

# Echtzeitsystemlabor

Analyse, Entwurf, Implementierung

---

**Peter Ulbrich**  
**Wolfgang Schröder-Preikschat**

Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme  
Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

<http://www4.cs.fau.de/~{ulbrich,wosch}>  
[{ulbrich,wosch}@cs.fau.de](mailto:{ulbrich,wosch}@cs.fau.de)



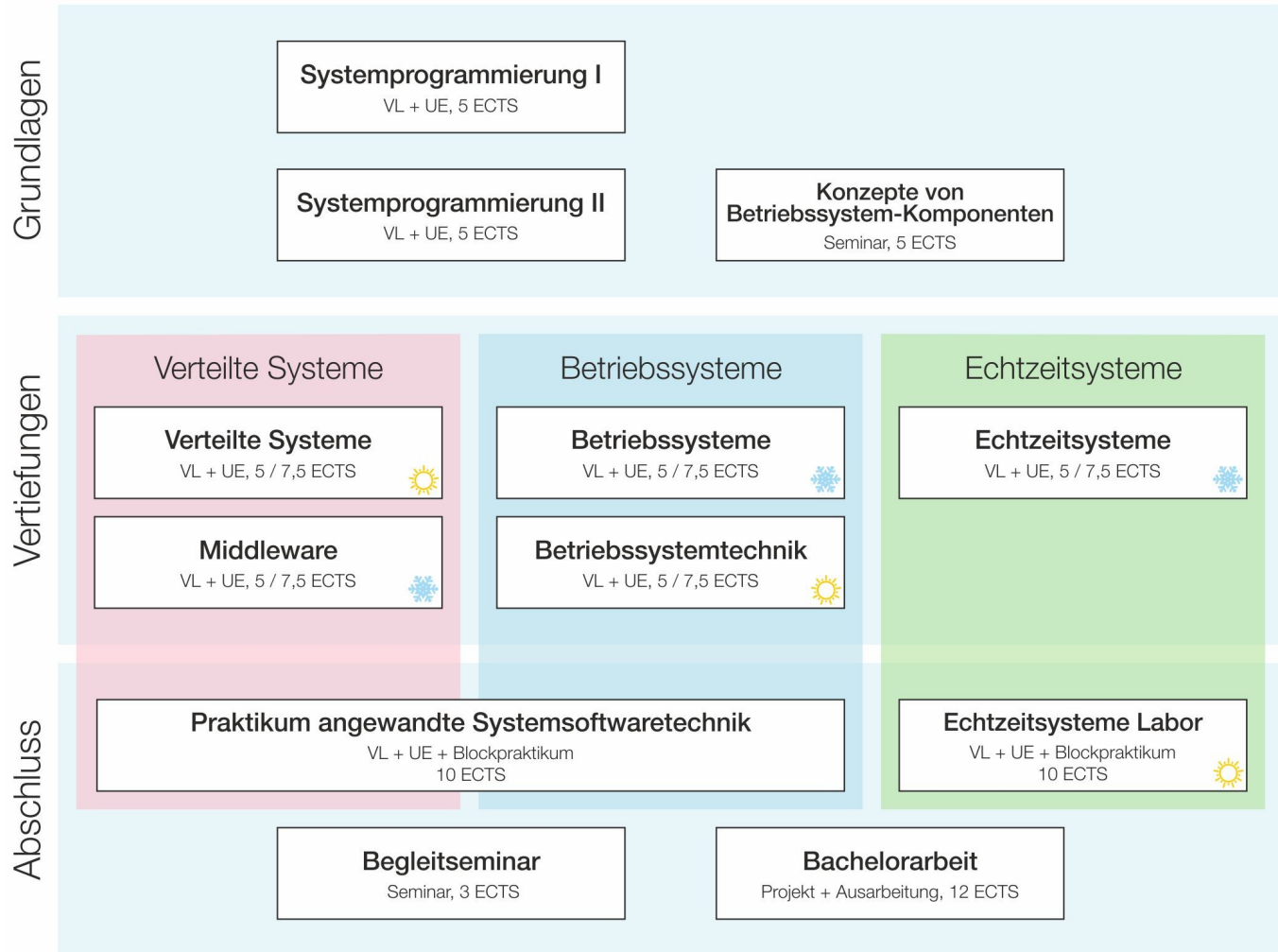
# Übersicht

---

- Einordnung
- Aufbau/Lehrform
- Voraussetzungen
- Leistungsnachweis
- Literatur
- Lernziele & Lehrinhalt
- Experimente



## Veranstaltungen Bachelorstudium



Nur im Wintersemester



Nur im Sommersemester



# Integrierte Lehrveranstaltung

---

## ■ Termine

- Vorlesung + Übung + Praktikum
- ➔ 10 ECTS-Punkte

## ■ Vor-/Nacharbeit

- N Stunden/Woche:  $0 \leq N \leq (165 - X)$
- $X < 165$ : Zeitäquivalent anderer Pflichten

## ■ Folien/Handout

- [www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/SS11/V\\_EZL](http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/SS11/V_EZL)
- **kein Skript** – Folien zu Vorlesung/Übung



# Ablauf

---

## ■ Modus

- im Wechsel (Vorlesung):
  - Vorlesung = inhaltliche Einführung zu den Projektphasen
  - Übung = Statusbericht der Gruppen zu den Projekten
- *Restliche Zeit*:
  - Bearbeitung der Projekte

## ■ Ort und Termin???

→ Abstimmung

- Möglichkeit 1:            Mittwoch            10:00 – 12:00    (0.035)
- Möglichkeit 2:            Vorschlag ...
- Möglichkeit 3:            Vorschlag ...



# Übungsbetrieb

---

## ■ Anmeldung

- über das Waffel
- `http://waffel.informatik.uni-erlangen.de/signup/?univisid=20669384`
- Begin: ab sofort ...

## ■ Projektarbeit

- $\leq 3$  Mitarbeiter je Gruppe
  - *Einzelkämpfer* zu sein, ist nicht zielführend
- Statusberichte, Abschlusspräsentation, Poster

## ■ Rechnerübung

- Manlobbi (0.058), West-Side Labs (0.055), Bello-Labs (0.033)
- freies Arbeiten, Betreuung „on demand“

→ **Kontinuität** und **aktive Mitarbeit** → Schlüssel zum Erfolg!



# Voraussetzungen

---

- Grundlagen von **Echtzeitbetriebssystemen**: EZS
  - zeit- und ereignisgesteuerte Systeme
  - periodische, aperiodische und sporadische Aufgaben
  - Einplanung und Koordination
- **Systemprogrammierung** in C/C++ und Assembler
  - maschinen- d.h. hardwarenahe Programmierung
- **Betriebssystemkenntnisse** sind fördernd
  - daher erwünscht und hilfreich



# Leistungsnachweis

---

## ■ unbenoteter Schein

- *erfolgreiche Bearbeitung* des Projekts
- Statusberichte und Abschlusspräsentation
- Poster

## ■ benoteter Schein / Praktikumsnachweis

- Voraussetzung: unbenoteter Schein
- Bewertung der erbrachten Leistungen



# Kontakt

---

- Peter Ulbrich  
`www4.informatik.uni-erlangen.de/~ulbrich`  
`ulbrich@informatik.uni-erlangen.de`
- auf folgenden Wegen
  - persönlich
  - e-Mail (**Mailingliste!**)
  - ICQ, Jabber, ...



# Ergänzende Literatur

---

- *Hermann Kopetz.*  
**Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications.**  
Kluwer Academic Publishers, 1997.
- *Jane W. S. Liu.*  
**Real-Time Systems.**  
Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ, USA, 2000.
- *Jim Cooling.*  
**Software Engineering for Real-Time Systems.**  
Addison-Wesley, 2003.
- *Phillip A. Laplante.*  
**Real-Time Systems Design and Analysis.**  
Wiley, third edition, 2004.
- *W. Schröder-Preikschat.*  
**Echtzeitsysteme.**  
[www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS09/V\\_EZS](http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS09/V_EZS)



# Lernziele

---

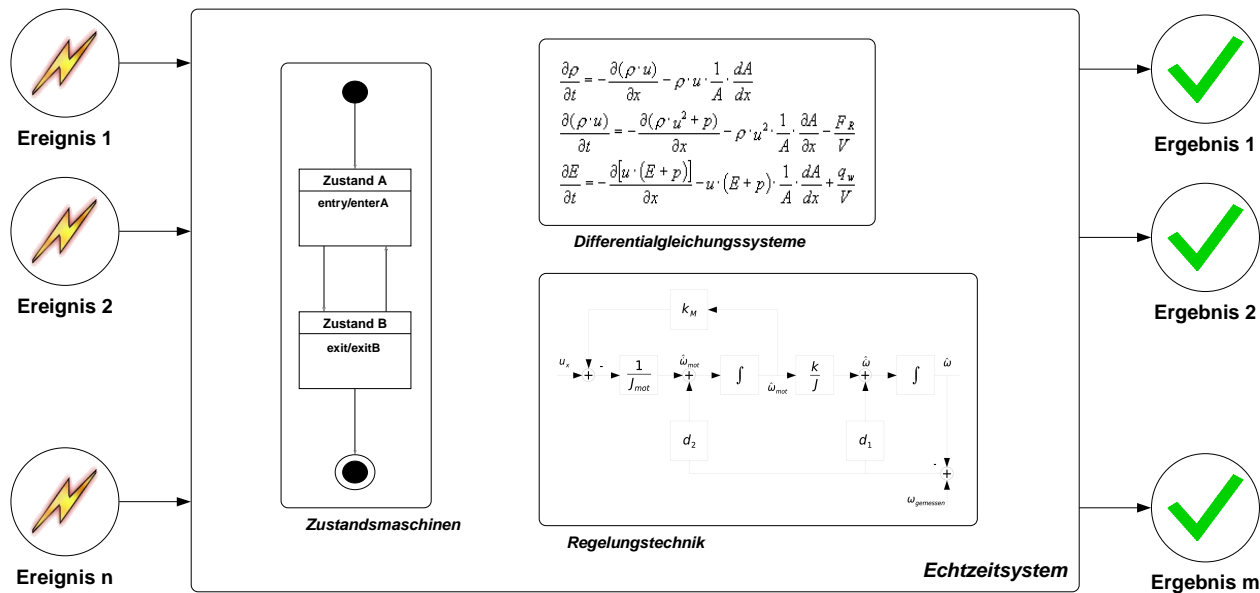
- Echtzeitprogrammierung in Teams
  
- Echtzeitanwendung entwickeln
  - Anforderungen/Gegebenheiten analysieren und spezifizieren
  - Echtzeitsysteme problemorientiert implementieren
  - Experimente aufbauen und durchführen
  
- Vertiefung von Grundlagenwissen
  - durch experimentelles Arbeiten



# Projektphasen 1: Anwendungsanalyse

## 1. Analyse des physikalischen Objekts

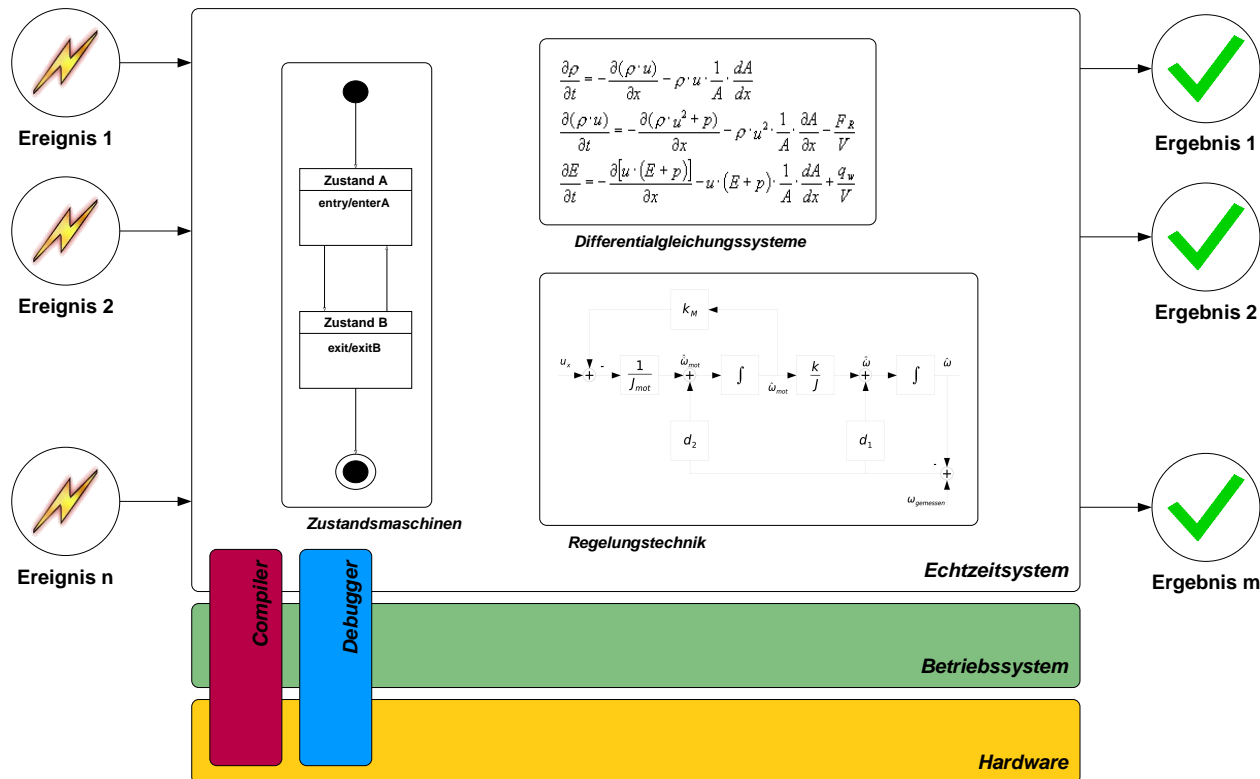
- Erfassen **physikalischer Zusammenhänge**
- Wie sieht das physikalische Modell aus, wo abstrahiert man?
- Existieren **Termine**? Gibt es **periodisch/aperiodisch Ereignisse**?



# Exkurs

## 2. Entwicklungsumgebung

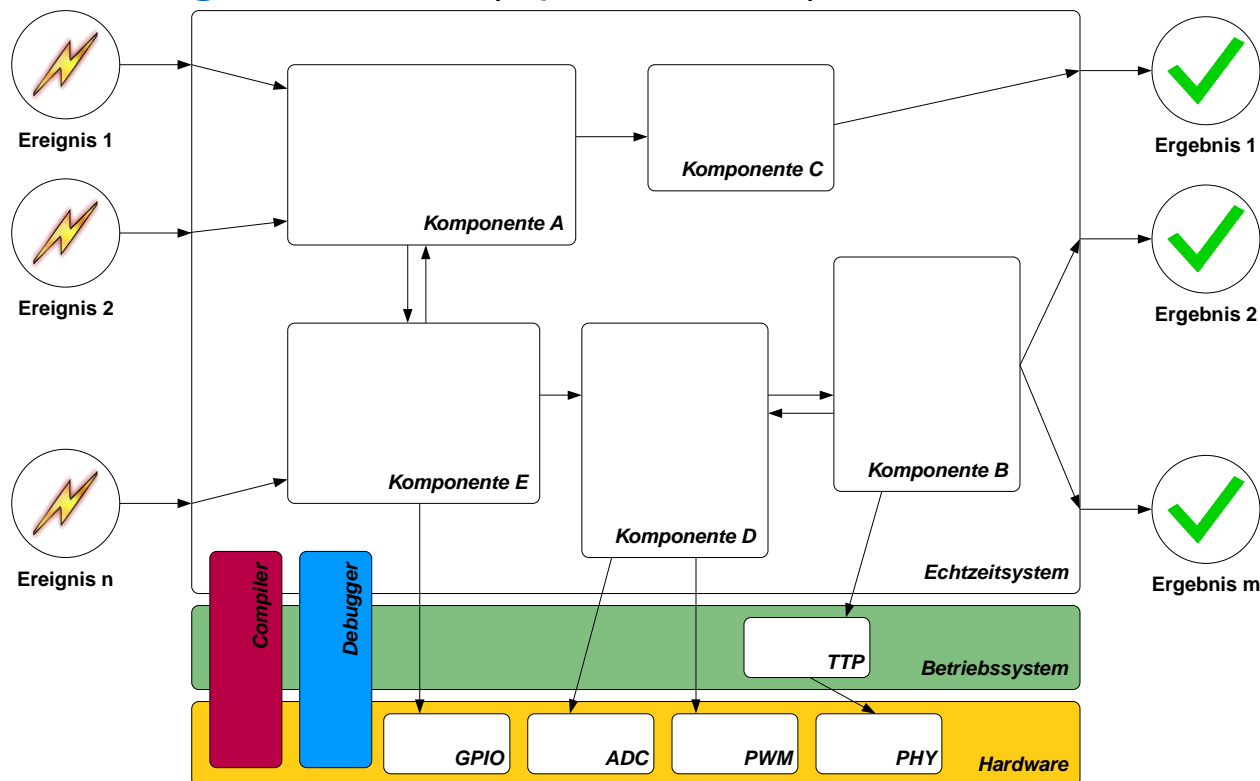
- Welcher/s Prozessor, Compiler, Betriebssystem wird verwendet?
- Wie funktioniert das Debuggen?



# Projektphase 2: Komponenten

## 3. Komponenten und ihre Implementierung

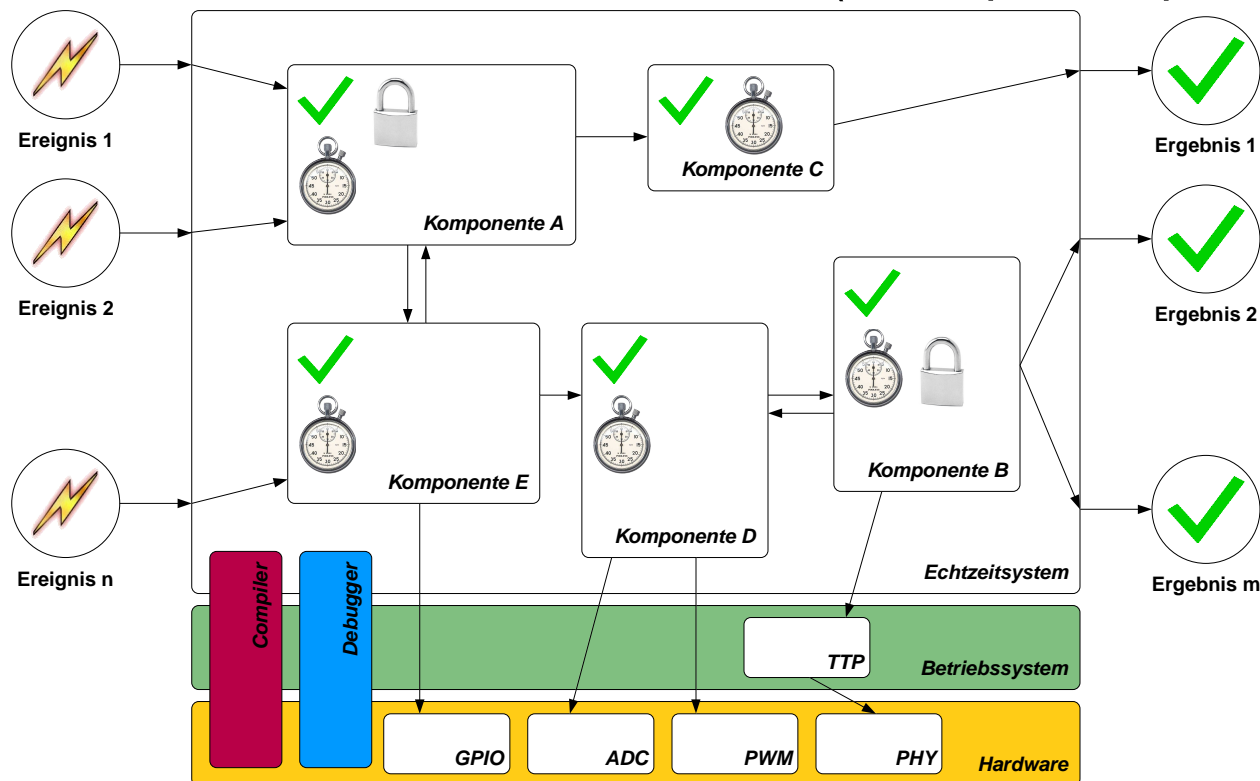
- **Welche Komponenten** existieren in meinem System?
- **Was tun sie?** (Spezifikation)
- **Wie interagieren sie?** (Spezifikation)



# Projektphase 3: Testen

## 4. Testen der einzelnen Komponenten

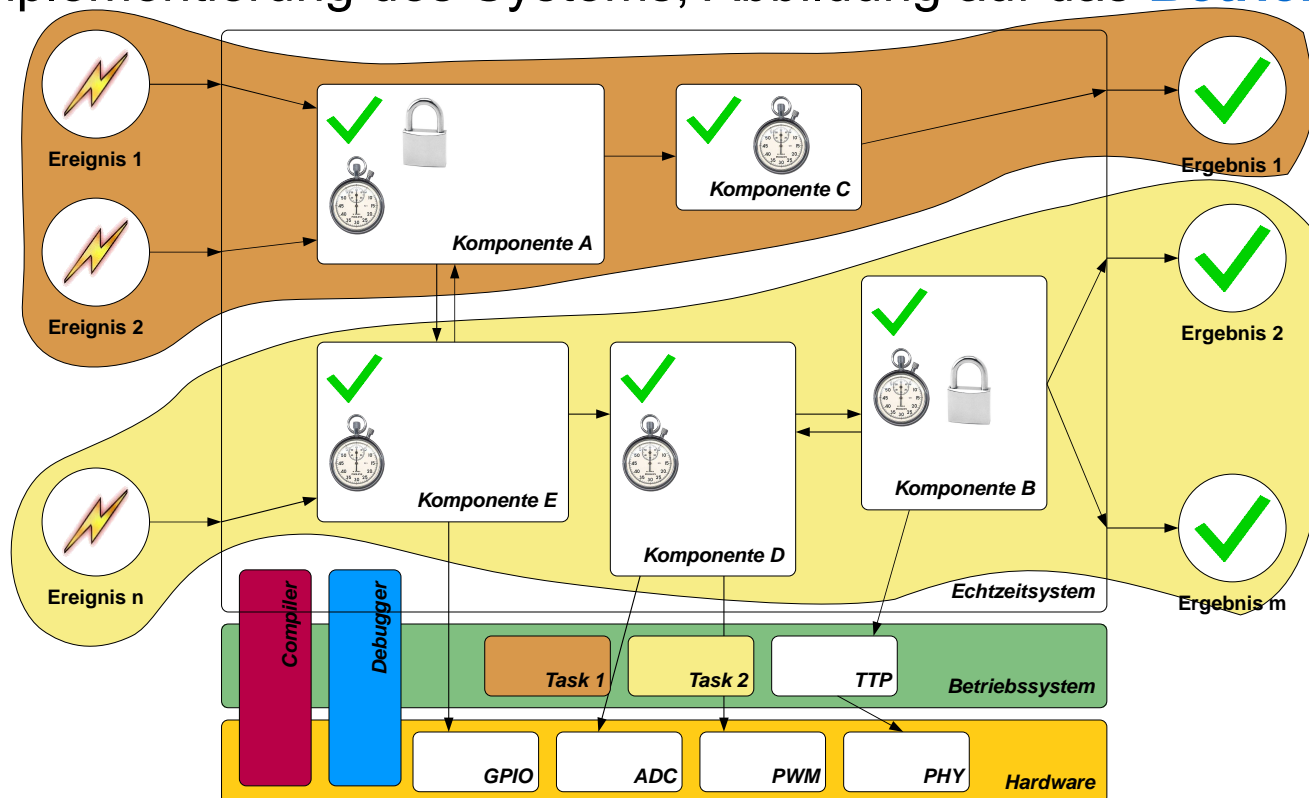
- einfache Testumgebung: Testfall übersetzen, binden, ausführen
- Spezifikation der Testfälle
- Getestet wird: **Funktionalität**, **WCET** (und Speicherplatz)



# Projektphase 4: Komposition

## 5. Komposition & Integration

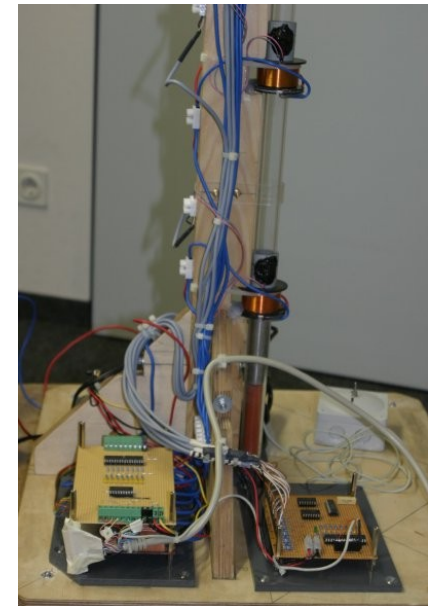
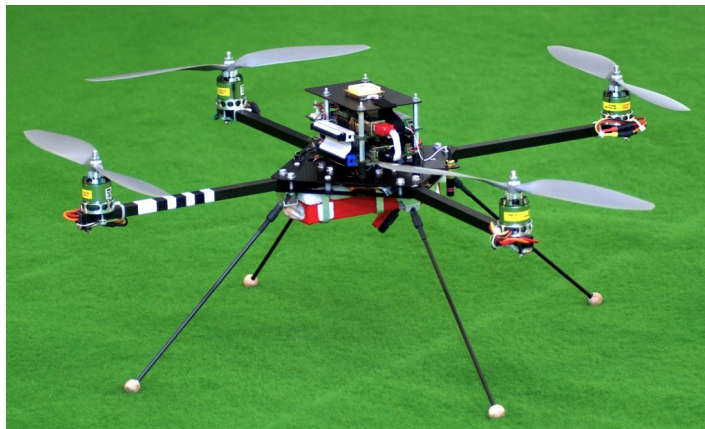
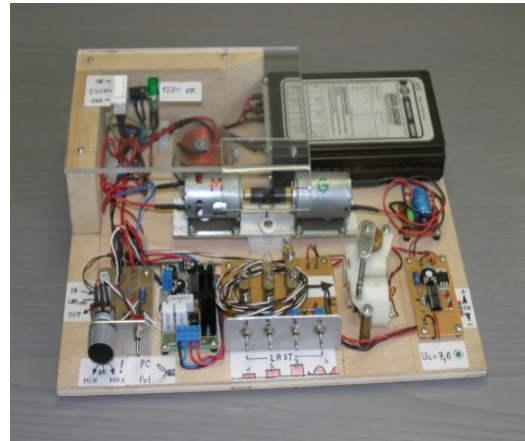
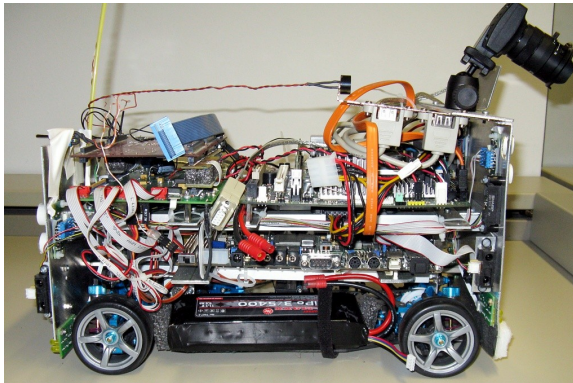
- **Abbildung:** Komponenten → **Ereignisbehandlungen**
- **Planung:** Prioritätenvergabe & statische Ablaufpläne, Zulässigkeit
- Implementierung des Systems, Abbildung auf das **Betriebssystem**



# Projektphase 5: Akzeptanztest

## 6. Testen: komplettes System → Akzeptanztest

- Ausprobieren ;-)
- Debuggen



# Lehrinhalt - Struktur

---

- zu jeder Phase gibt es einen **Statusbericht**
  - **ca. 10-minütige Präsentation**
  - Zu welchen **Ergebnissen** ist man gekommen?
  - Welche **Entwurfsentscheidungen** wurden getroffen? Warum?
  - Welche **Konsequenzen** haben diese Entscheidungen?
  
- **Abschlusspräsentation**
  - **ca. 45-minütige Präsentation**
    - setzt sich im wesentlichen aus Statusberichten zusammen
  - **Demonstration** des Experiments
  - **Überblick** über das Projekt
  - **Poster**



# Zeitplanung

Phase	Start	Ende	Präsentation
Anwendungsanalyse	26.04.2010	11.05.2010	11.05.2010
Komponenten (Entwurf & Implementierung)	12.05.2010	08.06.2010	08.06.2010
Testen (Funktion & WCET)	01.06.2010	15.06.2010	15.06.2010
Komposition	15.06.2010	29.06.2010	29.06.2010
Akzeptanztest	29.06.2010	13.07.2010	13.07.2010
Präsentation	13.07.2010	20.07.2010	20.07.2010

## ■ besondere Termine

- 25.05.2010: **Berg-Kerwa**
- 22.06.2010: **frei**
- 22.07.2010: **Semesterabschluss: Grillen** (unter Vorbehalt)



# Experiment 1: Hau den Lukas

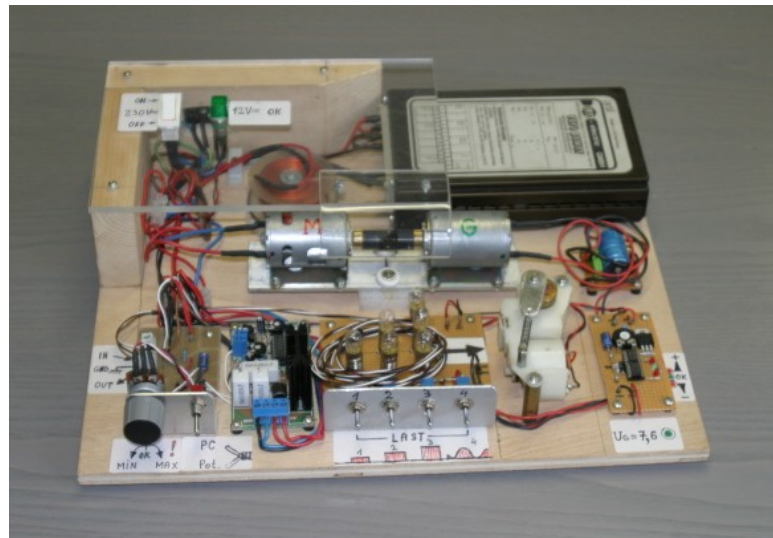
- **Aufgabe:** den Eisenkern ...
  - anheben und abbremsen
  - schrittweise anheben/fallen lassen
  - gebremst fallen lassen
  - pendeln lassen
  - „Not Aus“-Funktion



# Experiment 2: Generator

## ■ Aufgabe

- Regelung einer Motor-Generator-Strecke
- Implementierung
  - des Regelsystems
  - einer *naiven* Regelung
- Vergleich der implementierten Regler



# Experiment 3: NXT Standalone

## ■ Aufgabe

- stabiler Stand
- fahren: vorwärts/rückwärts
- Lenken: drehen nach rechts/links
- Fernsteuerung (Bluetooth)
- Hinderniserkennung (Sonar)

## ■ Alternativen

- Automatikgetriebe
- Sortieranlage
- NXT On A Ball



# Experiment 4: I4Copter (Optional)

- „Proaktive“ Themenfindung
- Mögliche Aufgaben
  - Höhenregelung (Druck- und Ultraschall-Sensoren)
  - Verhaltenssteuerung (Betriebszustandswechsel)

