

# Industrielle Steuerungstechnik und Echtzeitsysteme

Prof. Dr.-Ing. Bernardo Wagner

Grundlagen Echtzeitsysteme  
Speicherprogrammierbare Steuerungen  
Programmierung eingebetteter Computer  
Echtzeitbetriebssystem, Middleware und Feldbusse

Stand April 2015

Leibniz Universität Hannover  
Fachgebiet Echtzeitsysteme  
[www.rts.uni-hannover.de](http://www.rts.uni-hannover.de)

# Industrielle Steuerungstechnik und Echtzeitsysteme

Prof. Dr.-Ing. Bernardo Wagner

Einführung in die systematische Entwicklung von Echtzeitsystemen mit einem Schwerpunkt im Bereich der Programmierung **speicherprogrammierter Steuerungen** (IEC61131) und **eingebetteter Mikrocontroller**, dem Einsatz von **Feldbussen** (CAN, Interbus, RTnet), der Vorstellung eines **Echtzeitbetriebssystem** (Xenomai) und einer **Echtzeit-Middleware** (RACK).

In den begleitenden Übungen werden kleinere Aufgaben im Umfang und im Niveau von Prüfungsaufgaben behandelt.

Vorkenntnisse werden erwartet in der Digitaltechnik, insbesondere der Funktionsweise von Digitalrechnern, und in mindestens einer höheren Programmiersprache, wie Java oder C.

Die Teilnehmer der Lehrveranstaltung kommen aus unterschiedlichen Studiengängen: Elektrotechnik, Mechatronik, Wirtschaftsingenieurwesen, (Technische) Informatik, Maschinenbau und Lehramt an berufsbildenden Schulen. Entsprechend sind Lücken im Vorwissen und Überlappungen mit anderen Lehrveranstaltungen nicht vermeidbar.

# Neue Vorlesungsinhalte seit SS 2012!

Die Vorlesung wurde im Sommersemester 2012 inhaltlich deutlich überarbeitet. Die Prüfungsinhalte sind entsprechend angepasst worden. **Bitte beachten Sie dies bei der Prüfungsvorbereitung!**

Die Beschreibung verteilter Steuerungen nach IEC61499 wird in dieser Lehrveranstaltung nicht mehr behandelt und wurde stark gekürzt in die Vorlesung „Entwurf diskreter Steuerungen“ integriert.

Die Vorlesung „Industrielle Steuerungstechnik“ wurde um den allgemeinen Aspekt der Echtzeitsysteme erweitert und heißt seither „Industrielle Steuerungstechnik und Echtzeitsysteme“. Neu hinzu gekommen sind, neben allgemeinen Definitionen zum Thema Echtzeitsysteme, die Vorstellung eines konkreten Echtzeit-Betriebssystems für eingebettete Mikrocontroller und einer Echtzeit-Middleware für verteilte Systeme.

# Was sind Echtzeitsysteme?

Bei **Echtzeitsystemen** muss das Ergebnis nicht nur korrekt sein, sondern es muss auch innerhalb einer fest definierten Zeitschranke rechtzeitig erzielt werden. Man unterscheidet harte und weiche Echtzeitsysteme. Bei **weichen Echtzeitsystemen** sinkt der Nutzen bzw. die Qualität nach Erreichen der Zeitschranke (z.B. Bildstörungen bei der Videodarstellung). Bei **harten Echtzeitsystemen** sind Ergebnisse, die nach Erreichen der Zeitschranke eintreffen, unbrauchbar und können zu erheblichen Schäden führen (z.B. Flugzeuginstabilitäten oder Unfall nach verspäteter Ansteuerung von Aktoren).

Klassische Beispiele sind Steuer- und Regelgeräte im Auto (wie Airbag, ABS, ESP usw.). Im Fall eines Unfalls muss beispielsweise der Airbag nach der Erkennung des Aufpralles durch einen Sensor innerhalb weniger Millisekunden aufblasen, ansonsten hat das System versagt. \*)

Echtzeitsysteme sind auch in anderen Bereichen der Industrie und im Alltag zu finden: Roboter, Medizingeräte, Fahrstühle, Handys, Kraftwerke, Flugzeuge, Produktionssysteme, Waschmaschinen, Videokonferenzsysteme usw.

\*) Es wäre aber genauso fehlerhaft, wenn der Airbag zu früh oder unbegründet auslöst (z.B. ausgelöst durch ein Schlagloch oder bereits durch starkes Bremsen).

# Echtzeitsysteme in der Anwendung

Ablaufsteuerung

**Elektrogeräte**



**ASIC / FPGA**

Fertigungssteuerung

**Produktionstechnik**



**SPS**

Motorsteuerung

**Kfz-Elektronik**



**Mikrocontroller**

**Echtzeitsysteme**

Leitsteuerung

**Verkehrstechnik**



**Prozessrechner**

...

Prozesssteuerung

**Verfahrenstechnik**



**Industrie-PC**

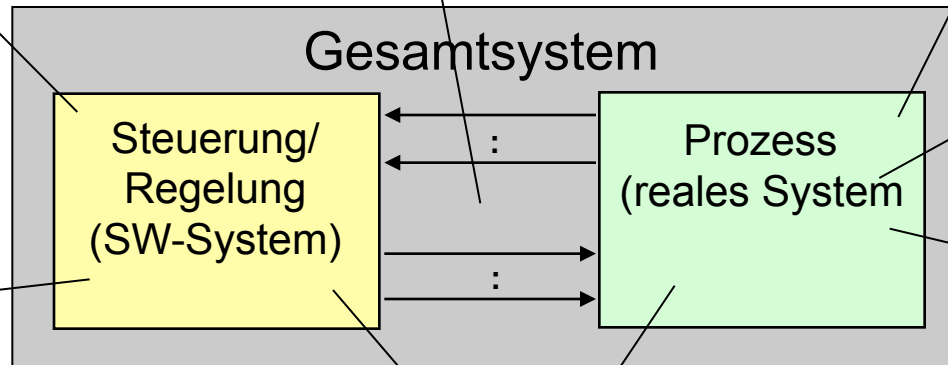
# Echtzeitsysteme sind reaktive Systeme

Modellierung:  
Statecharts,  
Petri-Netze,  
IEC 61499, ...

Kommunikation (intern/extern)  
mit Zeitbedingungen

Räumlich verteilte  
Prozesskomponenten

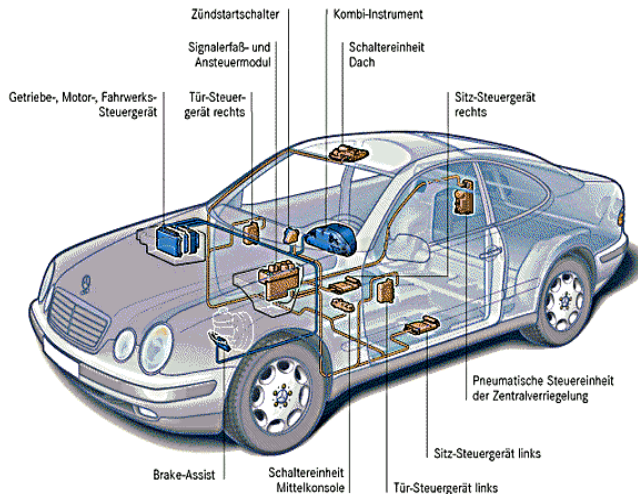
Implementierung:  
IEC 61131, RT-  
Java, C/C++ ...



Kontinuierliche  
Zustandsgrößen

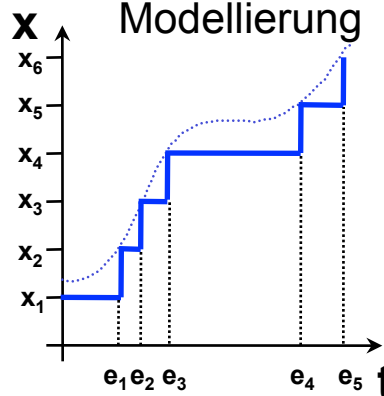
Zeitgleiche aber  
vernetzte Vorgänge

Nicht terminierend  
und nebenläufig

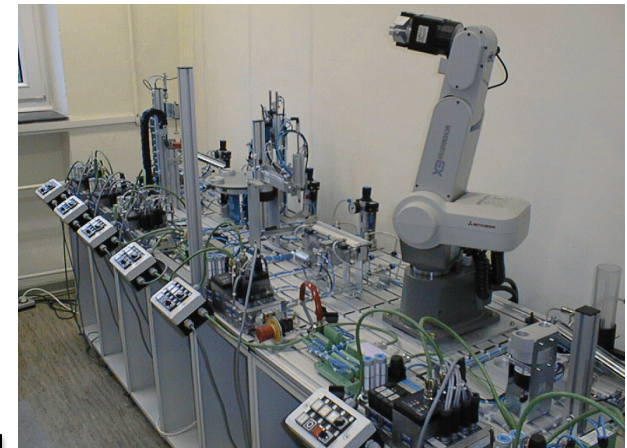


Eingebettete Echtzeitsysteme

Ereignisdiskrete  
Modellierung



Der Entwurf und die Modellierung ereignisdiskreter Systeme wird in der Vorlesung [Entwurf diskreter Steuerungen](#) im Wintersemester behandelt!

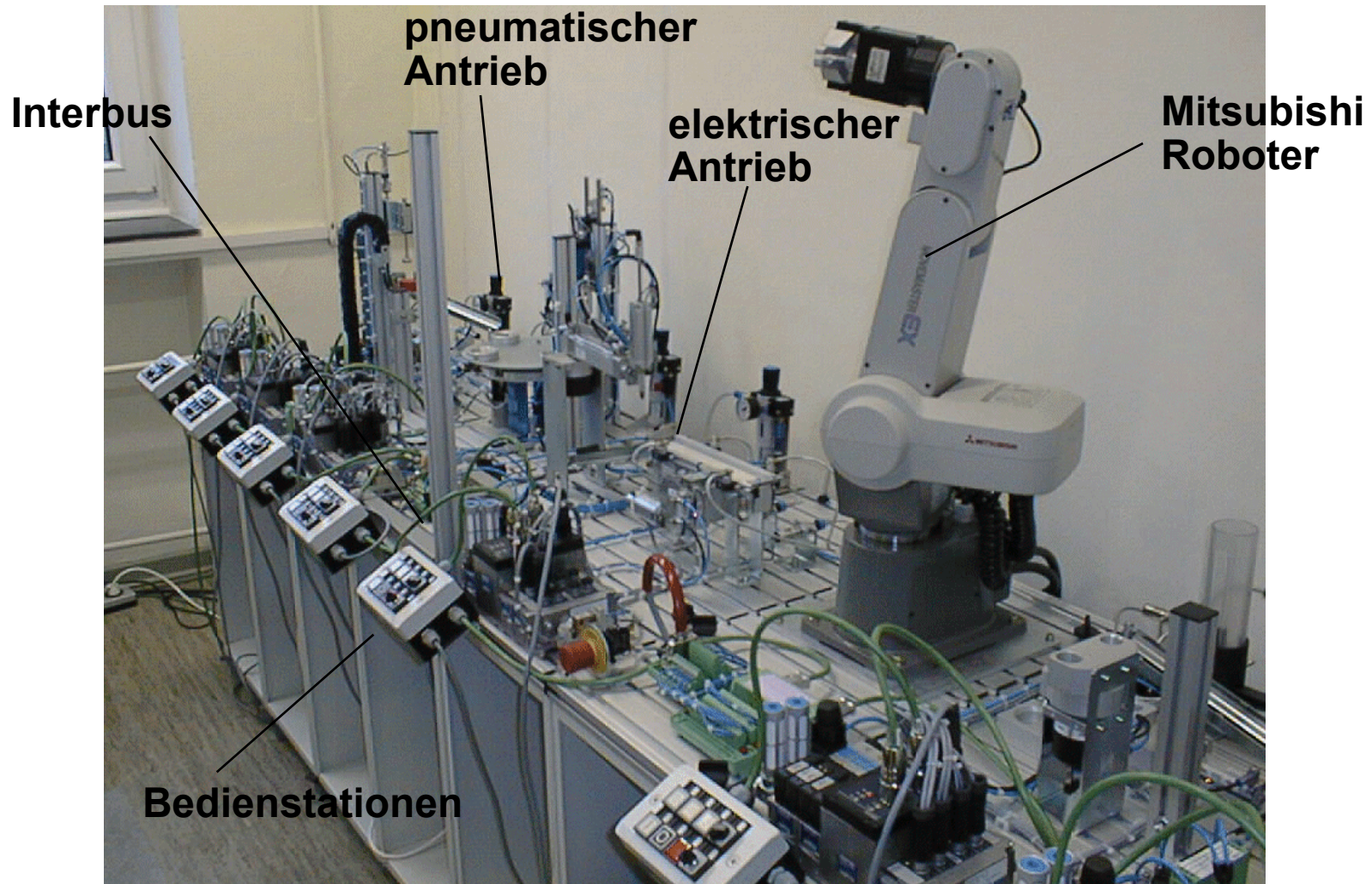


Industrielle Echtzeitsysteme



# Modellanlage eines Echtzeitsystems

(hybride, industrielle Steuerung)



Zur praktischen Vertiefung der Inhalte dieser Vorlesung wird das [Oberstufenlabor Steuerungstechnik](#) im Sommersemester angeboten.

# Gliederung der Vorlesung

1. Allgemeine Einführung
2. Grundlagen Echtzeitsysteme
3. Steuerungssysteme (Industrieroboter, NC, SPS ..)
4. Speicherprogrammierbare Steuerungen (IEC61131-3)
5. Eingebettete Computersysteme
6. Echtzeitbetriebssysteme mit Beispiel Linux/Xenomai
7. Kommunikation in Echtzeit am Beispiel von CAN, Interbus, RTnet und der Echtzeit-Middleware RACK



# Vorlesungsmanskript

Das Folienskript enthält alle Folien der Vorlesung (jeweils die Version zu Beginn des Sommersemesters). In der spezifischen Vorbereitung und Durchführung der Vorlesung können sich **Änderungen** ergeben. Die jeweils aktuellen Folienversionen werden im Internet bereitgestellt.

Die Folien werden ergänzt durch eingestreute Beispiele, die an der Tafel im Dialog mit den Hörern der Vorlesung entwickelt werden. Hierzu müssen **eigene Aufzeichnungen** angefertigt werden.

Gegen Ende des Sommersemesters werden in den Übungen alte **Prüfungsaufgaben** zur individuellen Klausurvorbereitung verteilt.

Aktuelle Informationen, die Folien und die SW-Tools finden sich im Internet in **Stud.IP**:

<http://www.uni-hannover.de/de/studium/elearning/>

# Buchempfehlungen

**Wörn, H. und Brinkschulte, U.: Echtzeitsysteme.  
Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2005**

John, K.-H., Tiegelkamp, M.: SPS Programmierung mit IEC 61131-3.  
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 2009  
*-> in der TIB als pdf-Dokument verfügbar*

Reißenweber, B.: Feldbussysteme zur industriellen Kommunikation.  
Oldenbourg Industrieverlag München 2008

# Termine Sommersemester 2015

Grobe, unverbindliche Planung

Nr.	Termin	Einheiten	Inhalt	Kommentar
1	14.4.	3	1. Einführung und 2. Echtzeitsysteme	Keine Übungen!
2	21.4.	3	3. Steuerungssysteme	Keine Übungen!
3	28.4.	2	4. SPS	
4	5.5.	2	4. SPS	
5	12.5.	2	4. SPS	
6	19.5.	2	4. SPS	
7	26.5.	2	-	Exkursionswoche Pfingsten
8	2.6.	2	5. Eingebettete Computersysteme	
9	9.6.	-	5. Eingebettete Computersysteme	
10	16.6.	2	6. Echtzeitbetriebssysteme	
11	23.6.	2	6. Echtzeitbetriebssysteme	
12	30.6.	2	7. Kommunikation in Echtzeit	
13	7.7.	2	7. Kommunikation in Echtzeit	
14	14.7.	2	Reserve	
15	21.7.	-		Übungen + Klausurvorbereitung – Frau Schulz (3)

Gesamtsumme Vorlesung SS: 14 Einheiten (2 SWS) + 1 Klausuraufgaben (2 SWS)

Die Übungen zur Vorlesung werden von  
Frau **M.Sc. Irina Schulz** gehalten.