

QUANTENSPRUNG

Das gar nicht primitive Schnabeltier

Ornithorhynchus anatinus, das Schnabeltier, ist ein ungewöhnliches Wesen. Es hat eine Art Entenschnabel und Schwimmhäute zwischen den Zehen. Sein Ruderschwanz ähnelt dem eines Bibers. Es legt Eier, aber säugt seine Jungen mit Milch. Bei so einem Potpourri von Merkmalen ist es verständlich, dass dieses Tier, dessen Genom nun sequenziert wurde, oft für besonders primitiv gehalten wird.



AXEL MEYER  
Professor für  
Evolutionäres Biologie,  
Konstanz

Das Schnabeltier und der Ameisenigel sind die letzten überlebenden Arten der eierlegenden Säugetiere (Monotremata). Sie trennten sich von den anderen Säugetieren vor etwa 166 Millionen Jahren. Zu diesem Zeitpunkt gab es also einen gemeinsamen Vorfahren, aus dem schließlich sowohl die Schnabeltiere als auch wir Menschen hervorgegangen sind. Unsere evolutionären Linien sind also genau gleich alt. Wer sollte da primitiver sein?

Die Berichterstattung über das „primitive“ Schnabeltiergenom spiegelt ein großes Missverständnis in der Öffentlichkeit wider. Die Evolution strebt nicht nach Fortschritt – auch wenn Homo sapiens immer oben auf den Stammbäumen gezeichnet wird. Alle Lebewesen sind eine Kombination von ursprünglichen und neueren Merkmalen. Das Schnabeltier ist nur ungewöhnlich, weil das Gewöhnliche per definitionem eben häufiger ist. Es repräsentiert zwar einen alten, also basalen evolutionären Ast, aber: Basal ist nicht notwendigerweise primitiv.

wissenschaft@handelsblatt.com

# Das Ende des Computer-Alzheimers

Rechner müssen beim Starten hochfahren, weil Arbeitsspeicher ohne Strom alle Daten vergessen. „Phasenwechselmaterialien“ könnten das ändern.

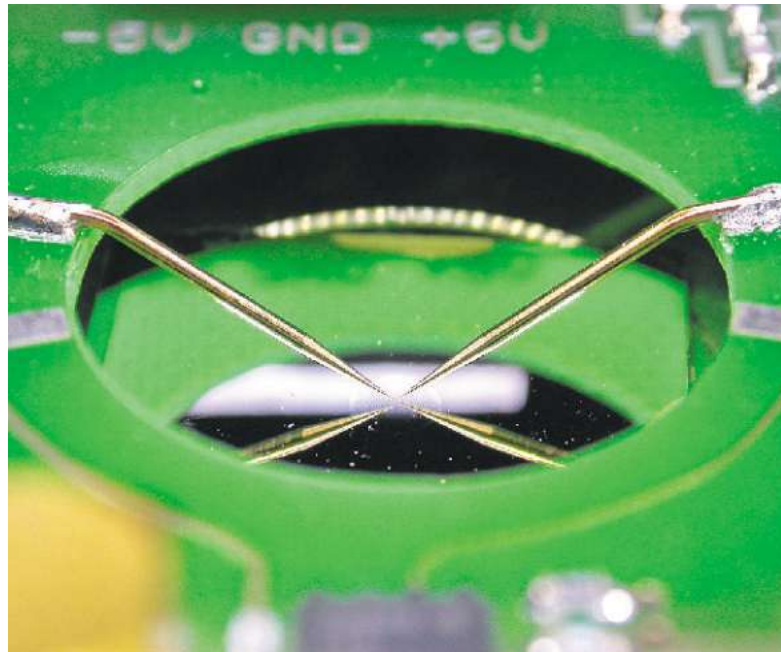
R. WENGENMAYR | DÜSSELDORF

Noch vor wenigen Jahren mussten viele Dieselfahrer vor dem Anlassen die berühmte Diesel-Gedankminute zum Vorglühen einlegen. Ähnlich anachronistisch könnte schon bald das tägliche Hochfahren des Rechners anmuten. Schuld daran sind die heutigen Arbeitsspeicher, die nach der Trennung vom Netz sämtliche Daten vergessen. Also müssen sie bei jedem Neustart das Betriebssystem langwierig von der Festplatte hochladen.

„In Zukunft werden Sie Computer wie Lampen anschalten können“, sagt der theoretische Physiker Wojciech Jelenc. Der 31-jährige Deutsche, der in Danzig geboren ist, arbeitet heute an der École Polytechnique in Palaiseau, das südlich von Paris liegt. Er ist Träger des diesjährigen Wissenschaftspreises des Wissenschaftszentrums Nordrhein-Westfalen. Zusammen mit seinem Doktorvater Matthias Wuttig von der RWTH Aachen forscht er an sogenannten Phasenwechselmaterialien – und zwar speziellen aus der chemischen Familie der Chalkogenide. Als optische Informationsspeicher sind die vielversprechenden Tausendsassas längst in wiederbeschreibbaren CDs und DVDs etabliert. Nun könnten sie auch die elektronische Speichertechnologie revolutionieren.

Solche Materialien können zwischen zwei festen, stabilen Zuständen umschalten und so digitale Nullen und Einsen dauerhaft speichern. In einer Phase formieren sich die Atome schön ordentlich zu einem Kristall, in der anderen nur unordentlich zu einem Glas.

Schreibt der Laser in eine wiederbeschreibbare DVD ein Bit, dann jagt er einen kurzen, starken Puls in eine dünne Schicht des Phasenwechselmaterials. Die fokussierte Lichtenergie schmilzt dort ein winziges Volumen kurz auf, danach friert es in der vergleichsweise kalten Umge-



Spitzfindig: Feine Kontakte messen die Eigenschaften des Materials.

bung wieder schlagartig ein. Bei dieser Schockerstarrung schaffen es die „aufgekochten“ Atome nicht mehr rechtzeitig zurück auf ordentliche Kristallplätze. So entsteht ein Glaskörnchen, das ein Bit viele Jahre lang stabil speichert. Der Clou ist jedoch, dass es jederzeit löscherbar ist. Das gelingt mit einem schwächeren, länger dauernden Laserpuls. Er schiebt die Atome sanft an und gibt ihnen genug Zeit zur Reorganisation in den Kristall. Technisch nutzbar ist das Wechselspiel zwischen kristalliner und gläserner Phase, weil diese für das Licht verschieden transparent sind. Das macht die Bits erst mit Licht lesbar – eine Spezialität dieser Chalkogenide.

Genauso stark unterscheiden sich auch die elektrischen Eigenschaften beider Phasen. Deshalb eignen sich diese Materialien auch als elektronische Speicher. Elektrische Spannungspulse übernehmen dann anstelle der Laserpulse das Schreiben, Lesen und Löschen der Daten. Das elektrische Langzeitgedächtnis

macht die Phasenwechselspeicher zu einem der heißesten Forschungsobjekte der Chipindustrie, denn sie versprechen flotte Bit-Speicherzeilen von wenigen Nanosekunden (Milliardstelsekunden).

Damit schlagen sie die ebenfalls nichtflüchtigen Flash-Speicher, die in USB-Speichersticks oder MP3-Spielern stecken. Bei diesen frisst das Speichern nämlich enttäuschend lange Mikrosekunden (Millionstelsekunden) an Zeit. Deshalb kann die Flash-Technologie die verlässlichen, aber viel schnelleren DRAM (Direct Random Access Memory, Dynamischer Speicher mit wahlfreiem Zugriff) nicht aus den heutigen Computern verdrängen.

Flash-Speicher ins Museum

Außerdem dürfen die glasigen Bitkörnchen der Chalkogenide auf winzigste Abmessungen schrumpfen. „Schon tausend Atome bleiben stabil“, erklärt Matthias Wuttig. Ein solches dauerhaftes Bit entspricht einem Würfel mit der Kantenlänge

Langlebiges Chaos

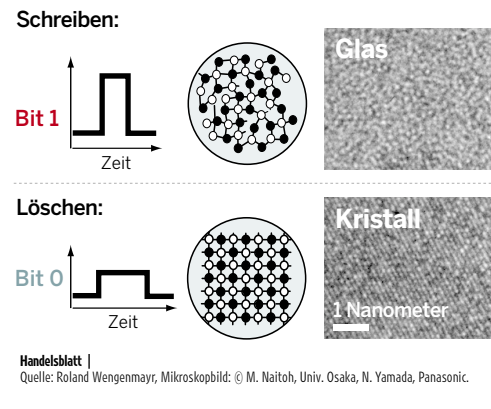
Beim Schreiben eines Bits schmilzt ein kurzer, starker Puls aus Laserlicht oder elektrischer Spannung ein

Stück des kristallinen Materials, das sofort wieder zu einem Glas mit ungeordneten Atomen einfriert. Diese

Glasstruktur bleibt erhalten, bis ein neuer Puls das Material zum Schmelzen bringt.

Beim Löschen erwärmt ein längerer, schwächerer Puls das Glas. Dadurch haben die Atome Zeit, in die Ordnung der Kristallstruktur zurückzukehren.

Die Aufnahme mit dem Elektronenmikroskop zeigt die Positionen einzelner Atome. Ein Nanometer entspricht dabei einem Milliardstel Meter.



Handelsblatt | Quelle: Roland Wengenmayr, Mikroskopbild: © M. Naitoh, Univ. Osaka, M. Yamada, Panasonic.

von nur drei Nanometern (Milliardstelmeter). Das reicht für eine hohe Speicherkapazität, die langfristig konkurrenzfähig bleibt. Dank dieser attraktiven Eigenschaften könnten Phasenwechselspeicher vielleicht schon bald die DRAM- und Flash-Speicher ins Technikmuseum abschieben. Führende Chiphersteller arbeiten daran: Intel präsentierte 2006 den Prototyp eines nichtflüchtigen Speichers mit 128 Megabit Speicherkapazität, Samsung steigerte sie ein Jahr später schon auf 512 Megabit.

Nach wie vor lohnt sich die intensive Grundlagenforschung an diesen Materialien. Was beim Phasenwechsel auf der Skala der Atome und Elektronen genau geschieht, ist längst nicht völlig enträtselt. Die wissenschaftliche Arbeit von Wuttig, Jelenc und ihren Kolleginnen und Kollegen kann der Industrie sogar handfeste Vorteile verschaffen. Die chemischen Herstellungsrezepte dieser Chalkogenide erlauben nämlich viele Variationen mit unter-

schiedlichen Eigenschaften. Bislang muss die Industrie aufwendig herumprobieren, bis sie das beste Material für eine bestimmte Anwendung gefunden hat. Eine tiefer gehende Kenntnis der Materialeigenschaften würde eine gezielte, effizientere und wesentlich kostengünstigere Suche ermöglichen.

„Wir arbeiten gerade an einer Schatzkarte, die das erstmals erlaubt“, erläutert Wuttig. Er hat in Aachen mit seinem Team eine ausgefeilte Experimentiertechnik aufgebaut, die einen tiefen Einblick in die Skala der Atome und Elektronen ermöglicht. Richtig zuschauen können die Aachener den einzelnen Atomen bei ihrem Tanz allerdings noch nicht. Sie können das Treiben während eines starken Pulses „mitfilmen“, dann aber nur für ein größeres Atomkollektiv. Alternativ machen sie mit einem Rasterkraftmikroskop vor und nach dem Puls einen Schnappschuss, aus dem sie präzise auf die Anordnung der Atome schließen können. „Eine

hohe zeitliche und örtliche Auflösung zugleich schaffen wir noch nicht, aber das kann derzeit keiner“, erklärt Wuttig. An dieser Stelle kommt nun der Theoretiker Jelenc ins Spiel: Er füttert die Messdaten in Computermodelle. Auf Basis der Quantenphysik errechnen diese, was mit den Atomen und Elektronen tatsächlich während des Schmelzens und Erstarrens geschieht.

Diese Forschungsarbeit ist so bedeutend, dass führende Speicherchip-Produzenten aus Asien, Europa und den USA mit im Boot sind. Neben der Schatzkarte sieht Wuttig noch eine weitere, besonders wichtige Forschungsaufgabe vor sich: „Wir müssen Materialien finden, die möglichst wenig Energie zum Umschalten zwischen den Phasen brauchen.“ Das entscheidet vor allem über den Einsatz in mobilen Geräten, denn schließlich soll die Elektronik den Akku schonen.

Finden die Forscher energiesparende Materialien, so würden die schnellen Phasenwechselspeicher die mobile Technik spürbar verbessern. „Sie könnten dann auf dem Handy eine Fußball-Liveübertragung ohne ruckelnde Bilder anschauen“, sagt Jelenc. Der Physiker hofft, dass er der Industrie mit Quantenphysik noch oft auf die Sprünge helfen kann. Das ist auch das Ziel des von der Europäischen Union geförderten Forschungsverbands, in dem er mitarbeitet.

UNSERE THEMEN

- MO ÖKONOMIE
- DI ESSAY
- MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
- DO NATURWISSENSCHAFTEN
- FR LITERATUR

Materialien entwickeln

Sicherheit erhöhen

Science For A Better Life

Im Jahr 1990 hatte der Durchschnitts-Pkw einen Kunststoffanteil von neun Prozent. Heute beträgt er schon bis zu 20 Prozent.

Bayer MaterialScience gehört zu den weltweit größten und innovativsten Zulieferern der Autoindustrie und gestaltet die Zukunft des Automobils aktiv mit.

Zum Beispiel durch die Entwicklung von Scheiben aus Kunststoff, die für mehr Sicherheit sorgen. Oder mit Energie absorbierenden Polyurethanen, die in Stoßfängern bei einem Aufprall Insassen schützen und das Verletzungsrisiko für Fußgänger reduzieren. Für sichere Autos und mehr Freude am Fahren.

www.bayer.de



Bayer:

HealthCare

CropScience

MaterialScience