

# Ausgewählte Kapitel der Systemsoftware (AKSS)

## Einführung

---

18. Oktober 2023

Peter Wägemann, Eva Dengler

Lehrstuhl für Informatik 4  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Lehrstuhl für Verteilte Systeme  
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG

TECHNISCHE FAKULTÄT

# Organisatorisches

---

Eva  
Dengler



Dr. Peter  
Wägemann



[dengler@cs.fau.de](mailto:dengler@cs.fau.de) [waegemann@cs.fau.de](mailto:waegemann@cs.fau.de)

- **Termin:** Mittwoch, 18:00, Aquarium (0.031)
- **Webseite:** [sys.cs.fau.de/lehre/ws23/akss](https://sys.cs.fau.de/lehre/ws23/akss)
- **Mailingliste** an alle Teilnehmer & Betreuer  
[akss@lists.informatik.uni-erlangen.de](mailto:akss@lists.informatik.uni-erlangen.de)
- **Mailingliste** an alle Betreuer  
[akss-owner@lists.informatik.uni-erlangen.de](mailto:akss-owner@lists.informatik.uni-erlangen.de)

## Semesterplan - Mittwoch

18.10.2023	Organisation, Einführung und Themenvergabe
25.10.2023	Arbeitstechniken
01.11.2023	- entfällt (Feiertag) -
08.11.2023	Vortragstechniken
15.11.2023	Moderner Wissenschaftsbetrieb
22.11.2023	Vortrag 1
29.11.2023	Vortrag 2
06.12.2023	Vortrag 3
13.12.2023	Vortrag 4
20.12.2023	Vortrag 5
10.01.2024	Vortrag 6
17.01.2024	Vortrag 7
24.01.2024	Vortrag 8
31.01.2024	Vortrag 9
07.02.2024	Vortrag 10

## Einarbeitung

- Eigenständiges Bearbeiten eines Themas
- Literaturrecherche: Vorgegebenes Papier als Ausgangsbasis
- Abgabe eines Exposés

## Einarbeitung

- Eigenständiges Bearbeiten eines Themas
- Literaturrecherche: Vorgegebenes Papier als Ausgangsbasis
- Abgabe eines Exposés

## Ausarbeitung

- Erstellen einer Ausarbeitung (6 bzw. 4 Seiten)
- ACM Standard Proceedings Template (ACM SIG style)
- Berücksichtigen der Wissensbasis
- Sprache: Deutsch oder Englisch

# Anforderungen an die Ausarbeitung

## Was sie nicht sein sollte

- *keine* reine Nacherzählung/Übersetzung
- direkte Übernahme von Abbildungen vermeiden

## Was sie sein sollte

- Aufgreifen und Vertiefen einzelner Aspekte
- Herausarbeiten eigener Fragestellung
- eigene Literaturrecherche
  - Recherche alternativer Arbeiten
  - vergleichende Darstellung
  - insbesondere Masterstudierende
- Einschätzung und Beurteilung des konkreten Themas
- Exposé: *roter Faden*

## Vortrag

- Foliensatz zur Ausarbeitung
- *Optional: i4-Beamertemplate* (neo)
- Berücksichtigen der Hinweise zur Erstellung der Folien
- Sprache: Deutsch oder Englisch
- Vortrag im Rahmen des Seminars
  - 20-minütiger Vortrag
  - 10-minütige Diskussion zum Vortrag



- Abgabe eines Exposés
  - **Vier Wochen** vor der Präsentation
- Erste Version der Ausarbeitung
  - **Drei Wochen** vor der Präsentation
  - Feedback von Betreuer
- Erste Version der Folien
  - **Zwei Wochen** vor der Präsentation
  - Feedback von Betreuer
- Finale Version der Ausarbeitung
  - **Eine Woche** vor der Präsentation
  - Betreuer verteilt die Ausarbeitung über die Mailingliste

# Semesterplan - Mittwoch

18.10.2023

25.10.2023

01.11.2023

08.11.2023

15.11.2023

22.11.2023

29.11.2023

06.12.2023

13.12.2023

20.12.2023

10.01.2024

17.01.2024

24.01.2024

31.01.2024

07.02.2024

E										
A	E									
F	A	E								
A	F	A	E							
V1	A	F	A	E						
	V2	A	F	A	E					
		V3	A	F	A	E				
			V4	A	F	A	E			
				V5	A	F	A	E		
					V6	A	F	A	E	
						V7	A	F	A	
							V8	A	F	
								V9	A	
									V10	

## Arbeitsmittel

- Verwendung von Git empfohlen  
→ <https://gitlab.cs.fau.de/>
- Abgabe der Ausarbeitung/Folien per Git oder E-Mail

## Arbeitsmittel

- Verwendung von Git empfohlen  
→ <https://gitlab.cs.fau.de/>
- Abgabe der Ausarbeitung/Folien per Git oder E-Mail

## Organisation

- Beim Seminar gilt **Anwesenheitspflicht**:  
Bei Abwesenheit bitte (per E-Mail) Bescheid geben
- **Technikcheck** rechtzeitig vor der Präsentation
- Veröffentlichung der (finalen) Folien und Ausarbeitung auf der Seminarwebseite  
(Falls nicht gewünscht, bitte Bescheid geben)

## Ressourcenmanagement in Eingebetteten Systemen mit Energie- und Echtzeitanforderungen (REESEE)

- Mindestens eines der folgenden Themen abgedeckt
  - Echtzeitanforderungen
  - Energiebeschränkungen (Intermittent Systems, „Energie“ für Herstellung von Systemen)
  - Betriebssysteme für ressourcenbeschränkte Systeme
  - Analysetechniken (Programmcode, Hardwaremodellierung, Korrektheit)
  - Optimierungstechniken
  - Sprachunterstützung für eingebettete Systeme

# Echtzeit

---



- Berechnung an *Realzeit* gekoppelt
- Ergebnisberechnung innerhalb bestimmter *Zeitspanne*
- *Rechtzeitigkeit* entscheidend für Systemverhalten

# Parameter eines Echtzeitsystems

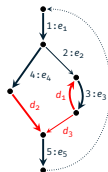
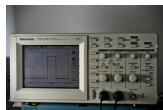
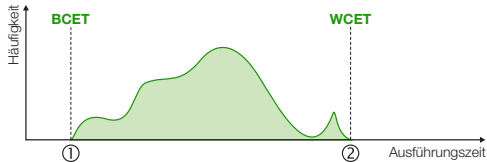
**Task**  $\tau_i = (T_i, C_i, D_i)$

$p, T$  minimale Zwischenankunftszeit/Periode

$e, C$  maximale Ausführungszeit (WCET)

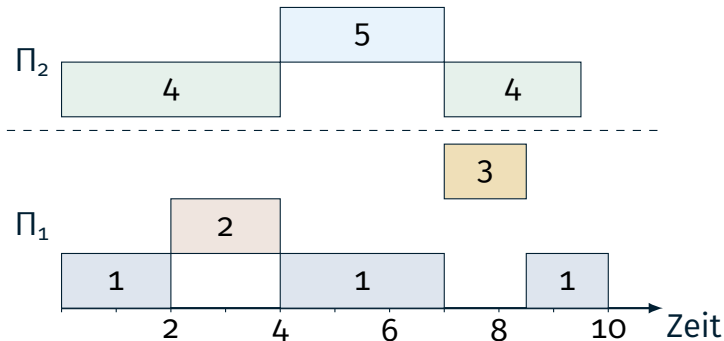
$D$  relativer Termin

- Davis: Burns Standard Notation for Real-Time Scheduling





# Einhaltung aller Termine



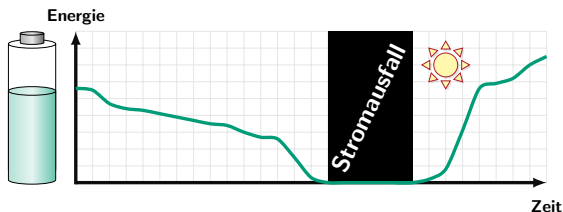
## Ablaufplanung

- dynamisch: prioritätsorientiert, verdrängend  
→ spezieller Scheduler benötigt
- statisch: fester Ablaufplan

# Systeme mit Energiebeschränkungen

---

# Systeme mit intermittierender Energiezufuhr



- Energy harvesting: Umgebungsenergie nutzen
- Beispiel: Solarzellen
- Keine kontinuierliche Energiezufuhr
- Engl. intermittent systems
- Herausforderung: Sicherstellung der Konsistenz

# Themen

---

1. Thema (MA - 22.11.2023):

## Energy Optimization Techniques



David H. K. Kim, Connor Imes und Henry Hoffmann. “**Racing and Pacing to Idle: Theoretical and Empirical Analysis of Energy Optimization Heuristics**”. In: *Proceedings of the 2015 IEEE 3rd International Conference on Cyber-Physical Systems, Networks, and Applications*. 2015, S. 78–85



Etienne Le Sueur und Gernot Heiser. “**Slow down or Sleep, That is the Question**”. In: *Proceedings of the 2011 USENIX Conference on USENIX Annual Technical Conference*. 2011, S. 16

2. Thema (BA - 22.11.2023):

## Energy Reduction via Hotspot Detection and Elimination

Mohsen Shekarisaz, Lothar Thiele und Mehdi Kargahi.



**“Automatic Energy-Hotspot Detection and Elimination in Real-Time Deeply Embedded Systems”**. In: *2021 IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)*. 2021, S. 97–109

## 3. Thema (BA - 29.11.2023): **Dynamic Power Management**

Andreas Weissel und Frank Bellosa. **“Process Cruise Control: Event-Driven Clock Scaling for Dynamic Power Management”**. In: *Proceedings of the 2002 International Conference on Compilers, Architecture, and Synthesis for Embedded Systems*. 2002, S. 238–246



4. Thema (MA - 29.11.2023):

## Dynamic Clock Control



Michel Rottleuthner, Thomas C Schmidt und Matthias Wahlisch. **“Dynamic Clock Reconfiguration for the Constrained IoT and Its Application to Energy-Efficient Networking”**. In: *Proceedings of the 2022 INTERNATIONAL CONFERENCE ON EMBEDDED WIRELESS SYSTEMS AND NETWORKS*. 2023, S. 168–179



Holly Chiang u. a. **“Power Clocks: Dynamic Multi-Clock Management for Embedded Systems”**. In: *Proceedings of the 2021 International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks*. 2021, S. 139–150



5. Thema (MA - 06.12.2023):

## Energy-Consumption Modeling of Embedded Devices



Hari Cherupalli u. a. **“Determining Application-Specific Peak Power and Energy Requirements for Ultra-Low-Power Processors”**. In: *ACM Trans. Comput. Syst.* 35.3 (2017).

ISSN: 0734-2071



James Pallister u. a. **“Data Dependent Energy Modeling for Worst Case Energy Consumption Analysis”**. In: *Proceedings of the 20th International Workshop on Software and Compilers for Embedded Systems*. 2017, S. 51–59

6. Thema (MA - 06.12.2023):

## Energy Accounting



Abhinav Pathak, Y. Charlie Hu und Ming Zhang. **“Where is the Energy Spent inside My App? Fine Grained Energy Accounting on Smartphones with Eprof”**. In: *Proceedings of the 7th ACM European Conference on Computer Systems*. 2012, S. 29–42



Heng Zeng u. a. **“ECOSystem: Managing Energy as a First Class Operating System Resource”**. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems*. 2002, S. 123–132

7. Thema (MA - 13.12.2023):

## Overview of Energy-Aware Scheduling for RTS



Mario Bambagini u. a. “**Energy-Aware Scheduling for Real-Time Systems: A Survey**”. In: *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.* 15.1 (2016). ISSN: 1539-9087

8. Thema (MA - 13.12.2023):

## Energy reduction for RTS with devices



Chuan-Yue Yang, Jian-Jia Chen und Tei-Wei Kuo. **“Preemption Control for Energy-Efficient Task Scheduling in Systems with a DVS Processor and Non-DVS Devices”**. In: *13th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications (RTCSA 2007)*. 2007, S. 293–300



Chuan-Yue Yang u. a. **“Energy reduction techniques for systems with non-DVS components”**. In: *2009 IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation*. 2009, S. 1–8

9. Thema (MA - 13.12.2023):

## Benchmarking Crimes



Erik van der Kouwe u. a. **“Benchmarking Crimes: An Emerging Threat in Systems Security”**. In: *CoRR* abs/1801.02381 (2018)



**Systems Benchmarking Crimes.** <https://gernot-heiser.org/benchmarking-crimes.html>

10. Thema (BA - 20.12.2023):

## Applications & Intermittent Systems



Jasper de Winkel u. a. **“Battery-Free Game Boy”**. In: *Proc. ACM Interact. Mob. Wearable Ubiquitous Technol.* 4.3 (2020)

11. Thema (BA - 20.12.2023):

## BLE & Intermittent Systems



Jasper de Winkel, Haozhe Tang und Przemysław Pawełczak. **“Intermittently-Powered Bluetooth That Works”**. In: *Proceedings of the 20th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications and Services*. 2022, S. 287–301

12. Thema (MA - 10.01.2024):

## Debugging Intermittent Systems



Jasper de Winkel u.a. **“DIPS: Debug Intermittently-Powered Systems Like Any Embedded System”**. In: *Proceedings of the 20th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems*. 2023, S. 222–235



Alexei Colin u.a. **“An Energy-Interference-Free Hardware-Software Debugger for Intermittent Energy-Harvesting Systems”**. In: *Proceedings of the Twenty-First International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems*. 2016, S. 577–589



13. Thema (BA - 10.01.2024):

## **Intermittent System Charge Management**



Emily Ruppel u. a. **“An Architectural Charge Management Interface for Energy-Harvesting Systems”**. In: *2022 55th IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)*. 2022, S. 318–335

14. Thema (BA - 17.01.2024):

## Real-Time & Case Study



Zhuoqun Cheng, Richard West und Ying Ye. **“Building Real-Time Embedded Applications on QduinoMC: A Web-Connected 3D Printer Case Study (Outstanding Paper)”**.

In: *2017 IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS)*. 2017, S. 13–24

15. Thema (BA - 17.01.2024):  
**Processor influence on WCET**



R. Heckmann u. a. **“The influence of processor architecture on the design and the results of WCET tools”**. In: *Proceedings of the IEEE* 91.7 (2003), S. 1038–1054

16. Thema (MA - 17.01.2024):

## Hardware for Real-Time Systems




Sebastian Hahn und Jan Reineke. **“Design and Analysis of SIC: A Provably Timing-Predictable Pipelined Processor Core”**. In: *2018 IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)*. 2018, S. 469–481



Jan Reineke u. a. **“A Definition and Classification of Timing Anomalies”**. In: *6th International Workshop on Worst-Case Execution Time Analysis (WCET'06)*. 2006

17. Thema (BA - 24.01.2024):

## Operating System Support for Embedded Devices

 Bingyao Wang und Margo Seltzer. **“Tinkertoy: Build Your Own Operating Systems for IoT Devices”**. In: *Trans. Comp.-Aided Des. Integ. Cir. Sys.* 41.11 (2022), S. 4028–4039

18. Thema (MA - 24.01.2024):

## Real-Time System OSs & Verification




Gerwin Klein u. a. **“SeL4: Formal Verification of an OS Kernel”**. In: *Proceedings of the ACM SIGOPS 22nd Symposium on Operating Systems Principles*. 2009, S. 207–220




Olivier Nicole u. a. **“No Crash, No Exploit: Automated Verification of Embedded Kernels”**. In: *2021 IEEE 27th Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS)*. 2021, S. 27–39

19. Thema (MA - 24.01.2024):

## Interference in Real-Time Systems

 Nikhilesh Singh u.a. “**Kryptonite: Worst-Case Program Interference Estimation on Multi-Core Embedded Systems**”. In: *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.* 22.5s (2023)

 Ao Li u.a. “**PolyRhythm: Adaptive Tuning of a Multi-Channel Attack Template for Timing Interference**”. In: *2022 IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)*. 2022, S. 225–239

## 20. Thema (MA - 31.01.2024): Sustainability & Life Cycles



Thibault Pirson u. a. **“The Environmental Footprint of IC Production: Review, Analysis, and Lessons From Historical Trends”**. In: *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing* 36.1 (2023), S. 56–67



Thibault Pirson und David Bol. **“Assessing the embodied carbon footprint of IoT edge devices with a bottom-up life-cycle approach”**. In: *CoRR* abs/2105.02082 (2021)



21. Thema (BA - 31.01.2024):

## Architectural Carbon Modelling



Udit Gupta u. a. **“ACT: Designing Sustainable Computer Systems with an Architectural Carbon Modeling Tool”**. In: *Proceedings of the 49th Annual International Symposium on Computer Architecture*. 2022, S. 784–799



Mariam Elgamal u. a. **“Carbon-Efficient Design Optimization for Computing Systems”**. In: *Proceedings of the 2nd Workshop on Sustainable Computer Systems*. 2023

22. Thema (MA - 31.01.2024):

## Carbon Modelling of Embedded Nodes



Tingyu Cheng u. a. **“Transient Internet of Things: Redesigning the Lifetime of Electronics for a More Sustainable Networked Environment”**. In: *Proceedings of the 2nd Workshop on Sustainable Computer Systems*. 2023



Pol Maistriaux u. a. **“Modeling the Carbon Footprint of Battery-Powered IoT Sensor Nodes for Environmental-Monitoring Applications”**. In: *Proceedings of the 12th International Conference on the Internet of Things*. 2023, S. 9–16

23. Thema (MA - 07.02.2024):

## Language Support



Shaokai Lin u. a. **“Towards Building Verifiable CPS Using Lingua Franca”**. In: *ACM Trans. Embed. Comput. Syst.* 22.5s (2023)



T.A. Henzinger, B. Horowitz und C.M. Kirsch. **“Giotto: a time-triggered language for embedded programming”**. In: *Proceedings of the IEEE* 91.1 (2003), S. 84–99

24. Thema (BA - 07.02.2024):

## Finding Bugs & Testing



Xuejun Yang u. a. **“Finding and Understanding Bugs in C Compilers”**. In: *Proceedings of the 32nd ACM SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation*. 2011, S. 283–294



Jubi Taneja, Zhengyang Liu und John Regehr. **“Testing Static Analyses for Precision and Soundness”**. In: *Proceedings of the 18th ACM/IEEE International Symposium on Code Generation and Optimization*. 2020, S. 81–93

- Themen werden nach Windhundverfahren vergeben
- Eigene Themenvorschläge willkommen
- Vortragstermin prinzipiell selbst gewählt
  - zehn Vortragstermine
  - zwei bis drei Präsentationen pro Termin

# **Semesterplan - Update 19.10.2023**

---

# Semesterplan

18.10.2023	Organisation, Einführung und Themenvergabe
25.10.2023	Arbeitstechniken
01.11.2023	– entfällt (Feiertag) –
08.11.2023	Vortragstechniken
15.11.2023	Moderner Wissenschaftsbetrieb
22.11.2023	Forschungs- und Arbeitsethik
29.11.2023	– frei –
06.12.2023	– frei –
13.12.2023	Vortrag 1
20.12.2023	– frei –
10.01.2024	Vortrag 2
17.01.2024	Vortrag 3
24.01.2024	Vortrag 4
31.01.2024	Vortrag 5
07.02.2024	Vortrag 6

# Semesterplan

18.10.2023

25.10.2023

01.11.2023

08.11.2023

15.11.2023

22.11.2023

29.11.2023

06.12.2023

13.12.2023

20.12.2023

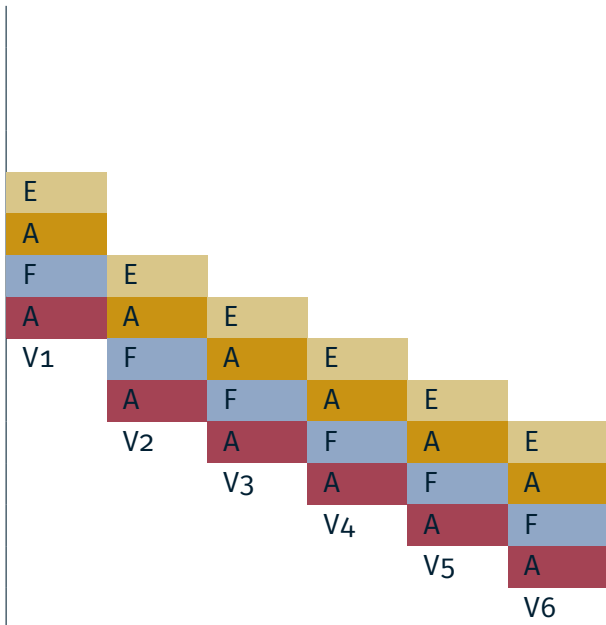
10.01.2024

17.01.2024

24.01.2024

31.01.2024

07.02.2024





# Vortragstermine

13.12.2023	Energy-Consumption Modeling of Embedded Devices Energy reduction for RTS with devices
10.01.2024	Dynamic Power Management Dynamic Clock Control
17.01.2024	Energy reduction via Hotspot Detection and Elimination Benchmarking Crimes
24.01.2024	Applications & Intermittent Systems BLE & Intermittent Systems Debugging Intermittent Systems
31.01.2024	Real-Time & Case Study Hardware for Real-Time Systems
07.02.2024	Operating System Support for Embedded Devices Real-Time System OSs & Verification