



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Rahmenprogramm zur Förderung 2004 – 2009

Mikrosysteme



BMBF PROGRAMM

Impressum**Herausgeber**

Bundesministerium
für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
53170 Bonn

Bestellungen

Schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn

oder telefonisch unter der
Rufnummer 01805-BMBF02
bzw. 01805-262302
Fax: 01805-BMBF03
bzw. 01805-262303
0,12 Euro/Min.

E-Mail: books@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Redaktion

BMBF, Ref. 514
VDI/VDE-IT

Gestaltung

VDI/VDE-IT, AZ

Druckerei

Hellmich Akzente GmbH

Stand

20.01.2004

Gedruckt auf TCF-Papier
(total chlorfrei gebleicht)

Bildnachweis

Bartels Mikrotechnik GmbH: S. 34
Binder Elektronik GmbH: S. 27
Boehringer Ingelheim, STEAG microParts: Titel, S. 14
DECHEMA: S. 31
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL): S. 11
Ehrfeld Mikrotechnik AG: S. 17
Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und
Mikrointegration: Titel, S. 10, 13, 32, 46
Forschungszentrum Karlsruhe: S. 18, 36, 44
HNP Mikrosysteme GmbH: Titel, S. 9, 30
Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH: S. 26
KSW Microtec AG: Titel, S. 29
Micromotion GmbH, Mainz: Titel, S. 38
Neurochirurgische Klinik und Poliklinik Mainz: S. 20
Philips Research: S. 12
Robert Bosch GmbH: Titel, S. 35
Sandia National Laboratories: Titel, S. 21
NASA: Titel, S. 28
STEAG microParts GmbH: S. 23, 25, 33, 37
VDI/VDE-IT: S. 16, 24

Weitere Informationen

zum Rahmenprogramm Mikrosysteme
erhalten Sie beim Projektträger:
VDI/VDE-IT
Rheinstraße 10B
14513 Teltow
Tel.: 0 33 28/4 35-0
Fax: 0 33 28/4 35-1 41
mst@vdi-vde-it.de
www.mstonline.de

Rahmenprogramm zur Förderung 2004 – 2009
Mikrosysteme



Vorwort	5
Zusammenfassung	6
Summary	7
Résumé	8
1. Mikrosysteme – mehr als die Summe ihrer Teile	9
2. Mikrosystemtechnik – dynamische Schlüsseltechnologie	13
3. Der internationale Wettkampf ist eröffnet	15
4. Standortstrategie der BMBF-Förderung angesichts eines offenen globalen Wettstreits	22
4.1 Ausgangslage, Handlungsbedarf und Ziele der MST-Förderung	22
4.2 Schwerpunktsetzung und Bündelung in besonders wirkungsvollen Anwendungen	26
4.3 Schlüsseltechnologie Mikrosysteme weiterentwickeln	31
4.4 Nichttechnische Anforderungen bei Innovationen mit Mikrosystemen	34
5. Arbeitsschritte bei der Umsetzung des Rahmenprogramms	35
5.1 Voraussetzungen und Prozesse von Innovationen systematisch erfassen	35
5.2 Umsetzung der Schwerpunktthemen in „public-private-partnership“	35
5.3 Innovationen mit problemangepassten Instrumenten effektiv fördern	36
5.4 Synergien erschließen – kritische Massen entwickeln	38
5.5 Überprüfung und Sicherung der Zielerreichung durch Programm-Monitoring und Evaluation	40
Anhang	
A1: Schwerpunktaktivitäten zur MST in Europa	41
A2: Programm Mikrosystemtechnik im Forschungszentrum Karlsruhe	44
A3: Die Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft zur Mikrosystemtechnik	46
A4: MST-relevante Sonderforschungsbereiche der DFG	47
A5: Ergebnisse der Evaluation zur Mikrosystemtechnik 2002	48



Ministerin
des Bundesministeriums
für Bildung und Forschung
Edelgard Bulmahn

Innovationen sind für Wachstum, Wohlstand und Beschäftigung in unserem Lande von zentraler Bedeutung. Wir müssen in der Politik den Mut haben, die richtigen Rahmenbedingungen für die Innovationen von morgen zu schaffen. Mit dem Rahmenprogramm Mikrosystemtechnik ist uns das gelungen.

In nahezu allen Industriebranchen, die für die deutsche Volkswirtschaft wichtig sind, lassen sich mit Hilfe der MST neue Produkte bzw. Prozesse entwickeln und bestehende verbessern. Die Automobilbranche beispielsweise setzt schon seit Jahren auf den Innovationsmotor Mikrosystemtechnik. Schon heute sind über 100 Sensoren in vielen neuen Mittelklassewagen integriert. Aber auch im Maschinenbau, in der Chemie, in der Medizintechnik sowie in der Energie- und der Umwelttechnik ist die Mikrosystemtechnik schon heute nicht wegzudenken. Die Potenziale sind noch längst nicht ausgeschöpft. Im Gegenteil: Immer neue Anwendungen kommen hinzu.

Für die Wirtschaft und für jeden einzelnen Menschen bringt die Nutzung der Mikrosystemtechnik unzählige Vorteile mit sich. Die MST steigert Leistung und Effizienz, verbessert Sicherheit, optimiert den Energieverbrauch, reduziert Umweltbelastungen und ermöglicht schonendere Behandlungsmethoden und Kosteneinsparungen im Gesundheitswesen.

Mit der Förderung der MST schaffen wir essentielle Voraussetzungen, um einerseits traditionelle Industrien am Standort Deutschland für die Zukunft wettbewerbsfähig zu machen und andererseits wichtige gesellschaftliche Ziele zum Beispiel im Bereich der Gesundheit oder im Umweltschutz zu erreichen.

Die MST-Förderung hat zudem eine grundlegende strukturelle Wirkung: Alle gängigen Technologiestudien belegen, dass sich heute und in der Zukunft die entscheidenden Innovationsdurchbrüche an den Grenzbereichen und Schnittstellen verschiedener

Wissenschaftsdisziplinen und Branchen ergeben. Die MST ist der Schlüssel für diese „Grenzüberschreitungen“ im Innovationsprozess. Über ihre integrierenden Eigenschaften ebnet sie neu entstehenden Technologiefeldern wie der Bio- oder der Nanotechnologie den Weg in die wirtschaftliche Nutzung. In Förderprojekten der MST arbeiten Akteure aus den verschiedensten Forschungseinrichtungen und Branchen zusammen und bauen neue Akteurskonfigurationen und Wissensnetzwerke sowie innovative Wertschöpfungsketten und Produktionsformen auf. Gerade dies ist im Hinblick auf die Innovationsoffensive besonders wichtig.

Generelles Ziel meiner Technologie- und Forschungspolitik ist es, die vorhandenen Fördermittel auf aussichtsreiche Schwerpunkte zu konzentrieren, um damit die Effizienz und die Hebelwirkung der Förderung zu steigern. Ein entscheidendes Argument für das vorliegende neue Rahmenprogramm „Mikrosysteme“ ist dabei die im internationalen Vergleich hervorragende Positionierung Deutschlands – sowohl bei der MST-Forschung als auch deren Anwendung. Das hat direkte Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt: Bereits heute sind in Deutschland rund 680 000 Arbeitsplätze direkt mit der Mikrosystemtechnik verbunden – Tendenz steigend.

Neue Akzente setzt das Programm durch sein offenes und flexibles Konzept. Damit die Ausgestaltung der Förderung mit den sich verkürzenden Innovationszyklen Schritt halten kann, werden einzelne Handlungsfelder nicht vorab im Detail festgelegt, sondern zeitnah und problemorientiert gemeinsam mit Wissenschaft und Wirtschaft im Programmverlauf entwickelt.

Das Rahmenprogramm stellt eine wichtige Zukunftsinvestition für die Innovationskraft unserer Wirtschaft und Gesellschaft dar. Allen Teilnehmern des Programms wünsche ich ein gutes Gelingen ihrer Projekte.

Seit 1990 wird die Mikrosystemtechnik vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert. Hier ist inzwischen Beachtliches erreicht worden: Ein internationales Evaluationsteam, das die Wirkungen der bisherigen BMBF-Förderung, den gegenwärtigen Entwicklungsstand sowie die Zukunftsperspektiven der MST untersuchte, bescheinigte der MST-Förderung eine hohe Wirksamkeit. Die Evaluatoren machten aber auch nach wie vor bestehende Hindernisse im Innovationsprozess der MST aus, die ein staatliches Handeln erfordern. Diese Barrieren bestimmen die technologiepolitischen Zielstellungen des Rahmenprogramms „Mikrosysteme“, das an das Ende 2003 beendete Förderkonzept „Mikrosystemtechnik 2000+“ anschließt:

- Verbesserung der Vernetzung zwischen FuE-Einrichtungen, MST-Herstellern und MST-Anwendern unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen und Interessen mittelständischer Unternehmen
- Verbesserung der technologischen und strukturellen Basis für Entwicklungs- und Fertigungsdienstleistungen zur leistungsfähigen und kostengünstigen Herstellung von MST-Produkten und -komponenten
- Weiterentwicklung der modularen Mikrosystemtechnik zu praxisnahen und erprobten Schnittstellen und Standards
- Sicherung künftiger technologischer Optionen der Systemintegration durch rechtzeitiges Aufgreifen neu entstehender Einzeltechniken
- weitere Ausgestaltung der Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in der MST
- Erleichterung von Innovationsfinanzierung im Bereich der MST und deren Anwendungen

Mit dem Rahmenprogramm „Mikrosysteme“ will das BMBF eine möglichst große wirtschaftliche und gesellschaftliche Hebelwirkung erzielen. Die Förderung konzentriert sich deshalb auf solche Schwerpunktthemen, die die Innovationskraft der deutschen Wirtschaft besonders stärken können. Entsprechend der dynamischen Technologie- und Marktentwicklung in der Mikrosystemtechnik ist die inhaltliche Ausrichtung der Förderung flexibel gestaltet. Der

genaue Zuschnitt der Schwerpunktaufgaben sowie der im Einzelnen erforderlichen staatlichen Maßnahmen wird nicht vorab für die gesamte Laufzeit des Rahmenprogramms festgelegt. Vielmehr wird das BMBF im Dialog mit den Beteiligten aus Forschung und Industrie Schwerpunktthemen identifizieren, in denen genau definierte Innovationshemmnisse zu überwinden sind und in denen die Förderung eine größtmögliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Wirkung mit sich bringt.

Da in einzelnen Bereichen der Innovationsprozess unterschiedlich voranschreitet, können Schwerpunkte auch jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein. Inhalte und Instrumente der Förderung werden den jeweils aktuellen Problemfeldern und Handlungserfordernissen der einzelnen Branchen und Anwendungsfelder angepasst. Ein programmintegriertes Monitoring gewährleistet, dass Ziele und Meilensteine erreicht werden und die öffentlichen Mittel effizient eingesetzt werden.

Der Schwerpunkt des Programms liegt nach wie vor auf Verbundprojekten zwischen Industrie und Forschung. Für die anwendungs- und industrieorientierte Förderung haben sich die industriell geführten Verbundprojekte mit Beteiligung von Forschungseinrichtungen sehr gut bewährt. Die Einbeziehung von kleinen und mittleren Unternehmen wird dabei besonders unterstützt.

Neben der Förderung direkter FuE-Projekte und infrastruktureller Maßnahmen werden mit innovationsunterstützenden Maßnahmen auch Informationsdienstleistungen und Kommunikationsprozesse unterstützt. Dazu gehören strategische Maßnahmen zur weiteren Ausgestaltung des Rahmenprogramms wie „Trendscouting“ zu neuen Technologien und Anwendungen sowie Maßnahmen zur Verbesserung der internationalen Position deutscher MST-Hersteller und -Anwender durch die Aufbereitung von Informationen und die Durchführung von Benchmark-Aktivitäten, zum Public Understanding of Science (PUS), zur Aus- und Weiterbildung in der MST sowie zur Verwertung der Ergebnisse auch über das einzelne Projekt hinaus.

Microsystems Technology has been supported by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) since 1990. The progress made so far has been remarkable. An international evaluation team that analyzed the funding by the Ministry, the current stage of development as well as future prospects in MST confirmed that the support for MST was highly effective. However, they also found that there are still many obstacles to the innovation process that require a continued national effort. These obstacles have a determining influence on the technological policy issues of the “Microsystems” framework program, which is a follow-up to the “Microsystems technology 2000+” program ended in 2003:

- Improved networking of R&D facilities, MST manufacturers and users, with special regard to the requirements and interests of medium-sized enterprises.
- Enhancement of the technological and structural base for development and production services to manufacture MST products and components efficiently and cost-effectively.
- Development of modular MST to become practical and tested interfaces and standards.
- Securing future technological options of system integration through the timely development of new technologies.
- Further development of education and training possibilities in MST.
- Facilitating innovation financing in the MST area and their applications.

The BMBF is aiming for the maximum economic and social leverage effect with the currently starting “Microsystems” framework program. Funding will therefore concentrate on topics which particularly strengthen the innovative power of the German economy.

Due to a highly dynamic technology and market development in MST, the contents of the support have been made flexible. An accurate outline of main tasks and of the national action needed in detail is not defined in advance for the whole duration of the program. Discussing the issue with the parties involved from industry and re-

search, the BMBF will identify those thematic fields where well-defined obstacles to innovation have to be overcome and funding will have its maximum economic and social impact.

The innovation process is developing in different ways in the individual fields, which may result in highly different features of the main areas of concern. The contents and instruments of funding will be adjusted according to the problem areas and necessities of the respective branches and fields of application. Problem-integrated monitoring ensures that goals and milestones are met and an efficient allocation of public funds is thus guaranteed.

The focus of the program is still on collaborative projects between industry and research. Collaborative projects under industrial guidance have proven especially well suited for application- and industry-oriented funding. Specifically, the involvement of small- and medium-sized enterprises will thereby be supported.

In addition to the funding of direct R&D projects and infrastructural measures, information services and communication processes with innovation-assisting measures are supported. That involves strategic measures to continuously develop a framework program like “trend scouting” for new technologies and applications as well as measures to enhance the international position of German MST manufacturers and users through editing information and realizing benchmark activities, to increase the public understanding of science (PUS), for further education and training in MST, as well as to utilizing the results of the individual project beyond its duration.

Depuis 1990, le ministère fédéral allemand pour l'éducation et la recherche (BMBF) soutient le développement des technologies microsystèmes (MST). Dans ce cadre, des résultats visibles ont été atteints: un groupe d'évaluation international a analysé l'efficacité du programme de soutien aux MST du BMBF, son état d'évolution actuel et les perspectives de développement des MST, et l'a jugé très efficace. Les évaluateurs ont également mis en lumière les problèmes existant toujours dans le processus d'innovation qui nécessitent une intervention de l'Etat. Ces barrières à l'innovation identifiées servent de base à l'élaboration des mesures de la politique technologique du programme de soutien à l'innovation « Mikrosysteme » (« Microsystèmes »), qui fait suite fin 2003 au concept « Mikrosystemtechnik 2000+ » (« Technologies Microsystèmes 2000+ »):

- Renforcement et amélioration des liens entre institutions de recherche, industriels et utilisateurs des MST, en prenant particulièrement en compte les besoins des PME-PMI.
- Amélioration des bases technologiques et structurelles des activités de développement et d'élaboration de procédés de fabrication permettant la réalisation de produits et composants MST efficaces et peu chers.
- Continuation du développement des technologies microsystèmes modulaires pour les amener au stade d'interfaces et de standards prouvés et applicables dans la pratique.
- Assurer le développement d'options technologiques futures dans le domaine de l'intégration des systèmes en détectant à temps les techniques potentiellement concernées développées isolément.
- Développer plus avant les possibilités de formation initiale et continue dans les MST.
- Facilitation du financement de l'innovation dans le domaine des MST et de leurs applications.

Avec le programme « Microsystèmes », le BMBF a pour but de produire des effets positifs aussi importants que possibles dans l'industrie et la société. Les subventions se concentrent de ce fait sur les thèmes ayant un effet potentiel maximal

de renforcement de l'économie allemande.

L'orientation du contenu des programmes de subvention est adaptée de façon flexible au dynamisme des évolutions technologiques et des marchés des MST. La définition précise des actions à entreprendre et les mesures étatiques nécessaires ne sont pas fixées au préalable de façon définitive pour l'ensemble du programme cadre. Le BMBF veut au contraire, en concertation avec les acteurs de l'industrie et de la recherche, identifier les domaines prioritaires dans lesquels des barrières à l'innovation doivent être surmontées et dans lesquels un soutien de l'Etat aura un impact maximum sur l'économie et la société.

L'évolution différenciée du processus d'innovation dans les différents domaines des MST induit une variation nécessaire des domaines soutenus en priorité dans ces différents domaines. Les contenus et les instruments du soutien à l'innovation utilisés sont ainsi à chaque fois adaptés aux problèmes et nécessités économiques des différentes branches et champs d'application. Un processus d'évaluation intégré au programme permet de s'assurer que les buts et les différentes étapes sont bien atteints et que les moyens publics mis en œuvre sont utilisés de façon efficace.

L'orientation principale du programme est à nouveau mise sur des projets associant industrie et recherche. Les projets menés par l'industrie impliquant la recherche ont en effet obtenu de très bons résultats dans la gamme des moyens de soutien au développement des technologies industrielles et appliqués. Le programme soutient particulièrement l'implication des PME-PMI dans ces projets.

Au delà du financement direct de projets de R&D et des mesures concernant le développement des infrastructures, les mesures de soutien à l'innovation appuient aussi la mise en place de services d'information et de moyens facilitant la communication dans les MST.

1. Mikrosysteme – mehr als die Summe ihrer Teile

Das Prinzip der Mikrosystemtechnik (MST) ist im Grunde eine Erfindung der Natur und damit so alt wie das Leben auf der Erde. Jedes Lebewesen besteht aus einer Vielzahl von speziellen Mikrosystemen – Zellen, die meist nur wenige Mikrometer klein sind. Ein Mikrometer entspricht 0,000001 Meter, also einem Millionstel Meter. Trotz ihrer geringen Größe ist solch eine Körperzelle ein unglaublich leistungsfähiges System: Sie wandelt Energie, produziert Bausteine und Signalstoffe für den Körper, erzeugt und leitet elektrische Signale, kommuniziert mit Nachbarn und entfernten Partnern und kann sich sogar selbst reparieren und vermehren. Je nach Art ihrer Aufgabe im Körper ist die Zelle dabei auf die eine oder andere Tätigkeit spezialisiert.

Die Vielfalt und Leistungsfähigkeit dieser natürlichen Mikrosysteme ist eine beeindruckende Leistung der Natur. Seit Beginn der 90er Jahre macht sich der Mensch viele der Natur zu Grunde liegenden Prinzipien gezielt für die Entwicklung von technischen Systemen zu Nutze. Mikrosysteme sind leistungsfähige kleine Systeme, die viele Aufgaben besser und preiswerter erfüllen als ihre in konventioneller Technik gefertigten „großen Vorbilder“.

Es gibt heute bereits unzählige Geräte und Anwendungen, in denen die Mikrosystemtechnik eine zentrale Rolle spielt. Nahezu unsichtbar und von vielen unbemerkt übernehmen Mikrosysteme unter anderem in der Kommunikationstechnik, im Maschinen- und Anlagenbau, in der Umwelttechnik, der Chemie und Pharmazie, der Energietechnik, der Logistik, der Haus- und Gebäudetechnik, im Automobilbau und in der Medizintechnik wichtige Aufgaben. Sie führen Automobile sicher, komfortabel und energiesparend durch den Straßenverkehr, helfen bei der Reinhaltung von Luft und Wasser, assistieren Ärzten bei Operationen und Untersuchungen, stellen Arzneimittel



Zahnräder einer Mikro-zahnringpumpe.
Quelle: HNP Mikrosysteme GmbH

her, steuern Heizung und Lüftungsanlagen, überwachen Fertigungsprozesse und vieles mehr. Nicht nur in der Anwendung, sondern auch in ihrem Aufbau sind Mikrosysteme schon fast so vielfältig wie ihre Vorbilder aus der Natur.

Beispiel: Mikro-mechanisches Mikrosystem

Autos ohne Airbags sind heute nicht mehr denkbar. Kernstück jedes Airbags ist ein Mikrosystem, ein so genannter kapazitiver Beschleunigungssensor. Mit einer sensiblen Mikrostruktur, die wie zwei ineinander verschränkte Kämmen angelegt ist, nimmt der Sensor die Beschleunigungsbewegungen des Fahrzeugs auf. Bei heftiger Beschleunigung oder bei hartem Abbremsen bewegen sich die winzigen Kammzinken aufeinander zu. In ihren Zwischenräumen ändert sich dann die elek-

trische Kapazität. Eine Signalverarbeitung fängt die elektrischen Impulse auf und gibt in Bruchteilen von Sekunden den Befehl zum Auslösen des Airbags.



Unter Einsatz von Mikrostrukturierungstechniken hergestellter Mikrolüfter zur Kühlung von Leistungselektronik und Sensoren. Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration

Beispiel: Mikro-fluidisches Mikrosystem

Das so genannte Labor auf dem Chip (Lab-on-a-Chip) ist ein Beispiel für ein mikrofluidisches Mikrosystem. In ein Plättchen aus einem geeigneten Material wie Kunststoff, Glas oder Silizium werden Mikrostrukturen eingebracht. Solche Mikrostrukturen sind z. B. Mikrokanäle oder Mikrobehälter, durch die Flüssigkeiten oder Gase gepumpt werden und die verschiedene fluidische Funktionen wie Mischen, Erwärmen, Reagieren oder Transportieren integrieren. Ergänzend können über transparente Materialien optische Funktionen vor allem für Detektionszwecke integriert werden. Schließlich werden auch Elektroden in den fluidischen Chip eingebracht zur Erzeugung von elektrischen Spannungen oder auch zur Detektion.

Entwickelt hat sich die Mikrosystemtechnik aus der Mikroelektronik heraus. Mitte der 80er Jahre wurde damit begonnen, immer mehr elektronische Funktionen auf einem Baustein zu vereinen. Das Besondere der Mikrosystemtechnik im Vergleich zur Mikroelektronik zeigt sich schon in ihrem Namen, denn ihr zentrales Merkmal ist der systemische Charakter. Allen Mikrosystemen ist gemeinsam, dass verschiedene Funktionen, Materialien, Komponenten und Technologien – meistens in Verbindung mit Komponenten der Mikroelektronik – in einem integrierten System miteinander verknüpft werden. Die Mikrosystemtechnik vereint dabei so unterschiedliche Basistechnologien wie die Mechanik, die Optik, die Fluidik, aber auch neue Technologiefelder, wie beispielsweise die Polytronics oder neue Materialien. Wie die biologischen Zellsysteme sind auch Mikrosysteme weit mehr als die Summe ihrer Teile: Die intelligente Integration in kompakte Systeme ermöglicht völlig neue Funktionen.

Aufgrund ihres kleinen Formats – einzelne Komponenten messen nicht selten nur wenige Mikrometer – sind Mikrosysteme besonders raum- und gewichtsparend. Genutzt wird dies z. B. in der Automobiltechnik, in der auch bei Kleinwagen eine Vielzahl von technischen Funktionen auf kleinstem Raum untergebracht werden muss, sowie auch in der Medizintechnik. Bei chirurgischen Eingriffen mit der so genannten minimalinvasiven Therapie hinterlassen die kleinformatischen Instrumente keine oder nur minimale Verletzungen am Körper. Aufgrund ihrer geringen Größe sind Mikrosysteme mobil und flexibel einsetzbar – beispielsweise in der Umwelttechnik bei der Analyse von Wasserproben – außerdem energiesparend, ressourcenschonend und kostengünstig in der Fertigung.

Durch ihre integrierende Funktion ist die Mikrosystemtechnik ein idealer Vermittler zwischen der Nanowelt – deren vielfältige Möglichkeiten derzeit von der Wissenschaft erschlossen werden – und unserer Alltagswelt im Makromaßstab. Die meisten neuen Entwicklungen der

Nanotechnologie sind ohne Mikrosystemtechnik gar nicht nutzbar. Die in winzigsten Strukturen operierende Nanotechnologie – ein Nanopartikel ist im Vergleich zu einem Fußball so klein wie dieser im Vergleich zur Erde – wird erst über mikrosystemtechnische Schnittstellen fassbar und kann damit in verschiedenen Produkten eingesetzt werden. Über die integrierende Funktion der Mikrosystemtechnik werden die Möglichkeiten der Nanotechnologie für die Makrowelt erschlossen.

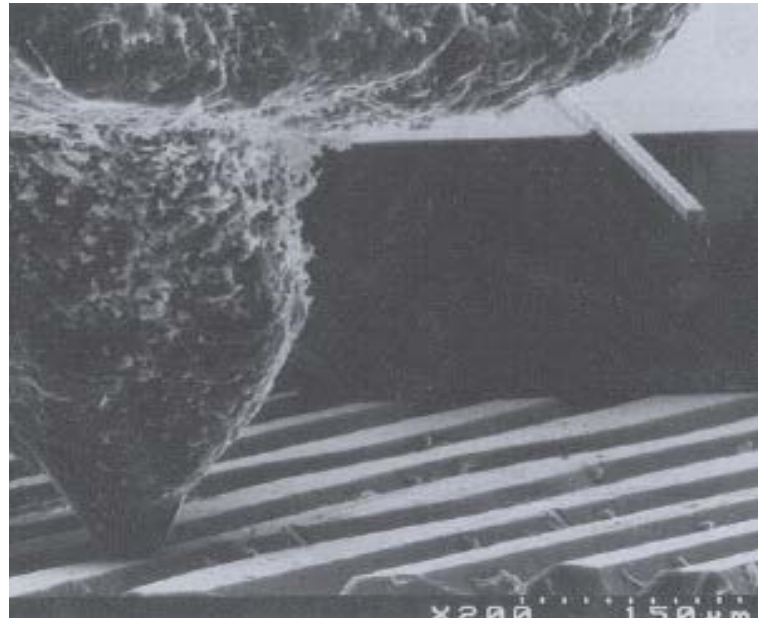
Beispiel: Nano-Mikro-Makro-Integration

Zur Identifikation selbst geringster Spuren genetischen Materials – beispielsweise bei der Suche nach krankheitserregenden Viren – bedienen sich Biotechnologen der so genannten Polymerase-Kettenreaktion (polymerase chain reaction, PCR). Bei der Analyse kommt es unter anderem darauf an, winzigste Flüssigkeitsmengen optimal und schnell miteinander zu vermischen.

Unter Nutzung der Nanotechnologie wird in einem vom BMBF geförderten Projekt ein Mikrosystem für die schnelle PCR entwickelt. Auf dem Analyse-Chip übernimmt eine Nanobeschichtung die Funktion des „Mixers“. Sobald die Nanoschicht genau definierten elektrischen Signalen ausgesetzt ist, erzeugt sie Oberflächenwellen und durchmischt mit dieser Bewegung die Flüssigkeit.

Auch die lebendige Sphäre der Biologie rückt mit Hilfe der Mikrosystemtechnik näher an die Technik heran. Mikrosysteme mit Komponenten der Biotechnologie verknüpfen die organische und die anorganische Welt miteinander. Mit Biochips beispielsweise können Ärzte schnell und kostengünstig die Blutwerte ihrer Patienten überprüfen.

Angesichts des breiten Spektrums an Einsatzmaterialien, Funktionalitäten und Anwendungen sind Mikrosysteme heute schon nahezu so vielfältig wie die Vorbilder aus der Natur. Und wie diese



Nadel eines Plattenspielers im Vergleich zur Nadel eines Atomkraftmikroskops, das zur hochauflösenden topologischen Darstellung von Oberflächen verwendet wird.

Quelle: Prof. Dr. Jürgen Brugger, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)

entwickelt sich auch die Mikrosystemtechnik ständig weiter. Die Entwicklung in der Mikrosystemtechnik wird zukünftig aus zwei grundsätzlichen Richtungen geprägt werden:

Zum einen wird die Mikrosystemtechnik in vielen neuen Anwendungen Einzug halten. Eine wesentliche Aufgabe von Forschung und Entwicklung wird es sein, in Branchen mit hohem Anwendungspotenzial marktfähige Produkte zu generieren. Neben den Branchen, in denen die MST längst nicht mehr wegzudenken ist (Automobiltechnik, Medizintechnik oder Teile der IuK-Branche), stehen vor allem Branchen mit geringerer Durchdringung, aber hohen Potenzialen, im Mittelpunkt des Interesses. Dazu gehören z. B. die Chemie- und Pharmaindustrie oder der Maschinen- und Anlagenbau. Eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung sind kostengünstige Fertigungsverfahren, die gleichzeitig individualisierte Produkte ermöglichen.



Flexible 6-Zoll Polyimid-Folie mit verschiedenen elektronischen Komponenten und Test-Schaltkreisen. Die Schaltkreise funktionieren auch, wenn die Folie stark gebogen wird.
Quelle: Philips Research

Zum anderen spielt die Mikrosystemtechnik eine zunehmend wichtige Rolle als so genannte „Enabling“-Schlüsseltechnologie, die über die skalenvertikale (Nano – Mikro – Makro) und die technologieübergreifende (z. B. Biotechnologie, Nanotechnologie, Mikroelektronik) Systemintegration Anwendungsmöglichkeiten für neue Technologien und Materialien erschließt. Um diese Chancen in vollem Umfang nutzen zu können, ist es erforderlich, die technologischen Grundlagen zu sichern und kontinuierlich weiterzuentwickeln.

Die Förderpolitik im Bereich der MST verfolgt seit Beginn einen Ansatz, der über die reine Technologieentwicklung hinausgeht und Innovation umfassend gestaltet. Der ganzheitliche Förderungsansatz hat sich bewährt. In den vergangenen Jahren zielte die Förderung dabei vor allem auf eine deutliche Breitenwirkung ab. Mit der vorrangig an den Bedürfnissen der Industrie orientierten Förderung ist es gelungen, immer mehr Anwendungen für die Mikrosystemtechnik zu erschließen.

Das neue Rahmenprogramm Mikrosysteme ist darauf ausgerichtet, Innovationshemmnisse jetzt noch zielgerichteter anzugehen. Die Fördermaßnahmen werden darum stärker gebündelt als bisher. Gefördert wird dort, wo die meisten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wirkungen zu erwarten sind und wo Hindernisse gezielt aus dem Weg zu räumen sind. Neu ist die flexible Gestaltung des Rahmenprogramms, die der dynamischen Entwicklung in der Mikrosystemtechnik Rechnung trägt. Die Förderungsschwerpunkte werden nicht vollständig zum Programmstart festgelegt, sondern während der Laufzeit im Dialog mit Experten aus Forschung, Entwicklung und Anwendung definiert und dann über Bekanntmachungen kommuniziert. Erste bereits identifizierte Schwerpunkte werden in Kap. 4.2 aufgeführt.

2. Mikrosystemtechnik – dynamische Schlüsseltechnologie

Die Mikrosystemtechnik ist eine wichtige und sich dynamisch entwickelnde Querschnittstechnologie. Ihre originäre Leistung ist die Systemintegration, also die Verknüpfung verschiedenster Disziplinen und Einzeltechnologien im Mikromaßstab für eine Nutzung in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern. Als Schlüsseltechnologie eröffnet die Mikrosystemtechnik auch neu entstehenden Technologiefeldern wie der Bio- oder der Nanotechnologie den Weg in die wirtschaftliche Nutzung. Dem skalenübergreifenden Brückenschlag zwischen Makro-, Mikro- und Nanowelt und der Anwendung entsprechender Mikrosysteme wird in den kommenden Jahren noch großes Gewicht zukommen.

fähigkeit oder auch die Fähigkeit zur Selbstorganisation von Systemen – damit leistet die MST einen erheblichen Beitrag zur Steigerung der Innovationskraft der deutschen Industrie. Dies gilt vor allem für jene Branchen, die zu den traditionellen Stärken der Bundesrepublik zählen: Im Automobilbau und in der Medizintechnik sind die intelligenten miniaturisierten Systeme längst nicht mehr wegzudenken. Auch andere Anwendungsfelder, wie der Maschinenbau, die Umwelttechnik, die Chemie und Pharmazie, die Energie- oder die Gebäudetechnik, bieten große Potenziale. Oftmals können von der Entwicklung eines Mikrosystems mehrere Branchen profitieren, weil sich das Konzept branchenübergreifend anwenden lässt.



Mikrosystemtechnik erobert die Weltmeere: Der miniaturisierte Fahrtenschreiber für tieftauchende Meeresbewohner wie Robben und Pinguine enthält verschiedenste Sensoren zur gleichzeitigen Messung von Daten wie z. B. Druck, Ph-Wert und Helligkeit. Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration

Mit Mikrosystemtechnik lassen sich viele Produkte oder Verfahren neu entwickeln oder verbessern, beispielsweise über die Integration neuer Funktionen wie „Intelligenz“, Kommunikations-

Mikrosysteme für die Gesundheit

Als „Schlüsselloch-Chirurgie“ wurde sie bekannt: Bei der so genannten minimalinvasiven Therapie werden Endoskope und Instrumente durch natürliche oder sehr kleine chirurgische Körperöffnungen in den Körper geführt. Solche Eingriffe belasten die Patienten weitaus weniger als konventionelle Operationstechniken. Weil die Patienten sich schneller erholen und das Krankenhaus früher verlassen können, lassen sich im Gesundheitssystem Kosten einsparen – bei gleichzeitiger qualitativer Verbesserung der medizinischen Versorgung.

Die Mikrosystemtechnik ermöglicht es, die Instrumente und Messsysteme sehr klein zu gestalten und auf kleinstem Raum unterschiedliche elektrische, optische, mechanische, sensorische und andere Funktionen zu integrieren. Die winzigen Werkzeuge kommen unter anderem bei Operationen in sensiblen Körperbereichen wie dem menschlichen Gehirn zum Einsatz. Durch die bisherigen Entwicklungen wurde erreicht, dass alle

Instrumente zur Diagnose und zur Operation durch einen einzigen Arbeitskanal – ein so genanntes Trokar – in das Gehirn eingeführt werden können.



Respimat®: Der Zerstäuber mit mikrotechnisch hergestellten Düsen-, Filter- und Pumpensystemen wird unter anderem für Asthma-Sprays genutzt.
Quelle: Boehringer Ingelheim, STEAG microParts GmbH

Die Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik ist ein interaktiver Prozess, der von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren vorangetrieben wird. So breit wie das Feld der Anwendungen, so vielschichtig sind auch die Anforderungen der Märkte an die Ausgestaltung der Mikrosysteme. Gleichzeitig spielen neue Technologien sowie naturwissenschaftliche Entdeckungen eine wichtige Rolle für die Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik. Auch gesellschaftliche und individuelle Bedürfnisse, unter anderem in Hinblick auf Umweltschutz oder Gesundheitsversorgung, werden von der Mikrosystemtechnik aufgenommen. Mikrosysteme zeichnen sich beispielsweise durch einen äußerst geringen Material- und Energieverbrauch aus und ersetzen in ihrer Funktion vielfach

Geräte mit weitaus höheren Auswirkungen auf die Umwelt. Durch ihre Funktion in der Umwelt- und Produktionsüberwachung können sie auch die Umweltfreundlichkeit anderer Prozesse verbessern. Mit den winzigen Mischern, Reaktoren und Ventilen der Mikroverfahrenstechnik z. B. lassen sich chemische Reaktionen und physikalische Umwandlungen weitaus effizienter, selektiver und auch sicherer durchführen als in großen Anlagen. Gleichzeitig werden weniger Ressourcen verbraucht.

Mikrosysteme für die Mobilität

In modernen Automobilen sind schon heute bis zu 50 Mikrosysteme eingebaut. Sie erhöhen die aktive und passive Sicherheit der Verkehrsteilnehmer. ESP-Systeme im Fahrwerk und Anti-Blockiersysteme in den Bremsen beispielsweise halten das Fahrzeug sicher in der Spur, Airbag und Gurtstraffer schützen die Fahrzeuginsassen vor Unfallfolgen. Die Zahl der Verkehrstoten auf deutschen Straßen ist in den ersten fünf Monaten des Jahres 2003 auf den tiefsten Stand seit Einführung der Statistik vor 50 Jahren gefallen. Dieser erfreuliche Rückgang wird von Experten vor allem auf die verbesserte Fahrzeugtechnik zurückgeführt.

Mit Mikrosystemen werden Autos auch sparsamer und umweltfreundlicher. Im Motormanagement des Fahrzeugs wird eine Vielzahl von Sensorensystemen eingesetzt. Sie reduzieren durch gezielte Dosierung den Kraftstoffverbrauch und sorgen gleichzeitig für geringere Schadstoffemissionen. Der mikromechanische Luftmassensensor z. B. ist im Ansaugstutzen des Motors angebracht. Er ist gemeinsam mit dem Ansaugdrucksensor dafür zuständig, im Motor das optimale Luft-Kraftstoff-Gemisch herzustellen. Ist der Luftanteil zu hoch, fängt der Motor an zu stottern. Ist wiederum zu viel Benzin im Motor, gelangt ein Teil ungenutzt in die Abgase. Der Luftmassensensor misst die Menge der vorbeiströmenden Luft und dosiert auf dieser Grundlage exakt die benötigte Benzinmenge. So wird nicht mehr Kraftstoff als nötig verbraucht.

Die Mikrosystemtechnik ist keine statische und damit vorübergehende technologische Entwicklung, sondern eine dynamische Querschnittstechnologie. Sie greift Entwicklungen aus verschiedenen Technologiefeldern auf und führt sie in Systemen zusammen, die eine wirtschaftliche Anwendung erst möglich machen. Während sich die ein-

zelnen Technologien und Anwendungsfelder ständig verändern und weiterentwickeln, bleibt der Anspruch der Miniaturisierung und der systemischen Integration verschiedener Komponenten in Produkte – das Grundprinzip der Mikrosystemtechnik – dauerhaft bestehen.

3. Der internationale Wettkampf ist eröffnet

Weltmarkt Mikrosystemtechnik

International wird die MST als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts gesehen. Bereits heute ist der Markt für Mikrosystemtechnik ein überdurchschnittlicher Wachstumsmarkt. Seit 1996 hat der Weltmarkt bei einzelnen MST-Komponenten (z. B. Sensoren, mikrooptische Komponenten oder mikrofluidische Bauteile) kontinuierlich zugelegt und 2002 ein Marktvolumen von etwa 3,9 Mrd. US \$ erreicht. Gleichzeitig ist der Weltmarkt für komplette Mikrosysteme bis zum Jahr 2003 von 14 auf 50 Mrd. US \$ gewachsen. Bis zum Jahr 2005 wird eine weitere Steigerung auf 68 Mrd. US \$ erwartet. Erste Schätzungen für die Zeit bis 2010 gehen von einem weiteren Wachstum der MST-Märkte auf über 200 Mrd. US \$ aus. Zu diesem enormen Marktwachstum werden vor allem neue, bisher noch nicht erschlossene Marktfelder und Produkte, wie z. B. polytronische Systeme oder Bio-MEMS-Applikationen, beitragen.

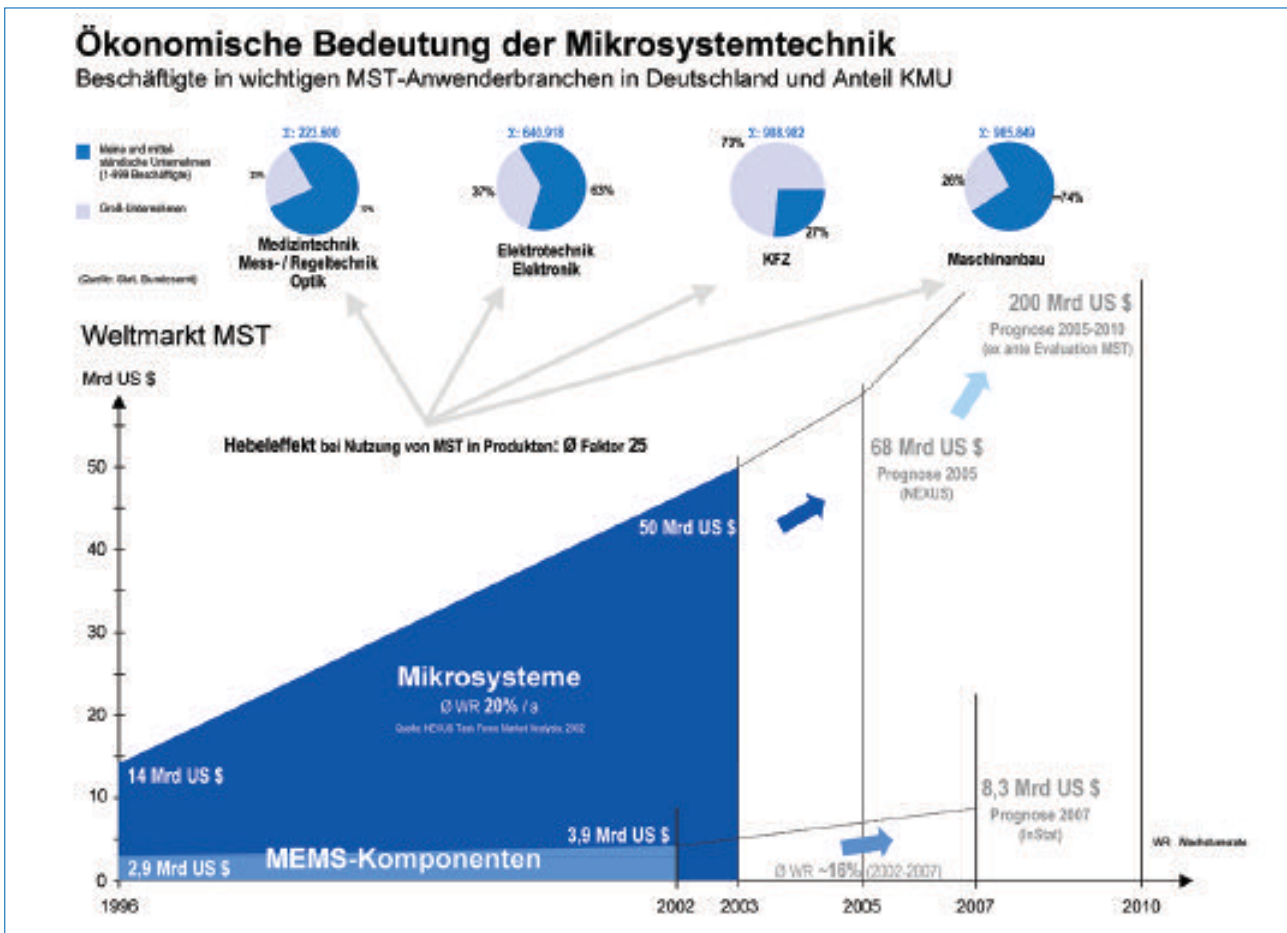
Die gesamte wirtschaftliche Bedeutung der MST geht jedoch noch über diese Zahlen hinaus. Sie erschließt sich erst durch die Integration der MST in die einzelnen Produkte. Hier setzen Experten, bezogen auf die genannten Marktvolumina,

einen durchschnittlichen Faktor von 25 als „Hebeleffekt“ an, um den vollen Wertschöpfungsanteil der MST zu bestimmen.

Bedeutsam sind die Märkte der MST jedoch nicht nur wegen ihres Wachstums und Umsatzvolumens. Erfahrungsgemäß reagieren sie auch weniger sensibel und konjunkturanfällig als andere High-Tech-Felder, da die MST bereits heute in zahlreichen klassischen Branchen ein unverzichtbarer Produktbestandteil ist.

Zwar hat die Mikrosystemtechnik in vielen Feldern bereits einen hohen Durchdringungsgrad erreicht. So beträgt z. B. der Wertschöpfungsanteil der Mikrosystemtechnik im Automobil bis zu 25 %. Jedoch sind die Potenziale damit noch nicht ausgeschöpft. Denn weitere Anforderungen z. B. aus den Bereichen Steuerung, Sicherheit, Komfort und Senkung des Kraftstoffverbrauchs werden neue MST-Entwicklungen erfordern.

Für die Zukunft wird eine Fortsetzung dieser positiven Entwicklung der MST-Märkte erwartet. So ergaben z. B. die Ergebnisse einer im Jahr 2002 durchgeführten VDE-Befragung (VDE-Studie: Schlüsseltechnologien 2010. Mikroelektronik, Informations-, Mikrosystem- und Nanotechnik.



Zusammenfassung verschiedener Studien zur wirtschaftlichen Bedeutung der Mikrosystemtechnik. Quelle: VDI/VDE-IT

Frankfurt 2002) von über 300 Experten aus Industrie und Wissenschaft, dass die MST bezüglich ihres Innovationspotenzials für die Industrie an vorderster Stelle rangiert.

Ergänzend weist die VDE-Studie darauf hin, dass Schlüsseltechnologien wie die Mikrosystemtechnik bis zum Jahr 2010 sowohl neue Branchen als auch traditionell bedeutsame Branchen und Konjunkturmotoren stärken werden. Wichtige Erfolgsfaktoren für eine Realisierung dieses industriellen Wertschöpfungspotenzials sind dabei eine hohe Anwendungsorientierung im FuE-Prozess sowie eine hohe Effizienz und Zuverlässigkeit der Produktion von Mikrosystemen.

Standort Deutschland ist im weltweiten Wettbewerb hervorragend positioniert

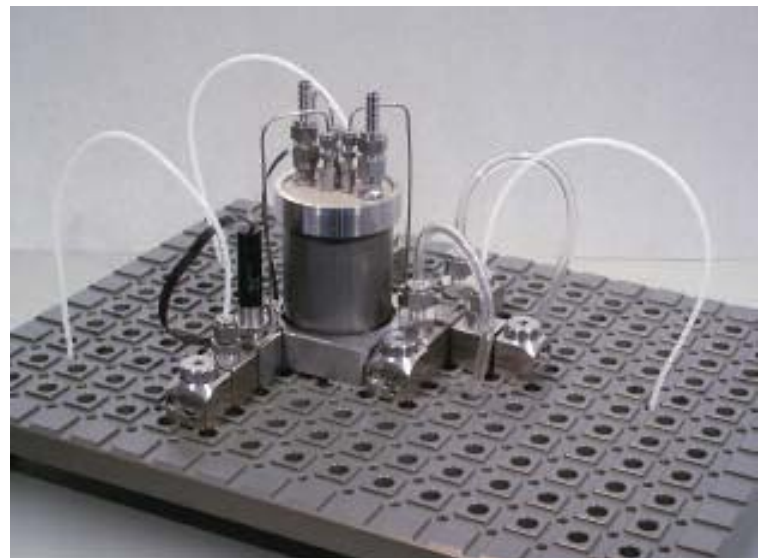
Industrie- und Forschungslandschaft

Deutschland nimmt in der Mikrosystemtechnik und deren Anwendung im weltweiten Vergleich bereits heute eine Spitzenposition ein und besitzt auch für die weitere Entwicklung eine hervorragende Ausgangslage. Dies nicht zuletzt deshalb, weil mit der MST an eine lang gewachsene Kompetenz des Standortes angeknüpft wird, die mit der MST nachhaltig zukunftsfähig gemacht wird: Entwicklung, Herstellung und Einsatz komplexer Systeme.

Diese Stärke spiegelt sich auch in konkreten Zahlen wider. Im Jahr 2000 erzielte die deutsche Industrie mit MST-Komponenten und kompletten Mikrosystemen einen Umsatz von 4,2 Mrd. €. Die wirtschaftliche Bedeutung der Mikrosystemtechnik steigt über den so genannten Leverage Effect teilweise auf mehr als das Sechzigfache, sobald sie in die Anwendung gelangt, denn ohne MST-Komponenten lassen sich viele Produkte nicht verkaufen. So können z. B. in einem wichtigen Lead-Market der Bundesrepublik, dem Automobilbau, die Forderungen von Kunden und Gesellschaft nach mehr Sicherheit und Nachhaltigkeit nur mit Hilfe der MST erfüllt werden. Im Motormanagement dosieren Mikrosysteme die Kraftstoffzufuhr und auf MST basierende ESP-Systeme im Fahrwerk halten das Auto sicher in der Spur. Insgesamt wird der Umsatz für Produkte, in die Mikrosystemtechnik integriert wurde, in der deutschen Industrie auf über 270 Mrd. € geschätzt (Abschlussbericht der Evaluation zur Mikrosystemtechnik, Berlin 2002).

Dies zeigt: Für die industrielle Wertschöpfung und die gesamtwirtschaftliche Entwicklung in der Bundesrepublik wird die Mikrosystemtechnik immer wichtiger. Insbesondere gilt dies für jene Branchen, die zu den traditionellen Stärken der Bundesrepublik zählen. So sind z. B. im Automobilbau oder in der Medizintechnik die intelligenten miniaturisierten Systeme längst nicht mehr wegzudenken. Der wirtschaftliche Durchbruch wurde in der Automobilbranche bereits erreicht. Kraftfahrzeuge, aber auch viele Produkte der Medizintechnik wären bereits heute ohne Einsatz modernster Mikrosystemtechnik kaum noch vermarktbar. Weitere wichtige industrielle Branchen, wie z. B. die Chemieindustrie oder der Maschinenbau, haben die MST bereits aufgegriffen und mit deren Nutzung begonnen. Für die Zukunft zeichnet sich ab, dass die Mikrosystemtechnik für die industrielle Wettbewerbsstärke in wichtigen Innovationsfeldern, wie z. B. Mobilität, Information und Kommunikation, Gesundheit oder Umwelt und Energie, eine noch bedeutendere Rolle spielen wird.

Entsprechend haben Branchen und ihre Verbände die MST in ihren Strukturen und Strategien etabliert. Erste Verbandsstrukturen innerhalb des ZVEI, VDMA, der AMA und der VDE/VDI haben es sich zur Aufgabe gemacht, die Nutzung der technologischen Potenziale der MST für ihre Mitglieder zu forcieren. Ferner widmen z. B. bedeutende kommerzielle Industriemessen wie die Hannover Messe Industrie, die Sensor, Elektronik oder ACHEMA der MST und ihren Anwendungen eigene Ausstellungsbereiche.



Neue Wege für die Chemie: Modulare Mikroreaktionsanlage für Hoch- und Niedrigtemperatur-Synthese.
Quelle: Ehrfeld Mikrotechnik AG

Das große Engagement von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) stellt in diesem Zusammenhang ein weiteres Charakteristikum und gleichzeitig auch eine Stärke des Standortes dar. Seit Mitte der 90er Jahre dominieren in Deutschland zunehmend kleine und mittlere Unternehmen (KMU) die Mikrosystemtechnik. In Deutschland gibt es mehr als 3,3 Mio. KMU. Sie beschäftigen 20 Mio. Menschen und sind damit von erheblicher Bedeutung für die Wirtschaftskraft der Bundesrepublik. 70 % der Beschäftigung und 49 % der Bruttowertschöpfung gehen auf ihr

Konto. Als technisch spezialisierte Vorleister in industriellen Wertschöpfungsketten sind viele mittelständische Unternehmen unentbehrliche Zulieferer auch für die Großindustrie. Innovative KMU müssen sich dabei aber auch großen Herausforderungen stellen. Sie sind erheblichem Konkurrenzdruck ausgesetzt und müssen, da sie meistens auf sehr schnelllebigen Märkten tätig sind, bei Innovationen ein hohes Tempo vorlegen.

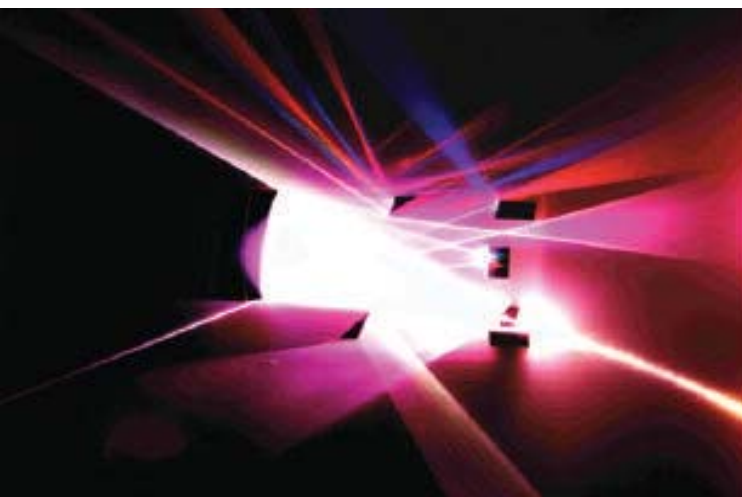
Nicht nur in der Industrie, auch im Bereich der Forschung und Entwicklung sowie der Aus- und Weiterbildung besitzt Deutschland eine gute Ausgangsposition. Mehr als 50 Universitäten und Fachhochschulen forschen und lehren in dieser wichtigen Schlüsseltechnologie. Mit der Einführung der Berufsausbildung zum Mikrotechnologen und dem Studiengang Mikrosystemtechnik wurden wichtige Beiträge zur Hebung von Qualifikations- und Beschäftigungspotenzialen in der MST geleistet. In den bestehenden Aus- und Weiterbildungsnetzwerken zur MST werden diese Aktivitäten künftig noch zielgerichteter und koordinierter weitergeführt.

Von großer Bedeutung für die Forschungs- und Dienstleistungsinfrastruktur in der Mikrosystemtechnik sind ferner das PMT – Programm Mikrosystemtechnik im Forschungszentrum Karlsruhe – sowie der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik. Das PMT (siehe auch Anhang 2) beschäftigt sich mit Grundlagenforschung und industrienaher Vorlauforschung mit einem längerfristigen Horizont und der kurzfristigen Umsetzung erarbeiteter Ergebnisse in marktfähige Produkte. Der Schwerpunkt liegt auf MST-Technologien, die nicht Silizium zum Aufbau der funktionstragenden Strukturen verwenden, sondern Polymere, Metalle und Keramiken. Institute der Fraunhofer-Gesellschaft arbeiten bereits seit langer Zeit in den verschiedenen Feldern der Mikroelektronik und sind seit Beginn der MST-Förderung stark in die Entwicklungsarbeiten zur MST einbezogen. Seit dem Jahr 1996 werden die sich bis dahin teilweise überlappenden Aktivitäten der beteiligten Institute im Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (μE) gebündelt (Anhang 3).

Kooperationen erschließen Standortpotenzial für industrielle Wertschöpfung und Beschäftigung – bisherige Förderung ein Erfolg

Um die Potenziale des Standortes in vollem Umfang ausschöpfen zu können, ist ein sehr breites Know-how gefordert. Kaum ein Unternehmen und kaum eine Forschungseinrichtung verfügt allein über alle erforderlichen Kompetenzen. Vor allem KMU sind meist hoch spezialisiert. Kooperationen mit anderen Unternehmen sowie mit Forschungsinstituten werden daher immer wichtiger.

In der Mikrosystemtechnik setzt das BMBF daher konsequent auf die Förderung von Verbundprojekten. Charakteristisches Merkmal ist dabei die Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen und Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette. Seit 1990 hat das BMBF die gemeinsame Forschung und Entwicklung von Unternehmen und Forschungsinstituten mit über 540 Mio. €



Zu den herausragenden Leistungen des Forschungszentrums Karlsruhe gehören die Entwicklungen auf dem Gebiet der Mikrospektrometrie. Das Foto zeigt den Lichtgang durch ein Mikrospektrometer (Gesamtabmessung 42 mm x 20 mm).
Quelle: Forschungszentrum Karlsruhe

gefördert. Die Projektförderung des BMBF hat die Industrieunternehmen zu privatem Engagement in erheblichem Umfang motiviert. Auf jeden Förder-Euro in der Mikrosystemtechnik legte die Industrie noch einen weiteren Euro drauf. Von den 1027 Mio. €, die von 1990 bis Juni 2002 in den BMBF-Förderungsprogrammen zur MST umgesetzt wurden, kommen fast 500 Mio. € von der Industrie.

In der 2002 abgeschlossenen Evaluation der bisherigen MST-Förderung wurde festgestellt, dass sich die interdisziplinäre Arbeitsteilung zwischen KMU, Großunternehmen und Forschungsinstituten und das Instrument der Verbundprojekte bewährt haben. Insgesamt wurde der bisherigen Förderung der MST eine hohe Wirksamkeit bescheinigt und die gute Positionierung Deutschlands im internationalen Wettbewerb unterstrichen:

[Das führt zu dem Schluss, dass MST-Forschung und Umsetzung in Deutschland – verglichen mit den anderen Staaten Europas – an der Spitze und weltweit in der Spitzengruppe anzusiedeln ist, etwa gleichauf mit den USA und Japan. Dabei variiert die deutsche Position von Anwendungsfeld zu Anwendungsfeld. Sie ist insbesondere dort stark, wo auch die deutsche Industrie ihre traditionellen Stärken hat. Hierzu gehören u. a. Automobil und Verkehr, Maschinenbau, Chemie.](#)

Ferner wurde dem Programm eine bedeutsame Beschäftigungswirkung bescheinigt. In den vergangenen Jahren hat die Förderung wesentlich dazu beigetragen, dass die MST bereits heute am Arbeitsmarkt positive Wirkungen auf die Sicherung und das Wachstum von Beschäftigung entfalten kann. Konservative Abschätzungen gehen davon aus, dass in Deutschland ca. 49 000 Menschen mit der Herstellung von MST-Komponenten beschäftigt sind. Insgesamt sind bereits heute rund 680 000 Arbeitsplätze in Deutschland direkt mit der Mikrosystemtechnik verbunden. Noch weitaus mehr Jobs gibt es in den relevanten Anwenderbranchen, deren Wettbewerbsfähigkeit die MST sichert. Der mit der dynamischen

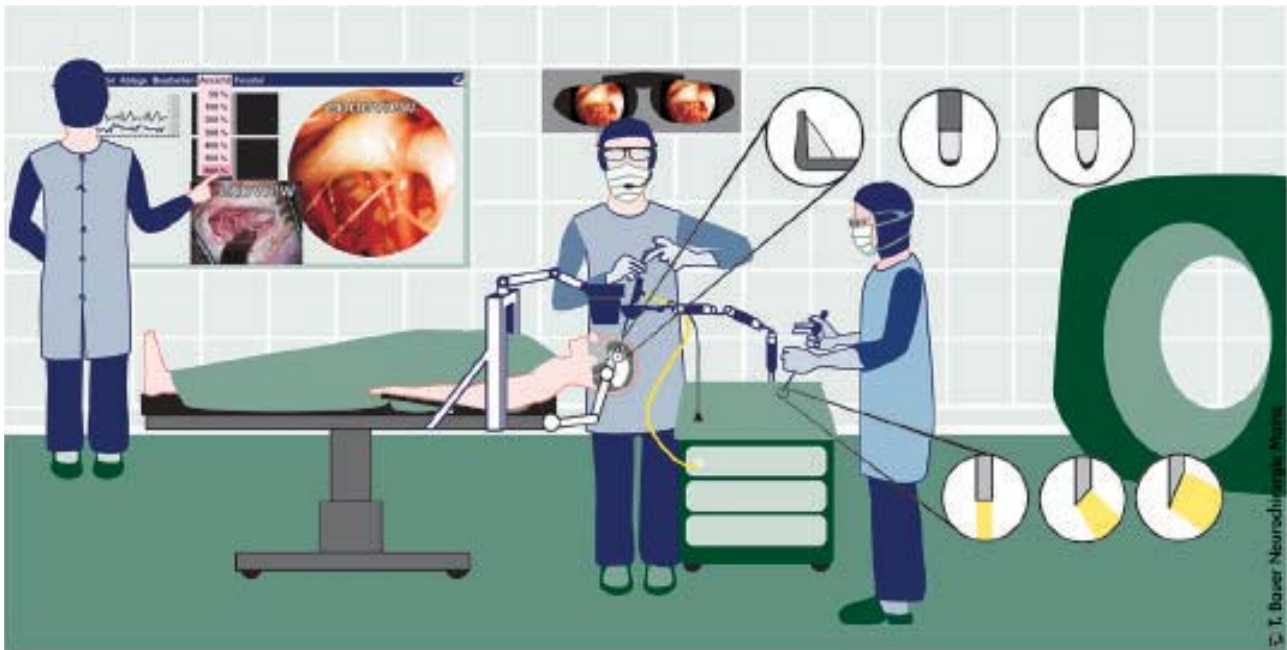
Entwicklung der MST verbundene Bedarf an Fachkräften kann heute kaum gedeckt werden: 84 % der MST-Hochschulabsolventen finden bereits drei Monate nach Studienabschluss einen Arbeitsplatz (gegenüber 52 % bei Ingenieuren insgesamt) (Grühn, Dieter; Pfirrmann, Oliver; Eschenbach, Rüdiger: Arbeitsstelle Politik und Technik und CareerService der Freien Universität Berlin: Berufsverbleib und Qualifikationsverwendung von Universitäts- und Fachhochschulabsolventen der Mikrosystemtechnik. Studie im Auftrag des BMBF und der VDI/VDE-IT. Berlin 2002).

Weltweit werden technische Potenziale erschlossen und industrielle Wertschöpfung realisiert

Jedoch nicht nur der Standort Deutschland ist im internationalen Wettbewerb gut aufgestellt. In allen wichtigen Industrieländern ist zu erkennen, dass die Anzahl industrieller MST-Produkte dynamisch wächst. Denn weltweit wird die MST als wichtige Schlüsseltechnologie und Innovationsmotor für klassische Industrien gesehen. Neben Deutschland gehören die USA, Japan und je nach Anwendungsbereich einzelne europäische Nationen zu den führenden MST-Standorten.

Neben den bereits genannten allgemeinen weltweiten Trends zeigen sich dabei in den einzelnen Ländern spezifische Innovationsmuster und -strategien. So wird bei der industriellen Anwendung die MST gegenwärtig jeweils am stärksten von den traditionell bedeutenden Branchen der einzelnen Regionen aufgegriffen. Während die USA bei Anwendungen der IT-Peripherie (z. B. Tintenstrahldruckköpfe mit HP als Weltmarktführer) und bei Kommunikationsnetzen führend sind, stehen in Asien Konsumprodukte und die Unterhaltungsbranche (z. B. Feinstantriebe in Kameras, Laserabtastung in CD-Playern) im Vordergrund.

In Europa insgesamt und auch in Deutschland kommt z. B. der Automobilindustrie, der Medizintechnik und dem Bereich der Endgeräte der



Endoskopie in der Neurochirurgie: Über ein so genanntes modulares Trokarsystem kann der Neurochirurg endoskopisch minimal-invasive Operationen durchführen. Durch den Arbeitskanal des Trokars können chirurgische Instrumente wie Mikroscheren und Mikrofasszangen in den Körper vorgeschoben werden. Quelle: Neurochirurgische Klinik und Poliklinik Mainz

Telekommunikation eine Schlüsselrolle zu. Gute Ansätze zur Nutzung der Mikrosystemtechnik gibt es hier auch in anderen traditionellen Branchen, wie dem Maschinen- und Anlagenbau oder der Chemie und Pharmazie. Förderpolitische Aktivitäten existieren in Europa sowohl auf der Ebene der einzelnen Nationalstaaten als auch auf europäischer Ebene. Je nach Stärke der Volkswirtschaft und Ausrichtung der Technologiepolitik gehen die entscheidenden Impulse für die MST-Entwicklung in den einzelnen europäischen Ländern in unterschiedlichem Gewicht von Gemeinschafts- oder nationaler Ebene aus.

Auf europäischer Ebene sind die Forschungsrahmenprogramme der Europäischen Union ein wichtiges Instrument zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft. Nach außen, zum Beispiel im Verhältnis zu Nordamerika und Japan, sieht die EU ihre Aufgabe in der Erschließung und Unterstützung strategi-

scher Allianzen für europäische Partner und in der Vertretung der Interessen Europas bei Fragen der Handelspolitik oder Standardisierung.

Mit dem 6. Rahmenprogramm der EU (2002 – 2006) kommen die neuen Förderinstrumente „Integrierte Projekte“ und „Exzellenz-Netzwerke“ zum Einsatz. Integrierte Projekte haben einen strategischen und anwendungsorientierten Fokus; sie sollen die stärksten und kompetentesten Partner Europas in einem Themenbereich zusammenführen und damit erhebliche Ressourcen mobilisieren. Geführt werden sie in der Regel von europäischen Großunternehmen. Die kurz- und mittelfristigen Innovationsziele kleinerer Unternehmen spielen dabei keine vordringliche Rolle, weshalb diese in den nationalen Programmen besser berücksichtigt werden müssen (nähere Angaben zu den europäischen MST-Aktivitäten siehe Anhang 1).

Auf nationaler Ebene sind in fast allen Ländern Europas umfangreiche MST-Aktivitäten zu verzeichnen. Kennzeichnend ist hier die hohe Heterogenität bei Forschungsschwerpunkten, industrieller Beteiligung und Anwendungsfeldern. Deutschland, die Schweiz, Frankreich, Großbritannien und die skandinavischen Länder sind die Nationen mit den umfangreichsten MST-Potenzialen.

Als engagierteste Länder sind innerhalb Europas neben Deutschland v. a. Frankreich, die Schweiz, die skandinavischen Länder, die Niederlande und in einzelnen Bereichen auch Großbritannien zu nennen. Gerade in diesen Ländern wird die MST auch von Seiten des Staates intensiv unterstützt. Der Ausblick für Europa ist im Bereich der MST vielversprechend: Bis zum Jahr 2010 – so der Befund einer neueren VDE-Studie – wird die Innovationskraft Europas im Vergleich zu den Wettbewerbern USA und Japan in diesem Zukunftsfeld weiter steigen (VDE-Studie: Schlüsseltechnologien 2010. Mikroelektronik, Informations-, Mikro-system- und Nanotechnik. Frankfurt 2002).

Förderungsstrategien der wichtigsten Wettbewerber USA und Japan

Da es sich bei USA und Japan um die Hauptkonkurrenten im globalen Wettbewerb handelt, lohnt es, deren Aktivitäten genauer zu betrachten.

Japans Aktivitäten sind traditionell durch ein enges Bündnis von Industrie, Wissenschaft und Politik, die Konzentration aller Kräfte auf konkrete technologische Herausforderungen und die starke Orientierung auf strategische Entwicklungsziele und Leitbilder gekennzeichnet. Konzentrierte sich die MST-Strategie Japans anfänglich v. a. auf Entwicklungen der Präzisionstechnik und Robotik, so wurde dieser Ansatz in den letzten Jahren zunehmend offener (z. B. Systeme mit optischen, chemischen oder biologischen Komponenten). Eine wichtige Rolle innerhalb der japanischen MST-Förderung nimmt traditionell

das über das MITI (Ministry of International Trade and Industry) gegründete Micromachine Centre (MMC) im Verbund mit zahlreichen Großunternehmen ein (z. B. Mitsubishi, Olympus, Seiko). Das MMC nimmt dabei vor allem auch eine koordinierende Funktion wahr. Dessen gezielte finanzielle Unterstützung und einzelne Großprojekte sind jedoch nur die Spitze des vollen japanischen Engagements. So wird z. B. die anwendungsnahe Technologieentwicklung und -diffusion in Japan zusätzlich durch zahlreiche ergänzende Forschungsprogramme und Leitprojekte gefördert. MST-relevante Themen, wie Geräte für die biotechnologische Forschung und die maßgeschneiderte Medizin, Robotikanwendungen, Mikroreaktoren oder MST-Fertigungsverfahren, wurden so in 2002 mit insgesamt rund 900 Mio. \$ gefördert. Auch die Nanotechnologie steht schon längst im Fokus der japanischen Innovationspolitik. 2002 investierte Japan hier 650 Mio. \$.



Modul mit Mikrofluidikkomponenten aus amerikanischer Entwicklung, im Größenvergleich mit Strohhalmern.
Quelle: Sandia National Laboratories

In den USA steht die MST in enger Verbindung zur Mikroelektronik. Eine besondere technologische Stärke der USA, u. a. auch im Vergleich zu

Deutschland, liegt im Bereich optischer Mikrosysteme (MOEMS). Die Technologieentwicklung in den USA wird traditionell stark mit verteidigungspolitischen Zielsetzungen vorangetrieben. Ergänzend dazu verfolgt die USA eine Strategie des „dual-use“, bei der sich zivile und militärische Anwendungen gegenseitig ergänzen sollen. Die gewichtige staatliche Förderung wird neuerdings v. a. auch von der National Nanotechnology Initiative (NNI) geprägt. Nachdem sich die Mittel hierfür in 2003 bereits auf 774 Mio. \$ belie-

fen, wurde für 2004 eine weitere Erhöhung auf 847 Mio. \$ geplant. Daneben profitiert die MST der USA auch von den günstigen Rahmenbedingungen, wie z. B. einer hohen Effizienz und Marktorientierung der FuE-Aktivitäten oder der Unterstützung durch privates Kapital. Diese beiden Faktoren, intensive staatliche Förderung gekoppelt mit anreizwirksamen Rahmenbedingungen, sind entscheidende Faktoren für den bisherigen Erfolg der USA auf dem Gebiet der MST.

4. Standortstrategie der BMBF-Förderung angesichts eines offenen globalen Wettstreits

4.1 Ausgangslage, Handlungsbedarf und Ziele der MST-Förderung

Die Förderung verfolgte in den letzten Jahren vor allem das Ziel, eine deutliche Breitenwirkung zu erreichen, d. h. immer mehr Anwendungen für die Mikrosystemtechnik zu erschließen. Hier ist inzwischen Beachtliches erreicht worden. Die Ausgangslage für die vielfältige Nutzung der Optionen der Mikrosystemtechnik ist also – wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben – in Deutschland vielversprechend. Die 2002 erarbeitete Evaluation hat das Zukunftspotenzial der MST untersucht und festgestellt, dass diese Schlüsseltechnologie langfristig das Innovationsgeschehen in Wirtschaft und Gesellschaft bestimmen wird. Die Evaluation hat der bisherigen Förderung der MST eine hohe Wirksamkeit bescheinigt und die hohe Relevanz der MST für den Industriestandort Deutschland unterstrichen.

Gleichzeitig wurde im Rahmen der Evaluation auch umfassend untersucht, ob und in welchem Rahmen ein politischer Handlungsbedarf für eine

Förderung der MST weiterhin besteht. Gerade auf Grund begrenzter staatlicher Ressourcen wurde diesem Aspekt in der Untersuchung eine hohe Bedeutung zugemessen.

Der Evaluationsbericht stellt fest, dass trotz der vorangeschrittenen Entwicklung auch in der gegenwärtigen Situation zahlreiche Hindernisse im Innovationsprozess der MST bestehen, die ein staatliches Handeln erfordern. Wichtiges Kennzeichen dieser Barrieren ist deren Verzahnung von technischen und anwendungsspezifischen Problemen. Er nennt in diesem Zusammenhang:

- neu entstehende Aufgabenstellungen bei grundlegenden FuE-Entwicklungen mit konkretem Anwendungsbezug,
- unzureichende Entwicklungs- und Fertigungsstrukturen für eine leistungsfähige und kostengünstige Produktion von MST-Produkten und -Komponenten nicht nur in Deutschland,



Nicht nur in Reinräumen werden hoch qualifizierte Fachkräfte für die Mikrosystemtechnik gebraucht. Das Foto zeigt Anlagen zur Oberflächenmodifikation von Mikrostrukturen.
Quelle: STEAG microParts GmbH

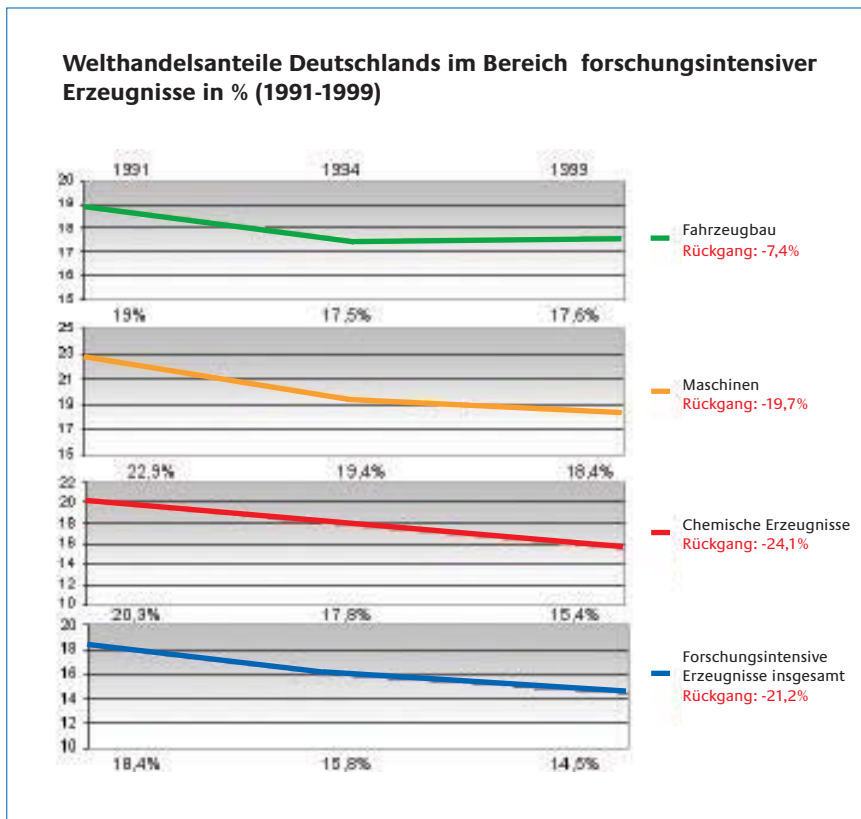
- fehlende praxisnahe und erprobte Schnittstellen und Standards zur modularen Entwicklung, Verknüpfung oder Fertigung von MST-Produkten und -Komponenten,
- vorherrschend einseitige technik- bzw. anwendungszentrierte Denkansätze in vielen FuE-Einrichtungen und Unternehmen, die bei MST-Entwicklungen vor- bzw. nachgelagert sind und für die diese bisher erst selten einen eigenständigen Innovationswert besitzen,
- Schwierigkeiten beim Aufbau innovativer Verbände, Netzwerke und Wertschöpfungsketten zwischen potenziellen MST-Anwendern und notwendigen FuE-Einrichtungen,
- anhaltende Engpässe bei der Beschaffung von ausreichend qualifiziertem Personal zur Entwicklung und Fertigung von MST-Produkten und -Komponenten angesichts einer steigenden Personalnachfrage und
- eine angesichts der jüngsten Entwicklungen am Kapitalmarkt wieder schwieriger gewordene Situation zur Innovationsfinanzierung.

Konsequenzen dieser Innovationsbarrieren sind hohe Entwicklungszeiten, -risiken und -kosten. Diese führen dazu, dass allein aus der Perspektive einzelner Unternehmer oder auch Forschungseinrichtungen Innovationsaktivitäten in der MST nicht durchgeführt werden, obwohl diese im Hinblick auf die gesamtwirtschaftliche und -gesellschaftliche Wertschöpfung durchaus sinnvoll sind („Marktversagen“).

Diese gegenwärtig bestehenden Problemlagen und Herausforderungen spiegeln sich auch in der wirtschaftlichen Entwicklung der jüngeren Vergangenheit wider.

Die Weltmarktanteile der führenden deutschen Exportbranchen – Automobile, Chemie, Maschinenbau – haben sich in den letzten 10 Jahren verringert. Während der Automobilbau sich seit Mitte der 90er Jahre auf einem leicht gesunkenen Niveau konsolidieren konnte, schritt der Rückgang der Anteile der anderen Branchen weiter voran. Die Stabilisierung des Welthandelsanteils im Fahrzeugbau ist vor allem auf den hohen Innovationsgrad in der deutschen Automobilindustrie insbesondere durch den Einsatz von Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik zurückzuführen. Deutsche Automobile zählen zu den innovativsten weltweit. Nicht von ungefähr gilt die Automobilbranche als der Technologietreiber der Mikrosystemtechnik in den 90er Jahren. Mit einer stark ausgeprägten Arbeitsteilung zwischen den großen Automobilkonzernen und stabilen Zulieferstrukturen, Zugriff auf beträchtliche Ressourcen für FuE in neuen Basistechnologien sowie die Durchsetzung von Innovationen am Markt hatte die Branche auch sehr günstige Bedingungen für diesen Erfolg.

In anderen Branchen waren solche „Industriecluster“ noch nicht so weit entwickelt, um vergleichbar umwälzende Entwicklungen tragen zu können. Doch auch die scheinbar ins Hintertreffen geratenen mittelständisch geprägten Anwenderbranchen Maschinenbau und Chemie haben immer noch eine herausragende Bedeutung für



Entwicklung von Welthandelsanteilen in deutschen Exportbranchen.
Quelle: VDI/VDE-IT (Datengrundlage: Faktenbericht Forschung 2002)

den deutschen Standort. Der Einsatz der Mikroelektronik für Steuerungsaufgaben ist Stand der Technik und zunehmend werden auch die Potenziale der Mikrosystemtechnik zur Integration vielfältiger neuer Funktionen erkannt und genutzt. Industrielle Branchenplattformen zur verstärkten Anwendung von Mikrosystemen sind entstanden und geben damit auch der Chemieindustrie und dem Maschinenbau die Chance und Unterstützung für einen großen Innovationsschub durch die kleinen Techniken.

Damit wird deutlich, welche hohe Bedeutung dem Faktor Innovation in gewachsenen starken Branchen Deutschlands zukommt und welche wichtige Rolle eine öffentliche Förderung bei der Überwindung der Barrieren und Hindernisse im Innovationsprozess der MST spielt. Insgesamt zeigt

sich: Eine staatliche Förderung in diesem Bereich ist unerlässlich, wenn die Möglichkeiten der MST für eine nachhaltige Wirtschaftskraft und zum Wohl der Gesellschaft genutzt werden sollen.

Das Rahmenprogramm Mikrosysteme ordnet sich damit in die übergeordneten forschungspolitischen Zielstellungen der Innovationsförderung des BMBF ein. Dabei geht es darum, sowohl Innovationen für die kurzfristige industrielle und gesellschaftliche Wertschöpfung zu realisieren als auch Zukunftsfelder zu erschließen und damit das Potenzial für künftige Innovationen zu gestalten. Hinzu kommt in der Wissensgesellschaft die immer engere Verknüpfung von Aus- und Weiterbildung mit der fortschreitenden Entwicklung von Technologien.

Übergeordnete forschungspolitische Ziele

- Sicherung von Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung durch Innovationen
- Beiträge zur Zukunftssicherung und zu einer nachhaltigen Lebensqualität für die Gesellschaft durch den Ausbau der technologischen Leistungsfähigkeit
- Sicherung der erforderlichen Wissensbasis für Innovationen durch adäquate Aus- und Weiterbildung

Die Barrieren im Innovationsprozess mit MST, die deren Beiträge zu den übergeordneten Zielen behindern, bestimmen somit auch die technolo-

geopolitischen Zielstellungen des Rahmenprogramms Mikrosysteme:

- Verbesserung der Vernetzung zwischen FuE-Einrichtungen, MST-Herstellern und MST-Anwendern unter besonderer Berücksichtigung der Bedingungen und Interessen mittelständischer Unternehmen,
- Verbesserung der technologischen und strukturellen Basis für Entwicklungs- und Fertigungsdienstleistungen zur leistungsfähigen und kostengünstigen Herstellung von MST-Produkten und -Komponenten,
- Weiterentwicklung der modularen Mikrosystemtechnik zu praxisnahen und erprobten Schnittstellen und Standards,
- Sicherung künftiger technologischer Optionen der Systemintegration durch rechtzeitiges Aufgreifen neu entstehender Einzeltechniken,
- weitere Ausgestaltung der Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten in der MST, um den künftigen Bedarf an ausreichend qualifiziertem Personal zu sichern,
- Erleichterung von Innovationsfinanzierung im Bereich der MST und deren Anwendungen.

Erfolgreich realisiert werden können diese Ziele nur, wenn dabei im internationalen Kontext die besonderen Ausgangsbedingungen des deutschen Innovationssystems und der Bedarf der gewachsenen Industrielandschaft berücksichtigt werden. Die MST-Förderung orientiert sich deshalb an den Bedingungen und spezifischen Anforderungen wichtiger Industriebranchen Deutschlands an die MST:

Wichtige Branchen in Deutschland

- Fahrzeugbau
- Maschinen- und Anlagenbau
- Chemie
- Medizintechnik

- Umwelttechniken
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Nahrungsmittel

Die Standortstärke Deutschlands in diesen Branchen besteht in der Entwicklung und Vermarktung von komplexen systemischen Produkten. Systemintegration war und ist die Stärke der deutschen Industrie im globalen Wettbewerb, insbesondere im Maschinenbau, in der Automobilindustrie und in der Fertigungstechnik. Der nachhaltige Nutzen für Wirtschaft und Gesellschaft wird hier durch die Anwendung innovativer Technologien erreicht. Weltweit ist eine Schwerpunktverlagerung der Innovationsaufgaben hin zu den Systemlieferanten, wie z. B. den Zulieferern der Automobilhersteller, zu beobachten. Damit stehen auch kleinere und mittlere Unternehmen unter zunehmendem Innovationsdruck. In diesem Wettbewerb haben gleichzeitig deutsche KMU gute Chancen.



Montage und Magazinierung von Mikrosystemen im Reinraum.
Quelle: STEAG microParts GmbH

Diese Rahmenbedingungen sind zentral für die spezifische Zielbildung einer MST-Förderung durch das BMBF: Die Mikrosystemtechnik als

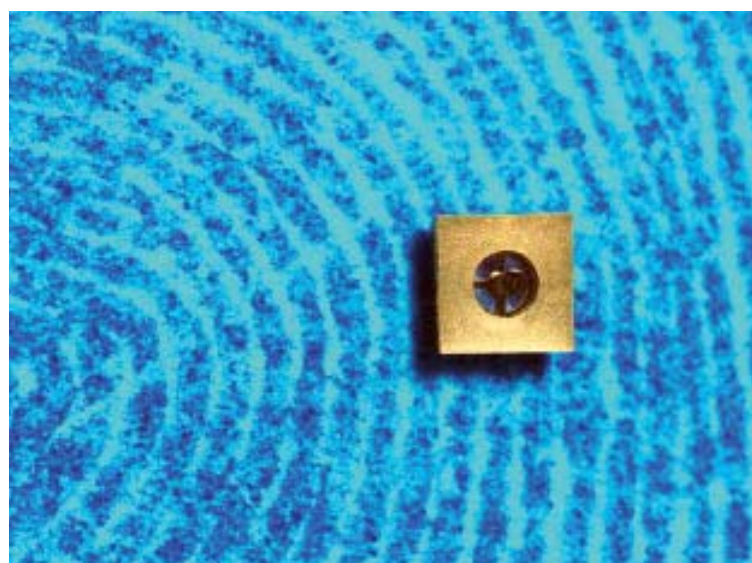
Schlüsseltechnologie ist geradezu prädestiniert, den standortprägenden Branchen in ihrer Eigenschaft als Systementwickler und -integratoren langfristig die nötige Innovationskraft zu sichern. Sie ermöglicht neue Funktionen und Produkte, erhöht die Produktivität und spart Ressourcen. Durch ihren interdisziplinären und anwendungsorientierten Charakter stößt die Mikrosystemtechnik wie keine andere Technologie strukturellen Wandel und institutionelle Reformen in Wirtschaft und Wissenschaft an. Sie schafft neue Akteurskonstellationen, Netzwerke und Wertschöpfungsketten. Damit kann sie zu einem dauerhaften Wachstum entscheidend beitragen.

Ziel ist es deshalb, in diesen Branchen mit der Anwendung von Mikrosystemtechnik bzw. dem Einsatz von Mikrosystemen Innovationen zu fördern, die ihre Position im globalen Wettbewerb langfristig sichern und auszubauen helfen.

Damit dies gelingt, wird die Förderung im Rahmenprogramm Mikrosysteme die Besonderheiten sowie aktuellen Problemfelder und Handlungserfordernisse der einzelnen Branchen und Anwendungsfelder berücksichtigen. Denn die Innovationsbedingungen können sich jeweils sehr unterschiedlich gestalten. Um eine größtmögliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Hebelwirkung zu erzielen, wird die anwendungsorientierte Technologieförderung auf Schwerpunktaufgaben gerichtet.

Der genaue Zuschnitt der Schwerpunktaufgaben und ihrer spezifischen Ziele sowie der jeweils erforderliche staatliche Handlungsbedarf lassen sich jedoch nicht vorab für die gesamte Laufzeit des Rahmenprogramms festlegen. Vor diesem Hintergrund verfolgt das Programm einen dynamischen Ansatz. Dieser ermöglicht es – gemeinsam mit der jeweiligen Branche bzw. den Industrieclustern – flexibel und problemadäquat – die in den jeweiligen Schwerpunkten bestehenden Aufgaben herauszuarbeiten, aufzugreifen und zu unterstützen.

Um in diesem Prozess sicherzustellen, dass Ziele und Meilensteine erreicht werden und damit ein effizienter Einsatz öffentlicher Mittel erfolgt, wird ein programmintegriertes Monitoring erfolgen. Wie sich dies im Einzelnen gestaltet und welche Schwerpunktfelder zum Programmbeginn aufgegriffen werden, wird in den folgenden Kapiteln dieser Broschüre beschrieben.



Hautsensor für Anwendungen in der Medizintechnik. Der Sensor identifiziert Druckstellen am Körper und kann somit zum Beispiel die Anpassung von Prothesen optimieren. Quelle: Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH

4.2 Schwerpunktsetzung und Bündelung in besonders wirkungsvollen Anwendungen

Um die oben genannten Ziele zu erreichen, kommt es jetzt darauf an, die Kräfte so zu bündeln, dass aus den vorhandenen Anwendungspotenzialen ein möglichst großer und nachhaltiger wirtschaftlicher Erfolg generiert werden kann. Die Förderung des BMBF will dabei in traditionellen Kernbereichen der deutschen Industrie deutliche Anschubsignale setzen und bei der Erschließung neuer Zukunftsmärkte Unterstützung leisten.

Die inhaltliche Ausrichtung der Förderung wird – entsprechend der dynamischen Entwicklung in der Mikrosystemtechnik – flexibel gestaltet. Im Dialog mit den Beteiligten aus Forschung und Industrie wird das BMBF diejenigen Themenfelder identifizieren, in denen genau definierte Innovationshemmnisse zu überwinden sind und in denen die Förderung eine größtmögliche wirtschaftliche und gesellschaftliche Wirkung mit sich bringt. Sowohl Förderschwerpunkte als auch einzelne Projekte fassen die Wertschöpfungskette eines Anwendungsclusters zusammen. Damit entsteht eine geschlossene Struktur von der Forschung bis zur Vermarktung. Kleinere und mittlere Unternehmen werden im Rahmen der Förderung besonders berücksichtigt. Sie spielen als Zulieferer eine immer wichtigere Rolle in Wertschöpfungsketten und sind in besonderem Maße Garant für Arbeitsplätze in Deutschland. Auf Grund der Unterschiedlichkeit einzelner Anwendungscluster und der Dynamik des Innovations- und Wirtschaftsgeschehens werden Inhalte und Instrumente der Förderung den jeweils veränderten Bedürfnissen angepasst. Einzelne Schwerpunkte und Projekte stehen zueinander im Wettbewerb. Die Allokation der Fördermittel erfolgt auf diejenigen Schwerpunkte und Projekte, die im Hinblick auf die o. g. Zielsetzungen den größten Erfolg versprechen.

Während der gesamten Laufzeit des Rahmenprogramms werden so neue bedarfsorientierte technologische Schwerpunkte definiert und bestehende Schwerpunkte überprüft. Die Definition der Schwerpunkte orientiert sich dabei eng am Konzept der Leitinnovationen. Leitinnovationen sind Innovationen durch neue Technologien, die auf Wertschöpfungsketten mit großem volkswirtschaftlichem Potenzial zielen. Wichtigstes Kennzeichen einer Leitinnovation ist ihre große Hebelwirkung auf Wachstum und Beschäftigung.

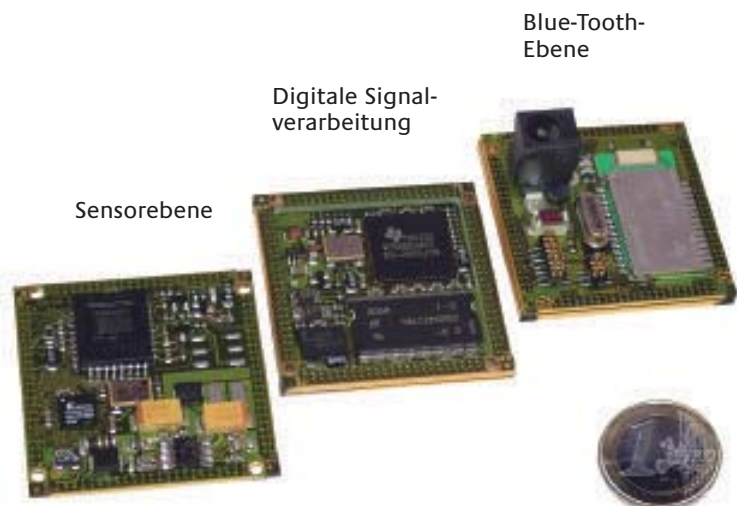
Erste bereits identifizierte Schwerpunktthemen werden im Folgenden charakterisiert, weitere werden im Verlauf der Durchführung des Programms hinzukommen.

- Mikrosysteme für die Verbesserung von Sicherheit, Zuverlässigkeit, Umweltverträglichkeit und Vernetzung in Automobilen
- Smart Label für Logistik in Produktion, Transport, Handel sowie Entsorgung und Wiederverwertung
- die Mikroverfahrenstechnik

Mikrosysteme in der Automobiltechnik

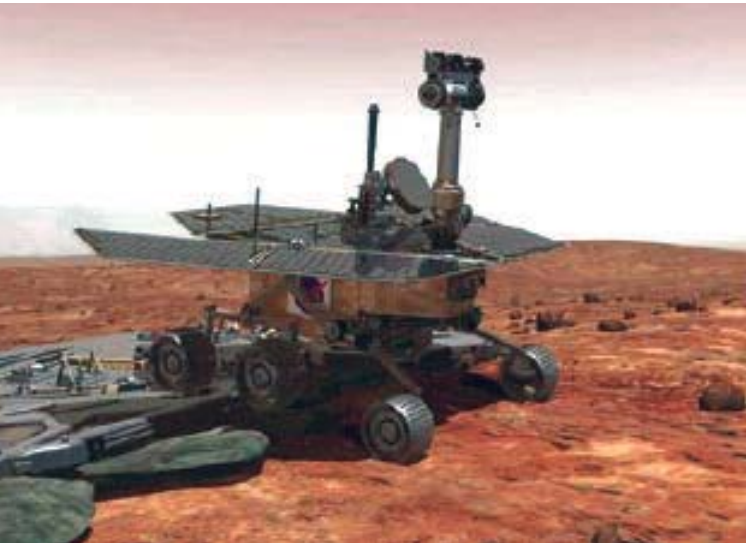
Ausgangslage

Moderne Fahrzeuge enthalten bis zu 50 Mikrosysteme. Dazu zählen unter anderem Drucksensoren, Drehraten- und Beschleunigungssensoren oder Infrarot-, Kamera- und Ultraschallsensoren. Ob Motorsteuerung, Schaltgetriebe, Klimaanlage oder Navigation – kein modernes Fahrzeugsystem kann auf MST-Sensoren oder -Aktoren verzichten.



Einzelebenen des modularen CMOS-Kameramoduls (Kantenlänge: 40,0 x 40,0 mm), das unter anderem für Anwendungen in Fahrerassistenzsystemen geeignet ist. Von links nach rechts: Sensorebene, digitale Signalverarbeitungsebene, Kommunikationsebene mit Blue-Tooth-Modul.

Quelle: Binder Elektronik GmbH



Mikrosysteme aus Deutschland auf dem Mars: Die Marsmobile der NASA sind mit Antriebsmotoren der Schweizer Firma Maxon ausgerüstet. In jedem dieser Motoren, die die Bewegung der Räder und der Roboterarme antreiben sowie die automatische Funktion der Kameras ermöglichen, sitzen zwei Sensoren der hessischen Firma Sensitec GmbH. Die kleinen Mikrosysteme gewährleisten mit 78 Sensoren die exakte Bewegung und Positionierung in 39 der insgesamt 40 Motoren.
Quelle: NASA

Aufgrund seiner technologischen Innovationsfähigkeit ist der deutsche Automobilbau derzeit weltweit führend und stellt einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar: Mit der Herstellung von Automobilen sind hierzulande nahezu 770 000 Menschen beschäftigt. Hinzu kommen noch etwa 1 Mio. Beschäftigte in den vorgelagerten Industrien und im Dienstleistungsbereich sowie rund 3,35 Mio. Arbeitsplätze, die mit der Nutzung des Automobils im Zusammenhang stehen. Die Automobilhersteller konzentrieren sich verstärkt auf ihre Kerngeschäfte und arbeiten enger mit der Zulieferindustrie zusammen. Daraus resultiert ein deutlicher Umsatzanstieg für die Zulieferer. Gleichzeitig steigen deren finanzielle und technologische Anforderungen. Die zusätzlichen Herausforderungen der Globalisierung erfordern leistungsfähige Strukturen. Das führt zu einem Konzentrationsprozess in der Zulieferindustrie – es bilden sich neue Unternehmen und Netzwerke.

Handlungsbedarf und Ziele

Trotz der bereits heute intensiven Nutzung von Mikrosystemen in der Fahrzeugtechnik erfordern die Bedürfnisse nach verbesserter Wirtschaftlichkeit, nach mehr Komfort und Sicherheit sowie nach verbesserter Umweltverträglichkeit weitere erhebliche Anstrengungen in Forschung und Entwicklung, um hier signifikante Fortschritte zu erzielen. Führt man sich vor Augen, dass mehr als 50 Mio. Fahrzeuge auf unseren Straßen unterwegs sind (90 % des Personenverkehrs werden mit dem Auto durchgeführt) und die Unfallzahlen weiter steigen, so wird deutlich, dass für die Sicherung der Mobilität weitere Entwicklungsanstrengungen notwendig sind. Technologische Innovationen müssen hier zunehmend durch die mittelständisch geprägte Zulieferindustrie realisiert werden, die sich dabei in einem globalen Wettbewerb behaupten muss. Aufgabe der Förderung wird es vorrangig sein, die Zulieferindustrie dabei zu unterstützen, anspruchsvolle Lösungsansätze aus der MST für technische Innovationen mit folgenden Zielstellungen entwickeln zu können

- Sicherheit
- Zuverlässigkeit
- Umweltverträglichkeit
- Vernetzung
- Komfort
- wirtschaftliche Herstellung

Themen

Zu den zukünftigen FuE-Schwerpunkten gehören u. a. Entwicklungen im Bereich der Antriebstechnik, die auf die Senkung des Kraftstoffverbrauchs gerichtet sind, Forschungen auf dem Gebiet alternativer Prinzipien der Kraftübertragung oder neue telematische Lösungen (Kommunikation zum Auto) und Veränderungen in der internen Kommunikation. Der Einsatz von Mikrosystemen in motornahen Baugruppen erfordert zudem neue Entwicklungen in der Systemintegration bis

hin zu hochtemperaturgeeigneten Komponenten und Aufbautechniken.

Ob Aktoren für Ventilsteuerungen, mikrostrukturierte Membranen für Brennstoffzellen oder elektro-optische Leiterplatten für Kommunikationssysteme, in allen Bereichen kann die Mikrosystemtechnik wichtige Beiträge leisten. Insgesamt zeigen die Beispiele für zukünftige Entwicklungsschwerpunkte, dass die Fahrzeuge von morgen zusätzliche „Sinne“ benötigen, um den wachsenden Anforderungen gerecht zu werden.

Smart Label für Logistik in Produktion, Transport, Handel sowie Wiederverwertung und Entsorgung

Ausgangslage

Die Logistik, in der die Mikrosystemtechnik heute erst partiell zur Anwendung kommt, ist mit rund 2 Mio. Arbeitsplätzen einer der wichtigsten Beschäftigungsbereiche in Deutschland. Die wirtschaftlichen Potenziale lassen sich an einem Beispiel aufzeigen: 40 % der Entsorgungskosten elektronischer Altgeräte entfallen auf logistische Prozesse. Die Senkung der Logistikkosten kann hier einen wichtigen Beitrag zur Umweltentlastung leisten.

Industrielle Praxis sind heute optisch auslesbare Barcode-Label und passive elektrische Transponder mit der Möglichkeit zur Speicherung weniger Daten (Identifikation oder Produkteigenschaften). Weiterhin sind erste Anwendungen von Transpondern in Kombination mit einfachen Sensoren bekannt, z. B. für die Temperaturüberwachung von Kühlketten.

Handlungsbedarf und Ziele

Um die zukünftigen Anforderungen an die Logistik erfüllen zu können (z. B. zunehmende Verkehrsdichte und Globalisierung der Industrie), sind die

derzeitigen Lösungen nicht ausreichend. Mit Hilfe der Mikrosystemtechnik können neue logistische Konzepte entwickelt werden. Auf dem Weg zu Echtzeit-Logistikprozessen kommt multifunktionalen interaktiven Smart Labels mit ihrer Netzwerkfähigkeit und mit ihrer Möglichkeit zur Aufnahme von Informationen aus der Umgebung eine zentrale Bedeutung bei der effizienten und sicheren Steuerung von Warenströmen zu. Vordringliche Ziele bei der künftigen Entwicklung sind:

- Integration weiterer Funktionen über die Speicherung geringer Datenmengen hinaus
- Einhaltung niedriger Kosten auch bei komplexeren Labels
- Entwicklung und Integration mit der benötigten peripheren Systemumgebung

Um insbesondere die Funktionsweise in praxisnahen Systemlösungen zu erforschen, ist die Durchführung von Projekten in Pilotanwendungen erforderlich.



Aktives Smart Label mit Temperatursensor und Polymerbatterie.
Quelle: KSW Microtec AG

Themen

Mehrfunktionale aktive Labels benötigen neue Konzepte zur Energieversorgung. Zusätzlich sind neue Transponderkomponenten, wie Batterieüberwachung und Ladeschaltungen, notwendig. Sowohl für Sensoren als auch die Energiebereitstellung können neue polymere Materialien eingesetzt werden. Erheblicher FuE-Bedarf besteht auch im Bereich der Systemintegration. Anforderungen sind z. B. die Realisierung flexibler Aufbauten bei minimaler Bauhöhe sowie die Entwicklung von Technologien für den Aufbau auf textilen oder anderen Substraten. Die Fertigungstechnologien sind dahingehend zu entwickeln, dass die extremen Anforderungen an niedrige Stückkosten erfüllt werden können.

Die Wechselwirkung von Smart Labels mit der „logistischen Umgebung“ geht weit über ein einfaches Auslesen von Daten hinaus und muss auch in geschlossenen Behältern oder Gebinden individuell realisierbar sein.

Mit den o. g. Entwicklungen sind ganz neue Anwendungen in allen Bereichen der Logistik möglich: Die Kennzeichnung der Bauteile eines Motors mit Smart Labels ermöglicht nicht nur Informationen über enthaltene Materialien und die Rückverfolgung der Komponenten. Zusätzliche Sensoren erlauben die Überwachung des Motorbetriebs, Überprüfungsöglichkeiten bei Reklamationen und kündigen notwendige Wartungen an. Die Überwachung des Lebenszyklus eines Produktes ermöglicht es z. B. darüber zu entscheiden, ob Komponenten wieder verwendet werden können, d. h., es wird ein echtes Recycling möglich.

Die Mikroverfahrenstechnik

Ausgangslage

Ein weiteres Themenfeld von erheblicher wirtschaftlicher Relevanz ist die chemische Verfahrenstechnik. Hierfür bietet die Mikrosystemtechnik

innovative Möglichkeiten, deren Anwendung zu einer neuen Chemie führt.



Mikrozahnringpumpe. Quelle: HNP Mikrosysteme GmbH

Die deutsche chemische Industrie mit all ihren Sparten ist mit knapp einer halben Million Beschäftigten und über 130 Mrd. € Jahresumsatz ein Schwergewicht der deutschen Industrie. Insgesamt gibt es in Deutschland 1750 Chemiebetriebe. Während die Herstellung der Vorprodukte Domäne der Großunternehmen ist, stellen kleine und mittleren Unternehmen in erster Linie Endprodukte her.

Für viele Produktionsprozesse bietet die Mikrosystemtechnik ganz neue kostengünstige, energieeffiziente und vor allem sichere Synthesewege. Die auf der Mikrosystemtechnik basierende Vision der Chemiefabrik auf dem Schreibtisch wird allmählich zur Realität. Aus Bausteinen wie Mikroreaktoren, Mikromischern und Mikrowärmetauschern können mikroverfahrenstechnische Anlagen zusammengebaut werden, die künftig ressourcenschonend am Ort des Bedarfs und nur in den benötigten Mengen toxische, explosive oder schwierig zu handhabende Stoffe produzieren.

In der Pharmaindustrie kostet die Entwicklung eines neuen Medikamentes mittlerweile bis zu 500 Mio. € und dauert 12 Jahre, eine Problematik, die auch finanzstarke Großkonzerne an ihre Grenzen führt. Hier hilft die Mikrosystemtechnik z. B. durch Dispensertechniken oder intelligente Titerplatten, die Miniaturisierung, Parallelisierung und Automatisierung von High-Throughput-Screening-Prozessen zur Wirkstoffforschung voranzutreiben. Hierdurch können Entwicklungskosten für neue Medikamente reduziert werden. Der Einsatz der Mikrosystemtechnik in der Pharmaindustrie liefert einen Beitrag zur Kostendämpfung im Gesundheitswesen.



Backbone-Konzept der modularen Mikroverfahrenstechnik.
Quelle: DECHEMA

Handlungsbedarf und Ziele

Die bisherige Forschung und Entwicklung zur Mikroverfahrenstechnik hat die prinzipielle Realisierbarkeit einzelner Komponenten und Verfahrensschritte nachgewiesen. Die nächsten Schritte bestehen in der Entwicklung und im Bau komplexer Verfahren und Anlagen sowie ihrer Überführung in industrielle Fertigungsverfahren und pilothafte Anwendungen. Ziel ist es wesentliche technologische Hindernisse auf dem Weg zur Verwertung dieser Ergebnisse in wirtschaftlichen Anlagen zu beseitigen:

- fehlende periphere Komponenten, insbesondere zur Prozesssteuerung

- unzureichende Standardisierung und Modularisierung für den Aufbau komplexer Systeme
- Mangel an Kenntnissen zu Fragen der Stabilität und Zuverlässigkeit
- fehlende Beispiele für durchgängig realisierte Verfahren, die auch eine Abschätzung der ökonomischen Wirkungen ermöglichen
- kaum Berücksichtigung in den Ausbildungsgängen, da die materielle Basis dafür nicht vorhanden ist

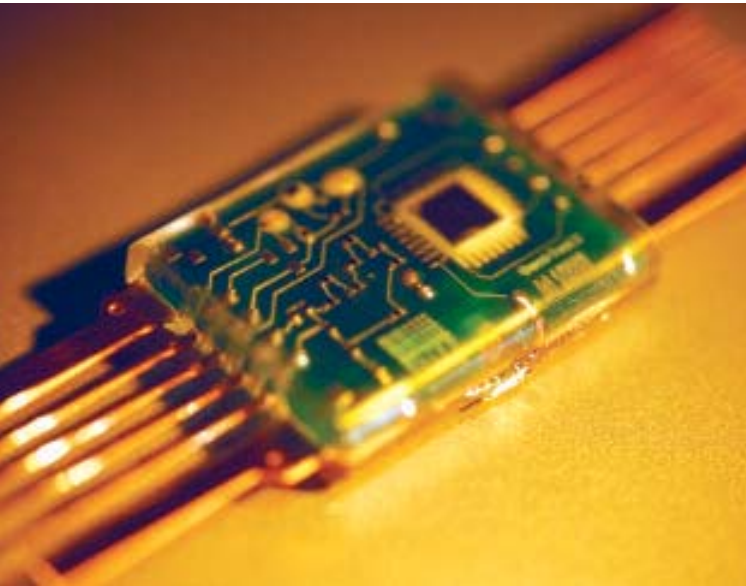
Themen

Zukünftige Hauptarbeitsgebiete der Mikroverfahrenstechnik liegen in Entwicklungen zur sicheren Synthese für vollständige chemische und biochemische Verfahren sowie zu mikrofluidischen Analyseprozessen. Ein weiterer Arbeitsbereich betrifft die Integration von Sensorik in mikroverfahrenstechnische Anlagen.

4.3 Schlüsseltechnologie Mikrosysteme weiterentwickeln

Im Rahmen der Evaluation der bisherigen MST-Förderung wurden auch die weitere Entwicklung und zukünftige Bedeutung der MST für die Innovationslandschaft und den Wirtschaftsstandort Deutschland untersucht. In diesem Zusammenhang wurde festgestellt:

„Die MST ist eine wichtige Querschnittstechnologie und ein sich dynamisch entwickelndes ‚Paradigma‘. Sie ermöglicht die Verknüpfung verschiedenster Disziplinen und Einzeltechnologien im Mikromaßstab für eine Nutzung in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern. Durch die dynamische Entwicklung wichtiger MST-Basistechnologien eröffnen sich neue Zukunftsfelder und damit auch neue Produktpotenziale und Marktchancen“ (Abschlussbericht zur Evaluation der Mikrosystemtechnik. Berlin 2002).



Dreidimensional aufgebautes Materialtestmodul, verkapselt mittels Vakuumverguss. Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration

Die originäre Leistung der Mikrosystemtechnik ist damit die Systemintegration verschiedener Technologien und Komponenten und der Brückenschlag zwischen Makro-, Mikro- und Nanowelt. Dementsprechend vielfältig sind die Systemintegrationstechniken und ihre Aufgaben.

Zu den notwendigen Systemtechniken gehören z. B. Tools und Verfahren für Entwurf und Simulation, die Aufbau- und Verbindungstechnik, Testmethoden sowie entsprechende Fertigungsverfahren. Für die Vielzahl der Forschungs- und Entwicklungsaufgaben können hier nur einige Beispiele genannt werden.

Entwurf, Modellierung, Simulation und Test

Die Vielzahl der in der Mikrosystemtechnik zum Einsatz kommenden Mikrotechniken, die unterschiedlichsten physikalischen Wirkprinzipien von Sensoren und Aktoren sowie der meist hybride Aufbau der Systeme führen zu einem komplexen Systemverhalten und damit zu einem hohen Ent-

wicklungsaufwand. Entwurf, Simulation, Modellierung und Test sind daher notwendige Schritte im Entwicklungsprozess, um häufige Redesigns zu vermeiden und so die Entwicklungszeiten zu verkürzen sowie gleichzeitig die Leistungsfähigkeit der Mikrosysteme zu verbessern. Handlungsbedarf wird vor allem in den Bereichen der Modellgenerierung, der Bereitstellung leistungsfähiger Optimierungsverfahren, der Definition von Schnittstellen zwischen unterschiedlichen Tools sowie des Füllens von Lücken im Entwurfsprozess durch Entwicklung zusätzlicher Werkzeuge (so genannte Add-on-Lösungen) gesehen. Kern der Arbeiten im Bereich Entwurf muss die Verbesserung der Durchgängigkeit des Entwurfsablaufs einschließlich Modellierung und Simulation sein.

Aufbau- und Verbindungstechniken, Fertigungsverfahren

Die Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) ist ein Schlüsselement der Systemintegration. Sie ist häufig sowohl der limitierende Faktor für die Gesamtgröße eines Mikrosystems als auch – bei kleinen oder mittleren Stückzahlen – entscheidend für die Kosten. Aufbau- und Verbindungstechniken und die auf ihnen basierenden Fertigungsverfahren müssen vorrangig den aus der Entwicklung der Mikroelektronik resultierenden Anforderungen nach zunehmender Miniaturisierung (Verkleinerung der Strukturgrößen) und steigender Integrationsdichte (Erhöhung der Anschlusszahlen) sowie den steigenden Verlustleistungen und Taktfrequenzen gerecht werden. Schwerpunkte sind z. B. Wafer-Level-Packaging-Technologien für mikromechanische oder optoelektronische Mikrosysteme oder 3-D-Integrationstechniken. Große Probleme bestehen häufig auch noch in der Integration von Komponenten und Systemen in die Makroumgebung. Hier besteht die Aufgabe, Gehäusetechniken und hybride Integrationstechniken z. B. für die Integration elektronischer und nichtelektronischer Komponenten oder auch die Integration in nichtkonventionelle Einsatzfelder (z. B. Textilien) zu entwickeln.

Auch zur Nutzbarmachung von Nano-, Bio- oder Mikrotechniken für Produktentwicklungen kommt der Aufbau- und Verbindungstechnik eine entscheidende Bedeutung zu. Wichtige Anforderungen der AVT im Mikro-Nano-Verhältnis sind dabei z. B. die Realisierung der notwendigen mechanischen, elektromagnetischen, fluidischen, bio- oder chemischen Verbindungen sowie die Platzierung und Verdrahtung von Nanobausteinen (u. a. Nutzung von Selbstorganisationsprozessen als Konstruktionsprinzipien).

Die Umsetzung in erfolgreiche Produkte erfordert vor allem die Beherrschung flexibler Fertigungsverfahren, die mit den Kostenstrukturen von Massenfertigungsverfahren mithalten können und gleichzeitig der Tendenz nach individualisierten Produkten Rechnung tragen. Ein Beispiel hierfür ist die hochproduktive Rolle-zu-Rolle-Fertigung für polytronische Systeme.

Künftige Integrationsaufgaben vorbereiten

Neben der weiteren Durchdringung traditioneller Branchen durch marktnahe Entwicklungen gilt es, die für künftige Innovationen erforderlichen Materialien und Basistechnologien rechtzeitig zu erkennen und so zu entwickeln, dass sie durch die MST in Anwendungen integriert werden können. Dabei kommt den Systemintegrationstechniken bei der skalenvertikalen Integration (Nano – Mikro – Makro) ebenso eine entscheidende Rolle zu wie bei der technologieübergreifenden Integration, z. B. von Bio- und Nanotechnologie.

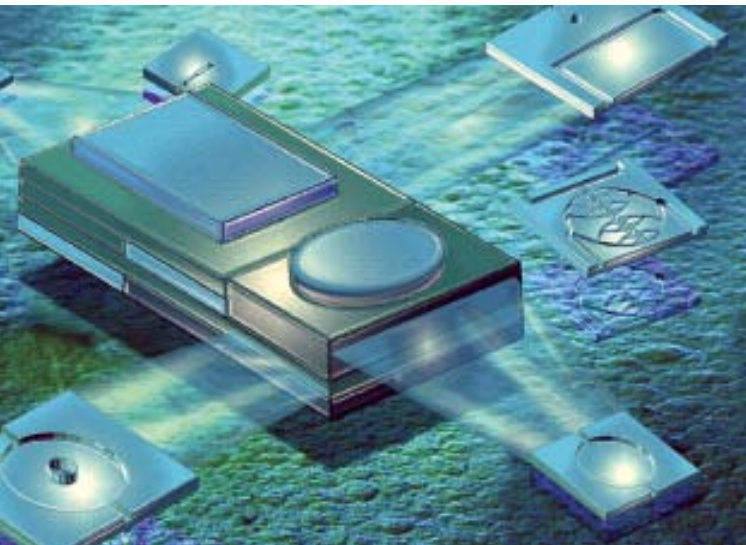
Die Weiterentwicklung der Basistechnologien ist für die Erschließung neuer Funktionen und Anwendungen eine große Bedeutung. Es ist davon auszugehen, dass bedeutende Innovationen nicht mehr in den „Kernwissenschaften“ wie Physik oder Chemie stattfinden werden, sondern in den Grenzbereichen, an denen solche Disziplinen wie Biotechnologie, Nanotechnologie, IuK-Technologien und auch Kognitionswissenschaften miteinander verschmelzen. Dabei ist die

Mikrosystemtechnik wie keine andere Schlüsseltechnologie geeignet, die Konvergenz von innovativen Hochtechnologien zu unterstützen.

Weiterhin bildet die Mikrosystemtechnik die Brücke zwischen der Nano- und Makrowelt, indem sie Nanostrukturen und -materialien in Systeme integriert und sie so einer Anwendung zuführt. Für verschiedene MST-Anwendungen führt die Nanotechnologie zur innovativen Weiterentwicklung der Funktionselemente. So werden z. B. neuartige nanoskalige Sensoren auf der Basis von Kohlenstoff-Nanotubes entwickelt. Sowohl die weitere Verringerung der Strukturgrößen der „klassischen“ Halbleitertechnik als auch die Realisierung neuartiger Nanoschaltkreise erhöhen die Komplexität und den Integrationsgrad von Funktionen in Mikrosystemen. Als Beispiel für eine solche Entwicklung kann die CMOS-Technologie dienen, die den Brückenschlag zwischen Mikro- und Nanowelt bereits erfolgreich vollzogen hat. Die konsequente Miniaturisierung gemäß dem nach wie vor gültigen Moor'schen Gesetz führt zu Chipsystemen, die nicht mehr mit herkömmlichen Methoden montiert werden können. Die neuen Montagetechniken, die den



Lilliput-Mikrotiterplatte. Quelle: STEAG microParts GmbH



Darstellung des modularen Konzeptes, bei dem verschiedene fluidische Bausteine mit unterschiedlicher Funktion in einem Komplettsystem vereint werden.
Quelle: Bartels Mikrotechnik GmbH

Transport, das Ausrichten und Zusammenfügen von nanoskaligen Bauelementen erlauben, müssen sowohl die kostengünstige Produktion als auch eine Reproduzierbarkeit innerhalb vorgegebener Toleranzen gestatten.

4.4 Nichttechnische Anforderungen bei Innovationen mit Mikrosystemen

Die Entwicklung einer Standortstrategie beinhaltet die vorrangige Förderung von national gebundenen Faktoren für Innovationen mit Mikrosystemen. Neben der Stärkung der Kernkompetenz Systemanbieterschaft durch anwendungs-, d. h. marktgetriebene Innovationen gehört dazu auch die Sicherung infrastruktureller Voraussetzungen am Standort, wie die Verfügbarkeit von Entwicklungstools, von FuE- und Fertigungsdienstleistungen mit möglichst genau definierten Standards, von qualifiziertem Personal, von organisatorischen Strukturen, usw. Der erforderliche Aufwand zur Bewältigung dieser Aufgabenstellungen übersteigt das Leistungsvermögen

einzelner Akteure – insbesondere auf Grund des hohen Anteils von KMU im Bereich der MST – erheblich.

Das Rahmenprogramm Mikrosysteme verfolgt deshalb einen ganzheitlichen Ansatz, der alle relevanten Dimensionen des Innovationssystems berücksichtigt. Neben der Förderung direkter FuE-Projekte und infrastruktureller Maßnahmen werden auch erforderliche Informationsdienstleistungen und Kommunikationsprozesse unterstützt. Dabei stehen die folgenden Handlungsfelder und Aufgabenstellungen im Vordergrund:

- Unterstützung von strategischen Prozessen zur Identifizierung und Entwicklung der Schwerpunktthemen
- informelle und partizipative Einbindung der nationalen in die internationalen MST-Aktivitäten
- Public Understanding of Science (PUS) für Mikrosystemtechnik
- Infrastrukturen und Rahmenbedingungen (Produktion, Standards, Genese von Marktstrukturen, gesellschaftliche Akzeptanz, Finanzierung)
- Maßnahmen zur Verwertung der Ergebnisse auch über das einzelne Projekt hinaus

Der ständige Wandel bei der Einbindung neuer Technologien und der Erschließung neuer Anwendungen macht bei der Mikrosystemtechnik besonders deutlich, dass Wissen und Fähigkeiten niemals abgeschlossen sind (lebenslanges Lernen). Im Rahmenprogramm Mikrosysteme wird deshalb das Ziel verfolgt, in enger Wechselwirkung zwischen Forschung, Ausbildung und betrieblicher Praxis die erforderlichen Qualifikationen sicherzustellen bzw. weiterzuentwickeln. Die dabei gewonnenen Erfahrungen sollen richtungsweisend auch für andere Innovationsgebiete sein.

5. Arbeitsschritte bei der Umsetzung des Rahmenprogramms

**Das Rahmenprogramm hat eine Laufzeit
von 2004 bis 2009.**

5.1 Voraussetzungen und Prozesse von Innovationen systematisch erfassen

In Kapitel 4.2. sind erste Schwerpunkte benannt, mit denen das Programm startet. Um weitere Schwerpunkte und Arbeitsprogramme festlegen zu können, ist es erforderlich, die Voraussetzungen und Prozesse von MST-Innovationen systematisch zu erfassen und zu bewerten. Dazu werden im Rahmen des Programms Roadmaps entwickelt, die ein wichtiges Instrument sind, um die zu erwartende Entwicklung in einzelnen Innovationsfeldern darzustellen.

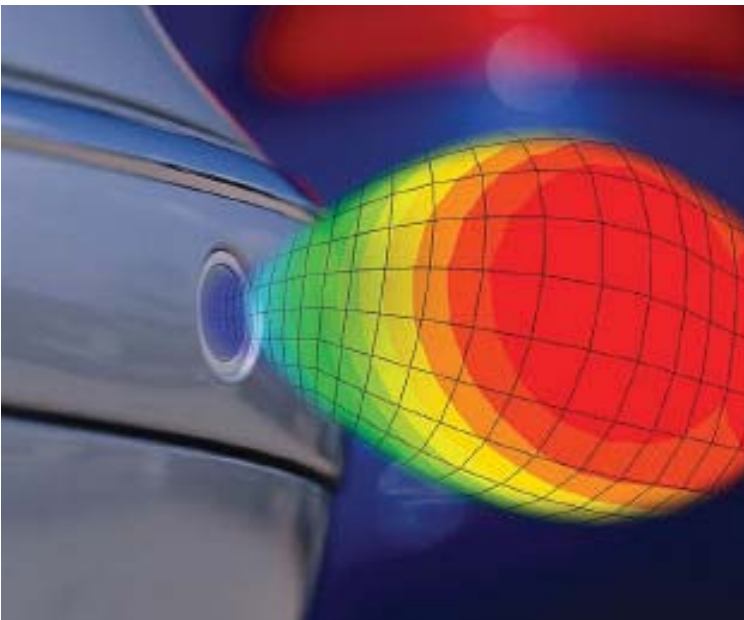
Hierbei sind nicht nur technologische Aspekte von Bedeutung. Vielmehr sind auch die zu erwartenden Anforderungen und Problemstellungen der einzelnen Branchen und Innovationsfelder zu identifizieren, um daraus Produktentwicklungen und die damit verbundenen Entwicklungsoptionen für die Mikrosystemtechnik abzuleiten. Schließlich sind im Rahmen einer solchen systematischen Vorgehensweise die potenziellen Innovationsbarrieren und die zu ihrer Überwindung erforderlichen Partner zu bestimmen. Um hierbei die Gesamtsituation und die Ausgangslage des Standorts Deutschland fundiert darstellen und beurteilen zu können, sind auch internationale Aspekte zu berücksichtigen.

Da in einzelnen Bereichen der Innovationsprozess unterschiedlich voranschreitet, können Schwerpunkte auch jeweils unterschiedlich ausgeprägt sein, entweder eher technologisch/funktional (z. B. Polytronik für Smart Labels in der Logistik) oder auch anwendungsbezogen/produktorientiert (z. B. Mikrosysteme zur Erhöhung der Fahrsicherheit im Automobil).

5.2 Umsetzung der Schwerpunktthemen in „public-private-partnership“

Um in den Schwerpunktthemen des Rahmenprogramms die richtigen konkreten Aufgabenstellungen anzugehen und eine effiziente Umsetzung sicherzustellen, müssen jeweils alle für eine erfolgreiche Entwicklung und Nutzung von MST-Innovationen erforderlichen Akteure einbezogen werden. Dazu sind v. a. folgende Aktivitäten geplant:

- Identifikation der im Innovationsfeld relevanten Akteure aus Wirtschaft, Wissenschaft und den entsprechenden Verbänden



Simulation eines Ultraschallimpulses
von etwa 0,2 Sekunden Dauer für die Einparkhilfe.
Quelle: Robert Bosch GmbH

- Interaktion zwischen den relevanten Akteuren
- Festlegung eines gemeinsamen Arbeitsprogramms zur Schließung zentraler FuE-Defizite – Beschleunigung der Innovationsprozesse – Überwindung von Innovationsbarrieren am Markt
- Clustering von Projekten, Akteuren und Aktivitäten
- Überprüfung und programmbegleitende Anpassung der Schwerpunkte, Szenarien und Arbeitsprogramme

Für die Auswahl von Schwerpunkten sind folgende Kriterien zu berücksichtigen:

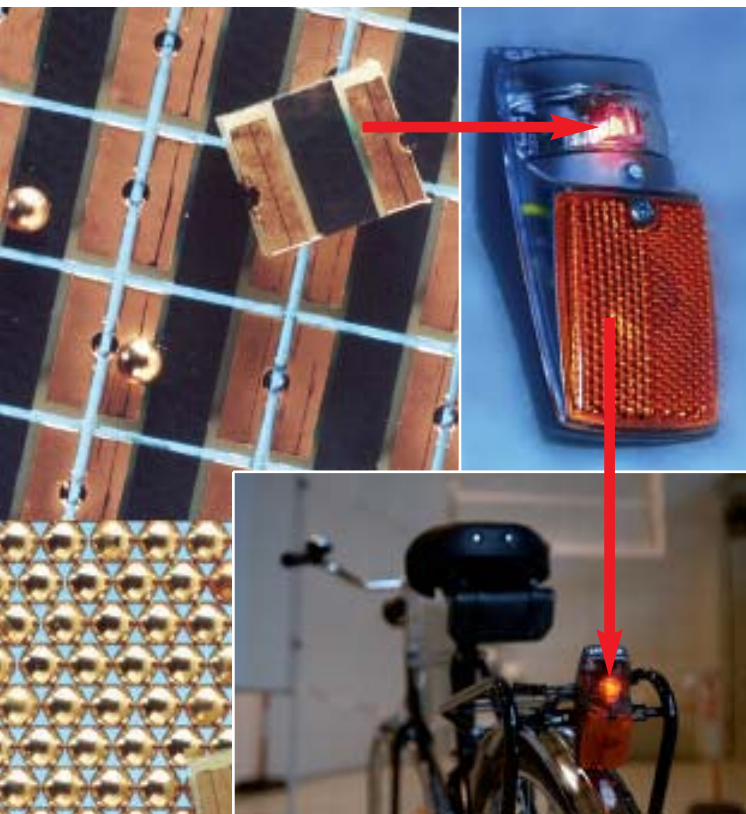
- Anwendungspotenzial und Reifegrad der Technologie, Stand der Diffusion
- Ressourcen und strukturelle Voraussetzungen des Innovationssystems und des Wirtschaftsstandortes Deutschland
- Gesellschaftliche Relevanz der MST-Entwicklung, Herstellung und Anwendung
- Aufbau neuer Arbeitsplätze und Beschäftigungsformen

5.3 Innovationen mit problemangepassten Instrumenten effektiv fördern

Die konkreten Maßnahmen zur Förderung im Rahmenprogramm Mikrosysteme werden jeweils nach den Aufgabenstellungen in den einzelnen thematischen Schwerpunkten ausgewählt. Neben der Förderung von FuE-Projekten durch Zuwendungen werden auch andere Instrumente zum Einsatz kommen.

Dies sind u. a.:

- die Fortführung der Aus- und Weiterbildungsnetzwerke zur Mikrosystemtechnik
- die Erarbeitung von Studien zur Verbesserung der Informationsbasis in den Schwerpunktfeldern (Roadmaps und Daten zum wirtschaftlichen Potenzial)
- die Durchführung von größeren Fachgesprächen und spezifischen Expertenrunden mit Vertretern aus Forschung und Industrie begleitend zu den Programmschwerpunkten und zur Identifizierung künftiger Themenschwerpunkte
- die Unterstützung von Abstimmungsprozessen zur entwicklungsbegleitenden Normung und Standardisierung



Mikrotechnischer Vibrationsschalter. In eine Leiterbahn ist eine Mikro-Kugel (Durchmesser 800 µm) integriert, die bei Bewegung des Schalters einen Stromkreis öffnet und schließt. Dieser kostengünstige Schalter kann überall dort eingesetzt werden, wo zur Energieeinsparung bei ruhendem Objekt eine Stromquelle ausgeschaltet werden soll, beispielsweise bei einer batteriebetriebenen Fahrrad-Rückleuchte.
Quelle: Forschungszentrum Karlsruhe

Damit soll sichergestellt werden, dass auch übergreifende Problemstellungen bei Innovationen mit MST bearbeitet werden können, wobei auch viele nicht direkt geförderte Partner profitieren.

Den Schwerpunkt werden nach wie vor Verbundprojekte zwischen Industrie und Forschung bilden. Für die anwendungs- und industrieorientierte Förderung haben sich diese industriell geführten Verbundprojekte mit Beteiligung von Forschungseinrichtungen sehr gut bewährt. Die industriellen Verbundprojekte richten sich auf die Umsetzung von Forschungsergebnissen für innovative Produkte und Dienstleistungen in den relevanten Innovationsfeldern. Der Gegenstand der Projekte muss dabei den Schwerpunkten dieses Rahmenprogramms entsprechen. Die Einbeziehung von kleinen und mittleren Unternehmen wird besonders unterstützt. Die Umsetzungsorientierung der Projekte wird bei der Antragstellung durch einen Verwertungsplan dokumentiert, der während der Projektlaufzeit und nach Abschluss des Projektes fortgeschrieben wird.

Die Schwerpunkte und Fördermodalitäten, in denen die einzelnen Verbundprojekte angesiedelt sein können, werden in Bekanntmachungen veröffentlicht. In diesen Bekanntmachungen werden zum einen Schwerpunkte konkretisiert, in denen eine Förderung erfolgen soll. Zum anderen werden darin – anknüpfend an die Ausgangslage und spezifischen Innovationsbarrieren des jeweiligen Schwerpunktes – vor allem auch folgende Aspekte konkretisiert:

- Staatlicher Handlungsbedarf und Ziele der Förderung
- Gegenstand der Förderung
- Instrumente und Maßnahmen

Diese flexible Ausgestaltung des Förderverfahrens stellt in dem technologisch dynamischen und insgesamt komplexen Technologiefeld der MST sicher, dass die Förderung des BMBF auch



Mikrospritzguss im Reinraum.
Quelle: STEAG microParts GmbH

den jeweils aktuell geltenden Erfordernissen bestmöglich gerecht wird. Die Schwerpunktbildung und Fördermodalitäten sollen dabei die dynamische Entwicklung von Technologien und Märkten berücksichtigen. Deshalb erfolgt ein Controlling mit dem Abschluss der Förderung aufgrund einer spezifischen Förderbekanntmachung. Je nach Zielerreichungsgrad werden dann eventuell notwendige weitere Förderbekanntmachungen konzipiert oder das Fördergebiet abgeschlossen, weil die gesetzten Ziele erreicht sind.

Dem ganzheitlichen Ansatz dieses Programms entsprechend werden in den Verbundprojekten alle technischen und gleichermaßen auch nicht-technischen Probleme und Aufgabenstellungen bearbeitet, die einen geeigneten Beitrag dazu leisten, Forschungsergebnisse in innovative Produkte und Dienstleistungen umzusetzen. Zu den nichttechnischen Aspekten gehören hierbei z. B. Aspekte der Qualifikation, Finanzierung, Standards, Patentierung, Management und Geschäftsmodelle für die erfolgreiche Markterschließung, gesellschaftliche Akzeptanz und Nachhaltigkeit.

Der Umfang und die Form, in dem die technischen und nichttechnischen Aspekte jeweils zu bearbeiten sind, sind differenziert auf die jeweils bearbeitete Aufgabe und Problemlage abzustimmen.

Um Synergien zwischen den einzelnen Projekten innerhalb dieses Rahmenprogramms zu erschließen, sind die geförderten Projekte aufgefordert, sich in einem angemessenen Umfang und einer angemessenen Form auszutauschen und zu vernetzen. Dies wird durch entsprechende Maßnahmen innerhalb des Rahmenprogramms unterstützt.

Die Mitwirkung an grenzüberschreitenden europäischen Projekten zu o. g. Zielen wird ausdrücklich unterstützt, wenn die Verwertung der Projektergebnisse auch in Deutschland sichergestellt ist. Auch die Einbindung internationaler Partner ist unter bestimmten Voraussetzungen möglich.

Für die unternehmens- und projektübergreifende Hilfestellung zur Überwindung von entsprechenden Innovationshemmnissen werden flankierend zur Projektförderung innovationsunterstützende Maßnahmen durchgeführt. Diese sind explizit darauf ausgerichtet, die Arbeit der geförderten Verbundprojekte zu unterstützen. Folgende Maßnahmen sind in diesem Zusammenhang vorgesehen:

- strategische Maßnahmen zur weiteren Ausgestaltung des Rahmenprogramms wie „Trendscouting“ zu neuen Technologien und Anwendungen
- Maßnahmen zum Wissenstransfer wie das Internet-Portal mst|online und die Erstellung eines „Faktenbuches Mikrosystemtechnik“
- Maßnahmen zum „Public Understanding of Science“ in der Mikrosystemtechnik wie die Wanderausstellung „Mikrowelten“
- Maßnahmen zur Verbesserung der internationalen Position deutscher MST-Hersteller und



Ein Micro-Harmonic-Drive-Getriebe im Größenvergleich mit einer Hummel. Die einzigartigen Eigenschaften dieser Getriebe eröffnen umfangreiche Anwendungsmöglichkeiten in den verschiedensten industriellen Bereichen vom Industrieroboter über die Medizintechnik bis zur Raumfahrt.
Quelle: Micromotion GmbH, Mainz

-Anwender durch die Aufbereitung von Informationen und die Durchführung von Benchmark-Aktivitäten

- Maßnahmen zur Aus- und Weiterbildung in der MST wie Fachgespräche zur Weiterentwicklung von Curricula und zur Nachwuchssicherung, die Konzeption eines didaktischen Experimentierkastens für SchülerInnen und die Erstellung von Informationsbroschüren für Ausbildungsgänge

5.4 Synergien erschließen – kritische Massen entwickeln

Über die genannten Maßnahmen und Instrumente hinaus setzt das Rahmenprogramm noch auf einer weiteren Ebene an: Es versteht sich als Plattform zur Verzahnung und Koordination unterschiedlichster Akteure im Bereich der Mikrosystemtechnik.

Innovationen entstehen zunehmend nicht mehr in den klassischen Disziplinen von Wissenschaft und Technik, sondern an deren Grenzen. Dies gilt

insbesondere für die Mikrosystemtechnik, da sie durch die Integration verschiedener Einzeltechnologien über verschiedene Größenordnungen charakterisiert ist. Insofern bietet sich in vielen Fällen eine übergreifende Zusammenarbeit mit anderen Fachprogrammen des BMBF an. Besonders zu nennen sind hier:

- IT Forschung 2006
- Optische Technologien
- Materialforschung
- Forschung für die Produktion
- Gesundheitsforschung

Im Bereich der Technologiepolitik sind dabei nicht nur das BMBF, sondern auch andere innovationspolitische Akteure sowohl auf regionaler Ebene in den Bundesländern als auch auf europäischer Ebene aktiv.

So spielt die Mikrosystemtechnik und deren Anwendung in mehreren Bereichen des 6. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Union eine wichtige Rolle. Entsprechend werden bei der Umsetzung dieses Rahmenprogramms die Ausgestaltung der EU-Forschungsförderung und die damit verbundenen Möglichkeiten berücksichtigt. Schnittstellen gibt es in der MST insbesondere zum Bereich „Technologien für die Informationsgesellschaft“ (IST) (Priorität 2).

Auf Grund des Querschnittscharakters der MST bestehen jedoch darüber hinaus noch Anknüpfungspunkte zu den anderen Prioritäten innerhalb des Forschungsrahmenprogramms. Dies sind z. B. Biowissenschaften, Genomik und Biotechnologie (Priorität 1); Nanotechnologie, Werkstoffe, Produktionsverfahren (Priorität 3); Luft- und Raumfahrt (Priorität 4); Lebensmittelqualität und -sicherheit (Priorität 5) oder Nachhaltige Entwicklung (Priorität 6).

Der genaue Gegenstand der EU-Förderungen in diesen thematischen Prioritäten ist dabei nicht vorab festgelegt, sondern wird jeweils über Arbeitsprogramme definiert. Entsprechend kann

an dieser Stelle auch keine exakte Abgrenzung von EU- und BMBF-Förderung erfolgen. Der dynamisch-flexible Ansatz dieses BMBF-Rahmenprogramms ermöglicht es jedoch, Aktivitäten der EU und des BMBF optimal voneinander abzugrenzen bzw. auch zu verzahnen. Realisiert wird dies jeweils im Rahmen der BMBF-Förderbekanntmachung zu einzelnen Schwerpunkten.

Grundsätzlich bietet sich ein Zusammenspiel von europäischer und nationaler Förderung insbesondere in solchen Feldern an, wo sich in Europa kritische Massen und Synergien erschließen lassen, gleichzeitig aber auch nationale Spezifika zu berücksichtigen sind. Dazu ist ein Rahmen für entsprechende Initiativen, z. B. für das Themenfeld „Ambient Assisted Living“, erforderlich.

Ferner bietet auch der Austausch zwischen den nationalen MST-Förderprogrammen innerhalb Europas die Möglichkeit, Synergien der transnationalen Projektförderung effizient und effektiv zu nutzen. Eine Rolle spielt hierbei insbesondere EUREKA mit dem Cluster-Projekt Eurimus.

Über die genannten Möglichkeiten öffentlicher Förderung hinaus ist zu berücksichtigen, dass die MST in vielfältigen Anwendungen und industriellen Branchen entwickelt und genutzt wird, in denen jenseits staatlicher Förderung ebenfalls Innovationsaktivitäten durchgeführt werden. Auch hier ist es Ziel des vorliegenden Rahmenprogramms, eine optimale Abstimmung und Verzahnung zu ermöglichen.

In diesem Sinne ist das vorliegende Rahmenprogramm eine Plattform, die für die Mikrosystemtechnik in Deutschland die Möglichkeit bietet, Maßnahmen verschiedener Institutionen auf nationaler, aber auch auf internationaler Ebene stärker abzustimmen und zu verzahnen. Hierbei geht es letztendlich auch darum, die Ergebnisse der Grundlagenforschung auf nationaler Ebene besser für die angewandte Forschung verfügbar zu machen sowie Projekt- und institutionelle Förderung enger zu verbinden.

Somit existieren eine Reihe von Schnittstellen zu anderen Aktivitäten im Bereich der MST bzw. mit einem engen Bezug dazu. Das vorliegende Rahmenprogramm ist getragen von dem Leitgedanken, Synergien zu benachbarten Aktivitäten weitestmöglich zu erschließen. Dadurch wird ein effizienter Einsatz begrenzter öffentlicher Ressourcen möglich und „kritische Massen“ können leichter aufgebaut werden, um im internationalen Wettbewerb eine starke Position einnehmen zu können.

5.5 Überprüfung und Sicherung der Zielerreichung durch Programm-Monitoring und Evaluation

Die effektive Zielerreichung des MST-Rahmenprogramms wird durch ein programmintegriertes Monitoring sichergestellt. Die Überprüfung von Zielen der Förderung und durchgeführten Fördermaßnahmen findet in mehreren Ebenen und Stufen statt:

1. Auf der Ebene der Verbundprojekte und Förderbekanntmachungen

- Antragsprüfung: Entsprechen die Vorhaben den beabsichtigten Zielsetzungen in den einzelnen Schwerpunkten?
- Laufende Projektförderung: Werden die geplanten Projektziele und entsprechende Meilensteine erreicht?
- Projektabschluss: Welche Ergebnisse wurden mit den geförderten Projekten erzielt?
- Nach Projektabschluss: Wie wurden die Projektergebnisse verwertet?
- Übergreifend: Wie entwickeln sich Handlungserfordernisse und Kontextbedingungen von (potenziellen) Schwerpunktfeldern?

2. Auf der Programmebene

Die Entwicklung des Programms wird jährlich anhand der in den einzelnen Vorhaben/Verbünden erzielten Zwischenergebnisse und der übergeordneten Aktivitäten bewertet und dokumentiert. Hierbei werden ökonomische Indikatoren der Wirksamkeit berücksichtigt. Ein solches Monitoring erlaubt es, nicht nur auf der Projekt-, sondern auch der Programmebene die Ergebnisse und die Zielerreichung der Förderung transparent zu machen, in entsprechende technologische, industrielle und technologiepolitische Zusammenhänge einzuordnen und zu bewerten. Die dabei gewonnene Informationsbasis macht es möglich, im Rahmen der Programmsteuerung zeitnah und problemadäquat die entsprechenden Maßnahmen einzuleiten. Damit stellt dieses Monitoring innerhalb des dynamisch-flexiblen Ansatzes ein entscheidendes Element zur Erreichung der gesetzten Förderziele dar. FuE-Aufwand, Patente, Umsätze und Beschäftigungszahlen sind die wichtigsten Innovationsindikatoren für das Monitoring. Die makroökonomischen Effekte der Förderung (Wachstum und Arbeitsplatzeffekte) müssen zusätzlich in den Fokus der Programmanalyse gestellt werden.

Ergänzt wird das programmintegrierte Monitoring durch eine externe Evaluation. Diese erlaubt es, die Programmergebnisse von unabhängiger Seite zu bewerten und Hinweise für die weitere Entwicklung zu geben. Vorgesehen ist der Beginn einer entsprechenden Evaluation im Jahr 2006. Eine weitere Förderperiode bis 2009 hängt vom Ergebnis dieser Evaluation ab.

A1: Schwerpunktaktivitäten zur MST in Europa

Europäische Union

Beteiligungsmöglichkeiten für Forscher, Entwickler und Integrierten der Mikrosystemtechnik im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm. Abstimmung mit nationaler Förderung

Den größten Anteil im 6. Rahmenprogramm nehmen sieben „vorrangige Themenbereiche“, auch „thematische Prioritäten“ genannt, ein. Zu jeder der thematischen Prioritäten existieren Arbeitsprogramme. Diese Arbeitsprogramme spezifizieren die Themen, die in Form von Bekanntmachungen veröffentlicht werden und zu denen Projektvorschläge eingereicht werden können. Die Inhalte der Arbeitsprogramme werden regelmäßig – voraussichtlich im Rhythmus der jährlichen Ausschreibungen – aktualisiert.

Als technologischer Aktionsschwerpunkt ist die MST im ersten spezifischen Programm in den Prioritäten 1.1.2 (Informationstechnologien) und 1.1.3 (Nanotechnologien, Werkstoffe und Produktionsverfahren) aufgeführt. Weiterhin kann die Mikrosystemtechnik als Querschnittstechnologie zu vielen Themen in den anderen thematischen Prioritäten Lösungen bereitstellen, etwa in der Gesundheitsforschung, der Lebensmittelsicherheit oder Umweltforschung. Grundsätzlich gilt, dass Projektanträge primär in den Programmteilen des 6. EU-Forschungsrahmenprogramms eingereicht werden sollen, die den inhaltlichen Schwerpunkt der Arbeiten repräsentieren. Damit sind für die verschiedenen Themen jeweils eigene Bekanntmachungen und Fristen zu beachten.

Zusätzlich zu diesen Möglichkeiten bieten sich im 2. spezifischen Programm des 6. Forschungsrahmenprogramms eine Reihe weiterer Teilnahmemöglichkeiten. Dies sind:



- spezifische Maßnahmen für KMU (CRAFT, Kollektivforschung)
- spezifische Maßnahmen zur internationalen Zusammenarbeit (INCO, INTRI)
- Mobilitätsprogramme, z. B. für wissenschaftlichen Nachwuchs (Marie Curie)
- Forschungsinfrastrukturen

Schnittstellen und Abstimmung zwischen EU-Förderung und MST-Rahmenprogramm

Der genaue Gegenstand der EU-Förderungen in den einzelnen thematischen Prioritäten ist im Forschungsrahmenprogramm nicht vorab festgelegt, sondern wird jeweils über Arbeitsprogramme definiert. Entsprechend kann an dieser Stelle auch eine exakte Abgrenzung von EU- und BMBF-Förderung nicht erfolgen. Grundsätzliche Schnittstellen auf der Ebene der Programme lassen sich nicht definieren.

Der dynamisch-flexible Ansatz dieses BMBF-Rahmenprogramms ermöglicht es jedoch, Aktivitäten der Europäischen Union und des BMBF optimal voneinander abzugrenzen bzw. auch zu verzahnen. Realisiert wird dies im Rahmen der BMBF-Förderbekanntmachung zu einzelnen Schwerpunkten. Hier erfolgt jeweils eine Abstimmung im Einzelfall auf der Ebene einzelner Schwerpunktthemen und Projekte. Grundsätzlich bietet sich ein Zusammenspiel von europäischer und nationaler Förderung insbesondere in solchen Feldern an, wo sich in Europa kritische Massen und Synergien erschließen lassen, gleichzeitig aber auch nationale Spezifika zu berücksichtigen sind. Ein Rahmen für entsprechende Initiativen ist zu entwickeln.

Zur Verbesserung der Beteiligungsmöglichkeiten deutscher Antragsteller innerhalb des 6. Forschungsrahmenprogramms werden durch den Projektträger über das MST-Rahmenprogramm auch entsprechende Beratungs- und sonstige Serviceleistungen angeboten:

VDI/VDE-IT
Michael Huch
D-14513 Teltow
Tel.: 0 33 28/4 35-1 93, Fax: 0 33 28/4 35-2 25
E-Mail: huch@vdivde-it.de
www.mstonline.de/international/eu_programs.html

Unterstützung im Rahmen der Nationalen Koordinationsstelle für das EU-Programm IST bietet ferner:

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Projektträger im DLR – Informationstechnik
Dr. Friedhelm Gilllessen
D-51170 Köln
Tel.: 0 22 03/6 01-34 03
Fax: 0 22 03/6 01-28 42
E-Mail: friedhelm.gilllessen@dlr.de
www.dlr.de/IT-NCP/

NEXUS

Den europäischen MST-Akteuren im Bereich der MST-Hersteller, MST-Anwender, Universitäten und Forschungseinrichtungen bietet NEXUS (Network of Excellence in Multifunctional Microsystems) eine gemeinsame Plattform.

Durch NEXUS soll insbesondere eine bessere Koordination der vielfältigen europäischen MST-Aktivitäten erreicht werden. Von den gegenwärtig rund 200 Mitgliedern des Netzwerkes sind ca. 40 % der Industrie zuzurechnen.

Im Einzelnen sieht NEXUS derzeit folgende drei Aufgabenschwerpunkte:

- Angebot eines Forums für die Industrie zur interdisziplinären Diskussion und Zusammenarbeit
- Analyse und Demonstration zukünftiger MST-Anwendungsfelder
- Geschlossene Repräsentation und Vertretung der europäischen MST (gegenüber der EU und auf internationaler Ebene)

Weitere Informationen erhalten Sie im:

NEXUS Office
CEA, 17 rue des Martyrs
38054 Grenoble, Cedex 9
FRANCE
Tel.: +33 438 78 43 47, Fax: +33 438 78 51 42
E-Mail: NEXUS@cea.fr
www.nexus-mems.com

EUROPRACTICE

EUROPRACTICE bietet Dienstleistungen an, die die Anwendung von Mikrotechnologien in Europa, v. a. für KMU, stimulieren sollen. Im Einzelnen beziehen sich die Dienstleistungen auf folgende Felder: Schaltungen (IC), Multi-Chip-Module (MCM), Mikrosysteme (MST) sowie Training and Best Practice.

Die Unterstützung der Mikrosystemtechnik erfolgt dabei über die Förderung von sechs Competence Centern und fünf Manufacturing Clustern.

Competence Center:

Die Competence Center haben zur Aufgabe, interessierte Unternehmen und Institute bei folgenden Tätigkeiten zu unterstützen:

- Erarbeitung des Standes der Technik
- Machbarkeitsstudien und Produktkonzepte
- Entwurf von Mikrosystemen
- Prototypen- und Kleinserienfertigung
- Information über Fertigungsmöglichkeiten

Weitere Informationen erhalten Sie bei www.europactice.com/technologies/microsystems/index.asp

Manufacturing Cluster:

Die Manufacturing Cluster übernehmen fertigungsorientierte Dienstleistungen für MST-Interessenten:

- Entwurf und Simulation
- Produktentwicklung
- Anpassungsentwicklung von existierenden Produkten
- Serienfertigung von mittleren bis hohen Stückzahlen
- Packaging und Test

Die Koordination des Manufacturing Clusters 1, in dem die deutschen Anbieter zusammengefasst sind, erfolgt über die Robert Bosch GmbH.

Weitere Informationen erhalten Sie unter:

www.europactice.bosch.com

Weitere Initiativen in Europa:

EUREKA

EUREKA ist eine Initiative, die von 25 Mitgliedsstaaten und der EU getragen wird. Internationale Projekte erhalten den EUREKA-Status, sofern ein besonderer europäischer Mehrwert durch die internationale Zusammenarbeit erreicht wird. EUREKA-Projekte werden aufgrund ihrer Anwendungsorientierung und dem damit verbundenen Eigeninteresse teilweise mit hohem Eigenanteil von der Industrie selbst finanziert, können aber auch in den Teilnehmerstaaten zu den jeweiligen Bedingungen der nationalen Förderungsprogramme gefördert werden. 1998 wurde eine Initiative zu einem so genannten Cluster-Projekt EUREKA-EURIMUS gestartet, das eine Reihe von MST-Projekten in den Jahren 1998 – 2003 durch gemeinsame Aktivitäten zur Informationsaufbereitung und Öffentlichkeitsarbeit bündelte. Vorhaben zur Beteiligung an EURIMUS-Projekten wurden im Rahmen des Förderkonzeptes „MST 2000+“ im Hinblick auf eine Förderung bevorzugt berücksichtigt. Die Fortsetzung des Cluster-Projektes EUREKA zur Mikrosystemtechnik erfolgt in EURIMUS II mit einer Laufzeit von 5 Jahren (2003 bis 2008).

Weitere Informationen erteilen das

EURIMUS-Office bei CEA/LETI in Grenoble
www.eurimus.com

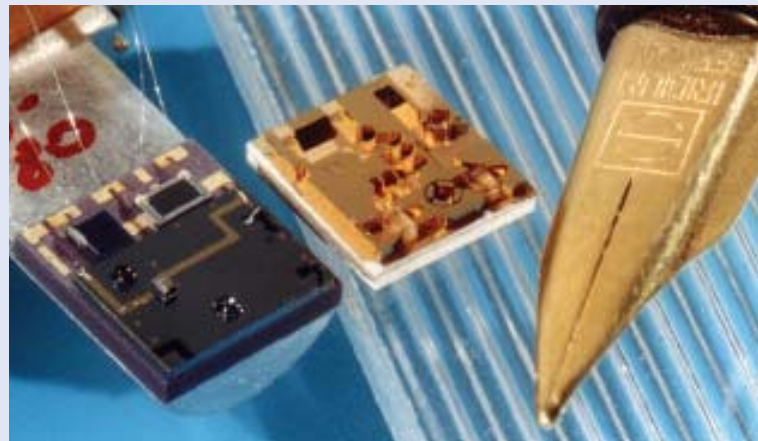
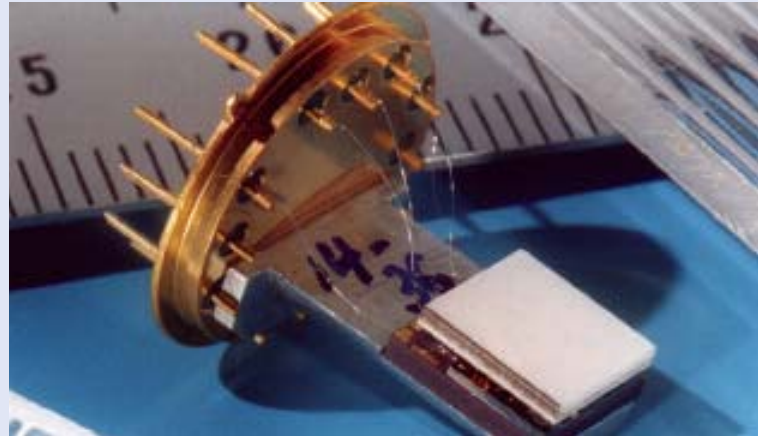
EUREKA/COST Büro des BMBF bei der DLR
www.dlr.de

A2: Programm Mikrosystemtechnik im Forschungszentrum Karlsruhe

Das strategische Ziel des Programms Mikrosystemtechnik des Forschungszentrums Karlsruhe ist es, die erzielten wissenschaftlich-technischen Ergebnisse kontinuierlich in industrielle Produkte zu überführen und damit einen Beitrag zur Sicherung des Wirtschaftsstandorts Deutschland zu leisten. Um dieses Ziel auch langfristig erreichen zu können, wird durch eine gezielte Vorlaufforschung die Basis für neue Produkte und Verfahren gelegt. Da die Mikrosystemtechnik eine interdisziplinäre Technologie ist, arbeiten im Forschungszentrum Karlsruhe zwölf Institute mit insgesamt etwa 260 Mitarbeitern eng zusammen und bringen ihr spezifisches Fachwissen ein. Der jährliche Gesamtaufwand für dieses Programm liegt bei 30 Mio. €.

Die kurz- und mittelfristig angelegten, industrieorientierten Arbeiten konzentrieren sich zurzeit auf Mikroverfahrenstechnik (für eine wirtschaftlichere, sicherere und umweltschonendere Prozess-technik), Mikrooptik (für die Telekommunikation und Messtechnik) und Analytik (Mikrosensorsysteme für Gase, Mikrofluidik, Bio-Chips). Die Entwicklung von modularen Hardware- und Softwarekomponenten für die Informationsverarbeitung in den Mikrosystemen wird durchgeführt, um eine Zeit und Kosten sparende Herstellung von prototypischen Systemen für neue Applikationen zu ermöglichen.

Die mittel- und langfristig angelegten Arbeiten beinhalten die Weiterentwicklung von Mikrostrukturierungstechniken, die Qualifizierung und Charakterisierung der Materialien der Mikrosystemtechnik – insbesondere die Entwicklung neuer Materialien und der erforderlichen Prozesstechnik einschließlich Untersuchungen zur Zuverlässigkeit – sowie die Systemtechniken für Aufbau/ Mikromontage, Simulation und Test komplexer



Mikrooptischer Abstandssensor aus der Entwicklung des Forschungszentrums Karlsruhe. Der Sensor ist aus zwei Platinen (Bild unten) aufgebaut, in die optisch passive bzw. optisch aktive und mikroelektronische Elemente integriert sind. Beide Platinen können mit Hilfe von Fixierungselementen (Kugeln und Haltestrukturen) relativ einfach passgenau zusammengefügt werden.

Quelle: Forschungszentrum Karlsruhe

Mikrosysteme. Im Bereich dieser mittel- und langfristigen Vorlaufforschung kooperiert das Forschungszentrum Karlsruhe mit etwa 50 nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen.

Ein übergeordnetes Ziel des Programms ist es, mit einer bewussten Fokussierung auf die Materialklassen Polymere, Metalle und Keramiken technische Entwicklungen und wissenschaftliche Erkenntnisse zu ermöglichen, die klassischen, Silizium-basierten Ansätzen nicht zugänglich sind. Der Entwicklung der Fertigungstechnik für den Einsatz dieser Materialien misst das Forschungszentrum Karlsruhe eine besondere Bedeutung zu und hat Technika eingerichtet, die ihre speziellen Leistungen allen interessierten Anwendern aus der Industrie – insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen – anbieten. Diese Technika sollen – zum Beispiel durch Kleinserienfertigung und Standardisierung der Fertigungsprozesse – auch einen wesentlichen Beitrag liefern, um die Lücke zwischen Labormuster und Industrieprodukt zu schließen.

Etwa 40 % des Umfangs des Programms werden in Kooperation mit Partnern aus der Industrie durchgeführt, einerseits im Rahmen von bilateralen Verträgen und von Verbundprojekten, andererseits durch Bearbeitung von Forschungsaufträgen. Bereits heute sind aus Kooperationen mit Industrieunternehmen viele Produkte entstanden und auf dem Markt erhältlich, die Know-how des Zentrums enthalten. Dies beinhaltet sowohl MST-Produkte als auch Anlagen zu deren Herstellung und zum Test. Auch sind aus dem Programm Unternehmensgründungen hervorgegangen.

Das Programm verfolgt eine durchgängig geschlossene Forschungs- und Entwicklungs-Strategie, ausgehend von grundlegenden wissenschaftlichen Untersuchungen über technische Entwicklungen bis hin zum Transfer der Ergebnisse in die wirtschaftliche Anwendung, ergänzt durch technologiebegleitende Initiativen.

Mittelfristig ist geplant, das Programm Mikrosystemtechnik mit dem Programm Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe, das einen jährlichen Gesamtaufwand von ca. 17 Mio. € hat, zusammenzuführen. Das erweitert einerseits das technologische Potenzial des Programms

Mikrosystemtechnik durch den verbesserten Zugang zu nanostrukturierten Materialien, andererseits kann die Erfahrung innerhalb des Programms Mikrosystemtechnik im Bereich der Systemintegration dazu genutzt werden, Forschungsergebnisse der Nanotechnologie schneller in technische Anwendungen umzusetzen.

Beide Programme werden im Rahmen der „Programmorientierten Förderung“ der Hermann-von-Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (HGF) im Jahre 2004 von einer international besetzten Kommission begutachtet.

Nähere Informationen erhalten Sie unter folgender Adresse:

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH,
 Programm Mikrosystemtechnik
 Postfach 36 40
 D-76021 Karlsruhe
 Tel.: 0 72 47/82-55 78
 Fax: 0 72 47/82-55 79
www.fzk.de/mikro

A3: Die Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft zur Mikrosystemtechnik



Versorgungsleiterplatte mit Adapter für den Test von Modulstacks oder für den Test von einzelnen Modulen. Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration

Eine wachsende Anzahl von Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) ist seit den Anfängen der MST in diesem Bereich engagiert. Je nach Herkunft der Institute beschäftigen diese sich mit unterschiedlichen Aspekten der Mikrosystemtechnik. Eine zentrale Rolle spielen dabei sicherlich die Institute des Verbunds Mikroelektronik, die die mikroelektroniknahen Bereiche der Mikrosystemtechnik abdecken. Daneben gibt es viele weitere Institute aus anderen Verbänden, die sich mit speziellen Aspekten wie mikrooptischen Fragestellungen oder Materialentwicklungen für die Mikrosystemtechnik beschäftigen. Das Spektrum der bearbeiteten Themen reicht vom Systementwurf und der Simulation über Produktionstechnik, Test und Qualitätssicherung bis hin zur Entwicklung neuer Technologien und Materialien, von Si-Technologien bis zur Verarbeitung von Polymeren.

Anwendungen ziehen sich heute durch alle Branchen, von der Automobilindustrie über Produktions- und Sicherheitstechnik bis hin zu den Lebenswissenschaften. Die Mikrosystemtechnikinstitute

der FhG stellen einerseits Werkzeuge und Verfahren zur Verfügung, bieten auf der anderen aber auch komplette Systemlösungen an. Einige Beispiele dafür sind:

- Adaptive Systemlösungen für mobile Anwendungen
- Sensorik und Aktuatorik für eine intelligente Mechanik
- Werkzeuge und Systeme für die Medizintechnik
- Produktionstechniken für die Low-cost-Fertigung von mikrosystemtechnischen Produkten
- Mikrooptiken für Sensorik und Datentechnik
- Werkzeuge und Verfahren für die Mikroreaktionstechnik/Mikroverfahrenstechnik

Die Unterstützung der Unternehmen erfolgt überwiegend branchenorientiert. Ein gemeinsames Marketing-Netzwerk der FhG ermöglicht die Benennung von aufgabenbezogenen Ansprechpartnern, die für die Unternehmen als zentrale Ansprechpartner auftreten und die Bearbeitung der Aufträge nach innen hin koordinieren.

Die FhG bietet den Unternehmen auf dieser Basis an:

- Gemeinsame Projekte in Grundlagenforschung und Vorfeldentwicklung (bilaterale Kooperationen oder öffentliche Förderung durch Land, Bund, EU)
- Auftragsforschung in Technologie- und Produktentwicklung (Machbarkeitsstudien, industriell finanzierte Entwicklungsprojekte, Techno-

logie- und Prozessentwicklung, Produktdemonstratoren und Prototypen)

- Dienstleistungen (Technologieservice, Schulungen, Designunterstützung, Fehleranalysen, Personal und Equipment)
- Lizenzierung von in den Instituten entwickelten Technologien
- Bildung von strategischen Allianzen (industrielle Demozentren, gemeinsame Pilotfertigungen ...)

Weitere Informationen können Sie über die Internetseiten der jeweiligen Institute abrufen. Eine zusammenfassende Darstellung der mikroelektroniknahen Aktivitäten und weitere Auskünfte erhalten Sie gern von der Geschäftsstelle des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik:

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik
Gustav-Meyer-Allee 25
D-13355 Berlin
<http://www.vue.fraunhofer.de>
info@vue.fraunhofer.de

A4: MST-relevante Sonderforschungsbereiche der DFG

Sonderforschungsbereiche der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) sind langfristige, in der Regel auf die Dauer von 12 bis 15 Jahren angelegte Forschungseinrichtungen der Hochschulen, in denen Wissenschaftler im Rahmen fächerübergreifender Forschungsprogramme zusammenarbeiten. Folgende Sonderforschungsbereiche haben Bezug zur Mikrosystemtechnik:

SFB-Nr.: 356

Kurzbezeichnung: Produktionssysteme in der Elektronik

Hochschule: Erlangen-Nürnberg

SFB-Nr.: 371

Kurzbezeichnung: Mikromechanik mehrphasiger Werkstoffe

Hochschule: Hamburg-Harburg

SFB-Nr.: 379

Kurzbezeichnung: Mikromechanische Sensor- und Aktorarrays

Hochschule: TU Chemnitz

SFB-Nr.: 414

Kurzbezeichnung: Informationstechnik in der Medizin. Rechner- und sensorgestützte Chirurgie
Hochschule: Karlsruhe

SFB-Nr.: 440

Kurzbezeichnung: Montage hybrider Mikrosysteme. Handhabungs- und Fügetechniken für die Klein- und Mittelserienfertigung

Hochschule: RWTH Aachen

SFB-Nr.: 516

Kurzbezeichnung: Konstruktion und Fertigung aktiver Mikrosysteme

Hochschule: TU Braunschweig

Weitere Informationen sind erhältlich bei:

Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

D-53170 Bonn

Tel.: 02 28/8 85-1

Fax: 02 28/8 85-27 77

E-Mail: postmaster@dfg.de

www.dfg.de

A5: Ergebnisse der Evaluation zur Mikrosystemtechnik 2002

Im Rahmen einer breit angelegten Evaluation des BMBF-Förderkonzepts „Mikrosystemtechnik 2000+“ wurden die Ergebnisse und Wirkungen der bisherigen MST-Förderung untersucht. Ferner wurde nach dem Erfordernis und der ggf. möglichen Ausgestaltung einer weiteren Förderung gefragt. Durchgeführt wurde die Evaluation von einem internationalen Evaluationsteam bestehend aus der Technopolis Group, dem Innovationsteam Mikrotechnologie der Deutschen Bank AG, der Hochschule für Bankwirtschaft und der Prognos AG, Basel. Vorgelegt wurde der Endbericht im November 2002. Damit konnten die Evaluationsergebnisse umfassend bei der Gestaltung des vorliegenden Rahmenprogramms berücksichtigt werden.

Die Ergebnisse basieren auf einer fundierten Methodik und einer breiten empirischen Basis. So beruhen die Bewertungen der Evaluatoren auf einer schriftlichen Erhebung, an der sich mehr als 700 Unternehmen und Forschungseinrichtungen beteiligten, über 160 Fachgesprächen im In- und Ausland sowie mehreren Fallstudien. Dabei waren neben geförderten Unternehmen und Wissenschaftlern auch viele nichtgeförderte Unternehmen einbezogen. Befragt wurden ferner internationale Experten zu ihrer Einschätzung der technischen und wirtschaftlichen Potenziale in der Mikrosystemtechnik.

Zentrale Ergebnisse der Evaluation waren:

- Durch die bisherige Förderung wurde MST-Kompetenz mit nachhaltiger Wirkung aufgebaut.
- Das Instrument der Verbundprojekte hat sich bewährt – die Projektziele wurden in hohem Umfang erreicht und wichtige Kooperationen aufgebaut.

- Die KMU-Orientierung des Programms wurde umfassend realisiert.
- Die Förderung entfaltete klare Anreizeffekte und Hebelwirkungen für die privatwirtschaftliche Initiative und MST-Diffusion.
- Für Wertschöpfung und Beschäftigung am Standort Deutschland ist die MST generell von hoher Relevanz.
- Im Innovations- und Diffusionsprozess liegen weiterhin Barrieren und Hindernisse vor, die eine staatliche Förderung notwendig machen.
- Diese Förderung sollte sich in einem stärkeren Maße auf ausgewählte Schwerpunkte konzentrieren.
- Bei der Ausgestaltung dieser Förderung ist ferner zu berücksichtigen, dass sich in der MST stetig neue technologische Zukunftsfelder und damit auch neue Optionen für Anwendungen und Wertschöpfung realisieren.

Eine Zusammenfassung des Evaluationsberichts kann unter folgender Adresse eingesehen werden:

www.mstonline.de/publikationen/broschueren/broschueren.html



Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlbewerberinnen/Wahlbewerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.