

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 / 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)

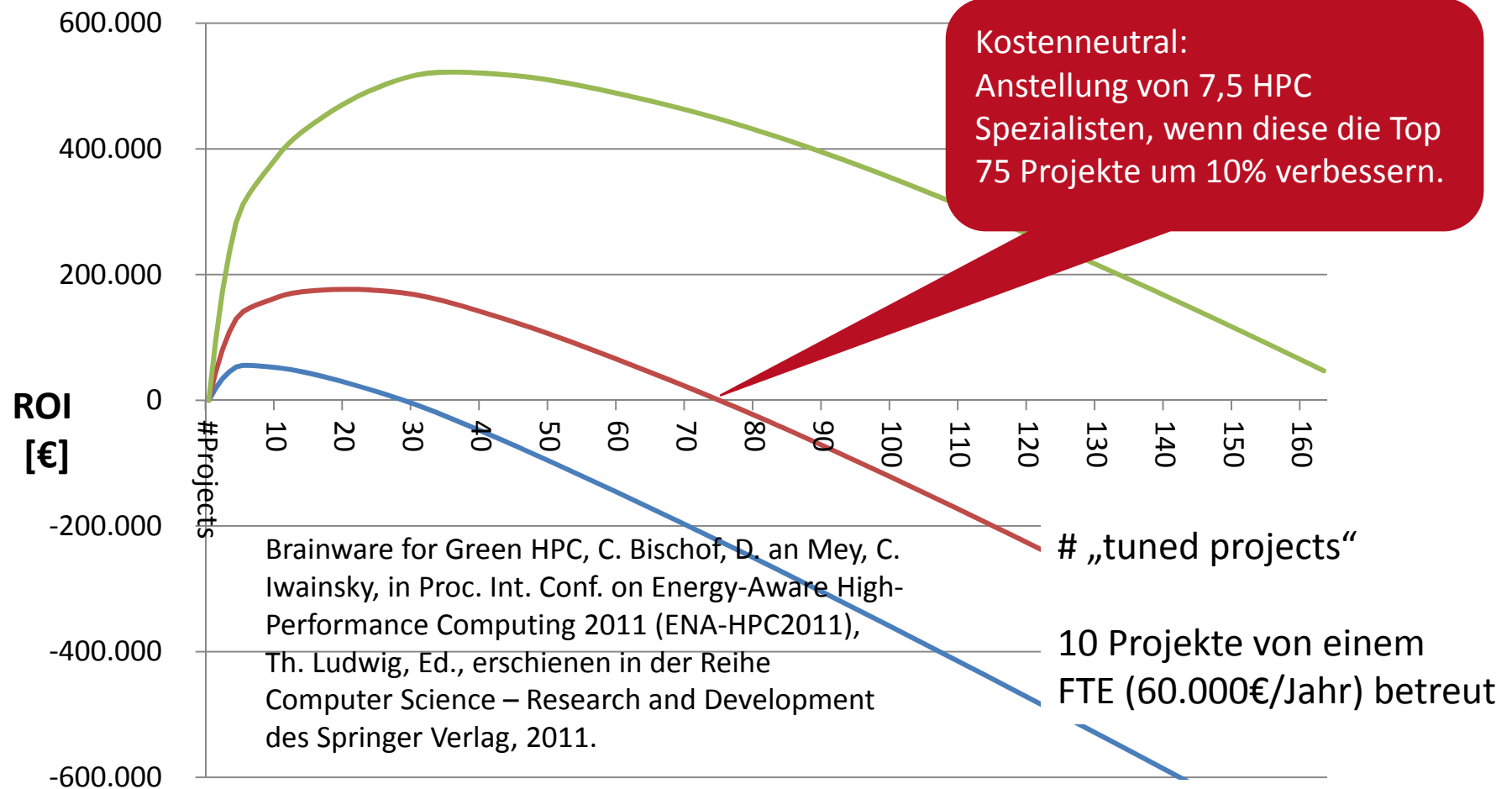


- „Green IT“ (im Sinne der TOP500 oder Green500 Liste) ist bedeutungslos für den Großteil des wissenschaftlichen HPC Tagesgeschäfts.
- Wenn durch eine neue Architektur die Rechenleistung der real auf der Maschine laufenden Codes sinkt, wird die ökonomische Effizienz sehr viel nachhaltiger geschädigt!
- **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!