

# Energieeffizienz

Willy Kha

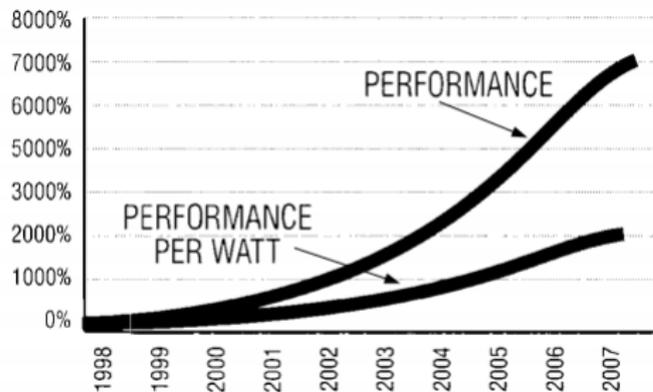
23. November 2017

# Übersicht

- 1 Intro
  - Energieeffizienz Allgemein
- 2 Hauptteil
  - Code Optimierung
  - Methoden, Werkzeuge, Ansätze
  - Messmethoden
- 3 Zusammenfassung
- 4 Literatur

# Probleme

- Kosten
- Globale Erwärmung
- Mobilgeräte
- Leistungsgrenze



[1]

# Beispiel DKRZ

- Investitionskosten
  - DualSocket Intel-Server: 7.000 Euro
  - 1 PB Festplattenspeicher: 100.000 Euro
- Verbrauch:
  - Serververbrauch 300 W
  - Speicherverbrauch 3.000 W / PB
- Jährliche Kosten:
  - 200.000 Euro Stromkosten für 54 PiB
  - 50.000 Euro Kühlung, etc
  - +15% der Investitionskosten für die Wartung

# Green500

- Ziel
- Effizienzeinheit Flops / Watt
- Benchmark (LINPACK)
- (Top500)

# Vergleich: Mistral vs Tsubame 3.0(Stand Juni 2017)

	Mistral (DKRZ)	Tsubame 3.0
Green 500 Rang	49	1
Kerne	99,072	36 288
Rmax (TFlop/s)	3,010.7	1,998.0
Power (kW)	1,116	142
Power Efficiency (GFlops/Watt)	2.698	14.110

- 1 Intro
  - Energieeffizienz Allgemein
- 2 Hauptteil
  - Code Optimierung
  - Methoden, Werkzeuge, Ansätze
  - Messmethoden
- 3 Zusammenfassung
- 4 Literatur

# Die Wahl der Programmiersprache

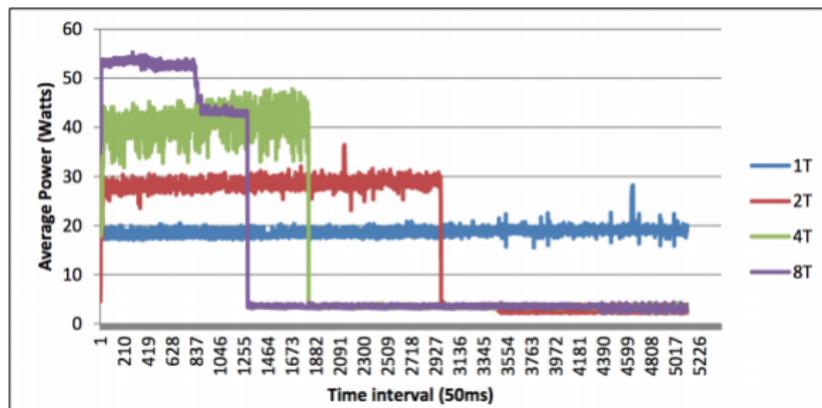
- Keine effizienteste Sprache
- Laufzeit vs Effizienz
  - Energie (J) = Leistung (W) \* Zeit (s)

binary-trees				
	Energy	Time	Ratio	Mb
(c) C	39.80	1125	0.035	131
(c) C++	41.23	1129	0.037	132
(c) Rust ↓ <sub>2</sub>	49.07	1263	0.039	180
(c) Fortran ↑ <sub>1</sub>	69.82	2112	0.033	133
(c) Ada ↓ <sub>1</sub>	95.02	2822	0.034	197
(c) Ocaml ↓ <sub>1</sub> ↑ <sub>2</sub>	100.74	3525	0.029	148
(v) Java ↑ <sub>1</sub> ↓ <sub>16</sub>	111.84	3306	0.034	1120
(v) Lisp ↓ <sub>3</sub> ↓ <sub>3</sub>	149.55	10570	0.014	373
(v) Racket ↓ <sub>4</sub> ↓ <sub>6</sub>	155.81	11261	0.014	467
(i) Hack ↑ <sub>2</sub> ↓ <sub>9</sub>	156.71	4497	0.035	502
(v) C# ↓ <sub>1</sub> ↓ <sub>1</sub>	189.74	10797	0.018	427
(v) F# ↓ <sub>3</sub> ↓ <sub>1</sub>	207.13	15637	0.013	432
(c) Pascal ↓ <sub>3</sub> ↑ <sub>5</sub>	214.64	16079	0.013	256
(c) Chapel ↑ <sub>5</sub> ↑ <sub>4</sub>	237.29	7265	0.033	335
(v) Erlang ↑ <sub>5</sub> ↑ <sub>1</sub>	266.14	7327	0.036	433
(c) Haskell ↑ <sub>2</sub> ↓ <sub>2</sub>	270.15	11582	0.023	494

[2]

# Single Thread vs Multi Thread

- Multi Threading scheint effizienter
- Warum?

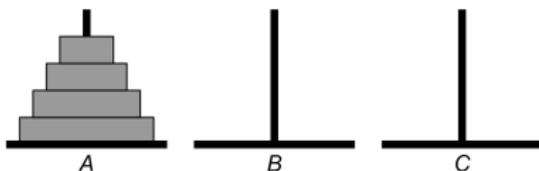


[3]

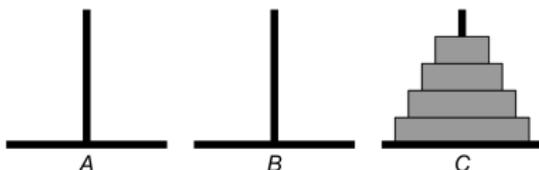
# Wahl der Algorithmen

- Rekursiv vs Iterativ
  - Overhead
- Beispiel: Die Türme von Hanoi

Ausgangszustand:



Endzustand:



# Dateneffizienz

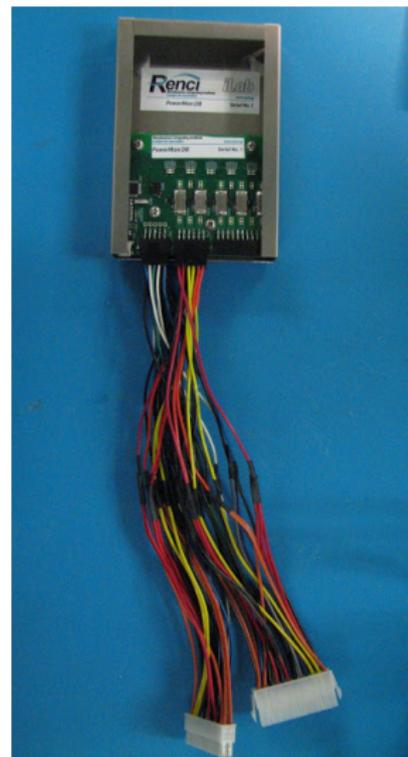
- Datenzugriff
  - RAM Zugriffe sind teuer
- Anzahl der Datenzugriff

# Methoden, Werkzeuge, Ansätze

- Job Scheduling
- Dynamic Voltage Frequency Scaling
- Advanced Configuration and Power Interface
  - Prozessorzustände
  - Gerätezustände
  - Systemzustände

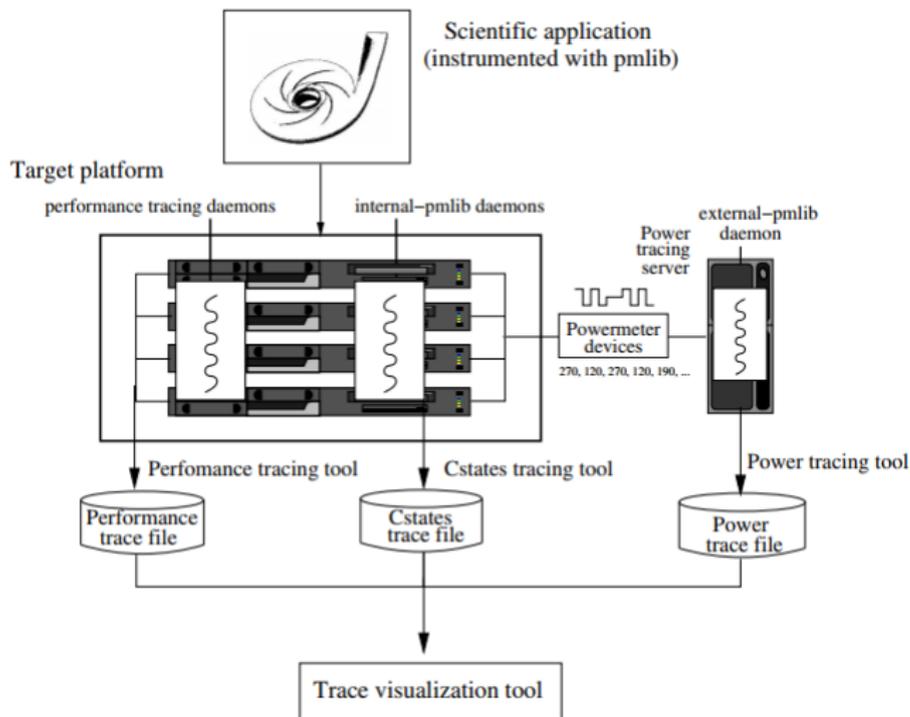
# PowerMon2

- Hardware Box
- Einbau
- Interner Energieverbrauch
- Steuerung



[4]

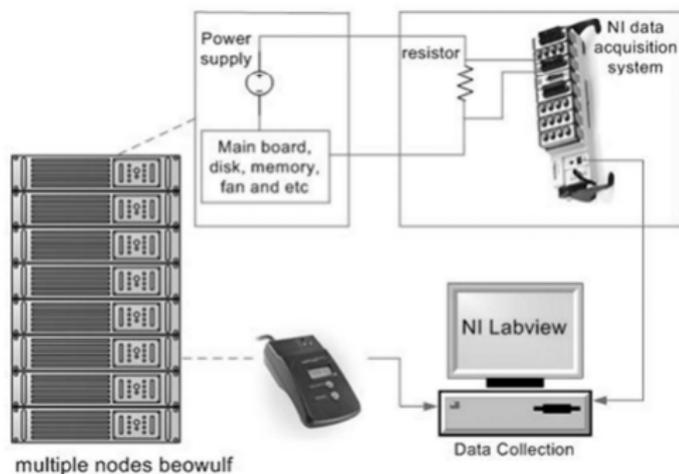
## PMLIB



[5]

# PowerPack

- Framework / Paket
- Hardware: Sensoren, Zähler
- Software: Treiber, Schnittstelle



[6]

# RAPL

- Intel Prozessor Feature
- Energie, Leistung
- Grundlage für Energie Monitoring

# Vergleich

	zusätzl.Einbau	Programmierschnittstelle
PowerMon2	ja	nein
PMLIB	nein	ja
PowerPack	ja	ja
RAPL	nein	jein

- 1 Intro
  - Energieeffizienz Allgemein
- 2 Hauptteil
  - Code Optimierung
  - Methoden, Werkzeuge, Ansätze
  - Messmethoden
- 3 Zusammenfassung
- 4 Literatur

# Zusammenfassung

- Energieprobleme
  - Hoher Verbrauch
  - Umwelt
  - Green500
- Code Optimierung
  - Programmiersprache
  - Multithreading
  - Algorithmen
  - Dateneffizienz
- Messmethoden
  - PowerMon2
  - PMLIB
  - PowerPack
  - RAPL

-  HPC vs HPC High Performance Computing vs High Power Consumption, Edson Luiz Padoin, Philippe O. A. Navaux
-  Energy Efficiency across Programming Languages How Does Energy, Time, and Memory Relate?, 23.10.2017, Vancouver, Canada Rui Pereira; Marco Couto; Francisco Ribeiro; Rui Rua; Jácome Cunha; João Paulo Fernandes; João Saraiva,
-  Energy Efficient Programming An overview of problems, solutions and methodologies, 01.12.2013, Zürich, Schweiz Fethullah Goekkus
-  <https://github.com/beppodb/PowerMon/wiki>
-  <http://www.ena-hpc.org/2013/pdf/07.pdf>
-  PowerPack: Energy Profiling and Analysis of Highperformance , 11.1.2010, Milwaukee, Wisconsin, Rong Ge; Xizhou Feng; Shuaiwen Song; Hung-Ching Chang; Dong Li