

ENERGIE.....

Ausgabe 1/2009

Perspektiven

Forschung für die Energieversorgung von morgen



Mit 372 Millionen Rechenschritten pro Watt zählt der Superrechner Blue Gene/P im Rechenzentrum Garching der Max-Planck-Gesellschaft zu den energieeffizientesten Großrechnern weltweit

Foto: IPP, Volker Steger

Energieeffizienz

Energieverbraucher Information

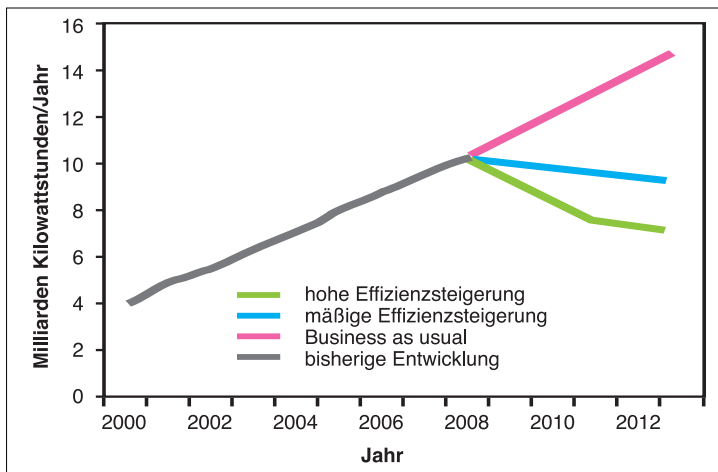
Im Jahr 1991 lief in Finnland das erste Handy-Gespräch, heute besitzt – statistisch gesehen – jeder zweite Mensch ein Mobiltelefon. Die Zahl der Internet-Server stieg in der gleichen Zeit um das tausendfache, auf heute weltweit mehr als 400 Millionen. Die explosionsartig wachsenden Datenmengen erreichen den Nutzer

immer schneller: Alle fünf Jahre verzehnfachen sich in Internet und Mobilfunk die Übertragungsraten. Und während Großcomputer vor zwei Jahrzehnten pro Sekunde 20 Milliarden Rechnungen abarbeiteten, schaffen die neuesten Supercomputer mehr als eine Billiarde. Mit der Leistungsfähigkeit ist auch der Energiebedarf der Systeme gestiegen: Große Computerzentren, wie sie für das Internet oder andere Rechenleistungen nötig sind, errei-

EDITORIAL

Laptop und PC, Handy und Internet gehören heute zum Alltag; Informations- und Kommunikationstechniken sind eine Säule der Wirtschaftsentwicklung. Die jungen, rasant wachsenden Stromverbraucher sind aber auch für zehn Prozent des deutschen Gesamtverbrauchs und drei Prozent der Kohlendioxid-Emissionen verantwortlich. Umgekehrt können sie jedoch ebenso zum Einsparen beitragen, etwa beim Steuern von Stromnetzen, Autos oder Gebäuden. Intelligent eingesetzt, könnten sie, so hofft zumindest die EU-Kommission, den Kohlendioxid-Ausstoß in Europa bis 2020 um 15 Prozent senken. *Die Redaktion*

Ergänzt werden die gedruckten Kurzbeiträge durch weiterführende Artikel im World-Wide Web.



Daten: BMU/Borderstep

- 2008 verbrauchten die deutschen Server- und Rechenzentren rund 10 Milliarden Kilowattstunden Strom. Würden heute verfügbare Effizienztechnologien überall angewendet, könnte der Bedarf trotz steigender Rechenleistung um 40 Prozent sinken.

chen Leistungsnachfragen von 50 Megawatt. Mehr als zehn Milliarden Kilowattstunden an elektrischer Energie – die Produktion eines Großkraftwerks – verbrauchen allein die rund 50.000 deutschen Rechenzentren jährlich, so das Umweltbundesamt.

Ähnlich steht es bei den Kommunikationssystemen, wie Professor Gerhard Fettweis von der TU Dresden in einer Studie bilanziert: Die Basisstationen und Netze der Mobilfunkbetreiber verbrauchen zusammen mit den Serverfarmen des Internets weltweit rund 240 Milliarden Kilowattstunden pro Jahr. Hinzu kommen die fast 500 Millionen Hosts, die die Rechenknoten in den Serverfarmen ergänzen. Addiert man den Verbrauch für die Infrastruktur der Mobilfunknetze, des Festnetzes und des Internet, so „erscheint ein Anteil von drei Prozent an der weltweit konsumierten Elektroenergie noch als konservative Schätzung“, meint Gerhard Fettweis.

Doch dies ist immer noch relativ wenig verglichen mit der Energie, die Laptops, PCs und Bildschirme in Büros und Haushalten verbrauchen: In Deutschland dürften es, so Fettweis, jetzt über zehn Prozent des Gesamtstrombedarfs sein. Mehr als die Hälfte der Industrieproduktion und nahezu alle Exporte Deutschlands hängen vom Einsatz moderner Informations- und

Kommunikationstechniken ab. So wichtig die Systeme für die heutigen Volkswirtschaften sind, so sehr das Internet den Informationsaustausch erleichtert, so tiefe Einblicke in die Natur immer schnellere Großrechner der Wissenschaft erlauben – ohne innovative Technologie sind die jetzigen Wachstumstrends schwer fortsetzbar: Zurzeit verdoppelt sich der Energiebedarf für Serverfarmen und Telekommunikation nämlich alle vier bis fünf Jahre. Wie Fettweis vorrechnet, wäre damit der Bedarf in 23 Jahren auf das Niveau des gesamten heutigen Weltstromverbrauchs gestiegen. Den informationstechnischen Standard von Nordamerika, Westeuropa und Japan auf die ganze Welt zu übertragen, würde, so Fettweis, bereits heute 40 Prozent der weltweiten Kraftwerksleistung verschlingen. In kaum zehn Jahren würden sämtliche jetzt laufenden Kraftwerke nicht mehr ausreichen.

Schon heute sind die Informations- und Kommunikationssysteme zudem für mehr als zwei Prozent der weltweiten Kohlendioxid-Emissionen verantwortlich. Das entspricht zwei Drittel des Kohlendioxid-Ausstoßes in Deutschland oder dem gesamten, durch den internationalen Flugverkehr verursachten Emissionen des Treibhausgases. Es sind jedoch vor allem wirtschaftliche Triebkräfte, die energieeffiziente Lösungen vorantreiben. „Für jeden in Computer-Hardware investierten Dollar sind weitere rund 50 Cent für den Stromverbrauch aufzubringen“,



Foto: BilderBox.com

stellt eine Studie des Marktforschers IDC fest: „26 Milliarden Dollar kosteten 2005 Strom und Kühlung der weltweit vorhandenen Server – mehr als das Doppelte als zehn Jahre zuvor“. Neue Rechenzentren siedeln sich daher heute dort an, wo Strom und Kühl-

Computer, Internet und Co

Mailen, surfen, spielen, googeln und downloaden – Computer und Internet sind nicht mehr wegzudenken. Allerdings sind mittlerweile auch zehn Kraftwerke in Deutschland erforderlich, um den zugehörigen Strombedarf zu decken, so das Umweltbundesamt: Eine Google-Anfrage verbraucht durchschnittlich soviel Strom wie eine Vier-Watt-Energiesparlampe in einer Stunde. Ständig am Netz hängende Router für Telefon und Internet können den Strombedarf eines modernen Kühlschranks erreichen.

Wie man nicht mehr Energie und Ressourcen verbraucht als nötig, erklärt die Broschüre „Computer, Internet und Co. Geld sparen und Klima schützen“, die das Umweltbundesamt 2009 herausgegeben hat. Es empfiehlt sich zum Beispiel, das Energiesparmanagement von Computer, Monitor und Drucker zu nutzen: Damit wechselt das Gerät bei Inaktivität automatisch in einen Schlaf- oder Energiesparmodus. Statt 80 Watt im Betriebszustand braucht ein PC im Standby dann nur vier Watt. Auch spezielle Software-Tools können das System effizienter machen. Auf Bildschirmschoner kann man bei modernen Monitoren verzichten. Sie verbrauchen mehr Strom, als ein in den Ruhezustand versetzter oder bei Inaktivität abgeblendeter Monitor. Auch beim Ausdrucken von Dokumenten sollte man sparsam sein: Jede ausgedruckte DIN A-4-Seite verursacht die gleiche Umweltbelastung wie 3,5 Zeitungsseiten. imi

➔ Weiteres: www.energie-perspektiven.de

VERBRAUCHERTIPPS

wasser billig sind. Energieeffizienz wird wichtig für den wirtschaftlichen Erfolg – und treibt einen harten Konkurrenzkampf in der Computerbranche an.

So wirbt IBM mit neuen Maßstäben bezüglich Energieeffizienz, die der Superrechner Blue Gene/Q setzen soll, der zurzeit für das US-amerikanische Lawrence Livermore-Laboratorium entwickelt wird: Er soll 15mal schneller sein als die derzeit leistungsstärksten Computer und trotzdem mit jedem der sechs Millionen Watt, die er an elektrischer Leistung verbrauchen wird, 3050 Millionen Rechenschritte ausführen. Mit heutiger Technologie wäre die gleiche Rechenleistung nicht unter 50 Millionen Watt möglich. Auch andere arbeiten daran, mit verbesserten Prozessoren und optimierter Systemarchitektur, mit intelligenter Steuerung, Kühlung

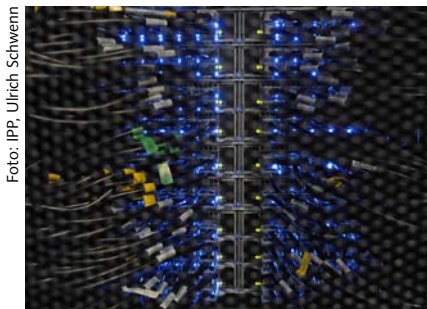


Foto: IPP, Ulrich Schwenn

und Abwärmenutzung den Energieaufwand pro Rechenschritt zu senken. Ebenso sind für den Mobilfunk energiesparende Netzarchitekturen, Signalverstärker und programmierbare Prozessoren zu entwickeln, die weiter steigende Datenraten erlauben, ohne zusätzliche Kraftwerkskapazität zu beanspruchen. imi

➤ Weiteres:
www.energie-perspektiven.de

Photovoltaik

Weltrekord für Mehrfachsolarzelle

Für die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom haben Forscher am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg erstmals einen Wirkungsgrad von 41 Prozent erzielt. Hierzu wurde das Sonnenlicht 454-fach auf eine nur fünf Quadratmillimeter kleine Dreifach-Solarzelle aus den Halbleitern Gallium-Indium-Phosphid, Gallium-Indium-Arsenid und Germanium konzentriert. Am ISE werden seit 1999 so genannte metamorphe Mehrfach-

Solarzellen entwickelt. Sie bestehen aus speziell aufeinander gewachsenen Schichten unterschiedlicher Halbleiter. Anders als Solarzellen, die nur aus einem einzigen Material – zum Beispiel Silizium – bestehen, können Mehrfachzellen das Spektrum des Sonnenlichts in einem viel größeren Wellenlängenbereich ausnutzen (siehe Energie-Perspektiven 1/04). Sie lassen sich aber nur mit Hilfe eines Tricks – des metamorphen Wachstums – gut miteinander kombinieren. Denn die Atome im Kristallgitter der verschiedenen Halbleiter besitzen nicht denselben Abstand; die so genannte „Gitterkonstante“ ist unterschiedlich groß. An den Übergängen bilden sich daher Spannungen beim Wachstum der Halbleiterschichten, die zu Versetzungen und anderen Kristallfehlern führen. Durch Umwandeln des Kristallgefüges in eine neue stabile Ordnung ist es den Forschern jetzt gelungen, die Defekte in einem Bereich der Solarzelle zu lokalisieren, der nicht elektrisch aktiv ist. So bleiben die

aktiven Teile der Zelle weitgehend fehlerfrei – eine Voraussetzung für hohe Wirkungsgrade. Damit lässt sich eine weitaus größere Anzahl an Halbleiterverbindungen für das Wachstum der Mehrfach-Solarzellen nutzen. Für höchste Effizienz ist es nämlich entscheidend, das Sonnenspektrum – durch geeignete Wahl der das Sonnenlicht absorbierenden Materialien – in gleich große Spektralbereiche aufzuteilen. So erzeugen alle Teilzellen den gleichen Strom – wichtig für eine seriell verschaltete Solarzelle, deren Gesamtstrom letztlich immer durch den kleinsten Strom einer Teilzelle begrenzt wird. Mit den Materialien Gallium-Indium-Phosphid, Gallium-Indium-Arsenid und Germanium konnte erstmals eine Solarzellenstruktur gewählt werden, die dem Sonnenspektrum exakt angepasst ist. Bei 454-facher Sonnenlichtkonzentration erreichten die Freiburger Forscher so Weltrekord: 41,1 Prozent Wirkungsgrad.

Die hocheffizienten Mehrfachsolarellen sollen – wegen der hohen Material- und Herstellungskosten – in photovoltaischen Konzentratorsystemen für Solarkraftwerke in Ländern mit viel direktem Sonnenlicht eingesetzt werden. Das ISE arbeitet nun mit Industriefirmen zusammen, die neue Technik konkurrenzfähig zu machen. ise/bal

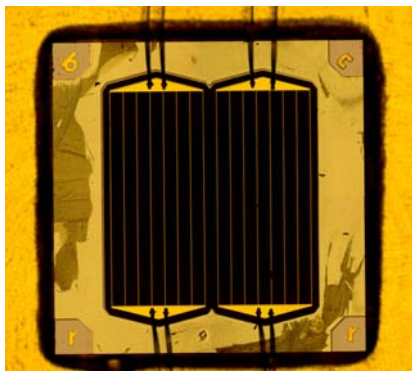
➤ Weiteres:
www.energie-perspektiven.de

Fossile Brennstoffe

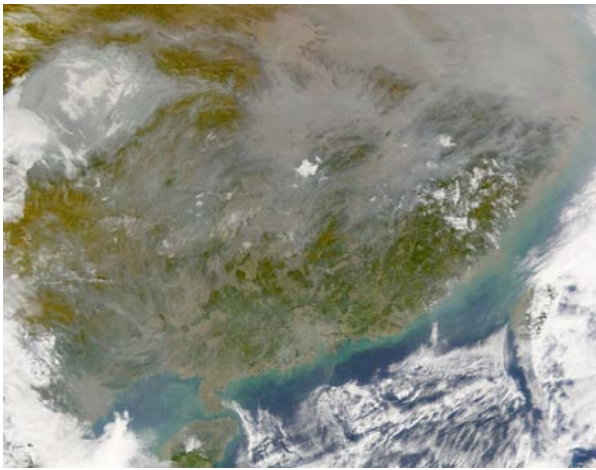
Braune Wolke über Asien

Im Winter liegt über großen Teilen Asiens eine riesige braune Wolke, gespeist aus den Abgasen von Autos, Fabriken und Haushalten. Sie ist nicht nur gesundheitsschädlich, sondern trägt auch zur Klimaerwärmung bei. Die fein verteilten Partikel in der Luft absorbieren nämlich die Energie des Sonnenlichtes und heizen so die Atmosphäre zusätzlich

Foto: ISE



Fünf Quadratmillimeter groß ist die neue Weltrekordsolarzelle.



Die „Braune Wolke“ im Satellitenbild der NASA: Unter der giftigen Mischung aus Asche, Säure und Ruß ist die Küstenlinie rund um Shanghai nicht mehr sichtbar.

auf. Ihrer Herkunft ist nun eine Wissenschaftlergruppe um Örjan Gustafsson von der Universität Stockholm genauer nachgegangen. Dazu untersuchten sie den Ruß aus der Wolke auf seinen Gehalt an Kohlenstoff-14, eine radioaktive

Spielart des Elementes Kohlenstoff. In Kohle und Erdöl, die vor Millionen Jahren aus Pflanzen entstanden, ist der ursprünglich enthaltene Kohlenstoff-14 inzwischen zerfallen. Weil der Stoff in den oberen Schichten der Erdatmosphäre durch kos-

mische Strahlung ständig neu gebildet wird, enthalten jedoch Holz, Papier, Viehdung und ähnliche Brennstoffe noch einen „frischen“ Anteil davon. Den haben die Forscher nun an Sammelstellen in Indien und auf den Malediven untersucht. Das Ergebnis der vergleichenden Analyse: Zu zwei Dritteln ist die Verbrennung dieser „traditionellen“ Biomasse im Haushalt zum Heizen oder Kochen für die braune Wolke verantwortlich. Um sie zu schwächen, reicht es also nicht, nur den Autoverkehr oder Kohlekraftwerke einzuschränken, sagt Gustafsson: Eigentlich müsse man die Armut in Asien bekämpfen. dpa/imi

➤ *Weiteres:*

www.energie-perspektiven.de

Biosprit

Erst Marienkäfer, dann Soja

Biosprit ist bereits in Verruf geraten, weil er mit Nahrungspflanzen um Anbauflächen konkurriert. Nun kommt ein weiterer Nachteil hinzu: Weil die Landwirte in den USA mehr Mais für Biosprit anbauen und dabei die Marienkäfer dezimieren, haben Sojabauern einen Verlust von vielen Millionen Dollar hinnehmen müssen. Diese Resultate einer Gruppe von Insektenforschern um Douglas Landis von der Michigan State University in East Lansing zeigen, wie kompliziert das natürliche Zusammenspiel von Pflanzen und Insekten ist und wie folgenreich selbst scheinbar kleine Eingriffe des Menschen ausfallen können.

Die USA möchten mehr Treibstoff im eigenen Land gewinnen. Dafür



Foto: Bilder-Box.com

lässt sich Mais zu Ethanol vergären, der dann herkömmlichem Treibstoff beigemischt wird. 2007 wurde in den USA auf einer Fläche von 37,9 Millionen Hektar Mais angebaut – 19 Prozent mehr als im Jahr zuvor, so Landis. Diese Zunahme ging vor allem auf Kosten der Fläche von Soja, das als Nahrungs- und Futtermittel genutzt wird. Landis und seine Kollegen belegen diesen Wandel für die vier von ihnen untersuchten Bundesstaaten Iowa, Michigan, Minnesota und Wisconsin. Zugleich sammelten die Forscher Daten über die Zahl von Insekten, zu denen sowohl für den Menschen nützliche Tiere als auch Schädlinge zählen: wie die Sojabohnen-Blattlaus, das Hauptproblem der Sojabauern. Die profitieren davon, dass andere Insekten, besonders Marienkäfer, die Blattläuse fressen. Der stärkere Anbau von Mais änderte nun die Lebensumstände der Raubinsekten. Sie finden in Regionen mit

großen Mais-Monokulturen schlechtere Bedingungen. Folglich gehen auch ihre Attacken auf die Sojashädlinge zurück. Die Bauern müssen also entweder mehr spritzen oder Ernteeinbußen hinnehmen – in beiden Fällen verdienen sie weniger. Die

kürzliche Zunahme des Mais-Anbaus habe die Leistung der Insekten um 24 Prozent verringert, schreibt Landis, und damit 58 Millionen Dollar Verlust verursacht. Die Forscher weisen darauf hin, dass Nutzinsekten auch andere Pflanzen schützten – und dass in den nächsten Jahren vermutlich deutlich mehr Energie-Mais als bislang angebaut werden wird. dpa

➤ *Weiteres:*

www.energie-perspektiven.de



Herausgeber:

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
Postfach 1322, 85741 Garching
Tel.: (089) 3299-1288
Fax: (089) 3299-2622
E-Mail: info@ipp.mpg.de
Redaktion: Isabella Milch
Gestaltung: Dagmar Aalden
Gedruckt auf 100% Recyclingpapier
10. Jahrgang 2009

Nächste Ausgabe: Juni 2009

Abonnement:

www.energie-perspektiven.de
ISSN 1438-5708