ISE SRA

Leibniz Universität Hannover

Fachgebiet System- und Rechnerarchitektur

Lehre und Forschung in der systemnahen Informatik

Prof. Dr.-Ing. habil. Daniel Lohmann

Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Brehm

23.10.2018

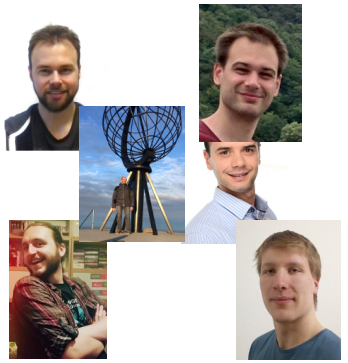
Wer wir sind

Prof. Dr.-Ing. habil. Daniel Lohmann
lohmann@sra.uni-hannover.de

Betriebssysteme

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Brehm
brehm@sra.uni-hannover.de

Rechnerarchitektur

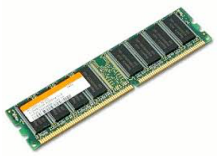


Dr.-Ing. Christian Dietrich
brehm@sra.uni-hannover.de

Compilerbau

Systemnahe Informatik

[Problem]
Hochsprache
⇑
semantische Lücke
⇓
CPU-Steuerinformationen
[Ausführung]



- Informatisches Urproblem:
  Schließen der Semantischen Lücke
- Komplexitätsreduktion durch Hierarchie
  - *Divide et impera* – Teile und herrsche
  - Hierarchisch angeordnete virtuelle Maschinen
  - Problem schrittweise in einfachere Darstellungen bis auf die reale Maschine herunterbrechen.
- Top-Down vs. Bottom-Up
  - Top-Down: Vom Problem zur Lösung
  - Bottom-Up: Erschaffen von Lösungsräumen

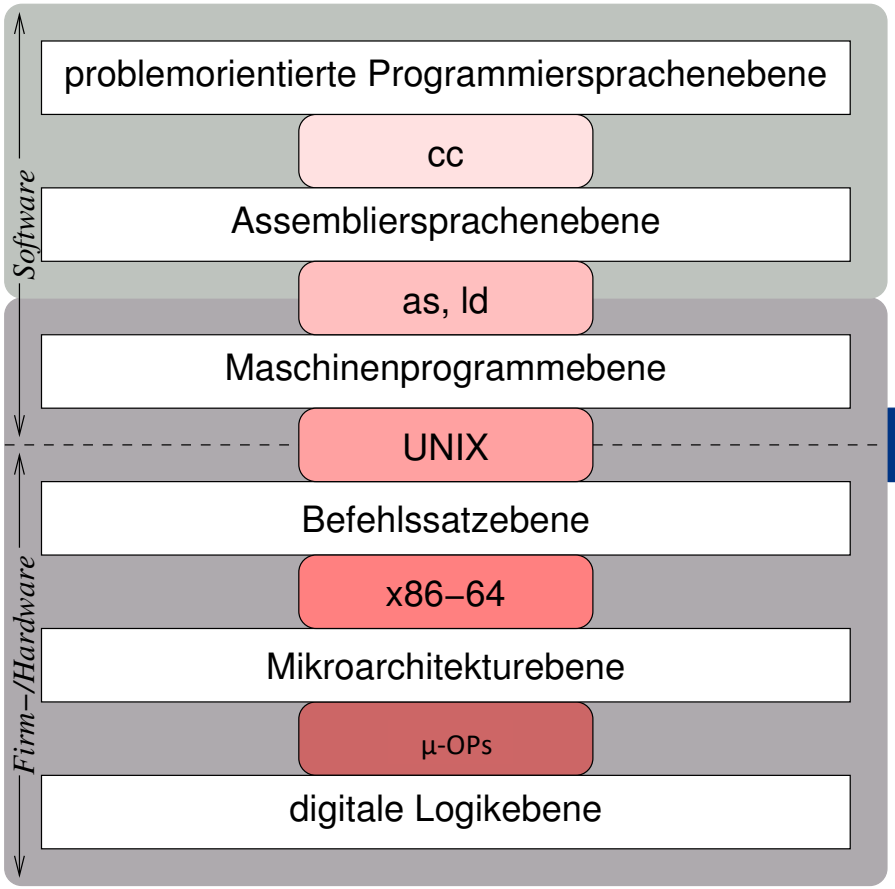
→ Systeminfrastruktur

Modell: Hierarchie virtueller Maschinen

Ebene		
n	virtuelle Maschine M_n mit Maschinensprache S_n	Programme in S_n werden von einem auf einer tieferen Maschine laufenden Interpreter gedeutet oder in Programme tieferer Maschinen übersetzt
⋮	⋮	⋮
2	virtuelle Maschine M_2 mit Maschinensprache S_2	Programme in S_2 werden von einem auf M_1 bzw. M_0 laufenden Interpreter gedeutet oder nach S_1 bzw. S_0 übersetzt
1	virtuelle Maschine M_1 mit Maschinensprache S_1	Programme in S_1 werden von einem auf M_0 laufenden Interpreter gedeutet oder nach S_0 übersetzt
0	reale Maschine M_0 mit Maschinensprache S_0	Programme in S_0 werden direkt von der Hardware ausgeführt

Angelehnt an: Tanenbaum, „Structured Computer Organization“

Beispiel: Arbeitsplatzrechner



Übersetzung (Kompilierer)
[Speicherbereinigung]

Übersetzung (Assemblierer)
Bindung (Binder)

Teilinterpretation (Betriebssystem)

Interpretation (Mikroprogramm)

Ausführung

Angelehnt an: Tanenbaum, „Structured Computer Organization“

„Muss ich das wirklich im Detail wissen?“

Ein kleines Beispiel: Aufsummieren einer Matrix

Mathematik

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \qquad sum(\mathbf{A}) = \sum_{\substack{1 \le i \le m \\ 1 \le j \le n}} a_{ij}$$

Welche Lösung ist besser?

Informatik (Hochsprache)

```
int sum = 0;
for (int j = 0; j < N; ++j) {        // Erst Spalten, dann Zeilen
  for (int i = 0; i < M; ++i) {
    sum += matrix[i][j];
  }
}
```

Gibt es überhaupt einen Unterschied?

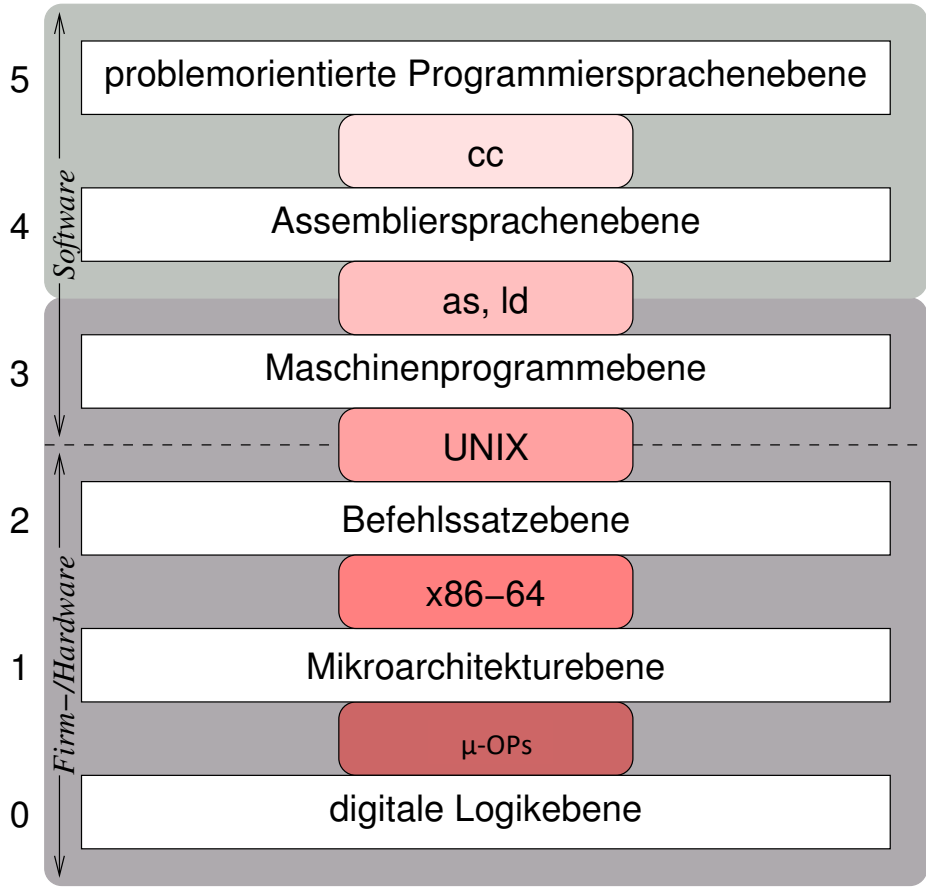
Informatik (Hochsprache, alternative Implementierung)

```
int sum = 0;
for (int i = 0; i < M; ++i) {        // Erst Zeilen, dann Spalten
  for (int j = 0; j < N; ++j) {
    sum += matrix[i][j];
  }
}
```

Lessons Learned

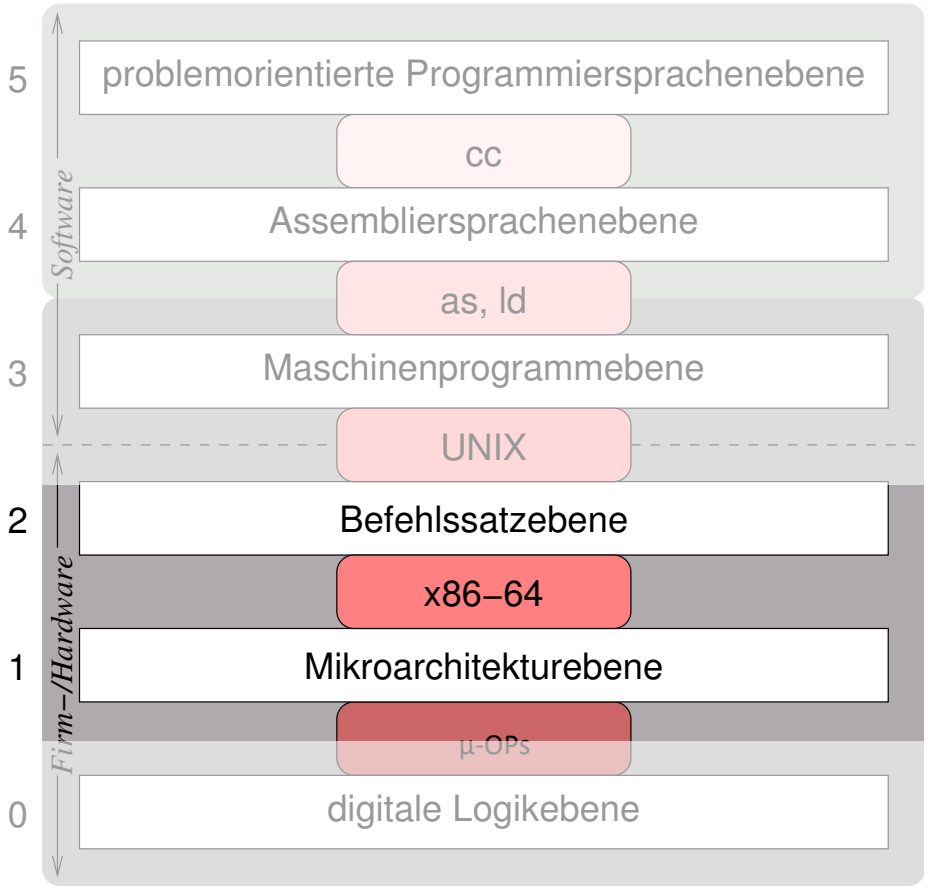
- **Funktional** sind beide Lösungen identisch
  - Wegen der Kommutativität der Addition sind beide Verfahren korrekt
- **Nichtfunktional** zeigen sich erhebliche Unterschiede
  - Spaltenweise Bearbeitung bis zu **Faktor 10** langsamer
- Die Ursache findet sich in den tieferen Schichten!
  - Wie organisiert der Compiler das Feld im Speicher? Wie den Zugriff?
  - Wie stellt das Betriebssystem Speicher bereit?
  - Wie läuft der Speicherzugriff auf der Hardware ab?
- Wissen, was dahinter steckt!

Top-Down/Bottom Up: Lehrveranstaltungen BA



Top-Down/Bottom Up: Lehrveranstaltungen BA

Bereich Rechnerarchitektur



5./7.

2.

GRA – Grundlagen der Rechnerarchitektur

- Pflichtveranstaltung im 2. Semester, 2V+2Ü, 5 LP

- Thema: Grundlagen der Rechnerarchitektur
  - Grundsätzliches: Wie ist ein Prozessor aufgebaut und wie funktioniert er eigentlich?
  - Konkretes: Am Beispiel der minimalistischen Architektur Minimax
  - Kapitel: Historie, Systematik, Informationstheoretische Grundbegriffe, Codierung, Automaten, HW/SW-Interface, Maschinensprache, von-Neumann-Rechner, Speichersystem, Ausführungseinheit , Steuereinheit, Pipeline (Grundlagen), Performance, Ein- und Ausgabe

- Vorlesung: Verstehen der Konzepte und Prinzipien

- Übung: Vertiefen der Vorlesungsthemen anhand von Übungsaufgaben mit Bezug zur Vorlesung

RS – Rechnerstrukturen

- Wahlpflichtveranstaltung im 5. oder 7. Semester, 2V+2Ü, 5 LP

- Thema: Rechnerarchitektur und Multiprozessoren (Advanced Computer Architecture)
  - Grundsätzliches: Wie ist ein moderner Mikroprozessor aufgebaut und welche Möglichkeiten der Leistungssteigerung gibt es?
  - Konkretes: Fallstudien

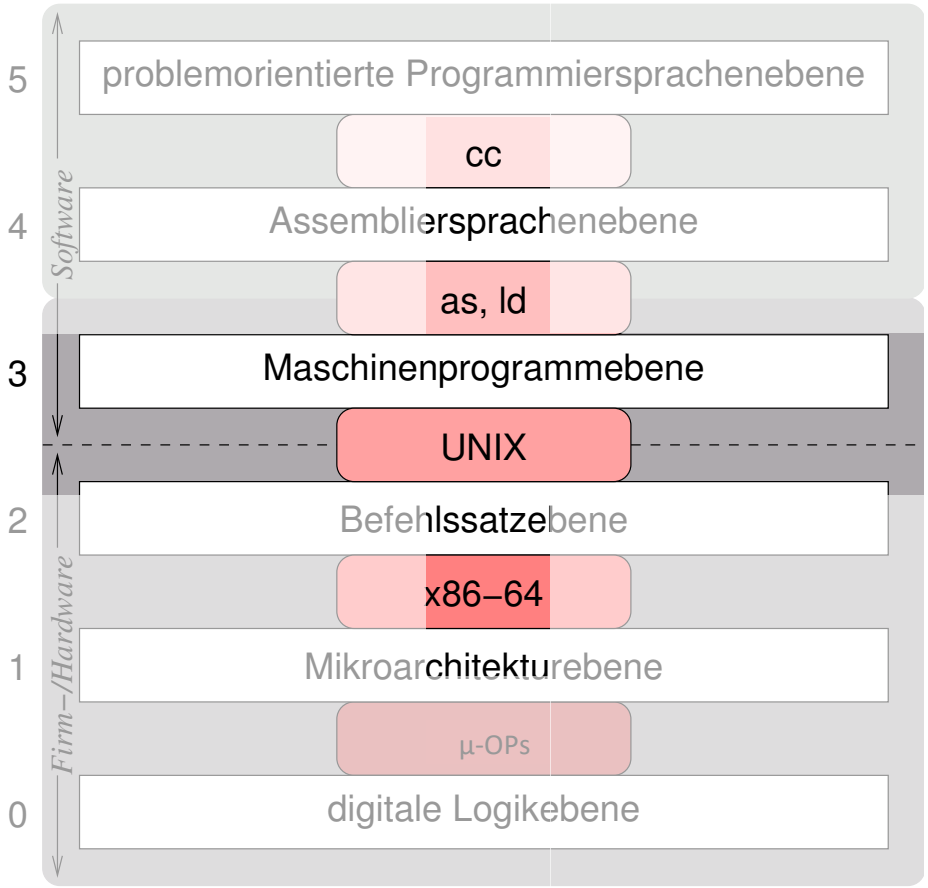
  - Kapitel: Ziele der Rechnerarchitektur, Performance und Kosten, Befehlssatzdesign, ALU-Entwurf, Datenpfad, Cache, Superskalarität, parallele Rechnerarchitekturen, Multicore-Architekturen, Hyperthreading, Synchronisation

- Vorlesung: Verstehen der Konzepte und Prinzipien

- Übung: Vertiefen der Vorlesungsthemen anhand von Übungsaufgaben mit Bezug zur Vorlesung

Top-Down/Bottom Up: Lehrveranstaltungen BA

Bereich Betriebssysteme



BS-Konzepte verstehen und verwenden

GBS

BSB

BS-Konzepte entwerfen und implementieren

3.

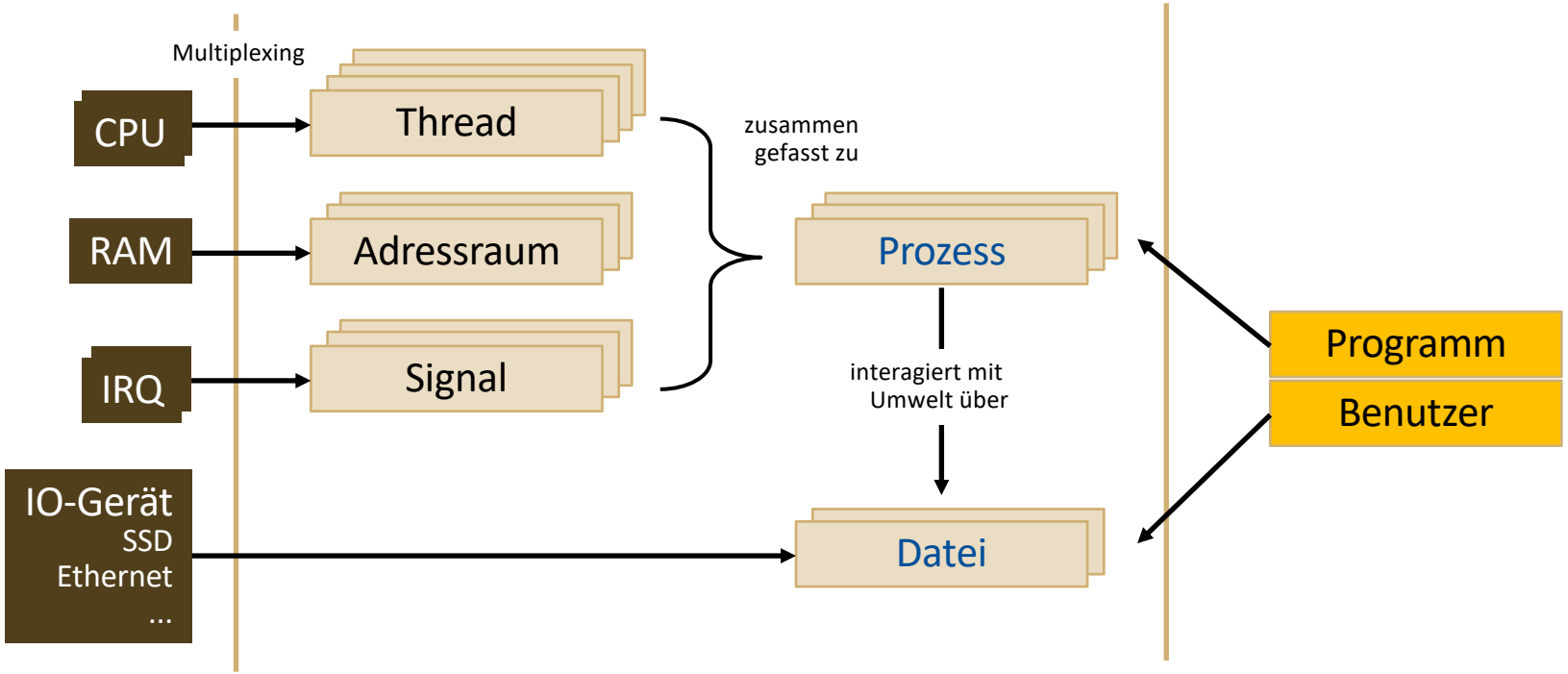
4./6.

GBS – Grundlagen der Betriebssysteme

- Pflichtveranstaltung im 3. Semester, 2V+2Ü, 5 LP
  - Neue Veranstaltung: Wird erstmalig gelesen im WS 2018
- Thema: Grundlagen der Betriebssysteme :-)
  - Grundsätzliches: Was ist eigentlich ein Betriebssystem?
  - Konkretes: Am Beispiel UNIX (POSIX) und Linux
  - Prozesse und Threads, Speicher und Adressräume, Dateien und IO, Zugriffschutz und Sicherheit, Parallelität und Synchronisierung, ...
- Vorlesung: Verstehen der Konzepte und Prinzipien
- Übung: Systemnahe Softwareentwicklung an der BS-Schnittstelle (Programmierübungen in C unter Linux)

GBS: BS-Konzepte am Beispiel UNIX

- Virtuelle Hardwareressourcen werden repräsentiert durch die grundlegenden Konzepte (Abstraktionen) eines BS:
  - Prozess (Adressraum + Thread(s) + Signal(e)) → virtueller „Computer“
  - Datei → virtuelles „Gerät“ (ggfs. persistent)



BSB – Betriebssystembau

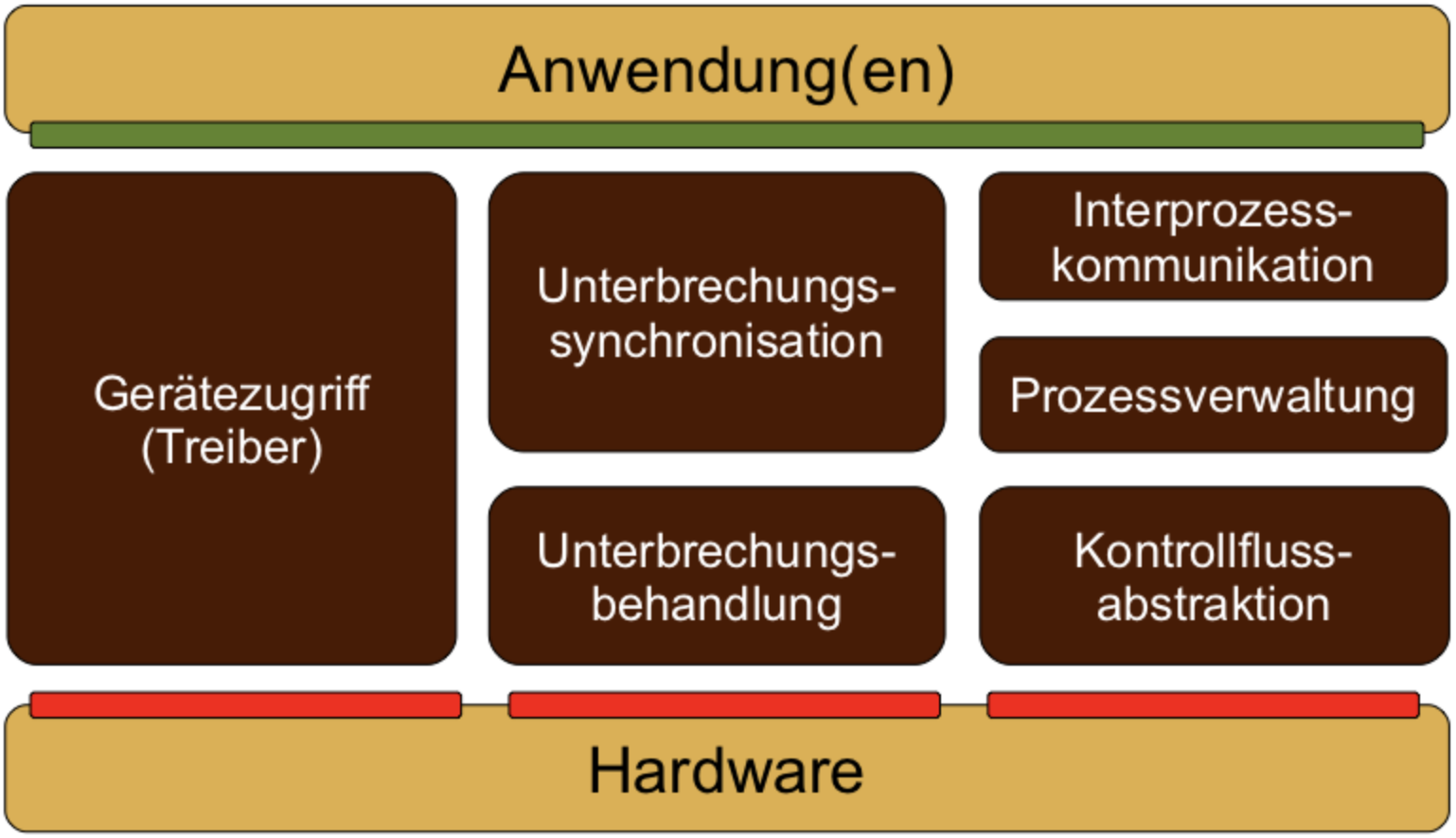
- WP im „Fachmodul Betriebssysteme“ im 4./6. Semester, 2V+2Ü, 5 LP
  Alternative Variante (Master): BSB für Mehrkernsysteme, 2V+4Ü, 8LP

- Thema: Grundlagen des Betriebssystem**baus** für Mehrkernsysteme
  - **Vertiefen** des Wissens über die interne Funktionsweise von Betriebssystemen
    - Ausgangspunkt: Grundlagen der Betriebssysteme
    - Schwerpunkt: Nebenläufigkeit und Synchronisation
  - **Entwickeln** eines Betriebssystems „*from scratch*“
    - OOStuBS / MPStuBS Lehrbetriebssysteme in Kleingruppen entwickeln
    - **Praktische** Erfahrungen im BS-Bau und hardwarenaher Softwareentwicklung machen

- Vorlesung: Verstehen der Konzepte und Prinzipien, inklusiver ihrer Implementierungsaspekte auf realer Hardware

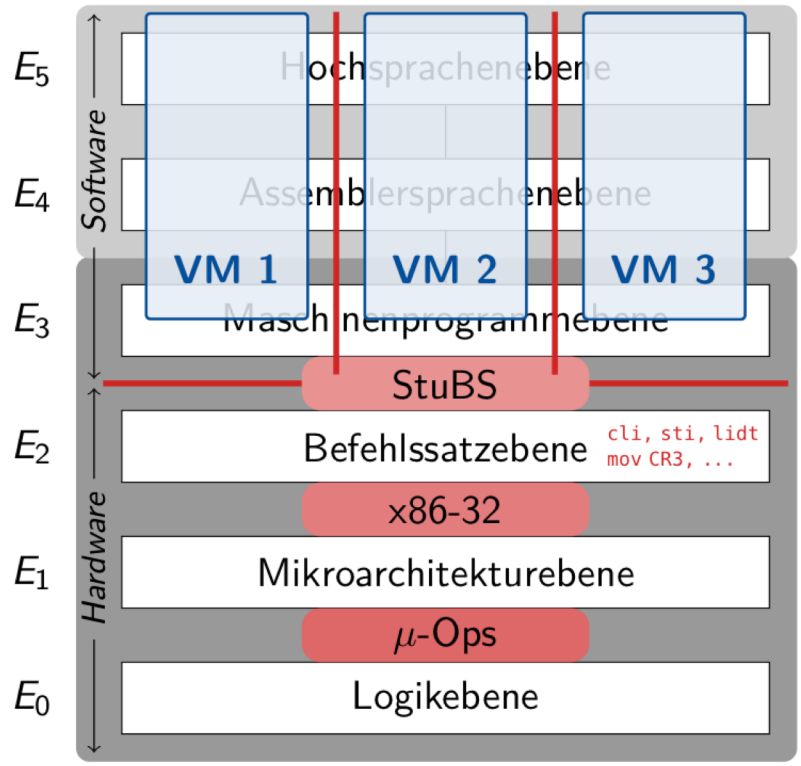
- Übung: Entwurf und Implementierung des eigenen Betriebssystem

BSB – Betriebssystembau



BSTL –Betriebsystemtechniklabor (Master)

- Labor im Master, 4L, 6 LP
- Thema: Schutz und Isolation in Betriebssystemen



Horizontale Isolation
(zeitlich/räumlich)
unabhängiger virtueller Maschinen (Prozesse) durch IRQs, MPU/MMU (auf E_2)

Teilinterpretation (Betriebssystem)

Vertikale Isolation
(Benutzer-/Systemmodus)
durch Abschirmung der E_2-Instruktionen für die horizontale Isolation

Weitere Lehrveranstaltungen

- AKSI – Ausgewählte Kapitel der Systemnahen Informatik
  - Seminar im Master (WS), wechselnde Themen
  - Aktuell: Coprozessoren
- PSRA – Projekt System- und Rechnerarchitekturen
  - Projekt im Bachelor (SS), wechselnde Themen
  - Geplant: Systemnahe Softwareentwicklung im OpenSource-Umfeld

Ausblick: Forschung am SRA

6 Features

functional

142 Features

$\not\subset$

20 g
10 €

nonfunctional

1400 g
1000 €

Ausblick: Forschung am SRA

2%

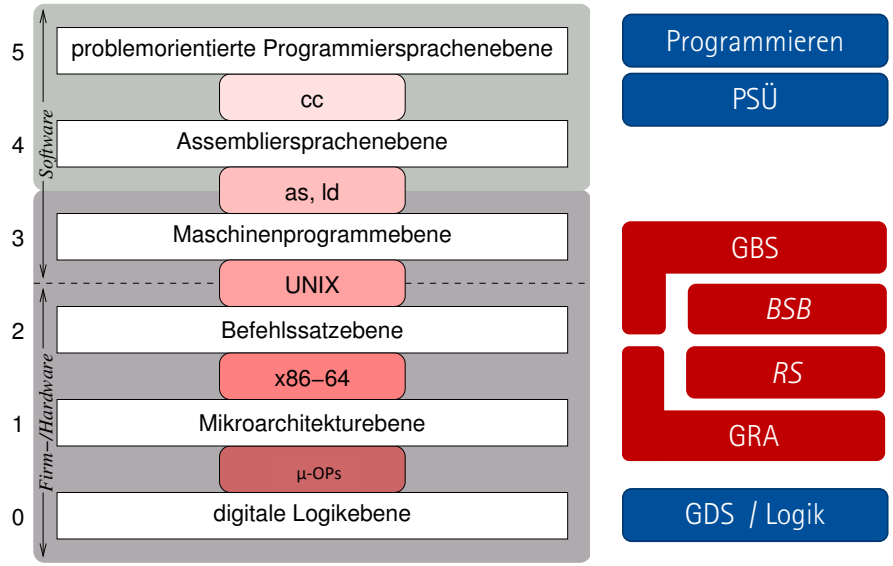
Vielzweck[illegible]betriebssysteme
(general-purpose operating systems)

98%

Spezialzweckbetriebssysteme
(special-purpose operating systems)

Zusammenfassung: Systemnahe Informatik

Die Funktionsweise von Hardware und Betriebssystems zu verstehen ist unabdingbar, um Phänomene eines Rechensystems begreifen, verstehen und letztlich beherrschen zu können!



Wissen, was dahinter steckt!