

# Ausgewählte Kapitel der Systemsoftwaretechnik: Energiegewahre Systemsoftware

**Timo Hönig, Christopher Eibel**

Lehrstuhl für Informatik 4  
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2013

[http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS\\_AKSS/](http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS_AKSS/)



## **Einführung: Energiegewahre Systemsoftware**

- Energiegewahre Systeme
- Betriebssystemkomponenten
- Optimierungsmethoden
- Energieeffiziente verteilte Systeme

## **Masterseminar AKSS: Energiegewahre Systemsoftware**

- Organisatorisches
- Themen und Einteilung
- Seminarmodus

## **Fachliteratur lesen und verstehen**

## **Vortrag strukturieren, gestalten und vorbereiten**



- Größenordnung des Leistungsbedarfs von Computersystemen
  - >  $10^{-3}$  W (Milliwatt): Sensorknoten, Stichwort „*Smart Dust*“
  - >  $10^1$  W (Watt): Mobile- und sparsame Desktop-Computer
  - >  $10^2$  W (Hektowatt): Desktop-Computer
  - >  $10^3$  W (Kilowatt): Großrechner, High-Performance-Computer



- Größenordnung des Leistungsbedarfs von Computersystemen
  - >  $10^{-3}$  W (Milliwatt): Sensorknoten, Stichwort „*Smart Dust*“
  - >  $10^1$  W (Watt): Mobile- und sparsame Desktop-Computer
  - >  $10^2$  W (Hektowatt): Desktop-Computer
  - >  $10^3$  W (Kilowatt): Großrechner, High-Performance-Computer
- Probleme
  - Hitze (thermische Verlustleistung)
  - Größe (Platzbedarf des Energiespeichers)
  - Kosten (monetär)
  - Knappheit (kurze Betriebszeiten)



## ■ Größenordnung des Leistungsbedarfs von Computersystemen

- >  $10^{-3}$  W (Milliwatt): Sensorknoten, Stichwort „*Smart Dust*“
- >  $10^1$  W (Watt): Mobile- und sparsame Desktop-Computer
- >  $10^2$  W (Hektowatt): Desktop-Computer
- >  $10^3$  W (Kilowatt): Großrechner, High-Performance-Computer

## ■ Probleme

- Hitze (thermische Verlustleistung)
- Größe (Platzbedarf des Energiespeichers)
- Kosten (monetär)
- Knappheit (kurze Betriebszeiten)

## ■ Auswirkungen im Alltag

- Tägliches Aufladen von mobilen Computersystemen (Handy, Laptop)
- Lärmende Lüfter (Laptop, Desktop, Server)
- Ausfall von Rechenzentren durch Stromausfall



# Motivation

## Größenordnung des Leistungsbedarfs von Computersystemen

- >  $10^{-3}$  W (Milliwatt): Sensorknoten, Stichwort „*Smart Dust*“
- >  $10^1$  W (Watt): Mobile- und sparsame Desktop-Computer
- >  $10^2$  W (Hektowatt): Desktop-Computer
- >  $10^3$  W (Kilowatt): Großrechner, High-Performance-Computer

## Probleme

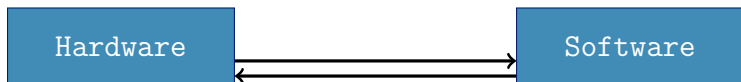
- Hitze (thermische Belastung)
- Größe (Platzbedarf)
- Kosten (monetär)
- Knappheit (kurze Betriebszeiten)



## Auswirkungen im Alltag

- Tägliches Aufladen von mobilen Computersystemen (Handy, Laptop)
- Lärmende Lüfter (Laptop, Desktop, Server)
- Ausfall von Rechenzentren durch Stromausfall





## ■ Hardware

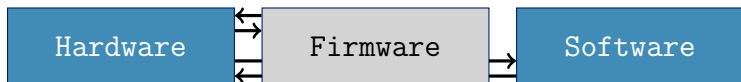
- Produktionsprozess
- Betriebsmodi (Leistungsfähigkeit)
- Schlafzustände (Latenz)

## ■ Software

- Globale Systemsicht
- Steuerung der verfügbaren Hardware-Energiesparmechanismen

→ Effiziente Zusammenarbeit von Hard- und Software erforderlich





## ■ Hardware

- Produktionsprozess
- Betriebsmodi (Leistungsfähigkeit)
- Schlafzustände (Latenz)

## ■ Firmware, Microcode

## ■ Software

- Globale Systemsicht
- Steuerung der verfügbaren Hardware-Energiesparmechanismen

→ Effiziente Zusammenarbeit von Hard- und Software erforderlich





## ■ Power-Management-Stack

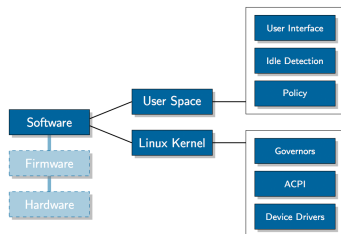
- Gerätetreiber
- Richtlinien (*policies*)
- Verbergen von Latenzen
- Benutzer-Schnittstellen

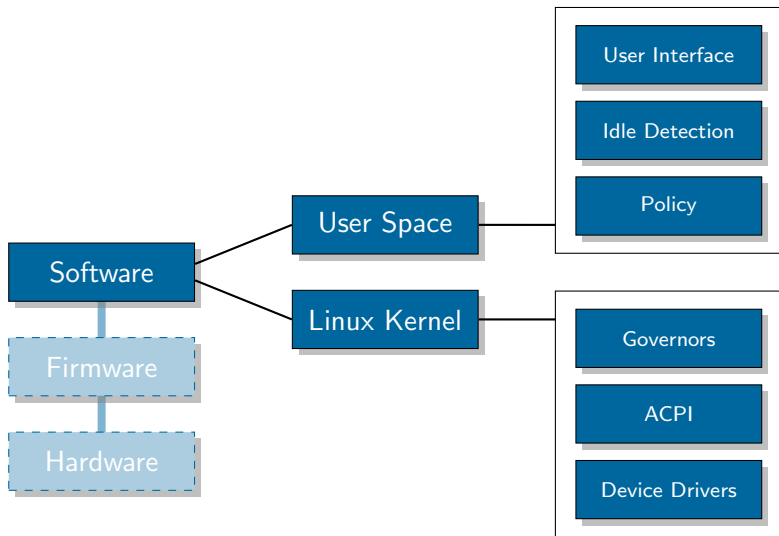
## ■ Abstrakte Zwischenschichten

- Geräteklassen (z.B. CPU, I/O, WiFi)
- Konfiguration
- am Beispiel: Steuerung der CPU-Frequenz
  - Ansteuerung über generische Schnittstellen im Userspace
  - Module zur Umsetzung der Richtlinien (Performanz, Energiesparen)
  - Verknüpfung mit Subsystem des Betriebssystemkerns
  - CPU-spezifischer Treiber

## ■ Regelung des globalen Systemstatus

- Automatische Reaktion auf veränderte Betriebsbedingungen
- Nicht-funktionale Eigenschaften (z.B. Sicherstellen der Datenintegrität)





- System- und Anwendungssoftware
  - Rekonfiguration (z.B. Abstimmung auf Anwendungszweck)
  - Alternative Implementierung für heterogene Plattformen
- Dynamische Optimierungen
  - ... finden zur Laufzeit der Software statt
  - Ist-Zustand des Systems führt zur Regelung der Energiesparmechanismen
  - Methodik für Abarbeitung anstehender Aufgaben (z.B. *race to sleep*)
- Statische Optimierungen
  - ... werden vor Laufzeit der Software angewandt
  - Programmcode- und Compiler-Optimierungen
  - Optimierung von statischen Zeitmessern



- Optimierungsstrategien
  - Optimierungen über Systemgrenzen hinweg
  - Differenzierung zwischen lokalem und globalem Systemzustand
  - Dynamische Zusammensetzung des Systems → Arbeitsvergabe
- Erweiterte Komplexität
  - Kopplung des Rechensystems mit externer Technik → Heizung
  - Ganzheitliche Konzepte stehen im Vordergrund
  - Entwurf neuer Rechenzentren



Einführung: Energiegewahre Systemsoftware

Energiegewahre Systeme

Betriebssystemkomponenten

Optimierungsmethoden

Energieeffiziente verteilte Systeme

## **Masterseminar AKSS: Energiegewahre Systemsoftware**

Organisatorisches

Themen und Einteilung

Seminarmodus

**Fachliteratur lesen und verstehen**

**Vortrag strukturieren, gestalten und vorbereiten**



## ■ Verantwortliche

- Timo Hönig                      Raum 0.036                      thoenig@cs.fau.de
- Christopher Eibel                Raum 0.041                      ceibel@cs.fau.de

## ■ Termin

- Donnerstag, 12:15 – 13:45 Uhr
- Raum 0.031-113

## ■ Web-Seiten

- Lehrveranstaltung:  
[http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS\\_AKSS/](http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS_AKSS/)
- Anmeldung (Waffel):  
<https://waffel.cs.fau.de/signup/?course=163>

## ■ Rückmeldungen und Fragen

- Bitte Fragen stellen!
- Auf Fehler aufmerksam machen



- Thema 1: Betriebssystemkontrolle hardwaregestützter Energiesparmechanismen
- Thema 2: Netzwerk, E/A und Peripheriegeräte: Gerätespezifische Stromsparmechanismen
- Thema 3: Energieeffiziente Betriebssystemkomponenten
- Thema 4: Energieverwaltung im Linux-Betriebssystem
- Thema 5: Profiling von Software-Energieverbrauch
- Thema 6: Betriebssystem-Energiebuchhaltung
- Thema 7: Laufzeitumgebungen und Software-Frameworks
- Thema 8: Energieeffiziente Systemsoftware-Infrastruktur für Cloud-Computing
- Thema 9: Entwurf umweltfreundlicher Rechenzentren

## **Hinweis:**

Weiterführende Literatur zu den einzelnen Themen siehe Web-Seite



- Schriftliche Ausarbeitung
  - Umfang mindestens 6 Seiten
  - ACM-Stil (zweispaltig, 9-Punkt), siehe:  
<http://www.acm.org/sigs/publications/proceedings-templates>
- **Abgabe der Ausarbeitung:**
  - Erste Fassung: spätestens zwei Wochen vor dem Vortrag
  - **Vortragsfassung: spätestens eine Woche vor dem Vortrag**
  - Finale Fassung: spätestens eine Woche nach dem Vortrag

**Hintergrund:** Einarbeitung der Resonanz aus dem Vortrag

- Weitere Hinweise
  - Ausarbeitung unter Zuhilfenahme der Wissensbasis erstellen:  
[http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS\\_AKSS/wissensbasis.pdf](http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS_AKSS/wissensbasis.pdf)
  - Ausarbeitung entweder auf Deutsch oder Englisch





- Vortrag
  - 40 Minuten Vortrag plus anschließende Diskussion
  - Zur Vorbereitung *mindestens* ein Mal zur Probe halten
  - **Abgabe der Vortragsfolien:**
    - Erste Fassung: spätestens eine Woche vor dem Vortrag
    - Finale Fassung: spätestens einen Tag vor dem Vortrag
  - Grundlagen der Wissensbasis auch für den Vortrag anwenden
  
- Aktive Teilnahme
  - Vorbereitung anhand der Vortragsfassung des jeweiligen Vortrags
  - Anwesenheit
  - Beteiligung an den Diskussionen
  
- Vortragsevaluation
  - Die Seminarteilnehmer bewerten gegenseitig ihre Vorträge
  - Evaluationsbögen werden zu den Seminarterminen bereitgestellt



Einführung: Energiegewahre Systemsoftware

Energiegewahre Systeme

Betriebssystemkomponenten

Optimierungsmethoden

Energieeffiziente verteilte Systeme

Masterseminar AKSS: Energiegewahre Systemsoftware

Organisatorisches

Themen und Einteilung

Seminarmodus

## **Fachliteratur lesen und verstehen**

Vortrag strukturieren, gestalten und vorbereiten



- Gründe ein Papier zu lesen
  - Literaturanalyse relevanter verwandter Arbeiten
  - Begutachtung von zur Veröffentlichung eingereichten Beiträgen
  - [Weil es für das Masterseminar notwendig ist.]
  - ...
- Mögliche Herangehensweise: Mindestens drei Lesedurchgänge mit jeweils unterschiedlichem Fokus
  - 1. Durchgang: Erster allgemeiner Eindruck
  - 2. Durchgang: Überblick über den Inhalt
  - 3. Durchgang: Detailliertes Verständnis
- Literatur
  -  Srinivasan Keshav  
**How to Read a Paper**  
*ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 37(3):83–84, 2007.



# 1. Lesedurchgang

---

- Ziel: Verschaffen eines ersten allgemeinen Eindrucks
- Interessante Fragestellungen
  - In welche Kategorie (z. B. Analyse eines bereits existierenden Systems, Beschreibung eines Prototyps, etc.) fällt das Papier?
  - Was ist der wissenschaftliche Beitrag des Papiers?
  - Sind die getroffenen Annahmen dem ersten Anschein nach berechtigt?
  - Mit welchen anderen Papieren ist das Papier thematisch verwandt?
- Vorgehensweise
  - Detailliertes Lesen
    - Titel
    - Abstract
    - Einleitung
    - Schluss
  - Kurzer Blick auf
    - Überschriften
    - Referenzen



## 2. Lesedurchgang

---

- Ziel: Verschaffen eines Überblicks über den Inhalt
- Interessante Fragestellungen
  - Was ist der (komplette) Inhalt des Papiers?
  - Wie würde ich einem anderen den Inhalt des Papiers erklären?
  - Enthält das Papier offensichtliche Fehler?
- Vorgehensweise
  - Detailliertes Lesen bzw. Betrachten
    - Abschnitte aus 1. Lesedurchgang
    - Restliche Abschnitte
    - Abbildungen, Graphen, etc.
  - Aussparen von Details (z. B. Beweisen)
  - Notizen
    - Zentrale Punkte
    - Relevante Referenzen
    - Unklare Stellen



## 3. Lesedurchgang, Anfertigung der Ausarbeitung

- Ziel: Detailliertes Verständnis des Papiers
- Interessante Fragestellungen
  - Was sind die wesentliche Beiträge des Papiers?
  - Sind die auf Basis der Annahmen gezogenen Schlüsse korrekt?
  - Werden Annahmen getroffen, die nicht explizit erwähnt sind?
- Vorgehensweise
  - Besonderes Augenmerk auf Details
  - (Gedankliches) Nachvollziehen der präsentierten Experimente
  - Heranziehen von referenzierten verwandten Arbeiten
- Vertiefung, Anfertigung der Ausarbeitung
  - Die wichtigsten verwandten Arbeiten im gleichen Modus bearbeiten
  - Ausarbeitung unter Zuhilfenahme der Wissensbasis erstellen:  
[http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS\\_AKSS/wissensbasis.pdf](http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS13/MS_AKSS/wissensbasis.pdf)
  - Abgabetermine beachten



Einführung: Energiegewahre Systemsoftware

- Energiegewahre Systeme

- Betriebssystemkomponenten

- Optimierungsmethoden

- Energieeffiziente verteilte Systeme

Masterseminar AKSS: Energiegewahre Systemsoftware

- Organisatorisches

- Themen und Einteilung

- Seminarmodus

Fachliteratur lesen und verstehen

**Vortrag strukturieren, gestalten und vorbereiten**

