

DAS THEMA: SPITZENFORSCHUNG IN SACHSEN

# Arbeit an kleinen Wundern

Die Miniaturisierung in der Elektronik schreitet rasant voran. Doch die Natur setzt Grenzen. Um sie zu überwinden, forschen Wissenschaftler in Chemnitz, Dresden und Waldheim mit der Weltelite der Branche an völlig neuen Wegen in die nächste Rechner-Ära.

VON UWE KUHR

**DRESDEN/CHEMNITZ** – Die heutige Mikroelektronik stößt bald an ihre Grenzen. Das sagen Ingenieure und Wissenschaftler voran. Auch der renommierte Dresdner Elektronik-Experte Gerhard Fettweis (52). Er koordiniert das seit 2012 zunächst auf fünf Jahre angelegte deutsche Exzellenzcluster für fortgeschrittene Elektronik in Dresden. Das Zentrum wurde speziell dafür geschaffen, um an der Elektronik von übermorgen zu forschen. Entstanden ist das Netzwerk mit einem Wettbewerb des Bundes um Spitzentechnologie-Forschung. Beteiligt sind Forscher aus Dresden, Chemnitz und Waldheim.

300 Wissenschaftler – davon 80 Doktoranden – verlassen dabei ausgetretene Pfade. Computerchips müssen immer mehr können, dabei intelligenter und kleiner werden, kaum Energie verbrauchen – und lernen, Entscheidungen zu treffen. Außerdem sollen sie mit anderen Systemen kommunizieren und preiswert sein. Letztere Eigenschaf-

an die Grenze der Überforderung. Integrierte Schaltkreise, die sich inzwischen in Kinderspielzeug und Kaffeemaschinen finden, basieren auf einem starren Silizium-Plättchen, auf das in feinsten Strukturen abertausende Halbleiter als Transistoren oder Dioden aufgebracht sind.

Morgen reicht das nicht mehr, sagt Fettweis. Neuartige Komponenten der Datenverarbeitung brauchen andere Lösungen und andere Materialien. So geht es unter anderem um Computer, die nicht Strom, sondern chemische Flüssigkeiten in Gang halten. Oder Datenspeicher aus biologischen Substanzen. Oder billig auf Papier oder Folie druckbare Schaltungen. Chemnitz' Forscher haben kürzlich erstmals ein funktionierendes Radio samt Lautsprecher auf Papier gedruckt. So könnten Plakate oder Verpackungen sogar sprechen lernen.

Halbleiter wie Silizium galten bisher als „Rohöl des Informationszeitalters“. Doch bald scheint die Miniaturisierung in der Mikroelektronik ausgereizt. Gordon Moore, Mitbegründer des weltgrößten Chip-



Hiotech am Chemnitzer Zentrum für Mikrotechnologien. FOTO: JÜRGEN LÖSEL

**Wäre die Entwicklung der Automobilindustrie so schnell wie in der Halbleiterindustrie vorangeschritten, würde ein Rolls-Royce mit fünf Litern Benzin eine Million Kilometer weit fahren. Und es wäre billiger, ihn wegzuerwerfen, als für ihn einen Parkplatz zu suchen.**

Gordon Moore US-amerikanischer Elektronik-Pionier

ten würden Anti-Kollisions-Systeme fürs Auto ermöglichen: Wenn eine Kolonnenfahrt plötzlich stockt, drohen Auffahrunfälle. Sie wären zu verhindern, wenn Systeme an Bord die Gefahr erkennen und – noch bevor der Mensch reagieren könnte – alle Fahrzeuge miteinander in Kontakt treten und abbremsen. Ähnliche, sich selbst organisierende Systeme verlangen auch Industrie und Logistikbranche.

Derart komplexe Aufgaben bringen die Computerchips von heute

konzerns Intel in den USA, hatte in den 1960er-Jahren prophezeit, dass sich alle 18 Monate die Rechnerleistung verdoppeln werde. „Das Moore'sche Gesetz gilt bis heute“, so Fettweis. „Aber nicht mehr lange.“ Die Chipherstellung nähert sich atomaren Strukturen. Dort aber ändern sich Naturgesetze und Stoffeigenschaften, Halbleiter funktionieren demzufolge nicht mehr wie gewohnt.

Zahlenspiele: 20 Haare nebeneinander sind etwa einen Millimeter

breit. Auf einem Mikrochip haben heute bis zu 50.000 Strukturen wie Leiterbahnen auf einem Millimeter Platz, jede nur 20 Nanometer breit. Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters. Aktuell tummeln sich auf Spitzen-Mikrochips bis zu fünf Milliarden Transistoren. Das soll nicht das Ende sein. Gordon Moore: „Wäre die Entwicklung der Automobilindustrie so schnell wie in der Halbleiterindustrie vorangeschritten, würde ein Rolls-Royce mit fünf Litern Benzin eine Million Kilo-

meter weit fahren. Und es wäre billiger, ihn wegzuerwerfen, als für ihn einen Parkplatz zu suchen.“

Fettweis und seine Mitstreiter knien sich in diese Grundlagenforschung. Es sei die Chance, einmal aus Forschungen rauszukommen, die schon nach einem bis drei Jahren Erlöse abwerfen müssten. „Wir haben die Chance, auf Augenhöhe mit marktführenden Konzernen wie Intel zu arbeiten“, so Fettweis. Sonst würde das Land ewig der Spitzenforschung in den USA, Korea und Japan

hinterherlaufen. Man müsse „mutig und verantwortungsvoll auch so ein riskantes Thema anpacken“.

100 Millionen Euro an Forschungsgeldern hat der Professor von der TU Dresden mit dem Netzwerk eingeworben. Darunter sind 28 Millionen Euro als „Startkapital“ für den Exzellenzcluster von der Bundesexzellenzinitiative und über 40 Millionen vom Land Sachsen für ein neues Gebäude. Firmen wie Intel pumpen mehr als das Dutzendfache in solche Forschungen. Dresden erhielt den Zuschlag, weil die Antragsteller aus Sachsen neun klar umrissene Schwerpunkte definiert haben. Fettweis: „Wir wollen mit jedem dieser Pfade zu den Top 10 weltweit auf-rücken.“

Warum das Ganze? Die Miniaturisierung ist kein Selbstzweck. Sie beflügelt ein neues Internet-Zeitalter: das „Internet der Dinge“. Der Begriff beschreibt unspektakulär das Sterben des klassischen Computers als Gerät und seinen Ersatz durch „intelligente Gegenstände und Produkte“. Kleinste Schaltkreise und vor allem unzählige, winzige Sensoren, die in Produkte und Apparate eingebettet sind, „denken fortan mit oder sogar vor“, erklärt Thomas Gefner, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme Enas in Chemnitz. Sein Haus ist Netzwerkpartner. Es arbeitet eng mit der TU Chemnitz, der TU Dresden und dem Kurt-Schwabe-Institut für Mess- und Sensortechnik in Waldheim in Mittelsachsen zusammen.

Die neue Mikroelektronik-Generation wird Alltag und Gesellschaft stark verändern. Im Kleinen gerät der Mensch in allen Lebenslagen in immer mehr Assistenzsysteme: In der Arbeitswelt, im Auto, in der eigenen Wohnung.

In der Wirtschaft steht die vierte industrielle Revolution ins Haus. Nach Dampfkraft und Mechanisierung, Strom und Massenproduktion sowie digitaler Revolution und Automation verbindet sich die Industrie bald mit dem Internet der Dinge. Das Ziel heißt „intelligente Fabrik“. Wo hört es auf? Visionäre in Sachsen denken beispielsweise über eine ampellose Kreuzung nach, bei der die Autos durch Sensorik und Mobilfunk automatisch sicher geleitet werden.

**Kreuz und quer geforscht**

**Neue Computer**, das heißt neue Materialien, neue Schaltkreise, eine andere Art der Programmierung und Informationsverarbeitung. So verbinden Sachsens Forscher Grundlagenforschung mit neuen Praxis-Feldern:

**Silizium-Nanodrähte**: Weil in diesen winzigen Drähten Elektronen neue Eigenschaften zeigen, könnte diese Anordnung zu hochkompakten Rechnerchips führen.

**Kohlenstoff-Nanoröhren**: Sie sind extrem gute Leiter und somit als Basis für neue Elektronik-Bauelemente besonders geeignet. Geforscht wird daran in Chemnitz, Waldheim und Dresden. Gute Nachricht für Smartphone-Besitzer: Eine Akku-Ladung könnte 40 Prozent länger halten.

**Organische Elektronik**: Sie setzt sich aus flexiblen Schichten organischen Materials wie Folien zusammen. Sie ist druckbar und deshalb besonders preiswert.

**DNA-Stränge**: Forscher nutzen die Fähigkeit zur Selbstorganisation des natürlichen Erbgutträgers DNA, um daraus hochkomplexe dreidimensionale Chips zu erzeugen.

**Chemische Computer**: Flüssigkeiten sind der „Strom“ stofflicher Informationsprozesse.

**Adaptive Systeme**: Diese Computer-Programme passen sich automatisch an Rechner mit herkömmlichen oder neuartigen Schaltkreisen an.

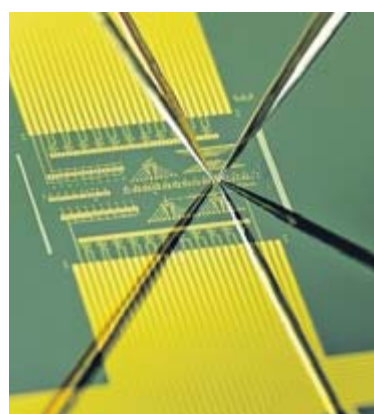
**Superzuverlässige Systeme**: Je komplexer Systeme werden, desto eher können Fehler auftreten. Neue Methoden sollen genaueste Ergebnisse auch bei Störungen und System-schwankungen gewährleisten.

**Energetisch hocheffiziente Computer**: Dieser Sonderforschungsbereich entwickelt hochgradig energieeffiziente Systeme für moderne IT-Infrastrukturen, ohne dass deren Leistungspotenzial verringert.

**Biologische Systeme**: Hier geht es darum, der Natur kopierbare Lösungsmethoden abzuschauen, die sie in der Evolution verfolgt. (uk)



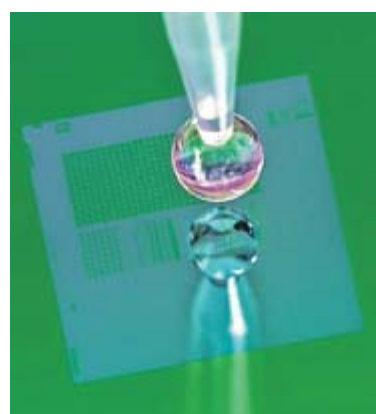
Spezielle Strukturen für Transistoren entstehen in diesem Hiotech-Gerät an der TU Dresden. FOTOS: JÜRGEN LÖSEL



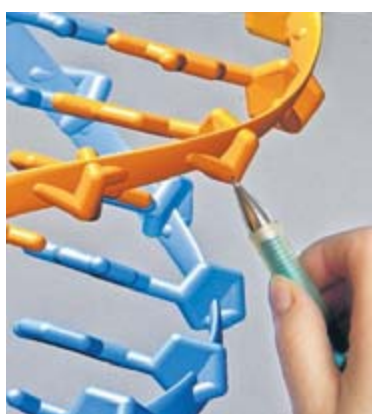
Schaltelemente auf der Basis kleiner Röhren aus Kohlenstoff.



Komplexere Computer-Chips erfordern auch bessere Prüfverfahren, an denen Chemnitzer forschen.



Licht wird zum Datenträger – an der TU Chemnitz.



DNA – hier eine Molekülkette – dient als Vorbild für neue Schaltkreise.

## Mit ein bisschen Urschleim zum Superchip von morgen

Mit der japanischen Faltechnik Origami legen Forscher Kettenmoleküle zu elektronischen Schaltelementen – nichts scheint mehr unmöglich

VON UWE KUHR

**WALDHEIM/CHEMNITZ/DRESDEN** – Es ist vielleicht die skurrilste Idee auf dem Weg zu einer neuen Elektronik – und eine vielversprechende noch dazu. Lange Kettenmoleküle sollen sich nach dem Willen des Menschen zu schaltkreisartige Strukturen formen. Ein gutes Stück dieses Wegs liegt bereits hinter Forschern aus Waldheim, Chemnitz und Dresden.

Die genutzten Moleküle sind nichts anderes als DNA, der Stoff aus dem die Gene und damit der Lebens-

code aller Lebewesen besteht. Die „Spender“ sind Viren. Auch Automaten können inzwischen DNA-Stränge mit bestimmten Eigenschaften zusammensetzen.

Der Erbgutträger DNA wird verwendet, da es ein vielfältiges „Wundermaterial“ ist. Es lässt sich relativ leicht und preiswert in Form bringen. Virtuosen auf diesem Gebiet setzen bewusst die selbstorganisierenden Fähigkeiten dieses „Urschleims“ ein. Teile des Kettenmoleküls suchen gezielt nach bestimmten Molekülen zum Andocken. Über diese Eigenschaft lassen sich

**Thomas Geßner**

Leiter des Enas-Fraunhofer Instituts in Chemnitz  
FOTO: FRAUNHOFER IZM



**Gerhard Fettweis**

Professor am Institut für Nachrichtentechnik der TU Dresden  
FOTO: JÜRGEN LÖSEL



**Michael Mertig**

Professor an der TU Dresden und Direktor des Kurt-Schwabe-Instituts in Waldheim  
FOTO: JÜRGEN LÖSEL



bereits Stränge in Vierecke und Kreise sowie sogar in dreidimensionale Geometrien bringen, die Eiffeltürmen im Nanometer-Bereich schon sehr ähneln. Für die besondere Faltechnik der Kettenmoleküle wurde das japanische Wort für die Papierfaltkunst – Origami – entlehnt.

Die natürliche DNA bildet aber nur das Gerüstmaterial. Am Ende eines erfolgreichen DNA-Origami wird eine goldhaltige Lösung zugesetzt. Die Metallpartikel ummanteln gewissermaßen diese Struktur. Wenn die Biomasse anschließend erhitzt wird, bleibt nur noch eine fi-

ligrane Goldstruktur übrig: Sie bildet winzige Leitbahnen. Für Elektronik-Forscher wie Michael Mertig, Direktor des Kurt-Schwabe-Instituts für Mess- und Sensortechnik im Ortsteil Meinsberg von Waldheim, sind es perfekte Lichtwellen- und Stromleiter, mit denen sogar super-

schnelle opto-elektronische Bauelemente möglich seien. Sein Institut arbeitet auf diesem Gebiet eng mit der TU Chemnitz, der TU Dresden und dem Chemnitzer Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme Enas zusammen.

Um die Möglichkeiten des DNA-Origami auszuloten, findet beispielsweise an der US-amerikanischen Eliteuniversität in Harvard jährlich ein internationaler Wettbewerb statt. Dresdner Studenten haben dort das dritte Mal in Folge den zweiten Platz belegt: 2014 mit einem winzigen optischen Lichtschalter.