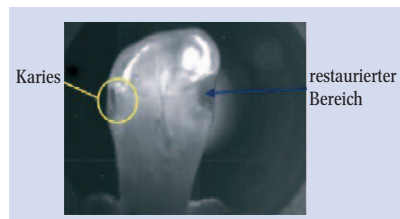


## Infrarot-Kamera spürt Karies auf

Je weniger Kosten Krankenkassen beim Zahnersatz übernehmen, desto wichtiger wird die Vorsorge gegen Karies und Lochfraß. Doch selbst bei regelmäßigen Kontrollen können dem Zahnarzt erste Anzeichen des Verfalls gerade zwischen den Zähnen verborgen bleiben. Infrarotlicht erweitert nun effektiv den prophylaktischen Blick auf Karies. Amerikanischen Wissenschaftlern von der University of California in San Francisco gelang es, mit Wärmestrahlung bei 1310 Nanometer Wellenlänge gesunden Zahnschmelz kontrastreich von geschädigten Stellen im Frühstadium zu unterscheiden.<sup>1)</sup>



Mit gefiltertem und polarisiertem Infrarotlicht lassen sich frühzeitig kariöse Stellen im Zahn nachweisen. (Quelle: Jones et al., University of California)

Für ihre Experimente an Millimeter dünnen Scheiben aus Zahnschmelz und ganzen, extrahierten Zähnen „infizierten“ Daniel Fried und Kollegen die Zahnlagen künstlich mit einem speziellen Gesteinspulver, Hydroxyapatit, dessen Eigenschaften exakt denjenigen von kariösen Stellen entsprechen. Diese Proben durchleuchteten sie mit dem gefilterten und polarisierten Infrarotlicht aus einer Halogenlampe oder einem Dioden-Laser, da Zahnschmelz mit einer freien Weglänge von 3,2 Millimeter für Photonen bei 1310 Nanometer nahezu transparent ist. Dabei zeigt sich, dass gesunder Schmelz und kariöse Bereiche das einfallende Licht unterschiedlich stark streuen. Das Transmissionslicht nahmen die Forscher für eine genaue Analyse mit einem IR-empfindlichen CCD-Sensor aus Indiumgalliumarsenid (InGaAs) auf. Das Kontrastverhältnis zwischen krankem und gesundem Zahnschmelz von etwa 2:1 reicht dabei aus, um Regionen frühen Zahnverfalls sichtbar zu machen.

Damit stellt die IR-Methode andere Verfahren mit Licht im sichtbaren Bereich oder mit Röntgenstrahlen buchstäblich in den

Schatten. Zudem ermöglicht sie ein regelmäßiges Zahn-Screening, ohne den Patienten mit ionisierenden Strahlen zu belasten.

Ermutigt durch die ersten Erfolge an ihren losen Zahnproben wollen die Wissenschaftler die Genauigkeit ihrer Methode an Zähnen in unterschiedlichen Schädigungs-Stadien untersuchen. Bewährt sich das Infrarot-Licht auch hier, kann an eine Testreihe mit lebenden Zahnproben gedacht werden.

## Batterie im Mikrometermaßstab

Immer mehr winzige Getriebe, Motoren und Aktuatoren entspringen den Laboren für Mikro- und Nanosystemtechnik. Für ihren Antrieb nutzen die Forscher piezoelektrische Elemente oder denken an einen Nachbau komplexer, biologischer Mechanismen in Zellen, wie beispielsweise die Umsetzung von Adenosintriphosphat in mechanische Bewegung. Amerikanische Forscher der University of Tulsa in Oklahoma präsentierten nun eine neue, mikroskopische Energiequelle: eine Mikrobatterie im gleichen Maßstab wie die weltkleinsten Maschinen selbst.<sup>2)</sup>

Im Prinzip funktioniert der Stromspeicher genauso wie eine Autobatterie, doch befinden sich darin keine Bleiplatten, sondern ein wabenförmiges Substrat aus Aluminiumoxid mit winzigen, 200 Nanometer weiten Poren. In diese füllten Christina Dewan und Dale Teeters einen Kunststoff-Elektrolyten aus Polyethylen, versetzt mit Lithiumtriflat (Lithiumtrifluormethansulfonat). Auf diese Elektrolyt-Waben deponierten sie für einen elektrischen Kontakt rund 75 Mikrometer große Graphit-Partikel. Den zweiten Kontakt unter den Poren generierten sie mit einem Gel aus Vanadiumoxid, angereichert mit rund 35 Prozent Kohlenstoff-Nanoröhrchen.

Da konventionelle Drähte für den Stromanschluss der Mikrobatterie zu groß wären, kontaktierten sie die Elektroden mit den Spitzen eines Atomkraftmikroskops. Mehrere Lade- und Entladungszyklen konnten sie so erfolgreich mit dieser elektrochemischen Zelle durchführen. Allerdings erreichten sie nur eine Kapazität von maximal 18 Milliamperestunden pro Gramm (mAh/g), doch für mikromechanische Antriebe soll dies nach Aus-

sage von Teeters ausreichen. In Hoffnung auf eine baldige technische Anwendung sicherten sich die Forscher ein Patent auf diese erste Mikrobatterie.

## Videobilder in Öl und Wasser

In der Zeitung der Zukunft finden sich nicht nur gedruckte Zeilen und Bilder, sondern auch Filmberichte wie im Fernsehen. Die Grundlage dafür soll das elektronische Papier liefern. Können bisher auf diesen dünnen Bildschirmen nur statische Zeilen und Bilder – in Qualität und Kontrast vergleichbar mit dem klassischen Druckbild auf Papier – gebannt werden, kommt nun Be-



Die Mikrokammern der winzigen Displays für bewegte Bilder werden mit Öl und Wasser befüllt (Quelle: Philips)

wegung ins Spiel. Möglich wird dies mit einer neuen Display-Technik, die Schaltfrequenzen von bis zu 100 Hertz ermöglicht (Abb.).

Robert Hayes und Johan Feenstra von Philips in Eindhoven füllten dazu Mikrometer kleine Kammern mit Öl (Alkane mit Kettenlängen zwischen C<sub>10</sub> und C<sub>16</sub>) und Wasser.<sup>3)</sup> Über einen elektrischen Kontakt können sie eine Spannung von bis zu 20 Volt an diese Hohlräume anlegen. Eine Doppellage aus Zinnoxid und einem isolierenden, hydrophoben Polymer trennt sie von einer weißen Reflektor-Unterlage ab. Fließt nun ein Strom in die Wasser-Öl-Kammer, zieht sich die ölige Phase um bis zu 90 Prozent zusammen und gibt eine Fläche frei, die durch das durchsichtige Wasser benetzt wird. Innerhalb von zehn Millisekunden eröffnet sich so wechselweise ein Blick entweder auf den Öltropfen oder das weiße Substrat.

Mit diesem Prinzip des „Electrowetting“ – der elektrisch steuerbaren Benetzung einer wasserabstoßenden Fläche – entwickelten Hayes und Feenstra ihren einen Quadratzentimeter großen Prototyp, auf dem sie mit 180000

1) R. S. Jones et al., Optics Express 11, 2259 (2003)

2) C. Dewan und D. Teeters, Journal of Power Sources, 119-121, 310 (2003)

3) R. A. Hayes und B. J. Feenstra, Nature 425, 383 (2003)

4) A. Ney, C. Pampuch, R. Koch und K. H. Ploog, Nature 425, 485 (2003)

Kammern etwa 60000 Bildpunkte – entsprechend einer Auflösung von 160 dpi (Pixel pro Zoll) – anordnen konnten. Jedes Pixel setzt sich aus drei Hohlräumen zusammen, in denen die Öltröpfchen jeweils mit einem anderen Farbstoff in den Grundfarben Cyanblau, Magentarot und Gelb eingefärbt sind. So lässt sich im Prinzip jeder Farbton additiv darstellen.

Ohne Hintergrundbeleuchtung erreichen diese Displays die vierfache Helligkeit verglichen mit reflektiven LCD. Heute noch auf einer starren Unterlage aufgebaut, können diese farbigen Bildschirme mit leitenden und biegsamen Trägermaterialien in Zukunft auch flexibel wie Papier werden. Doch bis zur Marktreife in schätzungsweise fünf Jahren setzt Philips zunächst mit seinem Partner E-Ink auf ein älteres Prinzip für elektronisches Papier, das 2004 kommerziell angeboten wird. Schwarze Mikrokügelchen in einer Flüssigkeit, deren Position nur relativ langsam innerhalb von einigen hundert Mikrosekunden gesteuert werden kann, bilden die Grundlage für kontrastreiche, aber statische Schwarz-Weiß-Anzeigen.

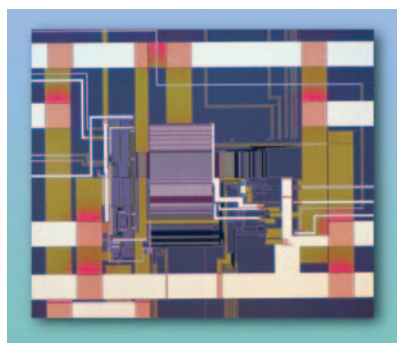
## Magnetisch speichern und rechnen

Elektronische Arbeitsspeicher sind zwar schnell, aber flüchtig. Ohne permanente Stromzufuhr verharren dagegen MRAM-Module (Magnetic Random Access Memory) in ihrer jeweils letzten magnetischen Ausrichtung und halten so den entsprechenden Datensatz fest. Bereits für 2005 rechnen IBM und Infineon mit ersten, kommerziellen MRAM-Chips. Dieser Optimismus basiert auf ihrem jüngst gemeinsam entwickelten Prototyp einer nur  $1,4 \mu\text{m}^2$  kleinen MRAM-Speicherezelle, hergestellt in einem  $0,18\text{-}\mu\text{m}$ -Prozess. Damit wird sich nicht nur das „Hochfahren“ eines PC erübrigen, sondern Kleingeräte wie Handy und PDA können auch unabhängig von einem Flash-Speicher wichtige Datensätze selbst mit leerem Akku speichern.

Wissenschaftler vom Paul-Drude-Institut (PDI) in Berlin denken indes schon einen Schritt weiter. Mit den hauchdünnen Magnetschichten aus beispielsweise Kobaltheisen-Legierungen wollen sie nicht nur speichern, sondern auch rechnen. Aufbauend auf das mit Gigahertz-

Raten regelbare magnetoresistive Verhalten entwarfen sie ein Konzept für magnetische Schaltelemente.<sup>4)</sup> Entsprechend ihrer – noch rein theoretischen Bauanleitung – bräuchten Magnet-Prozessoren nur rund ein Viertel an Schaltmodulen im Vergleich zu Chips mit Silizium-Transistoren.

Diese Reduzierung beruht darauf, dass in einem System aus zwei magnetisierbaren Schichten, die durch eine isolierende Lage voneinander getrennt sind, vier verschiedene Grundzustände existieren. Bei zwei Ausrichtungen des magnetischen Momentes pro Schicht ergeben sich zwei parallele (links/links, rechts/rechts) und zwei entgegengesetzte Kombinationen (rechts/links, links/rechts). Für die logischen Verknüpfungen „AND, OR, NAND, NOR“, auf denen im Prinzip alle Rechen-



Ein Prototyp eines Magnetprozessors (Quelle: IBM)

operationen in einem Prozessor aufbauen, reicht daher lediglich ein Magnet-Modul. Mit Siliziumtransistoren, die selbst nur zwischen „0“ und „1“, also Strom „ein“ und „aus“ unterscheiden können, sind bis zu vier Module für solche komplexeren logischen Verknüpfungen nötig.

Ein weiterer Vorteil der Magnetprozessoren, die nach Meinung von PDI-Entwickler Reinhold Koch in fünf bis zehn Jahren entstehen könnten, liegt in ihrer Flexibilität. Silizium-Chips müssen je nach Anwendung in Soundkarte, einem Fließkomma-Prozessor oder einer Grafik-Karte in einer eigens optimierten Schaltarchitektur hardwareseitig festgelegt werden. Dagegen könnte nur ein Typ eines Magnet-Prozessors über eine Software auf seine jeweilige Aufgabe angepasst werden. Aufbauend auf der vorhandenen MRAM-Technologie wollen nun Koch und Kollegen gemeinsam mit IBM, Motorola und Infineon ihre Ideen zum Magnet-Prozessor experimentell umsetzen.

JAN OLIVER LÖFKEN