

Mobilitätsaspekte Cyber-Physischer Systeme

Mario Haustein¹, Matthias Werner¹ und Jan Richling²

¹ Betriebssysteme, TU Chemnitz

² Kommunikation und Betriebssysteme, TU Berlin

8. November 2012



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Motivation

Geschichte der prozessorgestützten Technologisierung . . .

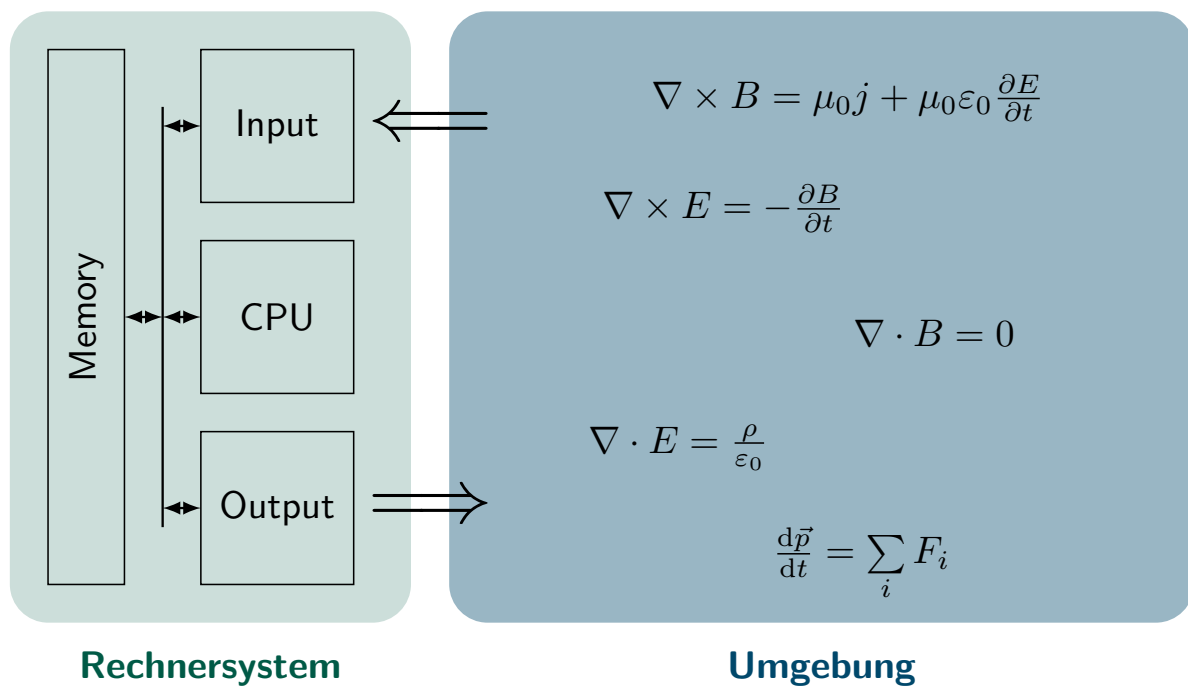
- ▶ Hardware
 - ▶ Zunehmende Integration und Leistungssteigerung
 - ▶ Wandlung von reinen Datenverarbeitungs- hin zu Steuerungs- und Regelungsaufgaben
 - ▶ Starke Verzahnung von Rechnersystemen mit der physischen Umwelt⇒ cyber-physischer Systeme

- ▶ Software
 - ▶ Ständige Anpassung an Hardware.
 - ▶ Konzepte seit den 1960er Jahren weitgehend erhalten.

Frage

- ▶ Sind klassische Betriebssystemkonzepte noch geeignet?
- ▶ Wie sind Sie zu interpretieren?

Das klassische Computersystem



Das klassische Computersystem

Eigenschaften

- ▶ Deckt eingebettete Systeme und Echtzeitsysteme ab.
- ▶ Wohldefinierte Schnittstellen zwischen Rechner und Umgebung.

Rechner

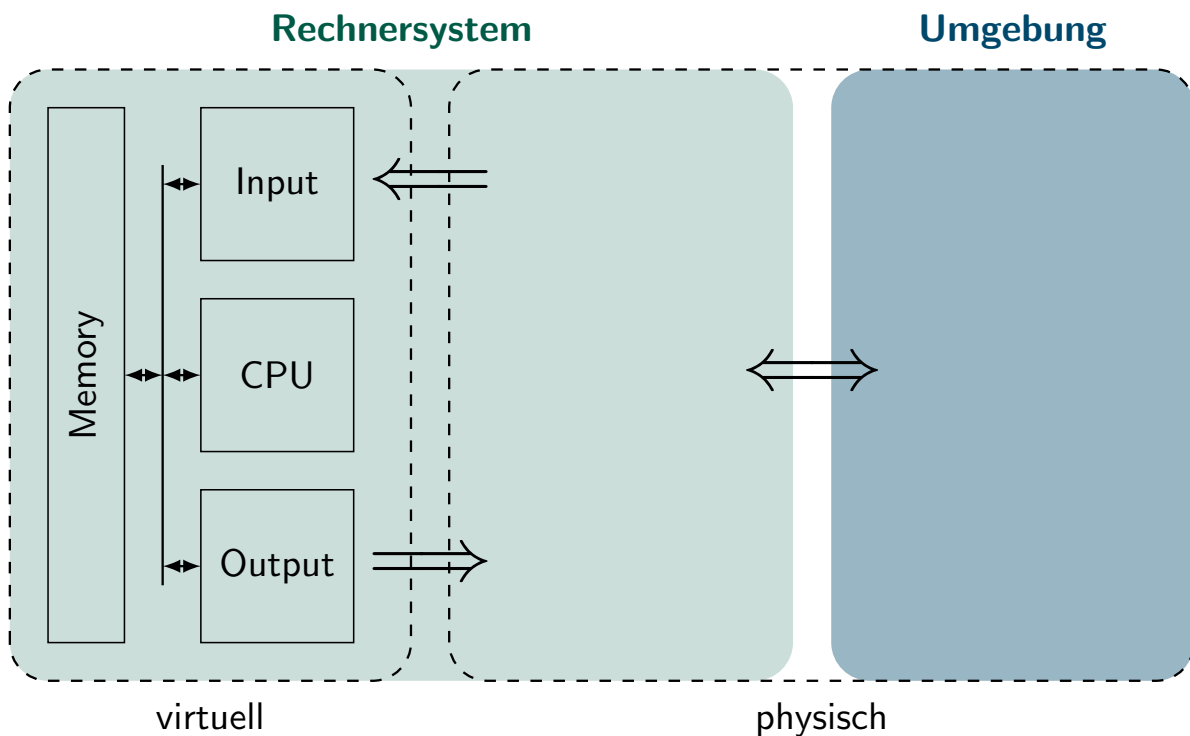
- ▶ (weitgehend) zeitlos
- ▶ sequentiell
- ▶ diskret, digital
- ▶ Datentransformation

Umgebung

- ▶ zeitbehaftet
- ▶ intrinsisch nebenläufig
- ▶ kontinuierlich, analog
- ▶ Kausalität, Wechselwirkung

Cyber-Physischer Systeme

- ▶ CPS \implies Erweiterung des Rechnersystem auf die physische Umwelt.



Cyber-Physischer Systeme

Eigenschaften / Vergleichbare Ansätze

- ▶ Grenze zwischen Rechner und Umgebung ist fließend.
- ▶ Physische Elemente können Rechnerfunktionen übernehmen
 - ▶ Prozessor
 - ▶ (Zustands)Speicher
 - ▶ Kommunikation
 - ▶ ...
- ▶ Vergleichbare Ansätze
 - ▶ Hybrid- bzw. Analogrechner
 - ▶ Regelungstechnik

\implies Gemeinsamkeiten

- ▶ Statische Kausalitätsbeziehungen zwischen den physischen Rechnerkomponenten
- ▶ Keine bis geringe Mobilität

Erweiterungen

- ▶ Dynamische Wirkbeziehungen zwischen Elementen der physischen Welt.
- ▶ Physische Komponenten können Fähigkeiten aggregieren.
- ▶ Komplexerer Aktionsraum.

Einschränkungen

- ▶ Physische Umwelt \implies Mechanik

Frage

Is the conceptual boundary between the operating system and the programming language (a boundary established in the 1960's) still the right one? **It would be truly amazing if it were.**^a

^a„Cyber-Physical Systems - Are Computing Foundations Adequate?“, E. A. Lee, 2006

Andere Sichtweise

Annahme, die Antwort lautet „ja“ \implies Heutige BS-Konzepte auf Anwendbarkeit untersuchen.

Betrachten einzelne Konzepte/Bereiche:

- ▶ Prozess
- ▶ Kontext/Speicher
- ▶ Scheduling
- ▶ Interprozesskommunikation
- ▶ Ein-/Ausgabe
- ▶ Namensdienst

Prozess

- ▶ **Klassisches BS:**
 - ▶ Virtualisierung des Prozessors
 - ▶ Ressourcencontainer
 - ▶ evtl. Schutzkonzept
- ▶ **Wesentliche Eigenschaft:** Ausführungsstrom
- ▶ **CPS:**
 - ▶ Ausführung kann *auch* auf physischen Elementen stattfinden
 - ⇒ Special-Purpose Prozessor
 - ⇒ Wechsel der Ausführungseinheit (Migration)
 - ▶ Verhaltensbeschreibung statt Programmcode
 - ▶ Nichtmobilität ⇒ Verhalten zwischen Prozessen
 - ▶ Mobilität ⇒ Verhalten zwischen Prozess und Umwelt
 - ▶ kein Schutz

- ▶ **Klassisches BS:**
 - ▶ (CPU-)Zustand für Prozess
 - ▶ Im Hauptspeicher hinterlegt
 - ▶ Unterstützung für Scheduling
 - ▶ Virtualisiert
 - ▶ Speicher i.d.R. mit wahlfreiem Zugriff

- ▶ **Wesentliche Eigenschaft:** Zustand

- ▶ **CPS:**
 - ▶ Noch stärkere Virtualisierung
 - ▶ Physische Zustandsgrößen können Teil des Kontextes sein

⇒ Wiedergewinnung kann teilweise über Ein-/Ausgabe ablaufen

⇒ Kontext kann durch Wechselwirkungen migrieren.

⇒ Kontext kann sich Umwelteinflüsse verändern.

⇒ unscharf

 - ▶ Prognose anhand Verhaltensbeschreibung hilfreich.

Scheduling

- ▶ **Klassisches BS:**
 - ▶ Ressourcenverwaltung der CPU
 - ▶ In Echtzeitsystemen: zyklisches Taskmodell

- ▶ **Wesentliche Eigenschaft:** Aktivitätsplanung

- ▶ **CPS:**
 - ▶ Aktive(!) Prozesse auch außerhalb der CPU
 - ▶ Verteiltes Raum-Zeit-Scheduling
 - ▶ Keine beliebige Abbildung von Prozess auf Prozessor
 - ▶ Entscheidung welche Prozesse überhaupt aktiviert werden sollen (Makro-Scheduling)
 - ▶ Zusätzlich in mobilen System: Scheduling-Ziel erst durch Aktivierung von Hilfsprozessen erreichbar.

⇒ Scheduling hat funktionalen Aspekt

- ▶ **Klassisches BS:**
 - ▶ Koordination (Synchronisation), Kommunikation, Kooperation
 - ▶ Sicherstellung exklusiven Zugriffs durch Warten
- ▶ **Wesentliche Eigenschaft:** Gesteuerte Wechselwirkung
- ▶ **CPS:**
 - ▶ Repräsentiert Wechselwirkungen zwischen Prozessen
 - ▶ Koordination kann Umgebung nutzen
 - ▶ Ggf. Raum-Zeit-Tradeoff

Ein-/Ausgabe

- ▶ **Klassisches BS:**
 - ▶ Grenze zwischen Prozessor und Außenwelt
 - ▶ Mittel für Persistenz
 - ▶ Datei als Ein-/Ausgabestrom
- ▶ **Wesentliche Eigenschaft:** Interface zum Nicht-System
- ▶ **CPS:**
 - ▶ (Stärkere) Virtualisierung der E/A
 - ⇒ Umwelt kann nur indirekt manipuliert werden.
 - ▶ System-E/A ist *jenseits* der Rechner-E/A
 - ▶ Wie soll diese Schnittstelle aussehen?
 - ⇒ Klassische E/A wird zu IPC
 - ▶ Nichtmobilität ⇒ Adressierung auf Prozessebene
 - ▶ Mobilität ⇒ Adressierung zusätzlich an Raum und Zeit gebunden
 - ▶ IPC-Kanäle stellen ggf. Einschränkung für's Scheduling dar.

Namensdienst

- ▶ **Klassisches BS:**
 - ▶ Auf welche (Speicher-)Objekte kann wie zugegriffen werden
 - ▶ Abstraktion von Adressen

- ▶ **Wesentliche Eigenschaft:** Zusicherung von Transparenz

- ▶ **CPS:**
 - ▶ Namensdienst für physische Objekte
 - ⇒ Tracking als Systemdienst
 - ⇒ Sollte ggf. durch Prognose-Dienst unterstützt werden
 - ▶ Einbeziehung von E/A

Fazit

- ▶ Abbildung bestehender BS-Konzepte auf CPS ist denkbar.
- ▶ Beschreibung von Wechselwirkungen zwischen einzelnen Komponenten reicht im mobilen Fall nicht aus.

- ▶ Allerdings
 - ▶ Wie handhabbar ist ein solches CPS-Betriebssystem am Ende?
 - ▶ Wird es eine Interpretation für alle Facetten von CPS geben?