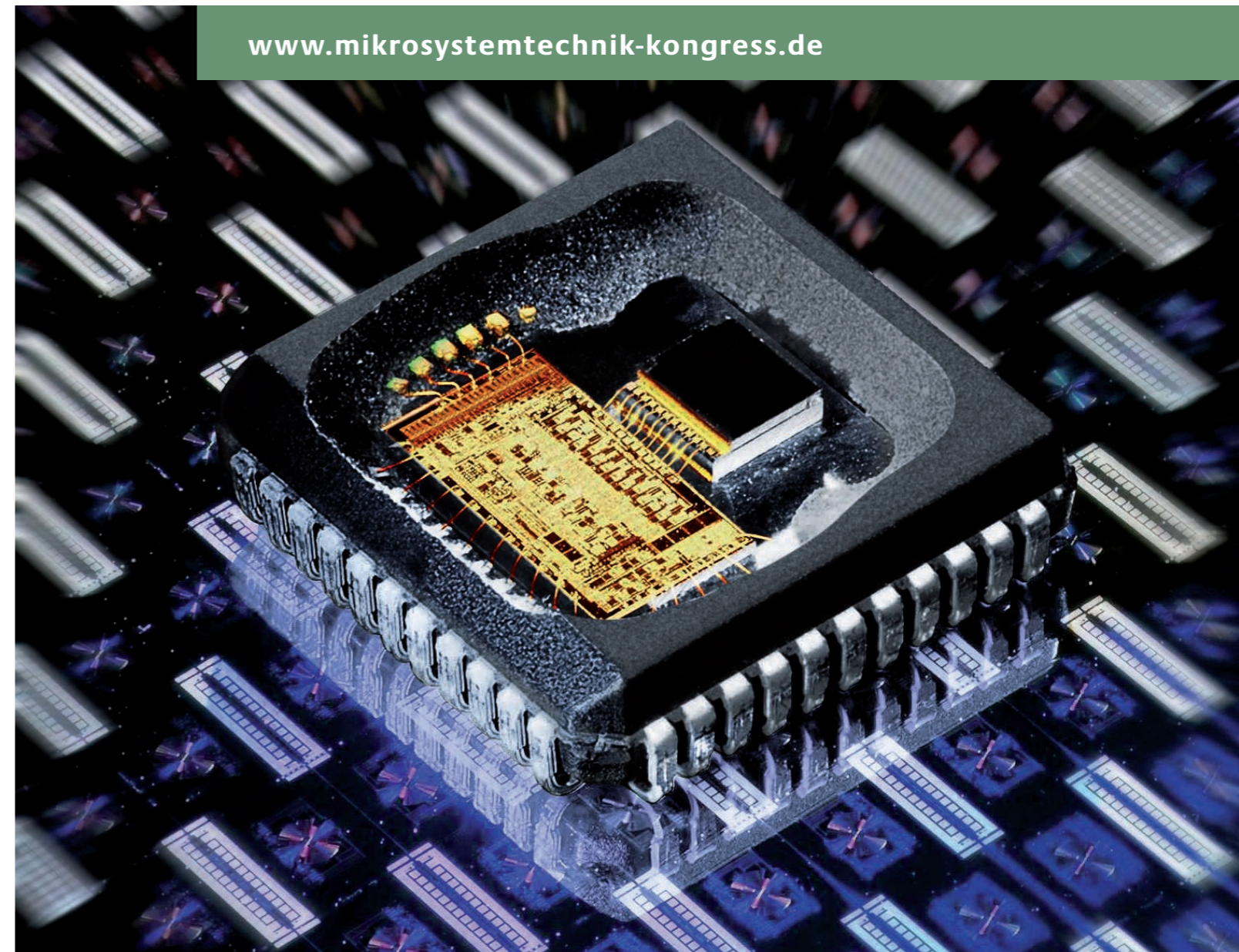


Integrierte Intelligenz

Perspektiven der Mikrosystemtechnik 2009

www.mikrosystemtechnik-kongress.de



Inhalt

| | |
|--|----|
| Vorwort Nach dem Boom ist vor dem Boom | 4 |
| Einleitung Fortschritt mit System | 6 |
| BioMST Das Labor im Kleinstformat | 8 |
| Präventive MikroMedizin Sicher versorgt – rund um die Uhr | 10 |
| Intelligente Implantate Hightech unterstützt Körperfunktionen | 11 |
| Organische Funktionssysteme Elektronik von der Rolle | 12 |
| Magnetische Mikrosysteme Materialfehlern auf der Spur | 13 |
| Mikrobrennstoffzelle Energie für das mobile Leben | 14 |
| Energieautarke Mikrosysteme Grüner Strom zum Nulltarif | 15 |
| Mikro-Nano-Integration Vorstoß in neue Dimensionen | 16 |
| Neue Materialien und Technologien Blickpunkt Basistechnologien | 18 |
| Ausblick Globale Fragen: Die Mikrosystemtechnik bietet Antworten | 19 |

Gemeinsames Trendpapier des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF)
und des Verbandes der Elektrotechnik (VDE).

Herausgeber

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Mikrosystemtechnik
Heinemannstraße 2
53175 Bonn

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.
Sresemannallee 15
60596 Frankfurt am Main



Prof. Dr. Helmut Seidel
Universität des Saarlandes
Saarbrücken

Nach dem Boom ist vor dem Boom

Innovationen sind die beste Krisenstrategie

Die Wirtschafts- und Finanzkrise hat auch die Mikrosystemtechnik getroffen. Finanzielle Schief-lagen bei Halbleiterherstellern, sinkende Absatz-zahlen in der Automobilwirtschaft, Stagnation am MST-Gesamtmarkt – eine ganze Branche bewegt die Frage: Wie wird es weitergehen mit der Mikrosystemtechnik in Deutschland?

Klar ist: Der Konjunkturunbruch trifft die Unternehmen nach dem enormen, zweistelligen Wachstum der letzten Jahre auf einem sehr hohen Niveau. Jüngste Prognos-Zahlen zur Marktsituation zeigen, dass in Deutschland rund 766.000 Arbeitsplätze direkt oder indirekt mit der Mikrosystemtechnik verbunden sind – bei einem Marktvolumen für MST-Komponenten von 82,2 Milliarden Euro in 2009. Damit gehört Deutschland weiter zu den weltweit führenden Produktionsstandorten.

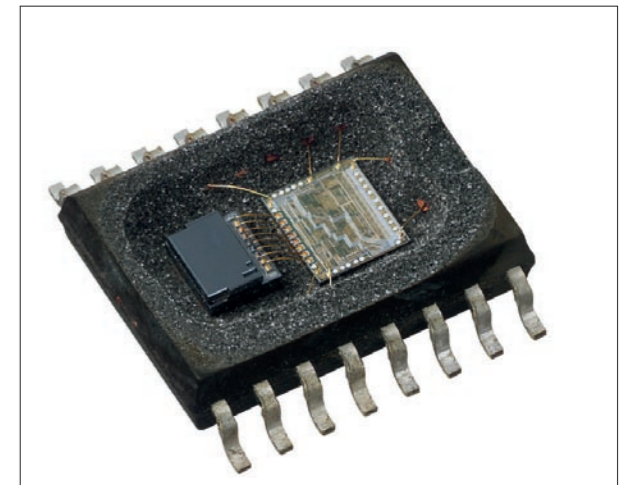
Und der Boom der Mikrosystemtechnik ist noch lange nicht zu Ende. In der Medizintechnik, in der Optischen Industrie aber auch bei Automobilzuliefern werden MST-Bauteile weiterhin in großen Mengen gebraucht. Mikrosysteme finden sich in Herzschrittmachern und Mobiltelefonen, regulieren die Auslösung von Airbags und sorgen in Tintenstrahl-Druckköpfen für die gewünschte Druckqualität. Bis einschließlich 2020 erwartet Prognos daher erneut Wachstumsraten von etwa 10,5 Prozent jährlich.

Getrieben wird der Markt vor allem von Konsumgütern, von so erfolgreichen Produkten wie multimedia-fähigen Mobiltelefonen, die über einen Beschleunigungssensor merken, dass sie gekippt werden, um auch das Display ins Querformat umzuschalten. Waren 2007 nur knapp drei Prozent aller Handys mit einem Beschleunigungssensor ausgestattet, wird für 2012 bereits mit einem Marktanteil von gut 50 Prozent gerechnet. Ähnliches gilt für die Unterhaltungselektronik, wo eine Spielkonsole dank Drehratensensor zuletzt einen Siegeszug feierte. Selbst im Krisenjahr 2009 ist für MST-Anwendungen im Bereich Consumer-Electronics ein hohes einstelliges Wachstum um die 9 Prozent abzusehen. Und von der weltweit steigenden Nachfrage werden auch deutsche Hersteller profitieren.

Die Mikrosystemtechnik ist noch immer eine junge Branche mit vergleichsweise kurzen Innovationszyklen: Im Schnitt kommen alle vier Jahre neue Massen Anwendungen auf den Markt. Und diese innovative Dynamik macht den Unterschied aus: Zwar gaben in einer europaweiten Umfrage vom Februar 2009 zwei Drittel aller Unternehmen aus den Bereichen Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie und Neue Materialien an, dass sie mit einer negativen Geschäftsentwicklung für 2009 rechnen – aber nur 14 Prozent der Firmen wollten als Reaktion auf die Wirtschaftskrise Forschungsinvestitionen reduzieren. Im Gegenteil: Die Hälfte der befragten Unternehmen plant, gerade jetzt in Innovationen zu investieren.

Zu vergleichbaren Ergebnissen kommt eine Befragung deutscher Marktakteure vom September 2009: Nur 8 Prozent aller Befragten gaben eine gesunkene Innovationstätigkeit an. Immerhin 42 Prozent der Unternehmen wollten sie sogar ausbauen. Das heißt, mehr als 90 Prozent setzen in der Krise auf die Kraft der Innovation. Denn die Verantwortlichen wissen: Nur wer antizyklisch investiert, verschafft sich Marktvorteile. Märkte werden in Krisen neu verteilt – nicht in wirtschaftlich guten Zeiten.

Grundsätzlich gilt: Wer ein systematisches und kontinuierliches Innovationsmanagement betreibt, kann gerade aus Krisen gestärkt hervorgehen.



Beschleunigungssensor

Innovationspotenziale gibt es mehr als genug – das beweist zuletzt der Mikrosystemtechnik-Kongress 2009, eine gemeinsame Veranstaltung des BMBF und des VDE. In mehr als 100 Workshops, Vorträgen und Plenarveranstaltungen diskutieren Mittelständler, Großunternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbände topaktuelle Technologieanwendungen und die Zukunftsthemen der Forschung.

Der Mikrosystemtechnik-Kongress kommt übrigens genau zum richtigen Zeitpunkt. Denn erste wirtschaftliche Indizes deuten es schon an: Die Talfahrt ist zum Stillstand gekommen – die Konjunktur erholt sich wieder. Die meisten Marktbeobachter gehen von einer wirtschaftlichen Stabilisierung in der zweiten Hälfte des Jahres aus. Die deutsche Industrie verbucht bereits wieder steigende Auftragseingänge.

Fest steht: Der nächste Aufschwung kommt bestimmt. Wer jetzt Innovationen zurückfährt, verspielt den Boom von morgen.

H. Seidel

Wissenschaftlicher Tagungsleiter
Mikrosystemtechnik-Kongress 2009

Fortschritt mit System

Mikrosystemtechnik ist überall – und wird immer intelligenter

Nahezu unbeachtet übernehmen Mikrosysteme in unserem Alltag immer sensiblere Aufgaben: Sie helfen, unsere Autos komfortabel und energiesparend durch den Straßenverkehr zu steuern, unterstützen uns bei der Reinhaltung von Luft und Wasser, assistieren Ärzten bei Operationen, regeln Heizungs- und Lüftungsanlagen. An der Mikrosystemtechnik kommt heute kaum noch jemand vorbei. Doch den Begriff kennen nur wenige. Was genau ist denn nun eigentlich Mikrosystemtechnik?

Jedes Lebewesen besteht aus einer Vielzahl von Mikrosystemen – den Zellen. Diese sind meist nur wenige Mikrometer klein, einige Millionstel Meter. Trotz ihrer geringen Größe sind Körperzellen unglaublich leistungsfähig. Sie wandeln Energie, erzeugen elektrische Signale, kommunizieren mit anderen Zellen, können auf Umwelteinflüsse reagieren und sich sogar selbst reparieren.

Der Mikrosystemtechnik dient die Natur als – bisher unerreichtes – Vorbild. Sie entwickelt komplette Systeme aus Strukturen im Mikrometermaßstab, Systeme, die mit ihrer Umwelt in ständiger Wechselwirkung stehen. Dazu müssen Mikrosysteme vor allem zwei Dinge können: „fühlen“ und „handeln“. Die klassische Mikrosystemtechnik unterscheidet daher die Sensorik für die Signalaufnahme und die Aktorik, die eine aktive Einwirkung auf die Umwelt ermöglicht.

In der Mikrosystemtechnik werden dafür zum Beispiel mikromechanische, mikrooptische oder mikrofluidische Bauelemente mit mikroelektronischen Schaltungen zu immer leistungsfähigeren Systemen verbunden. Allein die Feinheit der dabei erzeugten Strukturen sorgt für ganz neue Anwendungen, etwa in der chemischen Industrie. Doch moderne Mikrosysteme sind mehr als die Summe ihrer Teile: Die intelligente Integration der einzelnen Komponenten zu komplexen Systemen ermöglicht immer anspruchsvollere Funktionen – bis hin zu „smarten“ Produkten.

Von der intelligenten Integration zur integrierten Intelligenz

Wir werden um uns herum in nicht allzu ferner Zukunft immer mehr Ansätze von Intelligenz entdecken: Fahrerassistenzsysteme, die Hindernissen eigenständig ausweichen und in kritischen Situationen einen autonomen Nothalt ausführen, Heizungsanlagen, die registrieren, dass wir die Wohnung verlassen und die Zimmertemperatur entsprechend herunterregeln. Auf diese intelligenten Helfer werden wir bald nicht mehr verzichten wollen, machen sie unser Leben doch sehr viel sicherer, einfacher und bequemer.

Die Basis dieser Entwicklung: Neue, intelligente Mikrosysteme in unserer Alltagswelt – sogenannte „Smart Systems“. Diese Mikrosysteme der Zukunft werden nicht nur „fühlen“ und „handeln“, sie werden bewerten, vorausschauend entscheiden und mit ihrer Umgebung kommunizieren. Sie werden zur Selbstdiagnose befähigt sein und eine gewisse Autonomie im Handeln besitzen – Merkmale, die fast an kognitive Fähigkeiten erinnern.

Während klassische Mikrosysteme lediglich nach einem vorprogrammierten Schema funktionieren, müssen „Smart Systems“ zumindest ansatzweise „denken“ und „lernen“ können. Die langfristige Perspektive der Mikrosystemtechnik, die sich mit dem Schlagwort „Smart Systems Integration“ auf tut, erfordert deshalb nicht nur Ingenieurskunst sondern genauso die Einbeziehung der Kognitionswissenschaften.

Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit wird sich auszahlen. Immerhin ist davon auszugehen, dass die weltweite Nachfrage nach „Smart Systems“ in den nächsten Jahren drastisch steigen wird, vor allem in der Medizintechnik, im Automobilbau, in der Konsumgüterindustrie, in der Informations- und Kommunikationstechnik – Märkte mit großen Wachstumschancen. Und Märkte mit höchst attraktiven Wertschöpfungsketten für die deutsche Wirtschaft.

„Integrierte Intelligenz“ steht deshalb für zukunfts-sichere Arbeitsplätze am Technologiestandort Deutschland. Dieses Potenzial gilt es rechtzeitig zu erkennen – und intelligent zu nutzen.

Das Labor im Kleinstformat

Mobile Diagnostik als Wegbereiter der personalisierten Medizin

Die weltweite Ausbreitung der Schweinegrippe im Sommer 2009 hat auch in Deutschland Befürchtungen laut werden lassen, Reisende könnten die Krankheit aus Risikogebieten einschleppen. Der Einsatz von Wärmebildkameras – etwa an deutschen Flughäfen – war indes kein Thema, da gerade im Anfangsstadium der Infektion keine eindeutigen Symptome wie fieberige Temperaturen auftreten. Auch herkömmliche Schnelltests boten sich nicht gerade als Alternative an: Jeder Zweite versagt.

Bei künftigen Pandemien könnte hingegen die Mikrosystemtechnik helfen – mit kleinen, handlichen Messgeräten, die eine eindeutige Klassifizierung der Erregerspezies erlauben, samt Unterklassen und Subtypen. Herzstück dieser mobilen Messgeräte wäre ein Labor im Chip-Format, ein winziges, mikrofluidisches Analysesystem, das selbst kleinste Blutproben wie Tröpfchen aus der Fingerkuppe, in kürzester Zeit zuverlässig untersucht – und zwar direkt vor Ort. Die Proben müssten nicht mehr an Zentrallabors geschickt werden, wo erst Tage später die Diagnose erfolgt.

Das „Lab-on-a-chip“-Konzept eröffnet der gesamten medizinischen Diagnostik ganz neue Perspektiven. Da miniaturisierte Systeme ohne komplexe, manuelle Arbeitsschritte betrieben werden, sind aufwändige Bluttests durch den Hausarzt oder – in Einzelfällen – auch durch den Patienten selbst denkbar. Gefährliche Infektionen wie Hepatitis, aber auch Risikoindikatoren für Herz-, Leber- und Nierenkrankheiten könnten auf diese Weise deutlich schneller erkannt, Krankheiten früher behandelt und medizinische Kosten spürbar gesenkt werden.

Auch in der anschließenden Therapie sind für Analyse-Chips vielseitige Einsatzmöglichkeiten absehbar. Zum Beispiel bei der Behandlung der Volkskrankheit Diabetes. Ein intelligentes Implantat, ausgestattet mit einem solchen Chip, der kontinuierlich den Blutzuckerspiegel erfasst, auswertet und eine darauf abgestimmte Menge an Insulin im Blut freisetzt, würde das tägliche Spritzensetzen überflüssig machen und die Lebensqualität von Diabetikern merklich erhöhen.



Mikrofluidisches Analyse-System

Individuelle Lösungen

Labortests auf kleinstem Raum bieten aber zugleich neue Lösungsansätze für aufwändige Analysen in der Gen- und Umwelttechnik, genauso wie in der industriellen Pharmaforschung. Chemische Reaktionen in mikroskopischen Dimensionen verbrauchen sehr viel kleinere Mengen teurer Reagenzien und bringen sehr viel schneller konkrete Ergebnisse als Reaktionen in makroskopischen Gefäßen.

Das „Lab-on-a-chip“-Konzept verspricht somit eine Effizienzsteigerung gegenüber herkömmlichen Methoden, was zu einer Umwälzung am Markt für In-Vitro-Diagnostik führen könnte. Bei einem weltweiten Gesamtvolumen von heute ca. 29 Milliarden Euro machen Endgeräte hier lediglich zwei Milliarden Euro aus – eine Zahl, die sich in Zukunft erheblich steigern dürfte.

Mehr noch: Die Abbildung eines Großlabors auf einem Chip könnte eine ganze Branche von Grund auf verändern. Speziell abgestimmte Medikamente für jeden einzelnen Menschen – diesem Ziel ist die Pharmaindustrie durch das „Lab-on-a-chip“-Konzept einen erheblichen Schritt näher gekommen. Die Experten sind sich einig: Durch dezentrale und dennoch sichere Analysen werden Patienten künftig immer häufiger Arzneien verschrieben, bei denen ein individueller Test zuvor ergeben hat, dass das Präparat tatsächlich hilft – und keine schädlichen Nebenwirkungen zeigt.

Erste Beispiele personalisierter Medizin stammen aus der Krebstherapie. Krebszellen weisen ganz individuelle Oberflächenstrukturen auf, etwa Rezeptoren oder Membranproteine, die sie von gesunden Körperzellen unterscheiden. Genau auf solche Merkmale in der Zellmembran ausgerichtete Antikörper bekämpfen krankhaft veränderte Zellen daher äußerst gezielt – und sind für den Patienten weitaus verträglicher als konventionelle Strahlen- oder Chemotherapien.

Hoffnung für Ärzte und Patienten

Die noch junge Kombination aus miniaturisierten Labortests und hochwirksamen Arzneimitteln weckt nicht zuletzt deshalb große Hoffnungen unter Ärzten und Patienten. Die personalisierte Medizin könnte die Behandlung von chronischen Massenleiden wie Rheuma, Multiple Sklerose oder Alzheimer um einiges erfolgreicher machen. Schließlich ist jeder Mensch einzigartig, genauso wie jede Krankheit. Die Pharmaindustrie bietet bisher aber selten mehr als Standard-Antworten. Doch das wird sich zunehmend ändern.

Marktbeobachter sehen jetzt schon überdurchschnittliche Wachstumsraten in diesem Segment: Bis 2030 wird ein Marktanteil von rund 25 Prozent für Produkte der personalisierten Medizin erwartet. Das heißt, es geht um ein Umsatzvolumen von geschätzt 250 Milliarden Dollar. Kleine, innovative Unternehmen könnten sich in diesem dynamischen Marktumfeld als hoch spezialisierte Zulieferer profilieren – oder als Lieferanten von Patenten und Lizenzen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat die Chancen dieser Entwicklung frühzeitig erkannt und fördert seit 2006 Forschungsprojekte der BioMST im Rahmenprogramm Mikrosystemtechnik mit insgesamt 26 Millionen Euro. Eine forschungspolitische Investition in unsere Gesundheit – und die Zukunft der Medizin.

Das Thema auf dem  MikroSystemTechnik
KONGRESS 2009

- **Zukunftsworkshop**
12.10.2009, 13:30-16:30, Estrelsaal C1
- **BioMEMS**
13.10.2009, 13:00-14:20, ECC Raum 3
- **Mikrofluidik**
14.10.2009, 14:20-16:00, ECC Raum 3

Sicher versorgt – rund um die Uhr

Mikrosystemtechnik bietet Lösungen für eine alternde Gesellschaft

„Chronische Herzinsuffizienz: Telemonitoring rettet Leben!“ Zu diesem Ergebnis kam 2007 eine Studie, die auf dem Europäischen Kardiologenkongress in Wien vorgestellt wurde. Das Fazit der Autoren: Medizinische Frühwarnsysteme, die auf sensorisch gewonnenen Patientendaten und deren Übermittlung an telemedizinische Service-Zentralen beruhen, verhindern gerade bei Patienten mit Herzmuskelschwäche lebensgefährliche Notfälle. Kritische Situationen werden früher erkannt, Nothilfemaßnahmen schneller eingeleitet.

Tatsächlich zielt die präventive MikroMedizin vor allem auf die Entwicklung innovativer Sensor-Systeme zur Überwachung der Herz- und Gefäßfunktion. Und der Bedarf ist augenfällig: Mit etwa 550.000 Patienten steht die koronare Herzkrankheit an erster Stelle der klinischen Diagnosen in Deutschland. Zählt man Herzinfarkte und Herzinsuffizienz hinzu, werden jährlich mehr als eine Million Patienten aufgrund kardiovaskulärer Krankheiten in ein Krankenhaus eingeliefert. Telemonitoring-Systeme im häuslichen Umfeld sind daher nicht nur potenzielle Lebensretter, sie tragen gleichzeitig dazu bei, teure Liegezeiten in Krankenhausbetten zu reduzieren – ein Aspekt, der durch die demografische Entwicklung unserer Gesellschaft immer wichtiger wird. Denn mit dem Alter der Bevölkerung steigt auch die Zahl an Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Patientengerechte Fernüberwachung gilt daher als Königsweg, eine drohende Kostenexplosion im Gesundheitswesen zu vermeiden.

Immerhin: Die fortschreitende Miniaturisierung technischer Komponenten erlaubt bereits heute eine kontinuierliche Überwachung von Vitalparametern. Die Reduzierung von Größe und Gewicht der Endgeräte verringert den Energiebedarf und erhöht den Tragekomfort, sie erleichtert vor allem aber auch den mobilen Einsatz 24 Stunden am Tag. Neue Telekommunikationsplattformen mit höherer Bandbreite und größerer Unempfindlichkeit gegenüber Störungen sind zudem immer eher in der Lage, eine sichere Übertragung der Daten – insbesondere über das Internet – zu gewährleisten.

Das Online-Monitoring hat dabei einen entscheidenden Vorteil: Die Einbeziehung externer Gesundheitsdienstleister ist ohne technische Hürden und ohne zusätzliche Infrastruktur möglich. Im Bereich der präventiven MikroMedizin könnten so ganz neue Berufsbilder entstehen – schließlich müssen die Geräte gewartet und Service-Zentralen mit Mitarbeitern besetzt werden. Damit geriete der demografische Wandel letztendlich zu einem treibenden Motor für wirtschaftliches Wachstum und mehr Beschäftigung. Vor allem, wenn im nächsten Schritt die Verknüpfung der Fernüberwachung mit intelligenten Assistenzsystemen – etwa Nothalteassistenten in Pkws – gelingt.

Demografischer Wandel als Wachstumsmotor

Die präventive MikroMedizin ist ohne Frage ein bedeutender Zukunftsmarkt. Erwartet werden Wachstumsraten von jährlich etwa 10 Prozent. Allein das europäische Telekardiologie-Marktvolumen wird von knapp 50 Millionen Euro im Jahr 2004 auf geschätzte 850 Millionen Euro im Jahr 2011 ansteigen. Und diese Steigerung wird im Wesentlichen durch häusliche und mobile Anwendungen erfolgen. Dass von diesem dezentralen Markt auch kleine und mittlere Unternehmen profitieren werden, ist aus heutiger Sicht mehr als wahrscheinlich.

Forschungsförderung im Bereich der präventiven MikroMedizin ist daher immer auch Mittelstandsförderung. 15 Millionen Euro in den letzten drei Jahren hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung dafür bereitgestellt – Fördermittel, die helfen werden, den Herausforderungen einer alternden Gesellschaft erfolgreich zu begegnen.



Herzschrittmacher mit neuartiger Home-Monitoring-Funktion – eine Technologie, die für den Deutschen Zukunftspreis 2009 nominiert ist.

Hightech unterstützt Körperfunktionen

Intelligente Implantate sorgen für Innovationsschub in der Medizin

„Ist das ein Streichholz, das ich da sehe?“, fragte im September 2007 eine erblindete Patientin aus Tübingen, der nach zwölfjähriger Forschungsphase die weltweit erste, vollständig in das Auge implantierbare Sehprothese eingepflanzt wurde. Nach dem Erfolg kam die Euphorie. Mikrosysteme in der Medizin schienen einen Menschheitstraum in die Realität umzusetzen: Blinde können wieder sehen.

Inzwischen ist klar, dass für die Fertigstellung ausgereifter Retina-Implantate noch einiges an Entwicklungsarbeit zu leisten ist. Technisch basieren solche Implantate auf kleinen, lichtempfindlichen Fotodioden. Diese übernehmen die Aufgaben abgestorbener Sehzellen, indem sie Licht in elektrische Signale umwandeln und diese auf die Nervenzellen der Netzhaut lenken. Ein voll funktionsfähiger Chip soll aber erst 2011 auf dem Markt zu haben sein.

Gefeilt wird derzeit noch an der Auflösung, die durch erweiterte Elektrodenarrays erhöht werden soll. Doch langer Atem zahlt sich aus: Die weltweite Nachfrage nach Retina-Implantaten wird in den nächsten fünf bis zehn Jahren auf mehrere hundert Millionen Euro geschätzt. Beste Aussichten also für die kleinen und mittelständischen Hersteller in Deutschland, hoch innovative Unternehmen, die in der Medizintechnikbranche traditionell eine wichtige Rolle spielen. Eine echte Chance gerade im internationalen Vergleich: Deutschland ist bei der Entwicklung von Retina-Implantaten weltweit führend.

Genauso vielversprechend sind die Zahlen für angrenzende Marktsegmente. Beispiel: Cochlea-Implantate für Gehörlose. Solche Hörprothesen, die winzige Mikrofone, digitale Sprachprozessoren und Stimulationselektroden auf kleinstem Raum vereinen, haben einen Markt mit erwarteten Zuwachsraten von mindestens 15 Prozent pro Jahr – eine Marktdynamik, die insbesondere den inten-

siven Bemühungen der Entwickler zu verdanken ist. Denn neben der kontinuierlichen Verbesserung der akustischen Funktion ist es ihnen gelungen, das verbliebene Resthörvermögen durch den Einsatz neuartiger Elektroden und Operationsmethoden weitgehend zu erhalten, was die Akzeptanz von Cochlea-Implantaten in Zukunft weiter erhöhen wird.

Zweistellige Zuwachsraten

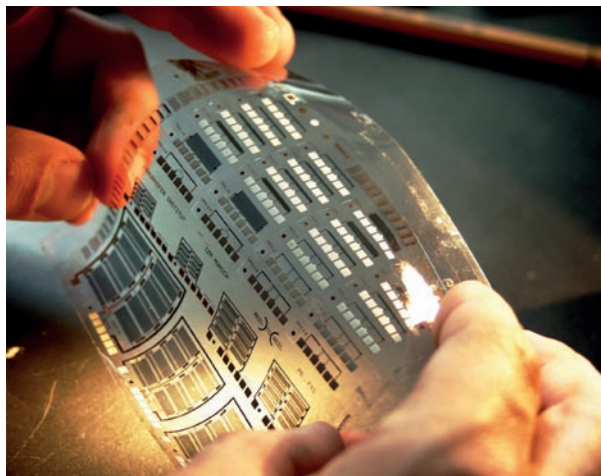
Ein weiteres Beispiel sind miniaturisierte, langfristig implantierbare Defibrillatoren gegen lebensgefährliches Herzkammerflimmern. Für diese Produkte wird in den kommenden Jahren ein weltweites Marktwachstum von bis zu 20 Prozent erwartet. Vor allem, wenn integrierte Komponenten zum Empfangen, Senden und Verarbeiten von Signalen telemedizinische Nothilfe-Maßnahmen durch Notruf-Zentralen möglich machen und sich entsprechende Defibrillatoren in Versorgungskonzepten für eine alternde Bevölkerung wiederfinden.

Ob als Prothesen, künstliche Ersatzorgane oder Nervenstimulatoren: Implantierbare Mikrosysteme werden in der Medizin einen ungeahnten Innovationsschub auslösen. Nicht zuletzt deshalb ist die Förderung „Intelligenter Implantate“ Bestandteil des Aktionsplans Medizintechnik des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Rund 15 Millionen Euro wird das BMBF in den nächsten 3 Jahren als Fördermittel zur Verfügung stellen. Der Startschuss für die ersten Forschungsprojekte fiel 2008.

Die Themen auf dem  MikroSystemTechnik KONGRESS 2009

- **MikroMedizin**
13.10.2009, 10:30-12:00, ECC Raum 3
- **Intelligente Implantate**
14.10.2009, 10:00-11:50, ECC Raum 3

Elektronik von der Rolle



Prozessierte Folie mit Polymer-Testschaltung

Das Druckverfahren verspricht preiswerte Polymerschaltkreise

Organische Funktionssysteme werden die Welt von morgen prägen: Sie werden in Hochglanzmagazinen zu finden sein, die über hauchdünne, gedruckte Displays zusätzlich bewegte Bilder bieten. Sie ermöglichen Sportbekleidung mit eingebauter Elektronik zur durchgehenden Erfassung der Vitalparameter des Trägers. Oder Verpackungsetiketten, die den Frischezustand von Lebensmitteln nachvollziehen, Wundpflaster, die den Sauerstoffgehalt im Blut kontrollieren – faszinierende Anwendungsbeispiele, die dank organischer Elektronik in absehbarer Zeit Wirklichkeit werden könnten.

Weltweit ist ein intensiver Forschungswettbewerb im Gang, um der Polymerelektronik zum endgültigen Durchbruch zu verhelfen. Verspricht sie doch Billigstschaltkreise für vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Denn der große Vorteil organischer Funktionssysteme sind die Herstellungskosten: Organische Materialien können entweder aufgedampft oder in geeigneten Lösungsmitteln gelöst und auf flexiblen Trägern wie Papier, Plastik oder Textilien durch simple Druckverfahren aufgebracht werden. Man benötigt für den Druck weder komplizierte Hochtemperatur-Vakuumprozesse noch aufwändige Lithographietechniken.

Vielmehr soll der gesamte Herstellprozess einer integrierten Schaltung aus organischen Materialien kontinuierlich „von der Rolle“ laufen, ähnlich wie beim Zeitungsdruck.

Die Fertigung eines Silizium-Chips besteht dagegen aus dutzenden Einzelprozessen und dauert nach wie vor Wochen. Durch das großflächigere und schnellere Rolle-zu-Rolle-Prinzip werden organische Elektronik-Schaltkreise wesentlich günstiger am Markt zu haben sein als konventionelle Silizium-Elektronik.

Punktsieg für Polymerelektronik

Erste Produkte, die auf organischen Materialien basieren, sind bereits erhältlich: Etwa Monitore im TV-Format, die aus organischen Leuchtdioden – sogenannten OLEDs – bestehen, biegsame Batterien für neuartige SmartCard-Anwendungen oder gedruckte Elektroden für medizinische Zucker-Messstreifen. Und innerhalb der nächsten vier Jahre wird der Markteintritt weiterer Produkte erwartet. Bis 2019 soll der Umsatz mit organischen Funktionssystemen auf ganze 57 Milliarden US-Dollar anwachsen. Langfristig kann das Marktvolumen sogar 250 bis 300 Milliarden Dollar betragen – eine Größenordnung, die weit über dem heutigen Silizium-Elektronik-Markt liegen würde.

Allerdings besteht noch einiger Entwicklungsbedarf hinsichtlich der Haltbarkeit organischer Schaltungen. Die Eigenschaften der eingesetzten Materialien müssen weiter verbessert werden. Die Herstell- und Strukturierungstechniken sind derart zu verfeinern, dass eine Miniaturisierung in Dimensionen von wenigen Mikro- bis zu einigen hundert Nanometern möglich wird. Außerdem sind geeignete Maschinen zu entwickeln, die selbst im Nanometerbereich das strukturierte und reproduzierbare Aufbringen von Materialien erlauben.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert daher Forschungsprojekte auf dem Gebiet der gedruckten Elektronik über unterschiedliche Technologiefelder. Für die Mikrosystemtechnik wurden insgesamt 10 Projekte auf dem Gebiet der organischen Funktionssysteme ausgewählt. Das Fördervolumen beträgt mehr als 11 Millionen Euro in den nächsten drei bis vier Jahren.

Materialfehlern auf der Spur

Magnetische Mikrosysteme sorgen für mehr Betriebssicherheit

Notfahrplan bei der Berliner-S-Bahn im Sommer 2009: Völlig überfüllte Waggonen, verwirrte Touristen, gestresste Berufspendler. Ganze Strecken wurden stillgelegt, die Kapazität der eingesetzten Züge schrumpfte auf ein Drittel. Der Auslöser: Eine Verschärfung der Sicherheitsauflagen durch das Eisenbahn-Bundesamt wegen mangelnder Sicherheitsüberprüfungen der Räder. Zuvor war es zu einem Radbruch bei einer voll besetzten S-Bahn gekommen. Verletzt wurde niemand. Doch das Eisenbahn-Bundesamt zog die Notbremse – und das Chaos war perfekt.

Das Berliner Beispiel zeigt deutlich, wie wichtig Materialsicherheit zur Abwehr von Personen- oder Sachschäden ist – und welche Auswirkungen aufwändige Materialprüfungen auf ausgeklügelte Fahrpläne haben können: Die Züge müssen zunächst in eine Werkstatt gefahren, die Räder müssen ausgebaut und anschließend umfangreichen Prüfungen unterzogen werden – eine kostspielige und extrem zeitraubende Prozedur.

Materialprüfung mit dem GMR-Effekt

Das Entwickeln technischer Lösungen, die an unzugänglichen Stellen – etwa unter einer Ummantelung – zerstörungsfrei Materialfehler aufdecken können, am besten noch ohne den Prüfling überhaupt auszubauen und in eine Werkstatt zu schaffen, wäre hier ein massiver Fortschritt. Und genau das wird durch innovative Prüfgeräte, die den Riesenmagnetowiderstandseffekt ausnutzen, erstmals möglich gemacht.

Die Entdeckung des sogenannten GMR-Effekts durch Peter Grünberg und Albert Fert – eine wissenschaftliche Leistung, die 2007 mit dem Nobelpreis für Physik belohnt wurde – bildet die Grundlage für eine drastische Empfindlichkeitserhöhung von Magnetfeldsensoren, was längst eine ganze Palette neuartiger Produkte nach sich gezogen hat: Angefangen beim magnetoelektronischen Arbeitsspeicher, dem MRAM, der auch ohne Stromzufuhr Daten speichern kann, bis hin zu hochempfindlichen Detektoren für biologische Materialien.

Schwerpunkt der aktuellen Forschung ist aber vor allem das Thema Werkstoff- und Bauteilprüfung: Elektrische Ströme verursachen im Inneren eines metallischen Prüflings magnetische Felder, die über Magnetfeldsensoren nicht nur nachgewiesen werden können, sondern durch Abscannen der Werkstoffoberfläche sogar mehrdimensional zu vermessen sind. Materialfehler, wie Feinrisse, Hohlräume oder Aderbrüche machen sich dabei durch Störungen im gemessenen Magnetfeld bemerkbar.

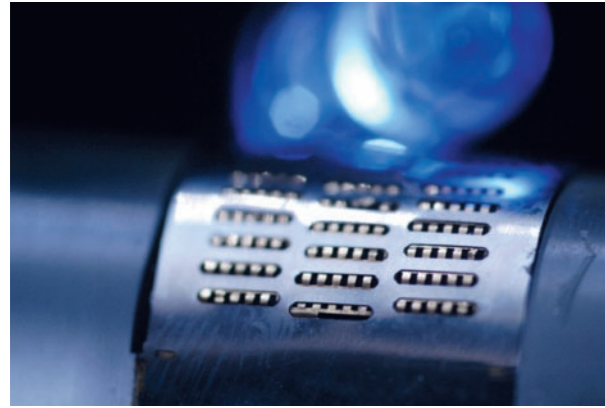
Während die bildgebende GMR-Technologie Prüfgeräte möglich macht, die empfindlich genug sind, um solche Materialfehler aufzuspüren, ist erhöhte Sensibilität allein noch nicht genug. Für eine optimale räumliche Auflösung ist es mindestens ebenso wichtig, dass die neuen Magnetfeldsensoren hochgradig miniaturisiert und bei Bedarf in Zeilenarrays, optischen Scannern ähnlich, angeordnet werden können – eine noch zu lösende Aufgabe der Entwickler.

Angesichts der offenen Fragen und des breiten Innovationspotenzials der magnetischen Technologien hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung 2007 die Magnetischen Mikro- und Nanotechnologien zu einem Förderungsschwerpunkt gemacht und Fördermittel in Höhe von rund 18 Millionen Euro für insgesamt 16 Verbundprojekte bereitgestellt. Allein vier Projekte befassen sich dabei mit der Werkstoff- und Bauteilprüfung.

Die Themen auf dem  MikroSystemTechnik KONGRESS 2009

- **Magnetische Mikrosysteme**
13.10.2009, 10:30-12:00, ECC Raum 1
- **Organische Funktionssysteme**
14.10.2009, 10:00-11:50, ECC Raum 2

Energie für das mobile Leben



Mikrobrennstoffzelle

Können Mini-Brennstoffzellen herkömmliche Batterien ersetzen?

Mobiltelefone, Navigationsgeräte, Netbooks: Die drahtlose Kommunikation ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Moderne Netztechnik und stabile Funkverbindungen ermöglichen den zuverlässigen Einsatz unterwegs. Bis die Energiequelle erschöpft ist und der Kontakt abbricht – ärgerlich vor allem dann, wenn Daten unwiederbringlich verloren gehen. Dabei ist für mobile Endgeräte, deren Nutzerfreundlichkeit bislang noch an der kurzen Lebensdauer von Batterien krankte, bereits eine Lösung in Aussicht gestellt worden: die Mikrobrennstoffzelle.

Die Brennstoffzellentechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Denn Brennstoffzellen erzeugen aus chemischer Energie Strom – und das nahezu verlustfrei, hochgradig effizient und sauber. Selbst die Miniaturisierung zu Mikrobrennstoffzellen ist mittlerweile Stand der Technik: 2007 stellte ein BMBF-gefördertes Industriekonsortium unter Koordination des Fraunhofer Instituts für Zuverlässigkeit und Mikrointegration eine passende Wasserstoff-Versorgung für die Serienproduktion vor.

Mikrobrennstoffzellen haben die Ausmaße einer konventionellen Batterie und können in jedes Elektrogerät eingesetzt werden – bei einer drei- bis zehnfach höheren Energiedichte. Im Vergleich zur Batterie wird so eine Verzehnfachung der Betriebszeit erreicht. Japanische Hersteller realisieren mit zwei Millilitern Methanol heute schon eine Betriebsdauer von rund 20 Stunden.

Dabei wiegt eine solche Batterie gerade mal 8,5 Gramm. Warum haben sich Mikrobrennstoffzellen also nicht längst gegen Lithium-Ionen-Akkus durchgesetzt – als langlebigere und bessere Alternative?

Technische Herausforderungen

Die Tücken stecken – wie immer – im Detail: Zahlreiche Komponenten wie Pumpen oder Ventile müssen zu anspruchsvollen Mikrosystemen zusammengefügt werden. Dabei sind der Energiespeicher und die Luftversorgung betriebssicher mit der Zelle zu verbinden – was noch immer Probleme bereitet. Außerdem muss das Ein- und Abschalten der Zelle ohne weiteres möglich sein; im Stillstand dürfen keine unnötigen Energieverluste auftreten. Darüber hinaus gibt es weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich der Stoff- und Wärmetransportvorgänge, da das System auch unter schwer vorhersagbaren Betriebsbedingungen – wie wechselnden Temperaturen – verlässlich zu funktionieren hat.

Die laufenden Entwicklungsarbeiten zeigen vor allem aber, dass die Kosten der bisherigen Produktionstechniken den Weg zur raschen Markteinführung von Mikrobrennstoffzellen behindern. Hier könnte sich jedoch durch die Methoden der Mikrostrukturtechnik neues Innovationspotenzial ergeben. Etwa über kostengünstige, lithographische Prozesse, die extrem feine Strukturen mit ganz speziellen Eigenschaften schaffen – sogenannte Flow-Field-Strukturen zur Versorgung der Zelle mit dem benötigten Brennstoff.

Klar ist: Sobald für Mikrobrennstoffzellen ein Herstellungspreis erzielt wird, der mit Batterien konkurrieren kann, ergäbe sich ein Markt für portable Elektronikprodukte in Milliardenstückzahlen. Daher mag es kaum verwundern, dass weltweit an der Mikrobrennstoffzelle gearbeitet wird – in Japan, Korea, den USA, aber zunehmend auch in Deutschland. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert entsprechende Forschungsprojekte mit rund 15 Millionen Euro bis einschließlich 2010. Der Marktdurchbruch ist daher vielleicht erst im neuen Jahrzehnt zu erwarten. Gleichwohl bietet sich Unternehmen, die jetzt in die Entwicklung investieren, die Chance, einen Zukunftsmarkt entscheidend mitzuprägen.

Grüner Strom zum Nulltarif

Null-Energie-Systeme sind umweltfreundlich, effizient – und bequem

MP3-Player, die sich beim Joggen selbst aufladen, Fernbedienungen, die keine Batterien brauchen, Mobiltelefone, die so gut wie nie mehr an eine Steckdose müssen: Das Leben könnte so einfach sein – mit einer Energieversorgung für Kleingeräte, die den batterie-losen und damit ökologisch verträglichen Dauerbetrieb ermöglicht.

Diese Vision ist inzwischen in greifbare Nähe gerückt. Miniaturisierte Energiewandler versorgen schon heute Funksendemodule, um Steuerbefehle oder Daten ohne externe Stromzufuhr oder Batterie zu erfassen und mehrere hundert Meter weit zu funken. Dazu genügen den Mikrosystemen bereits minimale Energiemengen von rund 50 Mikrojoule pro Aktion, vergleichbar mit dem Anheben einer Masse von einem Gramm um gerade fünf Millimeter – Energie, die direkt und völlig kostenlos aus der Umwelt bezogen wird.

Das zugrundeliegende Prinzip nennt sich „Energy Harvesting“, also das Ernten von verfügbarer Umgebungsenergie. Dafür eignet sich Sonnenenergie, die leider nicht kontinuierlich zur Verfügung steht, oder thermische Energie wie Körperwärme – aber auch der sogenannte Elektromog, die allgegenwärtigen Radiowellen von WLANs, Mobilfunkantennen oder TV-Sendern. Was vielen Menschen Kopfzerbrechen bereitet, könnte bald eine wertvolle Energieressource sein: Ein namhafter Handy-Hersteller arbeitet bereits an einem Prototyp, der aus dieser permanenten Strahlung eine Stromleistung von immerhin 50 Milliwatt erzeugt. Das vollständige Aufladen des Mobiltelefons dauert da zwar noch sehr lange, aber die Leistung genügt für einen unterbrechungsfreien Standby-Betrieb.

Der Prototyp funktioniert im Grunde wie ein Kristalldetektor aus den frühen Tagen des Rundfunks. Die schwingende Magnetfeldkomponente des Radiosignals lässt in der Antennenspule Elektronen oszillieren – es entsteht ein schwacher Induktionswechselstrom. Genauso können Vibrationen, die etwa bei der ganz normalen Laufbewegung eines Joggers entstehen, mittels piezoelektrischer Kristalle in elektrische Energie umgewandelt werden.

Mechanischer Druck verändert die Form der Kristalle und verschiebt die Ladungen im Kristallgitter. So speichern piezoelektrische Kristalle Energie, die anschließend als Elektrizität abgerufen werden kann.

Erhebliches Marktpotenzial

Noch ist die industrielle Umsetzung solcher Anwendungen recht aufwändig. Doch das Beispiel Mobiltelefon zeigt, welches Potenzial sich energieautarken Mikrosystemen in der Konsumgüterindustrie bietet. Die Vorteile liegen klar auf der Hand: Keine Batterien bedeuten weniger Elektroschrott und geringere Kosten für den Benutzer, die Geräte werden ökologisch nachhaltiger, nutzerfreundlicher und mobiler – wirksame Verkaufsargumente also für die Hersteller. Entsprechend groß sind die Markterwartungen: Experten gehen von einem weltweiten Volumen in Höhe von bis zu 4 Milliarden US-Dollar im Jahr 2019 aus – eine Steigerung um das Achtfache in den nächsten 10 Jahren. Denn bislang werden Null-Energie-Systeme lediglich in Nischenmärkten genutzt. Sollte aber ein „sich selbst aufladendes“ Mobiltelefon in Serienfertigung gehen, könnte die innovative Technologie schnell im Massenmarkt der Verbrauchergegeräte Einzug halten.

Zunächst sind aber noch einige technische Probleme zu lösen: Das Gewicht der Energie-Zwischenspeicher ist zu groß. Der Wirkungsgrad der Systeme ist zu erhöhen und die Miniaturisierung der Komponenten muss weiter voran getrieben werden. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung fördert vor diesem Hintergrund neun Forschungsprojekte auf dem Gebiet autonom vernetzter Sensorsysteme mit einem Gesamtfördervolumen von rund 17 Millionen Euro in den nächsten drei Jahren.

Die Themen auf dem  MikroSystemTechnik KONGRESS 2009

- **Mikrobrennstoffzellen**
13.10.2009, 15:50-17:10, ECC Raum 3
- **Energiegewinnung und autonome Systeme**
14.10.2009, 14:20-16:00, ECC Raum 1

Vorstoß in neue Dimensionen

Chancen einer Hightech-Hochzeit: Die Mikro-Nano-Integration

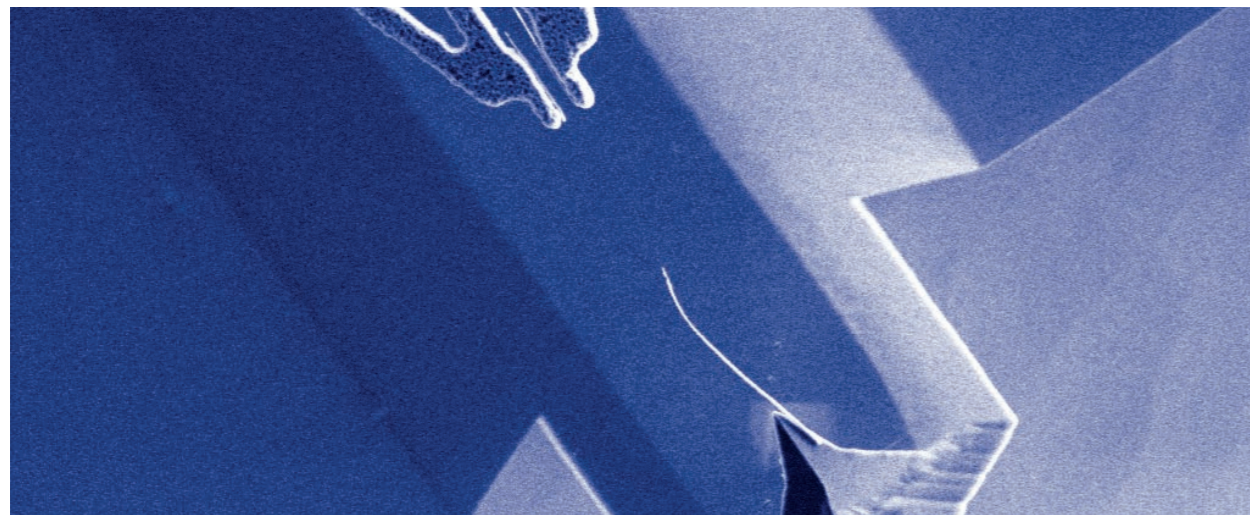
Die klassische Mikrosystemtechnik gerät an ihre Grenzen. Statt „immer höher, immer weiter“ lautet ihr Motto: „immer kleiner, immer komplexer“. Entsprechend winzig müssen auch die Strukturen der verwendeten Bauteile werden. Dem aktuellen Trend der Mikroelektronik folgend, wird sich die Größenordnung hier von derzeit etwa 130 Nanometern auf 45 Nanometer im Jahr 2010 mehr als halbieren. Die Entwickler bewegen sich also bereits in den Dimensionen der Nanotechnologie. Eine weitere Miniaturisierung bei gleichzeitiger Erhöhung des Leistungsspektrums von Mikrosystemen erscheint mit gängigen Materialien und Technologien kaum mehr machbar.

Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters – was in etwa der Länge eines einfachen organischen Moleküls entspricht. Der Durchmesser eines menschlichen Haares ist im Vergleich fünfzigtausend Mal größer. Die Entwickler dringen also in einen Kosmos vor, der für das menschliche Auge verschlossen bleibt – einen Kosmos mit ganz eigenen, quantenphysikalischen Gesetzen. Nanostrukturen besitzen spezielle, oft überraschende Eigenschaften, die wir inzwischen zu nutzen wissen: Nanopartikel auf Oberflächen erleichtern die Reinigung oder verhindern die Schmutzablagerung auf Textilien oder Fassaden. Neuartige Nanoschichten ermöglichen die extrem dichte Informationsspeicherung auf modernen Festplattenlaufwerken.

Allerdings sind sogenannte Nano-Effekte auch dafür verantwortlich, dass die Aufbau- und Verbindungstechnik klassischer Mikrosysteme – also die Verknüpfung von Einzelkomponenten zu einem System – zunehmend vor Herausforderungen steht. Grenzflächenphänomene wie die Oberflächenspannung dominieren im Nano-Kosmos und geben derzeit die minimale Größe industrieller Verbindungskonstruktionen vor. In Zukunft werden daher neue Methoden, Materialien und Prozesse für die Systemintegration benötigt. Und genau die liefert die Mikro-Nano-Integration als Technologieplattform.

Neue Sensoren-Generation

Innovative Materialien und Methoden bergen für die Mikrosystemtechnik zugleich völlig neue Möglichkeiten. Manchmal bieten sich Chancen eben genau dann, wenn man an Grenzen stößt. Durch den gezielten Einsatz von Nanomaterialien und Nano-Effekten kann die Sensibilität und Lebensdauer von Sensoren erheblich erhöht werden – bei gleichzeitiger Senkung des Energie- und Materialverbrauchs. Nanodrähte für Gassensoren mit einer Leistungsaufnahme von wenigen Mikrowatt können zum Beispiel selbst einzelne Moleküle in der Umgebungsluft erkennen. Auf diese Weise wird die Integration der Nanotechnologie in die Mikrosystemtechnik genauso für neuartige Produkte wie Geruchssensoren – „elektronische Nasen“ – sorgen, wie sie die Voraussetzungen für autonome Sensoren in weit verzweigten Sensornetzwerken schafft.



Mikrogreifer zur Montage von Nanoobjekten wie Nanoröhren (Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme)

Nanoaktorik

Doch die Mikro-Nano-Integration wird nicht nur die Sensorik revolutionieren. Auch die Aktorik wird profitieren. Sogenannte Kohlenstoff-Nanoröhren bieten beispielsweise herausragende elektrische und mechanische Eigenschaften und könnten in Zukunft als „Muskeln“ für kleinste Aktoren dienen, etwa in peristaltischen Pumpen für die Medizintechnik. Der Einsatz komplexerer Nano-Strukturen, etwa molekularer Zahnräder aus Nanoröhren, ist noch Vision. Gänzlich Fiktion bleiben autark agierende Nano-Systeme, sogenannte „Nanobots“. Dennoch: Für zukünftige Systemlösungen auf dem Weg zu intelligenten Mikrosystemen wird die Mikro-Nano-Integration fraglos eine Schlüsselfunktion einnehmen.

Ein bedeutender Durchbruch für die Nutzung der Nanotechnologie in der Mikrosystemtechnik ist erst kürzlich erzielt worden: 2009 wurde eine Anlage auf Basis eines Rasterelektronenmikroskops entwickelt, mit der es erstmals möglich ist, Nano-Objekte, wie Nanoröhren und Nanodrähte, vollautomatisch zu erkennen, zu ergreifen und zu positionieren. Bisher gelang dies nur manuell oder teilautomatisiert. Und der Erfolg des Projekts weist nun auch den Weg zur industriellen Umsetzung der Mikro-Nano-Integration.

Ohne Mikro kein Nano

Der Mikrosystemtechnik kommt dabei eine Brückenfunktion zu, mit der die faszinierenden Möglichkeiten des Nano-Kosmos für die Alltagswelt erschlossen werden. Denn die meisten Entwicklungen der Nanotechnologie sind ohne Mikrosystemtechnik nicht nutzbar. Der Nano-Kosmos braucht ganz einfach Schnittstellen zu den erheblich größeren Strukturen der Makro-Umgebung. Und die benötigten Systemtechnologien stellt die Mikrosystemtechnik bereit – als Ergebnis der aktuellen Entwicklungsarbeit. In diesem Zusammenhang sind vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Jahr 2008 insgesamt 24 Forschungsprojekte mit einem Gesamtvolumen von rund 8 Millionen Euro gefördert worden.

Vordringlichste Aufgabe für die nächsten Jahre bleibt, Forschungsergebnisse in industrielle Anwendungen zu überführen. Dabei ist die Mikro-Nano-Integration gleichermaßen für große Unternehmen wie auch für den Mittelstand interessant. Kleine und mittlere Betriebe fokussieren oftmals stärker auf spezialisierte Marktsegmente, für die eine sehr hohe Qualität und kundenspezifische Lösungen entscheidend sind. Daher könnte gerade der Mittelstand im Bereich Neuer Materialien und Technologien Pionierarbeit leisten.

Das Thema auf dem  MikroSystemTechnik
KONGRESS 2009

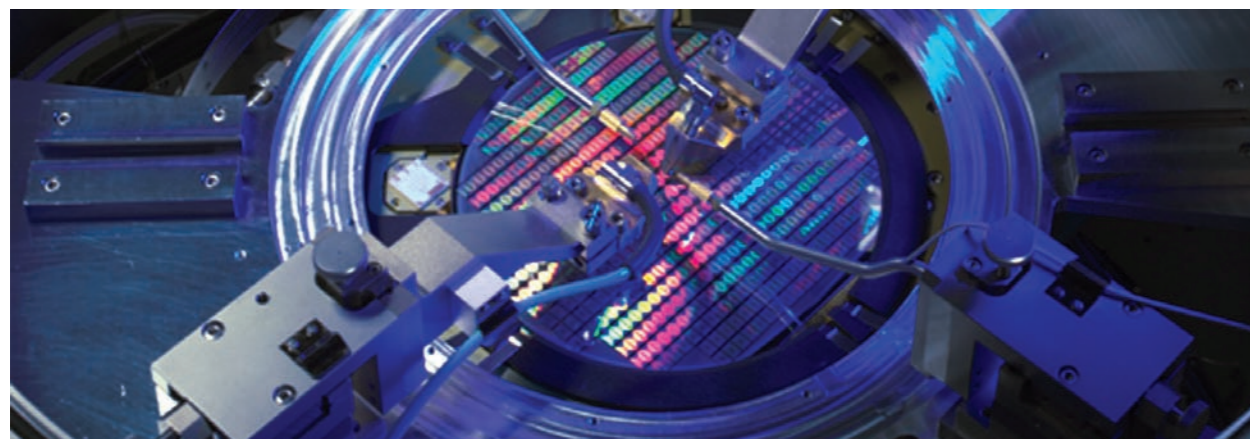
- Mikro-Nano-Integration
14.10.2009, 10:00-11:50, ECC Raum 1

Blickpunkt Basistechnologien

Fortschritte in der Mikrosystemtechnik setzen solide Grundlagenarbeit voraus

Wenn über technische Innovationen gesprochen wird, steht meist der erwartete Nutzen für den Anwender im Vordergrund. Und das durchaus zu Recht, benennt eine praxisbezogene Technologiebetrachtung doch immer den konkreten Vorteil einer neuen Entwicklung. Nichtsdestotrotz greift die Mikrosystemtechnik immer wieder auf Materialien und Technologien zurück, die zunächst unabhängig von bestimmten Produktanwendungen entstanden sind. Die wissenschaftsgetriebene Technologieentwicklung schließt dabei die Lücke zwischen grundlegender Forschungsarbeit und marktfähiger Umsetzung – und füllt den Instrumentenkoffer unserer Ingenieure immer wieder neu auf.

Stichwort: Systemintegration. Die komplexen Funktionen eines Mikrosystems können inzwischen in immer kleineren Bauteilen realisiert werden – bis hin zu Abmessungen, die eine Montage mit herkömmlichen Methoden nicht mehr zulassen. Ein möglicher Ausweg besteht hier in der Adaption von Fertigungsmethoden, wie sie schon lange in der Massenproduktion von Halbleitern eingesetzt werden. In der Halbleitertechnik wird der Silizium-Wafer als Ganzes bearbeitet, um viele tausend Bauteile gleichzeitig herzustellen. Übertragen auf die Aufbau- und Verbindungstechnik von Mikrosystemen könnte nun der Wafer als Montageplattform für eine große Anzahl an Mikrobaugruppen dienen. Wegweisende Wafer Level Packaging-Technologien ermöglichen so die Durchführung fast aller Prozessschritte der Aufbau- und Verbindungstechnik schon auf Wafer-Ebene.



Prüfen von Mikrosystemen auf Wafer-Level

Stichwort: Neue Materialien. Bisher spielten die Eigenschaften von Funktionswerkstoffen nur in Teilbereichen der Aufbau- und Verbindungstechnik eine Rolle. Dabei ist der zunehmende Einsatz von Funktionsmaterialien aktuell einer der wichtigsten Trends der Mikrosystemtechnik. Zum Beispiel in der Entwicklung innovativer Sensoren und Aktoren. Mit Hilfe polymerer Werkstoffe lassen sich etwa flexible Elastomerkörper herstellen, die in frei verformbare Aktorstrukturen integriert werden können – eine Technologie, die derzeit an Mikroventilen für miniaturisierte Düsensysteme erprobt wird. Die aktorische Funktion wird dabei durch den piezoelektrischen Effekt gewährleistet, bei dem das Anlegen einer Spannung eine Dehnung des Materials hervorruft. Genutzt wird dieses Prinzip bereits für keramische Aktoren. Elastomeraktoren wären an dieser Stelle eine wichtige Ergänzung, die Vorteile hinsichtlich höherer Dehnung bei niedrigerem Energiebedarf und preiswerteren Herstellungskosten aufweisen würden.

Diese Beispiele machen deutlich, dass eine eigenständige, von Produktanwendungen unabhängige Forschung für die künftige Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik von zentraler Bedeutung ist. Denn beide Bereiche berühren die Kernfragen: Was wird in Zukunft möglich sein? Wo werden wir in ein paar Jahren stehen? Fortschritte in der Aufbau- und Verbindungstechnik sind für die Zukunft der Mikrosystemtechnik dabei genauso entscheidend, wie die Entwicklung neuartiger Funktionswerkstoffe. Deshalb müssen diese Themen auch im forschungspolitischen Diskurs der nächsten Jahre ihren gebührenden Platz finden.



Globale Fragen: Die Mikrosystemtechnik bietet Antworten

Unsere Welt steht vor existenziellen Herausforderungen: Klimawandel und Umweltschutz, Energieeffizienz und Ressourcenschonung, nachhaltige Weiterentwicklung von Mobilität und Individualverkehr, Sicherung der Gesundheitsversorgung trotz zunehmender Überalterung der Industrienationen. Wenn wir uns, unseren Kindern und kommenden Generationen eine lebenswerte Welt bewahren möchten, müssen wir uns diesen Herausforderungen jetzt stellen – mit intelligenten Technologien, für die Mikrosystemtechnik einer der Schlüssel ist.

Intelligenz statt Masse – genau dieses Prinzip könnte etwa die Automobilindustrie revolutionieren. Sobald „smarte“ Sicherheitssysteme in Fahrzeugen mögliche Kollisionen mit anderen Verkehrsteilnehmern oder Hindernissen ausschließen, sind mechanische Knautschzonen schlichtweg überflüssig. Unsere Autos würden statt mehrerer Tonnen nur noch ein paar hundert Kilos wiegen, was den Treibstoffverbrauch und die Kohlendioxid-Emission entsprechend reduzieren würde. Integrierte Intelligenz steht somit nicht nur für die Zukunft des Automobils, sondern ebenso für Klimaschutz und den verantwortungsvollen Umgang mit wertvollen Ressourcen.

Klar ist: Die Mikrosystemtechnik liefert intelligente Antworten auf viele drängende Fragen. Zugleich ermöglicht sie immer wieder neue, innovative Produkte, sorgt für wirtschaftliches Wachstum und gesellschaftlichen Wohlstand. Forschungsförderung im Bereich Mikrosystemtechnik bleibt daher ein integraler Bestandteil der Hightech-Strategie der Bundesregierung – mit gezielter Projektförderung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Denn wir sind auf wissenschaftlich-technischen Fortschritt angewiesen. Zukunft braucht integrierte Intelligenz.

