

Hochleistungsberechnungen für Industrie und Weltraum

christian.federspiel@catalysts.at



Stagnation seit 2005

Performance Parameter

Entwicklung von 2005 - 2020

Taktfrequenz

Konstant bei ca. 3 GHz

L1 / L2 Cache Zugriffszeit

Konstant bei 1 ns / 4 ns

Mutex lock/unlock

Konstant bei 17 ns

Hauptspeicher random Zugriffszeit

Konstant bei 100 ns

SSD random Zugriffszeit

Konstant bei 17 μ s

Quelle: http://www.eecs.berkeley.edu/~rcs/research/interactive_latency.html

C Steigerungen

Performance Parameter

Schaltkreis-Integrationsdichte
Moore's law

Entwicklung von 2005 - 2020

Verdoppelung alle 20 Monate – 2020 ca. 80 Milliarden Transistoren auf einem Chip

1 MB sequentiell vom Hauptspeicher lesen

2005	2010	2015	2020
95 μ s	30 μ s	9 μ s	3 μ s

1 MB sequentiell von Disk/SSD lesen

2005	2010	2015	2020
7 / 2 ms	3 / 0,5 ms	2 / 0,2 ms	0,8 / 0,1 ms

Hauptspeicher und Hauptspeicher Bandbreite

Stacked DRAM (3D Speicher) Markteinführung 2015

Internet Anbindung

1 Gbit/s download

Trusted Cloud Computing

ISO 2700x ...

C Trends

Performance Parameter

Schaltkreis-Integrationsdichte
Moore's law

1 MB sequentiell vom Hauptspeicher lesen

1 MB sequentiell von Disk/SSD lesen

Hauptspeicher und Hauptspeicher Bandbreite

Internet Anbindung

Trusted Cloud Computing

Entwicklung

Verdoppelung alle 20 Monate
Transistoren auf einem Chip

	2005	2010	2015	2020
1 MB sequentiell vom Hauptspeicher lesen	95 μ s	30 μ s	9 μ s	3 μ s
1 MB sequentiell von Disk/SSD lesen	7 / 2 ms	2010		1 ms
Hauptspeicher und Hauptspeicher Bandbreite			Stacked DRAM (3D S)	
Internet Anbindung			1 Gbit/s download um 800€	
Trusted Cloud Computing			ISO 2700x ...	

30 x mehr Cores by 2020

In-Memory & Streaming Technologie für NRT – near real time



Beschleuniger

Intel Xeon Phi 2012

62 Pentium Kerne, 8 GB Mem, 16 GB/s Mem Transfer
1,2 TFlop SP, 1.900 €

Intel Xeon Phi 2014

72 Pentium Kerne, 384 GB Mem, 500 GB/s Mem Transfer
3 TFlop SP, 1.900 € (?)

Nvidia Kepler Titan 2013

2.688 CUDA Kerne, 6 GB Mem, 288 GB/s Mem Transfer
4,5 TFlop SP, 700 €

Nvidia Maxwell 2014

6.144 CUDA Kerne, 24 GB Mem, 1 TF GB/s Mem Transfer
10 TFlop SP (?), 700 € (?)



Nvidia SP (Single Precision) : DP (Double Precision) = 4 : 1



NVIDIA CUDA Rechenkern

Bei Logik Operationen (Verzweigungen) ist ein CUDA Kern ca. **10 x** langsamer als ein CPU Kern.

Bei Fließkomma Operationen ist ein CUDA Kern ca. **4 x** langsamer als ein CPU Kern.

Manche Operationen (trigonometrische, exp., fused multiple add) führt ein CUDA Kern um Faktoren schneller aus als ein CPU Kern

CUDA – Kern Taktfrequenz: 0,7 – 0,9 GHz



HPC Hardware heute

Server: 50 TFlop SP / 12 TFlop DP um 17.000€

2 x 12-Core CPU 3,5 GHz mit 512 GB Hauptspeicher

8 x Titan GPU mit 48 GB Hauptspeicher, 21.504 CUDA Kerne, 837 MHz

Preis: 17.380€ Stand Oktober 2013, Einzelstück, Preis unverhandelt, DELTA
Computer Reinbek / Deutschland

The *ManyCore Challenge* is the ONLY important challenge in computer science

Intel

... damit die Fortschritte bei Big Data, physikalische Modellierung, Robotik, Usability, Gamification ... in der Praxis zur Geltung kommen.



J.P. Morgan

Santa Clara, Kalifornien, 4. 8. 2011 – Der Finanzdienstleister **J.P. Morgan** hat die Dauer seiner Risikokalkulationen mithilfe von Tesla-GPUs von NVIDIA auf **wenige Minuten** reduziert.

Die weltweit größte Investmentbank J.P. Morgan verwendet ab sofort Tesla-GPUs für ihre **Risikokalkulationen**. Dadurch können die Berechnungen **40 Mal schneller** als mit reinen CPU-Lösungen durchgeführt und die **Betriebskosten reduziert** werden. Der Einsatz der GPUs **spart Energie** und ermöglicht umweltfreundlichere Rechenzentren.

Quelle: <http://www.nvidia.de/object/nvidia-tesla-jpmorgan-press-20110804-de.html>

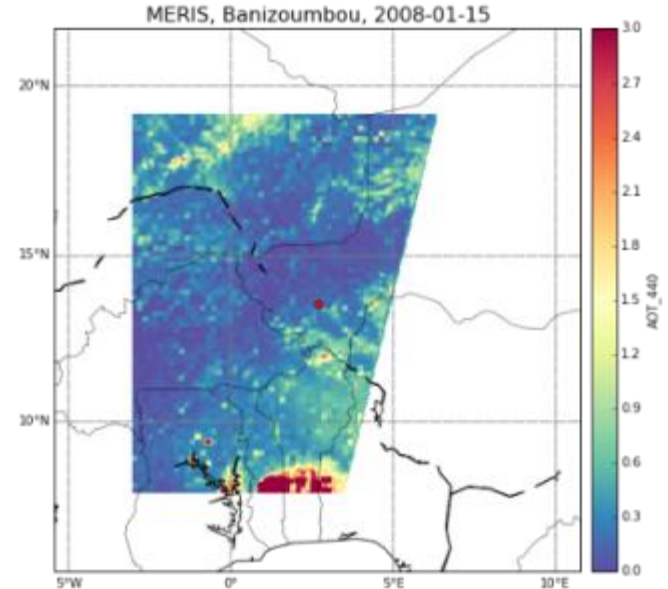
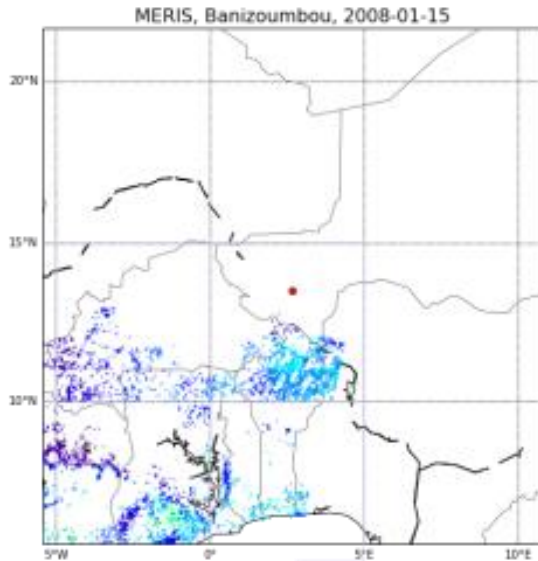


Halten Beschleuniger was sie versprechen?

Catalysts Projekte	Beschleunigung um Faktor
• Kranbau: Strukturmechanik, Hydraulikauslegung (12kloc C++)	61
• Banken: Risikosimulationen basierend auf tatsächlichen Daten (70kloc C++ und Java)	388
• Industrielle Fertigung: Optische Coherence Tomography (2kloc C++)	157
• Remote Sensing von Aerosolen (60kloc Fortran)	11



Staubwolke über Nigeria

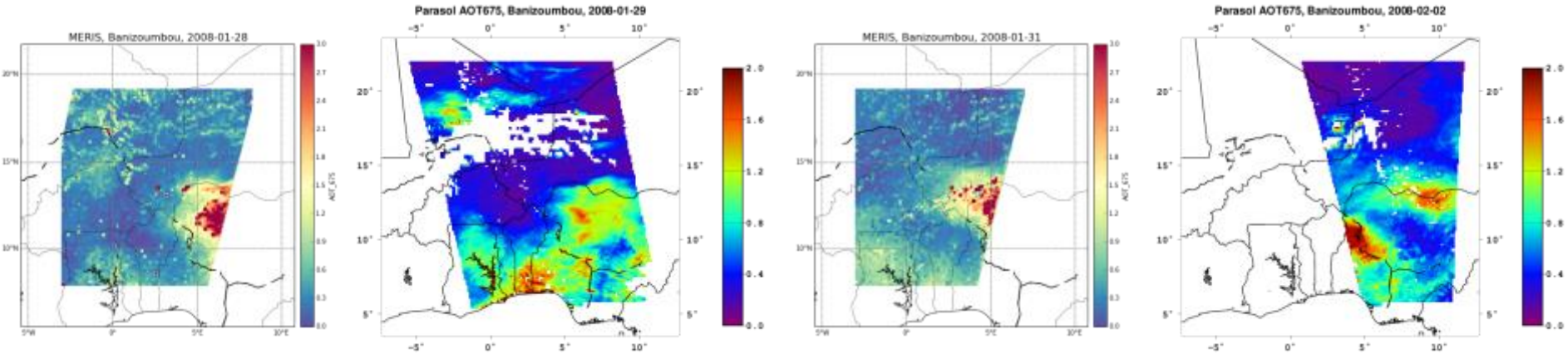


Aerosol Produkt derzeit in Verwendung
Basierend auf Lookup Tables

Catalysts / LOA Algorithmus
Basierend auf einem online physikalischen Modell



Staubwolke über Nigeria



Szene gerechnet 28.1. – 2.2.2008 über Banizoumbou, Nigeria.
AOT 675 MERIS and PARASOL



Test Processing Dataset

Ort

- 1.200 by 1.200 km
- Banizoumbou, Nigeria

Zeitspanne

- 60 Tage
- 2,5% Bewölkung

Dataset

- 6x6 km averaged MERIS RR pixels

Rechenzeit Original Code Nov. 2012(Hochrechnung)

6 Kern i7 3,8 GHz	Ca. 13 Tage
GPU	--

Rechenzeit Code Nov. 2013

6 Kern i7 3,8 GHz	28 h 15 m
Nvidia Titan GPU	2 h 39 m



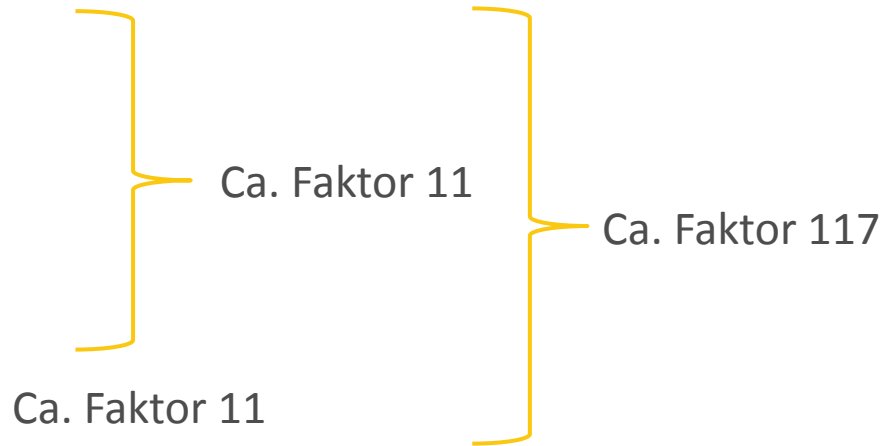
Test Processing Dataset

Rechenzeit Original Code Nov. 2012(Hochrechnung)

6 Kern i7 3,8 GHz	Ca. 13 Tage
GPU	--

Rechenzeit Code Nov. 2013

6 Kern i7 3,8 GHz	28 h 15 m
Nvidia Titan GPU	2 h 39 m



Nov. 2014: Weiterer Faktor 25 – 50 durch die enge Verzahnung von SW-Developer und Scientists



Performance Tuning Nebenwirkungen

Code verwendbar für Multi-CPU und Multi-GPU

Seiteneffektfreier Code

Unit Testfälle

High Order Functions

Software Produkt Linie

Experimentation fähiger Code

APIs

Funktionale Konzepte & Patterns

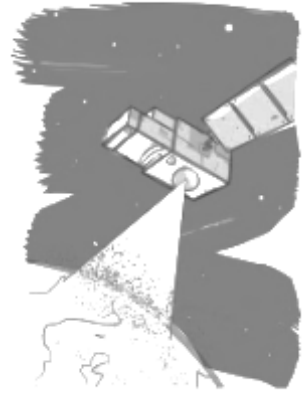
OO Konzepte & Patterns

Nachvollziehbare / Testbare

Parallele Big Data Algorithmen



Outlook



High Performance Computing ist und bleibt eine wichtige Querschnittstechnologie!

Versicherungen – Banken – Industrie - ...- Marketing – Earth Observation

Dieses Know How bringen wir auch in EODC-Water ein



Exponentielle Entwicklung



Verfügbarkeit	Kerne	Struktur [nm]	TFlop	Preis [€]	
07.2008	256	45 – 65	0,5	500	✓
09.2010	512	32 – 40	1	400	✓
07.2011	1.024	28 – 32	2	400	✓
12.2012	2.688	22	5	700	✓
06.2014	6.144	14	10	?	
12.2015	12.000	?	23	?	
06.2017	24.000	?	52	?	
11.2018	48.000	?	113	?	
05.2020	96.000	?	249	?	

Alle 18 Monate Verdoppelung der Anzahl der Kerne



Smarter Parallelization Strategy

Refactor architectural building blocks in a program within seconds.

Refactor to a hygienic code.

Refactor to well know parallel design patterns / skeletons

- convolution, scan, pipeline, ... <http://www.cs.uiuc.edu/homes/snir/PPP/>



Smarter Parallelization Strategy

We use our automatic and semi-automatic tools to optimize for a highly parallel, scale-free design. These tools can

- detect potential parallelism in a program
- simulate parallelism on a distinct point in the program
- refactor codes to be prepared for higher performance
- optimize the memory access patterns
- generate readable code for special high performance hardware and clusters

This workflow allows rapidly tweaking an algorithm for the best possible performance!



Risiko: Festplatten

Festplatten Fehlerrate bei 75 Petabyte Cloud Speicher bei Backblaze.com

- Ersten 1,5 Jahre: 5.1% pro Jahr
- Zweiten 1,5 Jahre: 1.4% pro Jahr
- Ab dem 3. Jahr: 11.8% pro Jahr

Quelle: <http://blog.backblaze.com/2013/11/12/how-long-do-disk-drives-last/>