

Geistesblitze für mehr Rechenpower

Forscher wollen mit Methoden aus der Optik die Computertechnik revolutionieren. Ihr Ziel ist der ideale Mix aus Licht und Strom

Von Niels Boeing

Licht hat die Menschen schon immer fasziniert. In der christlichen Schöpfungsgeschichte schied es das dunkle Chaos vom Beginn der Welt. Im englischen Ausdruck für das Zeitalter der Aufklärung, Enlightenment, ist es enthalten. Kein Wunder, dass „Rechnen mit Licht“ auch für Informatiker früh zur Vision einer mächtigen Computertechnik der Zukunft wurde.

Die hätte in der Tat Vorteile. Die Bits, die hier durch aufeinander folgende Laserpulse – wie bei einer Taschenlampe, die an- und ausgeschaltet wird – dargestellt werden, können mit nahezu Lichtgeschwindigkeit transportiert werden, während ein elektrischer Spannungspuls nicht mehr als 500 Kilometer pro Sekunde schafft. Weil Strahlen verschiedener Wellenlänge sich nicht beeinflussen, können viele Informationsströme parallel gesendet werden.

Beide Eigenschaften erhöhen die Geschwindigkeit einer Datenübertragung sowie einer Berechnung dramatisch. Und könnten damit das unter dem Schlagwort „Moore's Law“ bekannt gewordene Dilemma der Halbleiterindustrie auflösen: Die Größe von Schaltkreisen halbiert sich zwar alle 24 Monate, wird aber in einigen Jahren eine physikalische Grenze der Miniaturisierung erreichen. Sollen Prozessoren noch leistungsfähiger werden, muss man sie vergrößern und mehr Energie aufwenden – oder mit neuer Technik konstruieren.

„Optik wird die Elektronik allerdings nicht ersetzen, sondern ergänzen“, sagt Dietmar Fey von der Universität Jena. Was Licht vermag und was nicht, wird deutlich, wenn man dem Weg der Bits aus dem Netz bis zum Nutzer folgt. In den Internetleitungen hat sich Licht als Trägermedium durchgesetzt. Mit Raten von zum Teil mehreren Billionen Bit (Terabit) pro Sekunde jagen Datenpakete durch Glasfaserkabel bis zu den lokalen Datenverteilzentren.

Sobald die Bits jedoch einen Computer passieren, werden sie bislang in elektrische Impulse umgewandelt. Das geschieht an jedem Knotenpunkt des Netzes: Damit die Datenpakete, aus denen jede angeforderte Webseite, jede E-Mail besteht, den Weg zum User finden, werden sie von amperartigen Rechnern, „Routern“, in die richtigen Kanäle gelenkt.

Der Lambda-Router von Lucent etwa kann die dadurch entstehende Verzögerung in der Übertragung verhindern. Hier werden die Lichtpulse nicht angetastet und von winzigen Spiegeln weitergeleitet. Einzig ein kleines Programm bringt

die Spiegel elektromechanisch in die passende Neigung. Das ist ungefähr so, als ob für einen Staatsgast alle Straßen zwischen Flughafen und Kanzleramt freigehalten werden.

„Er ist fertig entwickelt und könnte innerhalb von sechs Monaten bis zur Marktreife produziert werden“, sagt Lucent-Experte Eduard Baumann. Wegen der Krise in der IT-Branche, die Lucent hart getroffen hat, hat das Unternehmen die Arbeit am Lambda-Router allerdings vorerst gestoppt.

Das Spiegelprinzip funktioniert aber nur auf den Hauptnetzrouten zwischen den Metropolen. In den Unternetzen gilt das eigentliche Internet-Prinzip: Der Weg ist nicht vorgegeben, sondern wird anhand der Dichte des Datenverkehrs improvisiert, ganz so wie Normalsterbliche selbst durch die Rush-Hour finden müssen.

Wie aber bugsirt man ein Daten-

paket aus Lichtpulsen in eine andere Leitung? Der Kopf des Pakets muss gelesen und mit neuer Adresse versehen werden. Dies ließe sich optisch regeln, indem die Frequenz des Lichtpulses geändert und als Adressinformation genutzt würde, sagt Wolf von Reden vom Heinrich-Hertz-Institut in Berlin (HHI).

Aber was passiert mit dem eigentlichen Inhalt? Die unvorstellbar hohe Geschwindigkeit des Lichts wird plötzlich zum Nachteil: Die Techniker müssten die Lichtteilchen verlangsamen oder in eine Warteschleife schicken. HHI-Ingenieure haben einen anderen Ansatz erdacht, bei dem ein nichtlinearer optischer Kristall als Schalter zwischen zwei Ausgangskanälen arbeitet

(siehe Grafik). Mehr als ein Designentwurf ist das bisher jedoch nicht.

Selbst wenn Hauptleitungen und Router optisch arbeiten würden, könnten Laser-Bits den User derzeit nicht erreichen. Die „letzte Meile“ zwischen ihm und dem Internetprovider ist heute noch nicht mit Glasfasern versehen. Doch wenn es so wäre, was würde mit den Lichtdaten im Rechner passieren?

Bändigen könnte man sie zunächst mit photonischen Kristallen. Brennt man in diese gleichmäßig durchlöcherchten Halbleiter kleine Hohlräume ein, wird das Licht darin gefangen – bislang aber nur für Milliardstel Sekunden, wie Alfred Forchel von der Universität Würzburg einschränkt. Solche Defekte in der

Kristallstruktur sind immerhin der erste Schritt auf dem Weg zu Zwischenspeichern von Licht.

Etwas weiter sind Forscher mit den optischen „Festplatten“ der Zukunft, die nicht größer als ein Stück Zucker sind. In diese Plastikblöcke werden mittels Holographie etliche Datenseiten hineingeschrieben. Das sind Muster aus 1000 mal 1000, also einer Million Pixeln, deren Helligkeit je ein Bit kodiert. Mit einem Laser lässt sich das Muster auslesen, ein Photochip verwandelt sein Hologramm in elektronische Bits. „Mit Ausnahme eines geeigneten Speichermaterials sind die technischen Probleme hier im Prinzip gelöst“, sagt Hans Coufal von IBMs Almaden Research Center im kalifornischen San Jose.

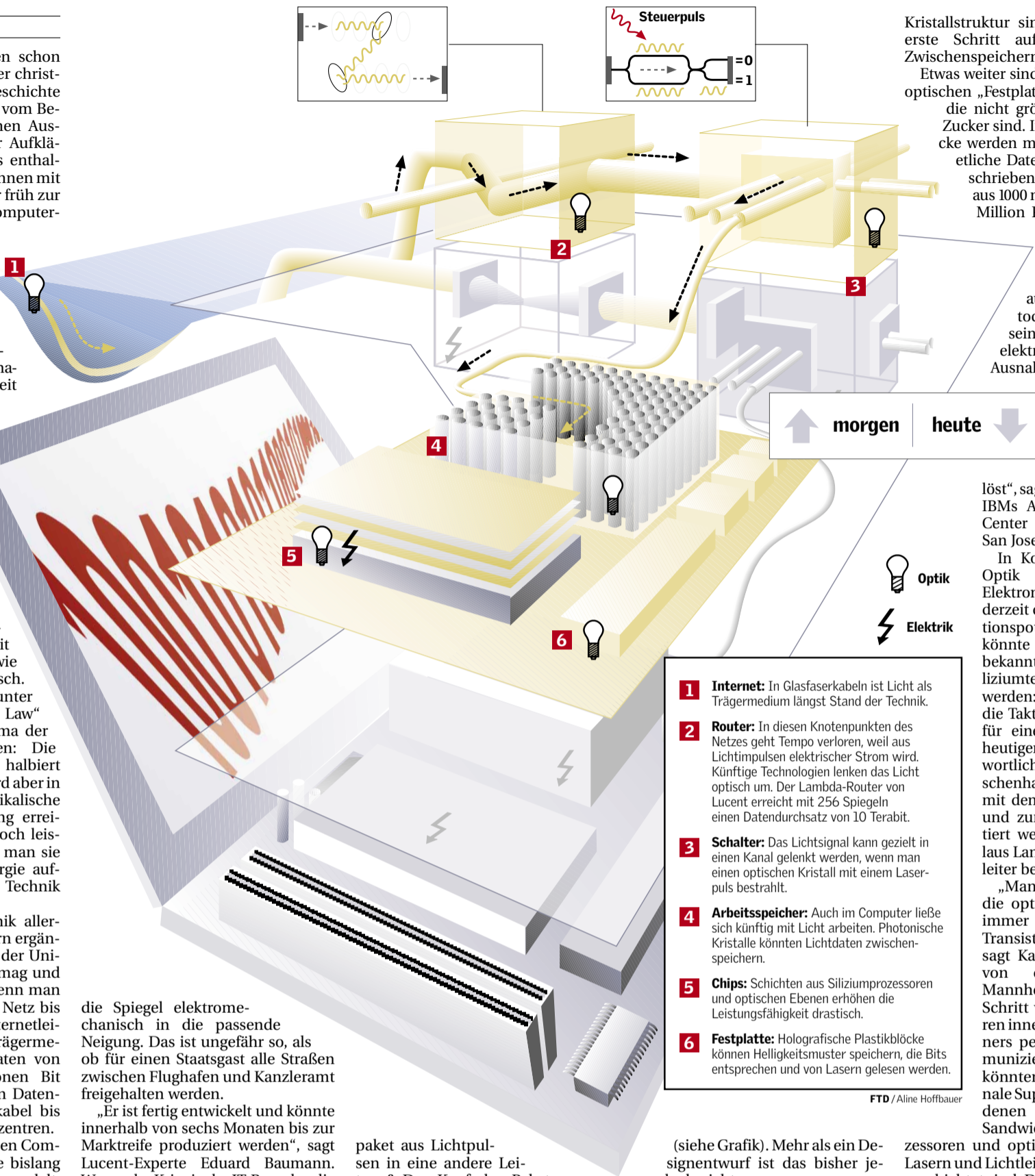
In Kombinationen aus Optik und klassischer Elektronik sehen Forscher derzeit das größte Innovationspotenzial. Damit könnte ein bislang kaum bekanntes Problem der Siliziumtechnik behoben werden: Dass nicht mehr die Taktfrequenz im Chip für eine Beschleunigung heutiger Rechner verantwortlich ist. „Der Flaschenhals ist das Tempo, mit denen die Daten von und zum Chip transportiert werden“, sagt Nikolaus Lange, Entwicklungsleiter bei Intel.

„Man beginnt deshalb, die optischen Leitungen immer näher an den Transistor zu rücken“, sagt Karl Heinz Brenner von der Universität Mannheim. Im nächsten Schritt werden Prozessoren innerhalb eines Rechners per Lichtpuls kommunizieren. Danach könnten dreidimensionale Superchips folgen, in denen wie in einem Sandwich Siliziumprozessoren und optische Ebenen aus Lasern und Lichtleitern aufeinander geschichtet sind. Diese schaufeln die Daten in enormer Geschwindigkeit zwischen den Schaltkreisen hin und her. Erste Prototypen haben gezeigt, dass sich allein durch solche geschichteten optischen „Vermittler“ die Rechengeschwindigkeit um das 50fache erhöhen lässt.

Sicherlich wird das pure Zahlenfressen noch lange der klassischen Siliziumtechnik vorbehalten bleiben. Der Computer der Zukunft wird aber durchaus „mit Licht rechnen“, wenn auch in einer Art und Weise, die die Visionäre so nicht erwartet hatten. Es ist Licht am Ende des Moore'schen Tunnels.

Sicherlich wird das pure Zahlenfressen noch lange der klassischen Siliziumtechnik vorbehalten bleiben. Der Computer der Zukunft wird aber durchaus „mit Licht rechnen“, wenn auch in einer Art und Weise, die die Visionäre so nicht erwartet hatten. Es ist Licht am Ende des Moore'schen Tunnels.

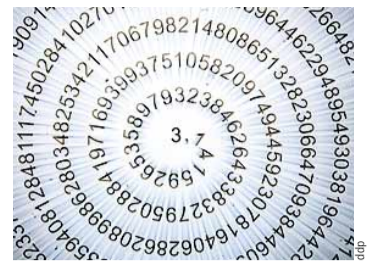
WWW.FTD.DE/WISSEN



- 1 Internet:** In Glasfaserkabeln ist Licht als Trägermedium längst Stand der Technik.
- 2 Router:** In diesen Knotenpunkten des Netzes geht Tempo verloren, weil aus Lichtimpulsen elektrischer Strom wird. Künftige Technologien lenken das Licht optisch um. Der Lambda-Router von Lucent erreicht mit 256 Spiegeln einen Datendurchsatz von 10 Terabit.
- 3 Schalter:** Das Lichtsignal kann gezielt in einen Kanal gelenkt werden, wenn man einen optischen Kristall mit einem Laserpuls bestrahlt.
- 4 Arbeitsspeicher:** Auch im Computer ließe sich künftig mit Licht arbeiten. Photonische Kristalle könnten Lichtdaten zwischenspeichern.
- 5 Chips:** Schichten aus Siliziumprozessoren und optischen Ebenen erhöhen die Leistungsfähigkeit drastisch.
- 6 Festplatte:** Holografische Plastikblöcke können Helligkeitsmuster speichern, die Bits entsprechen und von Lasern gelesen werden.

FTD / Aline Hoffbauer

WISSENSWERTES



Mehr Spaß in der Mathestunde
Mathematik soll beliebter werden. Das jedenfalls ist das Ziel des am Dienstag eröffneten Mathematik-Museums in Gießen. Im „Mathematikum“ können Kinder und Erwachsene mit 50 Exponaten – von der Kugelbahn und einer Riesen-Seifenhaut bis zu einem Faxenspiegel – einen neuen Zugang zur Welt der Formeln finden. *Quelle: dpa*

Neuer Speicher für Wasserstoff
Wasserstoff gilt als vielversprechender Energieträger der Zukunft. Doch noch ist außer seiner umweltfreundlichen Produktion die sichere und kostengünstige Lagerung eine besondere technische Herausforderung. Wissenschaftler aus Singapur haben nun entdeckt, dass hier eine Metallverbindung helfen könnte. Sie zeigten, dass kostengünstiges Lithiumnitrid große Mengen an Wasserstoff sicher speichern und bei Bedarf wieder freisetzen kann. Einziger Wermutstropfen: Der Prozess funktioniert bisher nur bei hohen Temperaturen. *Quelle: Nature*

Alzheimer und die „weißen Zellen“
Alzheimer könnte vor allem mit dem Verfall „weißer“ Hirnsubstanz zu tun haben. Bislang sahen Ärzte den Grund für die Krankheit in Veränderungen der „grauen“ Nervenzellen. Ein US-Forscher hat nun ermittelt, dass durch den Abbau von weißlichen Umhüllungen der Nervenfasern, die für eine schnelle Reizübertragung wichtig sind, krankmachende Substanzen freigesetzt werden. Mit diesen Erkenntnissen ließen sich neue Methoden bei der Bekämpfung der Krankheit entwickeln. *Quelle: Geo*

Seide aus dem Ziegenutter
Kanadischen Wissenschaftlern ist es gelungen, das Material für Spinnenseide aus dem Euter nigerianischer Zwergziegen zu gewinnen. Die Forscher hatten dazu ein Gen der Kreuzspinne in das Genom der Huftiere eingeschleust. Die Proteine für die Fäden sondern die Tiere mit der Milch ab. Presst man das Material durch feine Düsen, bilden sich spontan lange Filamente. *Quelle: Geo*



Kaffee regt auch ohne Koffein an
Die anregende Wirkung von Kaffee beruht weniger auf Koffein als bisher gedacht. Wie ein amerikanisch-schweizerisches Forscherteam berichtet, steigert auch entkoffeinierter Kaffee die Nervenaktivität. Dennoch fanden die Wissenschaftler einen Unterschied zwischen Kaffee mit und ohne Koffein: Bei Testpersonen, die regelmäßig Kaffee trinken, blieb nach dem Genuss der entkoffeinierter Variante der Blutdruck unverändert, bei Gelegenheitsrinkern dagegen stieg er merklich an. *Quelle: Journal of the American Heart Association*

Versteht uns da oben jemand?

Ja, meinen US-Astronomen. Und entwerfen einen 20-Jahres-Plan für die Suche nach außerirdischer Intelligenz – trotz massiver Finanzprobleme

Von Hans-Arthur Marsiske

Jeden Tag könnte sie eintreffen, die lang ersehnte Botschaft aus dem Universum. Und dann? Wären wir auf die Erkenntnis, nicht die einzige intelligente Spezies im Weltall zu sein, überhaupt vorbereitet? „Ich denke schon“, sagt Seth Shostak, Astronom und professioneller Alien-Sucher. „Ungefähr die Hälfte der Bevölkerung in den USA und wahrscheinlich auch in Europa glaubt ja ohnehin, dass die Außerirdischen längst unter uns sind und von der Regierung versteckt werden.“

Natürlich sei es sinnvoll und wichtig, sagt Shostak, schon jetzt die möglichen sozialen und politischen Auswirkungen eines Nachweises außerirdischer Intelligenz zu erforschen. Doch dafür hat Shostaks Arbeitgeber, das SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence)-Institut in Mountain View, Kalifornien, zu

wenig Geld. Seit der US-Kongress 1993 die staatliche Finanzierung gestoppt hat, ist das Institut auf private Spenden angewiesen.

Um die knappen Ressourcen möglichst effektiv einsetzen zu können, stellte das Institut ein Komitee aus Wissenschaftlern, Technikern und Computerexperten zusammen, das einen Forschungsplan für die nächsten 20 Jahre erarbeiten sollte. Das Ergebnis dieser mehr als zwei Jahre dauernden Beratungen liegt jetzt in Form eines 551 Seiten starken Buches vor: „SETI 2020: A Roadmap for the Search for Extraterrestrial Intelligence“.

Drei Empfehlungen stehen im Mittelpunkt. Zum einen rät das Komitee, ein eigenes Radioteleskop zu bauen. Bislang müssen die SETI-Forscher mit anderen

Wissenschaftlern um Beobachtungszeit auf fremden Instrumenten konkurrieren. Mit dem „Allen Telescope Array“, dessen Bau bereits begonnen hat, wird die Suche nach Signalen außerirdischer Intelligenz dagegen rund um die Uhr möglich sein.

Zum Zweiten empfiehlt die Studie, in den nächsten 20 Jahren die Suche

nach optischen Signalen zu verstärken. Mit starken Lasern ist es möglich, Lichtblitze zu erzeugen, die in entfernten Sternsystemen hundert- oder sogar tausendmal so hell wie unsere Sonne erscheinen. „Wir dürfen annehmen, dass auch andere Zivilisationen über solche Technologien verfügen und sie einsetzen, um sich mitzuteilen“, sagt Shostak.

Die dritte Empfehlung der Untersuchung bezieht sich auf den Bau eines „omnidirektionalen“ Radioteleskops, das ständig den gesamten Himmel erfasst. Dass ein solches Gerät Wirklichkeit wird, scheidet zwar gegenwärtig noch an der mangelnden Rechenkapazität zur Verarbeitung der anfallenden Datenmengen. Fachleute halten es aber für möglich, ein Instrument zu konstruieren, das mit der

sich weiterhin rasch entwickelnden Rechenleistung wächst.

In der deutschen Forschungslandschaft spielt das SETI-Projekt bislang noch keine Rolle. Das wird von vielen Wissenschaftlern – und auch Pädagogen – bedauert. „Denken Sie nur an die vielen, vielen Diskussionen über die Bedingungen von Leben und Zivilisation, die sich daraus ergeben“, sagt Harald Lesch, Professor für theoretische Astrophysik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München.

Das beginnt schon in der Schule: „Wenn Sie mit kleinen, grünen Männchen ins Klassenzimmer kommen, können Sie selbst Grundschüler schnell für Physik, Biologie und sogar Religion oder Geschichte begeistern“, sagt der Physikprofessor. Nicht zuletzt über die Beschäftigung mit Außerirdischen würde man auch lernen, „was für ein besonderer Platz die Erde ist“.



Die Suche nach extraterrestrischen schlaun Wesen im Film: Jodie Foster als Wissenschaftlerin im Film „Contact“

MONTAG	PORTRÄT
DIENSTAG	BÜCHER
MITTWOCH	NETWORK
DONNERSTAG	WISSEN
FREITAG	REPORTAGE