

# Verlässliche Echtzeitsysteme

## Überblick Echtzeitsysteme (EZS) in 10 Minuten

**Peter Ulbrich, Peter Wägemann**

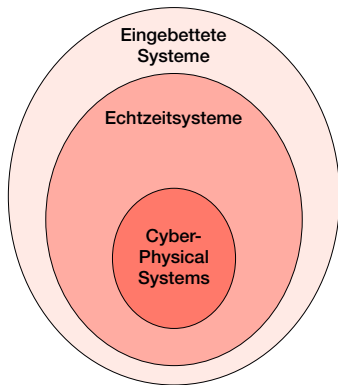
Lehrstuhl für Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

<https://www4.cs.fau.de>

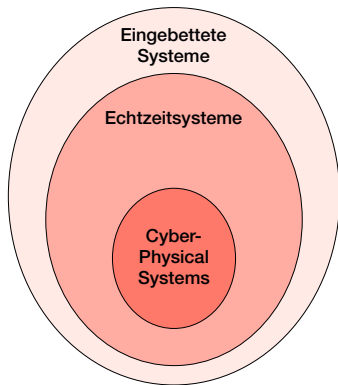


- Berechnungen an *Realzeit* gekoppelt



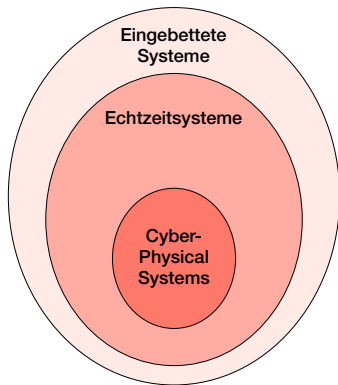
# Was kennzeichnet ein Echtzeitsysteme?

- Berechnungen an *Realzeit* gekoppelt
- Interaktion mit Umgebung
  - Sensorik
  - Aktorik
- Quadrocopter  $\leadsto$  Fluglageregelung



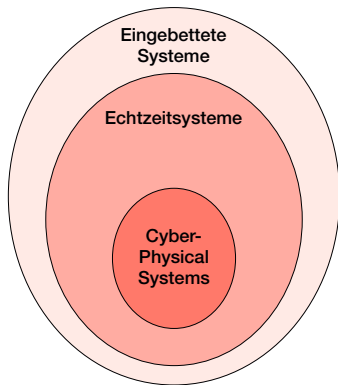
# Was kennzeichnet ein Echtzeitsysteme?

- Berechnungen an *Realzeit* gekoppelt
- Interaktion mit Umgebung
  - Sensorik
  - Aktorik
- Quadrocopter  $\leadsto$  Fluglageregelung
- EZS kennzeichnen sich nicht dadurch, dass sie *besonders schnell* sind



# Was kennzeichnet ein Echtzeitsysteme?

- Berechnungen an *Realzeit* gekoppelt
- Interaktion mit Umgebung
  - Sensorik
  - Aktorik
- Quadrocopter  $\leadsto$  Fluglageregelung
- EZS kennzeichnen sich nicht dadurch, dass sie *besonders schnell* sind
- *Rechtzeitigkeit* ist von Berechnungen entscheidend
  - Harte/feste/weiche Termine



## Welche Parameter hat ein Echtzeitsysteme?

- Einzelne periodische Aufgabe (Engl. task):  $T = (p, e, D)$  (vereinfacht)
  - $p$ : Periode → 9 ms
  - $e$ : maximale Ausführungszeit (Engl. worst-case execution time, WCET) → 1 ms
  - $D$ : relativer Termin (Engl. deadline) → 9 ms



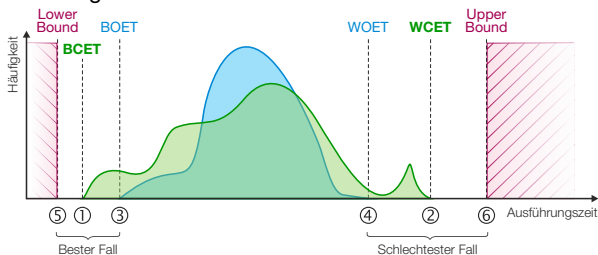
## Welche Parameter hat ein Echtzeitsysteme?

- Einzelne periodische Aufgabe (Engl. task):  $T = (p, e, D)$  (vereinfacht)
  - $p$ : Periode → 9 ms
  - $e$ : maximale Ausführungszeit (Engl. worst-case execution time, WCET) → 1 ms
  - $D$ : relativer Termin (Engl. deadline) → 9 ms
- $p$  und  $D$  aus zu kontrollierendem Objekt



# Welche Parameter hat ein Echtzeitsysteme?

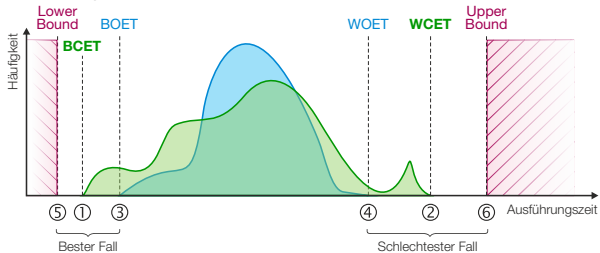
- Einzelne periodische Aufgabe (Engl. task):  $T = (p, e, D)$  (vereinfacht)
  - $p$ : Periode  $\rightarrow 9 \text{ ms}$
  - $e$ : maximale Ausführungszeit (Engl. worst-case execution time, WCET)  $\rightarrow 1 \text{ ms}$
  - $D$ : relativer Termin (Engl. deadline)  $\rightarrow 9 \text{ ms}$
- $p$  und  $D$  aus zu kontrollierendem Objekt
- $e$ 
  - Beispiel Ausführungszeiten





# Welche Parameter hat ein Echtzeitsysteme?

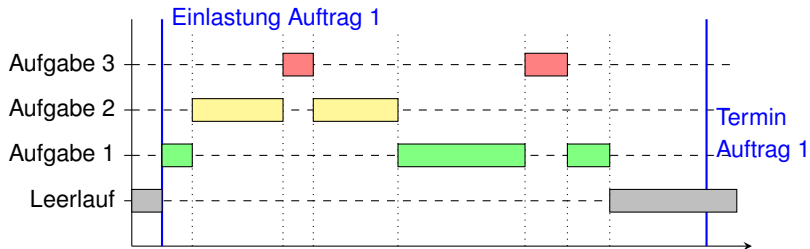
- Einzelne periodische Aufgabe (Engl. task):  $T = (p, e, D)$  (vereinfacht)
  - $p$ : Periode  $\rightarrow 9 \text{ ms}$
  - $e$ : maximale Ausführungszeit (Engl. worst-case execution time, WCET)  $\rightarrow 1 \text{ ms}$
  - $D$ : relativer Termin (Engl. deadline)  $\rightarrow 9 \text{ ms}$
- $p$  und  $D$  aus zu kontrollierendem Objekt
- $e$ 
  - Beispiel Ausführungszeiten



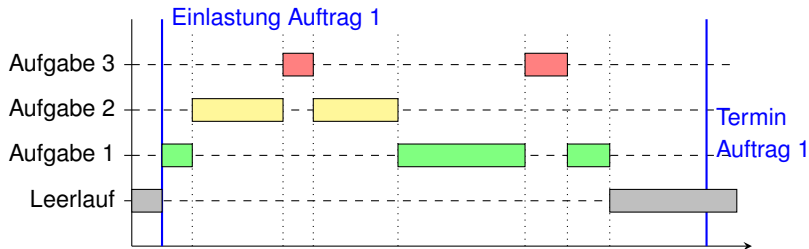
- Bestimmungsmethoden:
  - messbasiert  $\leadsto$  worst-observed execution time, WOET
  - analytisch  $\leadsto$  obere Schranke



# Wie plant man ein Echtzeitsysteme?



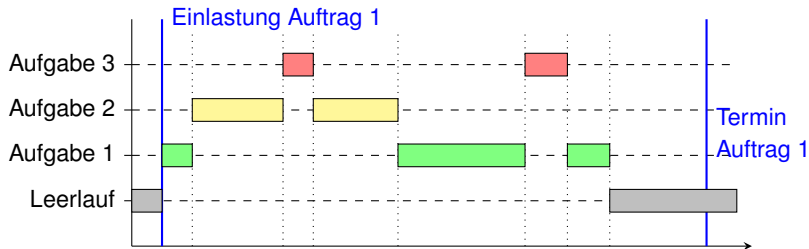
# Wie plant man ein Echtzeitsysteme?



- Dynamische Ablaufplanung
  - Prioritätsorientierter Ablauf, Verdrängung von Aufgaben
  - Analyse der Antwortzeiten (Beginn → Ende eines Auftrags)

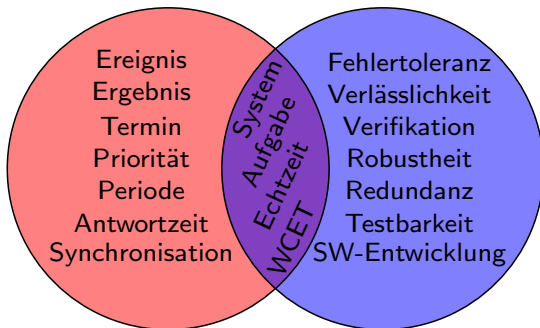


# Wie plant man ein Echtzeitsysteme?



- **Dynamische Ablaufplanung**
  - Prioritätsorientierter Ablauf, Verdrängung von Aufgaben
  - Analyse der Antwortzeiten (Beginn → Ende eines Auftrags)
- **Statische Planung**
  - Ablauftabellen
  - Zeitfenster statisch zugeteilt





## ■ EZS

- Fokus auf *zeitliche Eigenschaften*
- Planbarkeit, Ablaufplanung
- EZS-Architekturen

## ■ VEZS

- Fokus auf *Verlässlichkeit*
- Funktionale Sicherheit
- Robuste, fehlertolerante System
- Verlässliche Entwicklung

## ■ EZS ohne VEZS möglich, und umgekehrt

