@iit-berlin.de

Mensch-Roboter-Kooperation



RoboGasInspector:

- Trassenläufer wird komplett ersetzt
- Trend zu höher qualifizierten Tätigkeiten
- Visualisierung über Head-mounted Display
- Gestenbasierte Interaktionskonzepte für die Teleoperation und -manipulation

www.robogasinspector.de

RoRaRob:

- Roboter als Werkzeug
- Digitales Menschmodell als Hilfsmittel zur ergonomischen Gestaltung
- Programmierung erfolgt offline von Spezialisten

www.rorarob.de

wischmann@iit-berlin.de

Mensch-Roboter Kooperation

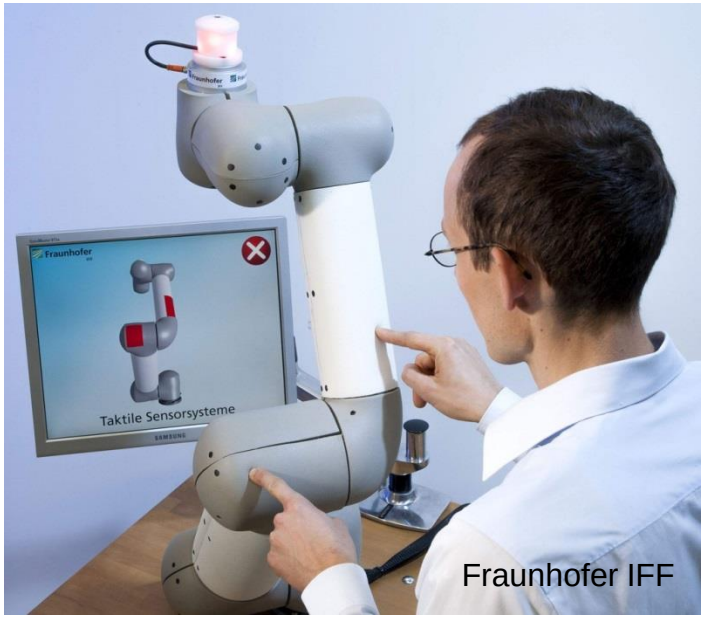
Jilas:

- Roboter als kraftkontrolliertes Werkzeug
- Mensch plant, kontrolliert und führt aus
- Mensch korrigiert Fehler der Maschine

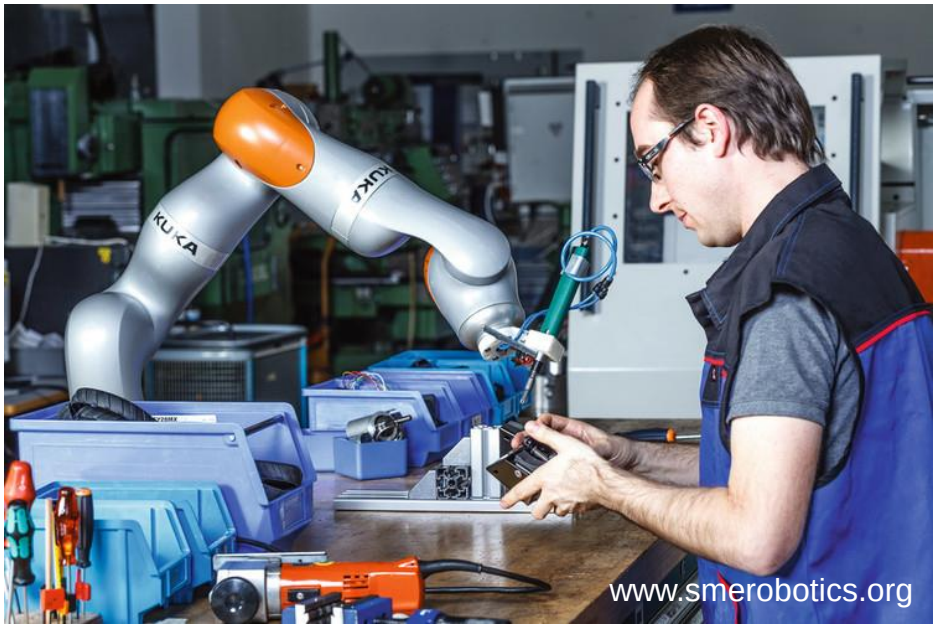
http://www.echord.info/wikis/website/jilas

Bi-direktionale Mensch-Roboter-Interaktion

INSTITUT FÜR INNOVATION UND TECHNIK

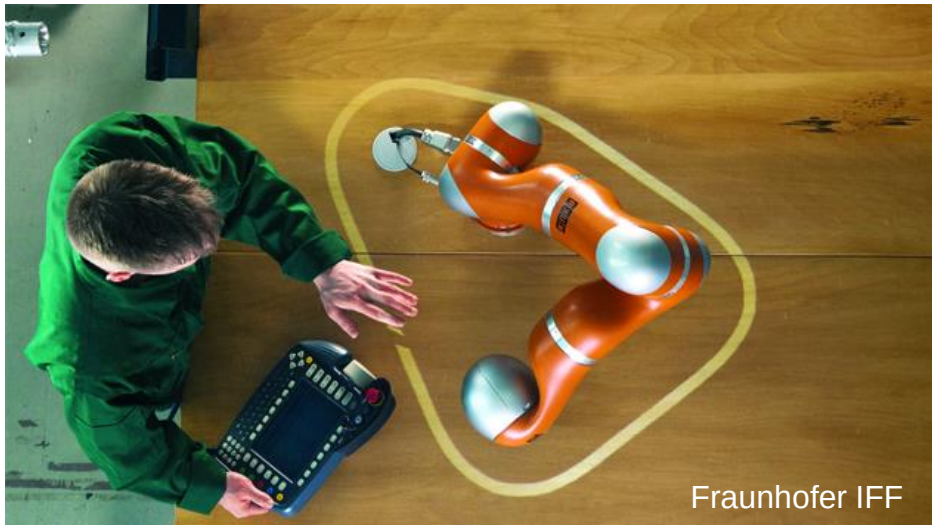


Fraunhofer IFF



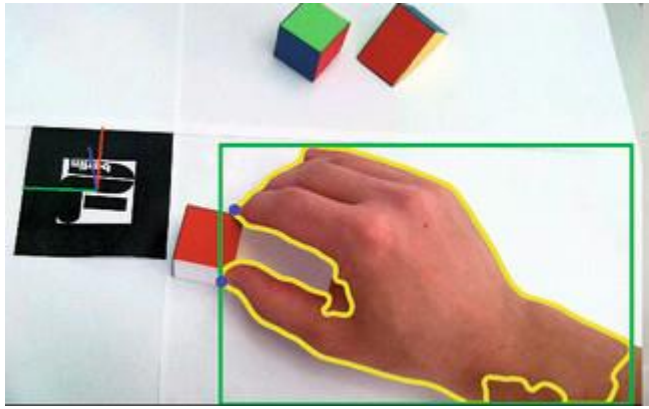
www.smerobotics.org

Baxter, IRobot

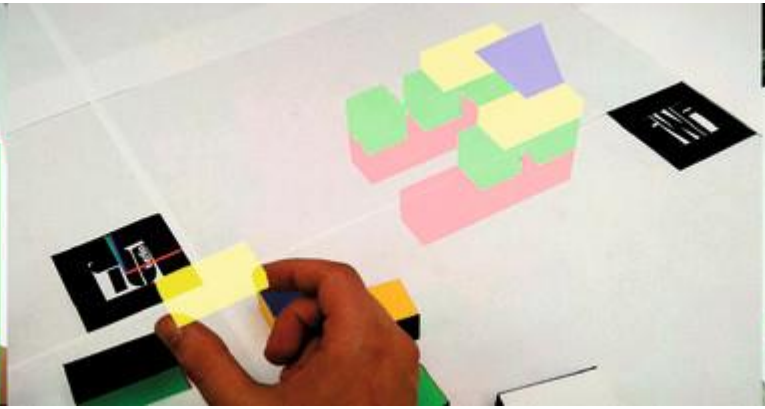

Fraunhofer IFF

wischmann@iit-berlin.de

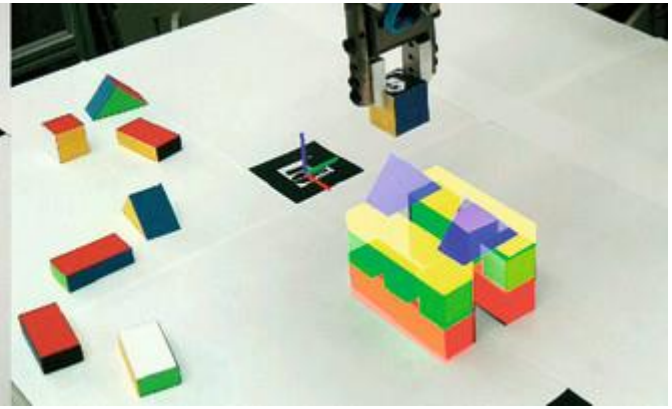
Räumliche Industrieroboterprogrammierung (TU Berlin)



Fingergestenerkennung auf einem Tablet-PC

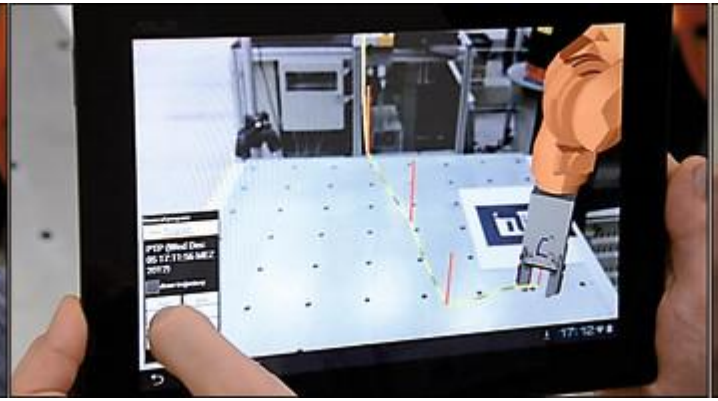


Programmieren durch Verschieben virtueller Gegenstände



Reale Ausführung

Gestenbasierte Definition einzelner Posen



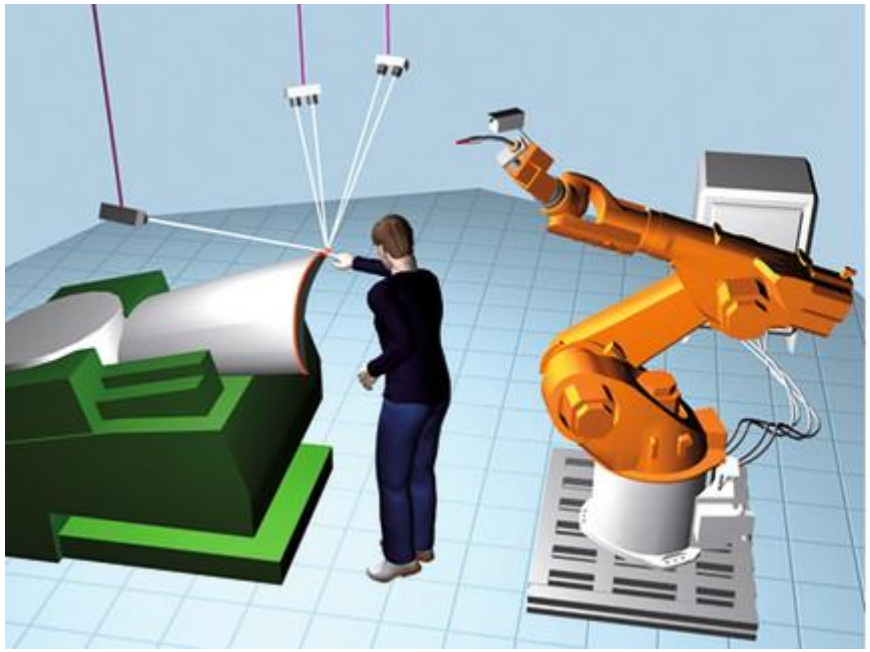
Simulation des Roboterprogramms

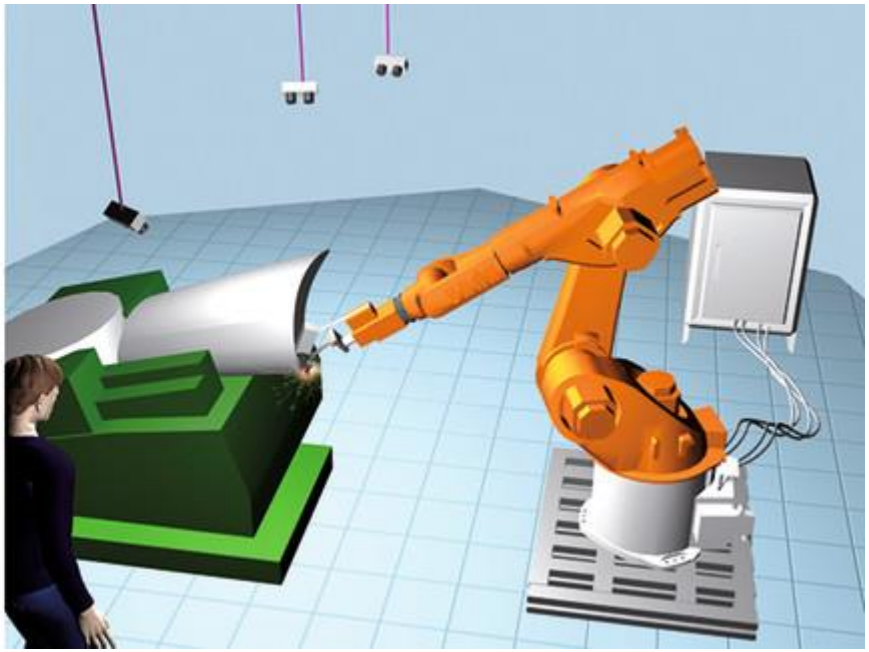
Reale Ausführung

Bilder: IWF

wischmann@iit-berlin.de

Räumliche Industrieroboterprogrammierung (TU Berlin)





Programmieren durch gestenbasiertes Vormachen:
Prinzipdarstellung des Bahnschweißens.

Bilder: IWF

Industrie 4.0 und Autonomik für Industrie 4.0

Ironien der Automation

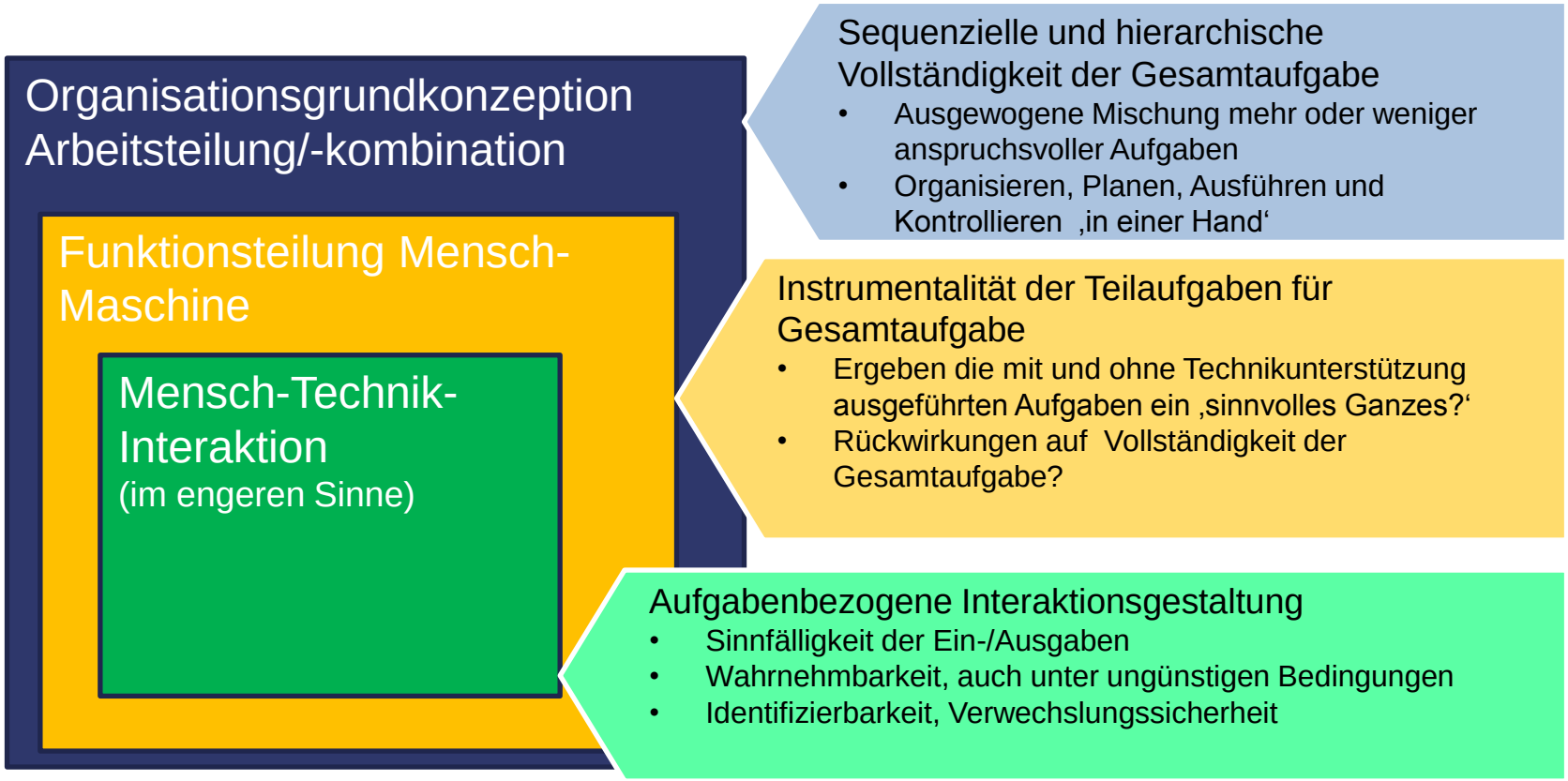
Entwicklung von Mensch-Maschine-Teams

Praxisbeispiele

Ausblick

wischmann@iit-berlin.de

Ausblick:
Mensch-Technik-Interaktion und Arbeitsorganisation



nach Hacker, 1987

wischmann@iit-berlin.de

Fazit

- Reine Überwachung schafft wenig Situationsbewusstsein
- **Arbeitsteilung** zwischen Mensch und Maschine **dynamisch** verbinden
  - Vorteile Mensch:
    - Entdeckung, Wahrnehmung, Beurteilung, Induktion, Improvisation, Langzeitgedächtnis
  - Vorteile Maschine:
    - Geschwindigkeit, Kraft, Repetition, Berechnung, Multitasking, Kurzzeitgedächtnis
  - Benötigt intuitive Übergabestrategien
  - Möglichkeit des Menschen, „Maschinenarbeit“ zu übernehmen
- Aufgabenteilung **und** Aufgabenübergabe
- **Perspektive Mensch-Maschine-Team nicht immer maximal effizient**
  - Erhöht aber Gesamtsicherheit und beugt Fähigkeitserosion vor
- Mensch-Maschine-Interaktion sollte von Anfang an Teil eines iterativen Entwicklungsprozess werden
- **Operative Fehler sind oft Entwicklungsfehler!!!**

wischmann@iit-berlin.de