Echtzeitsysteme

Ausblick

Lehrstuhl Informatik 4

07. Februar 2013

Gliederung

Vorlesung: Verlässliche Echtzeitsysteme

Nicht mehr die Rechtzeitigkeit, sondern die korrekte Funktion steht im Vordergrund

Echtzeitsysteme sind in der Regel sicherheitskritische Systeme

☞ das Wohlergehen von Leib und Leben hat oberste Priorität

⇝ Fehlfunktionen sind zu vermeiden

Standards & Normen Was schreibt der Gesetzgeber vor?

- Wie muss die Softwareentwicklung aufgebaut sein?
- Was und wie wird begutachtet begutachtet?

⇝ einen „groben Überblick“ vermitteln

Softwarentwicklung ohne „Fehler einzubauen“

- Wie zeigt man die korrekte Funktionsweise von Software?

⇝ statische Analyse, Model Checking, dynamisches Testen, . . .

Fehlertoleranz zur Laufzeit

- Wie geht man mit „Bit-Kippern“ um?

⇝ Fehlertoleranztechniken

Vorlesung: Verlässliche Echtzeitsysteme (Forts.)

Organisatorisches

Vorlesung

Dozent	Fabian Scheler
Wochenstunden	2 Semesterwochenstunden
Raum	01.255-128
Uhrzeit	Montag, 12:15 - 13:45, Start: 15.04.2012

Übung

Dozenten	Martin Hoffmann, Florian Franzmann, Isabella Stilkerich
Wochenstunden	2 + 2 Semesterwochenstunden
Raum und Zeit	siehe UnivIS, nach Vereinbarung

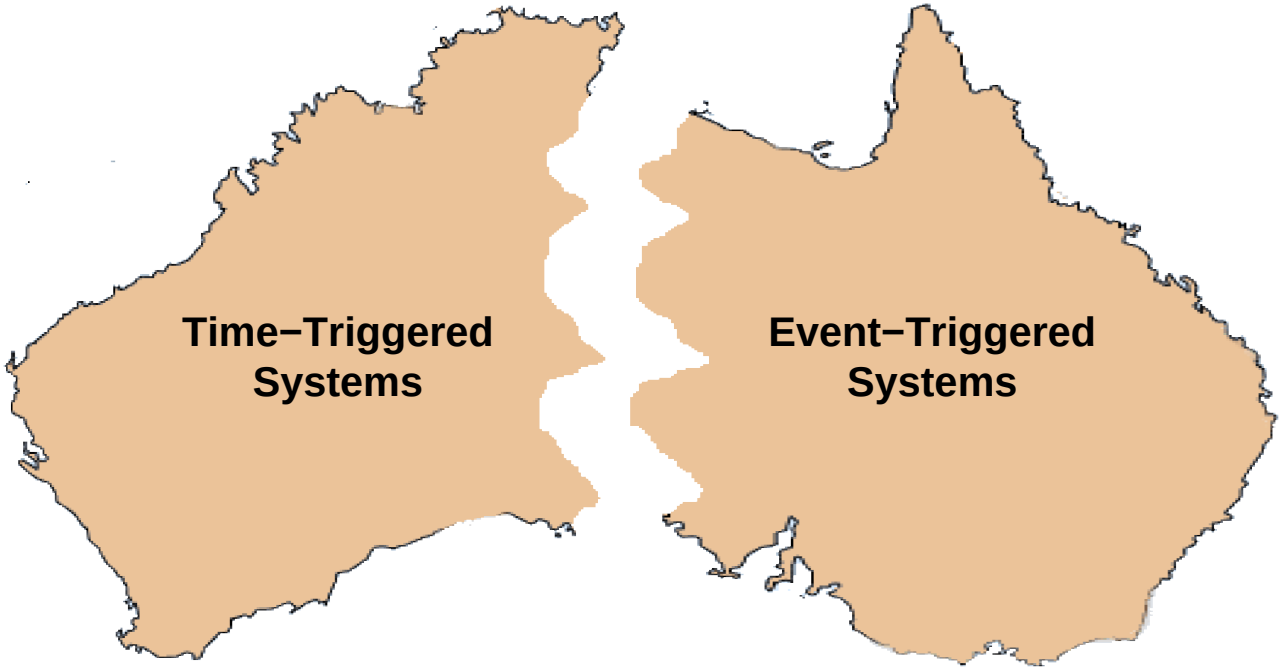
Energiegewahre Systemsoftware

Ausgewählte Kapitel der Systemsoftwaretechnik (AKSS)

Gliederung

Aspektorientierte Echtzeitsystemarchitekturen

Zeit- und ereignisgesteuerte Echtzeitsysteme sind grundverschieden



. . . wenn es um die Implementierung von Abhängigkeiten geht

- implizit sichergestellt
  - statische Ablaufplanung
- explizit sichergestellt
  - Schlossvariablen, Semaphore
  - Nachrichten
  - . . .

Aspektorientierte Echtzeitsystemarchitekturen (Forts.)

☞ Das hat auch Auswirkungen auf die Implementierung von Echtzeitanwendungen!

Fadenabstraktion

- taktgesteuerte Systemen: einfach Ereignisbehandlungen
- vorranggesteuerte Systemen: komplexe Ereignisbehandlungen

Portabilität

- Fadenabstraktionen sind mit der Anwendung verwoben
- Fäden ...
  - sperren Schlossvariablen
  - versenden Nachrichten
  - warten auf Signale anderer Fäden
- oder laufen einfach nur durch (engl. *run-to-completion*)

☞ Portierung zwischen Takt-/Vorrangsteuerung ist sehr schwierig!

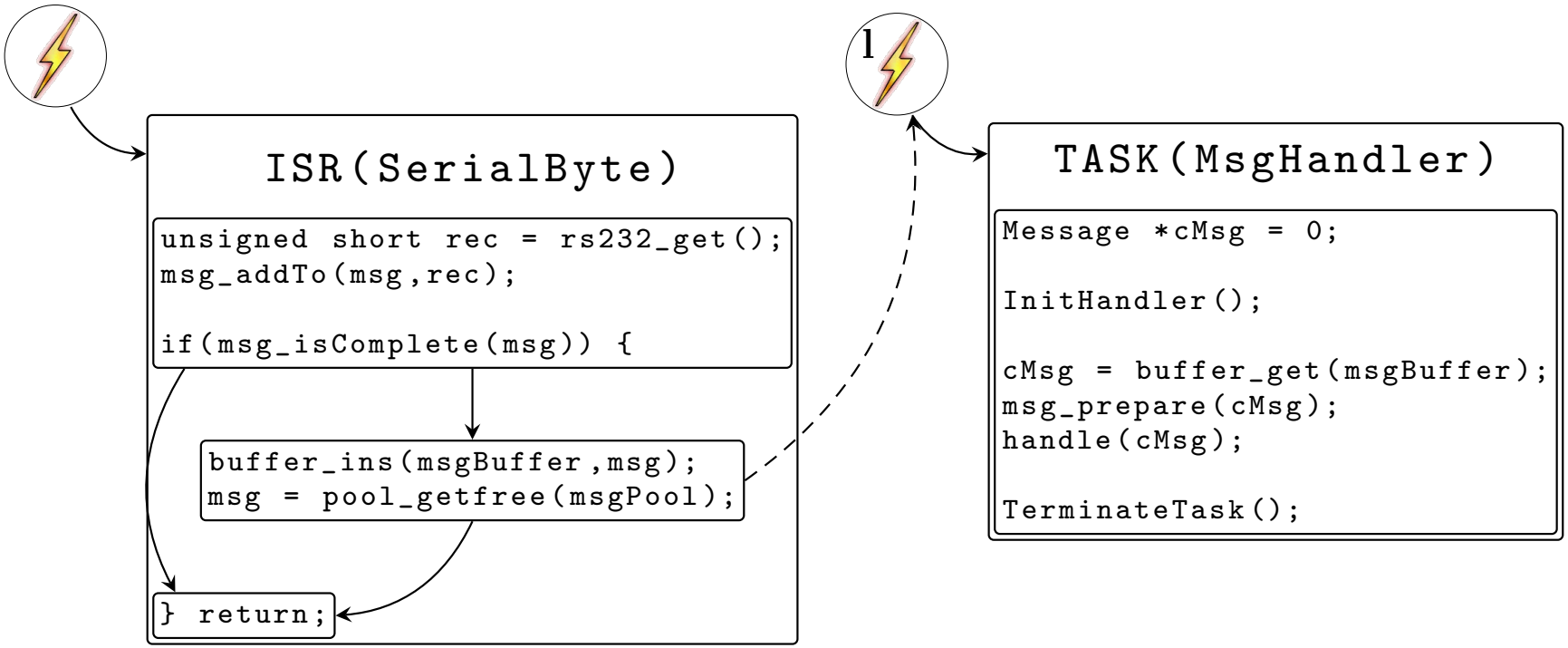
Atomic Basic Blocks (ABBs)

☞ Lösungsidee: Abstrahiere von den Eigenheiten dieser Echtzeitsystemarchitekturen

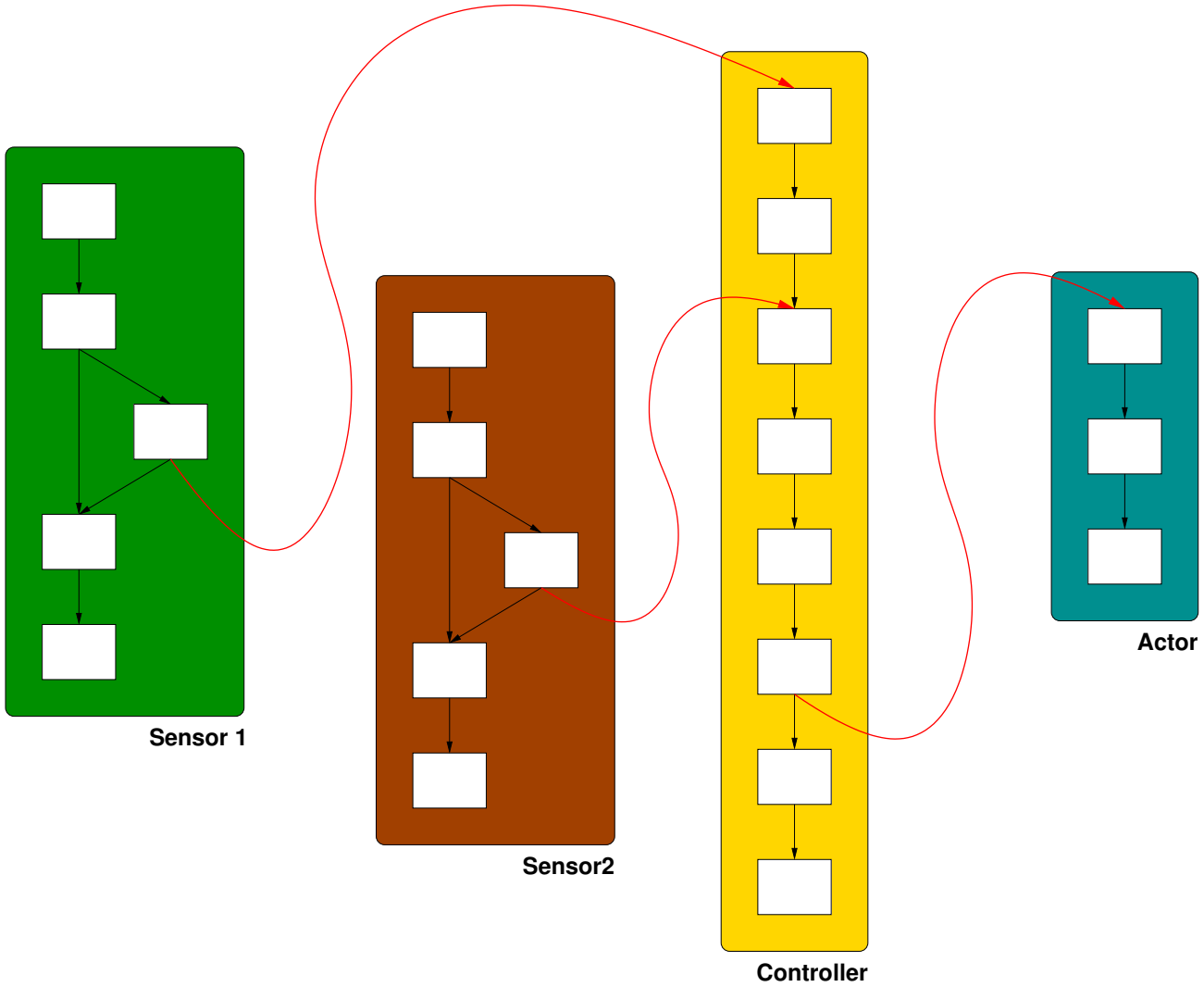
- stelle Abhängigkeiten unabhängig von der Fadenabstraktion dar
- Abbildung auf
  - taktgesteuerte Systeme oder
  - vorranggesteuerte Systeme
- Grundlage: Basisblöcke eines CFGs $\rightsquigarrow$ Atomic Basic Blocks
  - mehrere Grundblöcke werden zu einem ABB zusammengefasst
    - „Basic Blocks“ ist der erste Namensteil
  - Abghängigkeiten verbinden ABBs $\rightsquigarrow$ ABB-Graphen
    - Datenabhängigkeiten, gerichtete und ungerichtete Abhängigkeiten
    - prinzipiell mithilfe der Echtzeitsystemarchitektur implementiert
  - ABB-Graphen überspannen mehrere Kontrollflüsse
  - im ABB: keine Abhängigkeiten zu anderen Kontrollflüssen
    - das macht sie aus Sicht anderer Kontrollflüsse „atomar“

    $\rightsquigarrow$ das ist der zweite Teil des Namens

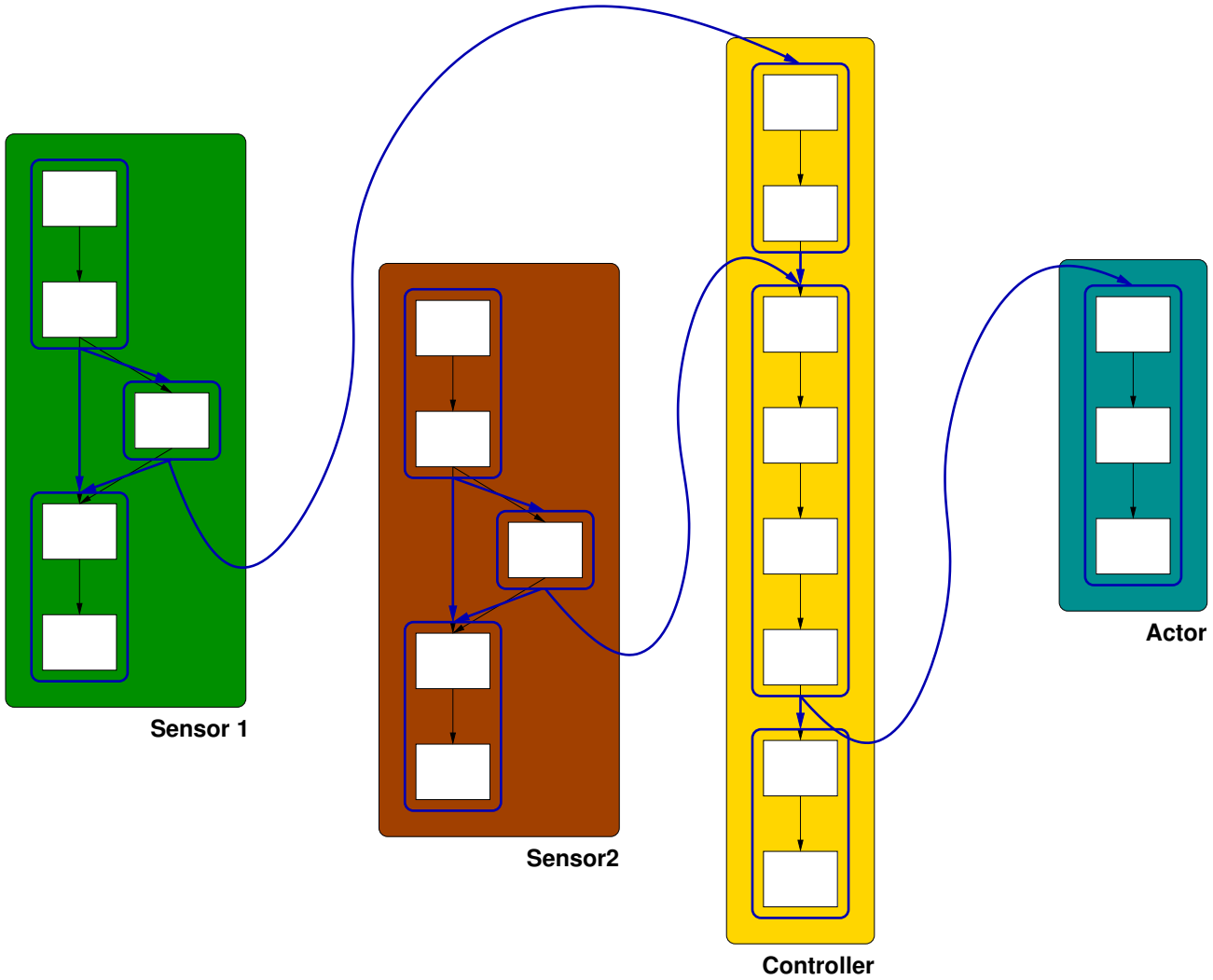
Atomic Basic Blocks (ABBs) — Beispiel



Atomic Basic Blocks (ABBs) — noch ein Beispiel



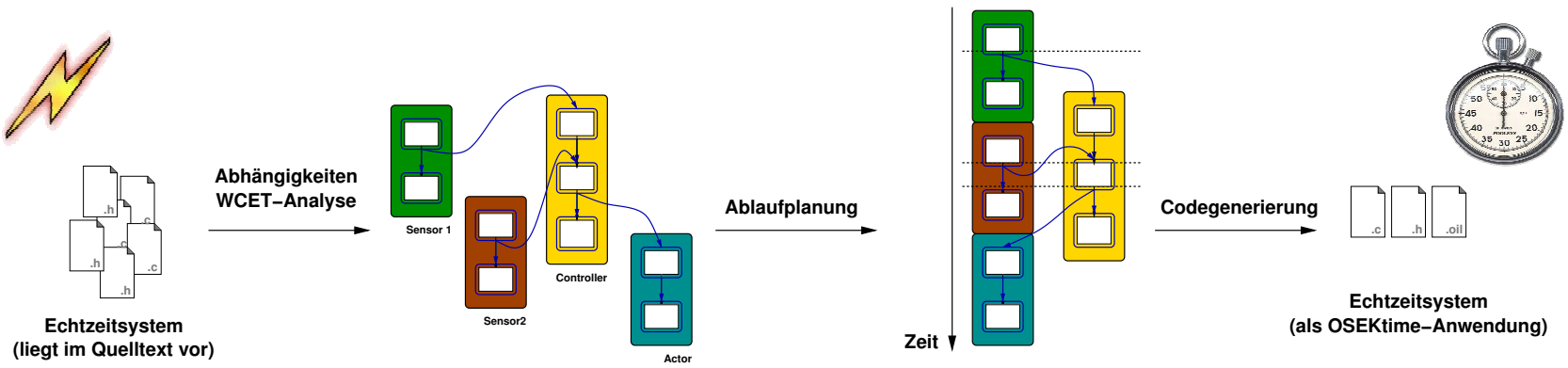
Atomic Basic Blocks (ABBs) — noch ein Beispiel



Der Real-Time Systems Compiler (RTSC)

- betriebssystemgewahrer Übersetzer
- vermittelt zwischen zeit- und ereignisgesteuerten Systemen
  - und verwendet dabei ABBs als Zwischendarstellung
- basiert auf der LLVM (Low-Level Virtual Machine)
- Gliederung wie in klassischen Compilern

Front-End	Abhängigkeitsgraph erzeugen, WCET-Analyse
Middle-End	Transformationen des ABB-Graphen, Ablaufplanung
Back-End	Codegenerierung für ein bestimmtes Betriebssystem



Forschungsziele im AORTA-Projekt

Echtzeitbetriebssysteme — Wie sieht die „perfekte“ Schnittstelle aus?

- Semaphor, Mutex, Messages, Flags, Events, ... $\rightsquigarrow$ riesige Auswahl
  - jedes Betriebssystem bringt seine ganz spezielle Lösung mit
- Welche Abhängigkeiten implementiert man eigentlich damit?
  - Welche Eigenschaften haben die erzeugten Abhängigkeiten?

Ereignisgesteuerte Systeme als Zielplattform — der Weg zurück

- bisher werden nur zeitgesteuerte Zielsysteme unterstützt

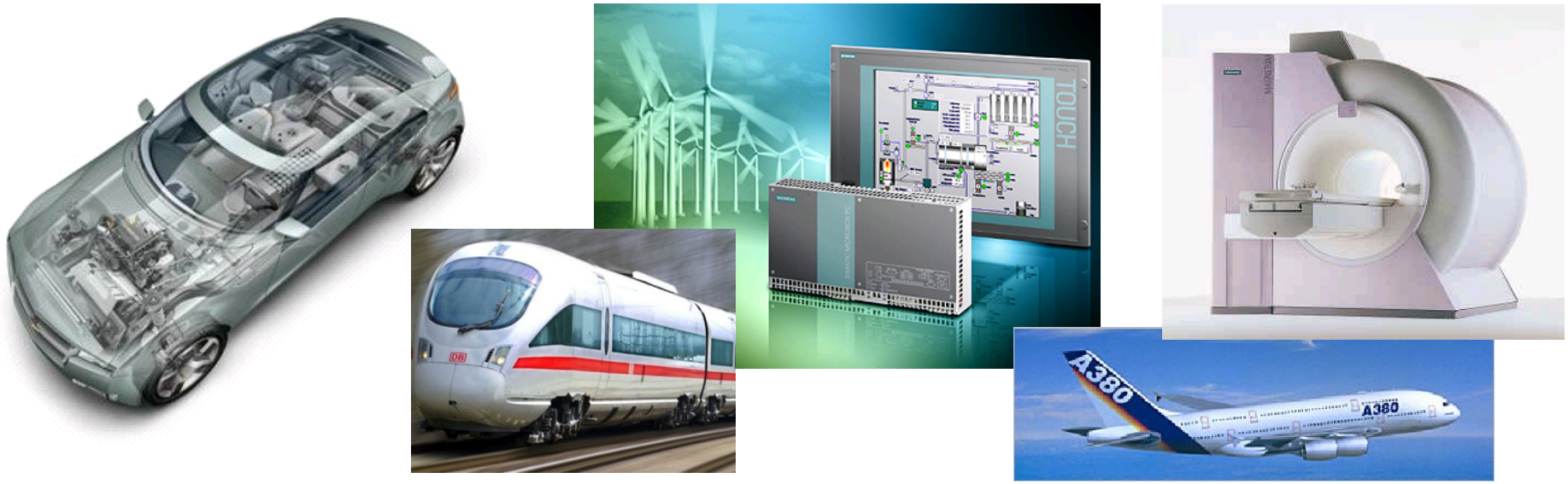
Verteilte Systeme bzw. Mehrkernsysteme statt Monoprozessoren

- Verteilung/Ablaufplanung auf mehreren Rechenknoten/-kernen
- Behandlung des Kommunikationssystems

Optimierung übergeordneter Eigenschaften

- z.B. Blockadezeiten durch blockierende Synchronisation

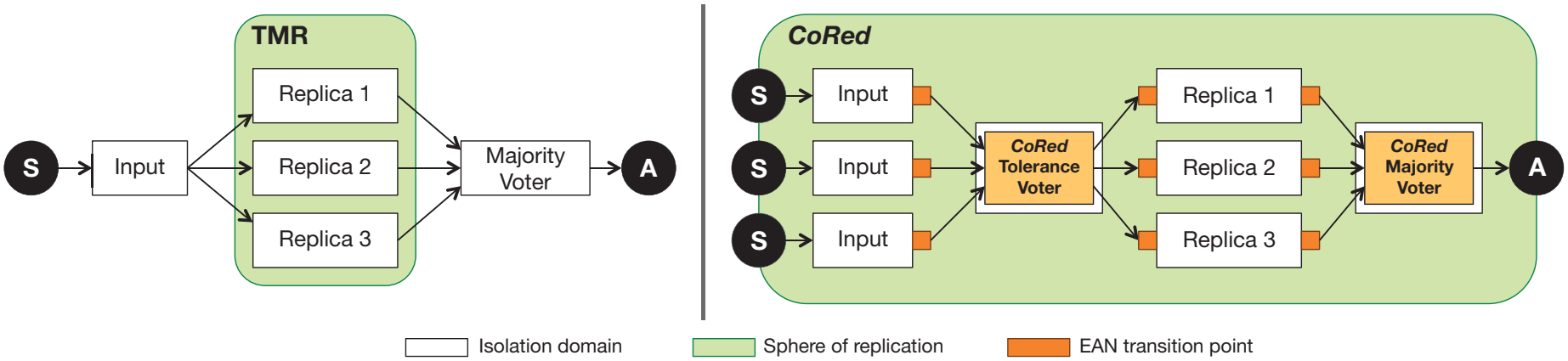
Verlässliche eingebettete Systeme



Problem: **Moderne Hardware wird immer unzuverlässiger**

- ⇝ Transiente Hardwarefehler (Bitkipper)
- ⇝ In sicherheitskritischen Anwendungen nicht tolerierbar

Verlässliche eingebettete Systeme



CoRed

- Absicherung auf der Ebene der Anwendung
- Selektiver Schutz sicherheitskritischer Anwendungsteile

DanceOS

- Absicherung auf der Ebene des Betriebssystems
- Gezielte Absicherung kritischer Datenstrukturen und Operationen

Die „perfekte RTOS-Schnittstelle“

Ausgangspunkt Schnittstellen verschiedener Echtzeitbetriebssysteme

- POSIX (QNX, VxWorks, . . .), eCos, Windows CE, AUTOSAR, . . .

Fokus: Kontrollflussabstraktion $\rightsquigarrow$ Fäden, Unterbrechungen, . . .

- Welche Kontrollflussabstraktionen werden angeboten?
- Wie werden sie aktiviert, wie implementieren sie Abhängigkeiten?
  - gerichtete/ungerichtete, synchrone/asynchrone Aufrufsemantik
  - Welche Informationen werden übertragen — Daten, Zeit, Signale

Ergebnis ist eine Studie:

- Welche Abhängigkeiten kann man überall implementieren?
- Gibt es Abhängigkeiten, die nicht implementiert werden können?
- Sind die Schnittstellen orthogonal oder gibt es mehrere Möglichkeiten diesselbe Abhängigkeit zu implementieren?

☞ Untermauernde Experimente/Beispiele sind wünschenswert!

RTSC: Next Generation RTSC

- ABBs im RTSC: Aggregation von Basisblöcken
  - implementiert als Menge von Zeigern

$\rightsquigarrow$ Problem: passt nicht so ganz zu Übersetzern

- Annahme: jede Analyse kann bei Bedarf neu berechnet werden
  - notwendig Information steckt ja im Quellcode :-)

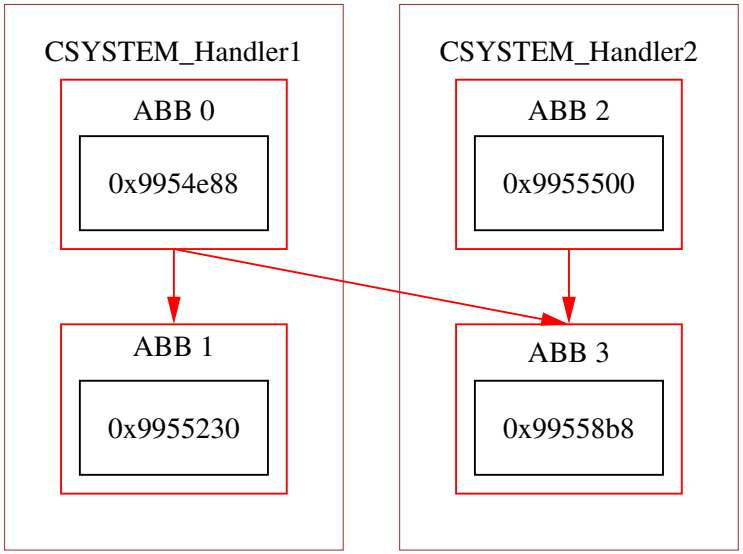
$\rightsquigarrow$ bei ABBs ist das aber nicht der Fall :-(

- ABBs müssen immer manuell aktualisiert werden
- zyklische Abfolgen von Transformationen sind nicht möglich
- ...

$\rightsquigarrow$ Lösung: packe ABBs in den Quelltext :-)

- implementiert als Aufrufe von *Magic Functions*
- *Magic Functions* sind keine echten Funktionen
- werden aber vom RTSC interpretiert

RTSC: Next Generation RTSC (Forts.)




```
def void @CSYSTEM_Handler1() {
  entry:
  call void RTSC_ABB_begin(0)
  ...
  call void RTSC_ABB_succ(1)
  call void RTSC_ABB_succ(3)
  call void RTSC_ABB_end(0)
  split:
  call void RTSC_ABB_begin(1)
  ...
  call void RTSC_ABB_end(1)
  ret void
}
```

Zuverlässigkeit nachweisen

Fehlerraumanalyse

- Welche Bitkipper wirken sich wirklich aus?
- Einschränkung des möglichen Fehlerraums

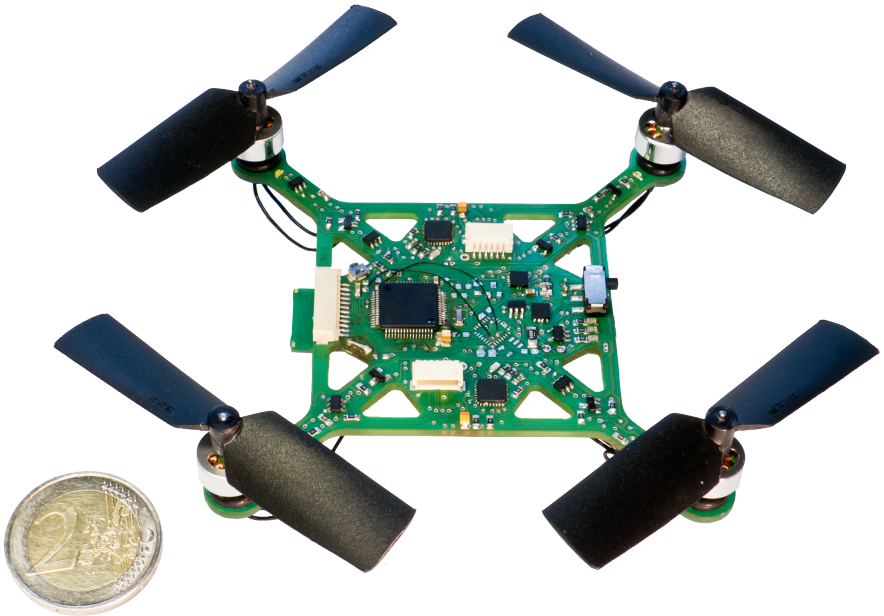
Zuverlässigkeitsanalyse mittels symbolischer Ausführung

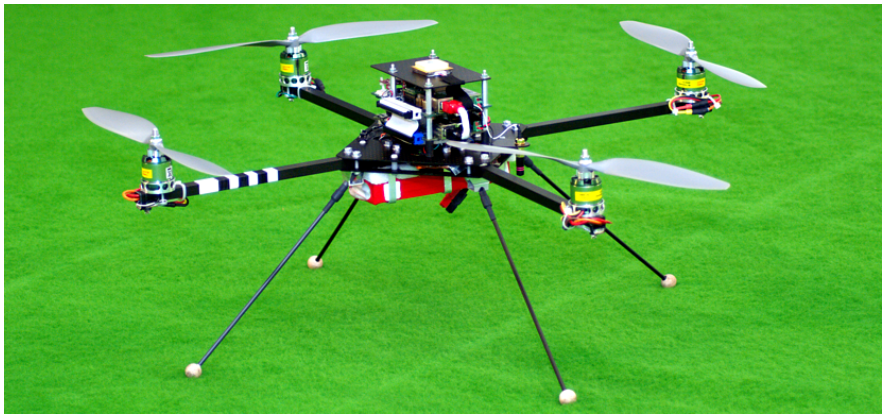
- Mathematischer Nachweis ist schwierig und wenig praxisrelevant
- Stattdessen: Nutzung neuer Techniken wie der *symbolischen Ausführung*

Fehlerinjektion im realen/virtuellen System

- Zuverlässigkeitsanalyse hat ihre Grenzen
- Experimentelle Fehlerinjektion

Zuverlässigkeit implementieren





Weitere Themen

- Sind im Umfeld von DanceOS/CoRed/AORTA möglich
- Auch für Projektarbeiten (z.B., Masterprojekt)

Studien-/Diplom-/Bachelor-/Master- . . . Doktorarbeiten

Forschungs- und Entwicklungsprojekte: Universität, Forschungseinrichtungen, Industrie

weitere Themen im Internet/UnivIS:
`http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Theses/`