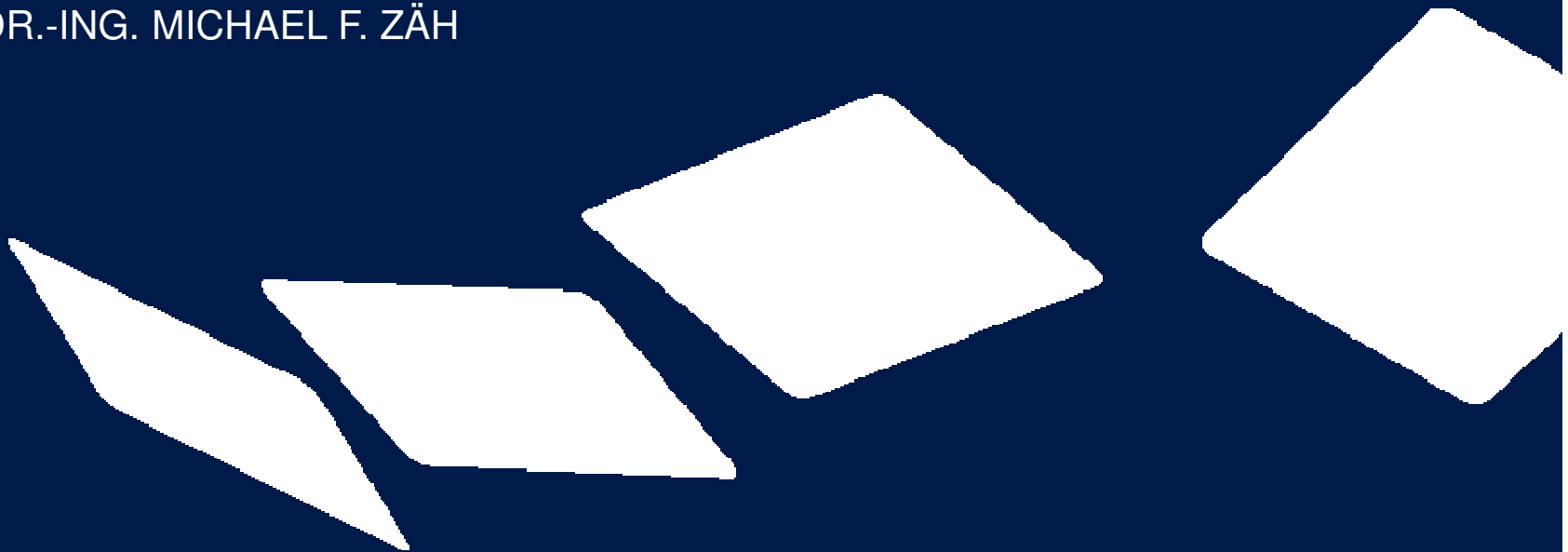


# DIE INTELLIGENTE FABRIK = DIE KOGNITIVE FABRIK

## Münchner Kreis Embedded Systems

MÜNCHEN, 17.11.2010

PROF. DR.-ING. MICHAEL F. ZÄH



## Gliederung

1. Ausgangssituation
2. Kognitive Technische Systeme (KTS)
3. Ziele der Kognitiven Fabrik
4. Beispielanwendungen
5. Zusammenfassung

# Gliederung

## 1. Ausgangssituation

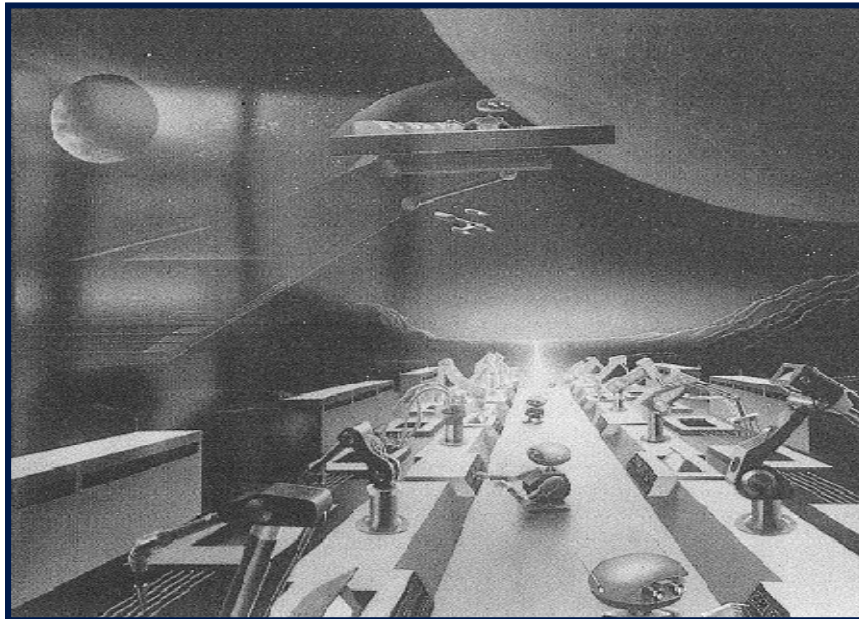
2. Kognitive Technische Systeme (KTS)

3. Ziele der Kognitiven Fabrik

4. Beispielanwendungen

5. Zusammenfassung

## Menschliches Kognition als treibende Kraft für autonome Systeme



Hoch automatisiertes Produktionssystem als Vision der 90er Jahre *Quelle: LORENZEN 1993*

**Künstliche Kognition als Basis für weitere Verbesserungen**

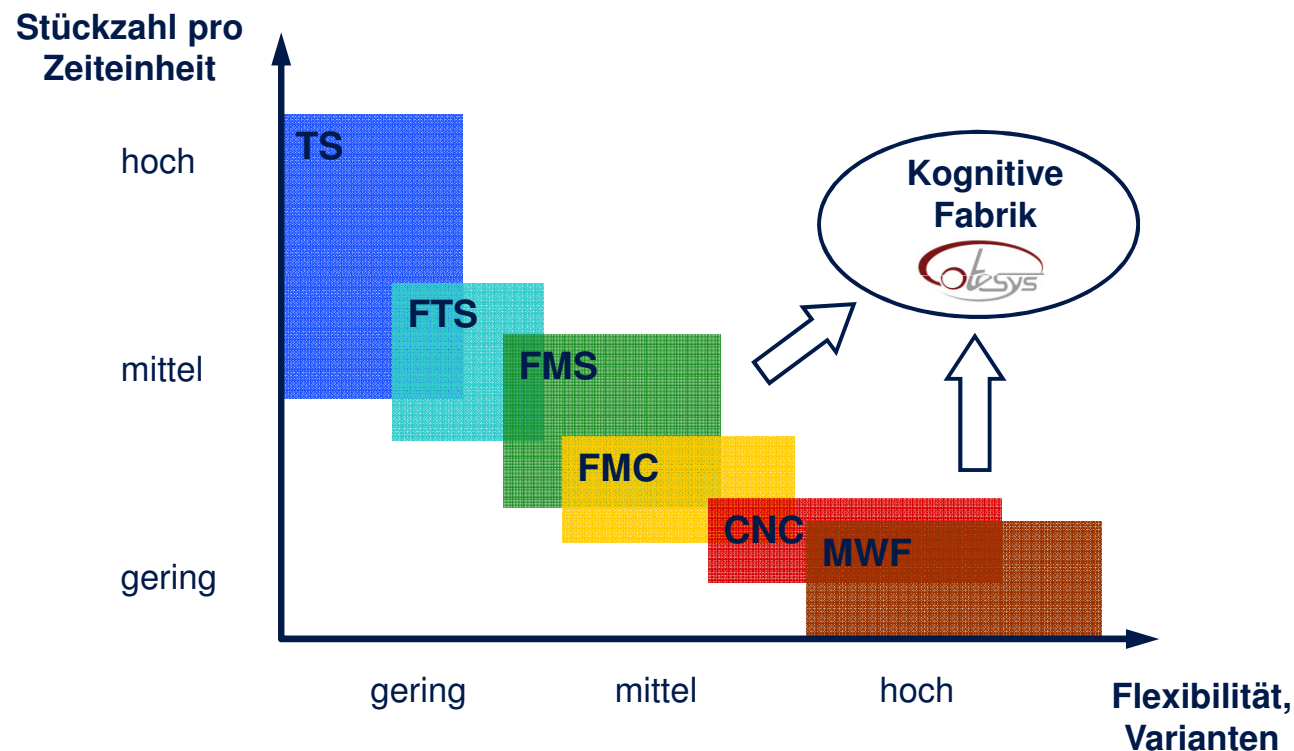
Hoch automatisierte Systeme ohne menschliche Interaktion sind lange Zeit eine Vision gewesen.

Reine Automatisierung ignoriert die kognitiven Fähigkeiten des Menschen.

Menschliche Kognition ermöglicht eine Fabrikumgebung, die in hohem Grade

- anpassungsfähig,
- flexibel und
- zuverlässig ist.

## Einordnung bestehender Fertigungssysteme



**TS:** Transferstraße

**FMS:** Flexibles Fertigungssystem

**CNC:** CNC-Maschine

**FTS:** Flexible Transferstraße

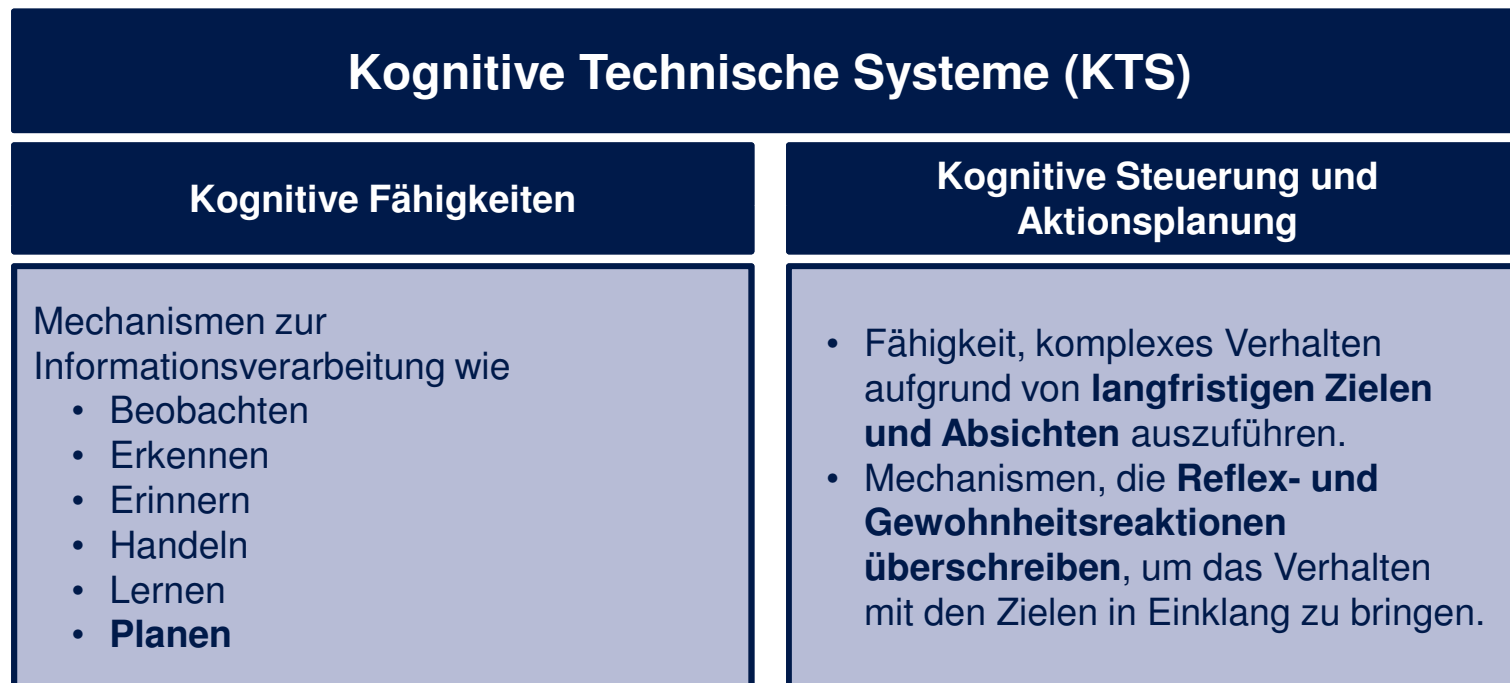
**FMC:** Flexible Fertigungszelle

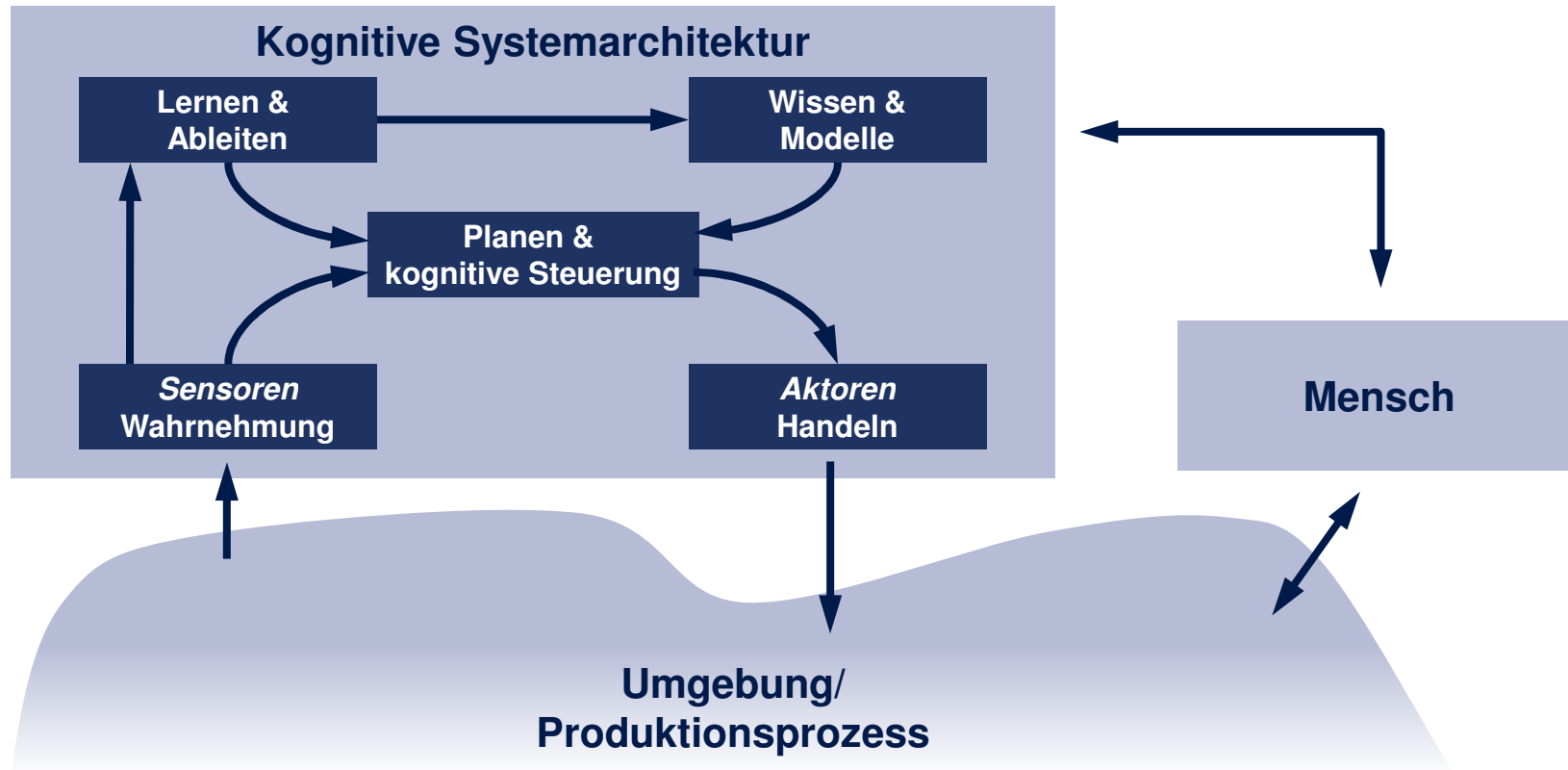
**MWF:** Manuelle Werkstattfertigung

## Gliederung

1. Ausgangssituation
- 2. Kognitive Technische Systeme (KTS)**
3. Ziele der Kognitiven Fabrik
4. Beispielanwendungen
5. Zusammenfassung

## Definitionen





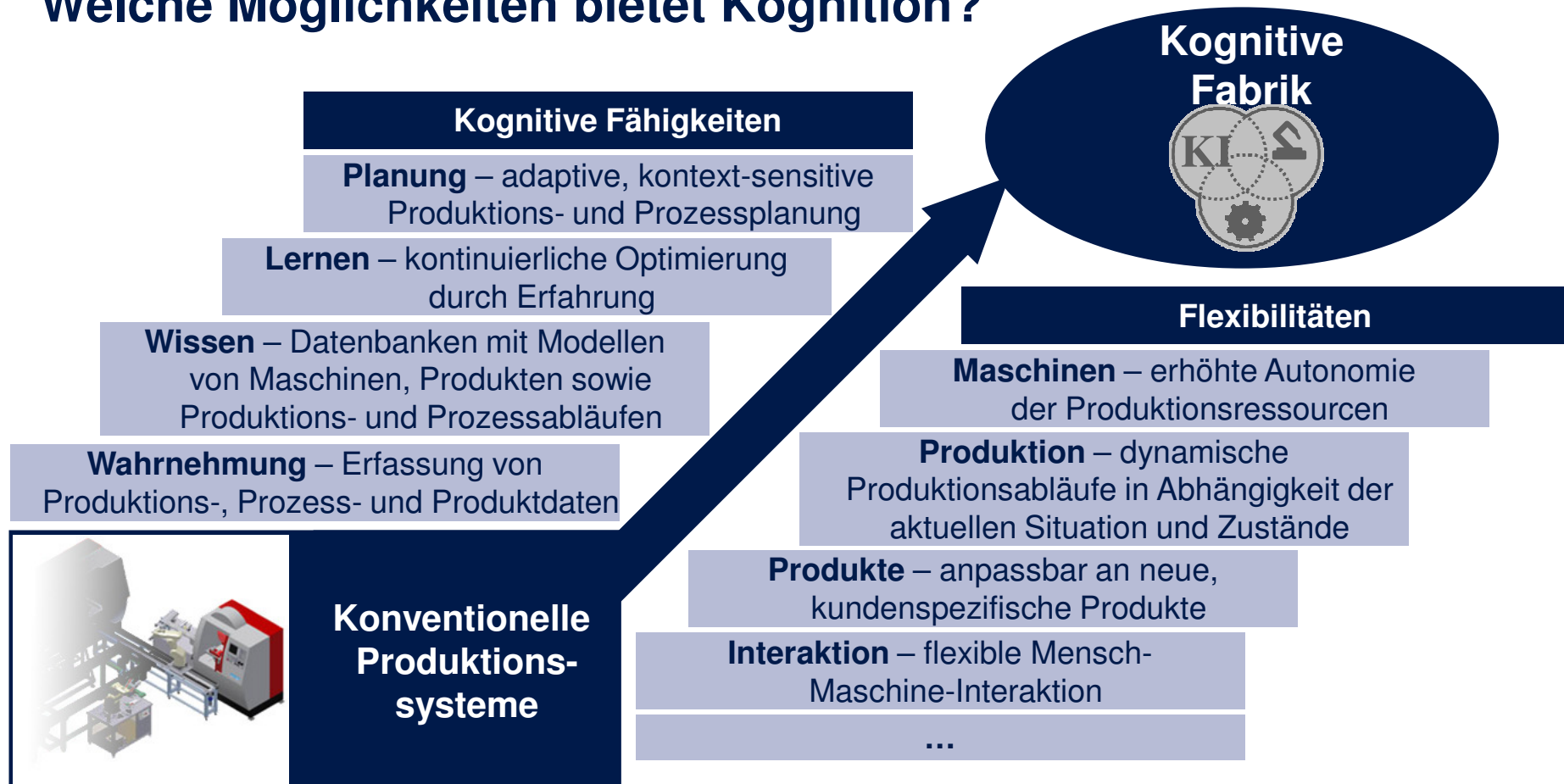
Voraussetzung: Embedded Systems/Components/Computing



## Gliederung

1. Ausgangssituation
2. Kognitive Technische Systeme (KTS)
- 3. Ziele der Kognitiven Fabrik**
4. Beispielanwendungen
5. Zusammenfassung

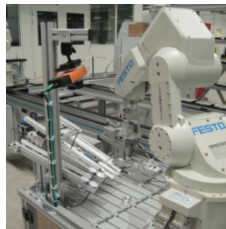
## Was kann Kognition in technischen Systemen? Welche Möglichkeiten bietet Kognition?



## Gliederung

1. Ausgangssituation
2. Kognitive Technische Systeme (KTS)
3. Ziele der Kognitiven Fabrik
- 4. Beispielanwendungen**
5. Zusammenfassung

## Demonstrationsplattform der Kognitiven Fabrik



Selbstoptimierende  
Produktions-  
planung und  
-steuerung



Mensch-  
Roboter-  
Kooperation



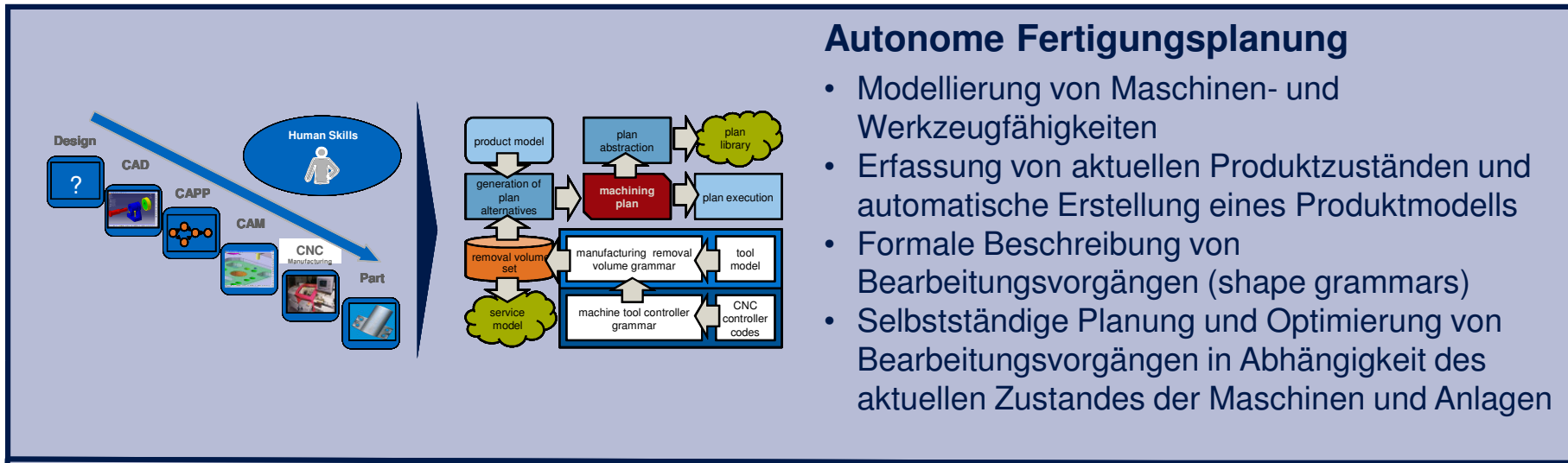
Autonome  
Qualitäts-  
sicherungs-  
systeme



Autonome  
Fertigungs-  
planung und  
Maschinen-  
steuerung



Adaptive  
Werkerunter-  
stützung in  
der Montage



## Autonome Fertigungsplanung

- Modellierung von Maschinen- und Werkzeugfähigkeiten
- Erfassung von aktuellen Produktzuständen und automatische Erstellung eines Produktmodells
- Formale Beschreibung von Bearbeitungsvorgängen (shape grammars)
- Selbstständige Planung und Optimierung von Bearbeitungsvorgängen in Abhängigkeit des aktuellen Zustandes der Maschinen und Anlagen



Auton. Fertigungsplanung und Maschinensteuerung



Selbstoptimierende Produktionsplanung und -steuerung



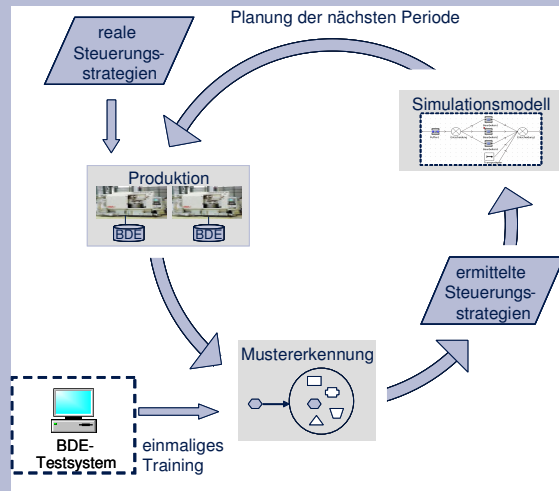
Mensch-Roboter-Kooperation



Adaptive Werkerunterstützung in der Montage



Autonome Qualitätssicherungssysteme



## Identifikation impliziter Steuerungsstrategien

### Motivation

- Zunehmender betriebsbegleitender Einsatz der Ablaufsimulation
- Hohe Anforderungen an Genauigkeit und Realitätsbezug
- Hoher manueller Aufwand zur Aufnahme impliziter menschlicher Entscheidungsstrategien

### Zielsetzung

- Identifikation impliziter Steuerungsstrategien mit Hilfe von Verfahren der Mustererkennung



Auton. Fertigungsplanung und Maschinensteuerung



Selbstoptimierende Produktionsplanung und -steuerung




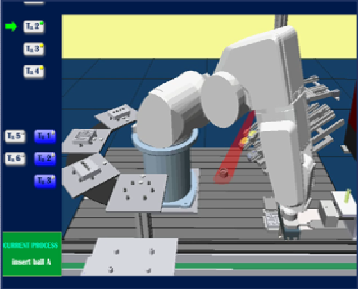
Mensch-Roboter-Kooperation



Adaptive Werkunterstützung in der Montage



Autonome Qualitätssicherungssysteme



## Selbstoptimierende Produktionsplanung und -steuerung

Motivation

- Bisher erfolgt nur eine starre und explizite Programmierung von Produktionsabläufen

Zielsetzung

- Vorgabe „Was ist zu tun“ anstatt „Wie ist es zu tun“
- Selbstständige Planung und Optimierung der Abläufe zur Laufzeit durch die Komponenten des Produktionssystems
- Integration dezentraler, produktbezogener Informationen (z.B. Qualitätsdaten) in die Steuerung (z.B. per RFID)



**Auton. Fertigungs-  
planung und  
Maschinensteuerung**



**Selbstoptimierende  
Produktionsplanung  
und -steuerung**



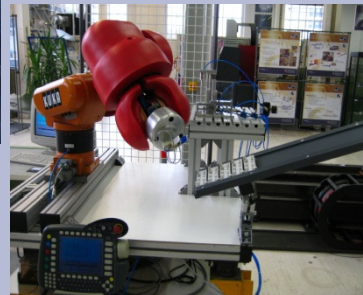
**Mensch-Roboter-  
Kooperation**



**Adaptive Werker-  
unterstützung in  
der Montage**



**Autonome Qualitäts-  
sicherungssysteme**



## Mensch-Roboter-Kooperation

### Motivation

- Bisher keine Kooperation zwischen Mensch und Roboter
- Zielsetzung
- Gemeinsame Handhabung und Montage von Bauteilen
- Multimodale Bedienerchnittstellen (z.B. Spracherkennung, Gestenerkennung, Abstandsmessung)
- Automatische Positionserkennung von Werkstücken
- Autonome, dynamische Bewegungs- und Bahnplanung unter Berücksichtigung der Position, Qualifikation und Disposition des Menschen



**Auton. Fertigungs-  
planung und  
Maschinensteuerung**



**Selbstoptimierende  
Produktionsplanung  
und -steuerung**



**Mensch-Roboter-  
Kooperation**



**Adaptive Werker-  
unterstützung in  
der Montage**



**Autonome Qualitäts-  
sicherungssysteme**



# Beispielanwendungen



## Adaptive Werkerunterstützung in der Montage

### Motivation

- Heute nur deterministische Abläufe in bestehenden Assistenzsystemen
- Bisher keine Berücksichtigung von aktuellen Produktzuständen und vom Montageumfeld

### Zielsetzung

- Situative Bereitstellung von Montageanweisungen
- Einbindung von Augmented-Reality-Werkzeugen zur Informationsvisualisierung



**Auton. Fertigungs-  
planung und  
Maschinensteuerung**



**Selbstoptimierende  
Produktionsplanung  
und -steuerung**



**Mensch-Roboter-  
Kooperation**



**Adaptive Werker-  
unterstützung in  
der Montage**



**Autonome Qualitäts-  
sicherungssysteme**



## Autonome Qualitätssicherungssysteme

### Motivation

- Hoher Konfigurations- und Programmieraufwand
- Keine Werkerselbstprüfung aufgrund der Systemkomplexität möglich

### Zielsetzung

- Reduzierung von Nebenzeiten durch Wegfall von Programmiervorgängen bei wechselnden Messobjekten
- Intuitive Bedienung, geringerer Einarbeitungsaufwand für Nicht-Experten
- Reduzierung der Produktionskosten, Steigerung der Qualität



**Auton. Fertigungsplanung und Maschinensteuerung**



**Selbstoptimierende Produktionsplanung und -steuerung**



**Mensch-Roboter-Kooperation**



**Adaptive Werkerunterstützung in der Montage**



**Autonome Qualitätssicherungssysteme**

## Gliederung

1. Ausgangssituation
2. Kognitive Technische Systeme (KTS)
3. Ziele der Kognitiven Fabrik
4. Beispielanwendungen
- 5. Zusammenfassung**

**Konventionelle Produktionsparadigmen erreichen ihre Grenzen**  
**Flexibilität ⇔ Produktionsleistung**

**Integration von kognitiven Fähigkeiten zur Erhöhung der Flexibilität,  
Wandlungsfähigkeit und Agilität in Produktionsumgebungen**



**Selbstlernende  
Produktionssysteme**



**Mensch-Roboter-  
Kooperation**



**Adaptive Werker-  
unterstützung  
in der Montage**

## Kontakt

**Prof. Dr.-Ing. Michael F. Zäh**

**Zimmer 2311**

**Tel** + 49 (0) 89 / 289 - 15501

**Fax** + 49 (0) 89 / 289 - 15555

**E-Mail:** michael.zaeh@iwb.tum.de

### **Adresse**

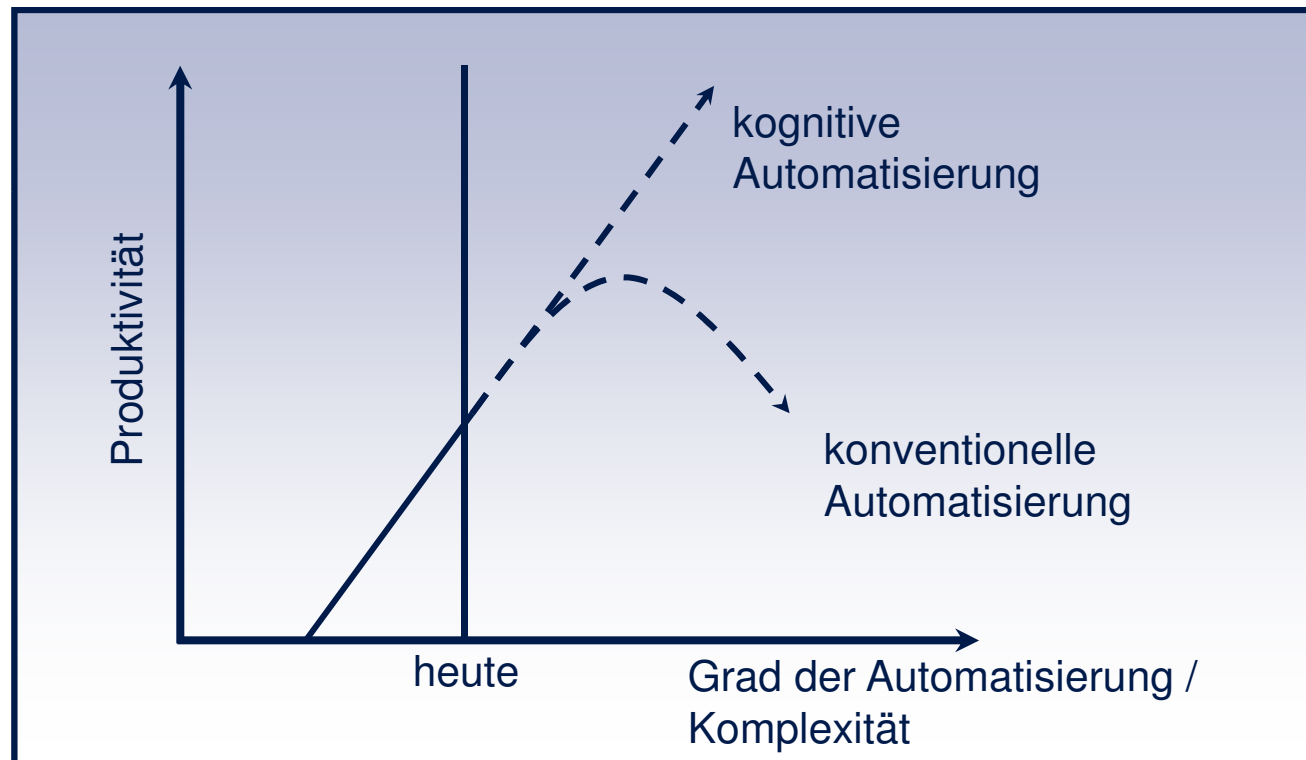
*iwb* – Technische Universität München

Boltzmannstraße 15

85748 Garching

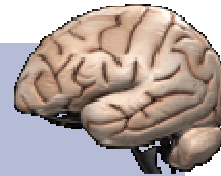
[www.iwb.tum.de](http://www.iwb.tum.de)

**Konventionelle Automatisierung ist nicht in der Lage, die steigende Komplexität zu beherrschen.**



Quelle: PUTZER & ONKEN 2003

## Kognitive Fähigkeiten in der Fabrik



- **Wahrnehmung**  
Verteilte und drahtlose Sensoren, 3D-Sensorik, Interpretation von Sensorsignalen
- **Situations-Bewusstsein und Diagnose**  
Beurteilung von Maschinenkonfigurationen und -zuständen, Ermittlung von Störungen und deren Ursachen
- **Wissen und Lernen**  
Auswertung von laufenden Prozessen und Produktionsabläufen, Bildung von Prozessmodellen und -parametern, kontinuierliche Optimierung
- **Aktionsplanung**  
Erstellung von stabilen und adaptiven Prozessplänen, Koordination von Tätigkeiten, Bearbeitung von unvorhergesehenen Ereignissen
- **Interaktion**  
Sich wechselseitig beeinflussende Assistenzsysteme, Mensch-Maschine-Kooperation

- Flexible Materialhandhabung
- Dynamische Produktionssteuerung und -überwachung
- Automatisierte Qualitätsprüfung
- Automatisiertes Update von Modellen

- Online-Zustandsüberwachung
- Zustandsgeregelte Instandhaltung
- Prozesskontrolle

- Automatisiertes Hochfahren der Produktion und Einstellung von Prozessparametern
- Überführung impliziten Wissens der Meister u. Werker in explizites Wissen

- Autonome Montagesysteme: Rekonfiguration, Aufgaben- und Bewegungsplanung

- Mensch-Roboter-Kooperation
- Anleitungs- und Assistenzsysteme
- Mentale Modelle der Benutzer

# Danksagung

Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften  
Prof. Dr.-Ing. M. Zäh  
Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart



## Wir danken unseren Forschungspartnern:

Lehrstuhl für Produktentwicklung (Prof. K. Shea)



Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation (Prof. G. Rigoll)



Informatik VI - Echtzeitsysteme und Robotik (Prof. A. Knoll)



Informatik IX - Bildverstehen und wissensbasierte Systeme (Prof. M. Beetz)



Lehrstuhl für Steuerungs- und Regelungstechnik (Prof. O. Stursberg)



Lehrstuhl für Ergonomie (Prof. H. Bubb)



Lehrstuhl für allgemeine und experimentelle Psychologie (Prof. H. Müller)



Cluster Koordinator: Prof. M. Buss

