

# Brainware für Green IT



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

**Christian Bischof**

FG Scientific Computing  
Hochschulrechenzentrum  
Technische Universität Darmstadt

# Die Welt des High-Performance Computing (HPC)



- **Professor:** HPC ist notwendig, um meine Forschung konkurrenzfähig zu halten. Je mehr, desto besser!
- **Doktorand:**
  - Typisch: Welche Software kann ich nutzen, um meine Ergebnisse mit minimalem Aufwand zu erreichen.
  - Ausnahme: Entwicklung eines neuen Programms, um komplett neue Ideen auszudrücken oder neue Architekturen effizient zu nutzen.
- **RZ-Leiter:** Freut sich, dass der HPC Rechner ausgelastet ist.
- **Kanzler:** Stromrechnung wird immer teurer, deshalb sparen am Personal, insbesondere auch am HRZ, z.B. in der Betreuung der HPC Kunden.

# Total Cost of Ownership (TCO) für HPC als Dienstleistung (Erfahrungen an RWTH Aachen)



## Assumptions

- 2 Mio € HW investment per year
- 5 years lifetime with 4 years maintenance (10% of invest) through vendor
- 850 KW, PUE=1.5, 0.14€ per kWh => 1.5 Mio € per year
- ISV software provided by users
- Commercial batch system
- Free Linux distribution
- 4 FTE are for “brainware”

	costs per year	percentage
Building ( 7.5Mio / 25y)	300.000 €	5%
Investment compute servers	2.000.000 €	36%
hardware maintenance	800.000 €	14%
Power	1.564.000 €	28%
Linux	0 €	0%
Batch system	100.000	2%
ISV software	0 €	0 %
HPC software	50.000 €	1 %
Staff 12 FTE	720.000 €	13%
Sum	5.354.000 €	100%

# Anmerkungen zur Green IT (1)

- „Green IT“ konzentriert sich auf den Stromverbrauch.
  - Wenn PUE von 1,5 auf 1,0 fällt, spart das ca. 0,5 Mio EUR/Jahr (dies entspricht ca. 10% der Gesamtkosten).
  - Erreicht wird Green IT durch niedrigere Taktraten und immer mehr Parallelität (z. B. Manycore, GPGPUs).
  - Speicherbandbreite bleibt teuer!
- Das Ranking von Rechnern im Hinblick auf ihre Leistung und Grünheit wird mit der sog. Linpack-Benchmark berechnet – der Lösung eines linearen Gleichungssystems  $Ax=b$  mit Hilfe des Gauß-Algorithmus, siehe [www.top500.org](http://www.top500.org) / [www.green500.org](http://www.green500.org)
  - $O(n*n*n)$  Operationen auf  $O(n*n)$  Daten.
  - Wissenschaftlich größtenteils irrelevant.

# Anmerkungen zur Green IT (2)

- Bei Linpack-Benchmarks können HPC-Rechner bis zu 90% der theoretischen Höchstleistung erreichen.
- Im Job-Mix an universitären Rechenzentren werden typischerweise weniger als 10% erreicht.
- Die effektive Leistung sinkt allgemein weiter, da die Systeme und damit die Programmierung komplexer werden.
- Aktuelle HPC-Systeme erfordern Kenntnis von
  - MPI für verteilten Speicher
  - OpenMP für Manycore-Systeme mit gemeinsamem Speicher
  - CUDA/OpenCL für General-Purpose Graphics Processing Units (GPGPUs)
- Wie effizient das Programm läuft, ist für die Auslastung der Rechner irrelevant.

# TCO für HPC (2. Versuch)

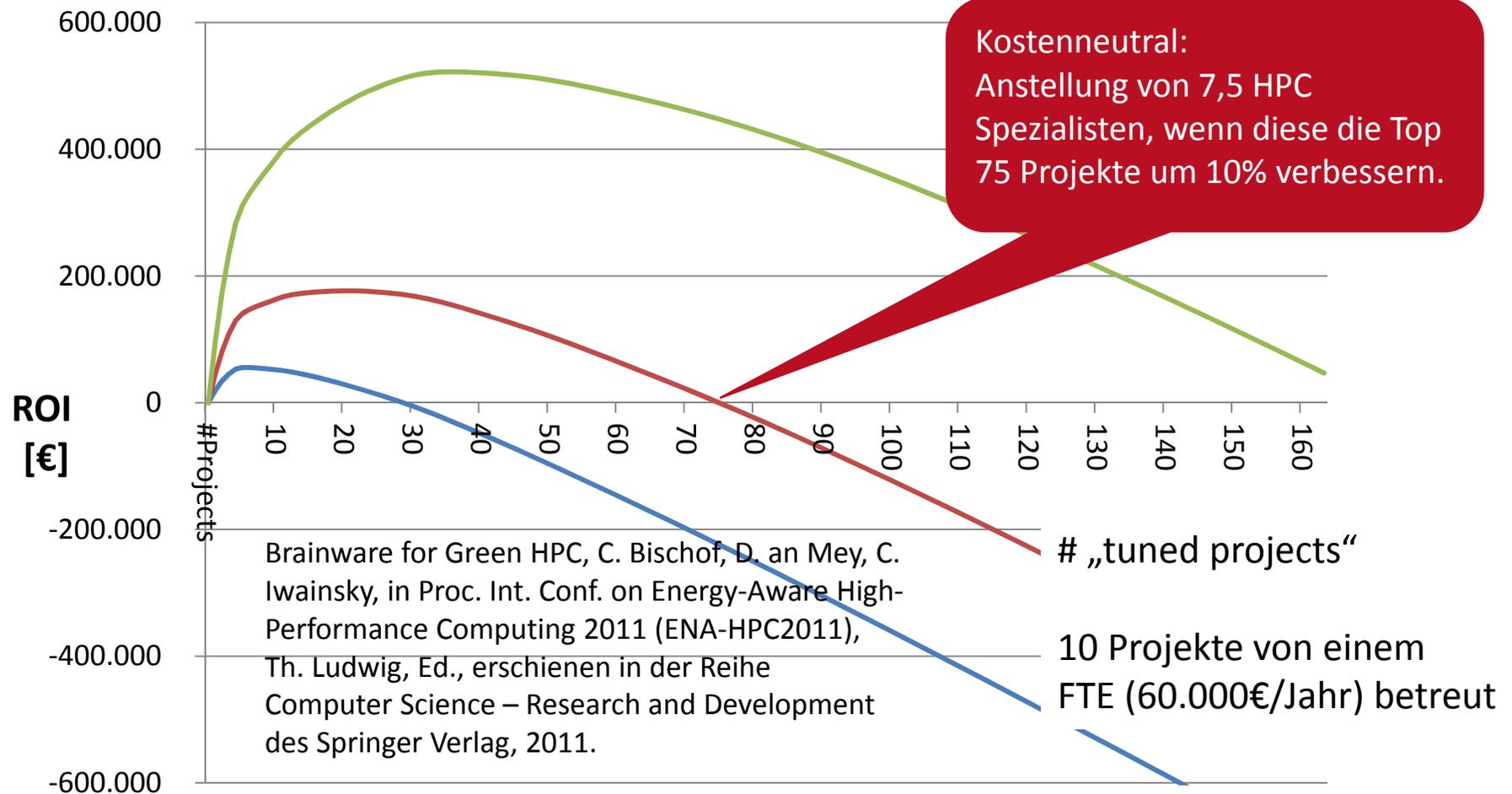


- „Green IT“ (im Sinne der TOP500 oder Green500 Liste) ist bedeutungslos für den Großteil des wissenschaftlichen HPC Tagesgeschäfts.
- Wenn durch eine neue Architektur die Rechenleistung der real auf der Maschine laufenden Codes sinkt, wird die ökonomische Effizienz sehr viel nachhaltiger geschädigt!
- **Deshalb: HPC-Software muss als Infrastruktur betrachtet werden, und (wie Infrastruktur) kontinuierlich betreut werden.**

# Ein Rechenbeispiel

- Verteilung der Rechenzyklen an der RWTH Aachen:
  - 15/64 Projekte verbrauchen 50/80% der Rechenzyklen.
- Einsatz eines HPC-Experten:
  - Ein Experte benötigt 2 Monate zum “code tuning” eines Projektes.
  - Ein Experte kann 5 Projekte pro Jahr bearbeiten.
  - Ein Projekt profitiert davon für 2 Jahre.
  - Insgesamt kann also ein Experte im Durchschnitt 10 Projekte pro Jahr betreuen.
  - Ein Experte kostet 60,000€.

# Return on Investment (5/10/20 Prozent Verbesserung)



# Brainware

- **Brainware = HPC Experten, die Performanz und Lebenszyklus von HPC Software in Anbetracht sich ändernder Betriebsbedingungen betreuen.**
- Wenn Brainware beim Betrieb einer HPC Installation fehlt, wird in großem Stil Geld verschwendet.
- Förderrichtlinien für HPC, Curricula, und Karriereentwicklungspfade müssen brainware anerkennen.
  - DFG: Strategisches SPP Software for Exascale Computing
  - Hessisches Minist. f. Wissenschaft und Kunst 2011/12 Programm zur Förderung der HPC Methodenkompetenz
  - Aktuelle Empfehlungen des Wissenschaftsrates zu HPC <http://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/1838-12.pdf>
  - EPSRC in England: „Software as an Infrastructure“, siehe <http://www.epsrc.ac.uk/ourportfolio/themes/researchinfrastructure/subthemes/einfrastructure/software/Pages/default.aspx>

# Wertschätzung von Software-Entwicklung in „Academia“ (H. Bungartz)



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

- Oft beobachtbar:
  - Fröhliches Beschaffen von IT-Infrastruktur
  - Arbeiten damit gilt als „Wissenschaft zweiter Klasse“
- Beispiel:
  - Forscher treibt Code-Entwicklung fulminant voran
  - Software stößt auf große Akzeptanz
  - Arbeiten mit der Software führt zu neuen Erkenntnissen
  - Arbeiten an der Software gilt jedoch (zu oft) nicht als eigenständige wissenschaftliche Leistung
  - dies wird der Bedeutung einer IT-beflügelten Wissenschaft (Computational Science and Engineering) nicht gerecht!

# Botschaften

- Software ist der Schlüssel für Innovation und Ökonomie beim Hochleistungsrechnen.
- Das Moore'sche Gesetz wird uns eine Vielzahl von verschiedenen Rechnerarchitekturen bescherehen.
- Beim „Hardware-Software-(Algorithm)-Codesign“ verschiebt sich die Bedeutung weg von der Hardware.
- Für „Exascale Codes“ werden benötigt:
  - Algorithmische Innovationen in den Anwendungswissenschaften und der Numerik
  - Neue Software-Entwicklungs-Paradigmen
- Brainware ist nötig, um Software effizient am Laufen zu halten.
- „Inhärente Interdisziplinarität“ (d.h. „mein Institut kann alles“) hat sich als Philosophie in „Simulation Science“ überlebt.
  - trifft auch auf Rechenzentren zu!