



# Prozessdatenverarbeitung und Robotik im Hauptstudium / Master

Armin Zimmermann

Fakultät für Elektrotechnik und Informatik

Institut für Technische Informatik und Mikroelektronik

[pdvrob@cs.tu-berlin.de](mailto:pdvrob@cs.tu-berlin.de)

<http://pdv.cs.tu-berlin.de/>

# Was sind Eingebettete Systeme?

- **Definition Eingebettetes System (*embedded system*):**
  - Technische Systeme, in die ein von Software gesteuertes Rechensystem eingebettet ist
  - Das Rechensystem steuert, regelt oder überwacht einen technischen Prozess
  - Das Rechensystem selbst ist meist nicht sichtbar
  - Eingebettete Systeme sind meist nicht frei programmierbar
  - Benutzungsschnittstellen sind sehr speziell oder fehlen
  - Früher wurden meist nur mikroprozessorgesteuerte Geräte als Eingebettete Systeme bezeichnet
  - Heute werden auch komplexe verteilte Systeme mit Hunderten von Rechnern so bezeichnet

# Beispiele

- Einzelne **Geräte** und **Maschinen**
  - Geräte im Alltag: Küchengerät, CD-Spieler, Kamera, Videospiegel
  - Computerperipherie: Drucker, Modems, Platten
  - Telekommunikation: Vermittlungsanlagen, Handy
  - Fertigung: Werkzeugmaschine, Roboter
  - Verkehr: Auto, Eisenbahn, Ampelanlage
  - Medizintechnik
  - **Produktautomatisierung**



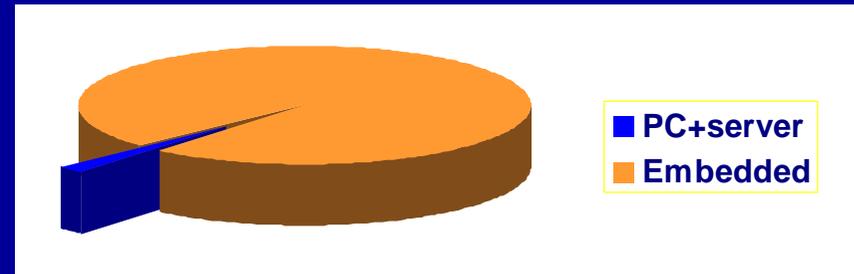
# Beispiele

- **Komplexe technische Anlagen**
  - Fertigungsanlagen, Kraftwerke
  - Verkehrslenkung
  - Satellitensysteme, Weltraumerkundung
  - Gebäudetechnik
  - **Anlagen- und Prozessautomatisierung**

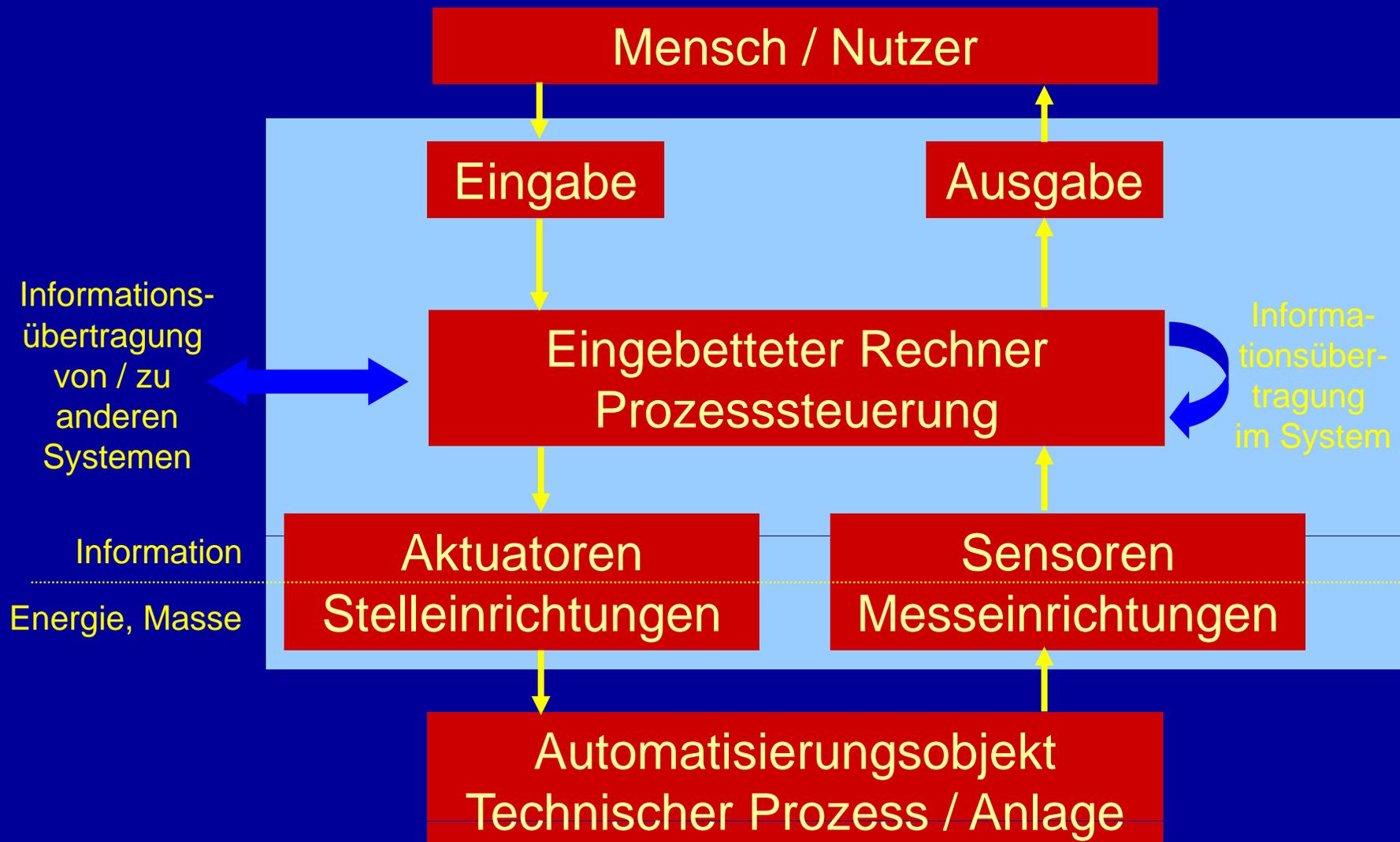


# Eingebettete Systeme - Bedeutung

- **Elemente** von Automatisierungssystemen
  - Mechatronisches System
  - Mechanik, Elektrik, Elektronik, Rechner, Software
- **Wettbewerbsvorteile**
  - Soft- und Hardware statt Mechanik und Elektronik
- **Prozessormarkt 2003:**
  - 200 Mio PC+Server
  - 8000 Mio Eingebettete S.
  - Etwa 90% aller elektronischen Bauelemente werden in eingebetteten Systeme eingesetzt



# Eingebettete Systeme



Wörn/Brinkschulte

# Eingebettete Systeme

- Besonderheiten gegenüber „normalen“ Rechnern
  - **Kopplung an technischen Prozess**
    - Rechner ist Teil eines technischen Geräts oder einer Anlage und steuert diese
  - **Nichtfunktionale Anforderungen**
    - Realzeitigkeit, Gleichzeitigkeit, Verlässlichkeit, Vorhersehbarkeit, Fehlertoleranz, ...
  - **Ungewöhnliche Hard- und Softwareumgebung**
    - Spezialisierter Aufbau orientiert an Anwendung
    - Benutzungsschnittstellen
    - *hardware / software co-design*
  - **Trennung Entwicklungs- und Zielsystem**
    - *cross-compiler*, Entwicklungsprozess, Testen

# Eigenschaften Eingebetteter Systeme

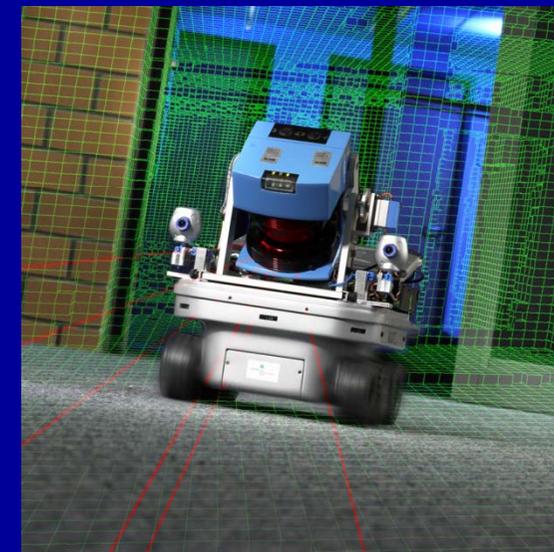
- Die Konstruktion Eingebetteter Systeme erfordert oft den gemeinsamen Entwurf von Hardware und Software
- Dies ist kostenaufwendig und man versucht zunehmend Standardkomponenten (COTS) zu benutzen
- **Systemumfang:**
  - In einem modernen Auto arbeiten bis zu 100 Prozessoren parallel
  - Ein Airbus wird von über 500 Rechnern gesteuert
  - Solche Systeme gehören zur Klasse der sicherheitsrelevanten und fehlertoleranten, verteilten Echtzeitsysteme

# Robotik

- **Roboter**
  - Wichtige technische Anwendung der Informatik
    - Automatisierungstechnik, Fertigung
  - Eingebettetes System
  - Zahlreiche berührte Gebiete
    - Mechanik
    - Elektronik/Elektrotechnik
    - Sensorik
    - Regelungstechnik
    - Echtzeitsteuerung
    - KI
    - Computer Vision
    - Navigation

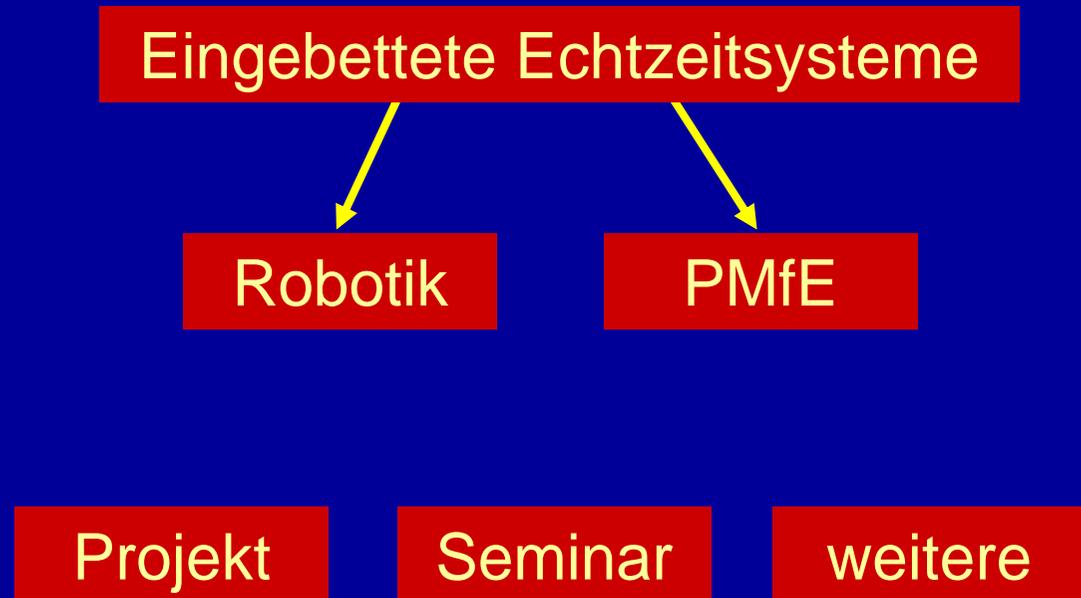


# Roboter



# Studienverlauf PDV&Robotik

- 5. Semester, WS: Basis
- 6. Semester, SS: Vertiefung
- Weitere Vertiefung



# Regelmäßige Lehrveranstaltungen des Fachgebiets

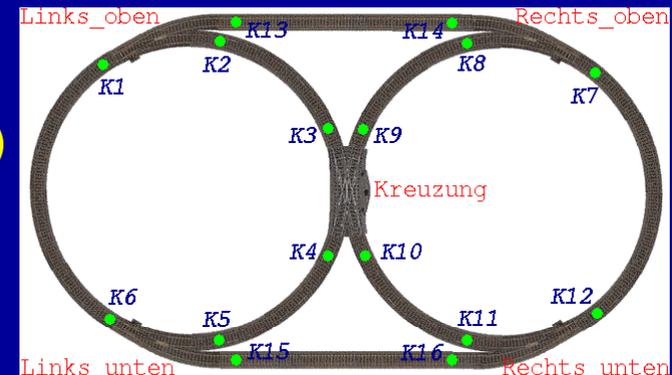
## Wintersemester, Hauptstudium

- **Eingebettete Echtzeitsysteme EEI (Informatik, TI)**  
2 SWS VL + 2 SWS PA  
Übungsaufgaben: Roboter, Echtzeitverarbeitung, Kugelfallversuch
- **Eingebettete Echtzeitsysteme – Service EES (falls nicht Info4 gehört)**  
(**ET**: Pflicht für das Hauptfach)  
3 SWS VL + 3 SWS PA
- **PDV/Robotik Projekt**  
6 (oder 4) SWS PJ – In Zusammenhang mit laufenden Projekten
- **PDV/Robotik Seminar**  
2 SWS SE – Zu aktuellen Themen
- **Rechnersysteme (Block/Schwerpunkt ROSW)**  
2 SWS VL + 2 SWS UE

# Regelmäßige Lehrveranstaltungen des Fachgebiets

## Sommersemester, Hauptstudium

- **Programmierung und Modellierung fehlertoleranter Echtzeitsysteme (PMfE)**  
2 SWS VL + 2 SWS PA  
Übungsaufgaben: fehlertolerante Steuerung einer Modelleisenbahnanlage
- **Robotik**  
2 SWS VL + 2 SWS PA  
Übungsaufgaben: Robotersteuerung, Bahnplanung an Mitsubishi RM501



# Zusätzliche Lehrveranstaltungen

- **Robotik II (Kondak)**  
2 SWS VL, im Wintersemester
- **Sicherheit von Prozessautomatisierungssystemen (Merker)**  
2 SWS VL, im Sommersemester
- **Weitere Veranstaltungen:**  
**Web-Seite <http://pdv.cs.tu-berlin.de/> lesen!**
- **Weitere inhaltlich nahe LVs:**
  - Lehrveranstaltungen von Frau Prof. Glesner (SWE eingebetteter Systeme)
  - Fahrerassistenzsysteme (Enkelmann)
  - Informationstechnik im Kraftfahrzeug (Herrtwich)

# Module

- Kombinationen zu Modulen
  - PDV1: 6 LP, = EEI
  - PDV2: 6 LP, = PMfE
  - PDV3: 6 LP, = Robotik
  - PDV4: 9 LP, = Projekt +  
Seminar / Sicherheit in .. / oder andere aktuelle 2SWS-LV
  - PDV5: 9 LP, = Projekt + Seminar
  - REA: 6 LP, = Rechnersysteme

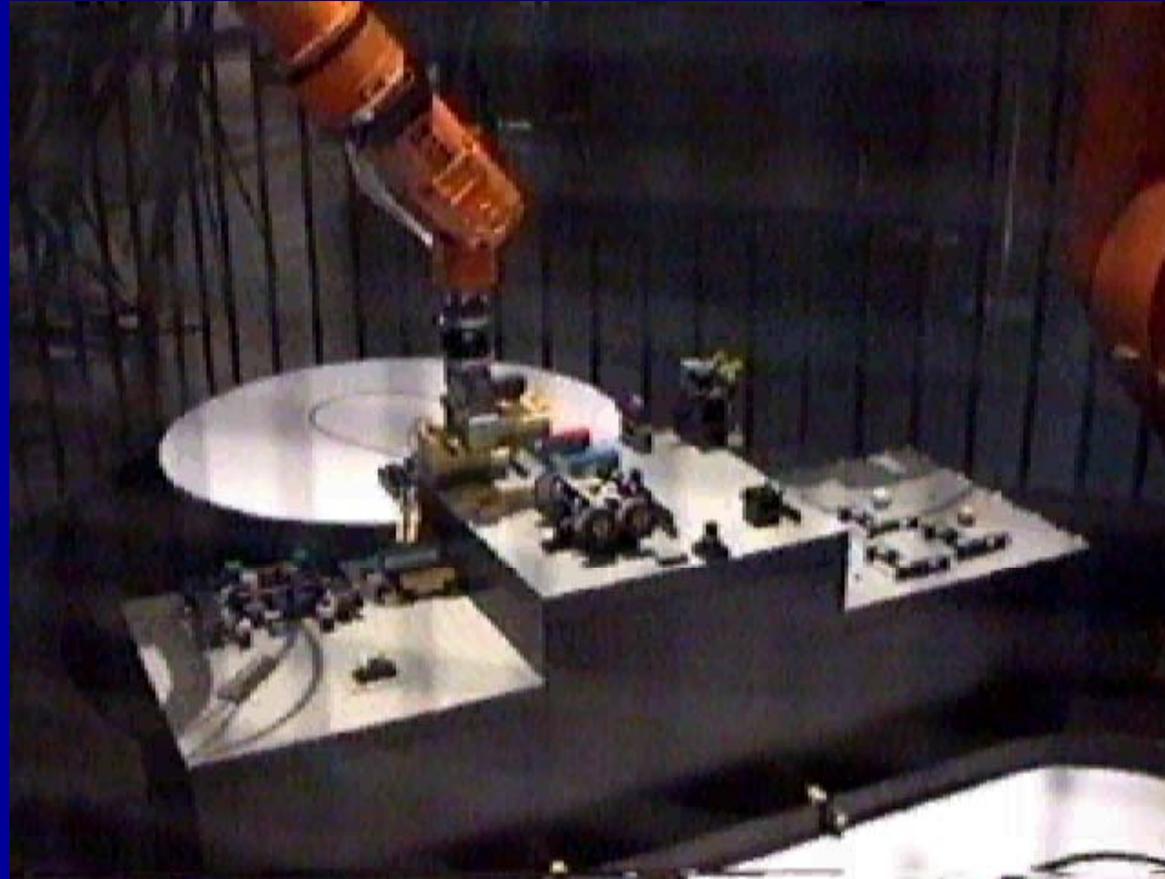
# Forschungsgruppe Echtzeitsysteme und Robotik

- **Personal (WS2006/07)**
  - 1 Gastprofessor, 12 wissenschaftliche Mitarbeiter und PostDocs
  - 12 Studentische Hilfskräfte
  - 4 administratives and technisches Personal
- **Projektförderung**
  - Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)
  - Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
  - Europäische Union
  - General Motors
  - DaimlerChrysler
  - Siemens
  - KUKA
  - ...

# Forschungsgruppe Echtzeitsysteme und Robotik

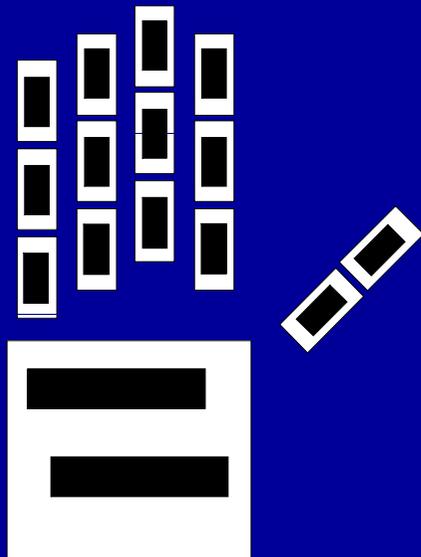
- **1. Robotik**
  - Robotik in medizinischen Anwendungen, Exoskelett
  - Autonom fliegende Roboter
  - Service-Robotik
- **2. Stochastische Modellierung**
  - Leistungs- und Zuverlässigkeitsbewertung von Systemen
    - Produktion, Logistik, Kommunikation, sicherheitskritische S.
    - Verbindungsnetze
  - Werkzeugentwicklung (TimeNET)
  - Graduiertenkolleg: „Stochastische Modellierung und quantitative Analyse großer Systeme in den Ingenieurwissenschaften“

# Industrieroboter in der Montage: KUKA meets LEGO



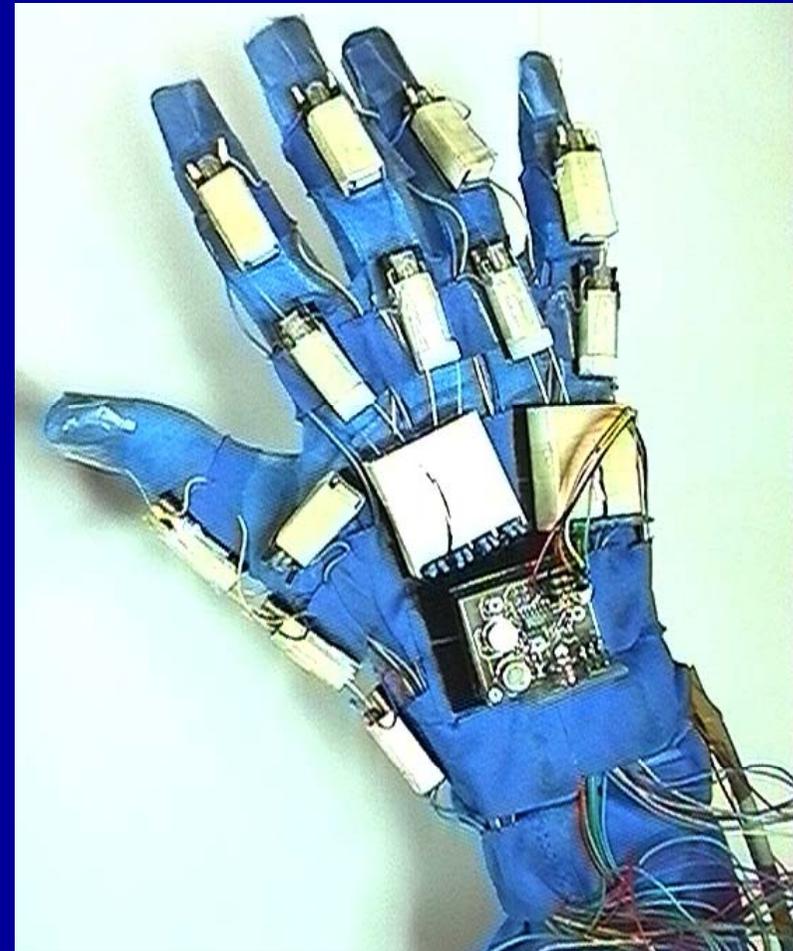
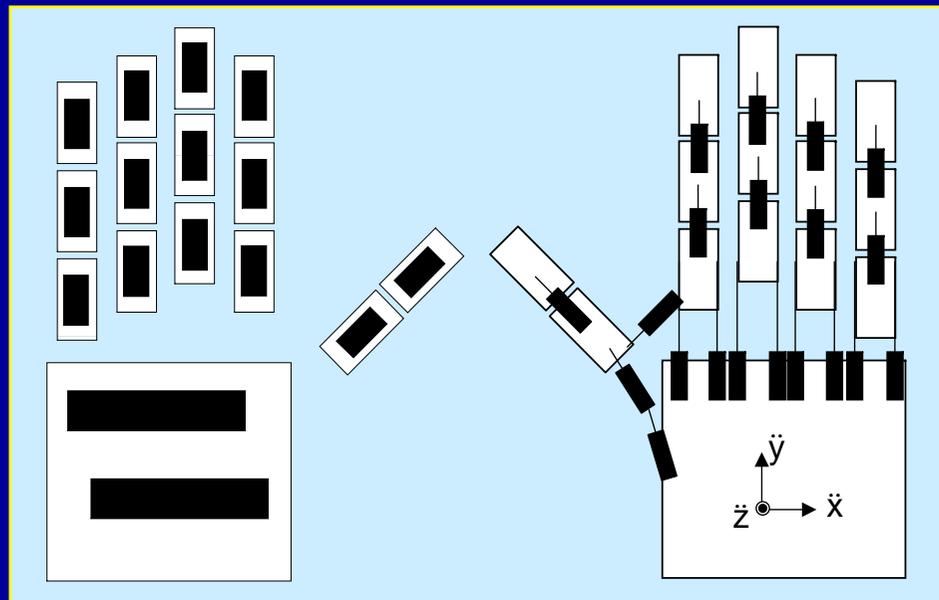
# Anthropomorphe Roboterhand: Aufbau

- Entwicklung an der USC und Uni Belgrad
- Fünffingerige Greifhand
- Positionssensoren
- Drucksensoren
- Spezialanwendungen



# TU Berlin Sensorhandschuh

- Erfasst die Bewegungen der menschlichen Hand
- 20 (...24) Positionssensoren
- 12 (...27) Drucksensoren
- 3 (...9) Beschleunigungssensoren
- Patent erteilt

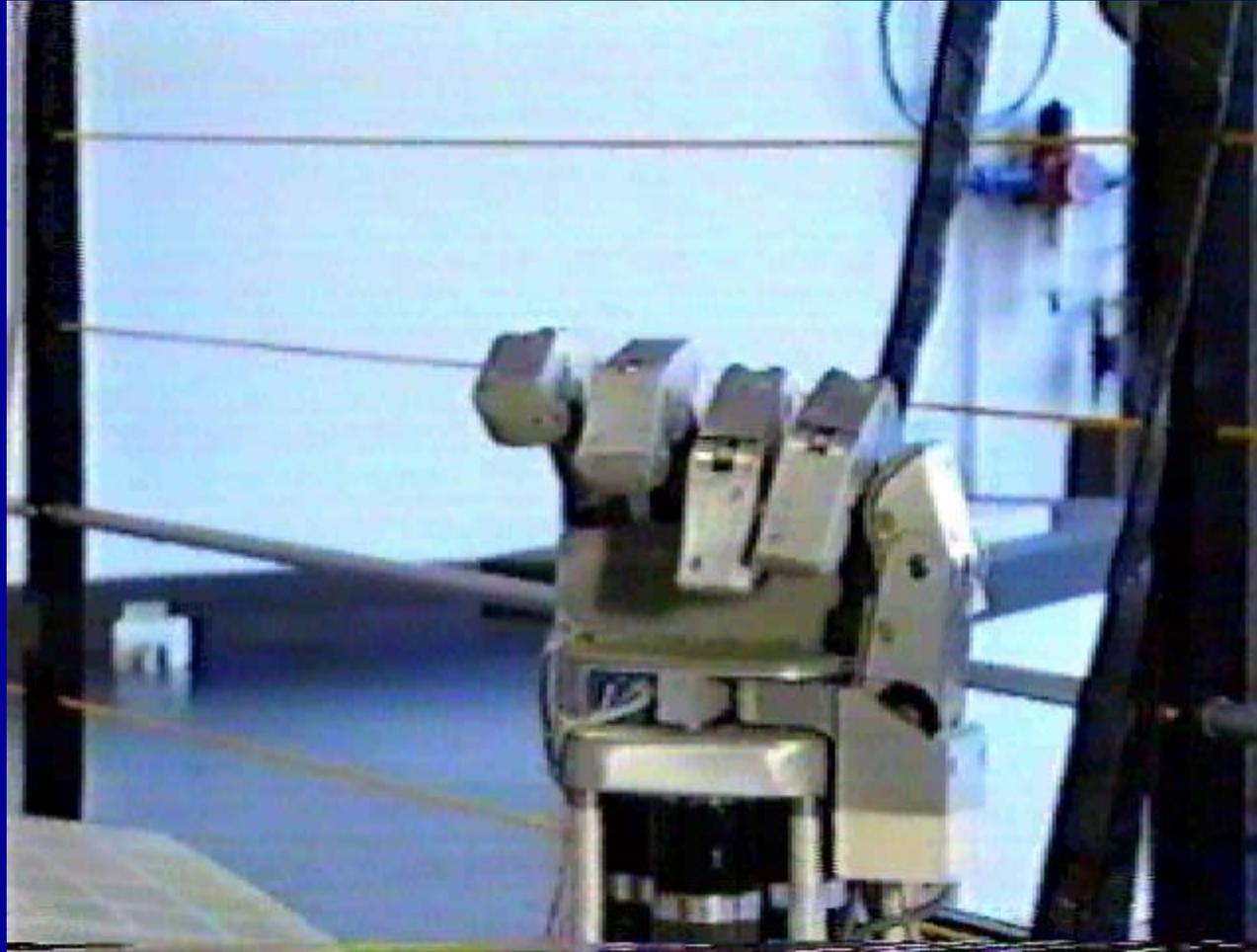


# Gebärdenerkennung



TUB-Sensor-Handschuh

## Anthropomorphe Roboterhand: Teleoperation



TUB-Sensor-Handschuh

# Autonomer Serviceroboter bei DaimlerChrysler



DAIMLERCHRYSLER



# Chirurgie-Roboter

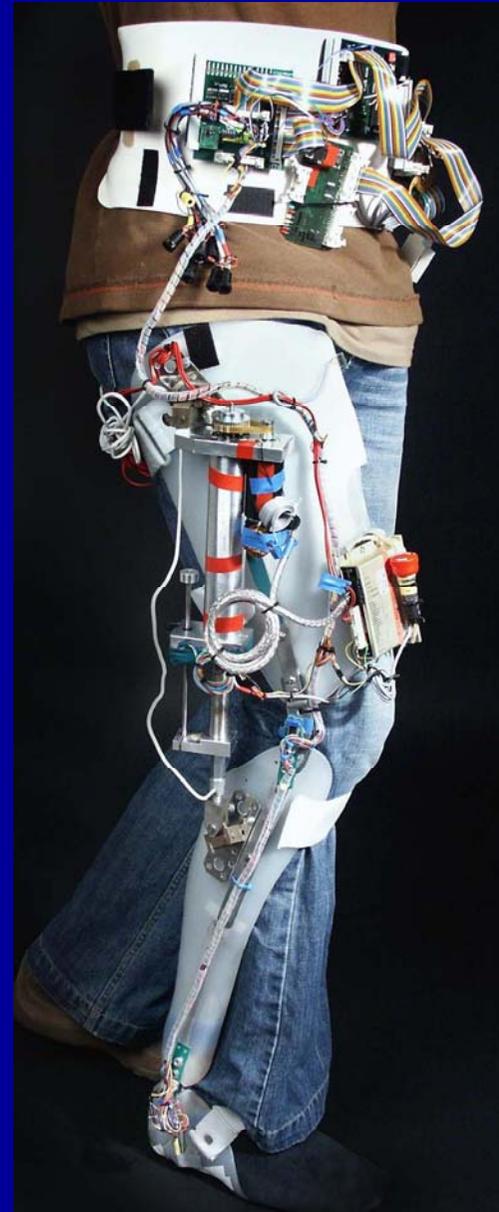
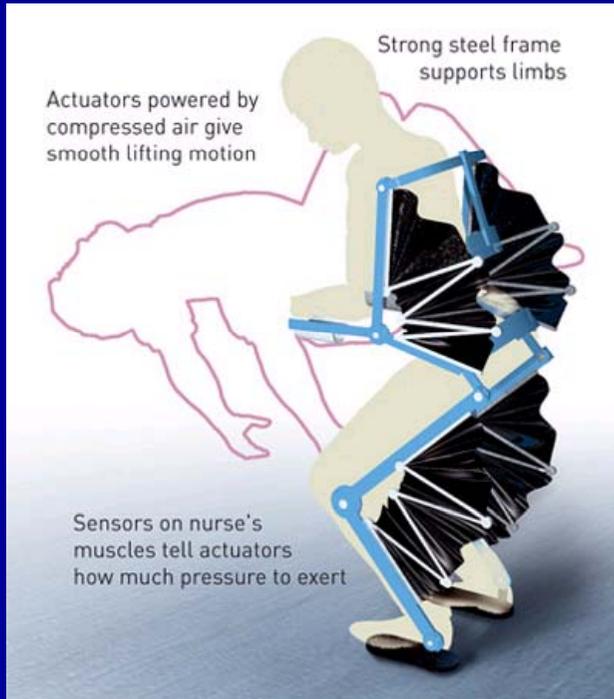
- Kooperation mit der Charité: Chirurgie-Roboter
- Erste Operation 2000: Künstliches Ohr



Charité



# Exoskelett-Forschung



# Autonom fliegende Roboter



Zweiter Preis für die TU Berlin in USA

# Internationaler Wettbewerb „IARC“

- **Aufgabenstellung:** Erkundung eines Katastrophengebiets
  - Finde Fässer mit gefährlichen Inhaltsstoffen
  - Finde Überlebende und Opfer



- **Probleme:**
  - Unbekannte, unstrukturierte Umgebung und Helligkeit
  - Zusätzlich: Gasfeuer, Rauchentwicklung, Wasserfontänen

# MARVIN (1)



Erster Preis für die TU Berlin in USA 2000

# MARVIN (3)

Aufnahmen aus  
dem  
Wettbewerb



# Ergebnis

- MARVIN gewinnt den Wettbewerb am 30. 6. 2000
- Alle Objekte werden erkannt
- 9 Konkurrenten aus USA und Kanada



## Mitarbeiter:

Wolfgang Brandenburg  
Marek Musial

## Pilot:

Matthias Jeserich

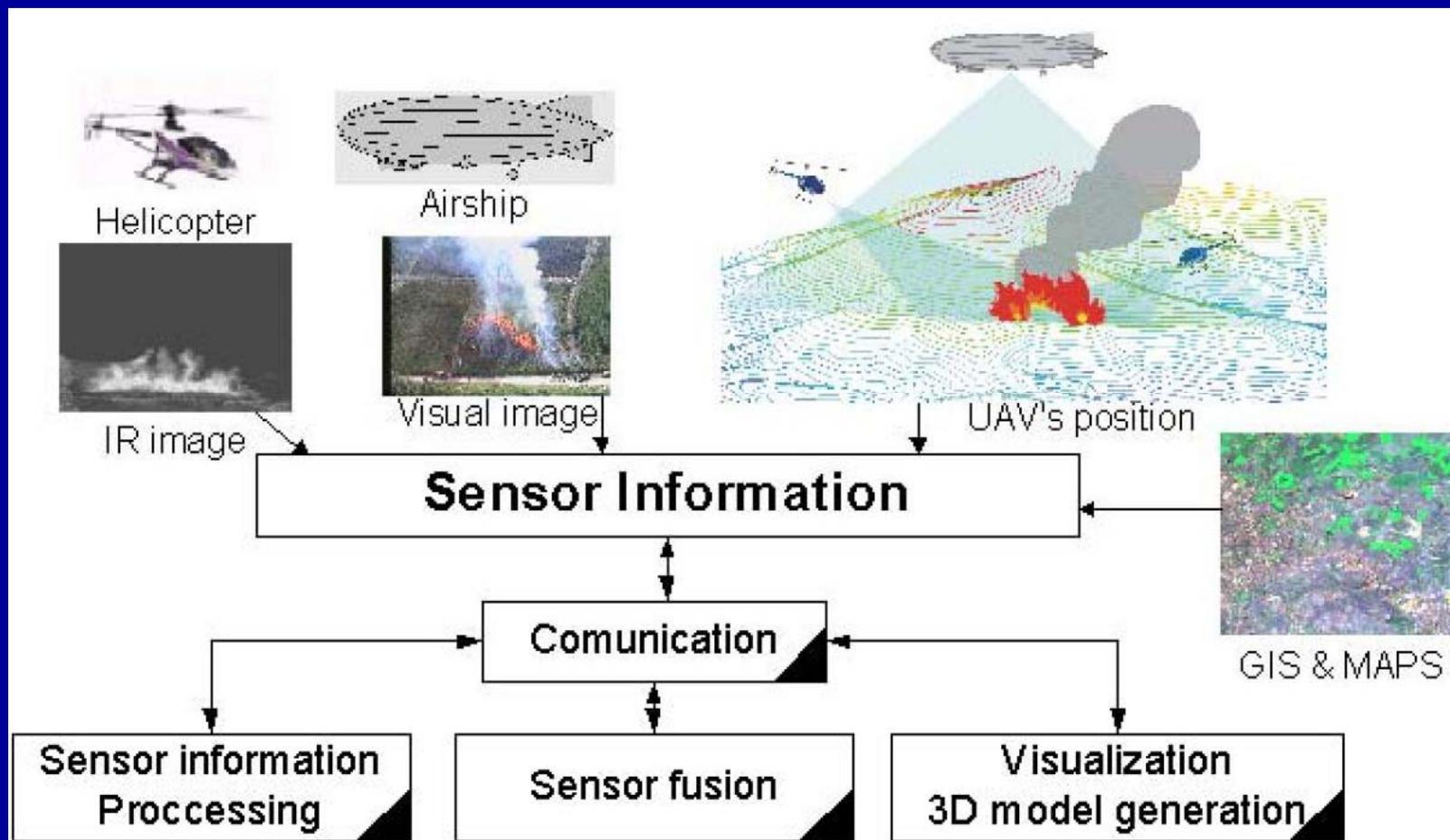
## Studenten:

Marc Bartholomäus,  
Eike Berg,  
Carsten Deeg,  
Christian Fleischer,  
Oliver Klenke,  
Stefan Pohle,  
Christian Reinicke,  
Volker Remuß,  
Andreas Rose,  
Roland Stahn,  
Andreas Wege

# New MARVIN Design

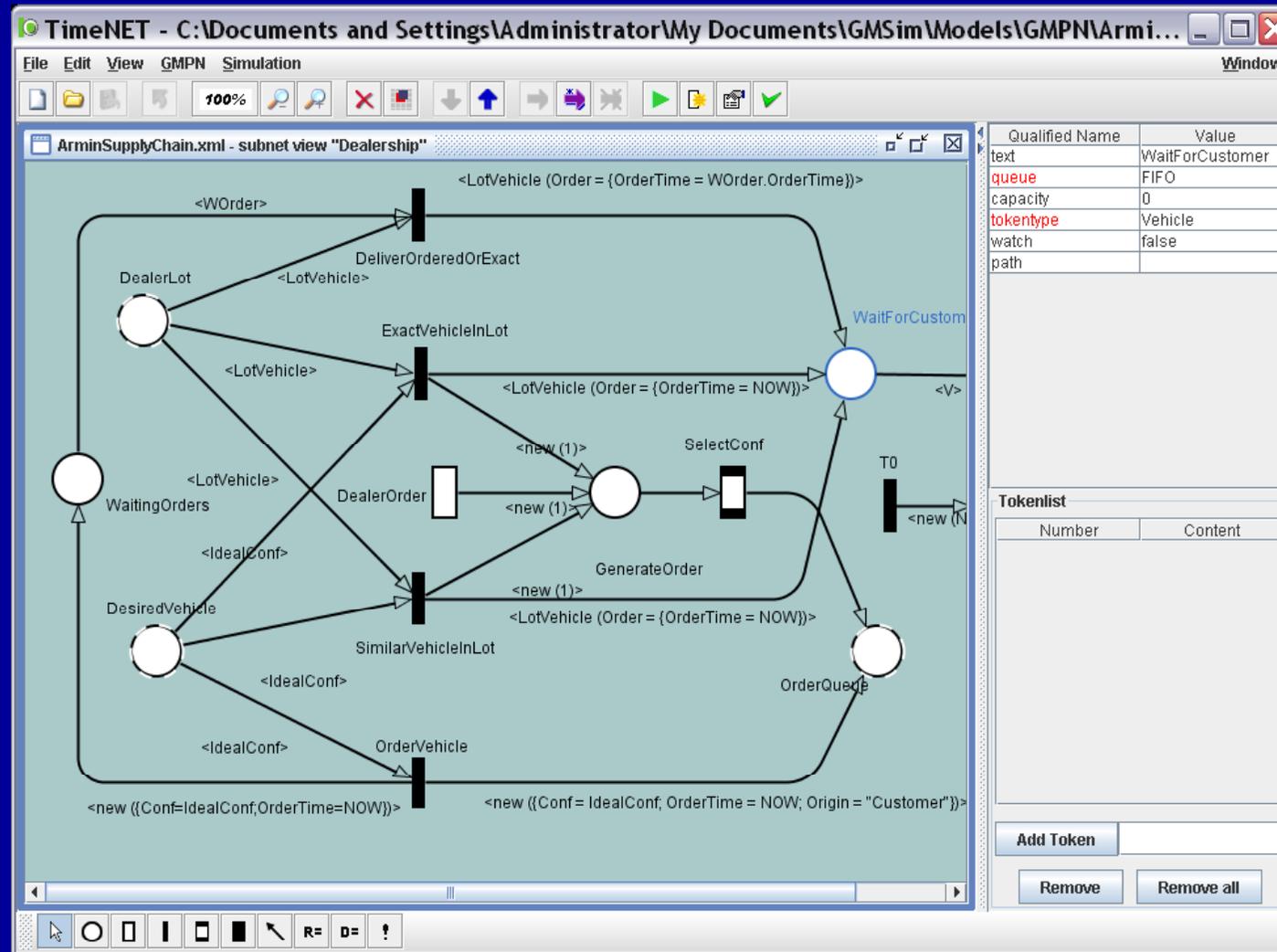


# EU-Projekt: Heterogene autonome Flugroboter zur Waldbrandbekämpfung



[Video](#) Feuererkennung, -bestätigung und -beobachtung

# TimeNET



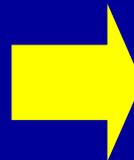
# Projekt mit General Motors und Stanford University

- Stochastische Modellierung der Logistik von General Motors mit farbigen Petri-Netzen

## Modell

- Kundenaufträge
- Händlernetz
- Auftragsverwaltung
- Lieferantennetz
- Produktionsplanung
- Änderungsmanagement

## Simulation



## Ergebnisse

- Lieferzeit
- Termineinhaltung
- Warenbestand, Fertigungspuffer
- Teileverbrauch
- Vorhersageschwankungen



## Bücher zu den Themen

- Computers as Components  
W. Wolf, Morgan Kaufmann 2005.
- Echtzeitsysteme  
Wörn/Brinkschulte, Springer 2005.
- Introduction to Robotics –  
Mechanics and Control  
Craig, Pearson.

