



MAX PLANCK INSTITUTE  
FOR DYNAMICS OF COMPLEX  
TECHNICAL SYSTEMS  
MAGDEBURG



COMPUTATIONAL METHODS IN  
SYSTEMS AND CONTROL THEORY

# Große Rechnungen auf Kleinen Computern Einplatinencomputer und Modellreduktion

Christian Himpe

2017-05-20

12. Lange Nacht der Wissenschaft  
12th Long Night of Science

(#ln8md)

- Dr. rer. nat. Christian Himpe
- Mathematiker (studiert und promoviert an der Uni Münster)
- Post-Doc am MPI Magdeburg seit Sommer 2016
- in der CSC ( **Computational Methods in System and Control Theory**  
Numerische Methoden in der System- und Regelungstheorie ) Gruppe
- im SES ( **Simulation of Energy Systems**  
Simulation von Energiesystemen ) Team
- und im SC ( **Scientific Computing**  
Wissenschaftliches Rechnen ) Team



- Schnelle und effiziente Simulation von Gasnetzwerken
- Vereinfachung von dynamischen Netzwerkmodellen
- Reduktion von (nicht-linearen) Eingabe-Ausgabe Systemen



Bild: BMWi Projekt MathEnergy

- Schlüsseltechnologie für die Energiewende.
- Puffertechnologie für Versorgungslücken.
- Infrastruktur mit komplexen Anforderungen.



1. Große und kleine Computer
2. Probleme mit großen Rechnungen
3. Modellreduktion



- Naturwissenschaften
- und Industrie
- verlassen sich auf Simulationen
- für Entwurf und Test.

## Beispiel: **Rechencluster Otto**

- 100 Knoten
- 12 Prozessorkerne pro Knoten
- 48 GB Arbeitsspeicher pro Knoten



Bild: Max-Planck-Institut Magdeburg

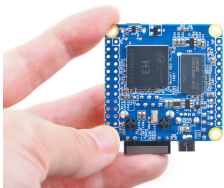


Bild: friendlyarm.com / nanopi.io

## Beispiel: **NanoPi Neo**

- 1 Knoten
- 4 Prozessorkerne
- 0.5 GB Arbeitsspeicher





## Anwendung “Pi”-artiger Systeme<sup>1</sup>

- Bastelcomputer
- Haustechnik
- Multimedia
- Industriecomputer
- Supercomputer

---

<sup>1</sup>RaspberryPi, BananaPi, OrangePi, NanoPi, usw.

- vergleichsweise wenig Arbeitsspeicher
- Andere Prozessortechnologie
- Geringer Energieverbrauch (pro Rechenoperation)  
→ **Power-Aware Computing**

- Jede Rechenoperation kostet Energie und Zeit.
- Jede **Speicherooperation** kostet Energie und Zeit.
- Kann man Energie (und gegebenenfalls auch Zeit) sparen durch neue Berechnungsmethoden?
- Rechenoperationen werden nicht mehr viel schneller.
- Exascale (Milliarde-Milliarde Flops) unwirtschaftlich.

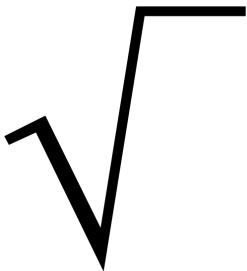
- 1.\* Register ( $\sim 1$  kB)
- 2.\* L1 Zwischenspeicher ( $\sim 100$  kB, Zugriffszeit: 1 ns)
- 3.\* L2 Zwischenspeicher ( $\sim 1$  MB, Zugriffszeit: 3 ns)
- 4.\* L3 Zwischenspeicher ( $\sim 100$  MB, Zugriffszeit: 10 ns)
5. Arbeitsspeicher ( $\sim 10$  GB, Zugriffszeit: 100 ns)
6. Massenspeicher ( $\sim 1$  TB, Zugriffszeit: 150000 ns)
7. Netzwerkspeicher ( $\sim 100$  TB, Zugriffszeit: 500000 ns)

- Das Teuerste zuerst:
- Mehr Arbeit pro Knoten,
- dafür weniger Kommunikation zwischen den Knoten.



- Energieeffiziente Rechnungen durch weniger Speicher.
- Wenig Arbeitsspeicher verfügbar (siehe Pi).
- Auf großen Systemen macht viel Kleinvieh viel Mist.

- Mehr Simulationen pro Euro:
  1. Anschaffungskosten
  2. Rechenleistung
  3. **Energieverbrauch**
- Supercomputer aus Einplatinencomputern.
- Mit speichersparenden Methoden erreichbar.



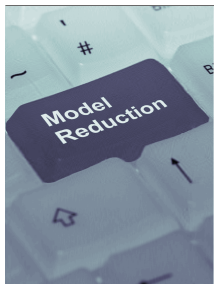
- Simulationen mathematischer Modellen
- erfordern komplizierte Berechnungen,
- und benötigen viel Arbeitsspeicher.



- Modelle basieren auf **Differentialgleichungen**.
- Differentialgleichungen beschreiben Veränderungen.
- Schrittweise Berechnung:
  1. aktueller Zustand
  2. nächste Veränderungen
- Je genauer desto größer das Modell.



0 600 1200



0 600 1200



0 600 1200

Bild: Nina-Claire Himpe (CC-BY)

1. Kriterien von Wichtigkeit bestimmen.
2. Sortieren der Informationen nach Wichtigkeit.
3. Aussondern der unwichtigen Informationen.

- Modelle werden von Menschen gemacht.
- Informationen sind oft mehrfach enthalten.
- Unwichtige Teile verstecken sich oftmals.

- Fließkommazahlen
- Grafikkarten / Rechenbeschleuniger
- Top 500? Green 500!

- Mathematiker sind Detektive.
- Programmierer sind Handwerker.
- Wir sind beides.

Habt ihr Fragen?



Löchert uns (Martin, Christian, Jens) auch nachher noch mit Fragen!