Echtzeitsysteme

Sommersemester 2024

Peter Wägemann

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Lehrstuhl Informatik 4 (Systemsoftware)
https://sys.cs.fau.de

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Vorwort

Die Lehrveranstaltung ist grundsätzlich für alle Studiengänge offen. Sie verlangt allerdings gewisse Vorkenntnisse. Diese müssen nicht durch Teilnahme an den Lehrveranstaltungen von I4 erworben worden sein.

Echtzeitsysteme – Eine Begriffsdefinition

- Echtzeit ist ein strapazierter Begriff

Echtzeitsysteme – Eine Begriffsdefinition

- Echtzeit ist ein strapazierter Begriff

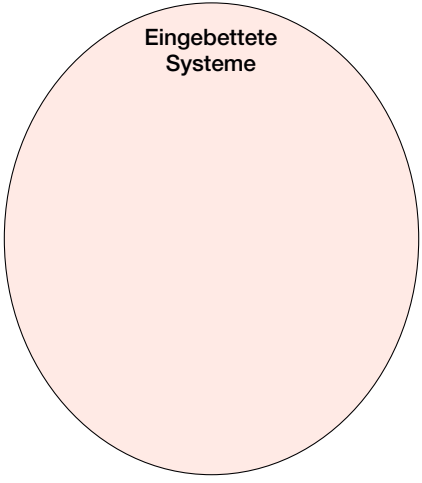
⚠ Es geht nicht um Geschwindigkeit
sondern um Rechtzeitigkeit!

Echtzeitsysteme – Eine Begriffsdefinition

- Echtzeit ist ein strapazierter Begriff

⚠ Es geht nicht um Geschwindigkeit sondern um Rechtzeitigkeit!

- Echtzeitsysteme, eine (strikte) Definition und Einordnung:
  - Eingebettet in die Umwelt und abhängig von der Hardware

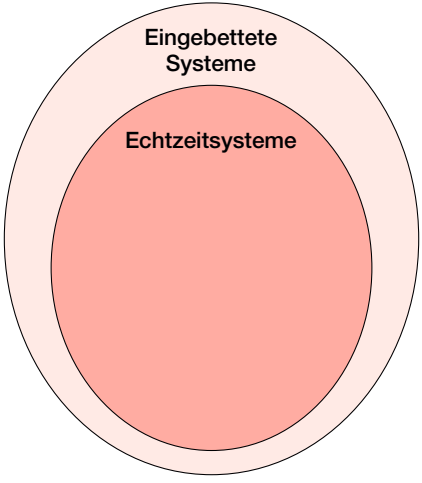


Echtzeitsysteme – Eine Begriffsdefinition

- Echtzeit ist ein strapazierter Begriff

⚠ Es geht nicht um Geschwindigkeit sondern um Rechtzeitigkeit!

- Echtzeitsysteme, eine (strikte) Definition und Einordnung:
  - Eingebettet in die Umwelt und abhängig von der Hardware
  - An die Realzeit gekoppelt

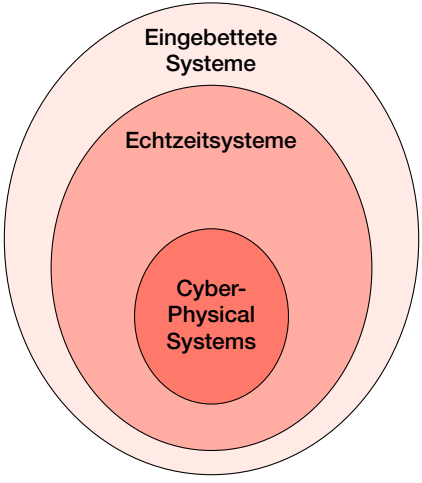


Echtzeitsysteme – Eine Begriffsdefinition

- Echtzeit ist ein strapazierter Begriff

⚠ Es geht nicht um Geschwindigkeit sondern um Rechtzeitigkeit!

- Echtzeitsysteme, eine (strikte) Definition und Einordnung:
  - Eingebettet in die Umwelt und abhängig von der Hardware
  - An die Realzeit gekoppelt
  - Steuerung und Regelung von physikalischen Prozessen



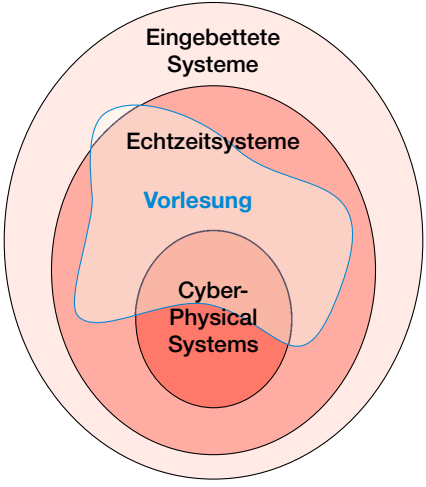
Echtzeitsysteme – Eine Begriffsdefinition

- Echtzeit ist ein strapazierter Begriff

⚠ Es geht nicht um Geschwindigkeit sondern um Rechtzeitigkeit!

- Echtzeitsysteme, eine (strikte) Definition und Einordnung:
  - Eingebettet in die Umwelt und abhängig von der Hardware
  - An die Realzeit gekoppelt
  - Steuerung und Regelung von physikalischen Prozessen

- Entwicklung erfolgt typischerweise interdisziplinär!



Übersicht

1 Lehrveranstaltungskonzept & Organisation

2 Die Veranstaltung

- Lernziele und Vorraussetzungen
- Einordnung

3 Organisatorisches

- Die Beteiligten
- Vorlesung und Übung
- Leistungsnachweise
- Literaturempfehlungen

Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung

- Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme

Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung

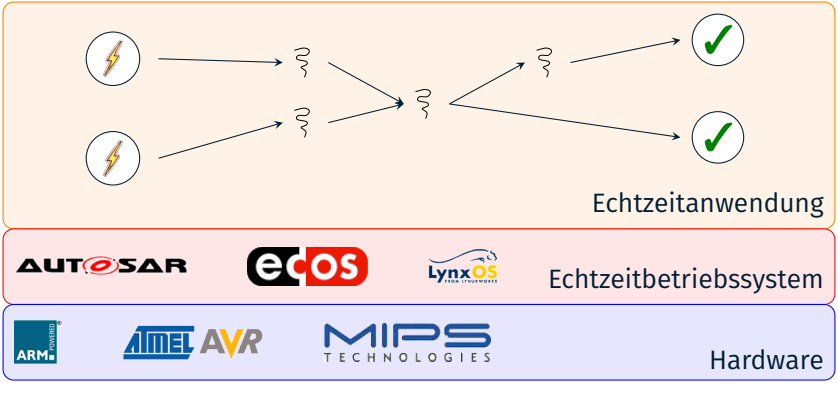
- Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme
  - Ausgehend von den Eigenschaften der Hardware

Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung

- Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme
  - Ausgehend von den Eigenschaften der Hardware
  - Über das Echtzeitbetriebssystem und seine Implementierung

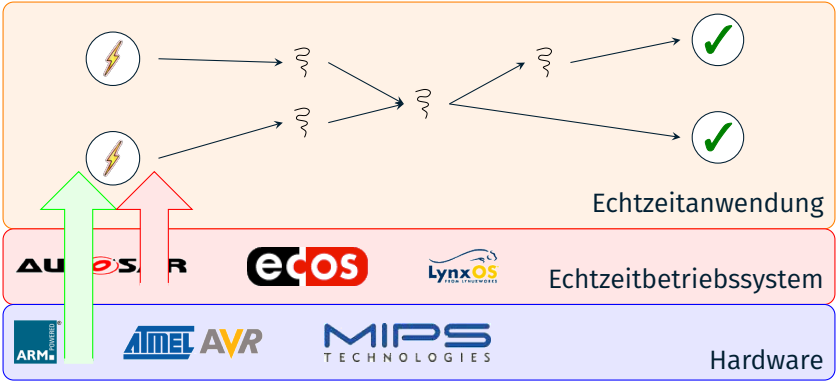
Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung

- Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme
  - Ausgehend von den Eigenschaften der Hardware
  - Über das Echtzeitbetriebssystem und seine Implementierung
  - Bis zum strukturellen Aufbau von Echtzeitanwendungen

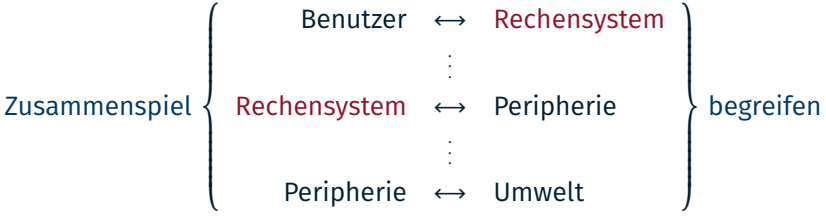


Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung

- Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme
  - Ausgehend von den Eigenschaften der Hardware
  - Über das Echtzeitbetriebssystem und seine Implementierung
  - Bis zum strukturellen Aufbau von Echtzeitanwendungen

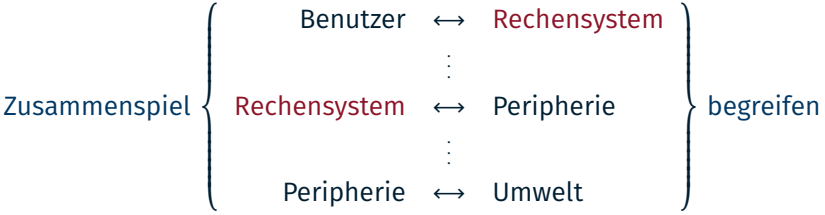


Lernziele



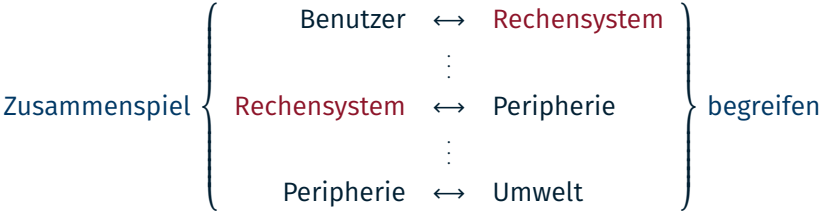
- Echtzeitsysteme als Ganzes **verstehen**:
  - Grad der Echtzeitfähigkeit eines Systems erkennen
  - Einfluss der Hard-/Softwareplattform bewerten
  - Temporale Aspekte physikalischer Prozesse erfassen

Lernziele



- Echtzeitsysteme als Ganzes **verstehen**:
  - Grad der Echtzeitfähigkeit eines Systems erkennen
  - Einfluss der Hard-/Softwareplattform bewerten
  - Temporale Aspekte physikalischer Prozesse erfassen
- Echtzeitsysteme **entwickeln**:
  - Anwendungen analysieren und Werkzeuge einsetzen (Oszilloskop, aiT, …)
  - Systeme praktisch und (betriebs-)systemnah bauen (eCos, C/C++, …)

Lernziele



- Echtzeitsysteme als Ganzes **verstehen**:
  - Grad der Echtzeitfähigkeit eines Systems erkennen
  - Einfluss der Hard-/Softwareplattform bewerten
  - Temporale Aspekte physikalischer Prozesse erfassen
- Echtzeitsysteme **entwickeln**:
  - Anwendungen analysieren und Werkzeuge einsetzen (Oszilloskop, aiT, …)
  - Systeme praktisch und (betriebs-)systemnah bauen (eCos, C/C++, …)
- **Vertiefen** des Wissens über Echtzeitbetriebssysteme
  - Ablaufplanung und Betriebsmittelverwaltung
  - Mehrkern-Rechensysteme

Lehrinhalte

- Vorlesung: Vorstellung und detaillierte Behandlung des Stoffs
  - Grundlagen von Echtzeitsystemen
    - Zeit- und ereignisgesteuerte Systeme
    - Periodische und sporadische Aufgaben (engl. *tasks*)
    - Einplanung und Koordination
  - Anwendung dieser Konzepte innerhalb von Echtzeitanwendungen
    - Wie beeinflussen diese Konzepte das Ablaufverhalten?
    - Wie implementieren Echtzeitbetriebssysteme diese Konzepte?

Lehrinhalte

- Vorlesung: Vorstellung und detaillierte Behandlung des Stoffs
  - Grundlagen von Echtzeitsystemen
    - Zeit- und ereignisgesteuerte Systeme
    - Periodische und sporadische Aufgaben (engl. *tasks*)
    - Einplanung und Koordination
  - Anwendung dieser Konzepte innerhalb von Echtzeitanwendungen
    - Wie beeinflussen diese Konzepte das Ablaufverhalten?
    - Wie implementieren Echtzeitbetriebssysteme diese Konzepte?
- Übung: Vertiefung und praktische Anwendung
  - Anwendungs- und Systemprogrammierung (Software-Oszilloskop)
  - Ablaufverhalten durch das EZ-Betriebssystem beeinflussen
  - Werkzeuge aus dem industriellen Umfeld einsetzen

Bedeutung von Tafel- und Rechnerübungen

- Tafelübungen $\rightsquigarrow$ „*learning by exploring* “
  - Besprechung der Übungsaufgaben, Skizzierung von Lösungswegen
  - Vertiefung des Vorlesungsstoffes, Klärung offener Fragen

Bedeutung von Tafel- und Rechnerübungen

- Tafelübungen $\rightsquigarrow$ „*learning by exploring* “
  - Besprechung der Übungsaufgaben, Skizzierung von Lösungswegen
  - Vertiefung des Vorlesungsstoffes, Klärung offener Fragen
- Rechnerarbeit $\rightsquigarrow$ „*learning by doing* “
  - Selbstständiges Bearbeiten der Übungsaufgaben am Rechner
    - Abgabe der bearbeiteten Übungsaufgaben
    - Klärung von Unklarheiten/Problemen bei/mit den Übungsaufgaben
  - Rechner ist allerdings kein Tafelersatz

  $\rightarrow$ Bereitet euch vor! Wir erwarten konkrete Fragen!

Bedeutung von Tafel- und Rechnerübungen

- Tafelübungen $\rightsquigarrow$ *„learning by exploring “*
  - Besprechung der Übungsaufgaben, Skizzierung von Lösungswegen
  - Vertiefung des Vorlesungsstoffes, Klärung offener Fragen
- Rechnerarbeit $\rightsquigarrow$ *„learning by doing “*
  - Selbstständiges Bearbeiten der Übungsaufgaben am Rechner
    - Abgabe der bearbeiteten Übungsaufgaben
    - Klärung von Unklarheiten/Problemen bei/mit den Übungsaufgaben
  - Rechner ist allerdings kein Tafelersatz

  $\rightarrow$ Bereitet euch vor! Wir erwarten konkrete Fragen!

Der, die, das.
Wer, wie, was?
Wieso, weshalb, warum?
Wer nicht fragt, bleibt dumm!

Voraussetzungen

- **Systemprogrammierung**, Grundlagen der Informatik
- **C** / C++, Java
- Ein gewisses Maß an **Durchhaltevermögen**
- Freude an systemnaher und **praktischer Programmierung**

Wir arbeiten mit **eingebetteten Systemen**!

Voraussetzungen

- **Systemprogrammierung**, Grundlagen der Informatik
- **C** / C++, Java
- Ein gewisses Maß an **Durchhaltevermögen**
- Freude an systemnaher und **praktischer Programmierung**

Wir arbeiten mit **eingebetteten Systemen**!

Nicht von *hardwarenaher Programmierung* abschrecken lassen!

Voraussetzungen

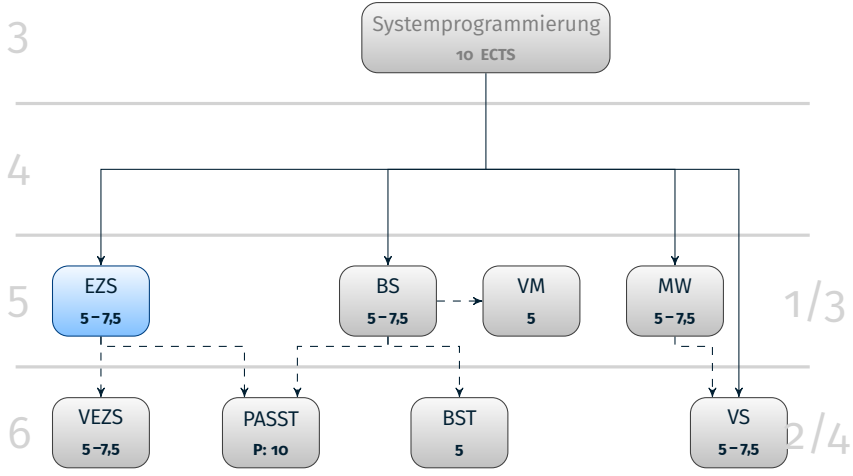
- **Systemprogrammierung**, Grundlagen der Informatik
- **C** / C++, Java
- Ein gewisses Maß an **Durchhaltevermögen**
- Freude an systemnaher und **praktischer Programmierung**

Wir arbeiten mit **eingebetteten Systemen**!

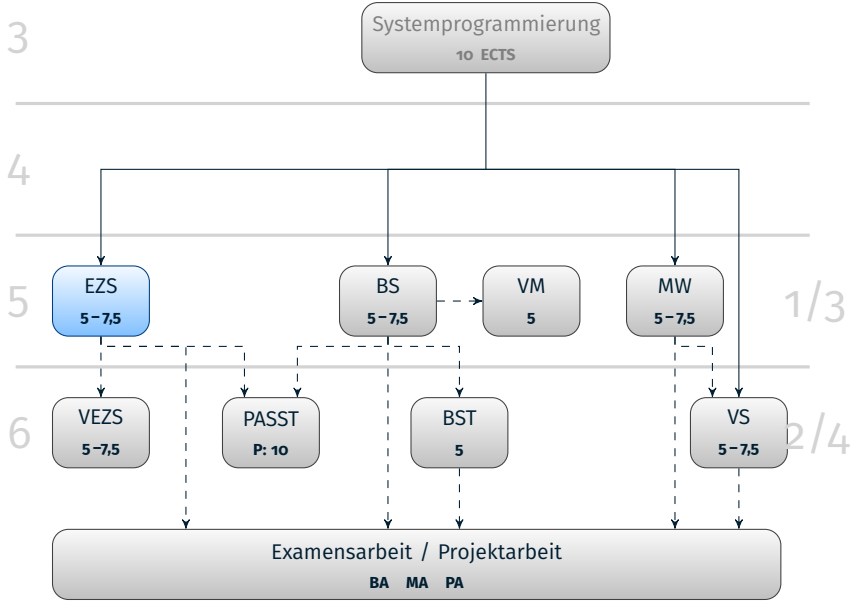
Nicht von *hardwarenaher Programmierung* abschrecken lassen!

Test für Programmierkenntnisse ☞ Webseite: Fragebogen

Einpassung in den Studienplan



Einpassung in den Studienplan



Übersicht

1 Lehrveranstaltungskonzept & Organisation

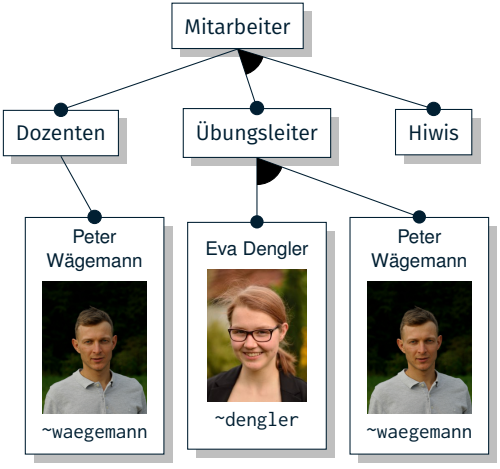
2 Die Veranstaltung

- Lernziele und Vorraussetzungen
- Einordnung

3 Organisatorisches

- Die Beteiligten
- Vorlesung und Übung
- Leistungsnachweise
- Literaturempfehlungen

www4.cs.fau.de/*



Vorlesungsbetrieb und Lehrmaterialien

Vorlesung: Zeit und Ort

- Dienstag, 8:30 – 10:00, H4

Vorlesungsbetrieb und Lehrmaterialien

Vorlesung: Zeit und Ort

- Dienstag, 8:30 – 10:00, H4

⚠ Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

Vorlesungsbetrieb und Lehrmaterialien

Vorlesung: Zeit und Ort

- Dienstag, 8:30 – 10:00, H4

⚠ Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- Vorlesungsfolien sind verfügbar wie folgt:
  - `https://sys.cs.fau.de/lehre/ss24/ezs/vorlesung`

Vorlesungsbetrieb und Lehrmaterialien

Vorlesung: Zeit und Ort

- Dienstag, 8:30 – 10:00, H4

⚠ Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- Vorlesungsfolien sind verfügbar wie folgt:
  - `https://sys.cs.fau.de/lehre/ss24/ezs/vorlesung`
- Wosch's Glossar :
  - Relevante Begriff der Informatik außerhalb des Vorlesungskerns
  - Als Wiederholung (Inf) beziehungsweise zum Einstieg (¬Inf)
  - `https://www4.cs.fau.de/~wosch/glossar.pdf`

Vorlesungsbetrieb und Lehrmaterialien

Vorlesung: Zeit und Ort

- Dienstag, 8:30 – 10:00, H4

⚠ Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- Vorlesungsfolien sind verfügbar wie folgt:
  - `https://sys.cs.fau.de/lehre/ss24/ezs/vorlesung`
- Wosch's Glossar :
  - Relevante Begriff der Informatik außerhalb des Vorlesungskerns
  - Als Wiederholung (Inf) beziehungsweise zum Einstieg (¬Inf)
  - `https://www4.cs.fau.de/~wosch/glossar.pdf`
- Literaturempfehlungen siehe Folie 17

Übungsbetrieb

Tafelübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 10:15 – 11:45, Aquarium

Rechnerübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 12:15 – 13:45, CIP1
- Mittwoch, 12:15 – 13:45, CIP1

Übungsbetrieb

Tafelübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 10:15 – 11:45, Aquarium

Rechnerübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 12:15 – 13:45, CIP1
- Mittwoch, 12:15 – 13:45, CIP1

- Übung
  - Übungsaufgaben sind bevorzugt in Gruppen zu bearbeiten
  - Tafel- und Rechnerübung
  - Rechnerarbeit: größtenteils in Eigenverantwortung

Studien- und Prüfungsleistungen (1)

VL – Vorlesung **2,5**

Vorstellung und detailierte Behandlung des Lehrstoffs

Studien- und Prüfungsleistungen (1)

VL – Vorlesung **2,5**

Vorstellung und detailierte Behandlung des Lehrstoffs

+

Ü – Übung **2,5**

- Praktische Übungen
- 7 Übungsaufgaben
- Abnahme alle 14 Tage

Studien- und Prüfungsleistungen (1)

VL – Vorlesung **2,5**

Vorstellung und detailierte Behandlung des Lehrstoffs

+

Ü – Übung **2,5**

- Praktische Übungen
- 7 Übungsaufgaben
- Abnahme alle 14 Tage

oder

EÜ – Erweiterte Übung **5**

- Übung (Ü)
- \+ erweiterte Aufgaben
- \+ vertiefende Abfrage

+

RÜ – Rechnerübung **0**

- **Betreutes** Arbeiten am Rechner
- Hilfe zu eCos, Oszilloskop, aiT, …

Studien- und Prüfungsleistungen (2)

- **Wahlpflichtmodul** (Bachelor/Master) der Vertiefungsrichtung **Verteilte Systeme und Betriebssysteme**
  - eigenständig (nur EZS) — VL + Ü oder VL + EÜ
  - mit weiteren Veranstaltungen — siehe Modulhandbuch
- Studien- und Prüfungsleistungen
  - Bachelor — Prüfungsleistung
  - Master — Prüfungsleistung

  erworben durch
  - erfolgreiche Teilnahme an den Übungen
  - erfolgreiche Bearbeitung aller Übungsaufgaben
  - 30 min. (bzw. 20 min) mündliche Prüfung
- Berechnung der Modulnote
  - Note der mündlichen Prüfung + “Übungsbonus” in Zweifelsfällen

Forschung und Lehre funktioniert nur mit Studenten!

Wanted:

- Bachelor- und Masterarbeiten
- Bachelor-Praktikum und Master-Projekte
- studentische Hilfswissenschaftler (Hiwis)

Literaturempfehlungen

[2] Eine hervorragende Begleiterin der Veranstaltung:

Jane W. S. Liu. *Real-Time Systems.*
Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ, USA, 2000

[1] Der „Klassiker" für zeitgesteuerte EZS:

Hermann Kopetz. *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications.*
Kluwer Academic Publishers, first edition, 1997

Fragen...