



Die TOP500-Liste

1. Vergleich von Rechnersystemen
2. Die TOP500-Liste
3. Beispielsysteme
4. Historische Sicht

1. Vergleich von Rechnersystemen

Komplexe Fragestellung

- Erster Ansatz: FLOPS (auch Flop/s)
floating point operations per second
- Theoretisches Maximum ergibt sich aus der Anzahl der Zyklen pro Gleitkommaoperation

Bewertung durch sogenannte Benchmark-Programme

- Synthetische Benchmarks (meist Assembler)
- CPU-Benchmark (meist numerische Programme)

46/88

Siehe:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Flops>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Benchmark_%28computing%29

Zum Vergleich: Prozessoren

Beispiele der GFLOP-Werte an einigen CPUs^[10]

| LINPACK 1kx1k (DP) | Höchstleistung (in GFLOPS) | Durchschnittsleistung (in GFLOPS) | Effizienz (in %) |
|--|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Cell, 1 SPU, 3,2 GHz | 1,83 | 1,45 | 79,23 |
| Cell, 8 SPUs, 3,2 GHz | 14,63 | 9,46 | 64,66 |
| Pentium 4, 3,2 GHz | 6,4 | 3,1 | 48,44 |
| Pentium 4 + SSE3, 3,6 GHz | 14,4 | 7,2 | 50,00 |
| Core i7, 3,2 GHz, 4 Kerne | 51,2 | 33,0 (HT enabled) ^[11] | 64,45 |
| Core i7, 3,47 GHz, 6 Kerne | 83,2 | | |
| Core i7 Sandy-Bridge, 3,4 GHz, 4 Kerne | 102,5 | 92,3 | 90,05 |
| Itanium, 1,6 GHz | 6,4 | 5,95 | 92,97 |

Xeon E5 v3 Haswell-EP Performance – Linpack (September 8, 2014 by Donald Kinghorn)

A good approximation of theoretical peak for Haswell looks like this:

CPU GHz * number of cores * SIMD vector ops (AVX) * special instructions effect (FMA3)

For the dual Xeon E5-2687W v3 @ 3.10GHz system theoretical peak would be

$$3.1 * 20 * 8 * 2 = 992 \text{ GFLOPS}$$

What did I get? 788 GFLOPS approx. 80% of theoretical peak

47/88

Siehe:

- http://de.wikipedia.org/wiki/Floating_Point_Operations_Per_Second
- <http://www.pugetsystems.com/blog/2014/09/08/Xeon-E5-v3-Haswell-EP-Performance-Linpack-595/>

Zum Vergleich: Anwendungen

- Rechnersystem Blizzard am DKRZ 2010
 - 110 TFLOPS LINPACK-Leistung
 - Bei ca. 8.500 Prozessorkernen macht das ca. 13 GFLOPS/Prozessorkern
- Klimaberechnung IPCC AR5
 - Geschätzter Bedarf: 30 Millionen Prozessorkernstunden
 - DKRZ stellt 60 Millionen pro Jahr bereit
 - Ca. 50 TFLOP pro Prozessorkernstunde
 - Entspricht 50.000.000.000.000 FLOP pro Prozessorkernstunde

48/88

Vergleich von Rechnersystemen...

Der parallele LINPACK-Benchmark

- Entwickelt von Jack Dongarra (Knoxville, TN)
- Ist gleichzeitig eine vollwertige Bibliothek für lineare Algebra
- Benchmark: dicht besetztes Gleichungssystem
- R_{\max} ist maximale Leistung bei Problemgröße N_{\max}
- R_{peak} ist die theoretische Maximalleistung

Bezeichnet als HPL – High Performance Linpack

49/88

Siehe:

- http://en.wikipedia.org/wiki/LINPACK_benchmarks

Vergleich von Rechnersystemen...

Kritik

- HPL läuft zu lange
 - Z.B. eine Woche den Rechner dafür benutzen bei 260 Wochen Standzeit des Rechners und 100 M€ Vollkosten kostet somit 380 T€ für den Linpack
- HPL repräsentiert nur wenige parallele Programme
- Manche Rechnern werden auf guten Linpack hin entworfen
- In der Praxis deshalb Anwendungsbenchmarks

50/88

2. Die TOP500-Liste

Website www.top500.org

- Hans Meuer (†) (Universität Mannheim)
- Jack Dongarra (Univ. Tennessee, Knoxville)
- Erich Strohmeier (NERSC/LBNL)
- Horst Simon (NERSC/LBNL)

Zwei Aktualisierungen pro Jahr

- Juni: International Supercomputing Conference Deutschland
- November: Supercomputing Conference USA

Basiert auf dem LINPACK-Benchmark

51/88

Siehe:

- <http://top500.org/>



| RANK | SITE | SYSTEM | CORES | RMAX [TFLOP/S] | RPEAK [TFLOP/S] | POWER [kW] |
|------|---|---|-----------|-------------------|--------------------|---------------|
| 1 | National Super Computer Center in Guangzhou China | Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.20GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT | 3,120,000 | 33,862.7 | 54,902.4 | 17,808 |
| 2 | DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States | Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.20GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc. | 560,640 | 17,590.0 | 27,112.5 | 8,209 |
| 3 | DOE/NNSA/LLNL United States | Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM | 1,572,864 | 17,173.2 | 20,132.7 | 7,890 |
| 4 | RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS) Japan | K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu | 705,024 | 10,510.0 | 11,280.4 | 12,660 |
| 5 | DOE/SC/Argonne National Laboratory United States | Mira - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60GHz, Custom IBM | 786,432 | 8,586.6 | 10,066.3 | 3,945 |
| 6 | Swiss National Supercomputing Centre [CSCS] Switzerland | Piz Daint - Cray XC30, Xeon E5-2670 8C 2.600GHz, Aries interconnect , NVIDIA K20x Cray Inc. | 115,984 | 6,271.0 | 7,788.9 | 2,325 |
| 7 | Texas Advanced Computing Center/Univ. of Texas United States | Stampede - PowerEdge C8220, Xeon E5-2680 8C 2.700GHz, Infiniband FDR, Intel Xeon Phi SE10P Dell | 462,462 | 5,168.1 | 8,520.1 | 4,510 |
| 8 | Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany | JUQUEEN - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM | 458,752 | 5,008.9 | 5,872.0 | 2,301 |

52/88

TOP500 Nov 2014 1-8 / Ein paar wichtige Daten sollten Sie kennen:

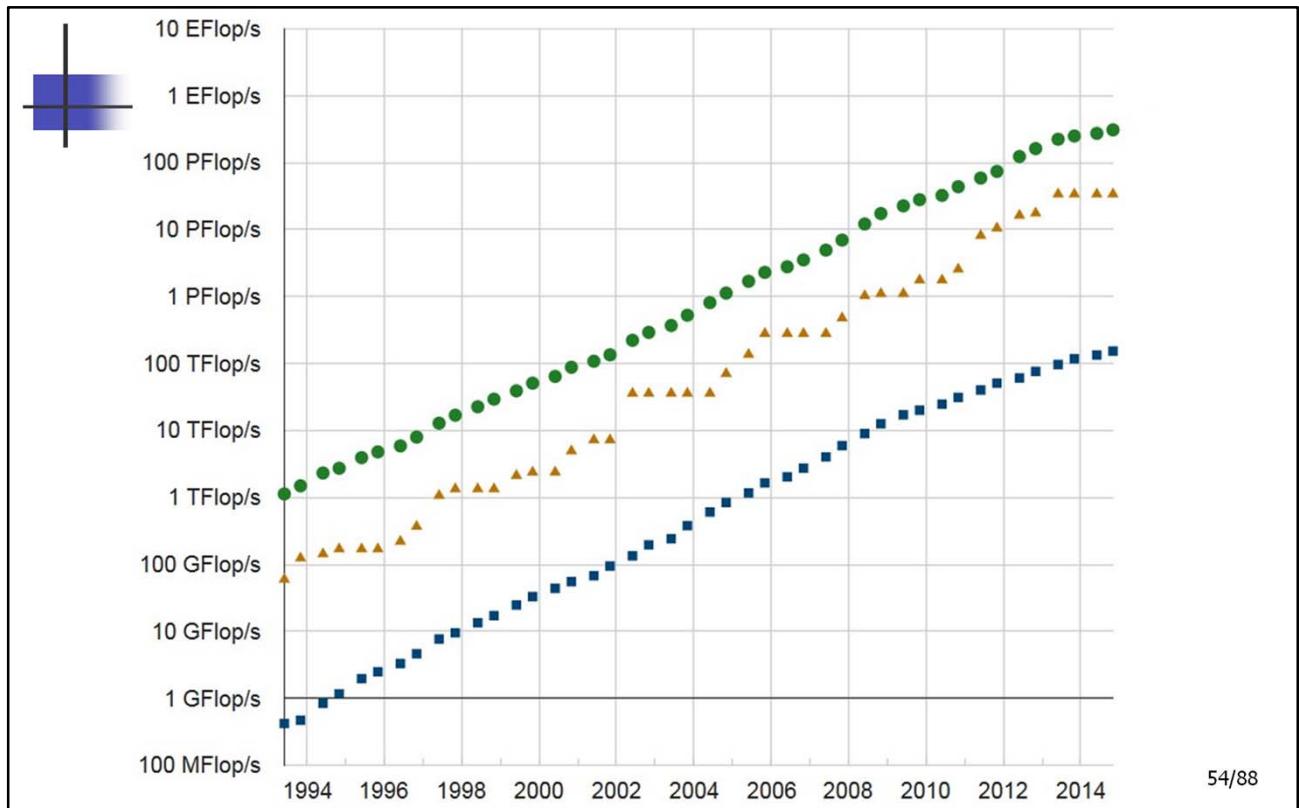
- Nr 1: Mit über 3,1 Millionen Prozessorkernen kommt Tianhe-2 auf über 33 PFLOPS bei ca. 17 MW. Das liegt am verwendeten Intel Xeon Phi Manycore-Prozessor.
- Nr 2: Mit über 560.000 Prozessorkernen kommt Titan auf 17 PFLOPS. Es werden NVIDIA-Grafikkarten verwendet.
- Nr 3: Mit über 1,5 Millionen Prozessorkernen kommt Sequoia auf über 16 PFLOPS bei ca. 8 MW. Das liegt am verwendeten stromsparenden Power-Prozessor.
- Nr 4: Mit über 700.000 Prozessorkernen verwendet K computer einen SUN Sparc-Prozessor. Ca. 10 PFLOPS bekommen wir für ca. 12 MW. Die Maschine verwendet keine Beschleunigerkarten.
- Nr 8: Ein neuer deutscher Höchstleistungsrechner ist gerade in die vorderen Ränge gekommen.

Nov
2014
D

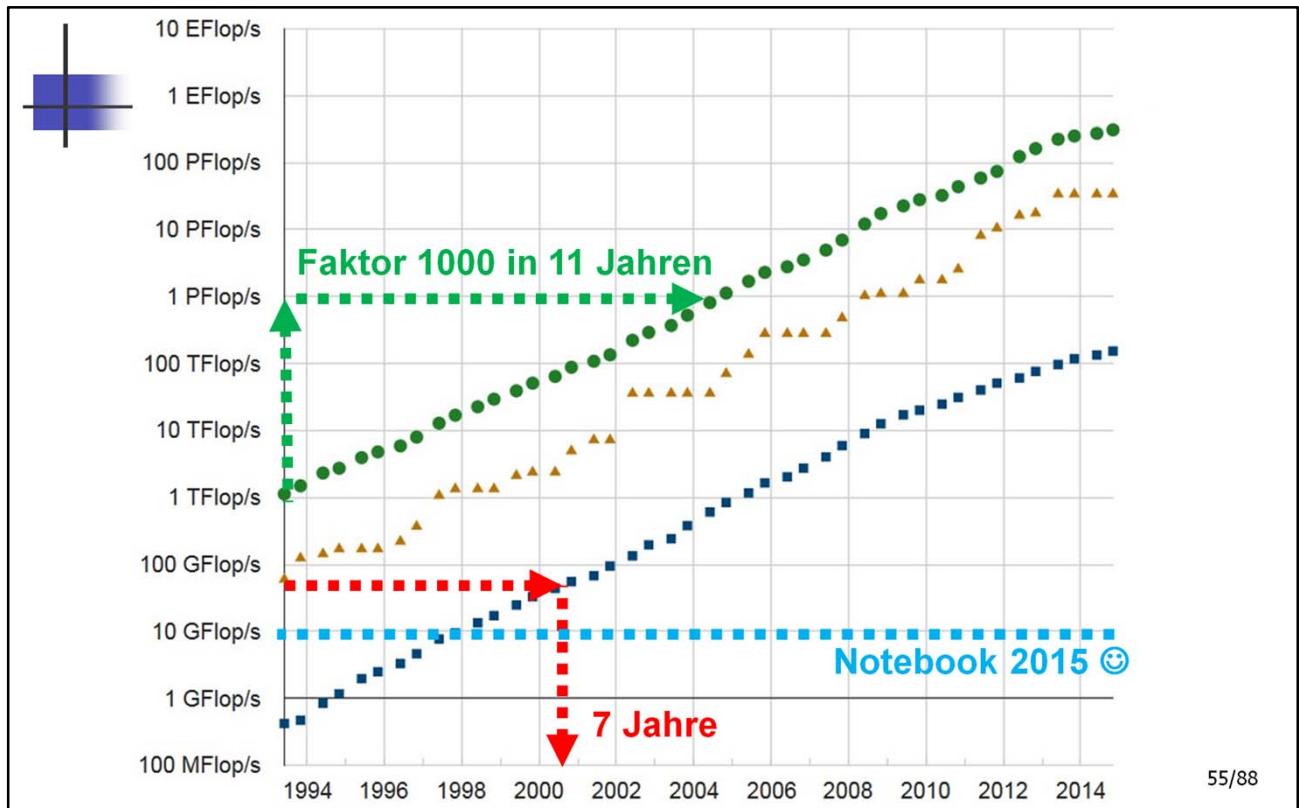
26 Einträge

| RANK | SITE | SYSTEM | RMAX CORES (TFLOP/S) | | RPEAK (TFLOP/S) | POWER (kW) |
|------|--|---|-------------------------|---------|--------------------|---------------|
| 8 | Forschungszentrum Juelich [FZJ] Germany | JUQUEEN - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.600GHz, Custom Interconnect IBM | 458,752 | 5,008.9 | 5,872.0 | 2,301 |
| 14 | Leibniz Rechenzentrum Germany | SuperMUC - iDataPlex DX360M4, Xeon E5-2680 8C 2.70GHz, Infiniband FDR IBM | 147,456 | 2,897.0 | 3,185.1 | 3,422.7 |
| 16 | HLRS - Höchstleistungsrechenzentrum Stuttgart Germany | Hornet - Cray XC40, Xeon E5-2680v3 12C 2.5GHz, Aries interconnect Cray Inc. | 94,608 | 2,763.0 | 3,784.3 | 1,512 |
| 34 | Max-Planck-Gesellschaft MPI/IPP Germany | iDataPlex DX360M4, Intel Xeon E5-2680v2 10C 2.800GHz, Infiniband FDR IBM | 65,320 | 1,283.3 | 1,463.2 | 1,260 |
| 51 | HLRN at ZIB/Konrad Zuse-Zentrum Berlin Germany | Konrad - Cray XC40, Intel Xeon E5-2695v2/E5-2680v3 12C 2.4/2.5GHz, Aries interconnect Cray Inc. | 44,928 | 991.5 | 1,425.7 | |
| 60 | HWW/Universitaet Stuttgart Germany | HERMIT - Cray XE6, Opteron 6276 16C 2.30 GHz, Cray Gemini interconnect Cray Inc. | 113,472 | 831.4 | 1,043.9 | |
| 61 | HLRN at Universitaet Hannover / RRZN Germany | Gottfried - Cray XC40, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz/E5-2680v3 12C 2.5GHz, Aries interconnect Cray Inc. | 40,320 | 829.8 | 1,241.4 | |
| 77 | Max-Planck-Gesellschaft MPI/IPP Germany | iDataPlex DX360M4, Intel Xeon E5-2680v2 10C 2.800GHz, Infiniband, NVIDIA K20x IBM | 15,840 | 709.7 | 1,013.1 | 269.9 |

53/88



Grün: aggregiert alle 500 Systeme – braun: Systeme auf Rang 1 – blau: Systeme auf Rang 500



55/88



<http://de.slideshare.net/top500/top500-list-november-2014>

Highlights of the 44th TOP500 List

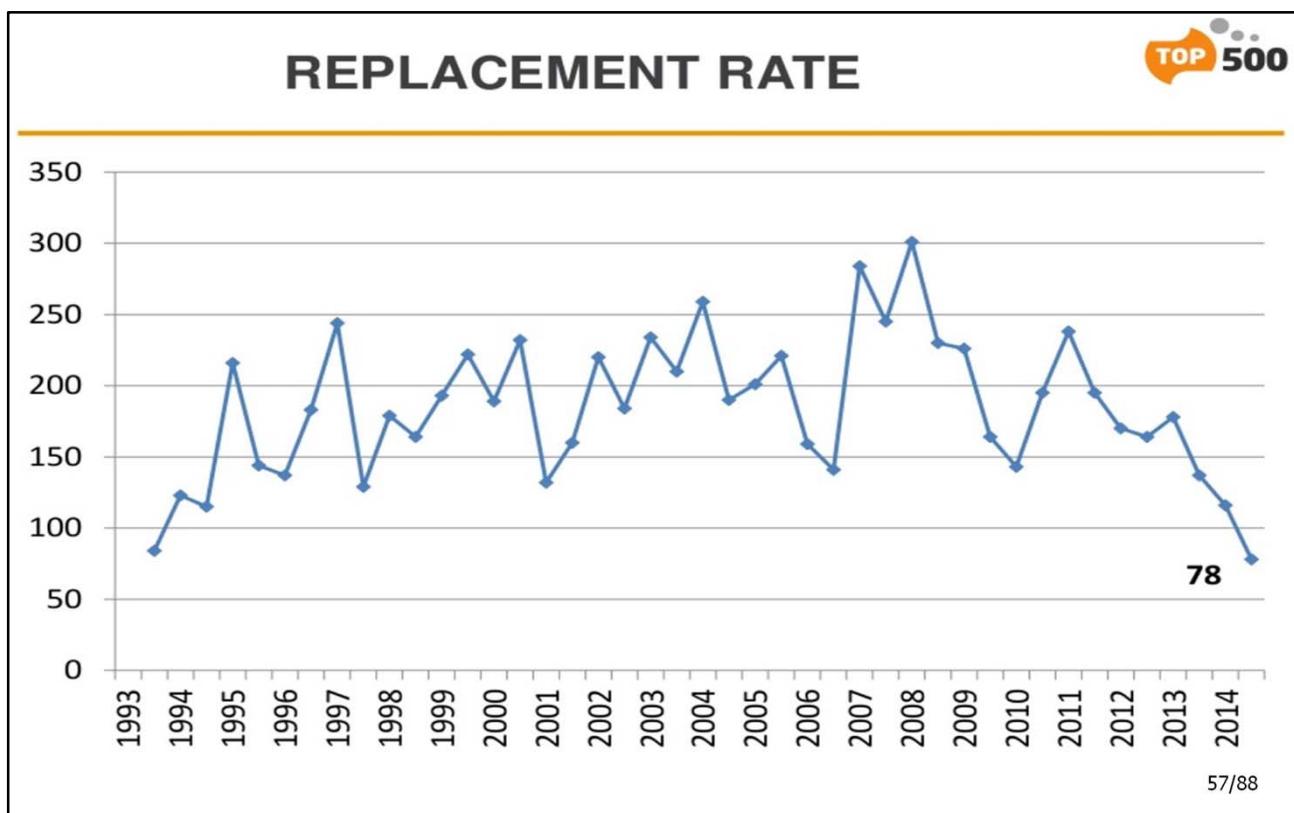
SC14,
New Orleans,
November 17,
2014

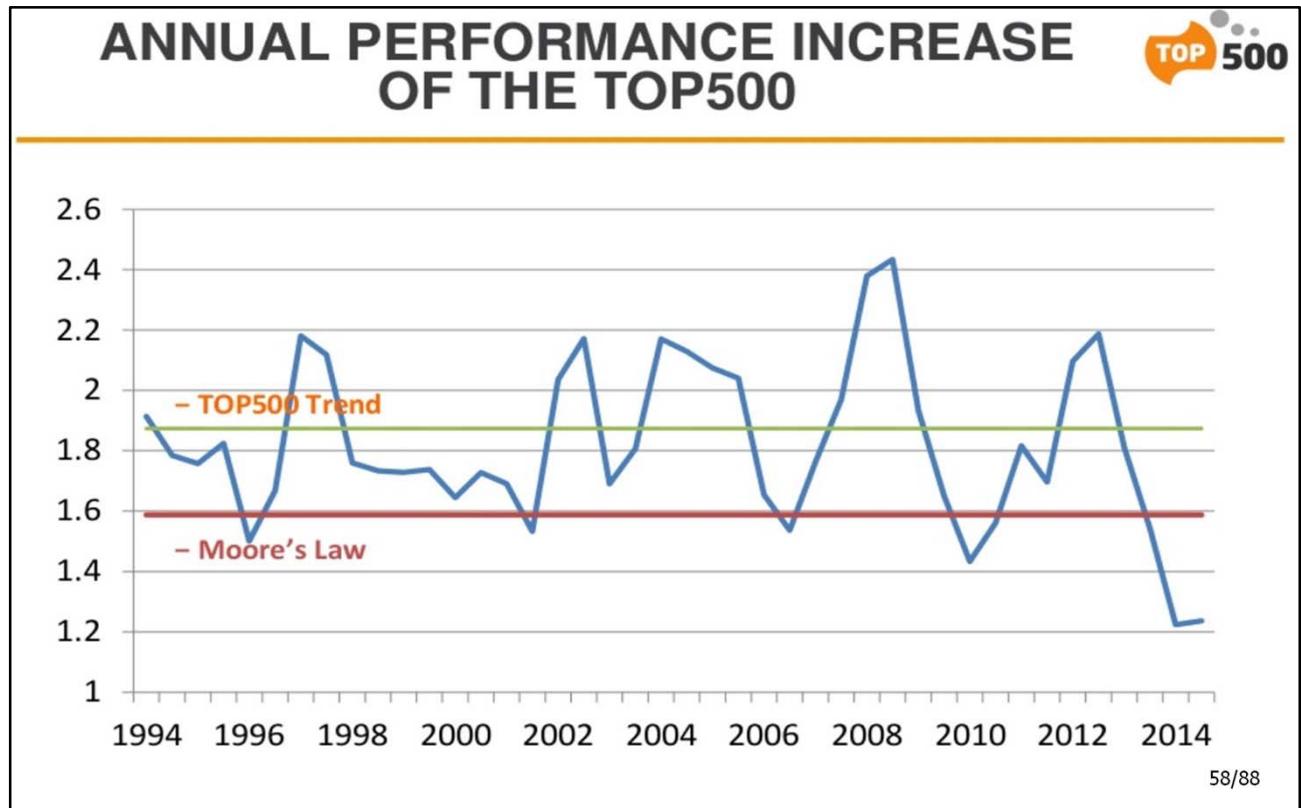
Erich
Strohmaier

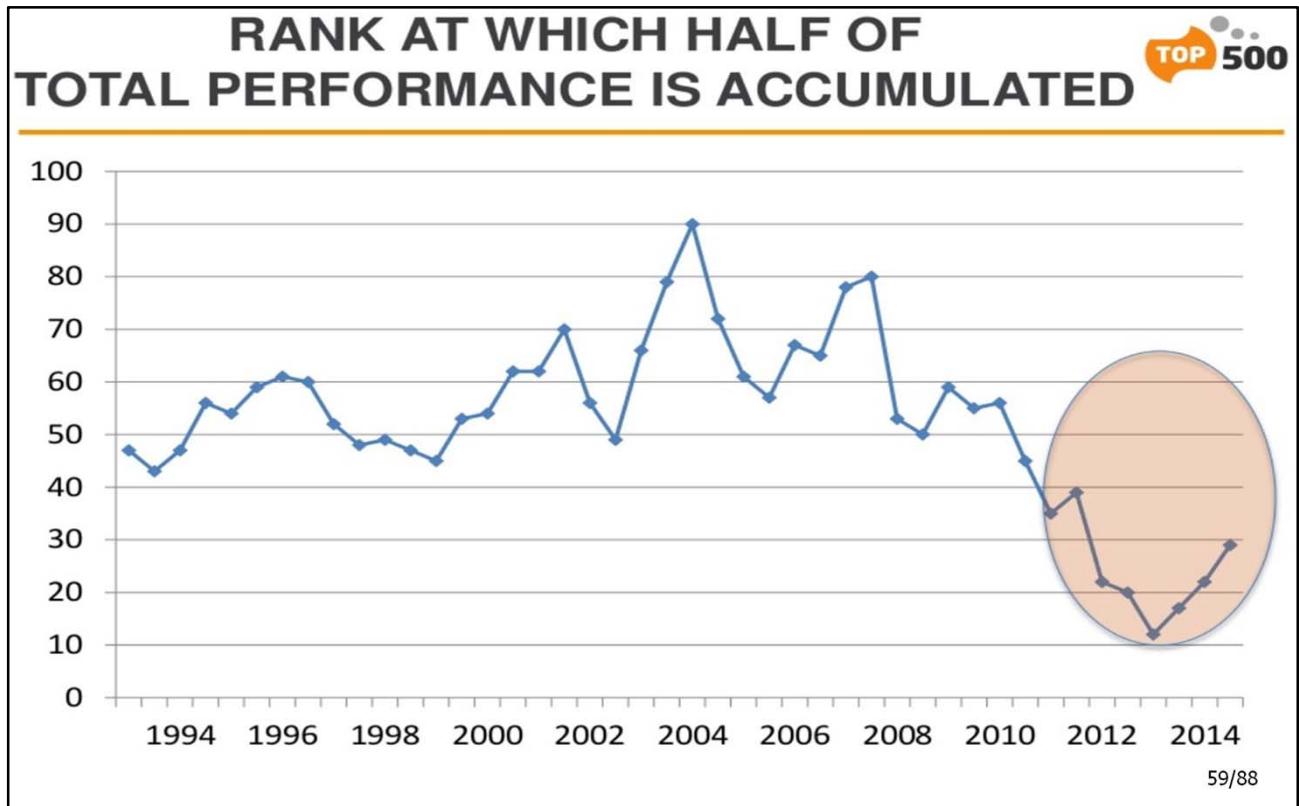
56/88

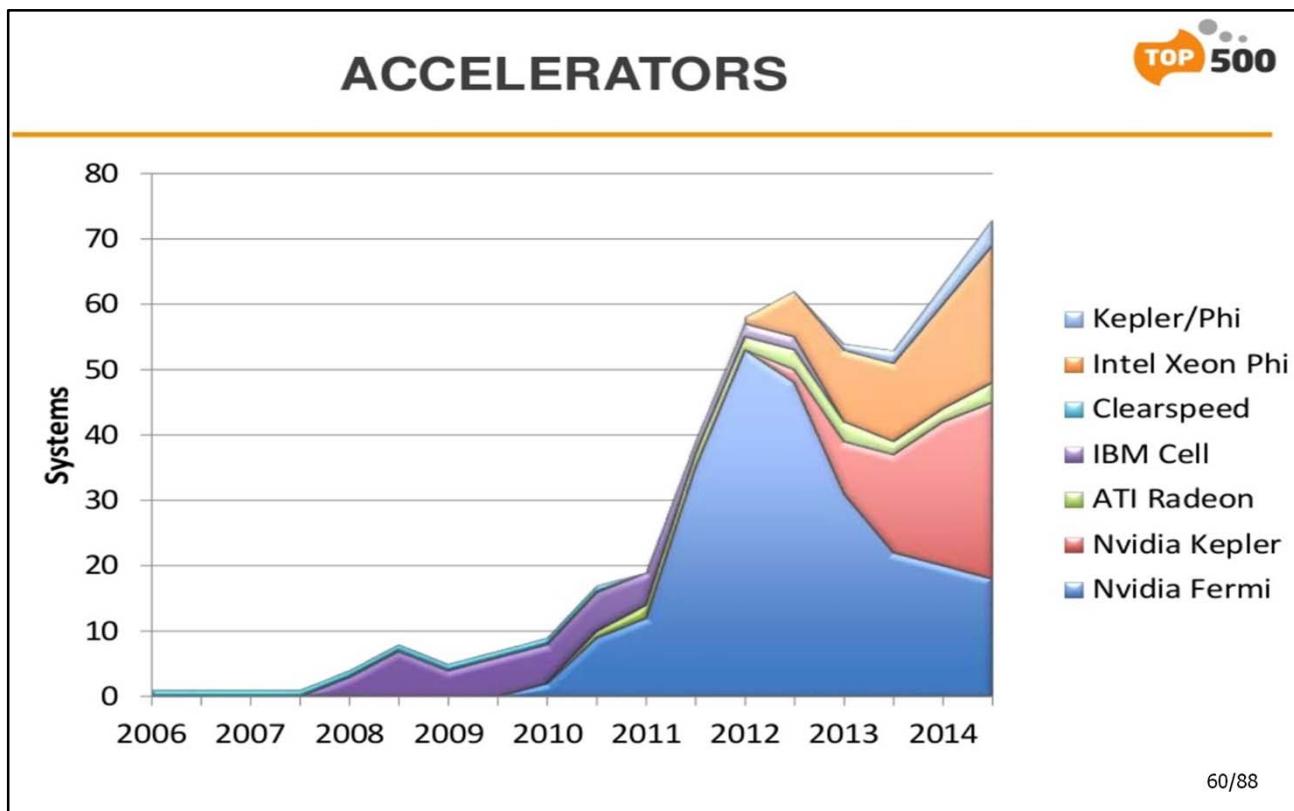
Siehe:

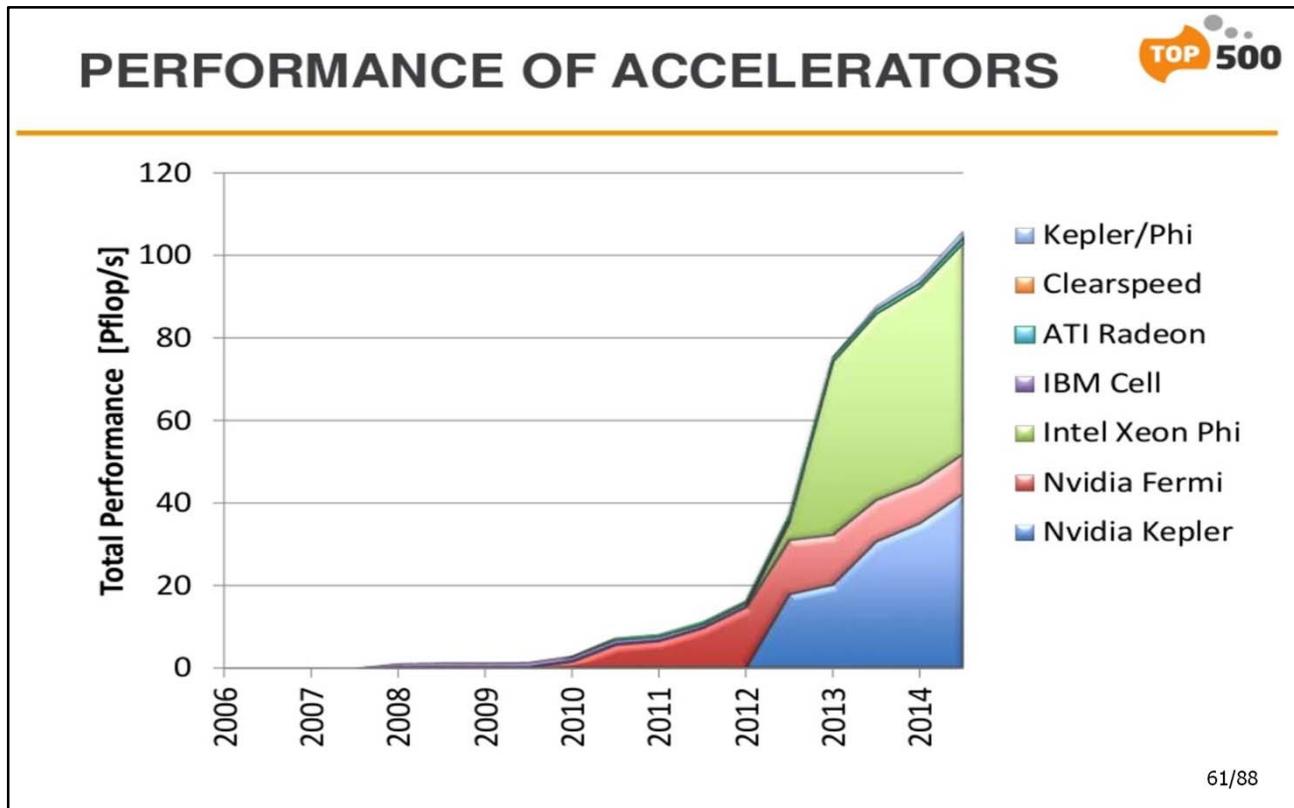
- <http://de.slideshare.net/top500/top500-list-november-2014> .

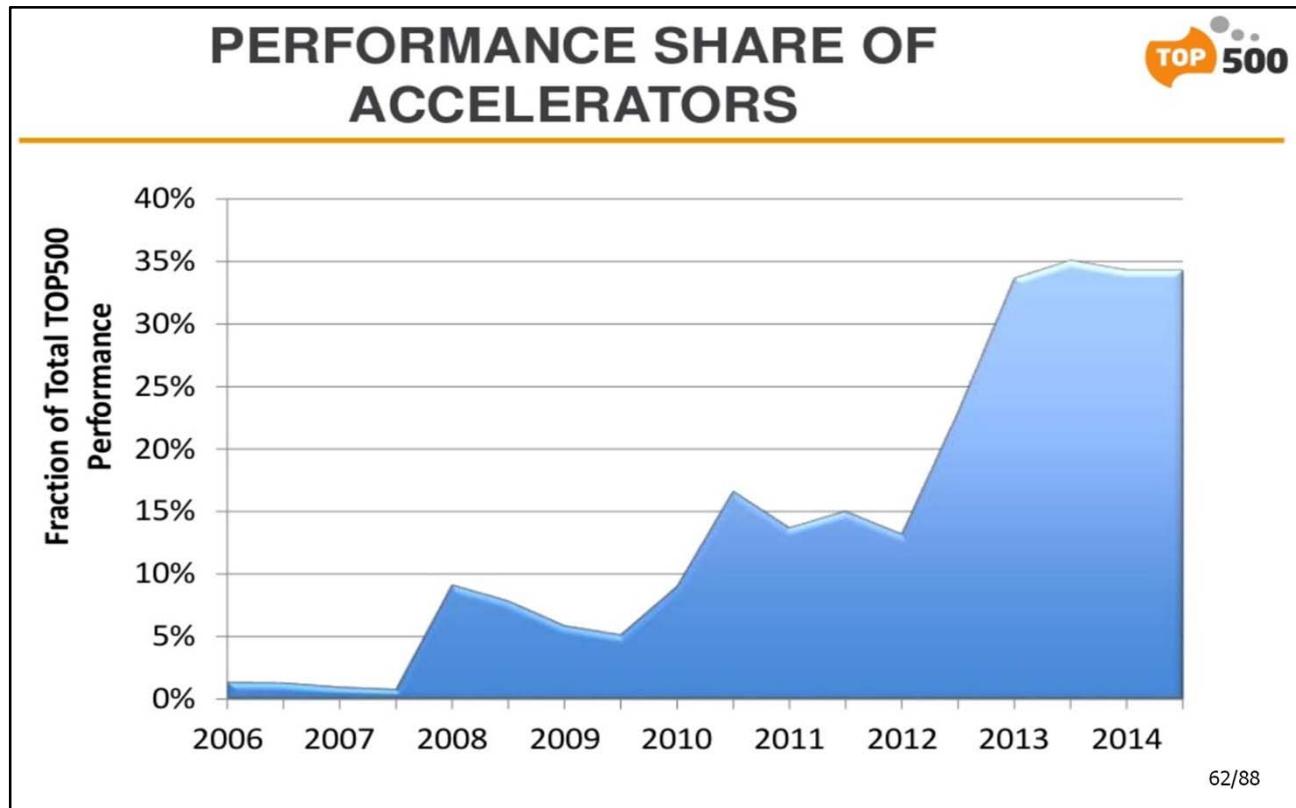


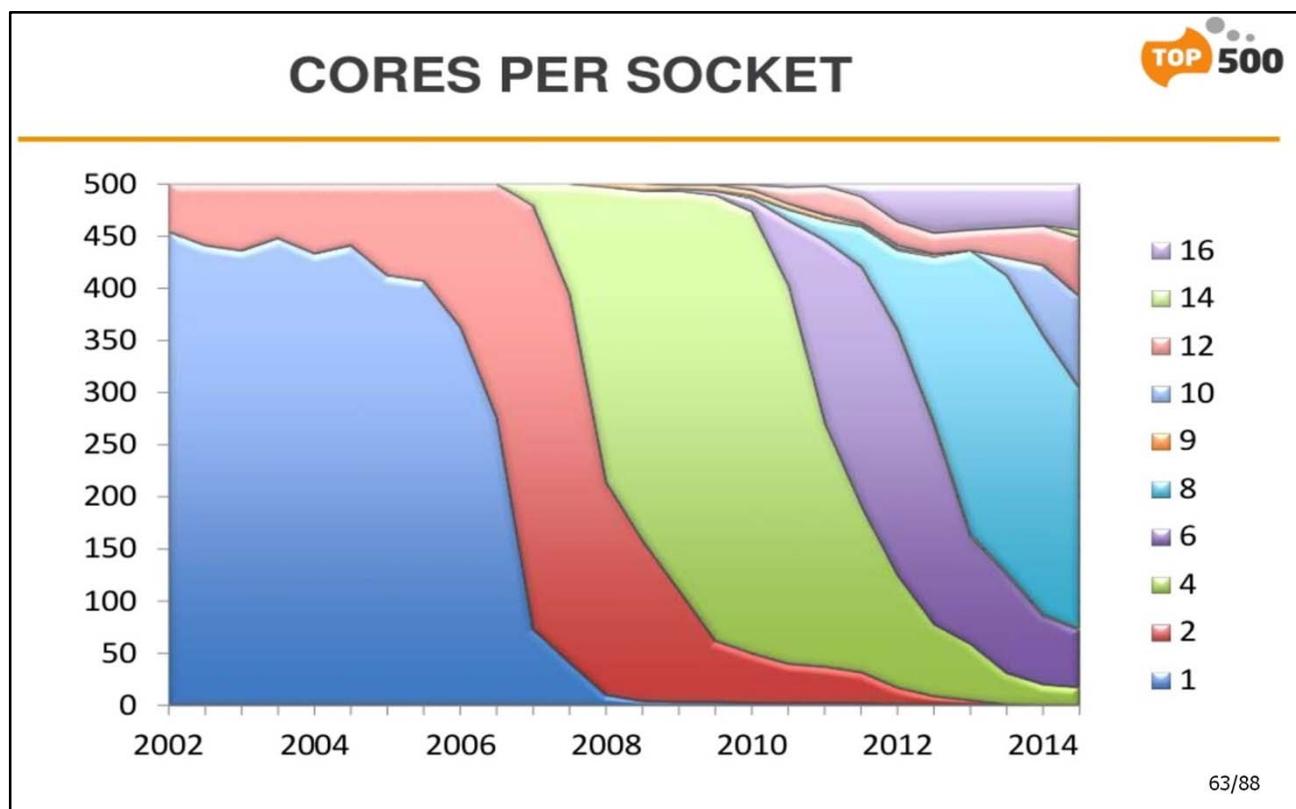


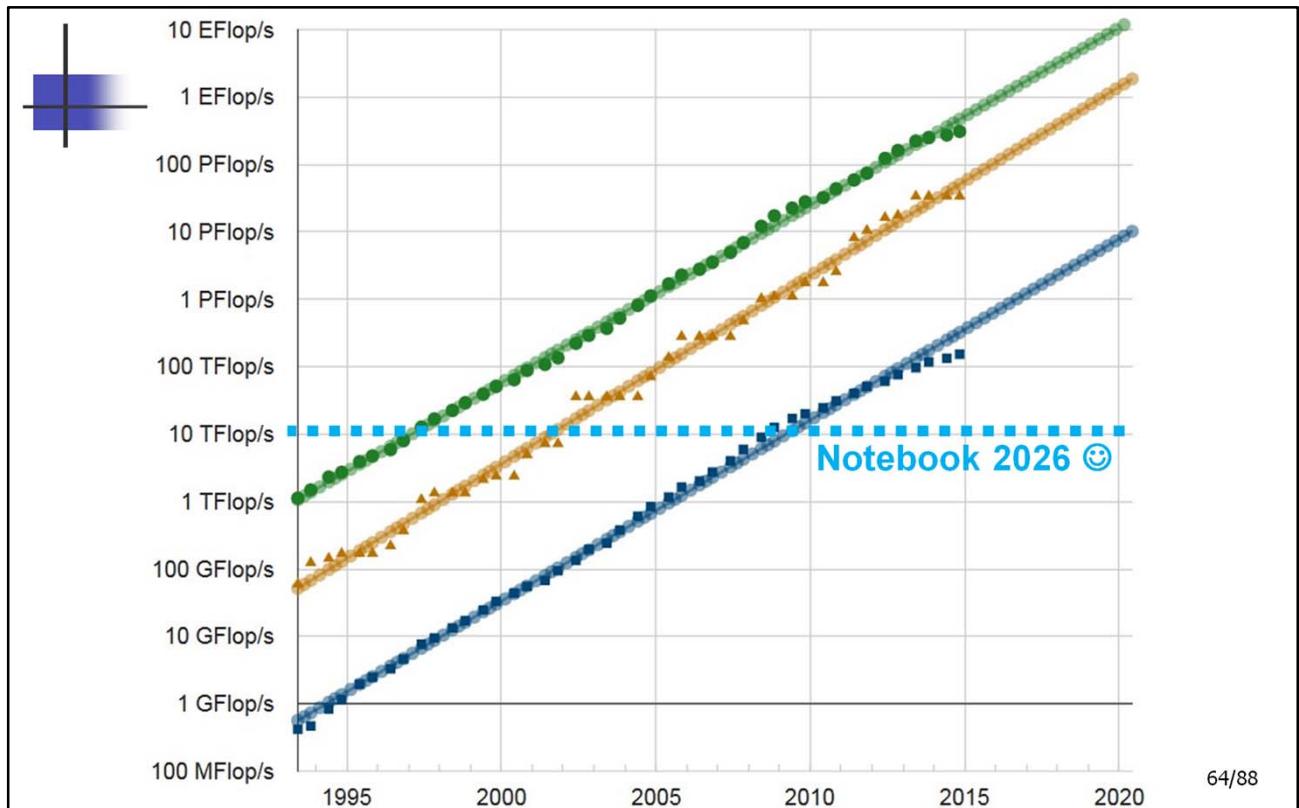












Grün: aggregiert alle 500 Systeme – braun: Systeme auf Rang 1 – blau: Systeme auf Rang 500

Leistungsentwicklung bis November 2014

Moore's Law

„Verdopplung der Transistorzahl alle 18 Monate“
(entspricht evtl. Leistungsverdopplung)

Jun93–Nov14: 21,5 Jahre = 14,3x18 Monate
etwa Faktor $2^{14}=16384$

Leistung Summe: 1 TFlop/s – 309.000 TFlop/s (x 309k)

Leistung #1: 60 GFlop/s – 34.000 TFlop/s (x 570k)

Leistung #500: 0,4 GFlop/s – 153.000 GFlop/s (x 382k)

3. Beispielsysteme

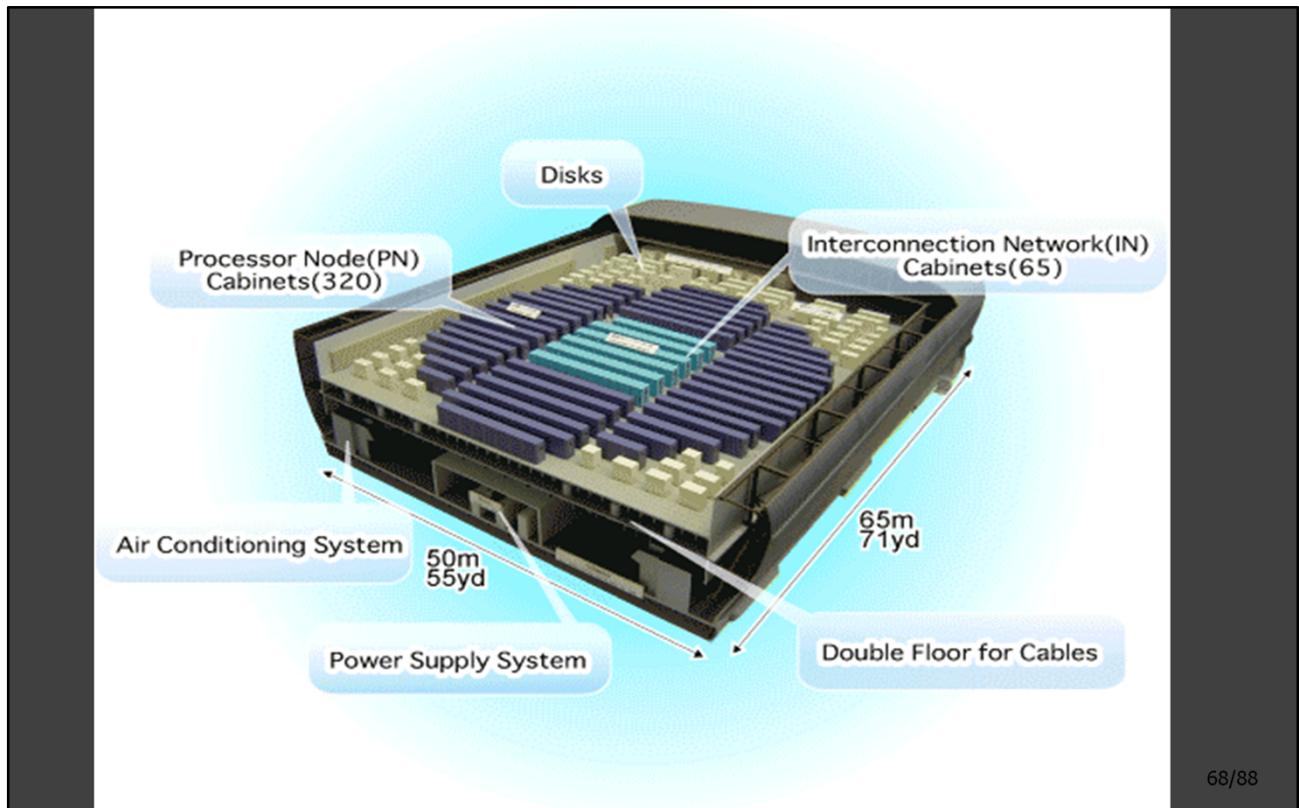
- NECs Earth Simulator (Yokohama, Japan)
- Fujitsu K Computer (Kobe, Japan)
- Mare Nostrum (Barcelona, Spanien)

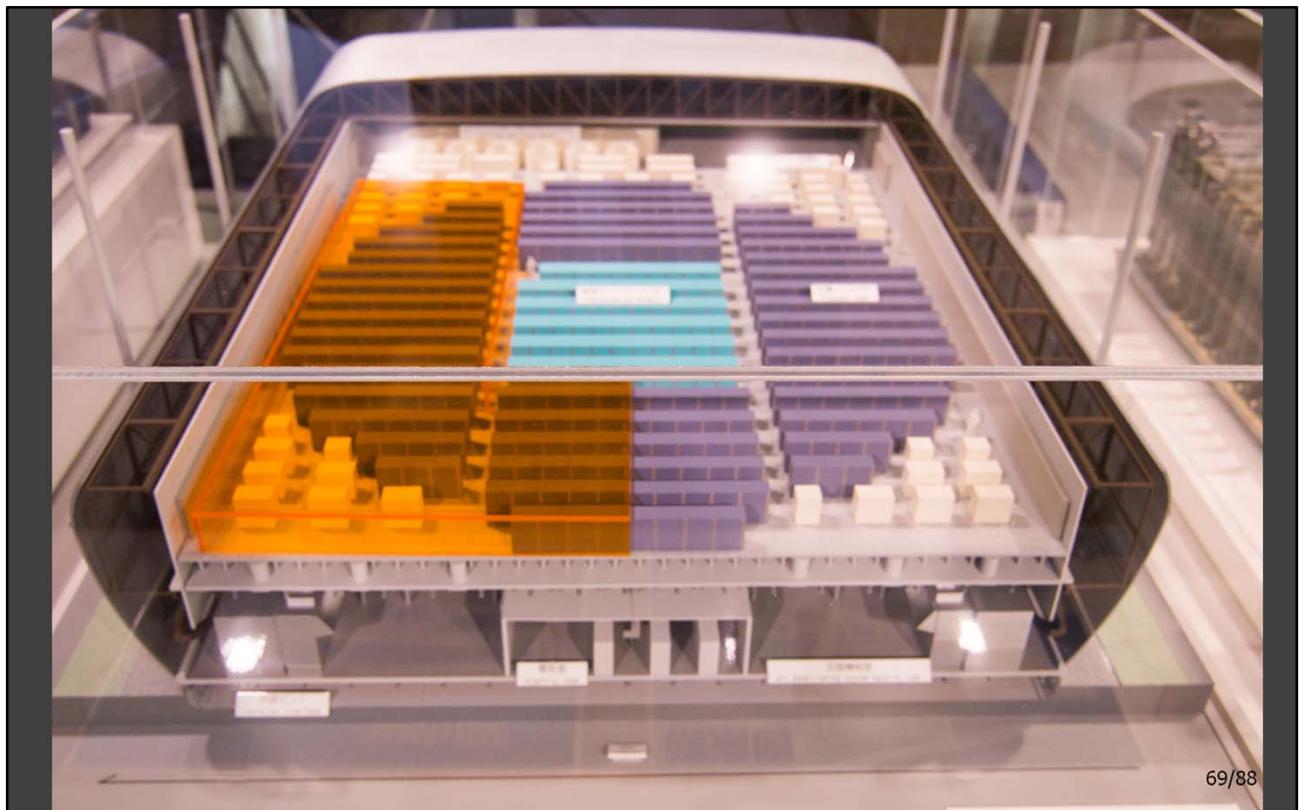
NECs Earth Simulator (6/2002-11/2008)

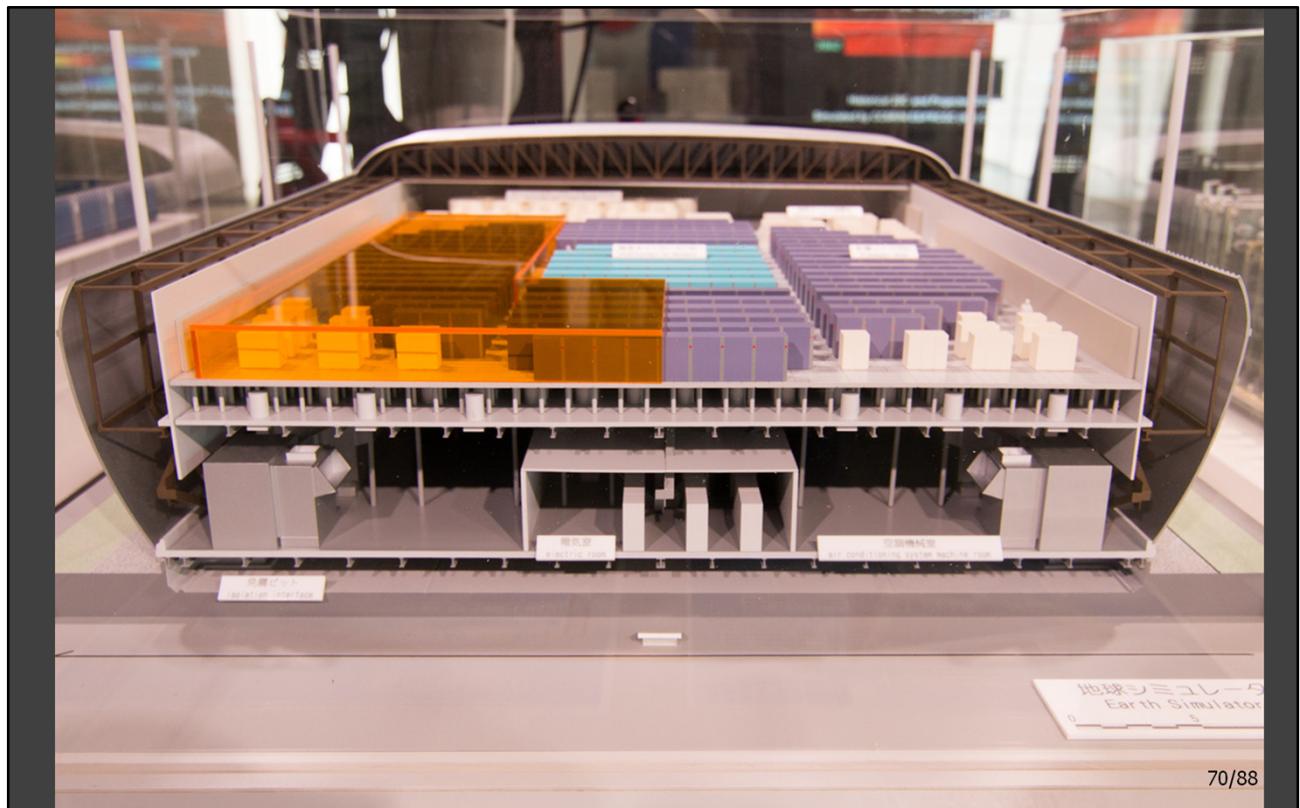
- 640 Knoten
- Zu je 8 Vektorprozess.
- 5120 Prozessoren
- 0,15 mikron Kupfer
- 200 MioUSD Rechner
- 200 MioUSD Gebäude und Kraftwerk
- Zum Zwecke der Klimaforschung etc.
- ▶ 36 TFLOPS
- ▶ 10 TByte Hauptspeicher
- ▶ 700 TByte Festplatten
- ▶ 1,6 PByte Bandspeicher
- ▶ 83.000 Kupferkabel
- ▶ 2.800 km/220 t Kabel
- ▶ 3250qm
- ▶ Erdbebensicher

Computenic-Shock

67/88











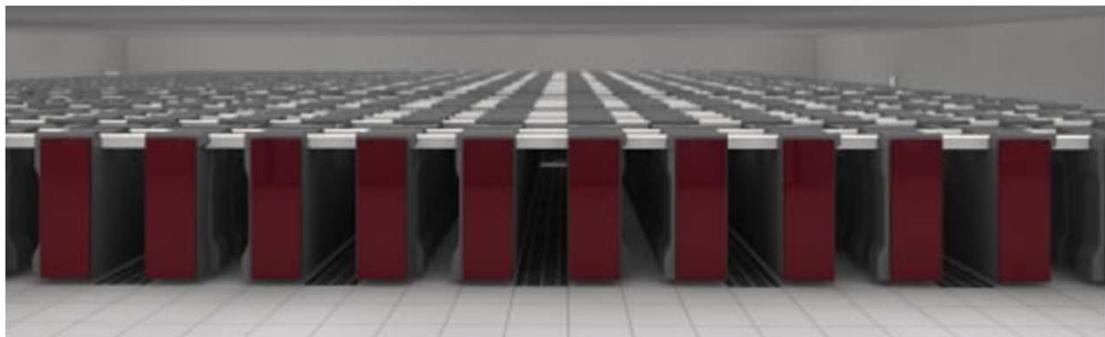
72/88



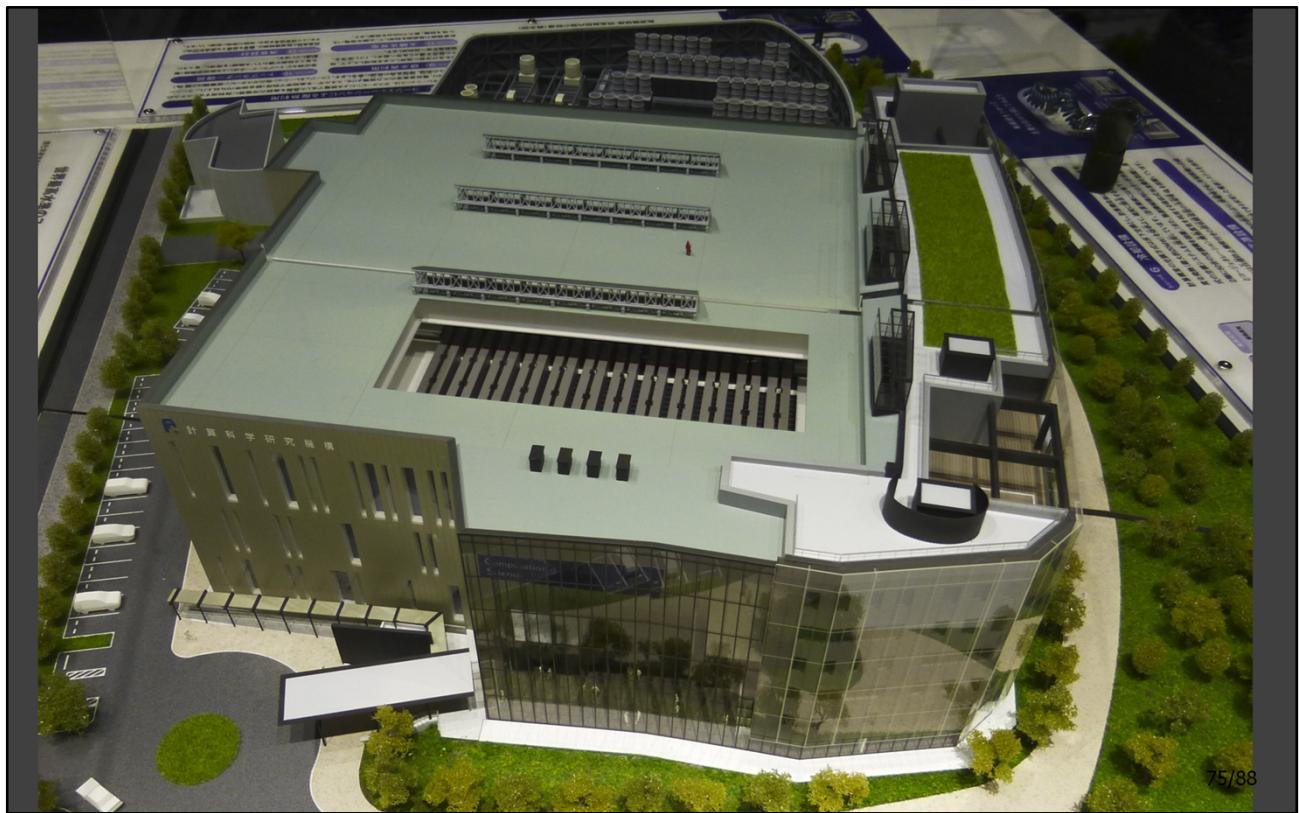
73/88

Fujitsu K Computer

- RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS), Japan



- 68.544 SPARC64 VIIIfx CPUs (2,0 GHz) mit je 8 Prozessorkernen in 672 Schränken
- November 2012: 864 Schränke und 10 PFLOPS







77/88

MareNostrum, Barcelona (11/2004)

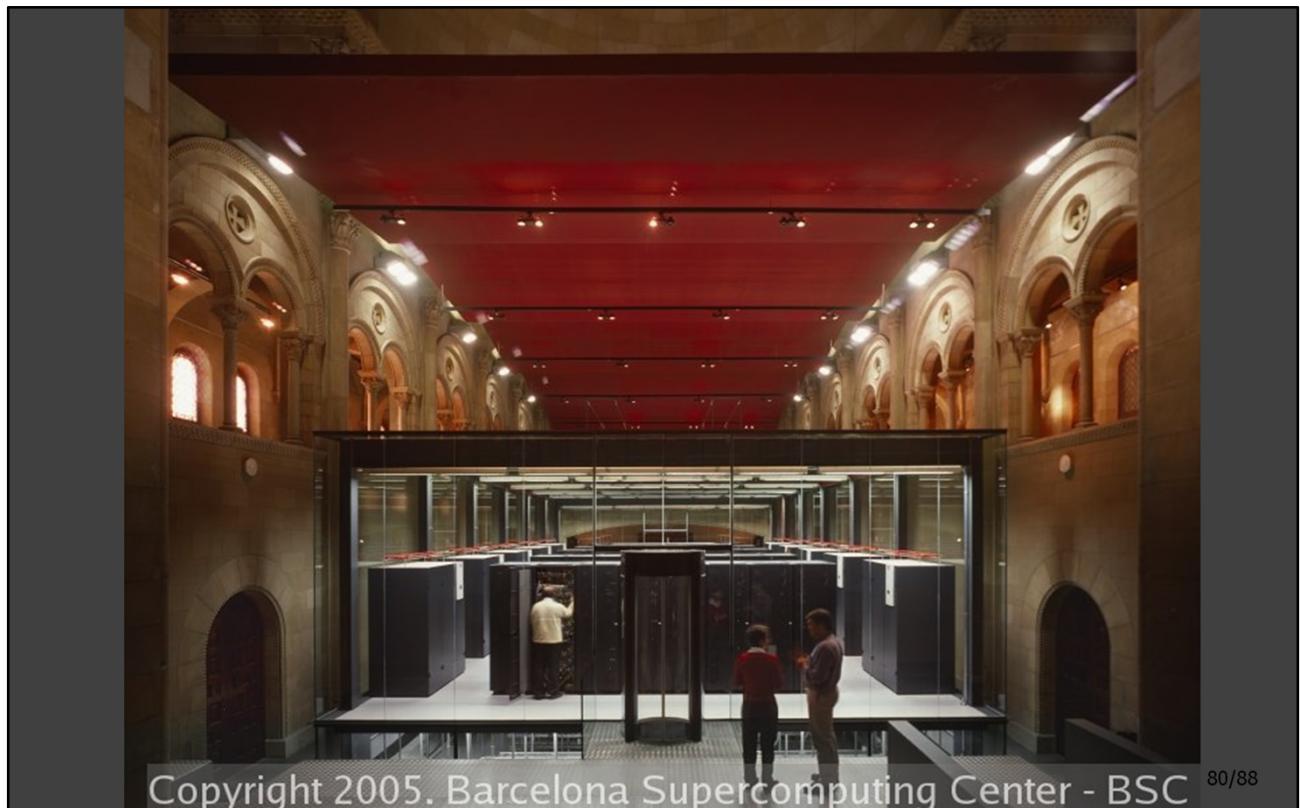
Gewinner
des
Schönheitswettbewerbs

78/88

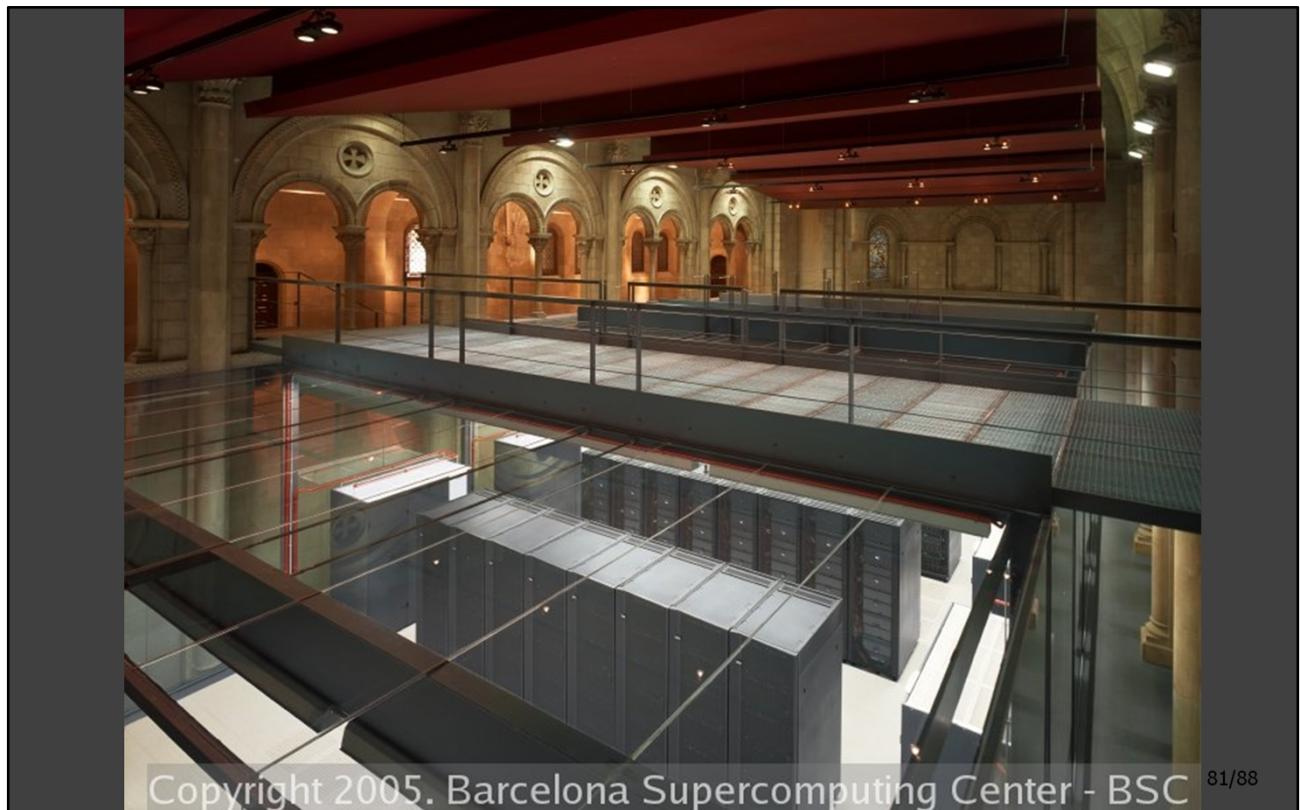


Copyright 2006. Barcelona Supercomputing Center - BSC

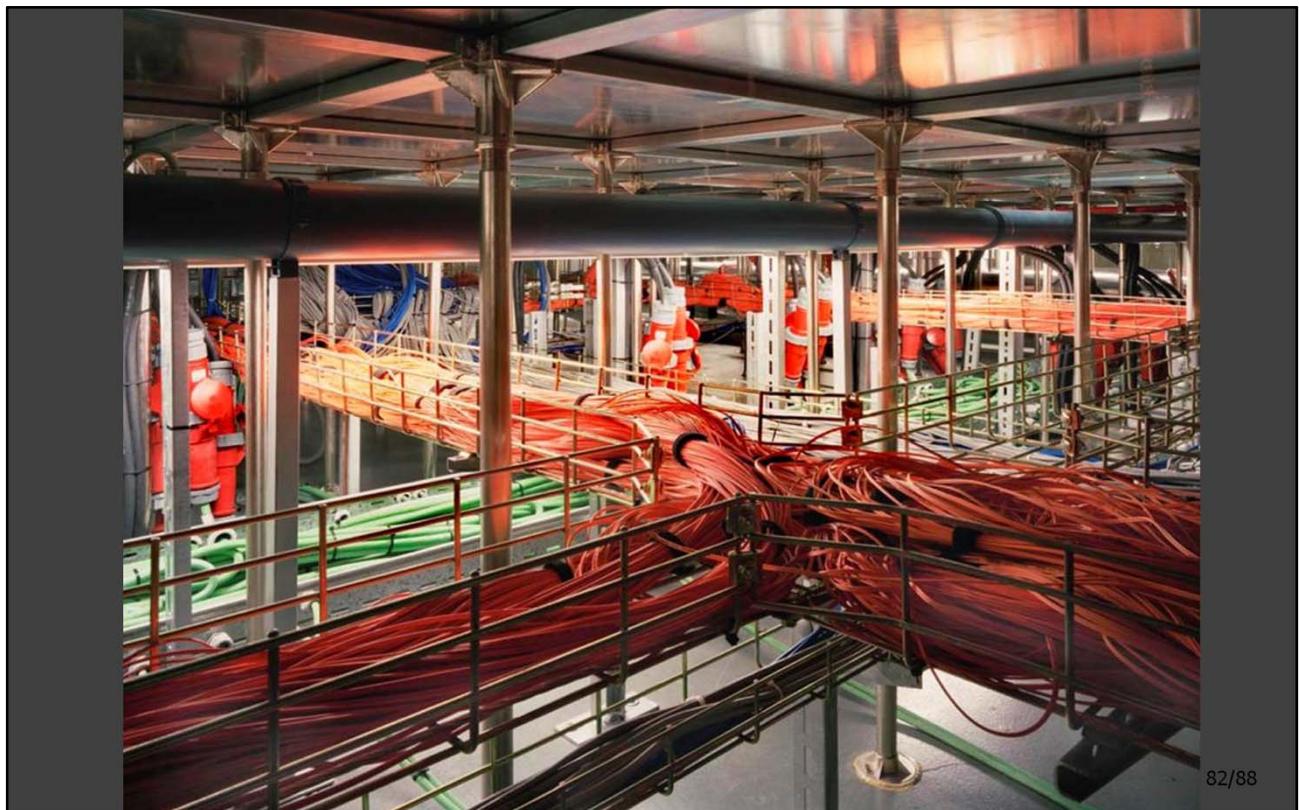
79/88



Copyright 2005. Barcelona Supercomputing Center - BSC 80/88



Copyright 2005. Barcelona Supercomputing Center - BSC 81/88



82/88

4. Historische Sicht

- Die TOP500 im Juni 1993
- Deutschland in der TOP500 im Juni 1993

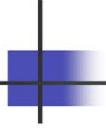
Jun
1993

| Rank | Manufacturer Computer/Procs | R _{max} R _{peak} | Installation Site Country/Year | Inst. type Installation Area | Nmax Nhalf | Computer Family Computer Type |
|------|-------------------------------|---------------------------------------|--|---------------------------------|----------------|----------------------------------|
| 1 | TMC CM-5/1024/ 1024 | 59.70 131.00 | Los Alamos National Laboratory USA/ | Research Energy | 52224 24064 | TMC CMS CM5 |
| 2 | TMC CM-5/1024/ 1024 | 59.70 131.00 | National Security Agency USA/ | Classified | 52224 24064 | TMC CMS CM5 |
| 3 | TMC CM-5/544/ 544 | 30.40 70.00 | Minnesota Supercomputer Center USA/ | Industry | 36864 16384 | TMC CMS CM5 |
| 4 | TMC CM-5/512/ 512 | 30.40 66.00 | NCSA USA/ | Academic | 36864 16384 | TMC CMS CM5 |
| 5 | NEC SX-3/44R/ 4 | 23.20 26.00 | NEC Fuchu Plant Japan/1990 | Vendor | 6400 830 | NEC Vector SX3 |
| 6 | NEC SX-3/44/ 4 | 20.00 22.00 | Atmospheric Environment Service (AES) Canada/1991 | Research Weather | 6144 832 | NEC Vector SX3 |
| 7 | TMC CM-5/256/ 256 | 15.10 33.00 | Naval Research Laboratory (NRL) USA/1992 | Research | 26112 12032 | TMC CMS CM5 |
| 8 | Intel Delta/ 512 | 13.90 20.48 | Caltech USA/ | Academic | 25000 7500 | intel Paragon Paragon |
| 9 | Cray/SGI Y-MP C916/16256/ 16 | 13.70 15.24 | Cray Research USA/ | Vendor | 10000 650 | Cray Vector C90 |
| 10 | Cray/SGI Y-MP C916/16256/ 16 | 13.70 15.24 | DOE/Bettis Atomic Power Laboratory USA/1993 | Research | 10000 650 | Cray Vector C90 |
| 11 | Cray/SGI Y-MP C916/16256/ 16 | 13.70 15.24 | DOE/Knolls Atomic Power Laboratory USA/1993 | Research | 10000 650 | Cray Vector C90 |
| 12 | Cray/SGI Y-MP C916/16128/ 16 | 13.70 15.24 | ECMWF UK/1993 | Research Weather | 10000 650 | Cray Vector C90 |
| 13 | Cray/SGI Y-MP C916/161024/ 16 | 13.70 15.24 | Government USA/1992 | Classified | 10000 650 | Cray Vector C90 |
| 14 | Cray/SGI Y-MP C916/161024/ 16 | 13.70 15.24 | Government USA/1992 | Classified | 10000 650 | Cray Vector C90 85/88 |

Rmax-Angabe in GFLOPS

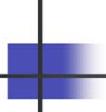
Jun
1993
D

| Rank | Manufacturer Computer/Procs | R _{max} R _{peak} | Installation Site Country/Year | Inst. type Installation Area | Nmax Nhalf | Computer Family Computer Type |
|------|-----------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|---------------|-------------------------------|
| 56 | Fujitsu S600/20/ 1 | 4.01 5.00 | Universitaet Aachen Germany/1991 | Academic | | Fujitsu VP VP2000 |
| 57 | Fujitsu S600/20/ 1 | 4.01 5.00 | Universitaet Karlsruhe Germany/1990 | Academic | | Fujitsu VP VP2000 |
| 60 | TMC CM-5/64/ 64 | 3.80 8.19 | GMD Germany/1993 | Research | 13056 6016 | TMC CM5 CM5 |
| 65 | Fujitsu S400/40/ 2 | 3.62 5.00 | Universitaet Darmstadt Germany/1991 | Academic | | Fujitsu VP VP2000 |
| 66 | Fujitsu S400/40/ 2 | 3.62 5.00 | Universitaet Hannover / RRZN Germany/1991 | Academic | | Fujitsu VP VP2000 |
| 76 | TMC CM-2/32k/ 1024 | 2.60 7.00 | AMK Germany/1990 | Classified | | TMC CM2 CM2 |
| 98 | Cray/SGI Y-MP8/832/ 8 | 2.14 2.67 | Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany/1989 | Research | | Cray Vector YMP |
| 102 | Cray/SGI Y-MP8/864/ 8 | 2.14 2.67 | Leibniz Rechenzentrum Germany/1992 | Academic | | Cray Vector YMP |
| 142 | TMC CM-5/32/ 32 | 1.90 4.10 | Universitaet Wuppertal Germany/1992 | Academic | 9216 4096 | TMC CM5 CM5 |
| 149 | Intel XP/S5/ 66 | 1.90 3.30 | Forschungszentrum Juelich (FZJ) Germany/1992 | Research | | intel Paragon Paragon |
| 155 | Intel XP/S5-32/ 66 | 1.90 3.30 | Universitaet Stuttgart Germany/1992 | Academic | | intel Paragon Paragon |
| 190 | Cray/SGI CRAY-2s/4-128/ 4 | 1.41 1.95 | DKRZ Germany/1988 | Research Weather | | Cray 2/3 Cray 2 |
| 206 | Cray/SGI CRAY-2/4-256/ 4 | 1.41 1.95 | Universitaet Stuttgart Germany/1986 | Academic | | Cray 2/3 Cray 2 |
| 218 | TMC CM-2/16k/ 512 | 1.30 3.50 | GMD Germany/1990 | Research | | TMC CM2 CM2 |
| 223 | NEC SX-3/11/ 1 | 1.30 1.37 | Universitaet Koeln Germany/1990 | Academic | 2816 192 | NEC Vector 86/88 SX3 |



Die TOP500-Liste Zusammenfassung

- Die Rechnerleistung wird mit einem numerischen Benchmark-Programm (LINPACK) evaluiert
- Die TOP500-Liste verzeichnet halbjährig die schnellsten Rechner weltweit
- Die schnellsten Rechner haben die Petaflops-Grenze durchbrochen
- Wir erwarten für ca. 2020 den ersten Exaflops-Rechner
- Aktuelles Problem: Energiebedarf



Die TOP500-Liste

Die wichtigsten Fragen

- In welcher Maßeinheit wird die Rechnerleistung angegeben?
- Wie wird die Leistung evaluiert?
- Welche Zielsetzung verfolgt das TOP500-Projekt?
- In welchen Größenordnung der Rechnerleistung und des Stromverbrauchs liegen die größten Systeme?
- Wie verhält sich die beobachtete Leistungssteigerung zu Moore's Law?
- Welche Leistung brachten Systeme 1993?