



# Flinke Rechner für den Exaflop

Die Simulation komplexer Abläufe ist neben Theorie und Experiment zu einer unverzichtbaren Methode in (Grundlagen-)Forschung und Entwicklung geworden. Klima- und Erbgutforschung sind heute ohne Super-Computer nicht mehr denkbar. Große Fortschritte stehen unmittelbar bevor.

**Ralf Dziobowski** Zürich

Eintrag ins Logbuch: Im Jahr 2008 stemmte der „Roadrunner“ getaufte Großrechner der Los Alamos National Laboratory als erster Super-Computer der Welt mit 1,352 Petaflops (1 Pflop/s =  $10^{15}$  Gleitkommarechnungen pro Sekunde) eine magische Grenze. Ein Peta, das ist eine Billiarde. Flop bedeutet „Floating Point Operations Per Second“, also Gleitkomma-Operationen – Additionen oder Multiplikationen – in der Sekunde. Der Super-Rechner vollzieht demnach jede Sekunde unvorstellbare 1.000.000.000.000.000 Rechengänge. Für die Aufgaben, die der Roadrunner an einem Tag erledigen kann, müssten nach IBM-Angaben alle sechs Mrd. Menschen weltweit 460 Jahre lang mit einem Taschenrechner jede Sekunde eine Rechnung ausführen.

Wir schreiben das Jahr 2 A.P. (After Petaflop): Der schnellste Super-Computer der Welt heißt nun „Jaguar“ und gehört dem National Center for Computational Sciences (NCCS) der USA. Er führt die aktuelle Liste der 500 schnellsten Computer an. „Jaguar“ vereint 224.162 Prozessorenkerne in seinem gigantischen System und konnte im Test 1,75 Pflops durchführen. Theoretisch kann der vom Super-Computer-Spezialisten Cray gebaute Großrechner auf 2,33 Petaflops hinauf, bisher erreichte er diesen Wert jedoch nicht. Jetzt liegt „Jaguar“ aber um fast 70 Prozent vor dem bisherigen Spitzenreiter. Der Rechner des NCCS ist ein Allzwecksystem und nicht auf eine bestimmte Aufgabe zugeschnitten wie etwa „Roadrunner“, der speziell für Atombombensimulationen genutzt wird. Auf Platz vier der schnellsten Super-Computer rangiert ein Rechner aus Deutschland: Ju-Gene des Forschungszentrums

Jülich erreicht etwa die Hälfte der „Jaguar“-Leistung. Das schnellste Elektronengehirn Österreichs, der Super-Computer „Vienna Scientific Cluster“, landete auf Platz 156.

## Super-Rechner als dritte Säule

Super-Computing kommt enorme strategische, volkswirtschaftliche und politische Bedeutung zu. So stand im Bericht einer unabhängigen Regierungskommission Information Technology Advisory Committee (Pitac) bereits im Juni 2005: „Computerunterstützte Wissenschaft ist zur dritten Säule wissenschaftlicher Forschung geworden, ein Gegenstück neben bereits vorhandener Theorie und physikalischem Experiment.“ Weltweit ist das Rennen um neue Bestmarken eröffnet. Die Roadmap zu den Exaflops ( $10^{18}$ ) scheint in überschaubarer Zeit machbar. Bis 2018 wollen große Hersteller marktreife Exaflop-Aggregate mit bis zu tausendmal größerer Rechenleistung als heutige Rechner anbieten. Experten sind überzeugt, dass der Takt nur mäßig erhöht werden kann, von derzeit im Mittel 2,5 Giga-Hertz (GHz) auf vielleicht vier GHz.

Große Fortschritte sind aber in anderen Bereichen programmiert. So werden die Super-Rechner nicht mit Silizium, sondern mit optischen Glasfaser-Chips im Hundertstel-Nano-Größen-Bereich, nahe an der physikalischen Grenze, bestückt. Bis hinunter zu Strukturgrößen von acht Nanometern, die schon auf Intels Roadmap stehen, scheint es gewährleistet. Mehr Gleitkomma- und größere SIMD-Einheiten sollen die Performance pro Kern und Takt von vier auf 16 vervierfachen, sodass die Performance pro Kern um Faktor 6,4 schneller wird. Zehnmal mehr Kerne pro Modul – dann hat man mit zehn Teraflops pro Modul schon Faktor 64. Also braucht man nur 16-mal mehr



**Monolithische Symbole des Informationszeitalters: Super-Computer gewinnen angesichts unaufhaltsam wachsender Datenflut an Bedeutung.** Foto: EPA

Module, um das Ziel zu erreichen. Die Crux dabei: Die Energieeffizienz muss um Faktor 32 besser werden, sonst braucht der Exaflop-Rechner sein eigenes Kernkraftwerk. 35 Megawatt (MW) sind das machbare Ziel. Thomas Sterling, der obige A.P.-Zeitrechnung einführte, schätzt eher 100 MW als Energiebedarf ein.

## Kühlen mit heißem Wasser

Dass die neue Super-Computer-Generation nicht nur an ihrer Rechenleistung, sondern ihrer Energieeffizienz (die Stromkosten eines Großrechners übersteigen leicht über eine Mio. Euro pro Jahr) gemessen werden, hat IBM erkannt. Von den 20 effizientesten Rechnern kamen 18 von „Big Blue“. Die Nummer eins und somit der energieeffizienteste Super-Computer weltweit steht im Interdisciplinary Centre for Mathematical and Computational Modeling (ICM) an der Uni Warschau. Er erbringt eine Leistung von über 536 Megaflops per Watt. „Bis zu 50 Prozent des Energieverbrauchs

eines Rechenzentrums entfallen auf die Kühlung, die abgeführte Wärme verpufft meist ungenutzt“, erklärt Ton Engbersen, Leiter des Bereichs Strategische Innovation Europa im IBM-Forschungslabor Zürich im Gespräch mit *economy*. Um dieses Problem nachhaltig zu lösen, hat IBM ein Kühlkonzept entwickelt, das im Pilotprojekt mit der ETH Zürich am Beispiel des Super-Rechners „Aquasar“ erstmals umgesetzt wird. „Für einen sicheren Betrieb darf ein Chip nicht wärmer als 85 Grad werden. Wasser kann Wärme rund 4000-mal besser transportieren als Luft. Mit 60 Grad heißem Wasser „kühlen“ wir eine CPU (Central Processing Unit, *Anm. d. Red.*) auf Betriebstemperatur. Der Vorteil dieser Heißwasserkühlung ist, dass warmes Wasser auch als Energiespeicher ideal ist und Wärme weiterverwendet werden kann. Erwartet wird, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoß von „Aquasar“ um bis zu 85 Prozent tiefer als bei ähnlichen Systemen sein wird. Das entspräche etwa 30 Tonnen CO<sub>2</sub> pro Jahr.“