

# VDE-Positionspapier



## Mikrosystemtechnik

- **Techniktrends**
- **Standortposition**
- **Perspektiven**

# VDE-Positionspapier Mikrosystemtechnik

## ■ Technikrends

## ■ Standortposition

## ■ Perspektiven

Die Mikrosystemtechnik (MST) ist mit einem weltweiten Marktvolumen im dreistelligen Milliardenbereich einer der großen Wachstumsmärkte der Zukunft. Für Produkte, die mikrosystemtechnische Lösungen enthalten, wird weltweit ein jährliches Wachstum von etwa 16% erwartet. Der Hebeleffekt bei der Nutzung von MST-Komponenten in anderen Produkten wird sogar auf Faktor 25 geschätzt. Damit ist die MST eine der wichtigsten Querschnittstechnologien des 21. Jahrhunderts.

Diese Einschätzung wird auch durch den aktuellen VDE-Innovationsmonitor 2005 bestätigt, für den ein Querschnitt der VDE-Mitgliedsunternehmen mit Sitz im In- und Ausland befragt wurde. Von der Mikro- und Nanotechnologie werden danach in den kommenden zwei Jahren die stärksten Impulse ausgehen. Fast 70% der befragten deutschen Unternehmen sehen die Mikro- und Nanotechnik als bedeutende Innovationstreiber an – noch vor der Informationstechnik. Vor diesem Hintergrund stellen sich wichtige Fragen für den MST-Standort Deutschland: Wohin gehen die Technologietrends? Wo steht der Standort Deutschland im internationalen Vergleich heute und morgen? Wo liegen die Perspektiven, wo gibt es Handlungsbedarf?

Im VDE wird die MST von der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM) betreut. Ihr Ziel ist es, Impulse in den Bereichen Mikroelektronik, Mikrosystem- und Nanotechnik zu geben und den Dialog zwischen Herstellern, Anwendern und der Wissenschaft zu fördern. Die GMM ist mit über 10.000 Mitgliedern die größte technisch-wissenschaftliche Fachgesellschaft auf ihrem Gebiet in Europa.

### Impressum

Herausgeber:

VDE Verband der Elektrotechnik

Elektronik Informationstechnik e.V.

Stresemannallee 15 · 60596 Frankfurt/M.

Tel.: +49 69 6308-0 · Fax: +49 69 6312925

E-Mail: [service@vde.com](mailto:service@vde.com)

Gestaltung: KELLERMANN · GRAPHIK DESIGN

Bild Titelseite: Okerland-Archiv

# 1. Techniktrends

## **Basistechnologie Mikroelektronik**

Seit 25 Jahren galt in der Mikroelektronik die Regel, dass alle drei Jahre eine neue Technologiegeneration zur Verfügung steht. Mittlerweile hat sich dieser Zeitabstand auf 2 bis 2,4 Jahre verkürzt. Eine Technologiegeneration unterscheidet sich von der vorhergehenden durch eine Vervierfachung der Transistorenzahl (Komplexität) bei stetiger Kostenreduktion pro elektrisch realisierter Funktion. Heute arbeiten Ingenieure an integrierten Schaltungen (ICs) mit einer Milliarde Transistoren. Zumindest in den nächsten 10 Jahren wird die Entwicklung integrierter Schaltungen nicht an physikalische Grenzen stoßen.

## **Von der Mikro- zur Nanotechnik**

Der VDE erwartet, dass in weniger als 15 Jahren 256 Gbit-Chips in der Größenordnung von 50 Nanometern auf den Markt kommen werden. Die Möglichkeit der Integration von Speichern und Logik auf einem Chip und die massive Parallelisierung in Raum (3D-Packaging) und Zeit (Pipelining) ermöglichen völlig neue System-Performances. Ab ca. 2020 könnten Chips mit einer Milliarde Transistoren verfügbar sein, die je Sekunde die astronomisch anmutende Zahl von 100 Mrd. Rechenoperationen bewältigen. Nach 2030 wird das Potenzial der Mikroelektronik-Evolution aller Voraussicht nach von Quantenbauelementen weitergetragen. Derartige Computer werden die voraussichtlich ab 2020 verfügbaren „Milliarden-Transistor-Chips“ hinsichtlich der Leistungsfähigkeit abermals um Größenordnungen übertreffen.

Es handelt sich um den Zwischenbereich zwischen den herkömmlichen Strukturgrößen der Mikroelektronik bis hin zum atomaren Bereich. Mikro-technische Verfahren und Systeme wird die Nanotechnik, die mit Strukturen im Bereich von Millionstel Millimetern (zwischen einem und 100 Nanometern) arbeitet, allerdings nicht ablösen. Sie wird sie aber gravierend erweitern und so neue Funktionalitäten schaffen: so z.B. bei der Brennstoffzellentechnik, in der Optoelektronik oder im Grenzgebiet zwischen anorganischen und organisch-biologischen Systemen (z.B. Kombination von Mini-Halbleiterlaser und organischen Materialien in der Displaytechnik). Durch Manipulation einzelner Atome und Moleküle schließlich entstehen Strukturen, die grundlegend neue Anwendungsfelder und Märkte eröffnen.

## **Mikrosystemtechnik**

Die Mikrosystemtechnik integriert neben der Signalverarbeitung miniaturisierte sensorische und aktorische Komponenten und erschließt damit eine Vielzahl neuer Anwendungen, die rein mikroelektronischen Systemen verschlossen bleiben. Als typische Querschnittstechnologie erweitert die Mikrosystemtechnik die aus der Halbleitertechnologie hervorgegangenen Mikrotechniken um das verfügbare Material- und Technologiespektrum zur Realisierung von elektrischen, mechanischen, optischen, chemischen und biologischen Funktionen.

Mikrotechnische Komponenten haben inzwischen einen großen Markt als preiswerte und besonders zuverlässige Massenprodukte gebildet. Sie finden Einsatz als Druckknöpfe von Tintenstrahldruckern, Abtast-Köpfe von CD/DVD-Playern, Beschleunigungssensoren zur Auslösung von Airbags, in Lasermesssystemen in der Automation, als Teile von Instrumenten in der minimal-invasiven Medizin sowie in Telekommunikations- und Datennetzwerken.

### **Anwendungstrends für Mikrosystemtechnik: Beispiel Biomedizintechnik und Automotive**

Techniktrends in der Mikrosystemtechnik bestimmen Märkte, in denen Deutschland traditionell gut aufgestellt ist: allen voran Automobilindustrie, Medizin- und Biotechnologie, Telekommunikation, Büroautomation, Fabrikautomation, Umwelttechnik, Gebäudetechnik, Sensor-, Mess- und Regeltechnik, Informations- und Kommunikationsindustrie sowie Chemietechnik.

Beispiel Biomedizintechnik. Heute lassen sich mehrere Hundert verschiedener Operationen endoskopisch durchführen – von Routineeingriffen bis zu komplizierten neuro- und koronarchirurgischen Operationen. Künftig wird die minimal-invasive Operationstechnik auch in Bereichen wie dem gesamten Magen-Darm-Trakt bis hin zu Operationen an Blutgefäßen zum Einsatz kommen. Noch im Stadium der Grundlagenforschung befinden sich Retina-Implantate und Neuro-Kontakte zur Wiederherstellung unterbrochener Nervenbahnen. Durch das „Lab-on-a-Chip“, eine Art Symbiose von Mikroelektronik und Chemie, werden absolut präzise und umfassende Diagnosen bis hin zu abgestimmten Therapie-Vorschlägen wie Medikamenten-Dosierung möglich.

Gelungen ist es bereits, dem Prototyp einer künstlichen Hand ein einfaches „Tastgefühl“ zu verleihen, welches mit Hilfe mikrotechnischer Aktuatoren realisiert wurde. Eine Anwendungsvision ist zurzeit noch, dass in unseren Körpern molekulare Roboter gezielt Krankheitsherde aufspüren und diese an Ort und Stelle auf zellulärer Ebene bekämpfen. Vielfältig ist aber schon heute die Produktpalette von Systemen, die Pharmaka und Wirkstoffe „vor Ort“ dosieren und Implantate bioverträglicher machen sollen. Nicht zu vergessen sind Multifunktionssensoren, die – miniaturisiert und kostengünstig – z.B. zur DNA-Analyse genutzt werden können.

Beispiel Automotive: In der Fahrzeugtechnik sind die Radar-Abstands- oder die Beschleunigungssensoren für Front- und Seiten-Airbags Beispiele für die Leistungsfähigkeit der MST. Das Fahren von Autos, die mit MST-Komponenten ausgerüstet sind, ist angenehmer, sicherer und umweltfreundlicher. Heute machen Elektronik, Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik etwa ein Drittel der Wertschöpfung eines Autos aus. In fünf Jahren wird der Anteil der Elektronik an der Wertschöpfung eines Autos auf 40% steigen. Displays, Sensor-Systeme, z.B. für Airbags oder moderne Verkehrsleitsysteme sind hier

die großen Anwendungsfelder. Hier entwickeln sich nicht nur Massenmärkte, diese Anwendungsbereiche werden durch intelligente Verknüpfungen auch zur besseren Steuerung des Verkehrs führen.

### **MST: Innovationsschübe für alle Technikbereiche**

Die Palette der Anwendungsmöglichkeiten von MST ist gleichsam unbegrenzt: In der Nachrichtentechnik ermöglichen Nanotechnologien preiswerte Lasersysteme für die Hochgeschwindigkeits-Glasfaservernetzung. In der Computertechnik führen neuartige optische Komponenten der Verbindungstechnik zu erheblichen Leistungssteigerungen in Bezug auf schnellen Datenaustausch und hohe Speicherkapazität. Die Liste der Massenanwendungen, in denen mikrosystemtechnische Komponenten zum Einsatz kommen, umfasst DVD-Recorder und Digitalkameras ebenso wie Plasma- und LCD-Flachbildfernseher.

In der Umwelttechnik werden optische Mess- und Analyseverfahren entwickelt, die gemeinsam mit innovativer Mikrosystemtechnik zu völlig neuen Einsatzfeldern bei Mensch und Umwelt führen. Die heutige Mikroreaktorforschung verbindet als technologieübergreifende Disziplin die klassischen Bereiche der Chemie, Pharmazie und Biotechnologie mit der Mikro- bzw. Nanotechnik. Der nächste Innovationssprung führt auf direktem Wege zum bereits erwähnten „Lab-on-a-chip“ in der Chemie.

Eine große Zukunft sieht der VDE auch für mikrotechnische Anwendungen in der Gebäudetechnik. Das Konzept eines „intelligenten Hauses“ der Zukunft beinhaltet heute nicht nur dessen ideale Klimatisierung sondern integriert alle nur erdenklichen Sicherheitssysteme. So wird Mikrotechnik künftig beispielsweise in der Lage sein, Komponenten zur permanenten Überwachung der Luftqualität in Gebäuden bereitzustellen.

Superschnelle Rechner auf der Basis optischer Speicherelemente gehören zu den größten Herausforderungen zukunftsorientierter Computertechniken. Die dazu erforderlichen Bauelemente werden ohne Ausnahme Entwicklungen aus der Mikrosystemtechnik sein. Die optische Übertragungstechnik ist ein Fernziel, ihre Realisierung erfordert noch beträchtliche Anstrengungen in der Forschung. Die integrierte Optik dient dem Ziel, miniaturisierte optische Bauelemente in Wellenleiterstrukturen zu integrieren und mehrere solcher Komponenten auf einem gemeinsamen Substrat zu integrieren. Eine wesentliche Rolle kommt hierbei der Mikrooptik zu. Ihre Aufgabe besteht in der Entwicklung und Herstellung winzig kleiner optischer Abbildungselemente wie Spiegel, Linsen und Filter.

Die Querschnittstechnologie Mikrosystemtechnik ist heute schon eine Schlüsseltechnologie für innovative Anwendungen in nahezu allen technischen Gebieten und bestimmt dadurch die Märkte von morgen. Wo steht der Standort Deutschland in dem internationalen Wettbewerb?



## 2. Standortposition

### **Kopf-an-Kopf-Rennen mit den USA**

Bereits die VDE-Studie „Mikrotechniken 2010“ hat unterstrichen, dass Deutschland in zentralen Anwendungsbereichen auf dem Weg zur Weltspitze ist. Neun von zehn befragten Experten meinten, die Mikrosystemtechnik ist besonders wichtig für die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Dies hat einen sachlichen Grund: Die Mikrosystemtechnik ist ein bedeutender Innovations-treiber gerade in den Bereichen, in denen Deutschland und Europa traditionell stark sind, so zum Beispiel im Automobilbereich und in der Biomedizintechnik. Bei Innovationen der Mikro- und Nanotechnik liefert sich die Bundesrepublik ein Kopf-an-Kopf-Rennen mit den USA. Auch in der Mikroelektronik hat Deutschland den Anschluss an die Weltspitze geschafft.

### **Europameister in der Mikroelektronik**

Die Bundesrepublik hat ihre führende Position als Mikroelektronik-Standort Nr.1 in Europa weiter ausgebaut. Europa ist weltweit der zweitgrößte Mikroelektronik-Verbraucher. Bereits jeder elfte Chip stammt wertmäßig aus europäischer Fertigung. Mehr als jeder zweite Halbleiter aus Europa trägt das Label „Made in Germany“. Weltkonzerne positionieren sich mit ihren Produktions- und Forschungszentren. Im FuE-Bereich wird traditionell eine Spitzenposition erreicht.

Grund für diese Entwicklung ist unter anderem die Konzentration von Mikro- und Nanoelektronikfertigung und ihren Zulieferern in Sachsen. Heute ist die Region Dresden mit einem Netzwerk aus Industrie, Instituten und Hochschulen das größte Mikroelektronik-Zentrum in Europa. Das zeigt nach Ansicht des VDE, dass Deutschland in der Mikroelektronik wieder neu präsent ist. Besondere Bedeutung hat dies vor allem vor dem Hintergrund des weltweit starken Bedarfs in den Bereichen Fahrzeugentwicklung, RFID (Radio Frequency Identification) sowie in der Telekom- und Computer-Industrie. Bei Zukunftsthemen wie Mobilität, Energie, Kommunikation oder Life Science wird dem Standort von VDE-Experten eine hohe Innovationskraft zugeschrieben.

### **Standortposition: eklatante Unterschiede in der Einschätzung Unternehmen und Bevölkerung**

In der Mikro- und Nanotechnik sowie in der (Mikro-)Elektronik nimmt Deutschland nach dem VDE-Innovationsmonitor 2005 im internationalen Ranking den zweiten Platz hinter den USA beziehungsweise dritten Platz hinter den USA und Japan ein. In der Elektrotechnik, Energietechnik, Automation und Medizintechnik wird Deutschland sogar als Innovations-Weltmeister angesehen.

Diese positive Einschätzung deutscher Unternehmen steht im eklatanten Widerspruch zur Einschätzung in der Bevölkerung: So belegt die Technik-Akzeptanzstudie 2005 des VDE, dass aktuell nur 6 % aller Befragten

Deutschland die höchste Innovationskraft in den Bereichen Elektronik, Informationstechnik und anderen Zukunftstechnologien zusprechen (Europa 8%). Spitzenreiter ist laut Einschätzung der Bundesbürger Japan (37%), gefolgt von den USA (16%), Südostasien (15%) und China (14%). Das zeigt, dass der Standort ein Imageproblem hat.

Das Innovationsbarometer belegt allerdings ebenfalls, dass auch die deutschen Unternehmen die Innovationskraft Deutschlands in nahezu allen Bereichen als abnehmend einstufen. So nimmt bei fast allen dieser Technikbereiche die Zustimmung unter den Befragten um rund zehn Prozentpunkte ab, wenn man nach der Höhe der Innovationskraft im Jahr 2010 fragt. Nach dem VDE-Monitor wird Deutschland seine teils souveräne Führungsposition in der Automation, der Medizin- und Energietechnik bis zum Ende des Jahrzehnts wohl nur mit Einbußen verteidigen können. Der Hauptgewinner heißt Asien.

### **KMU: besondere Herausforderungen in der Mikrosystemtechnik**

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU) tun sich oft schwer mit MST-Innovationen. Die Gründe dafür liegen vor allem in dem hohen Investitionsvolumen (Prozesse und Fertigungsanlagen), in langen Vorlaufzeiten (Prozessstabilität, notwendige Zulassungen), in einem hohen Return-on-Investment-Risiko, in der starken Dynamik der Technologien und in der Limitierung auf Komponenten (d.h. geringe Wertschöpfung). Die KMU haben daher in der Regel nur die Möglichkeit der Finanzierung bzw. Beteiligung durch Großunternehmen oder der Bildung von Netzwerken (technologisch, fertigungstechnisch und vertrieblich). Fest definierte Standards, Normen und Schnittstellen (Fluidik, Mechanik, Optik, Elektronik), Modularisierungen, Machbarkeitsstudien und einheitliche Kommunikationsplattformen sind wichtige Voraussetzungen für die Industrietauglichkeit von innovativen Verbundnetzen.

Nach dem VDE-Innovationsmonitor sind bereits heute viele deutsche Unternehmen eng mit Hochschulen und Forschungsinstituten verbunden und pflegen Kooperationen mit anderen Unternehmen. Über 80 % kooperieren mit Hochschulen, weit mehr als die Hälfte mit Forschungsinstituten. Etwa 70 % gaben an, mit anderen Unternehmen intensiv zusammenzuarbeiten. Neun von zehn Unternehmen, die ihren Firmensitz im Ausland haben, setzen auf Kooperationspartner. Im Inland sind dies rund zwei Drittel. Die meisten der befragten Unternehmen wollen dabei ihre Kooperationen noch intensivieren. In Kooperationen und Experten-Netzwerken liegen daher gerade in der Mikrosystemtechnik wichtige Chancen, die es noch stärker zu nutzen gilt.

### **Standortchance Medizintechnik**

Ein Beispiel für die Innovationsdynamik von MST-Anwendungen ist die Medizintechnik. Bereits heute beläuft sich das globale Marktvolumen im Segment Mikrosystemtechnik in der Medizintechnik auf 12 Mrd. Euro. Um die gute Position Deutschlands zu stärken, hat der VDE die Initiative Mikromedizin gestartet. Ziel der Initiative ist es, ein Netzwerk für die Branche und eine Plattform

für die Medizinindustrie, FuE-Institute, ärztliche Anwender und Mikrosystemtechnik-Foundries zu schaffen. Das Aufgabenspektrum reicht dabei von Fragen der Standardisierung und Biokompatibilität über Testverfahren bis zur Koordination von Projekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Ein Schritt auf diesem Weg ist das BMBF-Infrastrukturprojekt IMEX (Implantierbare und extrakorporale modulare Mikrosystemtechnikplattform), d.h. der Aufbau eines Kompetenznetzes für Institute, Dienstleister, Unternehmen und Ärzte. Ein fachlicher Schwerpunkt liegt bei Sensoren und Aktuatoren für Tele-Monitoring- und Telemedizin-Systeme. Mit diesem vorwettbewerblich angesiedelten Netzwerk wird eine Kompetenz- und Service-Infrastruktur für die gesamte Branche geschaffen.

### **Gute Innovationsposition**

Auch wenn die Standortposition Deutschlands in der Elektro- und Informationstechnik in der Öffentlichkeit unterschätzt und der internationale Wettbewerb schärfer wird, hat Deutschland eine robuste Ausgangsbasis. Das Ingenieurstudium in Europa und Deutschland ist ebenso solide wie vielseitig. Dies bietet ein starkes Fundament gerade für MST-Anwendungen. Die FuE-Position in der Elektro- und Informationstechnik ist traditionell gut. Viele internationale Unternehmen siedeln ihre Forschungszentren daher gerade in deutschen Hightech-Regionen wie Dresden oder München an. Auch in der industriellen Anwendung von Technikwissen ist Deutschland gut aufgestellt. Dies wird nicht zuletzt durch die gute Position in der Mikroelektronik unterstrichen. Und schließlich: Die vielseitige MST stärkt die Technikposition gerade in den Bereichen, wo sie auf einer guten Basis aufbauen kann, nämlich in deutschen Top-Branchen.



## 3. Perspektiven

### **Top-Branchen stärken:**

#### **Beispiel Medizintechnik und Automobilbau**

Die Förderung mikrosystemtechnischer Innovationen bietet vor allem in starken Branchen wie Automobilbau oder Medizintechnik beachtliche Perspektiven. Sinnvolle Innovationsförderung kann hier mit vergleichsweise geringem Input große Wirkung entfalten. Das zeigt sich bereits an dem Medizintechnik-Projekt IMEX. Dass Deutschland und Europa in der Mikroelektronik den Anschluss an die Weltspitze geschafft haben, gibt darüber hinaus Anlass zu vorsichtigem Optimismus. Wenn gezielte innovationspolitische Akzente gesetzt werden, können die Standortprognosen übertroffen werden.

### **FuE-Wissensnetzwerke ausbauen**

Um die Potenziale der MST voll auszuschöpfen, muss nach Ansicht des VDE der Wissenstransfer weiter optimiert werden. In seinen Empfehlungen für das 7. Europäische Forschungsrahmenprogramm hat sich der VDE dafür ausgesprochen, höchste Priorität auf die Technikbereiche Kommunikation, Gesundheit, Mobilität und Energie zu legen. Sie zählen zu den wichtigsten Wachstumsmärkten der Zukunft, und Europa ist in ihnen traditionell stark. Ein Forschungsschwerpunkt sollte dabei das Innovationsfeld Nanotechnologie und Mikrosystemtechnik sein. Als äußerst wichtig stuft der VDE die Erforschung nanobiologischer und nanomechanischer Systeme ein. Um die frühe industrielle Anwendung von Nanotechniken zu ermöglichen, sollte darüber hinaus eine gemeinsame europäische Experten-Plattform zur schnelleren Technikfolgenabschätzung geschaffen werden. Neben den Nano- und Mikrotechniken in der Biotechnologie gilt es, die Mikrosystemtechnik in den Schwerpunkten Photonik, Analytik und Micro Chemical Engineering stärker zu fördern.

Generell sollte die Programmgestaltung zwei Optionen erlauben: sowohl anwendungsorientierte Projekte in enger Kooperation mit Industriepartnern als auch Vorlaufforschung ohne direkte Projektteilnahme. Allgemeiner Leitgedanke muss dabei sein, die Forschergemeinde auf mittel- und langfristige Ziele hin zu orientieren und verstärkt – wie in den USA erfolgreich praktiziert – neben Großunternehmen und -instituten auch universitäre Arbeitsgruppen sowie kleine und mittlere Institute und Unternehmen in innovative und kreative Projekte einzubinden.

### **Bürokratie abbauen**

Der Mittelstand war in der Bundesrepublik Deutschland stets der bedeutendste Wachstums- und Jobmotor. Dies trifft auch für die neuen Technologien vor dem Hintergrund der zunehmenden Internationalisierung der Wirtschaft zu. Gerade im MST-Bereich gilt es daher, Innovationshemmnisse abzubauen, um den KMU den Weg frei zu machen. Innovationshemmnisse sehen VDE-Mitgliedsunternehmen vor allem im Bereich der Bürokratie und der

gesetzlichen Rahmenbedingungen. Nach dem VDE-Innovationsmonitor 2005 betrachten 80% der befragten VDE-Mitgliedsunternehmen dies als größte Hürde für ihre Arbeit. 41% kritisieren eine zu hohe Steuer- und Abgabenlast. Bemängelt wird dies insbesondere von kleineren Unternehmen mit bis zu 50 Mitarbeitern: Von ihnen sehen rund 60% bei Steuern und Abgaben die größte Innovationshürde. Firmen mit Sitz in Deutschland unterscheiden sich in dieser Einschätzung nur leicht von Firmen mit Sitz im Ausland.

Die größten Innovationschancen liegen nach Ansicht der VDE-Mitgliedsunternehmen in der engen Kooperation Hochschule/Industrie und der exzellenten Ingenieurausbildung. Der Abbau bürokratischer Hürden sowie stärkere Investitions- und Innovationsanreize können dazu beitragen, dass Deutschland in der MST an der Weltspitze bleibt und die künftigen Entwicklungen in der MST weiterhin mitbestimmt.

### **Qualifizierte Arbeitsplätze schaffen**

Mit gut 800.000 Beschäftigten stellt die Elektro- und Informationstechnik-Branche knapp 14% aller Arbeitsplätze in der deutschen Industrie. Die Anzahl der beschäftigten Ingenieure der Elektro- und Informationstechnik beläuft sich nach Einschätzung des VDE auf etwa 190.000. Der jährliche Bedarf an Elektroingenieuren setzt sich im wesentlichen zusammen aus dem Ersatzbedarf (aus dem Erwerbsleben Ausscheidende), Zuwachsbedarf (Erweiterung bisheriger Arbeitsfelder sowie neue Einsatzgebiete wie z.B. Dienstleistungen, Bio- und Nanotechnik) und Substitutionsbedarf (Besetzung von Arbeitsplätzen durch Höherqualifizierte). In der Vergangenheit lag dieser Bedarf in der Elektro- und Maschinenbaubranche bei ca. 8%, bezogen auf die in dieser Branche beschäftigten Elektroingenieure.

Über 11.000 Arbeitsplätze sind in den letzten Jahren durch die Halbleiterindustrie rund um Dresden entstanden. Ähnliche Beispiele finden sich in allen technisch-wissenschaftlichen Kompetenzregionen Deutschlands. Das unterstreicht: Die Zukunft des Innovationsstandorts liegt in wissensbasierten Spitzentechnologien wie der MST. Investitionen in Zukunftstechnologien eröffnen die Chance, wirtschaftliche und soziale Prosperität nachhaltig zu sichern.

### **Exzellenz des Ingenieur-Nachwuchses sichern**

Das Innovationspotenzial der Zukunft hängt somit auch von der Sicherung des Ingenieurwachstums ab. Das gilt besonders für die Bereitstellung hochqualifizierter Fachkräfte in Querschnittstechnologien wie der Mikrosystemtechnik. Gerade in der Mikrosystemtechnik macht sich zudem der Wandel des Ingenieurprofils deutlich bemerkbar. Hier verschmelzen die Fach- und Entwicklungsbereiche einzelner Disziplinen. Wenn Ingenieure und Naturwissenschaftler elektrische, mechanische und optische Techniken auf einem Chip vereinen, müssen zum Beispiel Experten für Schaltungsentwurf,

IT-Experten und Physiker im Projektteam zusammenarbeiten. Teamkompetenzen wie Fähigkeiten in Präsentation, Motivation und Mediation gewinnen dabei an Bedeutung.

Die Sicherung der Exzellenz der Ingenieurausbildung, der personellen und sachlichen Ressourcen an den Hochschulen und eines breiten Ingenieurwachstums hat daher höchste Priorität. Denn die Exzellenz der Ingenieurausbildung, die in ihrer Tiefe und in ihrer Breite international einzigartig ist, war stets eine wichtige Voraussetzung für die Wirtschaftskraft Deutschlands. Dies gilt für Spitzentechnologien des 21. Jahrhunderts wie die MST um so mehr. In dem Standortvorteil Ingenieur-Exzellenz liegen beachtliche Chancen für die Märkte (inkl. des Arbeitsmarktes) der Zukunft, die man nicht verspielen darf.

### **Technikakzeptanz verbessern**

Der Ingenieurmangel, eine immer noch verhaltene Technikakzeptanz und Technikverzicht – verbunden mit dem geringen Zutrauen in die Innovationskraft des Standortes Deutschland – werden nach Ansicht des VDE in der öffentlichen Standortdiskussion noch zu wenig problematisiert. Wenn Deutschland seine Chancen in der MST nutzen will, müssen sowohl die ideellen als auch die materiellen Rahmenbedingungen dafür noch deutlich verbessert werden. Dazu gehört die Aufklärung über Chancen, Perspektiven und Technikfolgenabschätzung der MST sowie über Folgen von Technikverzicht.

### **Standortchancen gezielt nutzen**

Die MST mit ihren großen Marktpotenzialen eröffnet dem Standort Deutschland auch in Zukunft beachtliche Chancen. Zugleich ist sie aufgrund ihrer Komplexität und Vielseitigkeit, aufgrund der langen Vorlauforschung und der hohen Anforderungen an interdisziplinäres Wissen usw. ein besonders sensibler Indikator dafür, wo die nötigen Weichenstellungen für die Zukunft noch nicht vorgenommen wurden und wo noch Handlungsbedarf besteht. Nach Ansicht des VDE können bereits wenige gezielte Impulse in der Innovationspolitik auf deutscher und europäischer Ebene zu einer klaren Verbesserung der Innovationsposition beitragen. Die MST nimmt insofern auch eine Art Vorreiterrolle für die Zukunft ein. Wenn es gelingt, das Modell Deutschland in der MST zu stärken, ist dies auch eine Blaupause für andere Technikbereiche.

# VDE

**VERBAND DER ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK e.V.**

Stresemannallee 15  
60596 Frankfurt am Main

Telefon 069 6308-0  
Telefax 069 6312925  
<http://www.vde.com>  
E-Mail [service@vde.com](mailto:service@vde.com)

