

Echtzeitsysteme

Peter Ulbrich

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

https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_EZS/

Wintersemester 2019/20



Echtzeitsysteme

Lehrveranstaltungs-konzept & Organisation

Peter Ulbrich

Lehrstuhl für Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_EZS/

14. Oktober 2019



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.





Echtzeit ist ein strapazierter Begriff





Echtzeit ist ein strapazierter Begriff



Es geht nicht um **Geschwindigkeit**
sondern um **Rechtzeitigkeit!**





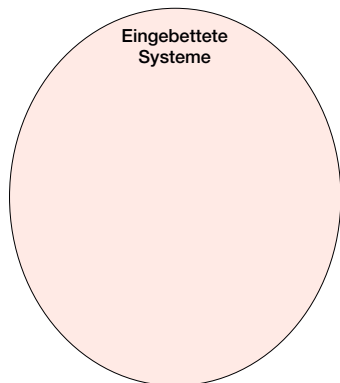
Echtzeit ist ein strapazierter Begriff



Es geht nicht um **Geschwindigkeit**
sondern um **Rechtzeitigkeit!**

■ **Echtzeitsysteme**, eine (strikte) Definition
und Einordnung:

- **Eingebettet** in die Umwelt und abhängig
von der Hardware





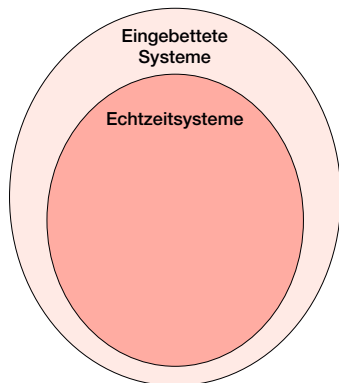
Echtzeit ist ein strapazierter Begriff



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





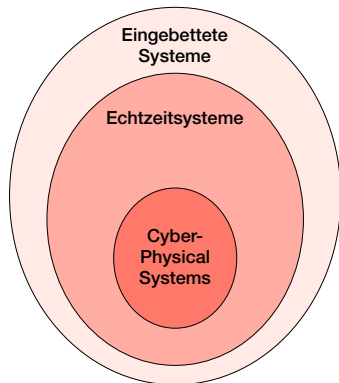
Echtzeit ist ein strapazierter Begriff



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



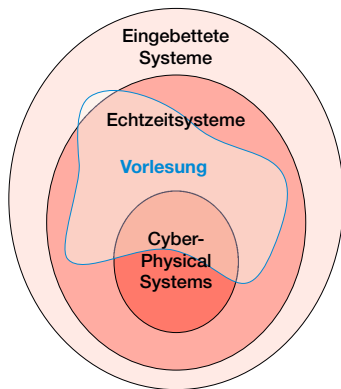
Es geht nicht um **Geschwindigkeit** sondern um **Rechtzeitigkeit**!

■ **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**!



1 Vorwort

2 Die Veranstaltung

- Lernziele und Voraussetzungen

3 Organisatorisches

- Die Beteiligten
- Vorlesung und Übung
- Leistungsnachweise
- Literaturempfehlungen





Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme





Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme

- Ausgehend von den Eigenschaften der Hardware



Hardware



Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung



Querschneidender Einblick in die Welt der **Echtzeitsysteme**

- Ausgehend von den Eigenschaften der **Hardware**
- Über das **Echtzeitbetriebssystem** und seine Implementierung

AUTOSAR

ecos

LynxOS
FROM ITTNUMWARE

Echtzeitbetriebssystem

ARM
POWERED

ATMEL AVR

MIPS
TECHNOLOGIES

Hardware

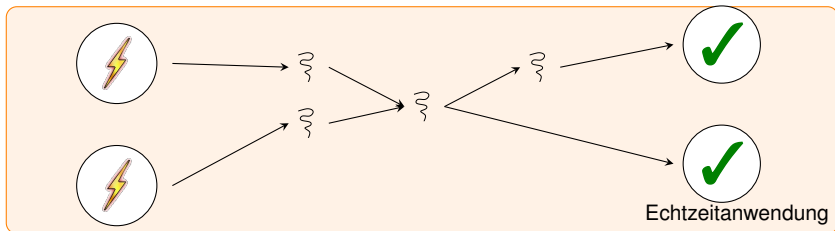


Echtzeitsysteme – Die Veranstaltung



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



AUTOSAR

ecos

LynxOS
FROM LINUXWORKS

Echtzeitbetriebssystem

ARM
POWERED

ATMEL AVR

MIPS
TECHNOLOGIES

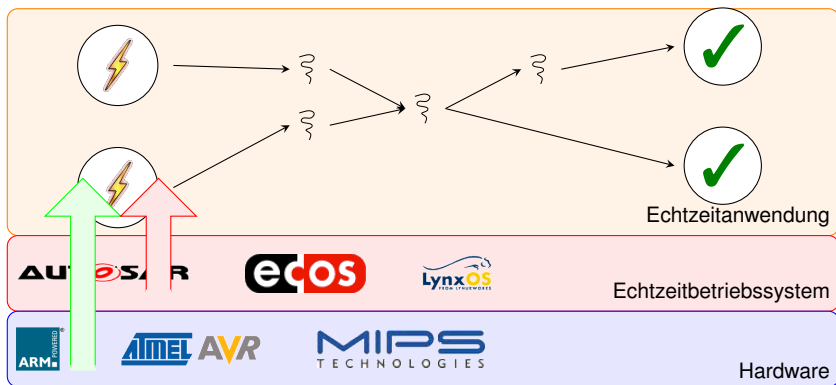
Hardware

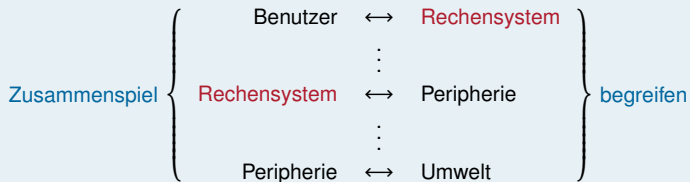




Querschneidender Einblick in die Welt der Echtzeitsysteme

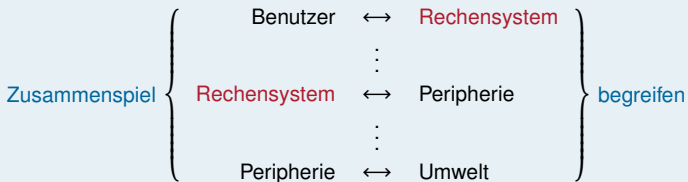
- Ausgehend von den Eigenschaften der Hardware
- Über das Echtzeitbetriebssystem und seine Implementierung
- Bis zum strukturellen Aufbau von Echtzeitanwendungen





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





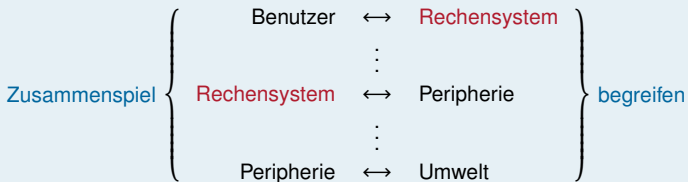
■ Echtzeitsysteme als Ganzes **verstehen**:

- 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++, ...)





■ 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



- **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?



- **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



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



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

 - **Rechnerarbeit** $\leadsto$ „*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**
- Bereitet euch vor! Wir erwarten konkrete Fragen!



Bedeutung von Tafel- und Rechnerübungen

- **Tafelübungen** $\leadsto$ „*learning by exploring*“
 - Besprechung der Übungsaufgaben, Skizzierung von Lösungswegen
 - Vertiefung des Vorlesungsstoffes, Klärung offener Fragen
 - **Rechnerarbeit** $\leadsto$ „*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**
- Bereitet euch vor! Wir erwarten konkrete Fragen!

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



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

Wir arbeiten mit eingebetteten Systemen!



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

Wir arbeiten mit eingebetteten Systemen!

Die meisten sind überrascht, wie viel Spaß das macht :-)



Voraussetzungen

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

Wir arbeiten mit eingebetteten Systemen!

Die meisten sind überrascht, wie viel Spaß das macht :-)

Nebenfächer: Testet Eure Programmierkenntnisse (→ Webseite)



1 Vorwort

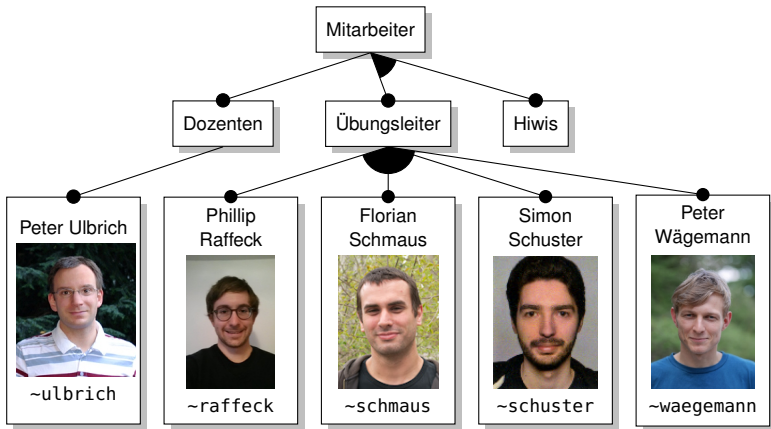
2 Die Veranstaltung

■ Lernziele und Voraussetzungen

3 Organisatorisches

- Die Beteiligten
- Vorlesung und Übung
- Leistungsnachweise
- Literaturempfehlungen





Vorlesung: Zeit und Ort

- Montag, 12:15 – 13:45, H4



Vorlesung: Zeit und Ort

- Montag, 12:15 – 13:45, H4

Planmäßige Ausfälle

- Keine



Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste



Vorlesung: Zeit und Ort

- Montag, 12:15 – 13:45, H4

Planmäßige Ausfälle

- Keine



Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- Handzettel (engl. *handout*) sind verfügbar wie folgt:
 - https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_EZS/



Vorlesung: Zeit und Ort

- Montag, 12:15 – 13:45, H4

Planmäßige Ausfälle

- Keine



Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- **Handzettel** (engl. *handout*) sind verfügbar wie folgt:
 - https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_EZS/
- **Wosch's Glossar** :
 - Relevante Begriff der Informatik außerhalb des Vorlesungskerns
 - Als Wiederholung (Inf) beziehungsweise zum Einstieg ($\neg$ Inf)
 - <https://www4.cs.fau.de/~wosch/glossar.pdf>



Vorlesung: Zeit und Ort

- Montag, 12:15 – 13:45, H4

Planmäßige Ausfälle

- Keine



Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- **Handzettel** (engl. *handout*) sind verfügbar wie folgt:
 - https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_EZS/
- **Wosch's Glossar** :
 - Relevante Begriff der Informatik außerhalb des Vorlesungskerns
 - Als Wiederholung (Inf) beziehungsweise zum Einstieg ($\neg$ Inf)
 - <https://www4.cs.fau.de/~wosch/glossar.pdf>
- Literaturempfehlungen siehe Folie 18



Vorlesung: Zeit und Ort

- Montag, 12:15 – 13:45, H4

Planmäßige Ausfälle

- Keine



Änderungen und Hinweise: siehe Webseite bzw. Mailingliste

- **Handzettel** (engl. *handout*) sind verfügbar wie folgt:
 - https://www4.cs.fau.de/Lehre/WS19/V_EZS/
- **Wosch's Glossar** :
 - Relevante Begriff der Informatik außerhalb des Vorlesungskerns
 - Als Wiederholung (Inf) beziehungsweise zum Einstieg ($\neg$ Inf)
 - <https://www4.cs.fau.de/~wosch/glossar.pdf>
- Literaturempfehlungen siehe Folie 18
- **Fachbegriffe** der Informatik (Deutsch $\leftrightarrow$ Englisch)
 - www.aktionlebendigesdeutsch.de



Tafelübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 12:15 – 13:45, 0.031-113
- Mittwoch, 14:15 – 15:45, H4

Rechnerübung: Zeit und Ort

- Montag, 10:15 – 11:45
- Donnerstag, 12:15 – 13:45
- Donnerstag, 14:15 – 15:45
- jeweils im 02.151-113 (CIP2)



¹Abk. für Webanmeldefrickelformular Enterprise Logic

Tafelübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 12:15 – 13:45, 0.031-113
- Mittwoch, 14:15 – 15:45, H4

Rechnerübung: Zeit und Ort

- Montag, 10:15 – 11:45
- Donnerstag, 12:15 – 13:45
- Donnerstag, 14:15 – 15:45
- jeweils im 02.151-113 (CIP2)

■ Übung

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



¹ Abk. für Webanmeldefrickelformular Enterprise Logic

Tafelübung: Zeit und Ort

- Dienstag, 12:15 – 13:45, 0.031-113
- Mittwoch, 14:15 – 15:45, H4

Rechnerübung: Zeit und Ort

- Montag, 10:15 – 11:45
- Donnerstag, 12:15 – 13:45
- Donnerstag, 14:15 – 15:45
- jeweils im 02.151-113 (CIP2)

■ Übung

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



Anmeldung bis 17.10.19, 12 Uhr

- Über **waffel**¹ (URL siehe Webseite von EZS)
- Automatisch: Labor-Login (CIP-Import) und Mailingsliste

¹ Abk. für Webanmeldefrickelformular Enterprise Logic



VL – Vorlesung

2,5

Vorstellung und detaillierte Behandlung des Lehrstoffs



VL – Vorlesung

2,5

Vorstellung und detaillierte Behandlung des Lehrstoffs

+

Ü – Übung

2,5

- Praktische Übungen
- 7 Übungsaufgaben
- Abnahme alle 14 Tage



VL – Vorlesung

2,5

Vorstellung und detaillierte 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



VL – Vorlesung

2,5

Vorstellung und detaillierte 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, ...



■ **Wahlpflichtmodul** (Bachelor/Master) der Vertiefungsrichtung **Verteilte Systeme und Betriebssysteme**

- eigenständig (nur EZS)
- mit weiteren Veranstaltungen

VL + Ü oder VL + EÜ
siehe Modulhandbuch

■ Studien- und Prüfungsleistungen

- Bachelor
- Master

Prüfungsleistung
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





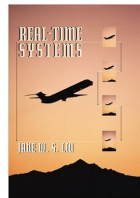
Wanted:

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

- [2] Eine hervorragende Begleiterin der Veranstaltung:

J. W. S. Liu. *Real-Time Systems*.

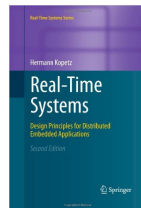
Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, NJ, USA, 2000



- [1] Der „Klassiker“ für zeitgesteuerte EZS:

H. Kopetz. *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications*.

Kluwer Academic Publishers, first edition edition, 1997



42

