Potentialanalyse zum Schwerpunkt „Mikro-Nano-Integration“ in Thüringen

Auftraggeber: **Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)**
Erfurt

Auftragnehmer: Arbeitsgemeinschaft

- **Elektronische Mess- und Geräte-technik Thüringen (ELMUG) eG,** Ilmenau (Sprecher)
- **INNOMAN GmbH,** Ilmenau
- **Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS),** Ilmenau

Unterauftragnehmer / Beteiligte

- **MNT Mikro- Nanotechnologie Thüringen e. V.,** Jena
- **medways e. V.,** Jena
- **aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung Weimar GmbH,** Weimar

Bearbeitungszeitraum: Oktober 2012 – März 2013

Entsprechend der Vertragsbedingungen zur Erarbeitung der Analyse haben die Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen) als Auftraggeber und das Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie (TMWAT) das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich uneingeschränkte Nutzungsrecht an den Ergebnissen.

Jetzt Newsletter abonnieren!

Kontakt:
Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH (LEG Thüringen)
Akquisition, Thüringen International und Clustermanagement
Mainzerhofstraße 12, 99084 Erfurt

Telefon 0361 5603-450
Telefax 0361 5603-328
www.cluster-thueringen.de

Potentialanalyse

Mikro-Nano-Integration in Thüringen

Vorwort

Ziel der vorliegenden Potentialanalyse ist es, wichtige Aspekte der Mikro-Nano-Integration (MNI) in Thüringen widerzuspiegeln und diese in den Kontext mit aktuellen Marktentwicklungen zu bringen.

Die Studie gibt zunächst einen umfassenden Überblick über die Entwicklung von der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie zur Mikro-Nano-Integration insgesamt. Die anschließende Ist-Analyse für Thüringen zeigt im ersten Schritt die wirtschafts-politischen Zukunftsfelder und die wirtschaftlichen Potentiale Thüringens auf. Die Ist-Analyse beschreibt die Thüringer MNI- Unternehmens- und Wissenschaftslandschaft und benennt ausgewählte Akteure.

Auf der Grundlage einer umfangreichen Expertenbefragung, deren wesentlichen Bestandteile eine online-Befragung Thüringer Akteure, telefonische und persönliche Expertenbefragungen in Deutschland und Fachworkshops waren, wurde eine SWOT-Analyse in Thüringen erstellt und Strategien für Thüringen abgeleitet.

Zusammenfassend wurden Statements zur Mikro-Nano-Integration in Thüringen formuliert und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Die Ergebnisse der Studie wurden durch einen Expertenbeitrat evaluiert.

Bei der Erarbeitung der vorliegenden Studie wurden zahlreiche Experten befragt. Unser Dank gilt an dieser Stelle allen befragten Experten aus Wirtschaft und Wissenschaft, die ihr umfangreiches Wissen, ihre reichhaltigen Erfahrungen und ihre wertvolle Zeit in die Studie investiert haben. Ihnen verdanken wir wesentliche Aussagen, weiterführende Impulse, wertvolle Kritiken und Anregungen.

Namentlich möchten wir uns bei Dr. Knuth Baumgärtel, Dr. Wolfgang Brode, Johannes Herrnsdorf, Prof. Martin Hoffmann, Olaf Mollenhauer, Bernd Schöller, Dr. Frank Spiller und Volker Wiechmann für ihre umfangreiche Unterstützung bedanken.

Katrin Kühn	Dr. Wolfgang Sinn	Dr. Kurt Walter
ELMUG eG	IMMS GmbH	INNOMAN GmbH

Ilmenau, den 22.03.2013

Inhalt

Vorwort 1
Inhalt 2
1 Einleitung 4
2 Methodisches Vorgehen 4
3 Von der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie zur Mikro-Nano-Integration (MNI) ... 6
3.1 Mikrosystemtechnik 7
3.1.1 Mikrotechnik 8
3.1.2 Systemtechnik 8
3.2 Nanotechnologie 10
3.2.1 Definition 10
3.2.2 Neue Funktionen 11
3.2.3 Aktivitätsfelder der Nanotechnologie 11
3.3 Mikro-Nano-Integration 12
4 Trends und Potenziale der Mikro-Nano-Integration 13
4.1 Schlüsseltechnologien 13
4.2 Wirtschaftliche Potentiale 17
4.2.1 Sensorik 19
4.2.2 Mikrosystemtechnik 21
4.3 Produkte und Anwendungen 23
4.3.1 Sensorik 23
4.3.2 Aktorik 25
4.3.3 Mikroelektronik 25
4.4 Trendorientierte Zukunftsfelder 25
5 Mikro-Nano-Integration in Thüringen 28
5.1 Thüringer MNI-Innovationspotentiale 29
5.2 Positionierung der Thüringer MNI in Deutschland 29
5.3 Analyse der Thüringer Mikro-Nano-Integration 31
5.3.1 Grundlagen der Analyse 31
5.3.2 Potentiale der Mikro-Nano-Integration 33
5.3.3 Die FuE Aktivitäten im Bereich MNI in Thüringen 35
5.3.4 Forschungstransfer 37

5.3.5 Die Rahmenbedingungen in Thüringen 38
5.3.6 Netzwerkaktivitäten 40
5.3.7 Die Förderung 42
5.4 Regionale Schwerpunkte der MNI – Aktivitäten 44
5.4.1 Die ausgewählten Thüringer MNI - Unternehmen 45
5.4.2 Die ausgewählten Thüringer MNI - Forschungseinrichtungen 45
5.4.3 Die MST-Regionen Jena und Ilmenau 46
6 SWOT-Analyse 48
6.1 Chancen und Risiken 48
6.1.1 Chancen 48
6.1.2 Risiken 51
6.1.3 Zusammenfassung Chancen und Risiken 53
6.2 Stärken und Schwächen 53
6.2.1 Stärken 53
6.2.2 Schwächen 54
6.2.3 Zusammenfassung Stärken und Schwächen 56
7 Zusammenfassende Statements 56
Mikro-Nano-Integration 56
Industrie 4.0 56
AAL/Life Science/Medizintechnik 57
Thüringer MNI-Forschungslandschaft 57
Thüringer MNI-Unternehmerlandschaft 57
Sichtbarkeit 58
8 Handlungsempfehlungen 58
8.1 Marktbearbeitung 58
8.2 Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit 59
8.3 Forschungseinrichtungen 60
8.4 Neu- und Ausgründungen 61
8.5 Personalentwicklung 61
9 Abbildungsverzeichnis 63
10 Anlagenverzeichnis 65

1 Einleitung

Die Mikro-Nano-Integration (MNI) bringt die Nanotechnologie in die Mikrosystemtechnik (MST). Für Systemlösungen wird die MNI eine Schlüsselfunktion übernehmen.

Die klassischen Komponenten der Mikrosystemtechnik, die Sensoren und Aktoren, werden heute in großen Stückzahlen gefertigt. Sie bilden die Basis für ein breites Anwendungsspektrum in Elektronik, Mechanik, Optik sowie Biologie und Chemie. Das etablierte große Marktvolumen der MST lässt für die MNI ein hohes Marktpotential erwarten. Moderne Mikrosysteme sind inzwischen vernetzt, autark und intelligent und weit mehr als eine Komponente. Sie haben sich zu eigenständigen Knoten in intelligenten Systemen wie Sensornetzwerken entwickelt. Durch die fortschreitende Miniaturisierung werden damit ständig neue Anwendungsbereiche erschlossen.

Derzeit bringt der Einsatz von Nanotechnologie in der Fertigung der Mikrosystemtechnik und der Mikroelektronik entscheidende Wettbewerbsvorteile. Der Brückenschlag von der Nanotechnologie in die Mikro- und Makroumgebung birgt die Chance, Effekte der Nanotechnologie gezielt innerhalb der gewünschten Mikrostrukturen verfügbar zu machen. Dies bedeutet einen entscheidenden Gewinn an Funktionalität gegenüber den etablierten Nanotechnologie – Anwendungen.

Eine Herausforderung der MNI bildet die Gestaltung und Anordnung, von zunächst ungeordneten Nanoobjekten zur geordneten Systemintegration in Mikrosysteme, die zu neuen technischen Anwendungen führen. Die Lösung dieser Aufgaben ist letztlich entscheidend, um den technologischen Vorsprung der heimischen Unternehmen in Thüringen zu sichern.

2 Methodisches Vorgehen

Für die Darstellung des Standes der Technik und der wirtschaftlichen Nutzung wurde eine Analyse des nationalen und internationalen Standes im Bereich Mikro-Nano-Integration vorgenommen. Dazu wurden Technologie- und Marktstudien herangezogen. Ergänzt wurde dieses Vorgehen durch die Durchführung von je einem Workshop mit Mitgliedern von zwei in Thüringen auf diesen Gebieten tätigen Netzwerken, mit dem MNT Mikro-Nanotechnologie Thüringen e.V. für die Teilbereiche Material, Fluidik, AVT und Schichten und mit dem medways e.V. für die Teilbereiche Biotechnologie und Medizintechnik.

Im Ergebnis sowohl der Analyse von Studien als auch der durchgeführten Workshops wurden

- ein Überblick über Technologien und Anwendungsszenarien der Mikro-Nano-Integration erarbeitet
- ein detaillierter Kriterienkatalog als Grundlage für die Auswahl relevanter Akteure entlang der Wertschöpfungskette erarbeitet
- die Basis für die Ist-Analyse der Mikro-Nano-Integration in Thüringen geschaffen und
- ein repräsentativer Überblick als Bewertungsmaßstab für die Stärken und Schwächen Thüringer Akteure als Ausgangspunkt für die Identifikation und Prognose künftiger Entwicklungslinien erarbeitet.

Zur Beherrschung von Vielfalt und Komplexität innerhalb des Bereichs der Mikro-Nano-Integration sowie zur Sicherstellung einer hohen Prognosegüte und der Akzeptanz der abgeleiteten Handlungsoptionen wurde das Wissen externer Experten in die Erarbeitung der Stu-

die mit einbezogen. Dazu wurde die spezielle Form einer explorativen telefonischen Befragung mittels sequentiell angepasster leitfadengestützter Befragungstechnik eingesetzt. Es wurden deutschlandweit 16 Technologie- und Marktexperten aus Unternehmen, Forschungseinrichtungen und aus regional tätigen Netzwerken befragt.

Im Ergebnis der Befragungen konnte eine Analyse der Chancen und Risiken für die Unternehmen und Forschungseinrichtungen des Bereichs Mikro-Nano-Integration vorgenommen und als Bestandteil einer SWOT-Analyse aufgenommen werden. Darüber hinaus wurden Informationen zur Identifikation und Prognose künftiger Entwicklungslinien im Bereich Mikro-Nano-Integration gewonnen sowie Hemmnisse bei deren Umsetzung erkannt.

In Auswertung der SWOT-Analyse und der nachfolgend beschriebenen Online-Befragung wurden in Pkt. 7 zusammenfassenden Statements zur Situation im Bereich der Mikro-Nano-Integration erarbeitet.

Aus der SWOT-Analyse wurden darüber hinaus in Pkt. 8 zu einzelnen Schwerpunkten Handlungsempfehlungen abgeleitet. Dabei kann bei Umsetzung dieser Empfehlungen der Nutzen aus den Stärken und Chancen maximiert und die Verluste aus den Schwächen und Risiken minimiert werden. Zur Ableitung der Handlungsempfehlungen wurden einerseits Überlegungen darüber angestellt, welche Stärken zu welchen Chancen passen und wie diese Stärken die Chancenrealisierung erhöhen. Andererseits wurde die Frage beantwortet, wie mit vorhandenen Stärken der Eintritt bestimmter Risiken abgewendet werden kann. Berücksichtigt wurde auch, wie aus Schwächen Stärken entwickelt werden können und daraus Chancen entstehen.

Durch die online-Befragung relevanter Thüringer MNI-Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft wurden insbesondere Aussagen zu folgenden Themen im Bereich Mikro-Nano-Integration erhoben: Kernaktivitäten, Ressourcen, betriebswirtschaftliche Statistiken, Forschungsschwerpunkte, Vernetzungsgrad, Thüringer Umfeld, Kommunikationsbeziehungen und wirtschaftliche Erfolgspotenziale. Die Auswahl der Akteure erfolgt nach einem Kriterienkatalog über die Datenbank der LEG Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH, der Datenbank der Elektronischen Mess- und Gerätetechnik (ELMUG) eG und eigenen Recherchen. Die Befragung der 352 Akteure erfolgte in der Zeit vom 12.11.2012 bis 16.01.2013. Die Ausschöpfungsquote bei der Befragung der Unternehmen lag bei 11,1 Prozent.

Ebenfalls zur Sicherstellung einer möglichst hohen Vollständigkeit und Detailliertheit und damit einer hohen Güte der Studie wurden deutschlandweit Kompetenzträger im Bereich Mikro-Nano-Integration gebeten, in einem Expertenbeirat mitzuarbeiten. Dieser begleitete die Erarbeitung der Studie im Projektverlauf durch eine kontinuierliche Reflexion und Bewertung der Ergebnisse. Im Rahmen eines Workshops mit dem Expertenbeirat wurde auf der Basis der bis dahin erreichten Ergebnisse eine Vervollständigung der Chancen-Risiko-Analyse und der Stärken-Schwächen-Analyse erreicht, die mit nachfolgenden Crossrecherchen zu der in der Studie dargestellten SWOT-Analyse führte und die Grundlage für die Ableitung von Handlungsempfehlungen bildete.

Eine Übersicht des methodischen Vorgehens bei der Erarbeitung der Studie ist in Abbildung 1 dargestellt.

Methode		Beschreibung	Ergebnisse	
Studien		• Analyse vorhandener Technologie- und Marktstudien	• Stand der Technik, Stand der wirtschaftlichen Nutzung • Überblick über Technologien und Anwendungsszenarien der MNI • Kriterienkatalog für Auswahl relevanter Akteure	
externe Experten	Workshops mit Thür. Netzwerken	• spezifische Sicht der Netzwerke MNT e.V. und medways e.V.	• Beiträge zu speziellen Bereichen (Material, AVT, Fluidik, Schichten , Biotechnol./Medizintechnik) • Beiträge zur SWOT-Analyse	• Beherrschung von Vielfalt und Komplexität der MNI • Sicherstellung von Vollständigkeit und Detailliertheit der Studie
	Experten-gespräche	• telefonische Befragung von Experten aus Deutschland	• Beiträge zu den Chancen und Risiken (SWOT) • Informationen zur Identifikation und Prognose künftiger Entwicklungslinien in der MNI	
	Experten-beirat	• Kompetenzträger aus Deutschland • Begleitung der Studie • Durchführung eines Workshops	• Hinweise zur Vervollständigung der SWOT-Analyse • Hinweise für Ableitung Handlungsempfehlungen	
Befragung von Akteuren		• relevante Thüringer MNI-Akteure aus Wirtschaft und Wissenschaft	• statistische Ergebnisse zu betriebswirtschaftlichen Größen, Kernaktivitäten, Ressourcen, Forschungsschwerpunkten, Vernetzungsgrad, wirtschaftlichen Erfolgspotenzialen	
interne Auswertung		• Analyse/Bewertung vorhandener Studien • Auswertung Online-Befragung • SWOT-Analyse, Crossrecherchen	• Ist-Analyse der MNI in Thüringen • SWOT-Analyse • abgeleitete Statements und Handlungsempfehlungen	

Abbildung 1 Methodisches Vorgehen bei der der Erarbeitung der Studie

3 Von der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologie zur Mikro-Nano-Integration (MNI)

Wichtige Gründe für den Bedeutungszuwachs von Schlüsseltechnologien liegen im Wechselspiel von Markt und Technik/Technologie. Zum einen ermöglicht der technisch-wissenschaftliche Fortschritt im Bereich der Basistechnologien wie der Mikro-/Nanoelektronik und der Informationstechnik immer neue und zunehmend „smarte“ Produkte, Systeme und Dienste. Ein Beispiel dafür ist die Entwicklung des Telefons zum Smartphone. Zum anderen verlangen globale Herausforderungen wie Ressourcenknappheit, Klimawandel, Urbanisierung und Alterung der Gesellschaft nach innovativen Lösungen, die ohne Mikro-/Nanotechnik nicht realisierbar sind. Bisher als getrennt angesehene Bereiche wie Maschinenbau und Informations- und Kommunikationstechnik wachsen immer enger zusammen.

Leitmärkte der Zukunft wie Smart Grid oder Smart Home eröffnen wichtige Chancen für den Standort Deutschland, der über eine gute Innovationsposition, große Systemkompetenz und Erfahrungsvorsprünge verfügt.

Viele technische Geräte und Systeme des Alltags sind in ihren Dimensionen an den Menschen angepasst. In diesem Umfeld spricht man von der Makrowelt. Wichtige und entscheidende Funktionen erhalten sie jedoch aus dem Mikrokosmos. Eine Alarmanlage mit Bewegungsdetektion oder ein Mobiltelefon mit Lagesensor sind nur mit Mikrosystemen realisierbar. Sie stellen die Verbindung zwischen der Mikro- und der Makrodimension her.

Mit den Fortschritten der Mikroelektronik seit 1960 werden die Entwicklungsschritte auf einer Längenskala im logarithmischen Maßstab skaliert. Auf der logarithmischen Skala ist der Abstand zwischen 1nm und 10nm genauso groß dargestellt wie der zwischen 1µm und 10µm,

obwohl er in Realität 1000-mal kleiner ist. Diese Darstellung macht die große Spannweite der Dimensionen in heutigen technischen Systemen sichtbar und begreiflich.

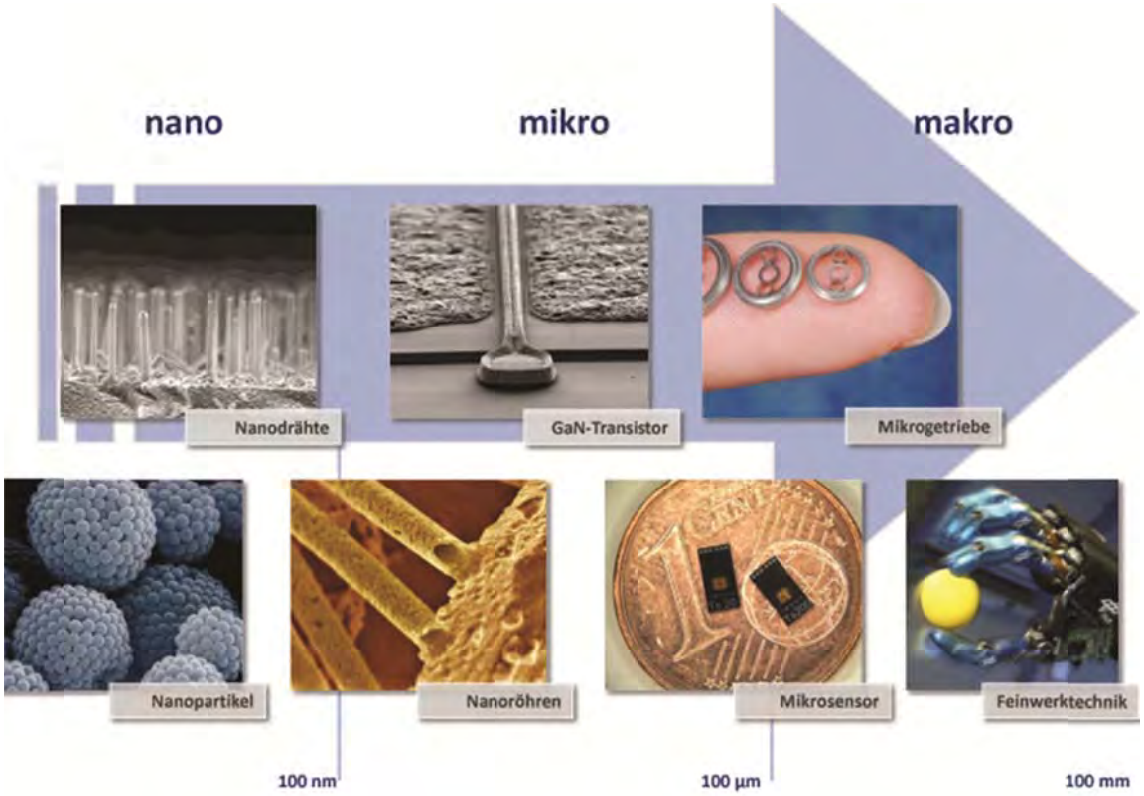


Abbildung 2 Dimensionen und Beispiele in der Nano-, Mikro- und Makro-Welt

Überwiegend bewegen sich die Größen der technischen Systeme im Millimeter- oder Zentimeterbereich, ihre funktionsbestimmenden Element – etwa Schichtdicken von mikroelektronischen Schaltkreisen - jedoch im Mikro- und Nanobereich.

In der jüngsten Zeit sind die Forschungen und technischen Entwicklungen zum Verständnis für die Physik und Chemie der Nanomaterialien und Nanotechnologien fortgeschritten. Diese Entwicklungen haben eine Vielzahl neuartiger, nanoskaliger Basisstrukturen geschaffen, die interessante Möglichkeiten darstellen, neue Produkte zu erzeugen oder bestehende zu verbessern.

Die vorliegende Potentialanalyse zeigt, wie sich die neuartigen nanoskaligen Basisstrukturen in Produkte integrieren lassen. Diese Integrationsfunktion wird als Mikro-Nano-Integration (MNI) bezeichnet. Sie baut die Brücke zwischen den Nanostrukturen und der makroskopischen Anwendungsumgebung. Für das Verständnis bildet die Mikrosystemtechnik und die Nanotechnologie die Basis. Sie werden in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

3.1 Mikrosystemtechnik

Eine gebräuchliche Definition (1) beschreibt die Mikrosystemtechnik (MST) wie folgt:

„Die Mikrosystemtechnik umfasst den Entwurf, die Fertigung und die Applikation von miniaturisierten technischen Systemen, deren Bauteile und Komponenten typische Strukturgrößen bzw. Toleranzen im Mikrometer- bis Nanometerbereich besitzen."

Die MST kann durch ihre Wortbestandteile „Mikrotechnik“ und „Systemtechnik“ näher hinsichtlich der angewendeten Technologien und Arbeitsgebiete charakterisiert werden (Abbildung 3).

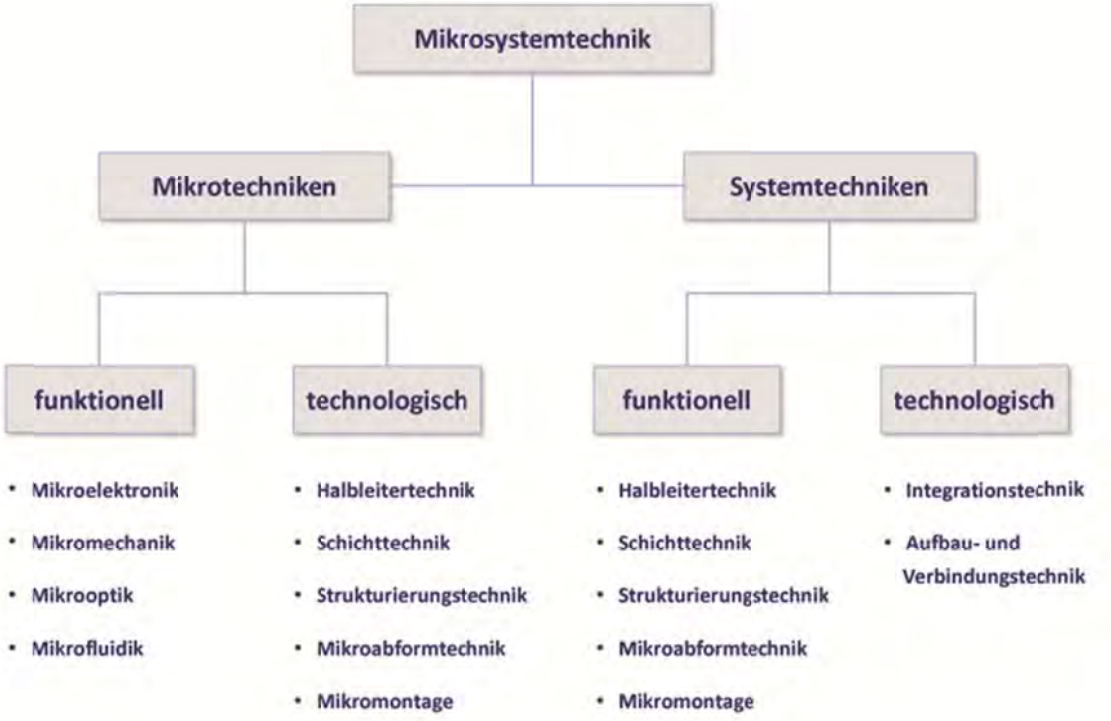


Abbildung 3 Begriffsdefinition der MST nach (1)

3.1.1 Mikrotechnik

Die Mikrotechnik ist die Fertigungstechnik für zwei- oder dreidimensionale Strukturen mit Abmessungen im Mikrometer- bis Nanometerbereich bzw. für Formteile mit Maßtoleranzen in diesem Größenbereich. Die meisten dazu benötigten Verfahren stammen aus der Halbleitertechnologie bzw. Mikroelektronik oder der Feinwerktechnik.

Die genaue Strukturerzeugung erfolgt vorwiegend mit Hilfe der Fotolithographie auf Scheiben-Wafern – in Batchfertigung. Durch Vereinzeln entstehen separate Bauteile, wobei mehrere Bauteile durch Mikromontageverfahren zu Komponenten zusammengefasst werden können.

Die Weiterentwicklung der feinwerktechnischen Fertigungsverfahren stellt Alternativen für größere Maßtoleranzen bereit. Für kleine Stückzahlen bietet die Mikroelektroerosion Kosten- und Geschwindigkeitsvorteile. Für die Massenproduktion konnten sich Mikrospritzguss und die Mikrogalvanik etablieren.

3.1.2 Systemtechnik

Mikrosystemtechnik ist das Verknüpfen der einzelnen Technologien und Komponenten zur Herstellung eines Mikrosystems. Mikrotechnische Komponenten wie Mikrosensoren, Mikroaktoren, Mikrokanäle und Signalverarbeitungsmodule werden integriert zu mikrosystemtechnischen Produkten.

Ein Mikrosystem umfasst mehrere Funktionen und ist aus mehreren mikrotechnischen Komponenten aufgebaut. Funktionell lässt sich eine Hierarchie im Mikrosystem definieren (Abbildung 4).

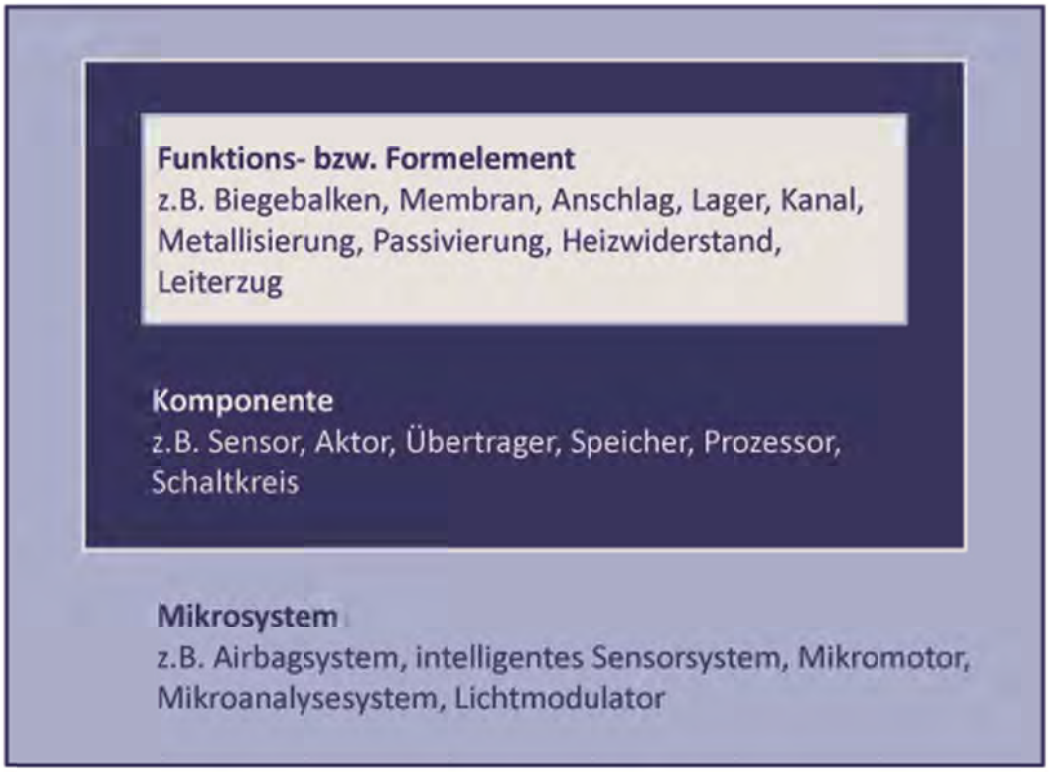


Abbildung 4 Aufbauhierarchie von Mikrosystemen nach (1)

Mit Fertigungsverfahren der Mikrotechnik werden Funktions- und Formelemente – beispielsweise ein Biegebalken oder eine Membran – zu einer Komponente – beispielsweise einem Beschleunigungssensor- integriert, die zusammen mit mikroelektronischen Komponenten ein Mikrosystem ergeben. Ein Beispiel dafür ist ein intelligentes Beschleunigungssensorsystem für die Steuerung eines Airbagsystems in einem Fahrzeug.

In den letzten Jahrzehnten sind viele mikrotechnische Komponenten und Mikrosysteme entwickelt und in konkrete Produkte wie Drehratensensoren im Automobil, Drucksensoren in der industriellen Prozessautomatisierung oder Mehrachsenbeschleunigungssensoren im Mobiltelefon und der Spielekonsole überführt worden. Die wesentlichen Anwendungsbereiche von Mikrosystemen sind:

- Automobil-, Luft- und Raumfahrtelektronik
- Peripherie-/Endgeräte der Informationstechnik, wie Handys und Mikrofone
- Konsumelektronik
- Telekommunikation
- Industrieelektronik
- Prozessautomatisierung
- Medizintechnik
- Umwelttechnik

Durch die fortgeschrittene Systemtechnik sowie die zentrale Rolle der Mikrosysteme in Geräten und Prozessen lässt sich in der MST beispielweise mit wenig Material- und Energieeinsatz eine große Wertschöpfung realisieren.

3.2 Nanotechnologie

Ein Nanometer entspricht dem Durchmesser weniger Atome. Bei diesen Dimensionen machen sich charakteristische Effekte und quantenmechanische Phänomene bemerkbar. Materialien besitzen in diesen Größenordnungen besondere Eigenschaften, die von Größen-, Struktur-, Oberflächen- bzw. Grenzflächeneffekten hervorgerufen werden.

3.2.1 Definition

Die Begrifflichkeiten der Nanotechnologie ist noch nicht einheitlich definiert. Die Internationale Standardisierungs-Organisation (ISO) fasst den Begriff mit folgenden Punkten zusammen: (Abbildung 5 und Abbildung 6)

Abbildung 5 Definition der Nanotechnologie nach (5)

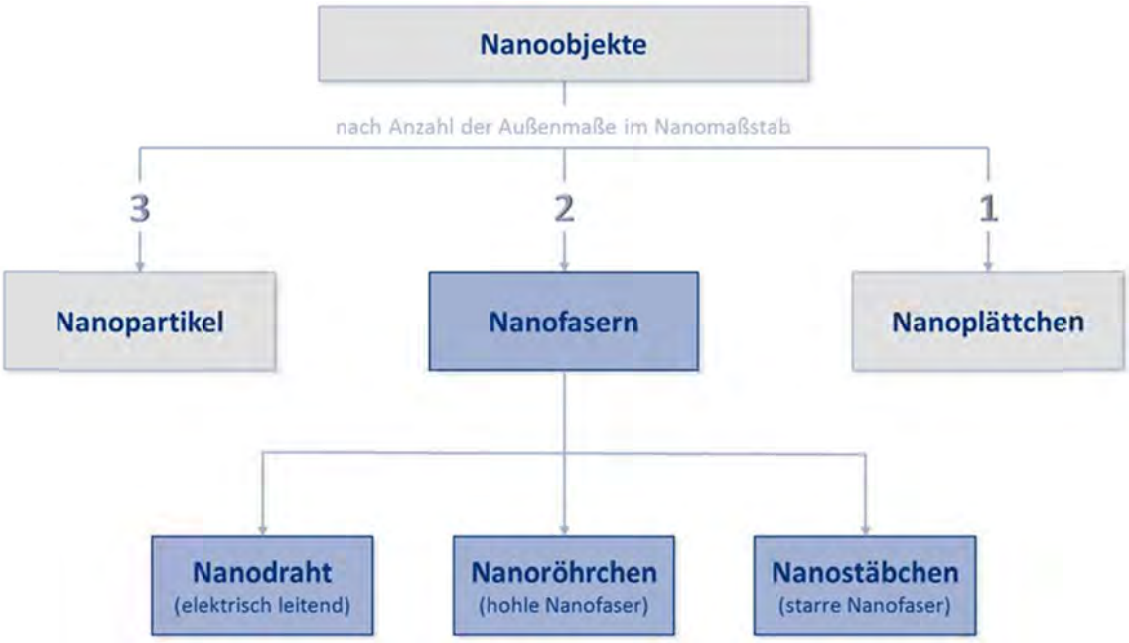


Abbildung 6 Nanotechnologische Begriffe und Einordnung nach (5)

- Die Nanotechnologie befasst sich mit Strukturen, die kleiner als 100nm sind. Einzelne Nanoobjekte werden gezielt hergestellt und gehandhabt.
- Es kommen neuartige charakteristische Effekte und Phänomene zum Einsatz. Diese Effekte werden genutzt, um Produkte herzustellen und/oder Prozesse zu betreiben.

3.2.2 Neue Funktionen

Neben der Materialzusammensetzung und der Form von Nanopartikeln lassen sich Eigenschaften allein durch die Partikelgröße bzw. Schichtdicke einstellen. Jede physikalische Eigenschaft hat eine kritische Länge, wie etwa die Abschirmungslänge von Elektronen, die von der minimalen Schichtdicke einer blickdichten Metallbeschichtung bekannt ist. Mit diesen Kenntnissen können die Eigenschaften der mikro- und makroskopischen Produkte durch eine Beschichtung oder einen kontrollierten Aufbau aus Nanomaterialien gezielt herbeigeführt werden. Solche neuen Funktionen sind z.B. Haftung zwischen Oberflächen und Verbessern der Fließeigenschaften.

3.2.3 Aktivitätsfelder der Nanotechnologie

Die Grundbausteine der Nanotechnologie sind nanoskalige Basisstrukturen (Abbildung 7). Die Nanotechnologie befasst sich mit deren Wirkungsweise, Herstellung, Charakterisierung und Modifikation.

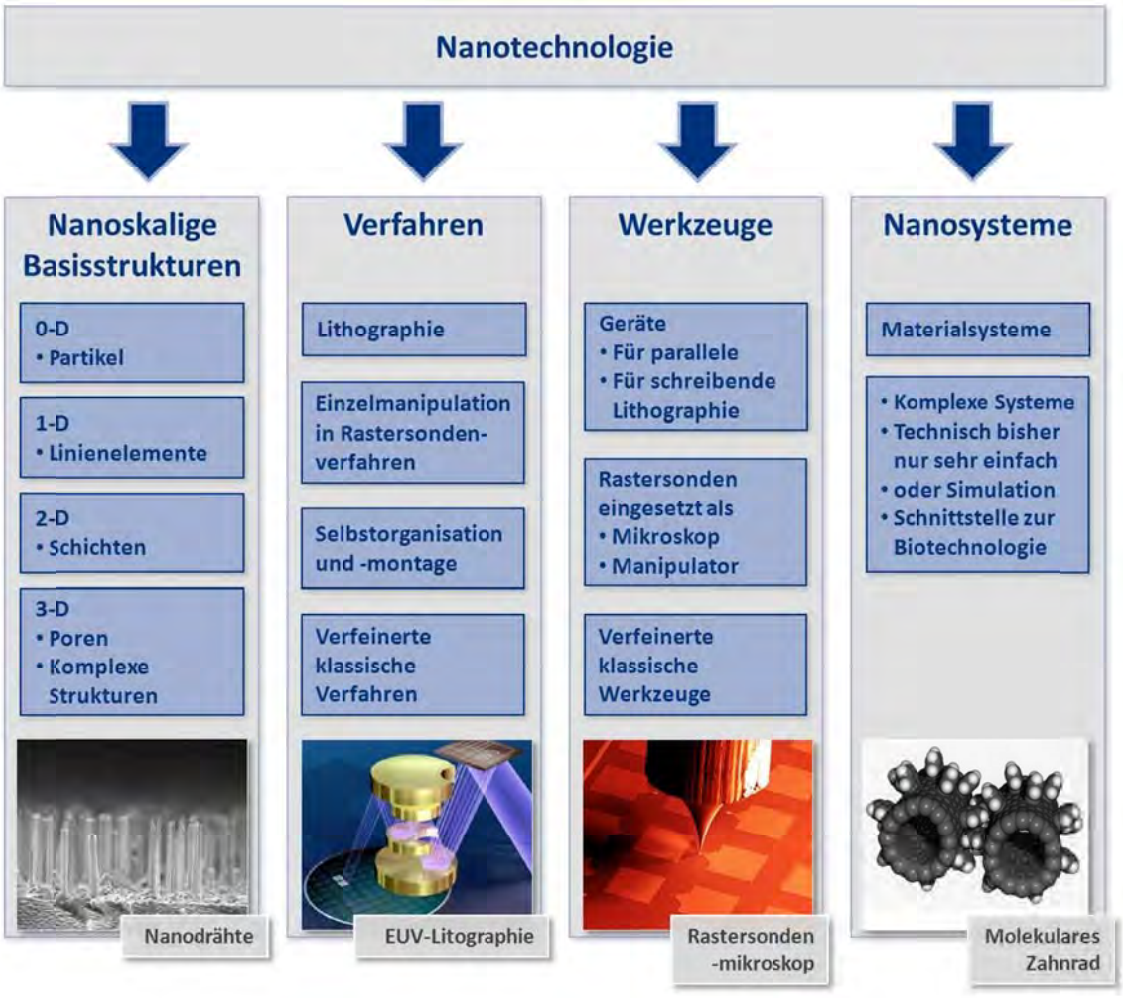


Abbildung 7 Aktivitätsfelder der Nanotechnologie (Quelle: IMMS)

Mit chemischen und physikalischen Verfahren lassen sich die Eigenschaften dieser Basisstrukturen an die jeweilige Anwendung anpassen bzw. dafür einsetzen. Die Kombination dieser Aktivitätsfelder mit den Werkzeugen der Nanotechnologie wird den Aufbau von Nanosystemen ermöglichen. Bei ihnen liegen alle wesentlichen Abmessungen im Nanometerbereich.

3.3 Mikro-Nano-Integration

Allein durch ihre Größenordnung haben die Mikrosystemtechnik und die Nanotechnologie technologisch eine große Schnittmenge. Außerdem verwenden sie gleiche Verfahren und Werkzeuge. Es liegt somit nahe, die beiden Querschnittstechnologien in Verbindung zu bringen, um völlig neue Produkte entwickeln und neue Märkte zu erschließen.

Für beide Technologien eröffnet sich ein interessanter Markt, denn die MST ist sowohl im Mittelstand als auch bei großen Unternehmen etabliert. Der Verbraucher nimmt die Mikro-Nano-Integration (MNI) gegenwärtig nur mittelbar in technischen Systemen wahr. Zukünftig wird er sie etwa in gedruckter Elektronik in der Kleidung oder in modernen Speichern in mobilen Endgeräten erleben (Kapitel 4.2.).

Technisch behandelt die Mikro-Nano-Integration die Einbettung nanoskalierter Basisstrukturen in Mikrosystemen. Sie umfasst außerdem den Einsatz nanotechnologie-basierter Effekte zur Fertigung oder für den Betrieb von Mikrosystemen.

Bei der weiteren Miniaturisierung stößt die herkömmliche Aufbau-und Verbindungstechnik (AVT) an ihre Grenzen. Grenzflächenphänomene wie die Oberflächenspannung dominieren und geben beispielsweise die derzeitige minimale Größe von industriellen Verbindungskonstruktionen vor. Die Systemintegration in Richtung „More than Moore“ lässt sich vor allem durch die Mikro-Nano-Integration fortschreiben (Abbildung 8).

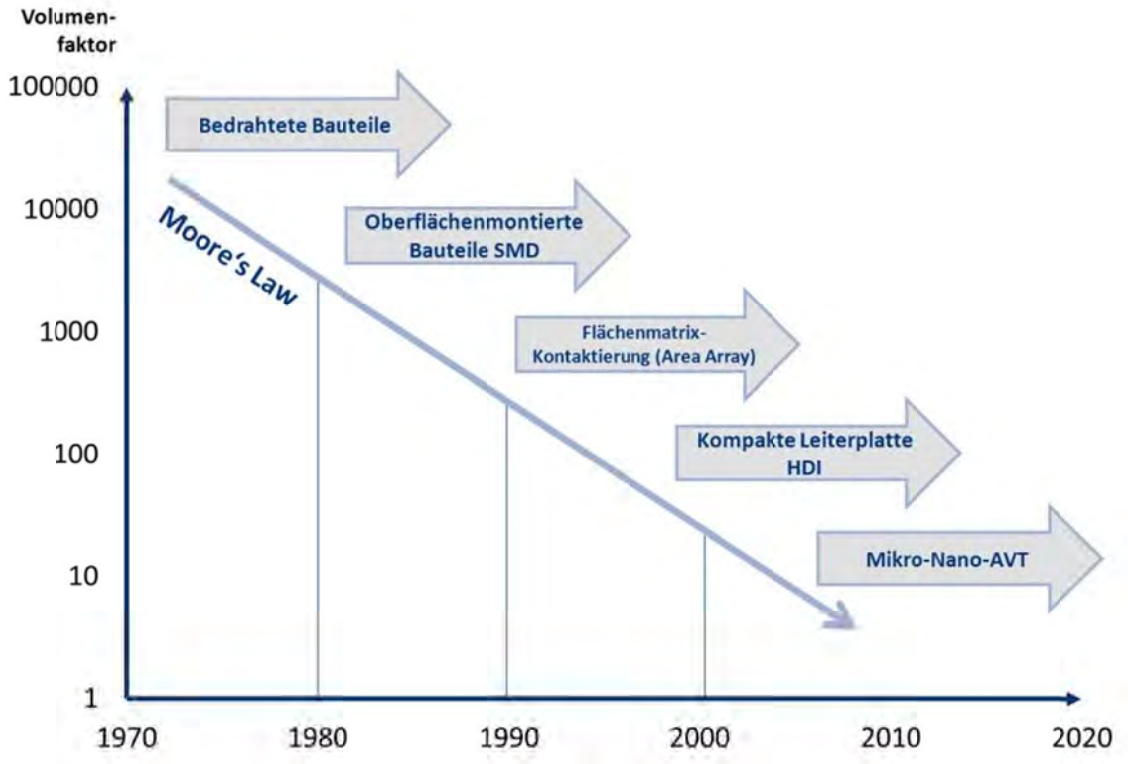


Abbildung 8 Trends in der Systemintegration (Beispiel AVT)

4 Trends und Potenziale der Mikro-Nano-Integration

Die Verbindung der existierenden Mikrotechnologie mit der neuen Nanotechnologie wird es uns erlauben, neue extrem konkurrenzfähige Produkte zu entwickeln und unsere deutsche Wirtschaft zu stärken. Wir streben einen engen Schulterschluss zwischen der universitären Forschung und der industriellen Entwicklung an, um dies zügig umzusetzen."

Prof. Dr. Max Fleischer, Senior Principle Key Expert, Siemens Corporate Technology

4.1 Schlüsseltechnologien

Die NANOfuture Roadmap für Europa (Abbildung 9) geht von 5 „Key Nodes" und 7„nano-enabled value chains" als Quelle neuer Wertschöpfung und zukünftiger Absatzmärkt aus. Abbildung 10 zeigt die adressierten Branchen (VC1…VC7) und die Herausforderungen an die Forschung.

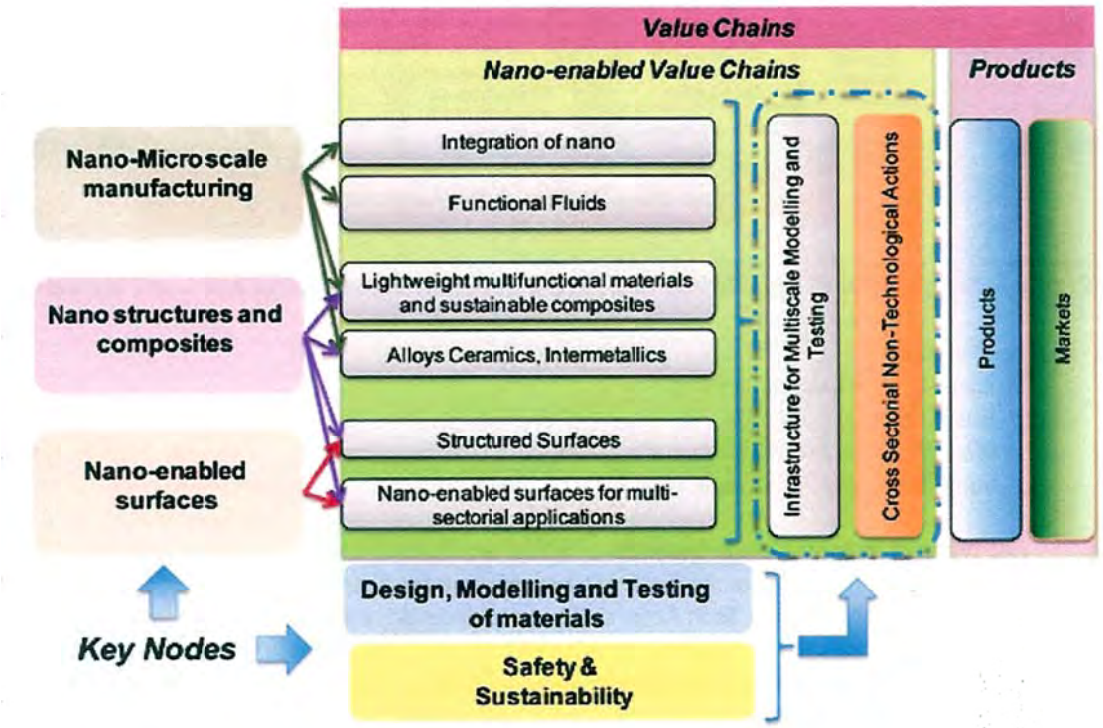


Abbildung 9 Overview of the NANOfutures Roadmap (6)

Die Studie von Lux Research (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) prognostiziert einen Anstieg des Weltmarktes von MNI-Produkten auf ca. 3 Billionen Dollar in 2015. Den größten Einfluss soll die Nanotechnologie dabei auf die Bereiche der Materialien und der Produktionstechnik ausüben (Anstieg auf 1700 Mrd. Dollar 2015), gefolgt vom Elektronikbereich (u.a. Halbleiter, Displays, Batterien) mit einem Wachstum auf 970 Mrd. Dollar 2015 sowie dem Gesundheitsbereich (Pharmazie, Medizintechnik und Diagnose) mit einem Anstieg auf 310 Mrd. Dollar 2015.
Das Marktpotential der Nanotechnologie im Jahre 2015 entspräche damit ca. 15% des weltweiten Industriegütermarktes. Das würde bedeuten, dass ein großer Teil der globalen Güterproduktion beispielsweise in den Bereichen Chemie/Pharma, IKT, Automobil- und Maschi-

nenbau sowie der Energie- und Umwelttechnik auf der Anwendung nanotechnologischen Know-hows basieren würde.

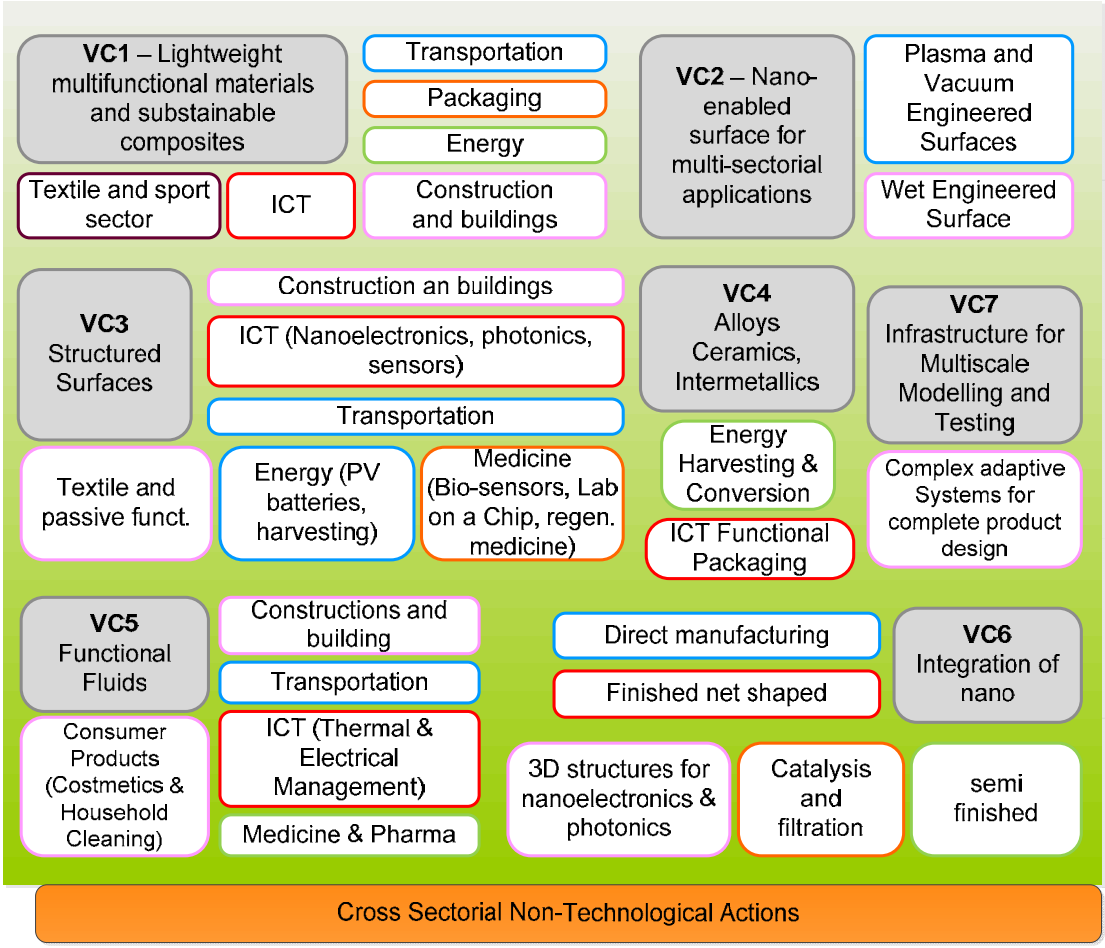


Abbildung 10 Overview of the NANOfutures Nano-enabled Value chains and Lead Markets (6)

Andere Abschätzungen (9) und (10) gehen für den genannten Zeitraum von Marktpotentialen in einer Größenordnung von bis zu 1,5 Billionen Dollar aus.

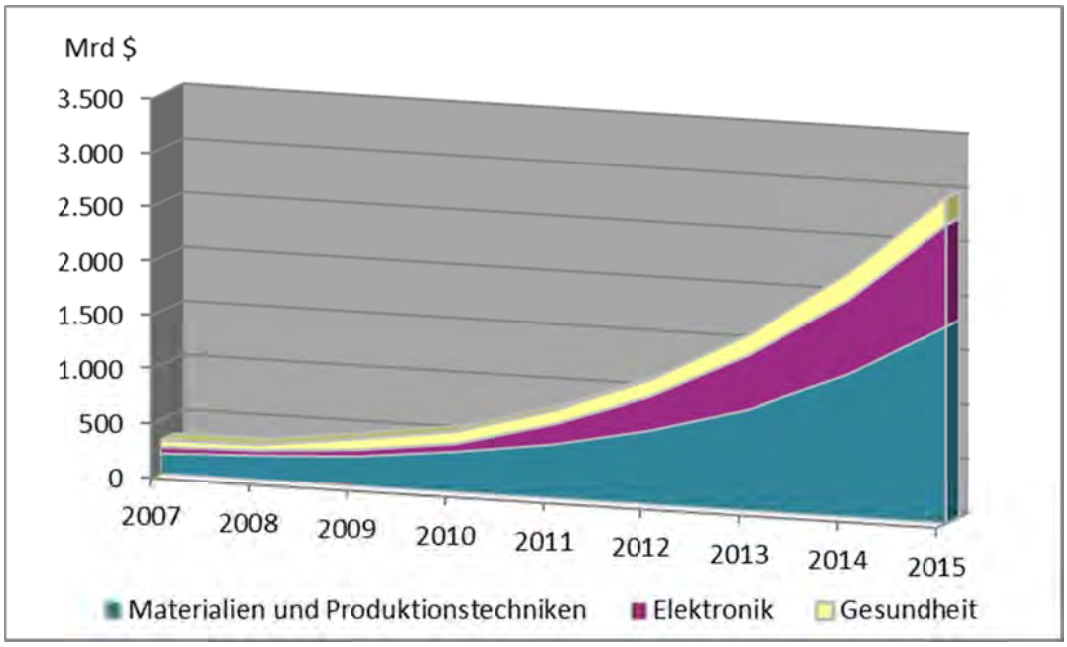


Abbildung 11 Entwicklung des Weltmarktes nanooptimierter Produkte (8)

Während die genannten Zahlen eine Orientierungshilfe zur Bewertung der volkswirtschaftlichen Hebelwirkung geben können, erfordern marktwirtschaftlich orientierte Analysen detailliertere und differenziertere Aufschlüsselungen nach den jeweiligen Marktsegmenten.
Bezüglich der Branchenzuordnung (Abbildung 12) ist festzustellen, dass ca. 60% der MNI- Unternehmen dem Verarbeitenden Gewerbe zuzurechnen sind. Der Bereich Medizintechnik/Messtechnik/ Optik liegt an erster Stelle vor der chemischen Industrie, dem Maschinen- und Gerätebau und anderen Industriebranchen.
Ein großer Teil der ostdeutschen MNI-Unternehmen generiert ihre Hauptumsätze nicht mit dem Verkauf von Nanoprodukten, sondern mit Service-, Beratungs- und FuE Dienstleistungen. Dies bestätigt die Einschätzung, dass die Nanotechnologie eher als Know-how-Träger und enabling technology in früher Stufe der Wertschöpfungskette einzuordnen ist und weniger als ein eigenständiger Industriezweig im produzierenden Gewerbe. Der relativ große Anteil an FuE Unternehmen belegt den hohen Innovationsgrad des Technologiefeldes. Dies belegt auch die Positionierung der MNI in Thüringen. Abbildung 13 zeigt in einer Übersicht die Vielfalt der Schlüsseltechnologien und die Breite der Zielmärkte.

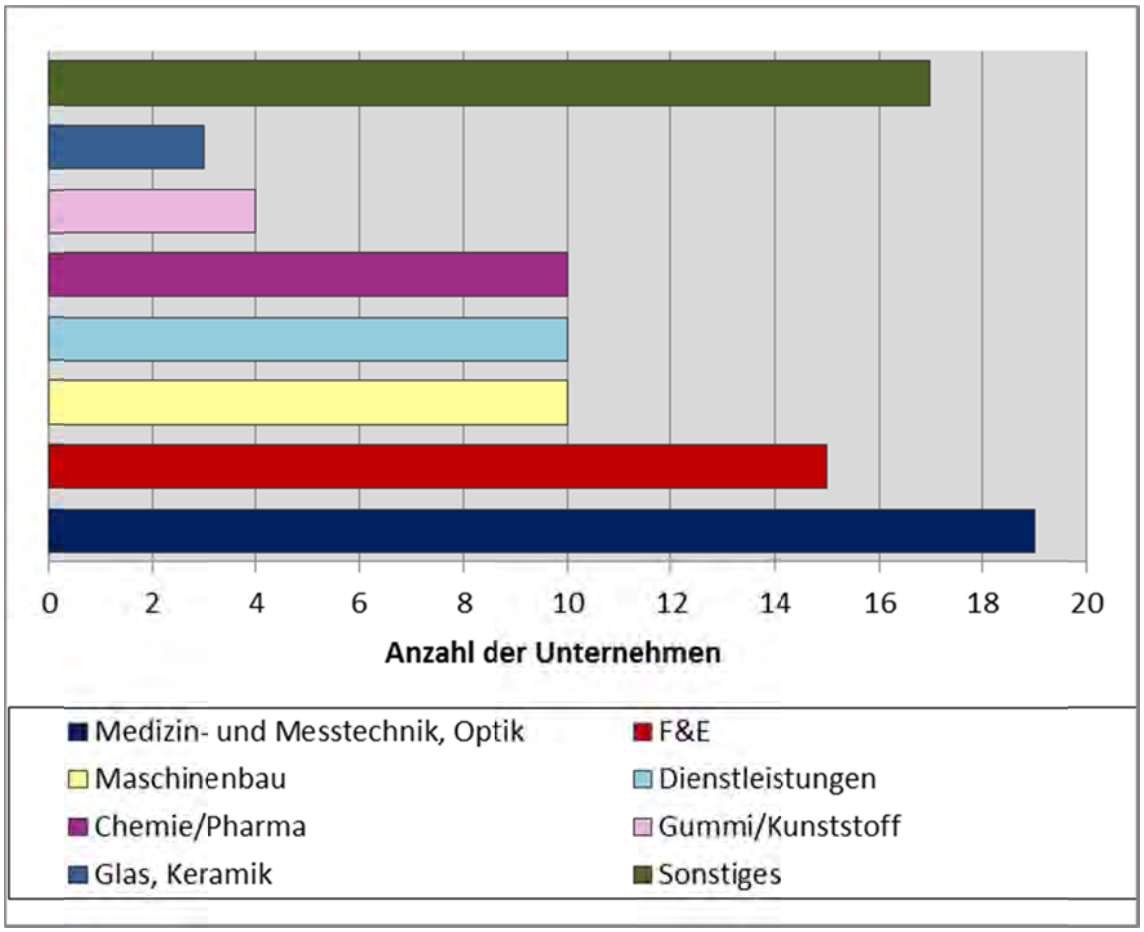


Abbildung 12 Branchenzuordnung ostdeutscher Nanotechnologie-Unternehmen entsprechend Branchenschlüssel WZ 93 (11)

Während mittelfristige MNI-Entwicklungen (5 Jahre) zu schrittweisen Verbesserungen bereits bestehender Technologien führen, zeichnen sich für einen längeren Zeithorizont fundamentale neue Produktionsprinzipien und Technologien ab. Hier werden beispielsweise solche Merkmale wie Selbstorganisationsmechanismen und aktive intelligente Nanosysteme mit Fähigkeiten zur Adaption und Selbstheilung eine Schlüsselrolle spielen. Langfristig wird ein Verschmelzen der Querschnittstechnologien wie Biotechnologie, der Nanotechnologie, MNI und der Informationstechniken prognostiziert (2)(4)(6)(7).

Anwendungsfelder (allgemein)	Schlüsseltechnologien (Thüringen)	Zielmärkte
o Werkstoffe / Chemie	o Mikrooptik	o Sensorik und Messtechnik
o Gesundheit	o Mikrosensorik	o Medizin / -technik, Life Science
o Information und Kommunikation	o Mikro- / Nanoelektronik	o Erneuerbare Energie / Umwelt
o Maschinenbau	o Optoelektronik	o Automatisierungstechnik
o Energie / Umwelt	o Mess- und Prüftechnik	o Telekommunikation
o Konsumgüter	o Mikrofluidik / -analytik	o Geräte- / Maschinen- / Anlagenbau
o Mobilität und Transport	o Mikromechanik	o Automobilbau
o Textil- und Bausektor	o Mikrosystemtechnik	o Textilindustrie (funktional)

Abbildung 13 Übersicht der Schlüsseltechnologien und Zielmärkte der MNI in Thüringen

4.2 Wirtschaftliche Potentiale

Durch die Mikro-Nano-Integration wird der Anwender neuartige Produkte, wie z.B. Geruchssensoren – „elektronische Nase“- über kürzere Analysezeiten (beispielsweise bei der Blutuntersuchung beim Arzt), angeboten bekommen und Produktverbesserungen bemerken.

Die Endkunden und Konsumenten nehmen die verbesserten Eigenschaften der Fahrzeuge, Hausgeräte, Bekleidung, Anlagen und Maschinen wahr:

- direkt beispielsweise bei der berührungslosen Temperaturmessung in modernen Fieberthermometern,
- indirekt durch verbesserte Endproduktеigenschaften wie erhöhte Sicherheit im Fahrzeug oder geringere Leistungsaufnahme des Mobiltelefons.

Die Mikro-Nano-Integration bietet vielfältige Chancen für alle, die aktiv am Wertschöpfungsprozess von MNI-Produkten beteiligt sind. Dies betrifft:

- die Zulieferer von Nanomaterialien und Fertigungsgeräten sowie zugehörige Dienstleistungen.
- die Hersteller nanotechnisch veredelter Mikro-Bauelement und Mikrosysteme. Hierzu gehören insbesondere Hersteller von Sensoren, Aktoren und mikroelektronischer Systeme.
- die Anwender dieser Bauelemente und Mikrosysteme in Instrumenten, Geräten und Produkten.
- die Systemhersteller, die diese Instrumente und Geräte in vielfältigen Produkten integrieren wie Fahrzeuge, Gebäudetechnik, Maschinen und Anlagen sowie in Konsumprodukte.

Diesen Zusammenhang lässt sich in einer vereinfachten Wertschöpfungskette darstellen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

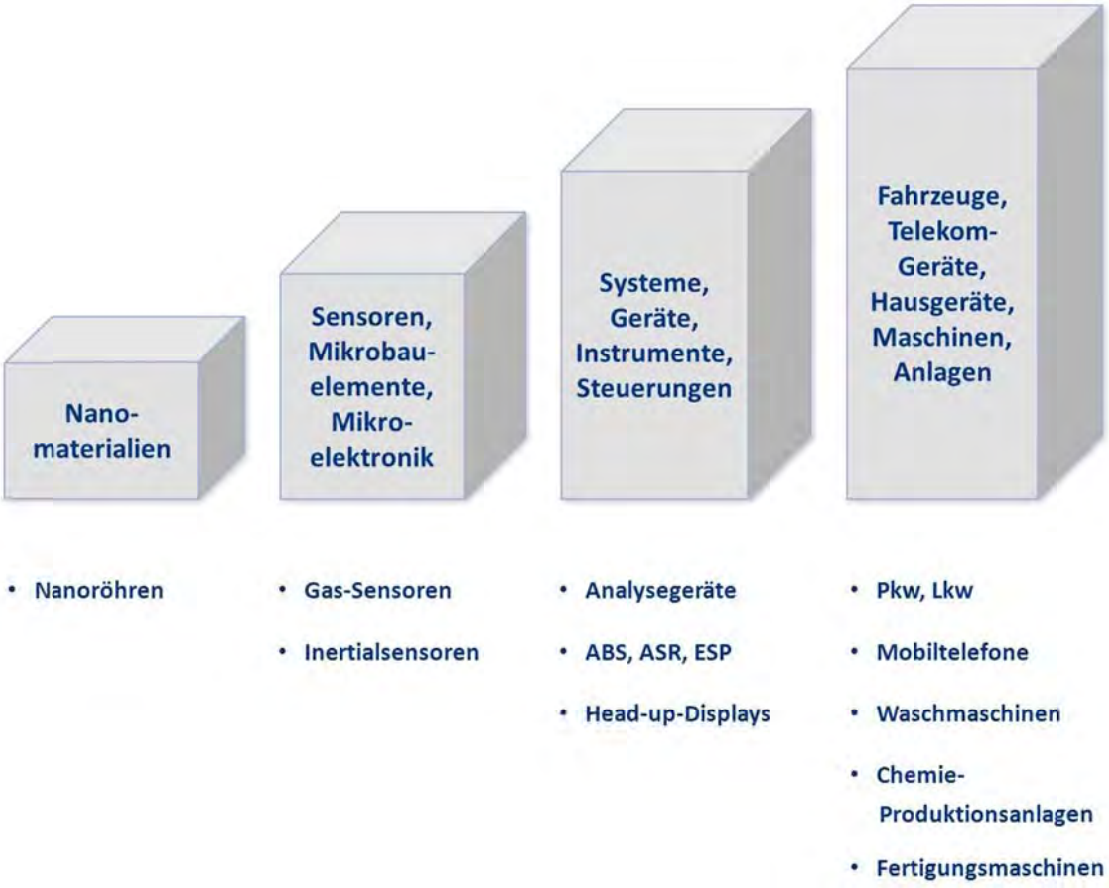


Abbildung 14 Wertschöpfungskette von Nanomaterialien hin zu Anwendungen (5)

Durch Nanomaterialien werden die Eigenschaften von Sensoren verbessert, die wiederum in Geräten und Systemen eingesetzt werden und deren Leistungsfähigkeit beziehungsweise Wettbewerbsfähigkeit erhöhen.

Die Mikro-Nano-Integration ist gleichermaßen für Großbetriebe wie für kleine und mittelständige Unternehmen (KMU) von strategischer Bedeutung. Die großen Unternehmen bedienen überwiegend Massenmärkte, bei denen ein hoher Preisdruck durch internationalen Wettbewerb herrscht. Ein Beispiel hierfür ist der Markt für MEMS (Microelectromechanical systems) (Abbildung 15).

KMU fokussieren sich oft auf Spezial- und Nischenmärkte, in denen eine sehr hohe Qualität der Produkte und kundenspezifischen Lösungen entscheidend sind (4). Damit sind KMU in der Regel schneller bereit, neue Materialien und Technologien aufzugreifen. Die Mikro-Nano-Integration gehört dazu. Das zeigt sich auch in der Investitionsfreudigkeit der Branchen MST und Sensorik (2): Im Geschäftsjahr 2012 tätigten die AMA Mitglieder etwa 9% höhere Investitionen – und dies nach einem bereits investitionsstarken Vorjahr, das mit einem Plus von 16% abschloss. Auch für 2013 prognostizieren die Unternehmen einen weiteren Investitionsanstieg von gut 2%. Der Arbeitsmarkt spiegelt dies mit einem Personalzuwachs von fast 3% wider.

Derzeit gibt es keine allgemein akzeptierten aussagekräftigen Daten zu Marktchancen, da auch die Definitionen und Abgrenzungen der Produkte und Anwendungsfelder von der MNI fließend sind. Die Potentialanalyse sieht die Produkte der MNI insbesondere in unterschiedli-

chen Sensoren der Mikrosystemtechnik sowie in Aktoren und Systemen mit Nano-Materialsystemen und die hieraus entstehenden neuen Anwendungen.

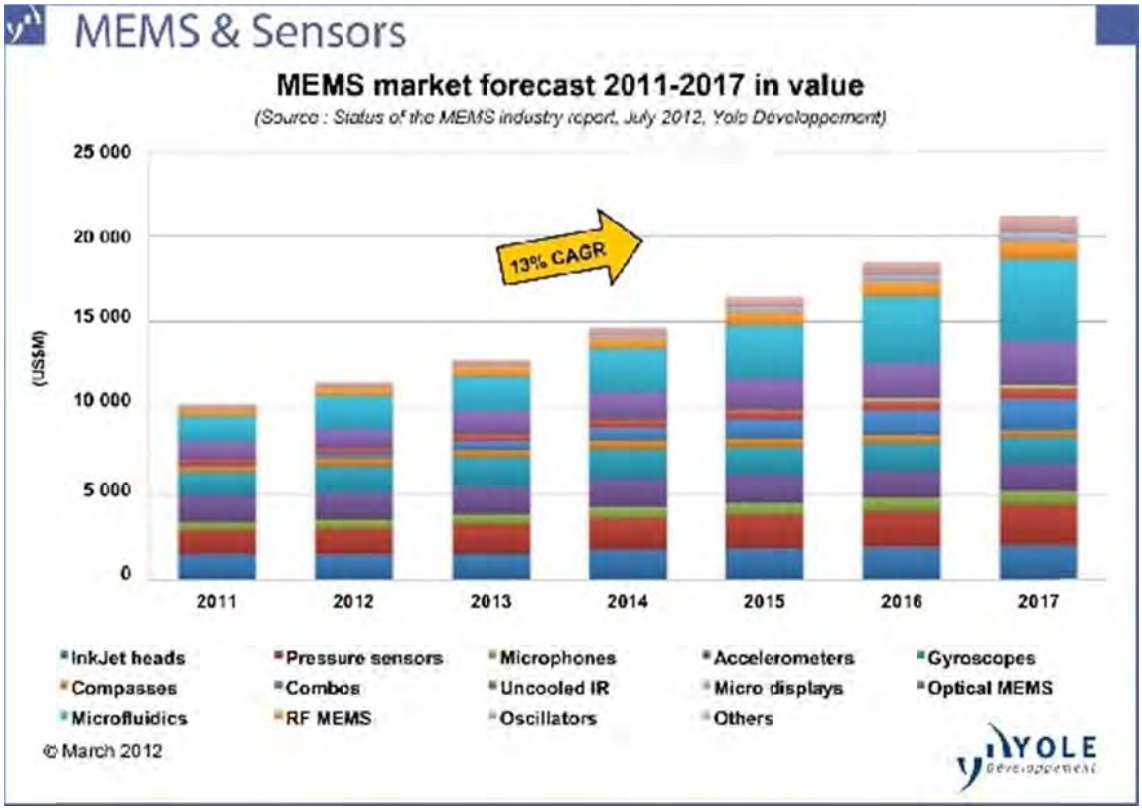


Abbildung 15 MEMS- Markt 2011-2017, Status of the MEMS industry report, July 2012, Yole Développement. (3)

4.2.1 Sensorik

Die Sensorik hat als Schlüsseltechnologie eine herausragende Bedeutung in nahezu allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens gewonnen. Es gibt kaum einen Produktionsbereich, in dem nicht elektronisch gemessen, geprüft, überwacht, geregelt oder automatisiert wird. Das reicht von der gesamten produzierenden Industrie über weite Bereiche des Handwerks bis hin zum privaten Umfeld jedes Einzelnen. Der private Nutzer wird mehr und mehr intelligente Umgebungen (ambient intelligence) wahrnehmen, sowie er heute schon teilweise Verkehrsleittechnik erlebt.

Die Markterwartungen an diese Schlüsselprodukte sind relativ hoch und nehmen weiter zu, so dass von einer Wachstumsbranche der nächsten Jahrzehnte gesprochen werden kann. Nach Schätzungen des AMA-Fachverbandes für Sensorik (2) liegt der Umsatz der deutschen Branche für Sensorik und Messtechnik pro Jahr bei rund 35Mrd.€. Das sind knapp 30% des Weltmarkts. Das Umsatzvolumen in Deutschland wächst jährlich um rund 2,7Mrd.€. Sensorsysteme aus deutscher Produktion werden zu ca. 35-40% direkt exportiert. Fügt man den indirekten Export hinzu (Maschinen, Anlagen und Produkte mit Sensorsystemen), dann dürfte die tatsächliche Exportquote deutscher Sensorsysteme bei ca. 60-70% liegen.

Die Sensorik-und Messtechnik-Branche umfasst insgesamt 2.000 bis 2.500 Firmen und Institute. Von den rund 800 Sensorherstellern in Deutschland sind ca. 85% kleine und mittelständige Unternehmen (KMU). Der größte Einzelmarkt für Sensoren ist die Automobilindustrie. Als

Hidden-champion hat die Branche ein durchschnittliches Wachstum in Deutschland von etwa 8% pro Jahr während der letzten 30 Jahre zu verzeichnen. Sensoren durchdringen zunehmend etablierte Anwendungssektoren und erschließen fortwährend neue Einsatzgebiete. Auch die neuen Zukunftsfelder sind ohne Sensoren undenkbar. Weder Produktionstechnologien, moderne Fahrzeuge und innovative Medizingeräte noch intelligente Stromnetze und Gebäudetechnik kommen ohne Sensoren aus. Dabei werden sie zugleich immer hochwertiger, spezifischer, robuster und zugleich oftmals intelligenter, kommunikativer und trotzdem preiswerter als die jeweiligen Vorgängergenerationen. Mit dem weiteren dynamischen Vordringen intelligenter Mobilfunkgeräte und Tablet PCs erhält auch der Sensorbedarf einen weiteren Schub.

Mit einer durchschnittlichen jährlichen Wachstumsrate von ca. 9% wächst der freie zivile Weltmarkt für Sensoren zwischen 2011 und 2016 von 119,4 auf 184,1 Mrd.€. Die Marktschätzung von Intechno Consulting (Abbildung 16) für das Jahr 2016 weist aus, dass insbesondere im Bereich der IKT der Bedarf an Sensoren drastisch steigen wird. Insgesamt beträgt der Anteil des Sensormarktes für Geräte, Systeme und Netze der Informations- und Kommunikationstechnologien dann beachtliche 22,9% und läge damit knapp über dem heute dominierenden Markt für Fahr-, Flugzeuge und Schiffe. (Intechno Consulting, 2012) Die westeuropäische Nachfrage nach Sensoren ist überwiegend im Bereich der etablierten Industrien zu finden. Demgegenüber sind die USA und Japan im Bereich der IKT führend, die wiederum das Hauptwachstumsfeld für die zukünftigen Sensormärkte bilden.

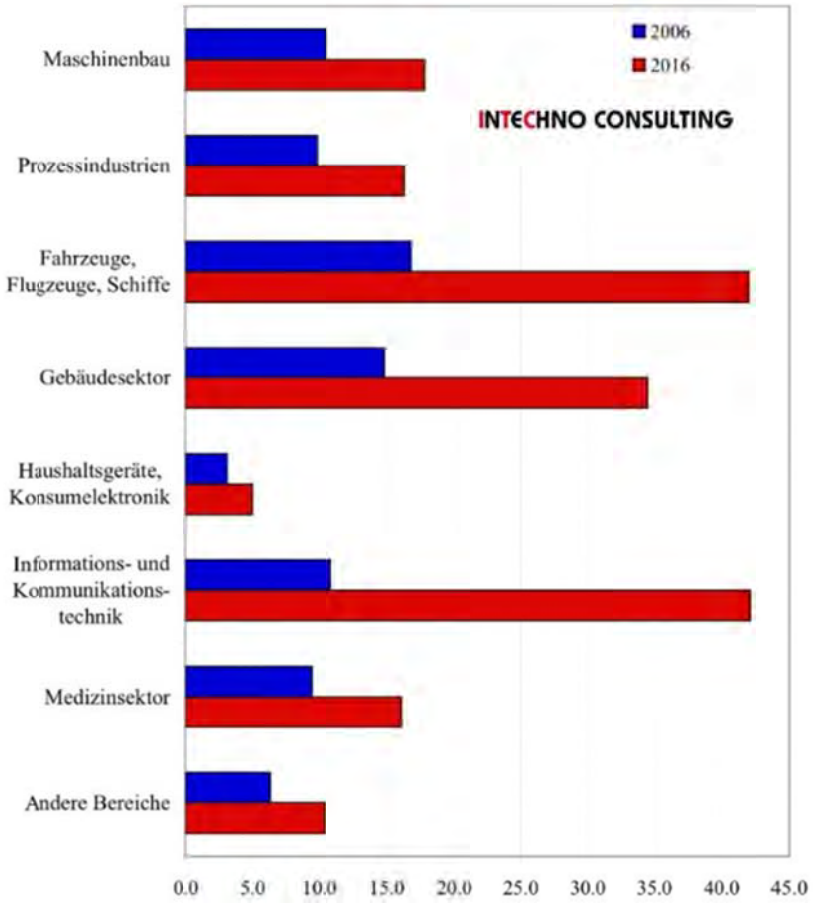


Abbildung 16 Die Entwicklung der weltweiten Sensormärkte 2006 bis 2016 in Mrd. € (Intechno Consulting, 2012)

Intechno Consulting sieht aber auch gerade in den Prozessindustrien eine zunehmende Bedeutung der Sensorik, so beispielsweise bei räumlich weit verteilten Anlagen sowie bei der

zustandsbedingten Überwachung (condition-based monotoring) von Maschinen und Ausrüstungen. Solche Funksensoren benötigen im Allgemeinen eine Batterie, die sich in Zukunft allerdings zunehmend durch die Einführung von „Energy-Harvesting"- Konzepten eliminieren lässt. Hier wird die Energie unmittelbar aus der Umgebung der Sensoren gewonnen (Bewegungswandler, Thermowandler, Vibrationswandler, Lichtwandler). Hier wird es sich insbesondere um Sensoren handeln, die in rauer Umgebung zuverlässig einsetzbar sind und für die noch innovative Lösungen gefragt sein werden.

Die Entwicklung des Marktes von der Komponentenfertigung hin zu integrierten, intelligenten und leicht adaptierbaren Lösungen für unterschiedliche Anwendungen, stellt ganz neue Anforderungen an die Branche. Neben dem Geschäft mit klassischen Subkomponenten und Sensorelementen geht es um eine Erschließung neuer Märkte für „intelligente" Sensoren (smarte Komponenten/Objekte).

Die Entwicklung smarter Objekte und autonomer Systeme, die mit Fähigkeiten versehen sind, sich selbständig über das Internet zu vernetzen, sich wechselnden Situationen anzupassen und mit Nutzern zu interagieren, wird wesentlich durch leistungsfähige sensorische Funktionen bestimmt. Sensorhersteller müssen dazu verstärkt Kompetenzen in wichtigen Anwendungsbereichen und in der Informatik aufbauen. Die Intensivierung des Dialogs zwischen Sensorherstellern, Systemintegratoren und Anwendern ist ein entscheidender Faktor für den Erfolg des Wirtschaftsstandorts Deutschland und Thüringen in diesem Bereich.

Technologisch ist es heute bereits möglich, Komponenten der Informations- und Kommunikationstechnologie und Sensorik in nahezu beliebigen Gegenständen des Alltags zu integrieren (Internet der Dinge/Dienste). Es sind aber noch erhebliche Schritte zu bewältigen, damit diese auch intelligent werden. In der weiteren Entwicklung stellen neben Softwaretechnik, insbesondere auch Aspekte wie hohe Sicherheitsanforderungen, haftungsrechtliche Fragen und Entwicklungskosten, vor allem für KMU, eine große Herausforderung dar. Dies gilt es gemeinsam zu bewältigen.

4.2.2 Mikrosystemtechnik

Die Mikrosystemtechnik hat in Deutschland ein hohes Anwendungsspektrum. Die Integration verschiedener Techniken ermöglicht neue Funktionen und Leistungen. Dadurch bietet Mikrosystemtechnik ein hohes Innovationspotenzial für eine Vielzahl von Branchen.

Deutschland ist nach den USA der wichtigste Produzent für Mikrosystemtechnik und insbesondere auch für die Herstellungsausrüstung. Bei innovativen Entwicklungen in diesem Bereich sind deutsche Unternehmen und Forschungsinstitute international ganz vorne zu finden. Sie setzen Mikrosystemtechnik ein, um traditionelle Basis- und Exportbranchen, wie Maschinen- und Anlagenbau, Elektroindustrie, Automobilbau und Informations- und Kommunikationstechnik noch leistungsfähiger zu machen. Auch in anderen Bereichen, wie der Bio- und Medizintechnik und der Photonik, wird die Mikrosystemtechnik weiter starke Innovationsimpulse liefern. Durch die intelligente Integration verschiedener Segmente, wie Mikroelektronik, -mechanik, -optik, -fluidik und Nanotechnologie, in kompakter Form werden neue Funktionen und Leistungen ermöglicht.

Die Mikrosensorik steht bei den deutschen Mikrosystemtechnik-Unternehmen und Instituten an erster Stelle. Über 30% der Einrichtungen entwickeln oder vertreiben miniaturisierte Sen-

soren. Die Mess- und Prüftechnik rangiert mit knapp 19% auf Platz vier. Die Plätze 2 und 3 nehmen die Mikrooptik (22,6%) und die Mikroelektronik (21,3%) ein. Der Werkzeug- und Anlagenbau, mit 15,7% an sechster Stelle unter den Technologien, ist ein wichtiges Standbein der deutschen Mikrosystemtechnik-Industrie. Der Maschinenbau ist Traditionsbranche und einer der stärksten Wachstumssektoren in Deutschland. Mehr als 20% aller Anlagen für Mikrosystemtechnik weltweit kommen aus Deutschland. Besonders stark im internationalen Vergleich ist Deutschland auch bei der Aufbau- und Verbindungstechnik (15,2%), die oft als Dienstleistung angeboten wird.

Mit Abstand der wichtigste Zielmarkt der deutschen Mikrosystemtechnik-Unternehmen und –Institute ist die Medizintechnik. 38% der MST-Einrichtungen liefern Mikrokomponenten und –systeme oder bieten Dienstleistungen für Hersteller medizinischer Geräte. Was für die Gesamtheit der Unternehmen gilt, trifft auch auf die meisten Cluster zu. In 12 von 20 Cluster steht die Medizintechnik als Zielmarkt auf Platz 1. Mit der Biotechnologie auf Platz 3 (22%) und der Chemie- und Pharmaindustrie auf Rang 8 (17,7%) spielen Life Science insgesamt eine wichtige Rolle als Märkte der MST-Industrie in Deutschland. Aufgrund der Vielzahl der Anlagen-Hersteller und Dienstleister in der deutschen MST-Landschaft ist die Mikrosystemtechnik der zweitwichtigste Zielmarkt der MST-Unternehmen.

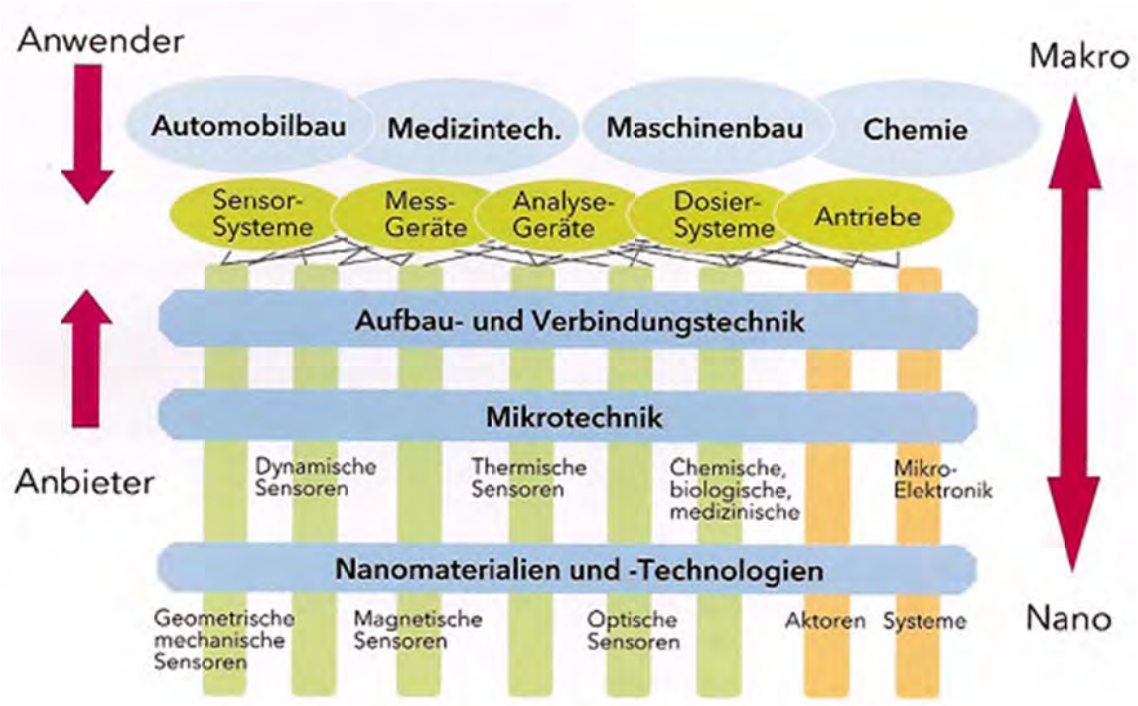


Abbildung 17 Hierarchieebenen in der MNI- Wertschöpfung

Die Mikrosystemtechnik hat eine hohe Ausstrahlungskraft auf viele Anwendungsbereiche. Sie besitzt als Querschnittstechnologie ein immenses Potenzial. Jedoch ist der Markt für Mikrosystemtechnik gerade deshalb schwierig zu segmentieren und zu quantifizieren. Eine Gliederung der Hierarchieebenen in der Wertschöpfung zur MNI und deren Anwendungen in der Makrowelt veranschaulicht Abbildung 17. Von der GMM (VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik) wird der Hebeleffekt bei Nutzung von Mikrosystemtechnik in Produkten auf den Faktor 25 geschätzt.

Für die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen ist die Mikrosystemtechnik ein hilfreiches Instrument. Viele Prozesse und Produkte können durch smarte Systemintegration effizienter gestaltet werden. Zukunftsfelder, wie Smart Home, Smart Grid, Smart Metering, Smart Labels (Funketiketten), AAL *(*Ambient Assisted Living*),* werden mit solchen Systemen erst ermöglicht. Das Marktforschungsunternehmen iSuppli rechnet damit, dass mit der neuen Generation mobiler Endgeräte der Mikrosystemanteil weiter stark ansteigen wird. Dazu gehören beispielsweise auch Mikrofone, GPS-Sender/Empfänger oder Bewegungssensoren.

Im Automobilmarkt wird der Bedarf nach dem Einbruch 2008 und 2009 schnell wieder anziehen. In Pkw der gehobenen Klasse finden sich heutzutage bereits mehr als 30 Mikrosensoren, so Angaben von iSuppli. Mit anziehender Kfz-Konjunktur und dem vermehrten Einsatz von Mikrosensoren auch in anderen Fahrzeugklassen sollte die Nachfrage deutlich zunehmen. Nach Informationen des AMA Fachverbandes für Sensorik setzen deutsche Anbieter mit Branchenprodukten und sensorspezifischen Dienstleistungen zwischen 30 Mrd. und 40 Mrd. € jährlich um.

Neben der Verbesserung von Produkten und Prozessen sollen Mikroformate das Leben erleichtern. So kann die Medizintechnik heutzutage Hörgeräte anbieten, die als winzige Implantate die Hörfähigkeit wieder herstellen. Komplexe, kleine Endoskope und Instrumente für minimalinvasive chirurgische Eingriffe gehören ebenfalls zu Errungenschaften der Mikrosystemtechnik. Sehbehinderte beispielsweise sollen durch eingepflanzte Mikrosensoren wieder einen Teil ihrer Sehfähigkeit zurückerhalten.

4.3 Produkte und Anwendungen

Die Mikrosystemtechnik und die Nanotechnologie sind Querschnittstechnologien, die in vielen Produkten Anwendung finden (siehe auch Abbildung 12). Da die Produkte der Mikrosystemtechnik sich in der Regel am Anfang der Wertschöpfungskette befinden und an Komponenten- und Subsystemhersteller geliefert werden, kann der Hebeleffekt bis zum Endprodukt um ein Vielfaches größer sein. Ihre wirtschaftlichen Potentiale bündeln sich in der Mikro-Nano-Integration. Sie ermöglichen eine beträchtliche Wertschöpfung. Daraus resultieren Produktionschancen für den Bereich der MNI.

4.3.1 Sensorik

Die Sensorik hat in der Mikrosystemtechnik einen hohen Stellenwert. Gleichzeitig profitiert sie von der Materialentwicklung und den Fertigungstechnologien der Mikroelektronik. So wurden beispielsweise Druck- und Beschleunigungssensoren entwickelt, die zu hochwertigen und dennoch kostengünstigen Massenprodukt weiterentwickelt wurden. Diese Entwicklung geht weiter, etwa in Richtung miniaturisierter Mikrofone, Mikro-Displays, Gassensoren, biochemische Sensoren und weitere mehr. Viele dieser Entwicklungen werden in den nächsten Jahren zu kommerziell erfolgreichen Produkten führen.

Die Nutzung von Nanomaterialien und Nanotechnologien für Mikro-Bauelemente und –Systeme eröffnet viele Perspektiven. Es können neuartige Bauelemente geschaffen werden und bestehende bessere Eigenschaften (Alleinstellungen) erhalten. Sie ermöglichen aber auch völlig neue Systeme zu realisieren. Aktuell wird an der Verbesserung bestehender Wirkprinzipien sowie an der Langzeitstabilität gearbeitet. Insbesondere bei chemischen und biologi-

schen Sensoren zur Messung von kleinsten Mengen interessierter Substanzen in Flüssigkeiten oder in Gasen sind große Fortschritte zu erwarten.

Sensoren für geometrische und mechanische Messgrößen

Drucksensoren finden vielfältige Anwendungen in der Industrie, im Automobilbau, in Haushaltsgeräten, in der Klimatechnik sowie in der Medizintechnik. Die Fertigungstechnik für Drucksensoren nutzen die Siliziumtechnik und im geringen Maße auch die Dünnschichttechnik und Dickschichttechnik (bei Keramikmembranen). Hier beginnt zurzeit die Nanotechnologie als Fertigungstechnologieschritt auf Basis von nanoporösem Silizium in Mikrobauelemente einzufließen. Für diese elektronischen Funktionen hat sich die CMOS-Technik als besonders günstig erwiesen. Die berührungslose Messung von geometrischen Größen wie Abstand und Position verlangt im Fertigungsprozess und in der Qualitätssicherung eine immer höhere Präzision.

Sensoren für dynamische Messgrößen – Inertialsensoren

Inertialsensoren sind Mikrosystemtechnik-Produkte in Silizium, die im Automobil beispielsweise zur Erhöhung der Sicherheit beitragen. Auch hier wird an einer weiteren Miniaturisierung der Sensoren und an der Integration der Auswerteelektronik auf einem Chip gearbeitet.

Magnetische Sensoren

Magnetoresistive Sensoren bieten hervorragende mikrosystemtechnische Lösungen für die Messung und Regelung von magnetischen, elektrischen und mechanischen Größen. Sie werden überall dort verstärkt eingesetzt, wo Bewegung kontrolliert und gesteuert wird, wo Wege, Winkel, Positionen, elektrische Ströme oder magnetische Felder gemessen und detektiert werden.

Thermische Sensoren

Die Temperatur hat auf sehr viele Prozesse Einfluss und daher einen hohen Stellenwert in der miniaturisierten Messtechnik. Es gibt heute eine Vielzahl von Temperaturmessmethoden und zugehörigen Sensoren, sowohl für die berührende Temperaturmessung als auch die berührungslosen Verfahren.

Die Mikro-Nano-Integration eröffnet den Weg zu wesentlich sensitiveren thermischen Sensoren.

Chemische, biologische und medizinische Sensoren

Chemische Sensoren bestimmen Art und Konzentration bestimmter Stoffe in Flüssigkeiten und Gasen. Die Industrie kombiniert die Sensoren in komplexen Analysesystemen. Für einige Aufgaben reichen einfache spezifische Einzelsensoren aus. Solche Sensoren haben entweder eine gewisse Selektivität für die zu messenden Größen, wie Sauerstoffkonzentrationen im Abgas oder Glukose im Blut. Sie können aber auch relativ unspezifisch auf oxidierende oder reduzierende Gaskomponenten reagieren, wie etwa Brandsensoren. Neue Forschungsprojekte konzentrieren sich auf die Herstellung und Systemintegration von dreidimensionalen strukturierten Kohlenstoff-Nanoröhren.

4.3.2 Aktorik

Aktoren setzen Dinge in Bewegung. Im täglichen Umfeld kennt man sie beispielsweise als Motoren im Kraftfahrzeug und als Elektromotoren in Haushaltsgeräten. In der Mikrowelt erzeugen sie überwiegend eine lineare Bewegung und funktionieren elektrisch. In der Makrowelt sind die Erdanziehungskraft und Inertialkraft (träge Masse) bestimmend für die Aktorik. In der Mikro- und der Nanoaktorik wirken Effekte, die sich aus der elektrostatischen Kraft und der thermischen Ausdehnungskraft ergeben. CNT- Aktoren und dielektrische Elastomeraktoren stehen im Forschungsfokus.

4.3.3 Mikroelektronik

Seit Beginn der industriellen Halbleiterfertigung treibt die Elektronik die Integration und Miniaturisierung voran. Immer mehr Bauteile und Funktionen auf kleinerem Raum führen zu leistungsfähigeren Komponenten. Der Übergang von der Mikro- zur Nanometerskala verdeutlicht die Grenzen der weiteren Verkleinerung. Er erfordert einen Paradigmenwechsel in der Fertigungstechnik.

Die Mikro-Nano-Integration in der Mikrosystemtechnik verwendet nanoskalige Basisstrukturen, die außerhalb des Mikrosystems gefertigt und in das Mikrosystem integriert werden. Die Tendenzen in der Entwicklung zeigen neue Möglichkeiten für die MNI in der Mikrosystemtechnik mit neuen Effekten in neuen Materialien, neuen Prozessen und neuen Integrationstechniken.

4.4 Trendorientierte Zukunftsfelder

Die Mikro-Nano-integration steht in enger Wechselwirkung mit den globalen Megatrends. Sie bieten eine Chance im Hinblick auf unternehmerische Potentiale und gesellschaftliche Entwicklungen. Megatrends wie Klimawandel, Demografie und Rohstoffknappheit haben große unternehmerische Auswirkungen und bieten gleichzeitig eine Fülle unternehmerischer Chancen. Und die unternehmerischen Antworten zeigen schon heute viele beispielhafte Gemeinsamkeiten:

> **Klimawandel:** erneuerbare Energie, Energieeffizienz, neue Energiekonzepte, moderne (ressourcensparende) Produktionsprozesse, GreenTech
>
> **Demografie:** Produktivitätssteigerung, Automatisierung, altersgerechte Produktionsstrukturen, neue Produkte, Mobilitätskonzepte
>
> **Rohstoffknappheit:** Energieeffizienz, neue Mobilitätskonzepte, ressourcensparende Produktionskonzepte, technologische Faktorsubstitution

Mit dem Aktionsplan zur Untersetzung der Hightech-Strategie 2020 (Abbildung 18) setzt die Bundesregierung mit dem Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ eine ambitionierte Zielmarke:

Deutschland soll als Anbieter und Anwender neuer und zukunftsweisender Technologien für die industrielle Produktion (i.e. Cyber-physikalische Produktionssysteme (CPPS)) zum Leitmarkt werden. Bei Industrie 4.0 geht es vor allem darum, neue Dimensionen in der internetbasierten Erfassung der Umwelt und Interaktion zu erschließen und die Autonomie von Systemen durch zunehmende kognitive Fähigkeiten weiter voranzubringen. Wichtig ist dabei, die wachsende Dynamik und Komplexität der Prozesse durch intelligente Verfahren zur Überwa-

chung, Analyse, Modellierung, eigenständige Kommunikation und (Selbst-) Steuerung zu beherrschen.

Abbildung 18 Wirtschaft-politische Zukunftsfelder (Konvergenzmärkte) – Smart X-Technologien basieren auf MNI-Technologien

Der Begriff „Industrie 4.0“ beschreibt den grundlegenden Paradigmenwechsel von einer zentralen zu einer dezentralen, autonomem Steuerung mit dem Ziel einer hochflexiblen Produktion individualisierter, digital veredelter Produkte und Dienste.

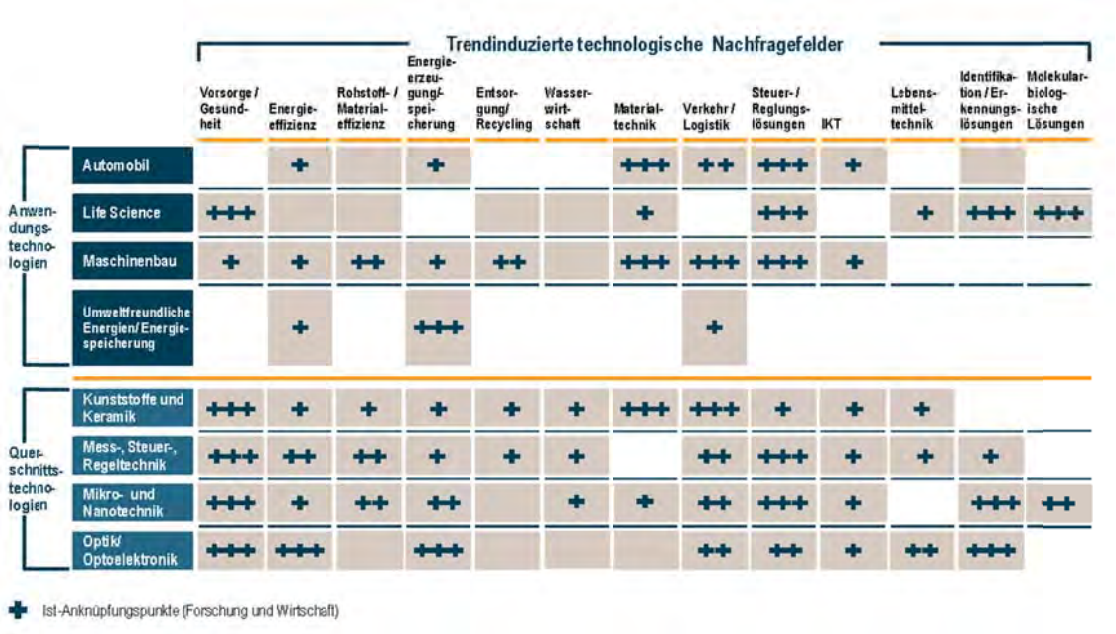


Abbildung 19 Wachstumsfelder der Thüringer Wirtschaft und technologische Nachfragefelder in Thüringen (nach: Trendatlas Thüringen 2012)

Klassische Branchengrenzen verschwinden, es entstehen neue, übergreifende Handlungsfelder und Kooperationsformen. Wertschöpfungsprozesse verändern sich, die Arbeitsteilung wird neu organisiert.

Analysiert man die von der Roland Berger Strategy Consultants im Trendatlas identifizierten Anwendungs- und Querschnittstechnologien (Abbildung 19), dann stellt man fest, dass es eine große Schnittmenge zwischen den Querschnittstechnologien gibt (Stellung in der Wertschöpfung, technologische Herausforderungen bei der Beherrschung von Komplexität, Fertigungstechnologien, …).

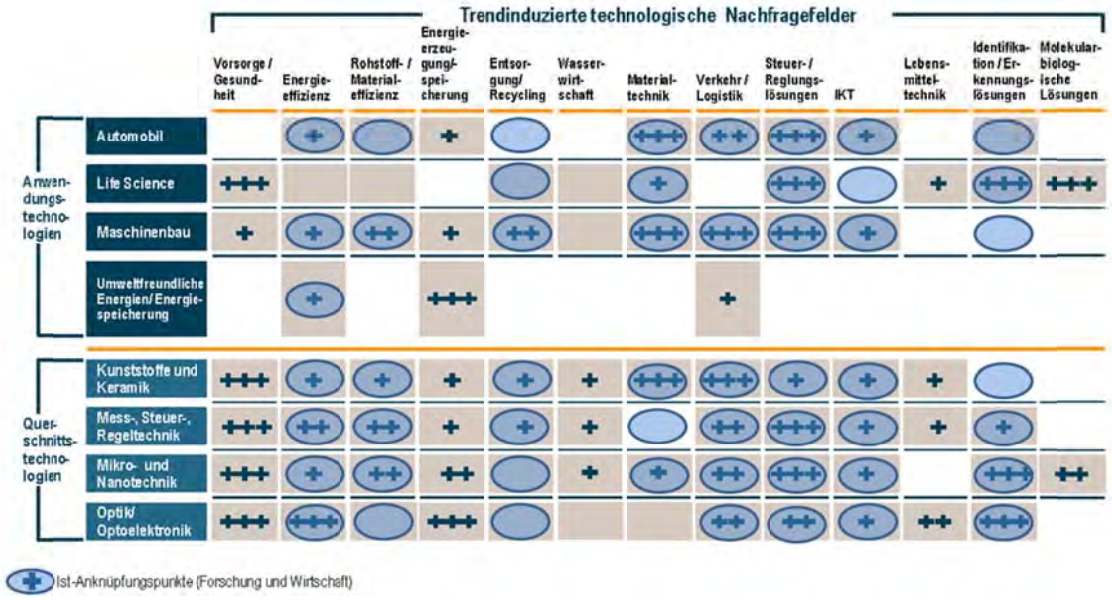


Abbildung 20 Zukunftsfeld „Industrie 4.0“ und die Konvergenz zu den Wachstumsfeldern der Thüringer Wirtschaft (nach: Trendatlas Thüringen 2012)

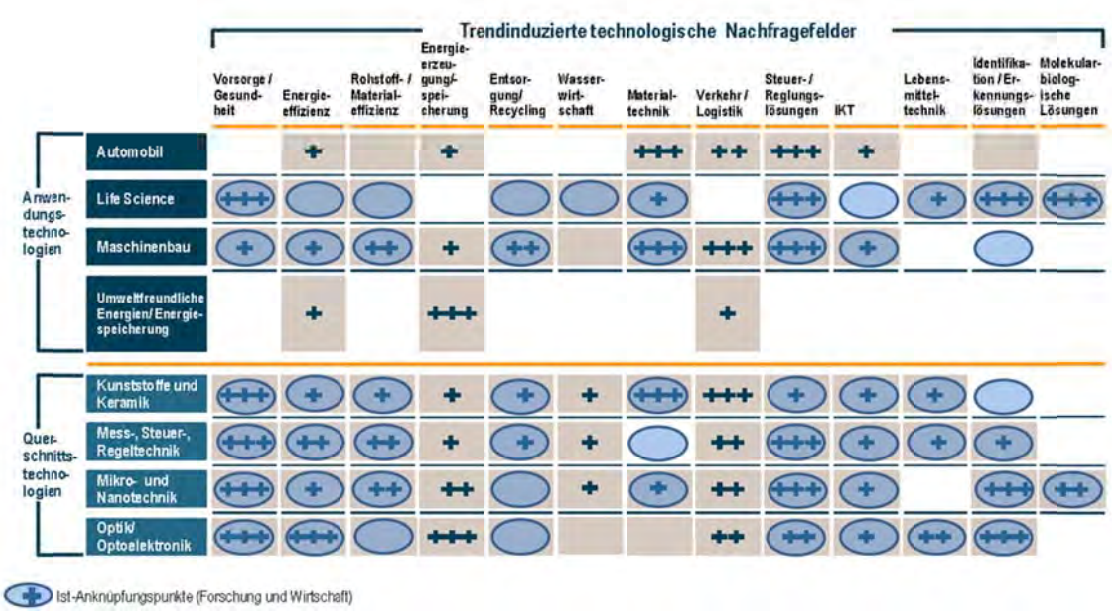


Abbildung 21 Zukunftsfeld „AAL/Life Science/Medizintechnik“ und die Konvergenz zu den Wachstumsfeldern der Thüringer Wirtschaft (nach: Trendatlas Thüringen 2012)

Die Zukunftsfelder Industrie 4.0“ (Abbildung 20) und „AAL/Life Science/Medizintechnik“ (Abbildung 21), die sich auch aus Abschnitt 4.1 ableiten, verweisen auf eine Schnittmenge von

ca. 85% aller identifizierten Technologien für Thüringen. Da 60% der MNI-Unternehmen nach der Branchenordnung dem Verarbeiteten Gewerbe zuzurechnen sind, ist es naheliegend, das Zukunftsfeld „Industrie 4.0 als „innovatives Dach“ zu nutzen. Dies auch unter dem Gesichtspunkt, dass der Maschinen- und Gerätebau einen hohen Stellenwert einnimmt (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** und Abbildung 12). Das Zukunftsfeld „AAL/Life Science/Medizintechnik“ ist als strategischer Markt für die MNI anzusehen. Damit sind beide Felder geeignete Treiber für die Markt- und Technologieentwicklung im Bereich MNI.

Um sich den globalen Herausforderungen stellen zu können, sind deshalb verstärkt branchenübergreifende und interdisziplinäre Allianzen/Kooperationen zwischen Wirtschaft und Wissenschaft angesagt.

„Zur Erfassung seiner Umwelt und zur Diagnostik der eigenen Gesundheit braucht der Mensch zur Analyse immer sensiblere Techniken. Geht es also um die Erfassung feinster chemischer und biologischer Änderungen, wird uns die Weiterentwicklung der Mikro-Nano-Technik in die Lage versetzen, diese auch wirklich schnell auf der Nano-Ebene zu erkennen. Es werden also Sensorlösungen entstehen, die die Industrie in neue leistungsstarke Nachweis- und Assistenzsysteme – weit über den heutigen Stand hinaus – umsetzen kann.“

Jörg Weber Vorlaufentwicklung Life Science, Analytik Jena AG

5 Mikro-Nano-Integration in Thüringen

Die Grundlage für die heutige Mikro- und Nanotechnik in Thüringen wurde bereits in den 1970er Jahren gelegt. Nach den 1990er Jahren konnte die Mikrotechnikbranche auf ein großes Potential an Fachkräften und Forschungseinrichtungen zurückgreifen und sich dynamisch entwickeln. Die Vielzahl von Hightech-Gründungen in den 1990er Jahren basierte auf diesem Potential und war der Ausgangspunkt für den Großteil der heute stark ausgeprägten Sensorik-Branche.

Die Nanotechnik befindet sich hinsichtlich der kommerziellen Verwertung noch in einem frühen Stadium. Die Forschung zur Nanotechnik ist gut positioniert.

- Schwerpunkt der Mikrotechnik liegt auf der Mikrosystemtechnik (AVT, Sensorik, MSR)
- Nanotechnik fokussiert auf Nanoelektronik, Nanooptik, Nanomaterialien (Keramik, Kristalle und Glas)

Die Mikro- und Nanotechnik hat für Thüringen einen hohen Stellenwert (Trendatlas Thüringen, 2012).

Besonders hervorzuheben ist das durchgängige Potential zur Mikro-Nano-Integration in Thüringen. Getrieben von der Industrie arbeitet die Wissenschaft an neuesten Konzepten. Die Umsetzung dieser Ergebnisse wird von wirtschaftsnahen Forschungseinrichtungen wie das CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH und die IMMS GmbH industriebegleitend unterstützt. Beide Institute stellen in ihrer Eigenschaft als An-Institute der TU Ilmenau eine wichtiges Bindeglied zwischen Industrie und Wissenschaft dar. Insbesondere die Potentiale des CiS Forschungsinstitutes zur effektiven Kleinserienfertigung sind sehr wichtig für die Sensor-Unternehmen, nicht nur in Thüringen sondern auch deutschland- und europaweit.

5.1 Thüringer MNI-Innovationspotentiale

Aus den spezifischen Bedingungen der Querschnittstechnologie MNI lassen sich folgende strategischen Innovationspotentiale für Thüringen ableiten:

- Stärkere Verzahnung der vier Querschnittstechnologien: Optik/Optoelektronik, Mikro-Nanotechnik, Mess-, Steuer- und Regeltechnik, Kunststoffe und Keramik
- Stärkere Verankerung der Querschnittstechnologien in die Anwendungstechnologien (umfassende Wertschöpfung)
- Konvergenz zur IKT, insbesondere „Intelligente Netze“, aktiv nutzen und sichtbar machen
- Gemeinsame „Vision“ für die Querschnitts- und Anwendungstechnologien über die Zukunftsfelder „Industrie 4.0“ und „AAL/Life Science/Medizintechnik“ etablieren

Mit der Orientierung an den Megatrends hat MNI-Thüringen als Querschnittstechnologie die Chance – Wegbereiter neuer, branchenübergreifender Handlungsfelder zu werden.

5.2 Positionierung der Thüringer MNI in Deutschland

In Thüringen spielen die innovativen Sensorfirmen eine große Rolle. Sie sind überwiegend mittelständig geprägt und haben zwischen 10 und 80 Mitarbeiter. Die Statistik des AMA Fachverband für Sensorik e.V. zeigt, dass Thüringen das Bundesland ist. das pro Einwohner die meisten Sensoren-Hersteller verzeichnet.

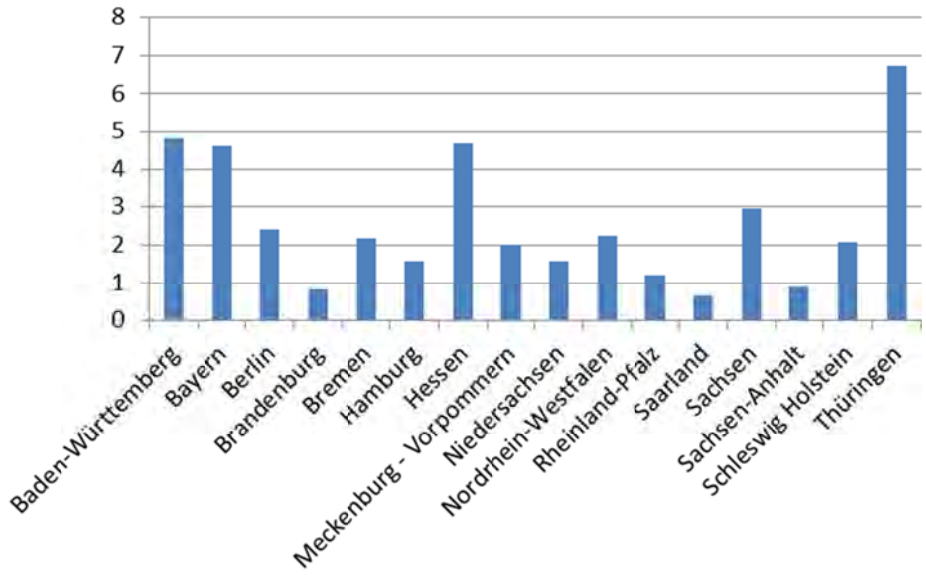


Abbildung 22 Sensorik-Unternehmen je Einwohner errechnet aus der AMA-Statistik 2010

In Thüringen werden die meisten Sensoren je Einwohner produziert. Thüringen kann folglich als „Sensorland“ bezeichnet werden. Experten bestätigen auf Nachfrage, dass die Bezeichnung „Sensorland“ auf Thüringen zutrifft, aber nicht im Bewusstsein verankert ist. Aus Sicht der Experten würde der Aufbau einer derartigen Marke, den KMU den Marktzugang erleichtern.

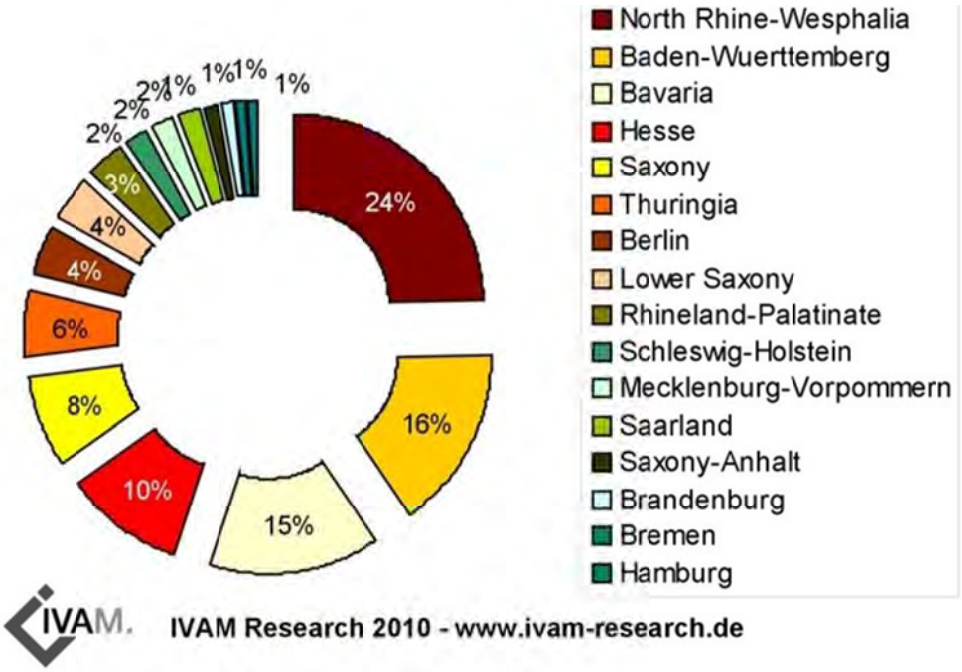


Abbildung 23 Verteilung der deutschen Mikro- Nano-Akteure, Quelle IVAM

Der IVAM e.V. Fachverband für Mikrotechnik zählt Thüringen zu den wichtigsten Konzentrationskernen im Bereich MST/Nano in Deutschland. Gemeinsam mit Baden-Württemberg, der Region um Dortmund (NRW), dem Sensorcluster um Regensburg (Bayern) und Berlin gehört Thüringen zu den wichtigen Mikrosystemtechnik-Regionen in Deutschland. Der Schwerpunkt liegt erwartungsgemäß in der Region Jena. Weitere Konzentrationskerne werden in Erfurt und Ilmenau verortet.

Die vom IVAM e.V. Fachverband für Mikrotechnik 2010 erstellte Verteilung der Mikro-Nano-Akteure in Deutschland weist Thüringen Platz 6 im Bundesländerranking zu. Die zielstrebige Umsetzung der Thüringer Forschungsergebnisse im Bereich Mikro-Nano-Integration in Produkte der Thüringer KMU kann zu einem Wettbewerbsvorteil der Thüringer Wirtschaft führen. Damit lässt sich dieser Platz im Ranking verbessern.

Entsprechend der Studie „Nanotechnologien in Ostdeutschland“ des VDI Technologiezentrums (2010) rangiert Thüringen in Ostdeutschland im Bereich Nanotechnologie auf Platz 3. Laut dieser Studie genießt Thüringen über die Grenzen des Freistaats hinaus eine hohe Akzeptanz im Bereich Nanotechnologie und weist überproportionale Wachstumsraten in diesem Industriezweig auf.

Thüringen verfügt über eine ausgeprägte Forschungs- und Entwicklungslandschaft, die Know-how, qualifizierte Fachleute und Unternehmens-Ausgründungen hervor bringt. So reiht sich die TU Ilmenau unter den besten „Nanouniversitäten“, wie die TU Dresden, München und RWTH Aachen ein.

Die Nanoforschung und - entwicklung wird von der Bundesregierung mit mehr als 400 Mio. € jährlich gefördert. Die hohe Akzeptanz der Thüringer Leistungsfähigkeit im Bereich Nanotechnologie zeigt sich insbesondere an dem Erfolg beim Einwerben von öffentlichen Fördermitteln. Im Bundes-Förderprogramm „innovative regionale Wachstumskerne“ waren bisher im Bereich MNI zwei Projektanträge erfolgreich: fanimat nano und BASIS. Ein drittes Projekt befindet sich in der Konzeptphase: PDT – Partikel-Design-Thüringen.

In zahlreichen Verbundprojekten behaupteten sich die Thüringer MNI-Akteure im bundesweiten Wettbewerb überdurchschnittlich erfolgreich. Rund 15 % der bundesweiten Mittel in den BMBF-Ausschreibungen zur Mikro-Nano-Integration fließen nach Thüringen.

Herausragendes Beispiel ist der DFG-Sonderforschungsbereich 622 der TU Ilmenau. Die 40 interdisziplinär arbeitenden Wissenschaftler bestimmen weltweit den Stand der Technik auf dem Gebiet der Nanopositionier- und Nanomesstechnik mit.

Die fachliche Expertise Thüringens zeigt auch in der Zusammensetzung des bundesweiten Fachausschusses zur Mikro-Nano-Integration (VDE/VDI Fachausschuss 4.7 der GMM). Im Fachausschuss, der von Prof. Martin Hoffmann (Fachgebiet Mikromechanische Systeme, IMN MacroNano® der TU Ilmenau) geleitet wird, arbeiten überproportional viele Thüringer Akteure mit. Thüringen stellt sowohl ein ca. Viertel der mitarbeitenden Unternehmen (3 von 11) als auch ca. ein Viertel der mitarbeitenden Wissenschaftler (7 von 28), wobei 4 der Wissenschaftler an der TU Ilmenau arbeiten.

5.3 Analyse der Thüringer Mikro-Nano-Integration

5.3.1 Grundlagen der Analyse

5.3.1.1 Auswahl der Datenbasis

Eine genaue Zuordnung von Akteuren zum Bereich der Mikro-Nano-Integration ist kaum möglich. Ursache dafür sind die immer stärker fließenden Übergänge insbesondere zwischen den Wachstumsfeldern Mikro-Nano-Technik und Mess-, Steuer- und Regeltechnik, aber zu weiteren Anwendungsfeldern, wie z.B. der Optik. Eine exakte Abbildung der Mikro-Nano-Integration in der amtlichen Statistik ist folglich nicht möglich.

Befragt man Akteure direkt, so sind sie i.a. nicht in der Lage eine klare Zuordnung für sich selbst zu treffen. Diese Problematik spiegelt sich auch in verfügbaren Adress- bzw. Branchenverzeichnissen, derer es eine Vielzahl gibt.

Im AMA Branchenverzeichnis Sensorik- und Messtechnik 2012/13 sind folgende Sensorfirmen als AMA-Mitglieder aus Thüringen gelistet:

CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, ConSens GmbH, electrotherm GmbH, Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, ifw Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH, Häcker Automation GmbH, H. Heinz Messwiderstände GmbH, Hygrometric Dr. Brokmann, IL Metronic Sensortechnik GmbH, IMMS GmbH, IPHT Institut für Photonische Technologien e.V., JenControl GmbH, LKM electronic GmbH, Lust Hybrid-Technik GmbH, MaZeT GmbH, Micro-Hybrid Electronic GmbH, Micro-Sensor GmbH, microsensys GmbH, SenTec Elektronik GmbH, SIOS Messtechnik GmbH, Speck Sensorsysteme GmbH, TU Ilmenau IPMS, TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation mbH, UST Umweltsensortechnik GmbH, ZILA Elektronik GmbH

Im Katalog „Mikrosystemtechnik in Deutschland 2012“ (www.microsystems-technology-in-germany.de) sind aus Thüringen folgende Einrichtungen gelistet:

Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, TU Ilmenau IMN, X-FAB Semiconductor Foundries AG, UST Umweltsensortechnik GmbH, Carl Zeiss MicroImaging GmbH, Micro-Hybrid Electronic GmbH, Siegert Thinfilm Technology GmbH

Im IVAM Fachverband für Mikrotechnik (4) arbeiten als Akteure aus Thüringen folgenden Unternehmen im Netzwerk für Nano und Mikro:

ML&C Masken Lithographie & Consulting GmbH, microfluidic ChipShop GmbH, MNT Mikro-Nanotechnologie Thüringen e.V., TU Ilmenau – Zentrum für Mikro- und Nanotechnologien (ZMN), X-FAB Semiconductor Foundries AG, CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, UST Umweltsensortechnik GmbH, CDA GmbH, Häcker Automation GmbH

Eine Listung in derartigen Verzeichnissen ist lediglich ein Indiz für eine Zuordnung zu diesem Bereich. Häufig erfolgt die Listung auf Grund der Zugehörigkeit zu Netzwerken. Dementsprechend problematisch ist die Schaffung einer Datenbasis für die Analyse. Ausgangspunkt für die Auswahl waren die Datenbank des Auftraggebers, d.h. der LEG Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH, die Datenbank der Elektronischen Mess- und Gerätetechnik (ELMUG) eG und die Datenbank des medways e.V.

5.3.1.2 Online-Befragung ausgewählter Akteure

Zur Sicherstellung einer hohen Güte der Recherche- und Prognoseergebnisse und der Akzeptanz der abzuleitenden Handlungsoptionen wurden die als Akteure bzw. potentielle Akteure identifizierten Thüringer Unternehmen und Forschungsinstitute in die Potentialanalyse im Rahmen einer online-Befragung einbezogen.

Ziel der Befragung war es, die als Akteure bzw. potentielle Akteure identifizierten Thüringer Unternehmen und Forschungsinstitute online hinsichtlich der FuE-Aktivitäten, der Anwendungsschwerpunkten, der Leistungspotentialen (Kernaktivitäten, verfügbare Ressourcen) sowie zu deren Entwicklungspotentialen unter Nutzung eines detaillierten Kriterienkatalogs zu befragen.

Für die durchgeführte Online-Befragung wurden aus der Datenbasis zunächst 316 Unternehmen und 36 Forschungseinrichtungen ausgewählt. Mit der praktischen Realisierung der Online-Befragung wurde die aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung GmbH beauftragt. Gemeinsam mit aproxima wurden zunächst je ein detaillierter Fragebogen für die Unternehmen und die Forschungseinrichtungen erarbeitet. Die Fragebögen sind als Anlage 3 und 4 beigefügt.

Die Feldzeit der Befragung war 12.11.2012 bis 16.01.2013. Innerhalb der Feldzeit erfolgten 3 Rückerinnerungen.

Von den 352 Befragten nahmen 39 an der Befragung teil, davon 26 Unternehmen und 13 Forschungseinheiten. Das ergibt eine Ausschöpfungsquote von 11,1 %, wobei die Quote bei den Unternehmen lediglich bei 8,4 % lag. Bei der Befragung der Forschungseinrichtungen lag die Rate bei 39,4 %, d.h. erwartungsgemäß höher. Die erreichte Ausschöpfungsquote erscheint zunächst relativ gering, entspricht jedoch der üblichen Ausschöpfungsquote von online-Befragungen. Eine höhere Ausschöpfungsquote ist nur durch eine persönliche Befragung der Akteure erreichbar. Detailinformationen zu der Beteiligung sind als Anlage 5 beigefügt.

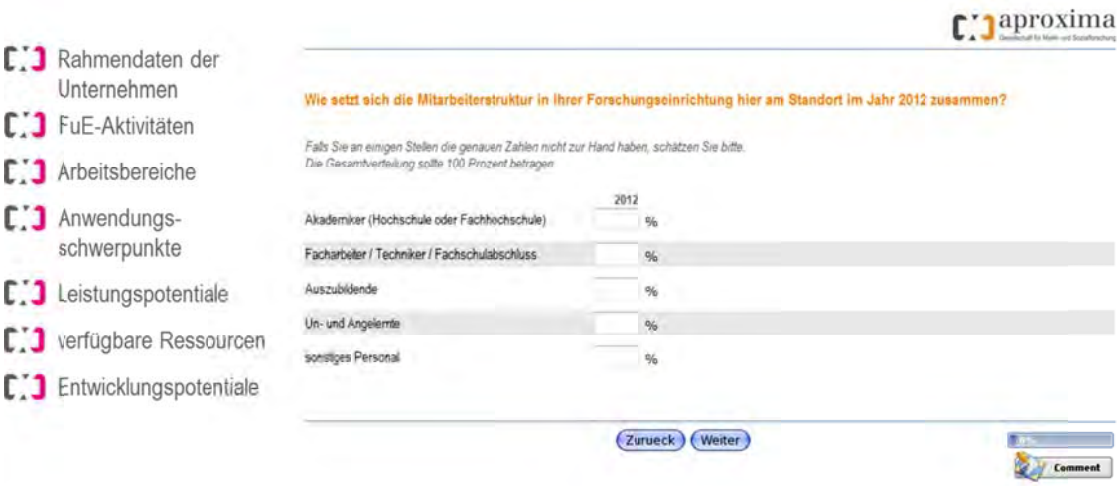


Abbildung 24 Hauptthemen der Befragung

Die vollständigen, sehr umfangreichen Ergebnisse der online-Befragung sind der Studie als Anlage 6 beigefügt. An dieser Stelle werden lediglich ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

5.3.2 Potentiale der Mikro-Nano-Integration

„Die Weiterentwicklung der Mikro-Nano-Strukturierung wird es uns ermöglichen, kompaktere Sensoren zu bauen, um die Aufgaben zur Erhöhung der Energieeffizienz anzupacken, d.h. technische Lösungen bereitzustellen, die heute noch nicht verfügbar sind."

Michael Philipps, Bereichsleiter Sensorik, Endress+Hauser

Die Mikro-Nano-Integration wird zukünftig in immer stärkerem Maße im Bereich Sensorik Mehrwert stiften. Folglich wird die Mikro-Nano-Integration ein entscheidender Faktor für die Zukunft von Thüringen als Sensorland sein.

Über wichtige Kompetenzen im Bereich der sensorischen Elemente verfügen insbesondere folgende Akteure:

Licht: CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, IPHT Institut für Photonische Technologien e.V., Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Carl Zeiss, Jenoptik

Temperatur: Temperaturmeßtechnik Geraberg GmbH, IPHT Institut für Photonische Technologien e.V., UST Umweltsensortechnik GmbH , H. Heinz Messwiderstände GmbH, Siegert Thinfilm Technology GmbH

Druck: CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, Siegert Thinfilm Technology GmbH

Feuchte: CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, IL Metronic Sensortechnik GmbH

Kraft/Schwingung/Lage: Micro-Sensor GmbH, IPHT Institut für Photonische Technologien e.V.

Gaskonzentration: UST Umweltsensortechnik GmbH, Micro-Hybrid Electronic GmbH, IPHT Institut für Photonische Technologien e.V.

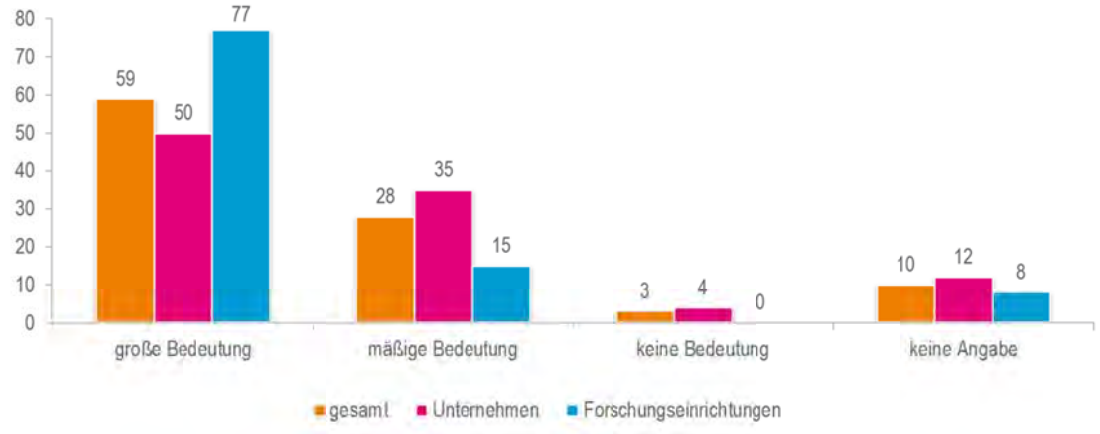
Betriebsstoffe: TU Ilmenau, IKTS Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Siegert Thinfilm Technology GmbH, Micro-Hybrid Electronic GmbH, IPHT Institut für Photonische Technologien e.V.

Strömung: ifw Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH, Siegert Thinfilm Technology GmbH, TU Ilmenau, Analytik Jena AG

Die Stärke der Thüringen Unternehmen liegt in der Lieferung von hochspezialisierten Lösungen in kleinen und mittleren Stückzahlen. Die Produkte und Dienstleistungen sind meist im vorderen Bereich der Wertschöpfungskette angesiedelt. Die erzielbaren Margen sind folglich verhältnismäßig gering. Die Integration der hochspezialisierten Lösungen in Systeme besitzt einen erheblichen wirtschaftlichen Hebel. Funktionale Nanostrukturen bilden eine große Chance für KMU, um im Sensormarkt die steigenden Anforderungen der Systemkunden befriedigen zu können.

Die reinen Volumenmärkte, in denen standardisierte Sensoren zu niedrigen Kosten in hohen Stückzahlen dominieren, werden i.a. von den Thüringen Unternehmen nicht adressiert.

Die durchgeführte Online-Befragung bestätigt die Bedeutung der Mikro-Nano-Integration für Thüringen. Die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen sehen mehrheitlich ein zukünftiges Erfolgspotenzial der Mikro-Nano-Integration für die Thüringer Wirtschaft. Insbesondere die Forschungseinrichtungen sind von dem Zukunftspotenzial überzeugt. Ursache dafür ist die Tatsache, dass obwohl in einigen Anwendungen die Potentiale von Nanostrukturen in Mikrosystemen bereits nachgewiesen wurden, die systematische Überführung in Produkte noch weit am Anfang steht.



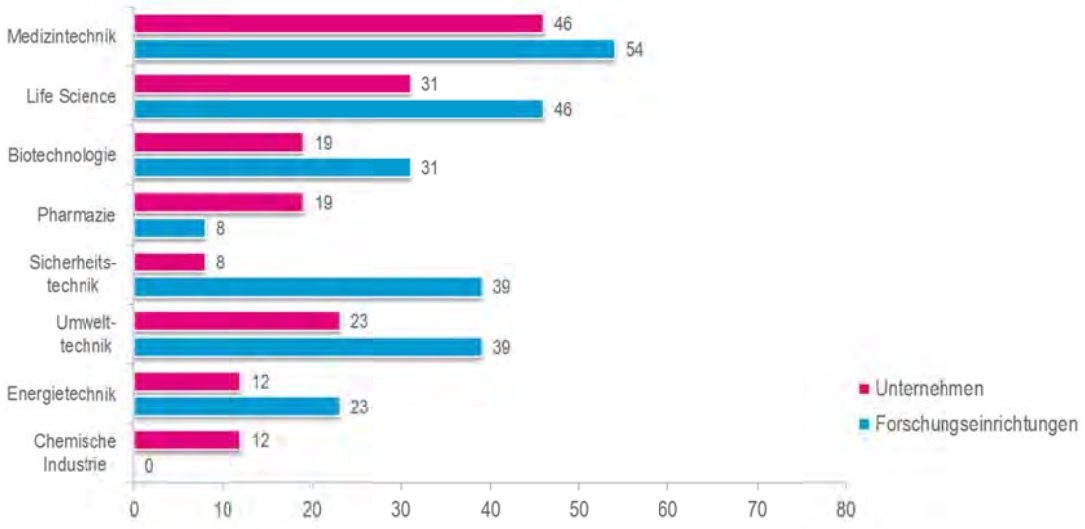
(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)

Abbildung 25 Bedeutung von MNI für die Wirtschaftskraft Thüringens –Ergebnis der online - Befragung

Mehr als ein Drittel der online-befragten Unternehmen (35%) sind dabei, diese Potentiale zu erschließen. Rechnet man die Unternehmen hinzu, die meinen, dass die Mikro-Nano-Integration zukünftig für sie von Bedeutung sein könnten (12%), so ist das fast die Hälfte aller befragten Unternehmen.

Am Gesamtumsatz der befragten Unternehmen stellt die Mikro-Nano-Integration bisher nur 12 % dar. Sie ist für die meisten Unternehmen noch ein kleiner Wirtschaftsfaktor. Nach Expertenaussagen wird die Bedeutung der Mikro-Nano-Integration für die Sensorik wesentlich zunehmen. Den Unternehmen scheint das bisher nicht ausreichend bewusst zu sein.

Die wichtigsten regionalen Märkte der Akteure der Mikro-Nano-Integration sind Deutschland und Europa.



(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)

Abbildung 26 Zielmärkte der MNI mit guten Erfolgspotentialen

Die Mehrheit der Unternehmen sieht in drei Zielmärkten zukünftige Erfolgspotentiale, die es zu entwickeln gilt. Dabei handelt es sich um

- Medizintechnik
- Life Science
- Umwelttechnik

Die Forschungseinrichtungen sehen zusätzlich gute Erfolgspotentiale im Bereich Sicherheitstechnik. Für Thüringen relativ kleine Zielmärkte mit Erfolgspotentialen stellen die Umwelttechnik, die Energietechnik und die Chemische Industrie dar.

Die u.a. durch Intechno postulierten Potentiale in den Bereichen Maschinenbau und Prozessindustrie (Abbildung 16), die dem Oberbegriff Industrie 4.0 zugeordnet werden können, haben die Akteure bisher nicht im ausreichenden Maße erkannt. Die geführten persönlichen Gespräche bestätigen diese Tatsache. Hier gilt es, geeignete Maßnahmen zu ergreifen.

Das Initialkonsortium „nano goes makro“ hat dieses Potential erkannt und zu einem ihrer Schwerpunkte erklärt. Unterstützende Maßnahmen wären hier vorteilhaft. Die Technologiekonferenz elmug4future greift dieses Thema ebenfalls auf.

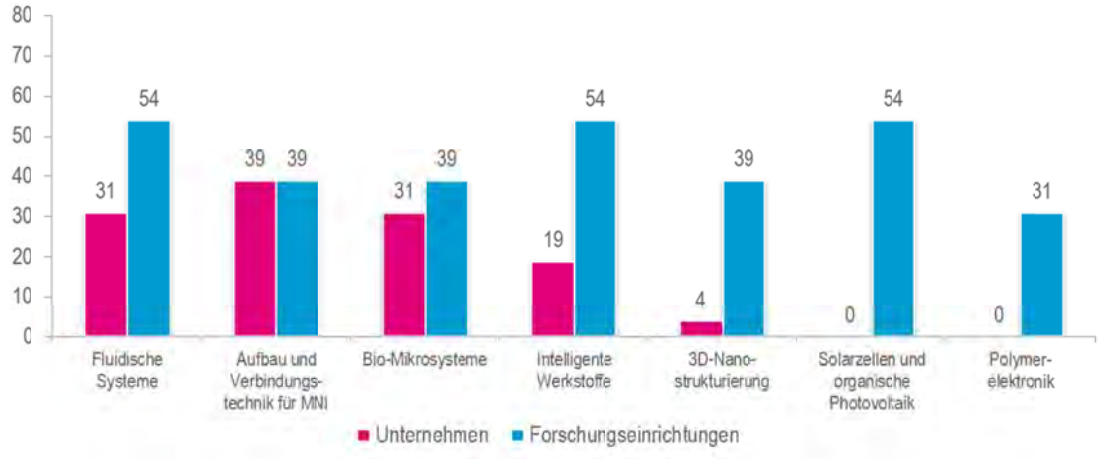
5.3.3 Die FuE Aktivitäten im Bereich MNI in Thüringen

Mehr als zwanzig außeruniversitäre und universitäre Forschungseinrichtungen/-gruppen sind in den Bereichen Nanomaterialien, Nanooptik, Nanoelektronik, Nanobiotechnologie und Nanoanalytik aktiv. Herausragende Forschungsansätze und exzellente, international wettbewerbsfähige Forschung waren Grundlage für die Bundesförderung des Ilmenauer Zentrums für Innovationskompetenz IMN MacroNano® an der TU Ilmenau. Die Mikro-Nano-Integration mit Fokussierung auf die Anwendungsfelder Life Science, Ressourcen-Effizienz und Photonik ist wesentlicher Bestandteil der Forschungsstrategie des IMN MacroNano®. Neue Mikro- und Nanosysteme mit deutlichem Anwendungsbezug in diesen Kernfeldern bilden den Schwer-

punkt der Forschungstätigkeit. Die interdisziplinäre Forschung auf den Querschnittstechnologien der Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien passt sehr gut zur KMU-geprägten Struktur der Thüringer Industrie.

Die FuE-Aktivitäten konzentrieren sich zurzeit auf die folgenden Bereiche (Abbildung 27):

- Fluidische Systeme
- Aufbau- und Verbindungstechnik für MNI
- Bio-Mikrosysteme
- Intelligente Werkstoffe



(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)

Abbildung 27 FuE-Aktivitäten in MNI-Bereichen

Zu klären ist, ob diese FuE-Aktivitäten für die Entwicklung der o.g. relevanten Erfolgspotentiale zielführende Aktivitätsfelder darstellen oder ob andere bzw. zusätzliche Aktivitätsfelder in der Forschung und Entwicklung erschlossen werden müssen.

Eine wichtige Voraussetzung für die Erschließung der zukünftigen Erfolgspotentiale ist die systematische Überführung der Thüringer Forschungsergebnisse in Produkte der Thüringer Wirtschaft. Zusätzlich zur Produktentwicklung erfordert das die Entwicklung von Fertigungstechnologien. Das haben die Thüringer Unternehmen erkannt. Um die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten, muss aus ihrer Sicht die angewandte Forschung und die Produkt- und Prozessentwicklung bis zur Marktreife in den kommenden vier Jahren vorangetrieben werden. Die Forschungsinstitute sehen eine wachsende Aufgabe in der Prototypenentwicklung und in der Begleitung der Unternehmen bis zur Marktreife der Produkte. Hemmnisse dabei sind:

- die nicht ausreichende Verfügbarkeit des notwendigen Equipments zur Prototypenentwicklung
- die Lücke in der Förderlandschaft zu Entwicklung von Fertigungstechnologien

Die oben genannte Lücke wird durch die Befragten regelmäßig betont, jedoch nicht genauer spezifiziert.

Das Projektvolumen, der im Dezember 2012 ausgewiesenen Forschungsprojekte des IMN MacroNano® im Bereich MNI betrug ca. 10 Millionen €.

Die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen wollen ihre FuE-Aufwendungen in den kommenden vier Jahren von 158 Mio. € auf 228 Mio. € aufstocken. Das ist eine Steigerung von 69 %. Der FuE-Anteil für die MNI-Forschung bleibt in diesem Zeitraum allerdings be-

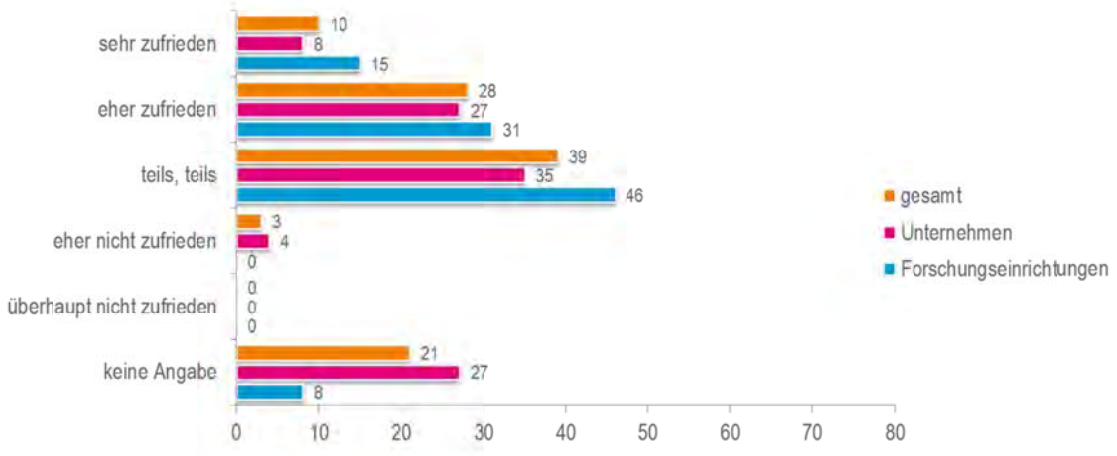
scheiden. Die von den befragten Unternehmen geplante Finanzierung der MNI-Entwicklung scheint in Anbetracht der strategischen Bedeutung der MNI nicht adäquat. Nach eigenen Angaben wurden in 2012 insgesamt 1,2 Mio. € FuE-Ausgaben für die MNI aufgewendet. In 2016 sind insgesamt 1,4 Mio. € beabsichtigt. Allerdings soll der Personalaufwand aller Unternehmen zusammen genommen von derzeit 378 Mitarbeitern in der MNI-FuE auf 452 Mitarbeiter steigen. Diese widersprüchlichen Aussagen zeigen erneut, die Problematik der Zuordnung der Aktivitäten zum Bereich der Mikro-Nano-Integration. Dieses Ergebnis wird sicher durch die geringe Beteiligung der Unternehmen an der online-Befragung beeinflusst. Das Thüringer Initialkonsortium „nano goes makro“ weist eine FuE-Bedarf in Höhe von ca. 120 Mio.€ bis 2019 auf, davon ca. 70 Mio bis 2016. Der Anteil der Thüringer Akteure liegt dabei bei ca. 90 Mio. €.

5.3.4 Forschungstransfer

Vernetzung und Informationsfluss zwischen den Unternehmen und den Forschungseinrichtungen weisen große Reserven auf. Die Forschungsinstitute schätzen den Informationsfluss zwischen Wirtschaft und Wissenschaft etwas besser ein, als die Unternehmen. (Abbildung 28) 46 Prozent der befragten Forschungseinrichtungen und 35 Prozent der befragten Unternehmen bewerten den aktuellen Informationsfluss nur mit der Kategorie „teils, teils“.

Die Institute meinen, dass das Interesse der Wirtschaft an ihren Forschungsergebnissen mäßig ist, während die Wirtschaft angibt, ein relativ hohes Interesse daran zu haben. Beide Seiten schätzen auch das gegenseitige Wissen über Forschungsbedarfe als eher mittelmäßig ein. Insbesondere die Forschungsinstitute sind eher unsicher, ob sie mit der Grundlagenforschung den Bedarf der Wirtschaft treffen.

Fragt man die Unternehmen und Forschungseinrichtungen nach Verbesserungsmöglichkeiten, dann werden an erster Stelle regelmäßige Informationsveranstaltungen; Konferenzen, speziell zum Thema MNI und zusammenfassende Newsletter genannt. Besonders aus Sicht der Forschungseinrichtungen sind diesbezüglich die regelmäßigen Informationsveranstaltungen von Interesse.



(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)

Abbildung 28 Zufriedenheit der Thüringer MNI-Akteure mit dem Informationsfluss zwischen den Forschungseinrichtungen und den Unternehmen

Die Thüringer Forschungseinrichtungen, die sich mit MNI beschäftigen, nehmen vordergründig Interesse aus der Wirtschaft an ihren Forschungsergebnissen aus Thüringen und Deutschland wahr.

Die online-Befragung zeigt, dass erste MNI-Ansprechpartner im Bereich der Forschungseinrichtungen die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, die Technische Universität Ilmenau, das Institut für Photonische Technologien e.V. (IPHT) Jena, das CiS Institut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH sowie das Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V. und die Technische Universität Dresden.

Institution	Anzahl der Nennungen
Fraunhofer-Gesellschaft	16
TU Ilmenau	15
Institut für Photonische Technologien Jena	9
CiS Institut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH	7
iba Heiligenstadt	6
TU Dresden	5
Fachhochschule Jena	4
FSU Jena	3
Institut für Mikroelektronik - und Mechatronik-Systeme gGmbH (IMMS)	3
TU Chemnitz	3
Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH (ifw Jena)	2
Innovent e.V.	2
sonstige Nennungen (jeweils nur 1x genannt)	34

(offene Frage, an alle Beteiligten gestellt)

Abbildung 29 Kooperation mit Forschungseinrichtungen bei MNI-Themen

Die obige Auflistung verdeutlicht, dass es sich dabei überwiegend um Institutionen aus Thüringen handelt.

5.3.5 Die Rahmenbedingungen in Thüringen

Die Wirkungen der Rahmenbedingungen auf die Entwicklung der MNI in Thüringen sind ambivalent.

Bei der Einschätzung und Bewertung der Rahmenbedingungen der Mikro-Nano-Integration in Thüringen spielen für die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen verschiedene Faktoren eine Rolle.

Von hoher Bedeutung für die Befragten sind die folgenden Rahmenbedingungen:

- die Innovationskraft der Unternehmen,
- die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften,
- die FuE-Mittelausstattung der Unternehmen,
- der Technologietransfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen und
- das Ausbildungsniveau an den Hochschulen.

Ebenso von Bedeutung, wenn auch etwas weniger wichtig, sind die nachfolgenden Faktoren:

- die Förderpolitik des Freistaates Thüringen,
- der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit den Thüringer Forschungseinrichtungen,
- die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen,
- die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern,
- die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen
- die Förderpolitik der Bundesregierung.

Kombiniert man die Bedeutung der Rahmenbedingungen für MNI in Thüringen damit, wie die Befragten deren Ausprägung in der Praxis bewerten, dann ergeben sich strategische Stärken und Schwächen.

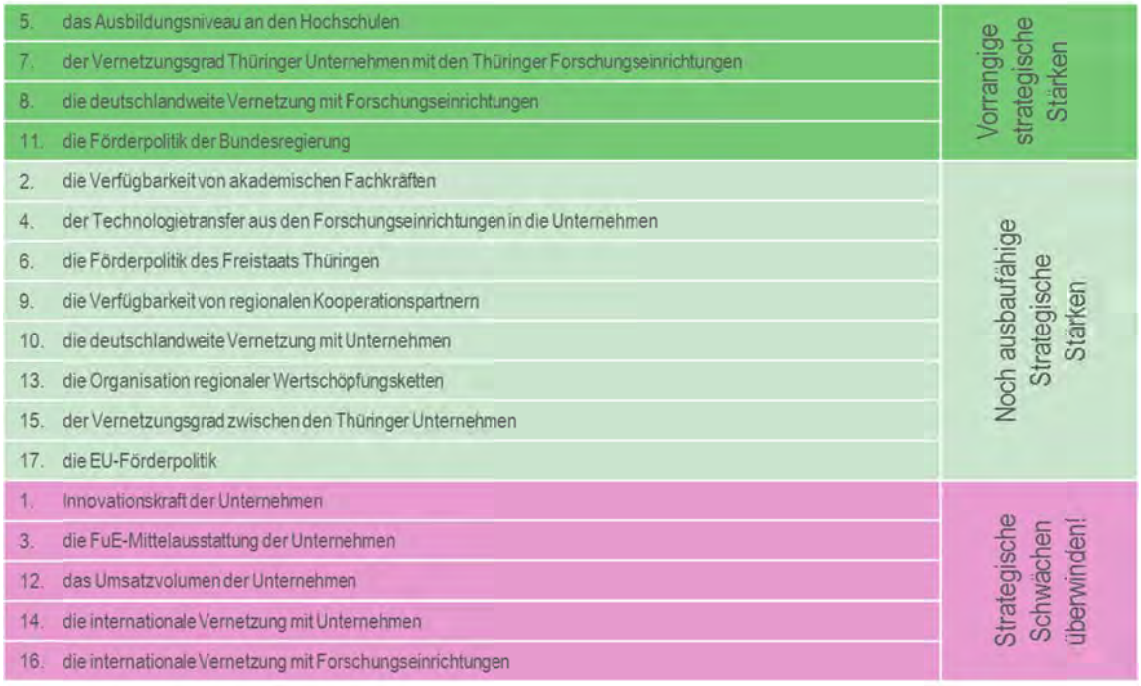


Abbildung 30 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen - Handlungsrelevanz

Stärken sind insbesondere das Ausbildungsniveau an den Hochschulen, der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Förderpolitik der Bundesregierung und die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen. Das sind gute Anknüpfungspunkte für die Entwicklung der MNI-Potentiale.

Noch zu den strategischen Stärken zählen die Thüringer und die EU-Förderpolitik sowie verschiedene Aspekte der Zusammenarbeit der Unternehmen (der Vernetzungsgrad der Thüringer Unternehmen, die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten, die Verfügbarkeit regionaler Kooperationspartner, die deutschlandweite Vernetzung der Unternehmen) und der Technologie- und Wissenstransfer (Technologietransfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen, Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften). Gleichwohl aber sind diese Stärken relativ schwach ausgeprägt und sollten in den kommenden Jahren im Fokus der strategischen Arbeit zur Entwicklung der MNI-Potentiale stehen.

Akuter Handlungsbedarf besteht hinsichtlich

- der Entwicklung der Innovationskraft der Unternehmen,
- der FuE-Mittelausstattung der Unternehmen hinsichtlich der MNI-FuE
- des Umsatzvolumens, das aus MNI-Aktivitäten generiert wird

(offene Frage, an alle Beteiligten gestellt)

Abbildung 31 Weitere Hemmnisse für die Entwicklung des MNI-Bereichs in Thüringen

5.3.6 Netzwerkaktivitäten

Aufgabe von Netzwerkorganisationen ist es, die Zusammenarbeit zwischen Industrie und Forschung und damit die Kommerzialisierung von Produkten und Technologien und die Wettbewerbsfähigkeit der regionalen Unternehmen zu fördern. Ein Blick auf die Netzwerkstrukturen und die Kommunikationswege zeigt, dass im Rahmen der Mitarbeit in Verbänden, Netzwerken und Gremien der Mikro-Nano-Thüringen e.V., der OptoNet e.V., der AMA Fachverband für Sensorik sowie die ELMUG eG die entscheidenden Institutionen für die Akteure in Thüringen sind.

Zur Erschließung der Potentiale in der Mikro-Nano-Integration bedarf es einer intensiven, branchenübergreifenden Kooperation der Thüringer KMU und Forschungseinrichtungen. Die Kooperation darf nicht an den Landesgrenzen enden. Der systemische Ansatz und die steigende Komplexität der Produkte und Dienstleistungen bedürfen der Bündelung der Einzelkompetenzen der kleinteiligen, KMU-geprägten Thüringer Wirtschaft - eine strategische Allianz der Thüringer Akteure würde zu einer Risiko- und Kostenteilung führen. Als Querschnittstechnologie wird die Mikro-Nano-Integration zukünftig immer stärker eine branchenübergreifende Rolle spielen. Die Grenze zwischen den Thüringer Wachstumsfelder Mikro-Nano-Technologie und Mess-, Steuer- und Regeltechnik sind fließend. Eine genaue Zuordnung der Akteure zu einem dieser Wachstumsfelder ist im Grunde nicht möglich. Ein Zusammenwachsen der Thüringer Akteure, d.h. auch der Netzwerke ELMUG eG und MNT e.V. ist dabei dringend angeraten.

Seit 2010 zeichnet sich in Thüringen eine Bündelung der Aktivitäten der MNI-Akteure unabhängig vom Engagement in verschiedenen Netzwerken ab. Initialzündung für die Intensivierung dieser Aktivitäten war das 2010 federführend von der TU Ilmenau geführte, BMBF-

geförderte Innovationsforum Mikro-Nano-Integration. Seit 2011 wird diese Entwicklung wesentlich von den Akteuren der Wirtschaft vorangetrieben. Wichtige Meilensteine in den letzten 3 Jahren waren

2010 Innovationsforum Mikro-Nano-Integration

2011 Gründung einer Strategiegruppe Mikro-Nano-Integration

2011 Gründung der MNI - Interessensgruppe

2012 Gründung der ELMUG Fachgruppe Mikro-Nano-Integration

2012 Schaffung einer Stelle im IMMS zum Aufbau des Netzwerks „MNI4KMU“ durch eine einjährige Landesförderung

2012 Strukturierung der Fachgruppe als Initialkonsortium Zwanzig20 mit dem Thema „High-Performance-Sensoren für KMU“

2013 Erarbeitung eines fachlichen Strategiekonzeptes für eine strategische Allianz der Thüringer MNI-Akteure

2013 Entwicklung eines Management und Organisationsmodells für ein innovations- und wertschöpfungsorientierten Netzwerk 4.0

2013 Zusammenschluss des Konsortiums mit der Zwanzig20-Initiative der Universität Leipzig

Dem Zwanzig20-Initialkonsortium „nano goes makro“ gehören folgende Akteure an:

<u>Unternehmen:</u>

- Analytik Jena AG, Jena
- aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung mbH, Weimar
- Micro-Hybrid Electronic GmbH, Hermsdorf
- Siegert Thinfilm Technology GmbH, Hermsdorf
- TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation mbH, Ilmenau

<u>Forschungseinrichtungen:</u>

- Biotechnische-Biomedizinisches Zentrum (BBZ) der Universität Leipzig
- CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH, Erfurt
- Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau
- Technische Universität Ilmenau

<u>Cluster/Netzwerke</u>

- Elektronische Mess- und Gerätetecnik Thüringen (ELMUG) eG, Ilmenau
- medways e.V., Jena
- Mikro-Nano-Thüringen e.V., Jena

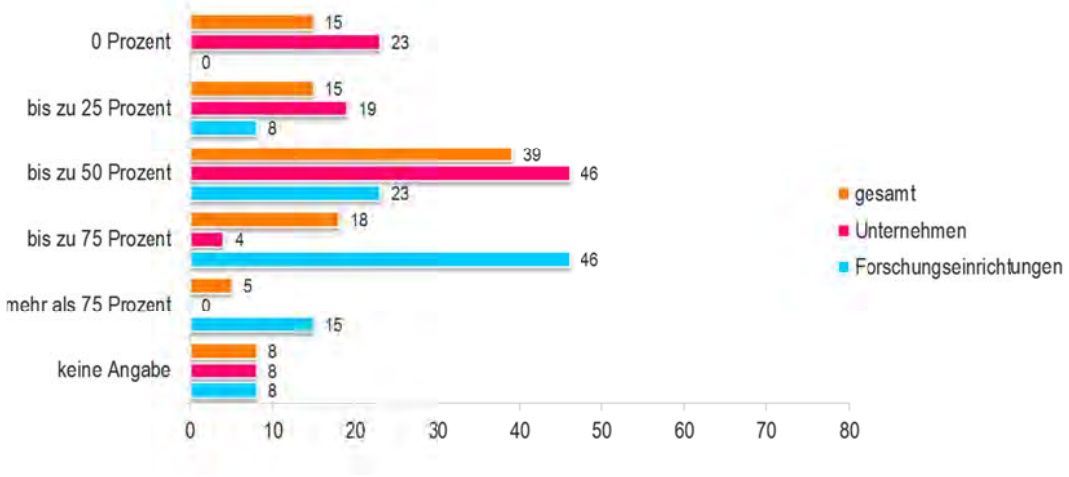
Das Zwanzig20 Initialkonsortium hat den Prozess der Schaffung der gemeinsamen technischen Plattform und eines clusterübergreifenden Netzwerkes bereits begonnen. Die Akteure haben die Notwendigkeit der intensiveren, verbindlicheren Zusammenarbeit erkannt und arbeiten intensiv an den notwendigen Konzepten. Sie bilden als Visionäre einen wichtigen Kristallisationspunkt. Innerhalb des Initialkonsortiums gibt es 3 Applikations-Schwerpunkte:

- Umwelt- und Prozessmesstechnik
- Analytik und Bio- Sensorik
- Medizinische und diagnostische Sensorik

Diese Schwerpunkte spiegeln die individuellen Applikationsfelder der Hauptakteure der Wirtschaft innerhalb des Konsortiums wider.

5.3.7 Die Förderung

Ein Blick auf die Ergebnisse der online-Befragung zum Thema Fördermittel zeigt, dass insgesamt knapp die Hälfte des Gesamtaufwands für FuE 2012 aus Fördermitteltöpfen stammt (39%). Bei Unternehmen liegt der Schwerpunkt des Fördermittelanteils bei 50 % und bei Forschungseinrichtungen erwartungsgemäß bei bis zu 75 %.



(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)

Abbildung 32 Anteil Fördermittel am Gesamt-FuE-Aufwand 2012

Der Ausblick der Befragten ins Jahr 2016 zeigt, dass die Unternehmen einen Rückgang des Fördermittelanteils am Gesamtaufwand für FuE erwarten. Die befragten Forschungseinrichtungen erwarten dagegen eine weitere Steigerung. Der Fördermittelbedarf wird in den nächsten vier Jahren steigen. Insbesondere die Forschungseinrichtungen rekurrieren für sich bis 2016 häufiger eine 75-%-Förderung, als gegenwärtig. Erwartungen werden vor allem an die regionale Förderung im Freistaat Thüringen bis 2016 gesetzt.

Im Vergleich mit anderen Bundesländern sind die Thüringer Forschungseinrichtungen insgesamt beim Einwerben von Drittmitteln aus nationalen öffentlichen Förderprogrammen überdurchschnittlich erfolgreich. Sie belegen Platz 2 nach den Forschungseinrichtungen von Mecklenburg-Vorpommern. (Drittmittelwettbewerb – ein Bundesländervergleich zum Verhältnis von Dritt- und Grundmitteln, LÄNDERCHECK des Stifterverbands für die Deutsche Wirtschaft, Oktober 2012)

Die Bedeutung von Drittmittel bei der Finanzierung der Hochschulen wächst zunehmend. Die Thüringer Hochschulen werben im Verhältnis zu ihren Grundmitteln relativ wenig Drittmittel ein. In diesem Bereich gehören sie zu den Schlusslichtern in Deutschland. Eine der Ursachen liegt in der KMU-strukturierten Wirtschaft, deren finanziellen Möglichkeiten bei der Vergabe von Forschungsaufträgen stark begrenzt sind.

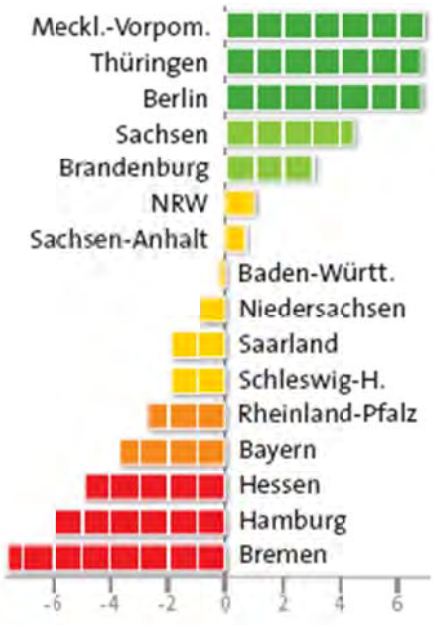
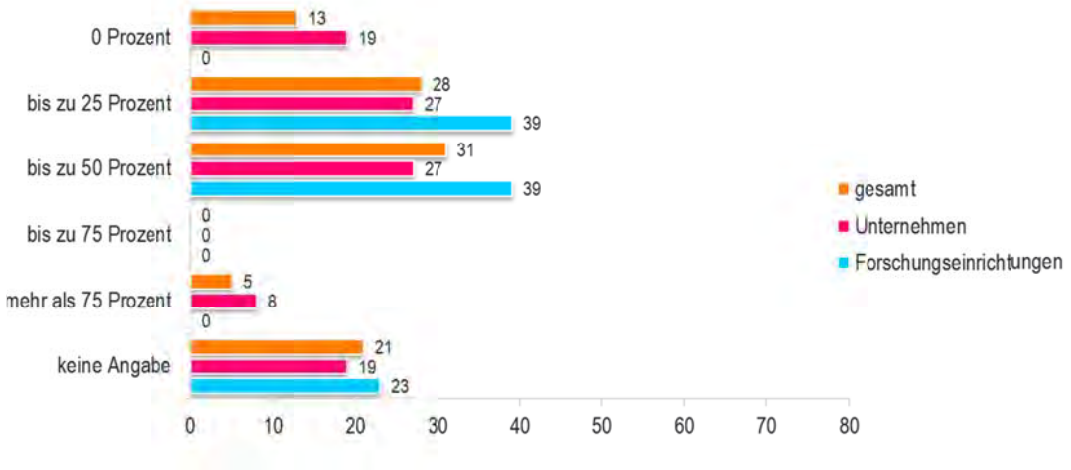


Abbildung 33 Jährliche Veränderungsrate Bund-Ländermittel zu Grundmitteln, 2000 bis 2010, Abweichungen vom Durchschnitt in Prozenten (12)

Bei der Zusammensetzung der Fördermittel für FuE zeigt sich folgendes Bild. Landesmittel machen im Jahr 2012 in der Mehrheit der befragten Institutionen bis zu 50 % aus.

Abbildung 34 Erfolg der Hochschulen im Bundesländervergleich beim Einwerben von Drittmitteln (12)

Im Jahr 2016 pendelt sich dieser Anteil insgesamt bei Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei 25 bis 50 % ein. Der Fördermittelanteil an Bundesmitteln für FuE lässt kein einheitliches Bild erkennen. Im Vergleich mit Landes- und Bundesmitteln spielen EU-Fördermittel im Rahmen der FuE eine nachgeordnete Rolle. Bei 39 % aller Befragten und bei 54 % der befragten Unternehmen spielen diese im Jahr 2012 überhaupt keine Rolle. In 77 % der Forschungseinrichtungen machen EU-Mittel dagegen bis zu 25 % des Aufwandes für FuE aus. Mit Blick auf das Jahr 2016 sind die Werte relativ konstant.



(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)

Abbildung 35 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an Landesmitteln (Thüringen) 2016

Im Vergleich der Attraktivität der Fördermittelgeber schneiden die Bundesministerien am besten ab. Die große Mehrheit der befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen findet diese sehr bis eher attraktiv. Besonders bei Forschungseinrichtungen bewerten diese mit sehr attraktiv (77%). Die Attraktivität des Freistaates Thüringen als Fördermittelgeber fällt etwas weniger positiv aus, wird aber von der Mehrheit der Befragten ebenfalls mit sehr bis eher attraktiv bewertet.

Die EU ist dagegen als Fördermittelgeber für knapp die Hälfte der befragten Unternehmen eher nicht bis überhaupt nicht attraktiv (43 %). Bei den Forschungseinrichtungen nimmt die EU dagegen eine wichtigere Rolle ein, deren Fördermittel sind für 47 % der Institutionen sehr bis eher attraktiv.

Die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere der Thüringer KMU bedingt die **Beibehaltung und Erweiterung der Technologieförderung** des Landes Thüringen. Die Förderung sollte stärker auf Projekte mit angestrebten, marktfähigen Produkten/Dienstleistungen orientiert werden. Darüber hinaus bedarf es eines Förderinstruments, dass es ermöglicht, die Lücke zwischen den Laborergebnissen und einer KMU-fähigen Fertigungstechnologie zu schließen. Dieses Förderinstrument schafft die Voraussetzung dafür, dass die Spitzenleistungen der Thüringer Forschungseinrichtungen durch Thüringer Unternehmen umgesetzt werden und folglich indirekt zu einem Return of Invest für das Land Thüringen führen.

5.4 Regionale Schwerpunkte der MNI – Aktivitäten

Im Verlauf der Erstellung der Studie wurde die Auswahl der relevanten Akteure verfeinert. Dieser Verfeinerung liegen folgende Kriterien zugrunde:

- entsprechende Listung in entsprechenden Adress- bzw. Branchenverzeichnissen
- Mitgliedschaft in entsprechenden Netzwerken/Clustern
- Mikro-Nano-Integration in der Unternehmensdarstellung
- bekannte Aktivitäten auf dem Gebiet der Mikro-Nano-Integration, wie z.B. Mitarbeit im Zwanzig20-Initialkonsortium High Performance Sensoren, Partner von Förderpro-

jekten im Bereich Nano, Mitarbeit im GMM Fachausschuss MNI, Teilnahme an MNI – Veranstaltungen
- Aktivitäten auf potentiellen Feldern der Mikro-Nano-Integration, z.B. Anwender der Mikrosystemtechnik, Sensorhersteller
- von Experten benannte Akteure und Kompetenzträger

Auf Grund der oben genannten Problematik der Zuordnung von Akteuren zu dem Bereich der MNI sind Aussagen zu den Erwerbstätigen und der Bruttowertschöpfung im Rahmen dieser Studie nicht möglich. Derartige Aussagen bedingen eine detaillierte, sehr zeitintensive, persönliche Befragung der Akteure, wobei auch in diesem Fall die Zuordnung von Umsatz und Personal nicht eindeutig sein kann.

5.4.1 Die ausgewählten Thüringer MNI - Unternehmen

Aus der Liste der 316 Thüringer Unternehmen können 76 Unternehmen als wesentlich eingestuft werden.

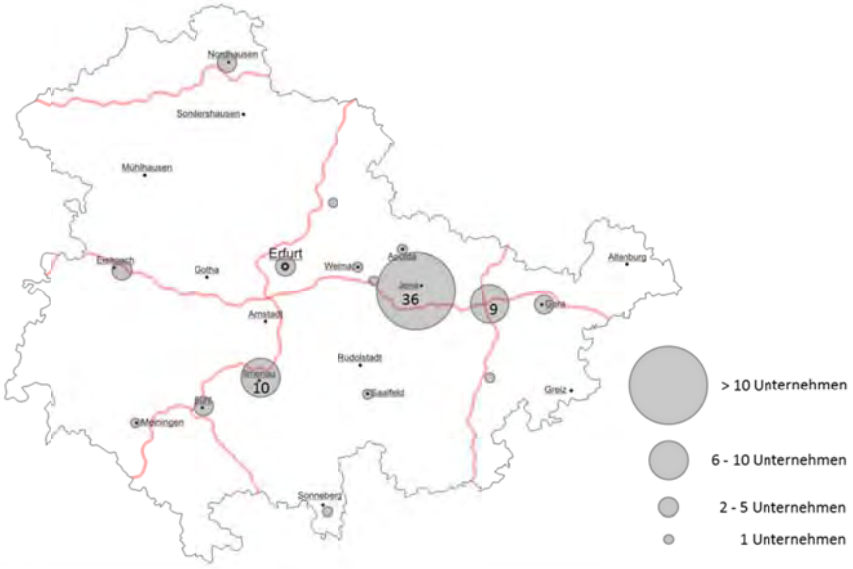


Abbildung 36 ausgewählte Thüringer MNI- Unternehmen, Kartenquelle: www.d-maps.de

Die regionalen Schwerpunkte der Mikro-Nano-Integration liegen im Raum Jena, Ilmenau und Hermsdorf.

Ein hoher Anteil der KMU wurde in Jahren 1992/93 nach dem politischen Umbruch von ehemaligen Mitarbeitern öffentlicher Forschungseinrichtungen bzw. Forschungsabteilungen bestehender Betriebe gegründet. Aus Sicht der damaligen Gründer, d.h. der heutigen Unternehmer, fehlt es heute an den notwendigen Technologiegründungen als wichtige Basis für die zukünftige Unternehmerlandschaft in Thüringen.

5.4.2 Die ausgewählten Thüringer MNI - Forschungseinrichtungen

Aus der Liste der 39 Thüringer Forschungseinrichtungen können 20 Forschungseinrichtungen als wesentlich eingestuft werden.

Die regionalen Schwerpunkte der Forschungseinrichtungen liegen erwartungsgemäß im Raum Jena und Ilmenau. Der Vergleich der regionalen Schwerpunkte der Unternehmen und For-

schungseinrichtungen bestätigt die engen regionalen Zusammenhänge der Akteure. Offensichtlich ist die regionale Vernetzung für die wirtschaftliche Wertschöpfung essentiell.

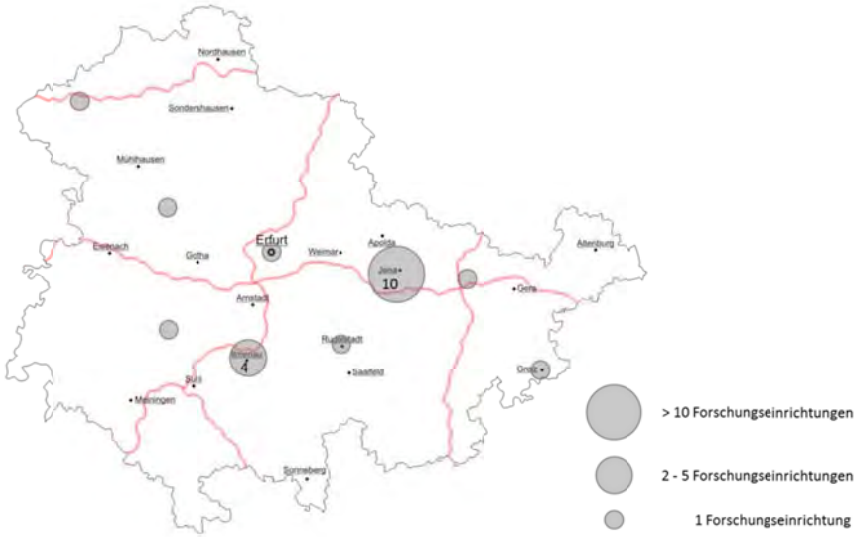


Abbildung 37 Ausgewählte Thüringen MNI – Forschungseinrichtungen, Kartenquelle: www.d-maps.de

5.4.3 Die MST-Regionen Jena und Ilmenau

Die unterschiedlichen Ausprägungen der MST-Regionen Jena und Ilmenau bezüglich Technologien und Zielmärkte sind im MST-Atlas der IVAM grundlegend analysiert.

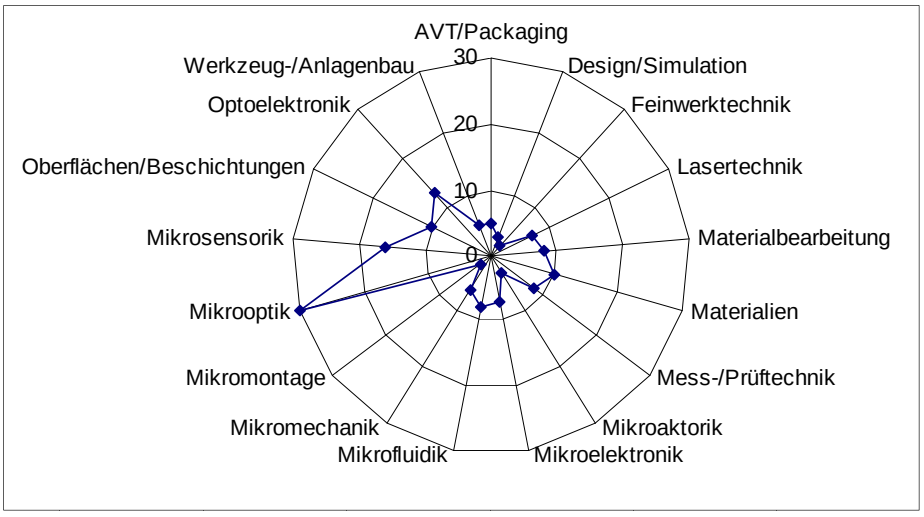


Abbildung 38 Technologien im Mikrotechnik-Cluster Jena

In der Region Jena liegen die Technologieschwerpunkte in den Bereichen: Mikrooptik, Mikrosensorik, Mikrofluidik/-analytik, AVT, Optoelektronik, Lasertechnik, Oberflächen/ Beschichtung, Mikromechanik, Materialbearbeitung. Abbildung 38 verdeutlicht den Schwerpunkt der Mikrooptik.

Als Zielmärkte der Region Jena weist die IVAM folgende Märkte aus:

- Sensor-,Mess- und Regeltechnik
- Medizintechnik

- Mikrosystemtechnik
- Qualitätssicherung
- Telekommunikation
- Automatisierung
- Automobiltechnik
- Bio- und Gentechnik
- Chemie/Pharma
- Maschinen- und Anlagenbau

Die Technologieschwerpunkte der Region Ilmenau sind: Mikrosensorik, Mikroelektronik, Materialbearbeitung, Mikrooptik, Lasertechnik, Mechatronik, Mess- und Prüftechnik, Design/ Simulation

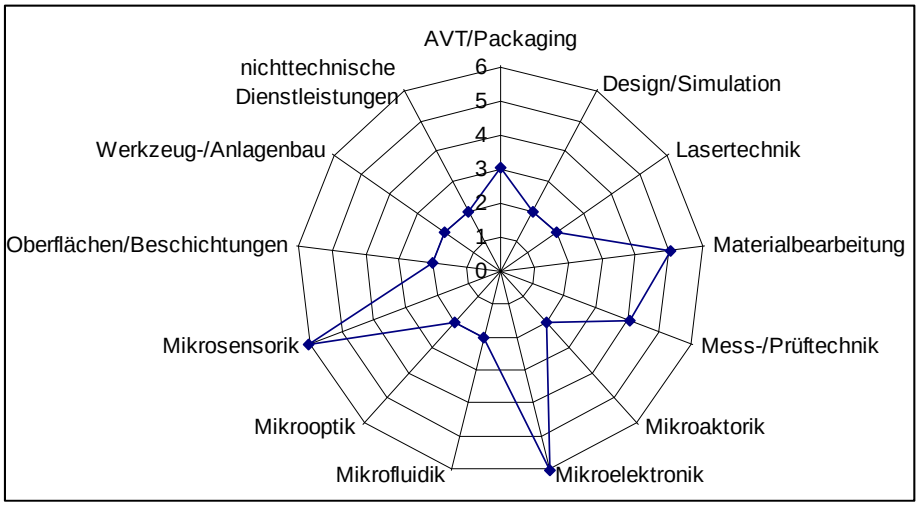


Abbildung 39 Technologien im Mikrotechnik-Cluster Ilmenau

Die Haupt-Zielmärkte der Unternehmen der Region Ilmenau sind:

- Sensor-, Mess- und Regeltechnik
- Mikrosystemtechnik
- Medizintechnik
- Umwelt- und Sicherheitstechnik
- Bio- und Gentechnik
- Chemie/Pharma
- Halbleiterindustrie
- Automatisierung
- Automobiltechnik
- Haus-,Klima-/Sanitärtechnik

Eine detaillierte Übersicht über die Aktivitäten der Thüringer Akteure findet man in der im Auftrag der Stiftung für Technologie, Innovation und Forschung Thüringen (STIFT) im Dezember 2009 erstellten Studie „Gesamtdarstellung der Wissenslandkarten für die Mikro- und Nanotechnologien in den Bereichen Forschung und Entwicklung, Produktion und Bildung in Thüringen.“ Auf Grund dieser sehr detaillierten Zuordnung der Unternehmen wurde auf die Erstellung einer weiteren Übersicht verzichtet und lediglich eine Auflistung der Akteure erstellt (Anlage 1 und Anlage 2).

6 SWOT-Analyse

6.1 Chancen und Risiken

In Rahmen der externen Umfeldanalyse wurde nach strategisch relevanten Chancen und Gefahren im Bereich der Mikro-Nano-Integration gesucht. Sie ergeben sich vor allem aus den aktuellen technologischen Möglichkeiten und den Marktbedingungen. Herausgearbeitet wurden sie vor allem durch die Befragung von externen Experten und von Mitgliedern von in Thüringen auf dem Gebiet der Mikro-Nano-Integration tätigen Netzwerken und durch die Diskussion mit Mitgliedern des Expertenbeirats. Die Relevanz der Ergebnisse und die Vollständigkeit der Aussagen entsprechen damit der Expertise von mindestens 30 Kompetenzträgern.

6.1.1 Chancen

Chancen wurden dort identifiziert, wo in Spitzentechnologien die Erschließung der vorhandenen hohen Innovationspotenziale möglich ist. Dies betrifft Spitzentechnologien mit bereits zum Teil erschlossenen Anwendungsbereichen, aber auch solche, in denen Anwendungsbereiche noch nicht oder nur zum Teil erschlossen sind. In beiden Fällen stellen sie die aktuellen Markttrends dar und sind die gegenwärtigen und künftigen Forschungsschwerpunkte. Die Chancen bestehen in der Nutzung von Potenzialen durch Besetzung dieser Forschungs- und Entwicklungsfelder und durch die Umsetzung von Entwicklungsergebnissen in neue Materialien, in Verfahren und in Produkte in diesen Feldern.

Im Allgemeinen bestehen in allen Bereichen Chancen dann, wenn Lösungen für die dort anstehenden technischen Probleme angestrebt werden. Dies betrifft vor allem die Bereitstellung von funktionalen Nanostrukturen für neue Sensorprinzipe, die extrem energieeffiziente, hochselektive und empfindliche Sensoren für die unterschiedlichsten Parameter ermöglichen. Darüber hinaus betrifft das spezielle Strukturierungen, die die Nanostrukturen in die Mikrowelt einbinden, die Erhöhung der Zuverlässigkeit und der Lebensdauer und die Realisierung der Qualitätssicherung bei der Herstellung von Nanomaterialien und -strukturen und bei deren Einbindung in Mikrostrukturen. Der Schwerpunkt liegt dabei eindeutig bei der Integration von Nanostrukturen zur Funktionalisierung von Mikrosystemen. Zum Bereich der Spitzentechnologien mit bereits zum Teil erschlossenen Anwendungsbereichen, in denen Chancen zur Nutzung von Potenzialen bestehen, gehören die Mikroelektronik und die Sensorik.

Die Mikro-Nano-Integration bietet eine große Chance für das Sensorland Thüringen. Mit dem Einsatz funktionaler Nanostrukturen können die Thüringer Sensorhersteller den steigenden Anforderungen besser gerecht werden. Die Miniaturisierung birgt darüber hinaus die Chance für die KMU zukünftig hochspezialisierte Lösungen in Systeme zu integrieren. Die Systemintegration besitzt einen erheblichen wirtschaftlichen Hebel.

Hidden-champion-Positionen zahlreicher Thüringer Sensorhersteller können durch die MNI erhalten bzw. ausgebaut werden.

In den Expertengesprächen wurden folgende Chancen identifiziert und diskutiert:

In der Mikroelektronik im Allgemeinen bieten sich Chancen bei der Realisierung einer weiteren Miniaturisierung durch höhere Integrationsdichten, einer besseren Performance, des thermischen Managements und bei der Steigerung der Zuverlässigkeit.

Im Speziellen ist es in der Mikroelektronik die Entwicklung von Materialien und Verfahren, die ein hohes Potenzial bietet.

Bei den Materialien gehören dazu

- smarte Materialien für Underfill-Technologien, die durch eine Warmkopplung die bessere Abfuhr von Wärme in Schaltkreisen ermöglichen,
- poröse Materialien für gedruckte Schaltungen, die eine Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit durch Temperung erlauben, und
- in ihren Eigenschaften skalierte Materialien, die durch eine Veränderung der Materialstrukturen im Nanobereich z.B. in Lotpasten die Veränderung der Schmelzpunkte bewirken.

Bei den Verfahren in der Mikroelektronik liegen die höchsten Potenziale im Bereich der Lithografie und der Aufbau- und Verbindungstechnik

- bei der Nano-Imprint-Lithografie,
- bei Fügetechnologien mit Nanomaterialien durch z.B. 10 – 100 nm dicke Sputterschichten oder für Verbindungen durch Aufschmelzen von Noodles,
- beim Drucken von Silberstrukturen mit nanoskaligen Materialien,
- bei Verfahren zur Funktionalisierung mit Kohlenstoffnanoröhren,
- bei der Funktionalisierung von Oberflächen in Richtung der Veränderung der Wirkung von Lotpasten und der Veredlung von Druckschablonen,
- bei Verfahren zur Realisierung von Haftschichten und
- bei Methoden, die die Stressresistenz von Schaltkreisen und deren Beständigkeit in Flüssigkeiten erhöhen.

Im Bereich der Sensorik bieten sich hervorragende Chancen durch die Integration von Nanostrukturen in die Sensorelemente und die Verwendung von Nanoschichten als sensitives Element mit dem Effekt einer höheren Empfindlichkeit. Dazu gehören unter anderem

- die Realisierung von Kammstrukturen < 400 nm für die Inertialsensorik und
- die Vergrößerung von Oberflächen mit z.B. Quantendots.

Neben der Erhöhung der Empfindlichkeit sind ebenso potenzialträchtig die Realisierung einer höheren Robustheit, die Verringerung der Querempfindlichkeit und die Erhöhung der Langzeitstabilität durch die Integration von Nanostrukturen.

Durch die Integration von Nanostrukturen bieten sich für hochwertigere Sensoren Möglichkeiten

- in der Inertialsensorik (Trägheits-, Beschleunigungs-) und bei Drucksensoren durch die höhere Empfindlichkeit,
- in der biologischen und medizinische Sensorik durch bioaktive Oberflächen,
- bei den optische Sensoren und Filtern durch neue Beschichtungen und Strukturierungen
- in Bereichen, wo genauere Messungen nach unterschiedlichen Methoden einem gestiegenen Sicherheitsaspekt genügen,
- da wo die höhere Genauigkeit völlig neue Messverfahren und -prinzipien erlauben und
- da wo durch Sensorfusion mehrere Funktionen auf einer Schicht bzw. Träger realisiert werden können.

Die in den vorangehenden Kapiteln identifizierten Anwendungsfelder mit hohen Potentialen für diese Sensoren wurden durch die Experten bestätigt.

Im Bereich der Spitzentechnologien mit nur zum Teil oder noch nicht erschlossenen Anwendungsbereichen bestehen die besonderen Chancen darin, dass man sich noch mit eigenen Entwicklungen und Technologieumsetzungen im deutschlandweiten und internationalen Vergleich an die Spitze setzen kann. Dazu gehören die Bereiche

- Life Science / Medizintechnik,
- Industrie 4.0, CPS
- Anlagenbau für Forschung und Fertigungsanlagen für Kohlenstoff-Nanoröhren, Graphen und die Chemische Gasphasenabscheidung,
- organischen Elektronik mit z.B. funktionalen Polymerdünnfilmen,
- Maschinenbau und die Produktions- und Automatisierungstechnik mit z.B. den Möglichkeiten zur Verbesserung der Mensch-Technik-Interaktion und der Diagnose von Maschinenzuständen,
- Energieeffizienz mit z.B. Lösungen für die Verhinderung der Verschmutzung von Solarflächen,
- neue Beleuchtungstechnologien,
- Charakterisierung von Nanomaterialien und deren Funktionalitäten wie z.B. das Erkennen und Sortieren von einzelnen Molekülen,
- neuer Herstellungsprozesse für ein großes Spektrum polymerer Materialien durch die Schichtzusammensetzung, eine homogene Beschichtung und durch Dotierung,
- neuer Herstellungsprozesse für isolierte Nanostrukturen für Anwendungen in der Nano-Biotechnologie und Nano-Pharmakotherapie mit z.B. der Verwendung von Nanopartikeln als Trägermaterial und kleinste Transportsysteme und
- Herstellung intelligenter Verpackungen.

Die Chancen bei der Erschließung der hohen Innovationspotenziale im Bereich Life Science/Medizintechnik ergeben sich in allen Bereichen vor allem dann, wenn man den sich abzeichnenden Trends zur weiteren Miniaturisierung, zur Molekularisierung und zur Computerisierung folgt, dabei die Aspekte Sterilisierbarkeit, Desinfizierbarkeit, Biokompatibilität, Toxizität und Langzeitstabilität beachtet und der Übergang von minimalinvasiven zu nicht invasiven Methoden gelingt.

In der Diagnostik bieten sich die höchsten Potenziale

- in der Point-of-care-Diagnostik,
- in der Detektion von Makromolekülen,
- bei der auf chemischen Wechselwirkungen basierenden Sensorik,
- bei den intelligenten autarken Sensorsystemen und
- in der In-vitro-Diagnostik.

In der Therapie bieten sich die besten Chancen bei der Realisierung der Biokompatibilität von Materialien durch intelligente nanostrukturierte Oberflächen oder durch biokompatible Polymere für z.B. Retinaimplantate. Durch z.B. die direkte Verwendung von magnetischen Nanopartikeln bietet sich über die damit mögliche lokale Erwärmung ein hohes Potenzial für neue Krebstherapien an.

Die Chancen in der Medizintechnik ergeben sich bei einer Orientierung

- auf Diagnosesysteme zur Point-of-Care-Diagnostik, die mit mobilen Komplett- oder Zusatzgeräten auch den Einsatz moderner Kommunikationstechnologien erlauben,
- auf Diagnosesysteme, die therapiebegleitend einsetzbar sind,
- auf individuelle personalisierte Diagnosen, aus denen sich personalisierte Therapien ableiten lassen,
- auf eine Parallelisierung von automatisierten Tests in Labors und
- auf Diagnosegeräte, bei denen wesentliche Komponenten für eine Massenproduktion mit z.B. einer preiswerten Wegwerf-Sensorik geeignet sind.

6.1.2 Risiken

Risiken gibt es bei den Versuchen zur Erschließung von Innovationspotenzialen

- in Spitzentechnologien mit bereits weitgehend erschlossenen Anwendungsbereichen und mit Akteuren mit herausgehobener oder auch beherrschender Marktstellung,
- in Technologiebereichen, in denen die Möglichkeiten der Mikro-Nano-Integration bisher wenig erschlossen oder noch nicht gesehen werden und
- in Technologiebereichen mit großen Hemmnissen.

Außerdem gibt es technische und wirtschaftliche Risiken.

Zu den Spitzentechnologien, in denen es bereits weitgehend erschlossenen Anwendungsbereiche und Akteure mit herausgehobener Marktstellung gibt, gehören

- die Front-end-Technologien in der Mikroelektronik, mit denen in den nächsten Jahren Strukturbreiten von 10 nm erreicht und Kohlenstoffnanoröhren für Kontaktierungen zwischen Verdrahtungsebenen eingesetzt werden (Ausnahmen sind die Mikrosystemtechnik und die 3D-Technologien),
- Technologien für Handyanwendungen und
- Technologien im Bereich spritzgegossener Leitungstechnik (Molded Interconnect Devices, Laser-Direkt-Strukturierung).

Diese Technologien sind inzwischen mit allen hochvolumigen Anwendungen in Asien angesiedelt.

Zu den Technologiebereichen, in denen die Möglichkeiten der Mikro-Nano-Integration bisher wenig erschlossen oder noch nicht gesehen werden, gehören

- der Maschinenbau, wo bisher wenig passiert und die Prognose für die Umsetzung von Potenzialen schlecht ist, weil es sich um eine sehr konservative Branche handelt, und
- der Bereich cyber-physikalischer Systeme, wo es erhebliche Hemmnisse durch die gegenwärtig unzureichende Zusammenarbeit zwischen Vertretern der Mikrosystemtechnik und der Informatik gibt.

Große Hemmnisse bei der Erschließung von Innovationspotenzialen existieren im Bereich Life Science / Medizintechnik, die darin bestehen, dass

- es im Gesundheitswesen einen regulierten Markt mit strengen Zulassungsbestimmungen, besonderen Interessenlagen der Akteure und aktuell sehr hohe Gesundheitskosten gibt,
- durch das Medizinproduktegesetz ein kostenintensives Risikomanagement für das Produkt, die Materialien und die Handhabung durch das Personal gefordert ist,

- bei Therapiegeräten gegenüber der Diagnostik nochmal verschärfte Kosten treibende Forderungen wie der Schutz von Patient und Personal und der Nachweis der Wirksamkeit in klinischen Studien zu erfüllen sind und diese gegenwärtig eine Zeitdauer von zehn Jahren von der Idee bis zum fertigen Produkt bedingen und
- bei in-vitro-Anwendungen, bei denen heikle Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen sind.

Technische Risiken gibt es durch Hemmnisse bei der Umsetzung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte. Diese bestehen vor allem darin, dass

- die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Materialien in vielen Fällen noch nicht gegeben sind (z.B. beim Druck von Silberstrukturen),
- die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Prozesstechnologien noch nicht ausreichend sind und
- Technologien zur Umsetzung der Integration von Nanostrukturen in die Mikrowelt noch weit hinter der eigentlichen Nanotechnologie hinterher hinken und bisher nur in Ansätzen vorhanden sind.

Wirtschaftliche Risiken gibt es dadurch, dass im Bereich der Mikro-Nano-Integration

- die starke Konkurrenz und der globale Verdrängungswettbewerb eine große Herausforderung darstellt,
- die Märkte von großen Playern besetzt sind oder in Zukunft besetzt werden und dadurch bei fehlender kritische Größe der Unternehmen ein Markteinstieg nicht gelingt und dann Technologien wieder nach Asien abwandern wie in der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik,
- die Amortisierung des hohen Aufwandes für die Forschung und Entwicklung und die Umsetzung der Technologien durch z.B. hohe Investitionskosten für Anlagentechnik erschwert ist,
- die Verfügbarkeit von Materialien in ausreichenden Mengen, zu wirtschaftlichen Preisen und in vernünftigen Lieferzeiten zum Teil noch nicht gegeben ist,
- Gesundheits- und Umweltrisiken durch Nanomaterialien bei störenden Ereignissen in der Produktion oder der Nutzung und bei deren Wahrnehmung durch die Öffentlichkeit die Akzeptanz der Technologien schnell schwinden lässt und
- sich Technologie-Hypes im Markt auch wieder abschwächen können, wenn sich Prognosen als falsch herausstellen oder Entwicklungen in technologischen Sackgassen enden

6.1.3 Zusammenfassung Chancen und Risiken

Zur Verringerung des Detaillierungsgrades der Ergebnisse zu den Chancen und Risiken aus den obigen Abschnitten werden diese im Folgenden noch einmal grober in Tabellenform zusammengefasst (Abbildung 40).

Chancen (O)	Risiken (T)
• **Entstehung neuer Märkte** o in bereits erschlossenen Anwendungsbereichen o in Anwendungsbereichen, die noch nicht oder nur zum Teil erschlossen • **Besetzung künftiger Forschungsfelder in Spitzentechnologien** o neue Materialien, Verfahren und Produkte o neue Sensorprinzipien durch funktionale Sensorstrukturen o spezielle Strukturierungen o Erhöhung von Zuverlässigkeit und Lebensdauer o Qualitätssicherung bei Herstellung von Nanostrukturen • **möglicher Paradigmenwechsel beim Marktzugang** o Zulieferer für große Systemhersteller statt eigener Vertrieb durch KMU • **chancenreiche Bereiche** o Industrie 4.0, o Life Science/Medizintechnik o Mikroelektronik, Sensorik	• **hohe Marktbarrieren** o hohe Kosten für Erschließung neuer Märkte o fehlende kritische Größe für Markteinstieg o gute Marktstellung technologisch und wirtschaftlich dominierender großer Akteure • **unsicherer wirtschaftlicher Erfolg** o unsichere Amortisation des hohen Aufwandes (FuE, Anlagen) o unsicherer Markteintritt • **unsicherer technischer Erfolg** o unzureichende Zuverlässigkeit u. Verfügbarkeit von Materialien u. Prozesstechnologien o Entwicklungen enden in technologischen Sackgassen o unvorhersehbare neue Herausforderungen, z.B. neues Risikomanagement und neue juristische Fragestellungen • **öffentliche Sensibilität gegenüber neuer Technologie** o fehlende Akzeptanz bei drohenden Gesundheits- und Umweltgefahren

Abbildung 40 Chancen und Risiken der Mikro-Nano-Integration

6.2 Stärken und Schwächen

In Rahmen der Analyse der Situation in Thüringen wurde nach Stärken und Schwächen gesucht und diese unter anderem durch die Analyse von vorhandenen Studien, durch die Durchführung von Workshops mit in Thüringen auf dem Gebiet der Mikro-Nano-Integration tätigen Netzwerken und durch die Online-Befragung herausgearbeitet.

6.2.1 Stärken

„Gerade die KMUs zeigen oft Risiko-Bereitschaft und den permanenten Willen, mit der Forschung zusammenzuarbeiten, um zügig und in überschaubarer Zeit mit neuen Produkten aus der Mikro-Nano-Integration auf den Markt zu kommen.“

Gabi Grützner, Geschäftsführung, micro resist technology GmbH

Die Thüringer Zentren im Bereich der Mikro-Nano-Integration sind im deutschlandweiten Vergleich auf einem guten Stand. Thüringen gehört hier mit den Standorten Jena, Hermsdorf, Ilmenau und Erfurt neben Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Bayern und Sachsen zu den führenden Bundesländern. Insbesondere gibt es in Thüringen sowohl im Bereich der Forschungsinstitute als auch bei den Unternehmen die notwendigen Protagonisten und Visionäre, die den Bereich der Mikro-Nano-Integration weiter voranbringen können.

In der Wirtschaft gibt es eine Vielzahl von meist zu den KMU zählenden Unternehmen, die sich bereits jetzt mit der Mikro-Nano-Integration beschäftigen oder tendenziell in Zukunft

damit zu tun haben werden. Die vorrangigen Anwendungsbereiche, mit denen sich Thüringer Unternehmen beschäftigen, sind

- die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik,
- die geometrische Messtechnik, die Prozessmesstechnik und der Bereich hochpräziser Messmaschinen
- die Mikrosensorik mit ihren Spezialentwicklungen und High-End-Lösungen hoher Performance,
- die Optik und Optoelektronik,
- die Analytik,
- hochpräzise Antriebe und
- der Bereich der Verbesserung der Oberflächen von Werkstoffen durch nanostrukturierte Interfaces und von Betriebsstoffen zur Schmierung.

Die Eigenschaft der meisten Thüringer Unternehmen auf dem Gebiet der Mikro-Nano-Integration wirtschaftlich erfolgreiche Zulieferer in Nischenmärkten zu sein, ist eine Stärke, die bei der gewünschten Festigung der Marktpositionen und beim Vorstoß in neue Märkte von Vorteil ist.

Besonders stark ist in Thüringen der Bereich Life Science und Medizintechnik mit ca. 200 Zulieferunternehmen im Bereich Life-Science und ca. 45 Finalgeräteproduzenten im Bereich Medizintechnik. Dabei ist hervorzuheben, dass die Schwerpunkte in der Medizintechnik bioelektrische und optische Verfahren in Diagnostiksystemen sind.

Im Bereich Life Science liegen die herausragenden Forschungsschwerpunkte Thüringer Universitäten und Forschungseinrichtungen in der Sepsisforschung und auf dem Gebiet der 3D-Zellkulturen als Ersatz für Tierversuche.

Auf den Anwendungsgebieten, mit denen sich die Thüringer Unternehmen beschäftigen, haben auch die Thüringer Forschungseinrichtungen ihre Forschungsschwerpunkte. Hier sind sie mit den unterschiedlichsten Hochtechnologien sehr gut und breit ausgestattet. Die technische Ausstattung der Institute ist neben der Forschung und der Analyse und Charakterisierung von Nanostrukturen nutzbar für Kleinserien und für Dienstleistungen für Thüringer Unternehmen. Hervorzuheben ist der gute Vorlauf in der Forschung.

Mit den im Punkt 5.4 genannten Netzwerken und Clustern sind die Thüringer Akteure auf dem Gebiet der Mikro-Nano-Integration gut organisiert und es sind gute Ansätze die Kooperationen vorhanden. Eine darüber hinausgehende starke regionale Vernetzung gibt es an den Standorten Ilmenau, Jena und Hermsdorf.

6.2.2 Schwächen

Die größte Schwäche auf dem Gebiet der Mikro-Nano-Integration in Thüringen ist die kleinteile Unternehmenslandschaft mit vielen KMU und nur wenigen großen Unternehmen. Alle nachfolgend genannten Schwächen haben vorrangig darin ihre Ursache.

So fehlt, obwohl viele Ideen in den Forschungseinrichtungen generiert und weiterentwickelt werden, deren Überführung in Industrieanwendungen, weil die KMU nicht ausreichend dafür finanziert sind. Aus dem gleichen Grund sind verfügbare Ressourcen in Form beherrschter Technologien und technischer Ausstattung sehr unterschiedlich und in den meisten Fällen zu gering ausgeprägt. Wenn überhaupt sind sie vorwiegend in den Hochschulen und Forschungs-

instituten vorhanden, können aber dort nicht zur Herstellung von Produkte verwendet werden. Somit hat in den Unternehmen die wirtschaftliche Nutzung von Innovationen im Bereich der Mikro-Nano-Integration in Thüringer Unternehmen keinen ausreichend hohen Stand. Darüber hinaus gibt es nur sehr wenige Hersteller von Nanostrukturen in Thüringen, so dass überwiegend Nanomaterialien und definierte Nanostrukturen bei Unternehmen aus anderen Regionen zugekauft oder von Thüringer Forschungseinrichtungen mit den dort vorhanden Technologien hergestellt und bereitgestellt werden. Auch gibt es in der möglichen und für die Entwicklung des Bereiches Mikro-Nano-Integration nötigen Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen eine Lücke zwischen dem Bedarf an technologischem Know-how und dessen Angebot, was derzeit das Entstehen von geschlossenen oder wenigsten längeren Wertschöpfungsketten in Thüringen verhindert.

Bezogen auf den Bereich Life-Science/Medizintechnik ist als besondere Schwäche in Thüringen anzusehen, dass es kein Zulassungszentrum mehr gibt, welches die Unternehmen als Erfahrungsträger im Zulassungsverfahren für Medizinprodukte frühzeitig berät.

Durch die kleinteilige Unternehmenslandschaft bedingt haben Thüringer Unternehmen in der Mehrzahl der Fälle eine zu geringe Marktrelevanz. So können einerseits Massenmärkte nicht bedient und andererseits neue Produkte wegen zu geringer finanzieller und personeller Potenziale nicht schnell genug reif in die möglichen Märkte gebracht werden. Außerdem kann der erhöhte Aufwand im Bereich Marketing, der für neue Technologien gebraucht wird, von kleinen Unternehmen nicht geleistet werden. Im Ergebnis ist die Marktdurchdringung schlecht, obwohl die Innovationsfähigkeit der KMU hoch ist. Das vorhandene Marktpotential der Region wird daher nicht ausreichend sichtbar. Vorhandene Marktchancen werden zum Teil auch dadurch nicht genutzt, das eine Reihe von potenziell vorhandenen Unternehmen ihre Chancen auf dem Gebiet der Nanotechnologien für die eigene Geschäftsentwicklung noch nicht erkennen.

Wenngleich die relativ gute Vernetzung vieler Thüringer Unternehmen als Stärke eine gute Basis ist, gelingt es bisher noch nicht, den Nachteil der kleinteiligen Industrie zu kompensieren. Hier fehlen eine Intensivierung der Zusammenarbeit mit einer stärkeren inhaltlich technologischen Ausrichtung der Kooperationen und deshalb auch eine Vernetzung mit Kompetenzträgern über die Landesgrenzen hinweg.

Nachteilig an Thüringer Forschungsinstituten sind die fehlenden Kapazitäten zur Charakterisierung von Nanostrukturen, die als Voraussetzung für deren industrielle Nutzung angesehen werden muss.

Eine weitere, allerdings auch bundesweit vorhanden Schwäche sind die durch die zu kurze Laufzeit öffentlicher Förderungen bedingten kurzen Projektlaufzeiten. Eine ausreichende Forschungs- und Entwicklungskompetenz auf einem Technologiegebiet kann daher nicht aufgebaut werden und Spitzenwissenschaftler verlassen mit ihrem Know-how nach Projektende die Einrichtung und teilweise auch die Region.

6.2.3 Zusammenfassung Stärken und Schwächen

Zur Verringerung des Detaillierungsgrades der Ergebnisse zu den Chancen und Risiken aus den obigen Abschnitten werden diese im Folgenden noch einmal grober in Tabellenform zusammengefasst (Abbildung 41).

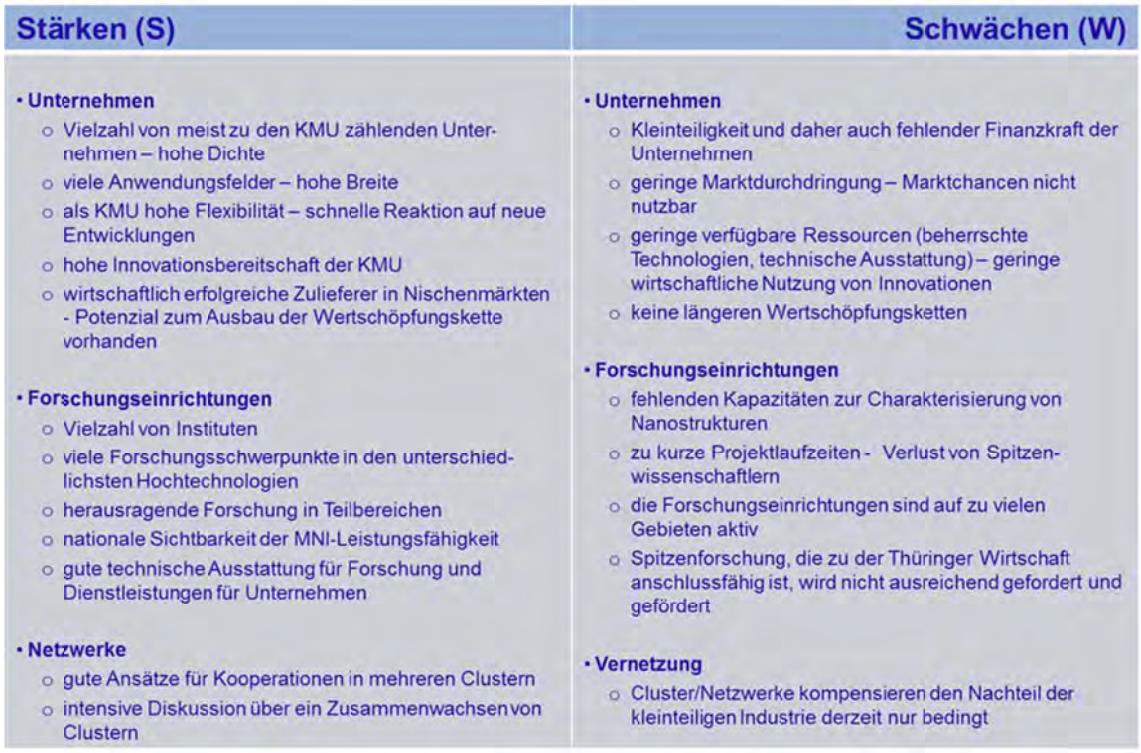


Abbildung 41 Stärken und Schwächen der Mikro-Nano-Integration in Thüringen

7 Zusammenfassende Statements

Zusammenfassend lassen sich die nachfolgenden Statements zu den Potentialen der Mikro-Nano-Integration in Thüringen formulieren. Die Statements wurden durch den Expertenbeirat und ausgewählte Thüringer Experten grundlegend evaluiert.

Mikro-Nano-Integration

1 Die Mikro-Nano-Integration gehört zu den Schlüsseltechnologien der Zukunft.

2 Als Querschnittstechnologie wird die Mikro-Nano-Integration in allen Wachstumsfeldern eine wichtige Rolle spielen. Gleichzeitig wird die Bedeutung der IKT zunehmen.

3 Für das "Sensorland" Thüringen verfügt die Mikro-Nano-Integration gemeinsam mit den anderen Schlüsseltechnologien oder Querschnittstechnologien über das Potential für einen Entwicklungssprung der Thüringer KMU.

Industrie 4.0

4 Die 4. industrielle Revolution hat begonnen - neue Fertigungsmodelle werden sich etablieren. Die Industrie 4.0 wird Produktionsprozesse revolutionieren und eine wichtige Triebkraft in der Zukunft sein.

5 Die Automatisierungs-/Prozessmesstechnik wird den Bedarf an Sensoren vervielfachen.

6 Die Sensoren der Zukunft werden komplexer sein und auf MNI basieren.

7 In der Industrie 4.0 ist die Großindustrie bereits unterwegs - KMU können als Zulieferer Schlüsselfunktionen einnehmen, wenn sie den Anforderungen gerecht werden.

AAL/Life Science/Medizintechnik

8 Der Bereich Life Science/Medizintechnik besitzt ein hohes Marktpotential.

9 Der Bedarf und die Anforderungen an miniaturisierten und intelligenten Sensoren und-Sensorsystemen in diesem Bereich werden erheblich steigen.

10 Die Mikro-Nano-Integration wird dabei durch die Schaffung neuer Funktionalitäten eine wesentliche Rolle spielen.

11 In Thüringen gibt es zahlreiche Technologieanbieter, die den Stand der Technik mitbestimmen.

Thüringer MNI-Forschungslandschaft

12 Die Thüringer Forschungslandschaft im Bereich Mikro-Nano-Integration ist sehr gut aufgestellt.

13 Einrichtungen wie das IMN an der TU Ilmenau, das Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS, das Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS), Institut für Photonische Technologien e.V. (IPHT), Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF; CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH bestimmen den Stand der Technik mit.

14 Die MNI-Forschungsschwerpunkte der Thüringer Institute liegen in den Bereichen Mikrosystemtechnik (AVT, Sensorik, MSR), Nanomaterialen, Nanooptik, Nanoelektronik, Nanobiologie, Nanoanalytik.

15 Die Grundlagenforschung der vergangenen Jahre bietet eine gute Basis für die Thüringer Wirtschaft.

16 Viele Lösungsansätze aus der Grundlagenforschung werden nicht in Industrieanwendungen überführt. Es fehlt an finanziellen Mittel zur Überführung der Ergebnisse in reproduzierbare Technologien.

17 Die Kommunikation und die Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft muss verbessert werden.

Thüringer MNI-Unternehmerlandschaft

18 Die Thüringer MNI-Unternehmerlandschaft wird von KMU dominiert.

19 Die Mikro-Nano-Integration befindet sich am Beginn der Wertschöpfungskette - ein systemischer Ansatz ermöglicht höhere betriebliche Wertschöpfung.

20 Der systemische Ansatz und die steigende Komplexität der Produkte und Dienstleistungen bedürfen der Bündelung der Einzelkompetenzen der kleinteiligen, KMU-geprägten Thüringer Wirtschaft - eine strategische Allianz der Thüringer Akteure würde zu einer Risiko- und Kostenteilung führen.

21 Überführung von FuE Ergebnissen in reproduzierbare Technologien ist sehr kostenintensiv und kann nicht von einzelnen KMU finanziert werden.

22 Zur Erschließung der Potentiale in der Mikro-Nano-Integration bedarf es einer intensiven, branchenübergreifenden Kooperation der Thüringer KMU und Forschungseinrichtungen - die Kooperation darf nicht an den Landesgrenzen enden.

23 Zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit ist die Verankerung der KMU als Zulieferer bei den deutschen Global Playern nötig.

24 Das Marktpotential im Bereich Industrie 4.0. wird von den Thüringer KMU noch nicht ausreichend wahrgenommen.

25 Die gezielte Stärkung des Bereichs der Mikro-Nano-Integration wird die Thüringer Wirtschaft nachhaltig stärken.

Sichtbarkeit

26 Thüringen kann mit dem Potential seiner Unternehmen und Forschungseinrichtungen als "Sensorland" bezeichnet werden – wird von außen so jedoch nicht ausreichend wahrgenommen.

27 Die Leistungsfähigkeit Thüringer Akteure im Bereich Mikro-Nano-Integration wird außerhalb Thüringens anerkannt – die Wahrnehmung bedarf jedoch einer deutlichen Stärkung.

8 Handlungsempfehlungen

Zur Erschließung der identifizierten Potentiale müssen seitens der Wirtschaftsförderung Rahmenbedingungen geschaffen werden, die es ermöglichen,

- das vorhandene Know-how zu sichern
- kurzfristig bei den KMU technologisch umzusetzen
- mit einer hohen betrieblichen Wertschöpfung zu vermarkten und
- weiteres Know-how zielstrebig zu generieren

Die gezielte Stärkung der Mikro-Nano-Integration ermöglicht der Thüringer Wirtschaft eine schnelleres und damit nachhaltiges Wachstum.

Die nachfolgenden Handlungsempfehlungen für Thüringen wurden unter diesem Aspekt formuliert. Der Expertenbeirat und ausgewählte Thüringer Experten haben diese Handlungsempfehlungen evaluiert.

8.1 Marktbearbeitung

Im Bereich der Marktbearbeitung lassen sich Handlungsempfehlungen

- zur Erhöhung der Sichtbarkeit des Marktpotentials der Mikro-Nano-Integration für KMU
- zur Erhöhung der Sichtbarkeit der Leistungsfähigkeit der Thüringer Akteure im Bereich Mikro-Nano-Integration und
- zur Verankerung der Thüringer KMU bei den deutschen Global Playern

ableiten.

A Zur **Sichtbarmachung des MNI - Marktpotentials** bei den Thüringer Akteuren sollte die Aufklärung über die Chancen der Nanotechnologien für KMU gefördert werden. Die Marktfähigkeit der KMU hängt vom Erkennen dieser Chancen ab.

B Zur **Sichtbarmachung der MNI – Leistungsfähigkeit Thüringens** insbesondere in Deutschland sollte die Standortkampagne „Das ist Thüringen“ gezielt genutzt werden.

C Zur **Verankerung der Thüringer KMU bei den deutschen Global Playern** sollte eine clusterübergreifende KMU-Marke geschaffen werden. Dazu sind folgende Schritte notwendig:

- Erarbeitung einer strategischen Zielsetzung für zukünftige Anwendungs-/Markt - Schwerpunkte der MNI-Produkte (clusterunabhängig, clusterübergreifend)
- Erarbeitung einer Übersicht von deutschen Global Playern, die für die KMU der MST/MNT-Branche eine Schlüsselrolle einnehmen können.
- Erarbeitung und Umsetzung einer Strategie zur Erschließung dieser Global Player als Kunden. (z.B. Roadshows zu Global Playern/ in Global Regionen)
- Erweiterung der Maßnahme auf internationale Global Player

Die Erschließung von Global Playern als Kunden ist für KMU häufig eine sehr schwierige, i.a. kostenintensive Aufgabe. Diese Maßnahme bedarf der wesentlichen Unterstützung des Landes.

8.2 Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit

Wesentliche Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit sind

- die Schaffung eines clusterübergreifenden, marktorientierten Kompetenzzentrums Industrie 4.0.
- die Beibehaltung und Erweiterung der Technologieförderung und
- die Umsetzung des geplanten Roadmap-Prozesses

D Zur Erschließung der Nanotechnologien für Spezialanwendungen und folglich für die Thüringer KMU, d.h. zum Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der KMU, sollte ein **clusterübergreifendes, marktorientiertes Kompetenzzentrum Industrie 4.0** geschaffen werden. Wichtig dabei sind, die Marktorientierung und die Einbindung von Akteuren und Clustern außerhalb Thüringens. Das Kompetenzzentrum Industrie 4.0 muss zwei wesentliche Elemente enthalten:

1 **gemeinsame technologische Plattformen,** die durch intelligente Techniken Flexibilität und damit massenweise Spezialanwendungen ermöglichen. Dazu ist es notwendig, ein strategisches Konzept zur Entwicklung derartig flexibler Plattformen zu erarbeiten und dieses schnell und zielstrebig umzusetzen.

2 **ein clusterübergreifendes Netzwerk**, das die Akteure durch eine qualitativ neue Form der Zusammenarbeit verbindet. Das Netzwerk muss der Tatsache gerecht werden, dass die Branchengrenzen fließend werden und die interdisziplinäre Zusammenarbeit immer mehr an Bedeutung gewinnt. Wichtige Aufgabe des Netzwerkes muss es sein, das verteilte, diversifizierte Know-how zusammenzuführen. Dabei bedarf es insbesondere der Einbeziehung von Elementen einer open innovation-Strategie und eines IP-

Managements. Für dieses clusterübergreifende Netzwerk muss ein strategisches Konzept durch die Akteure aus der Wirtschaft erarbeitet und gezielt umgesetzt werden.

Der Prozess zur Kooperation der Thüringer KMU auf einer höheren Qualitätsstufe wird ein sehr langwieriger Prozess sein. Das Initialkonsortium MNI4KMU hat diesbezüglich bereits erste Schritte unternommen. Eine intensive Unterstützung der Initiative in der aktuellen Strategiephase durch das Land Thüringen kann diesen Prozess wesentlich beschleunigen.
Die gezielte Umsetzung der Handlungsempfehlungen A-C kann den Erfolg des Kompetenzzentrums Industrie 4.0 wesentlich erhöhen.

E Die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere der Thüringer KMU bedingt die **Beibehaltung und Erweiterung der Technologieförderung** des Landes Thüringen. Die Förderung sollte stärker auf Projekte mit angestrebten, marktfähigen Produkten/Dienstleistungen orientiert werden. Darüber hinaus bedarf es eines Förderinstruments, dass es ermöglicht, die Lücke zwischen den Laborergebnissen und einer KMU-fähigen Fertigungstechnologie zu schließen. Dieses Förderinstrument schafft die Voraussetzung dafür, dass die Spitzenleistungen der Thüringer Forschungseinrichtungen durch Thüringer Unternehmen umgesetzt werden und folglich indirekt zu einem Return of Invest für das Land Thüringen führen.

F Die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit der Thüringer KMU hängt wesentlich davon ab, wie es den Unternehmen gelingt, Trends zu erkennen und in der eigenen Unternehmensstrategie zu verankern. Die **Umsetzung des vom Land Thüringen geplanten Roadmap-Prozesses** unter Einbeziehung der Akteure kann dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Im Rahmen dieses Prozesses sollten Themen der Zukunft regelmäßig in einem **Wirtschafts-Wissenschaftsdialog** diskutiert und bewertet werden**.**

8.3 Forschungseinrichtungen

Für die Forschungseinrichtungen lassen sich zwei wesentliche Handlungsempfehlungen ableiten:

- gezielte Unterstützung der Grundlagenforschung
- Vermeidung des sogenannten Valley of Death

G Der Erhalt und Ausbau der Spitzenposition im Bereich Mikro-Nano-Integration bedarf der **gezielten Unterstützung der Grundlagenforschung an den Universitäten,** in den Bereichen, in denen die Thüringer Unternehmen unterwegs sind. Die Ideenquelle der Thüringer Wirtschaft muss erhalten bleiben. Einer der Kristallisationspunkte der Grundlagenforschung in Thüringen ist das Institut für Mikro- und Nanotechnologien der TU Ilmenau. Dieser Kristallisationspunkt muss zielstrebig weiter gefördert werden. Seitens der Thüringer Politik bedarf es einer Unterstützung beim Einwerben von Fördermitteln auf diesem Gebiet seitens des Bundes. Wichtig dabei ist, dass die Förderzeiträume für Projekte der experimentellen Entwicklung verlängert werden, damit begonnene Entwicklungen abgeschlossen werden können und aufgebautes Know-how kontinuierlich erhalten bleibt.

H Die bestehende Lücke zwischen der Grundlagenforschung und Entwicklungsprojekten, dem sogenannten **Valley of Death** muss geschlossen werden. Die anwendungsnahen In-

stitute, die in der Rechtsform einer GmbH organisiert sind, bieten dafür gute Voraussetzungen. Es muss ein Konzept erarbeitet und umgesetzt werden, das es ermöglicht, dass

- es einen kontinuierlichen Nachschub an Wissen gibt, d.h. die Forschungseinrichtungen kontinuierlich an Schwerpunktthemen arbeiten können.
- das Know-how, das in Grundlagenprojekten entwickelt wurde und für die Thüringer Wirtschaft von Interesse ist, für Thüringen erhalten bleibt. Dazu bedarf es einer schnellen und flexiblen Fördermöglichkeit. Denkbar wäre ein Modell, in dem interessierte Unternehmen sich in geringem Umfang gemeinsam mit dem Land an der Weiterfinanzierung der Forschergruppen beteiligen.

8.4 Neu- und Ausgründungen

Zur Sicherung des Unternehmer-Nachwuchses muss die Attraktivität des Standortes für Gründungsprojekte erhöht werden. Diesbezüglich lassen sich zwei wesentliche Handlungsempfehlungen ableiten:

- zielgerichtete Unterstützung von Hightech Gründungen im Bereich Sensorik
- Einführung eines Belohnungssystems für die Überführung von wissenschaftlichen Ergebnissen in eine Ausgründung

I Zur **zielgerichteten Unterstützung von Hightech Gründungen im Bereich der Sensorik** sollte das EXIST Gründerstipendium analog des ego.Gründerstipendiums in Sachsen-Anhalt durch eine Landesförderung verlängert werden, um den langen Entwicklungszeiten von der Idee bis zum marktfähigen Produkt gerecht zu werden. Zur Beschleunigung des Marktzugangs und Wissenstransfers müssen die entsprechenden Gründungen bewusst, frühzeitig in die bestehenden Cluster/Netzwerk eingebunden werden. Es empfiehlt sich die Benennung von Wirtschaftspaten, die selbst den Prozess der Gründung durchlaufen haben. Darüber hinaus muss die Attraktivität der Finanzierung von Gründungsprojekten erhöht werden.

J Um den Know-how-Verlust bei Ausgründungen aus Forschungseinrichtungen auszugleichen und Vorlauf für weitere Innovationen/Gründungen zu schaffen empfiehlt sich die **Einführung eines Belohnungssystems für die Überführung von wissenschaftlichen Ergebnissen in eine Ausgründung** durch Bereitstellung von zusätzlichen Mitteln. Ein möglicher Ansatz ist eine dreijährige Finanzierung von 1-2 Personalstellen an der Forschungseinrichtung, aus der die Ausgründung erfolgte.

8.5 Personalentwicklung

Im Bereich der Personalentwicklung wurden Handlungsempfehlungen für zwei Schwerpunkte abgeleitet:

- Anwerbung und Bindung von Spitzenkräften
- Deckung des zukünftigen Bedarfs an gut ausgebildeten Ingenieuren

K Zum Erhalt der Leistungsfähigkeit der Thüringer Wirtschaft und Forschungseinrichtungen bedarf es der **gezielten Anwerbung und Bindung von Spitzenmanagern und Spitzenwissenschaftlern**. Wichtige Voraussetzung dafür ist die Beibehaltung und weitere Stärkung

der weichen Standortfaktoren. Besonders wichtig ist die Schaffung von attraktiven Wohnmöglichkeiten.
Die gezielte Anwerbung und Bindung von Spitzenwissenschaftlern für Forschungseinrichtungen bedarf der Möglichkeit langfristiger Verträge und einer außertariflichen Bezahlung. Herausragende Aktivtäten beim Einwerben von Projekten sollten attraktiv honoriert werden.
Das Aufzeigen attraktiver Karrieremöglichkeiten in Thüringen sollte in die Standortkampagne „Das ist Thüringen“ integriert werden.

L Zur **Deckung des zukünftigen Bedarfs an gut ausgebildeten Ingenieuren** muss im ersten Schritt die Attraktivität des Ingenieurberufs im Rahmen der Berufswahl erhöht werden. Denkbar ist eine Jugendserie, die die Vorteile des Lebens eines Ingenieurs aufzeigt. Das Kindermedienzentrum in Erfurt bietet dafür gute Voraussetzungen.
In einem weiteren Schritt gilt es, die in Thüringen sehr gut ausgebildeten Ingenieure am Standort zu halten. Dazu müssen die Kommunikationskanäle zwischen den Unternehmen und den Hochschulen stärker ausgebaut werden, um eine frühzeitige Bindung der Studenten zu ermöglichen. Die erfolgversprechenden Ansätze optonet master+ und elmug4students zeigen das starke Interesse der Studenten an Kontakten in die Thüringer FuE Wirtschaft und sollten zielstrebig ausgebaut und auf die anderen Cluster erweitert werden.

Empfehlenswert ist, die Einführung eines Belohnungssystems für die Hochschulen für Vermittlung von guten Studenten in die Thüringer Wirtschaft.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Methodisches Vorgehen bei der der Erarbeitung der Studie 6
Abbildung 2 Dimensionen und Beispiele in der Nano-, Mikro- und Makro-Welt 7
Abbildung 3 Begriffsdefinition der MST nach (1) 8
Abbildung 4 Aufbauhierarchie von Mikrosystemen nach (1) 9
Abbildung 5 Definition der Nanotechnologie nach (5) 10
Abbildung 6 Nanotechnologische Begriffe und Einordnung nach (5) 10
Abbildung 7 Aktivitätsfelder der Nanotechnologie (Quelle: IMMS) 11
Abbildung 8 Trends in der Systemintegration (Beispiel AVT) 12
Abbildung 9 Overview of the NANOfutures Roadmap (6) 13
Abbildung 10 Overview of the NANOfutures Nano-enabled Value chains and Lead Markets (6) 14
Abbildung 11 Entwicklung des Weltmarktes nanooptimierter Produkte (8) 15
Abbildung 12 Branchenzuordnung ostdeutscher Nanotechnologie-Unternehmen entsprechend Branchenschlüssel WZ 93 (11) 16
Abbildung 13 Übersicht der Schlüsseltechnologien und Zielmärkte der MNI in Thüringen 17
Abbildung 14 Wertschöpfungskette von Nanomaterialien hin zu Anwendungen (5) 18
Abbildung 15 MEMS- Markt 2011-2017, Status of the MEMS industry report, July 2012, Yole Développement. (3) 19
Abbildung 16 Die Entwicklung der weltweiten Sensormärkte 2006 bis 2016 in Mrd. € (Intechno Consulting, 2012) 20
Abbildung 17 Hierarchieebenen in der MNI- Wertschöpfung 22
Abbildung 18 Wirtschaft-politische Zukunftsfelder (Konvergenzmärkte) – Smart X-Technologien basieren auf MNI-Technologien 26
Abbildung 19 Wachstumsfelder der Thüringer Wirtschaft und technologische Nachfragefelder in Thüringen (nach: Trendatlas Thüringen 2012) 26
Abbildung 20 Zukunftsfeld „Industrie 4.0“ und die Konvergenz zu den Wachstumsfeldern der Thüringer Wirtschaft (nach: Trendatlas Thüringen 2012) 27
Abbildung 21 Zukunftsfeld „AAL/Life Science/Medizintechnik“ und die Konvergenz zu den Wachstumsfeldern der Thüringer Wirtschaft (nach: Trendatlas Thüringen 2012) 27
Abbildung 22 Sensorik-Unternehmen je Einwohner errechnet aus der AMA-Statistik 2010 29
Abbildung 23 Verteilung der deutschen Mikro- Nano-Akteure, Quelle IVAM 30
Abbildung 24 Hauptthemen der Befragung 33
Abbildung 25 Bedeutung von MNI für die Wirtschaftskraft Thüringens –Ergebnis der online - Befragung 34
Abbildung 26 Zielmärkte der MNI mit guten Erfolgspotentialen 35
Abbildung 27 FuE-Aktivitäten in MNI-Bereichen 36
Abbildung 28 Zufriedenheit der Thüringer MNI-Akteure mit dem Informationsfluss zwischen den Forschungseinrichtungen und den Unternehmen 37
Abbildung 29 Kooperation mit Forschungseinrichtungen bei MNI-Themen 38
Abbildung 30 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen - Handlungsrelevanz 39
Abbildung 31 Weitere Hemmnisse für die Entwicklung des MNI-Bereichs in Thüringen 40
Abbildung 32 Anteil Fördermittel am Gesamt-FuE-Aufwand 2012 42
Abbildung 33 Jährliche Veränderungsrate Bund-Ländermittel zu Grundmitteln, 2000 bis 2010, Abweichungen vom Durchschnitt in Prozenten (12) 43

Abbildung 34 Erfolg der Hochschulen im Bundesländervergleich beim Einwerben von Drittmitteln (12).....43
Abbildung 35 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an Landesmitteln (Thüringen) 2016.....44
Abbildung 36 ausgewählte Thüringer MNI- Unternehmen, Kartenquelle: www.d-maps.de....45
Abbildung 37 Ausgewählte Thüringen MNI – Forschungseinrichtungen, Kartenquelle: www.d-maps.de.....46
Abbildung 38 Technologien im Mikrotechnik-Cluster Jena 46
Abbildung 39 Technologien im Mikrotechnik-Cluster Ilmenau.....47
Abbildung 40 Chancen und Risiken der Mikro-Nano-Integration.....53
Abbildung 41 Stärken und Schwächen der Mikro-Nano-Integration in Thüringen 56

10 Anlagenverzeichnis

Anlage 1: Ausgewählte MNI-Akteure der Thüringer Wirtschaft
Anlage 2: Ausgewählte MNI-Akteure der Thüringer Forschungslandschaft
Anlage 3: Fragebogen der Online-Befragung der Unternehmen
Anlage 4: Fragebogen der Online-Befragung der Forschungseinrichtungen
Anlage 5: Erläuterungen zur Online - Befragung
Anlage 6: Ergebnisse der Online – Befragung
Anlage 7: Thüringer MNI - Expertenbeirat
Anlage 8: Quellen und Literatur
Anlage 9: Ergänzungen zur Potentialanalyse Mikro-Nano-Integration

Anlage 1: Ausgewählte MNI-Akteure der Thüringer Wirtschaft
Potentialanalyse **Mikro-Nano-Integration in Thüringen**

1	Aifotec AG	Meiningen
2	Alere Technologies GmbH	Jena
3	ALS Automated Lab Solutions GmbH	Jena
4	Analytik Jena AG	Jena
5	Askion GmbH	Gera
6	asphericon GmbH	Jena
7	audifon GmbH & Co. KG	Kölleda
8	Biolitec AG	Jena
9	Carl Zeiss Meditec AG	Jena
10	Carl Zeiss MicroImaging GmbH	Jena
11	Carl Zeiss Microscopy GmbH	Jena
12	Carl Zeiss SMT GmbH	Jena
13	CDA GmbH	Suhl
14	COLANDIS GmbH	Kahla
15	Compugraphics Jena GmbH	Jena
16	ConSens GmbH	Ilmenau
17	Cross Match Technologies GmbH	Jena
18	CWK Chemiewerk Bad Köstritz GmbH	Bad Köstritz
19	CyBio AG	Jena
20	dentognostics GmbH	Jena
21	Dyomics GmbH	Jena
22	electrotherm GmbH	Geraberg
23	ERTRON GmbH	Erfurt
24	Feinmess Suhl GmbH	Suhl
25	Fresnel Optics GmbH	Apolda
26	GÖPEL electronic GmbH	Jena
27	Häcker Automation GmbH	Emsetal OT Schwarzhausen
28	Hörmann IMG GmbH	Nordhausen
29	IL Metronic Sensortechnik GmbH	Ilmenau-Unterpörlitz
30	Jena-Optronik GmbH	Jena
31	JenControl GmbH	Jena
32	JENOPTIK Automatisierungstechnik GmbH	Jena
33	JENOPTIK Laser GmbH	Jena
34	JENOPTIK Optical Systems GmbH	Jena
35	JENOPTIK Polymer Systems GmbH	Triptis
36	Lasos Lasertechnik GmbH	Jena
37	LAYERTEC GmbH	Mellingen
38	lightTrans GmbH	Jena
39	LKM electronic GmbH	Geraberg
40	LLT Applikationen GmbH	Ilmenau
41	Lust Hybrid-Technik GmbH	Hermsdorf
42	Mathys Orthopädie GmbH	Mörsdorf
43	MAZeT GmbH	Jena
44	Medi-Globe Cardioplast GmbH	Neuhaus-Schierschnitz

45	Melexis GmbH	Erfurt
46	microfluidic ChipShop GmbH	Jena
47	Micro-Hybrid Electronic GmbH	Hermsdorf
48	Micro-Sensor GmbH	Hermsdorf
49	Microsensys GmbH	Erfurt
50	Numerik Jena GmbH	Jena
51	Optikron GmbH	Jena
52	Otto Bock Manufacturing Königsee GmbH	Königsee
53	OTTO Vision Technologie GmbH	Jena
54	PI Ceramic GmbH	Lederhose
55	piezosystem jena GmbH	Jena
56	POG Präzisionsoptik Gera GmbH	Gera
57	PORTEC GmbH Zella-Mehlis	Zella-Mehlis
58	Quantifoil Instruments GmbH	Jena
59	paragon AG	Suhl
60	Rauschert Hermsdorf GmbH	Hermsdorf
61	Robert Bosch Fahrzeugelektrik Eisenach GmbH	Eisenach
62	SCHOTT Nexterion AG	Jena
63	Senova GmbH	Weimar
64	Siegert Thinfilm Technology GmbH	Hermsdorf
65	SIOS Meßtechnik GmbH	Ilmenau
66	SIRS-Lab GmbH	Jena
67	Speck Sensorsysteme GmbH	Jena
68	Supracon AG	Jena
69	TAMI Deutschland GmbH	Hermsdorf
70	TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation GmbH	Ilmenau
71	TRUMPF Medizin Systeme GmbH + Co. KG	Saalfeld/Saale
72	UST Umweltsensortechnik GmbH	Geschwenda
73	UV-Technik Speziallampen GmbH	Wolfsberg OT Wümbach
74	VIA electronic GmbH	Hermsdorf
75	Vistec Electron Beam GmbH	Jena
76	Wacker Biotech GmbH	Jena
77	X-Fab Semiconductor Foundries AG	Erfurt
78	ZILA Elektronik GmbH	Zella-Mehlis

Anlage 2: Ausgewählte MNI-Akteure der Forschungseinrichtungen
Potentialanalyse **Mikro-Nano-Integration in Thüringen**

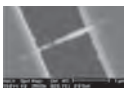
1	CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH	Erfurt
2	Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena, Institut für Mikrosystem- und Präzisionsfertigungstechnik Jena	Jena
3	Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF	Jena
4	Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS	Hermsdorf
5	Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Materialwissenschaften und Werkstofftechnologie	Jena
6	Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut of Applied Physics	Jena
7	Friedrich-Schiller-Universität Jena, Laboratory of Organic and Macromolecular Chemistry	Jena
8	fzmb Forschungszentrum für Medizintechnik und Biotechnologie GmbH	Bad Langensalza
9	GFE- Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e. V.	Schmalkalden
10	GMBU Gesellschaft zur Förderung von Medizin-, Bio- und Umwelttechnologien e. V. , Fachsektion Photonik und Sensorik	Jena
11	iba Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V.	Heilbad Heiligenstadt
12	ifw Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH	Jena
13	Innovent e.V., Technologieentwicklung Jena	Jena
14	Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS)	Ilmenau
15	Institut für Photonische Technologien e.V. (IPHT)	Jena
16	Leibniz Institut für Naturstoff-Forschung u. Infektionsbiologie e. V., Hans-Knöll-Institut	Jena
17	Textilforschungsinstitut Thüringen-Vogtland e.V., TITV	Greiz
18	Thüringisches Institut für Textil- u. Kunststoff-Forschung e.V., TITK	Rudolstadt
19	Technische Universität Ilmenau, Fakultät Maschinenbau	Ilmenau
20	Technische Universität Ilmenau, Institut für Mikro- und Nanotechnologien MacroNano	Ilmenau

Anlage 3: Fragebogen der Online-Befragung der Unternehmen
Potentialanalyse Mikro-Nano-Integration

Fragebogen

1 [Seiten-ID: 16543] [L]

Startseite



Herzlich Willkommen zur Online-Befragung "Ist-Analyse der FuE-Aktivitäten in Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen unter besonderer Berücksichtigung der Mikro-Nano-Integration"

Wir danken Ihnen, dass Sie bereit sind, sich an unserer Befragung zu beteiligen.

Schwerpunkt der Befragung zu den FuE-Aktivitäten sind die Potentiale der „Mikro-Nano-Integration“ (MNI). Unter diesem Begriff werden die Integration von Nanoobjekten und -strukturen in die Mikro- und Makroebene sowie der Einsatz von Nanotechnologie-basierten Effekten in Mikrosystemen verstanden. Die MNI macht die Nanotechnologie "anschlussfähig" für den Einsatz in Produkten mit neuen bzw. verbesserten Eigenschaften.

Zu Beginn der Befragung, bitten wir Sie zunächst, uns einige Fragen zum Unternehmen, sowie zum Thema Forschung und Entwicklung zu beantworten.

2 [Seiten-ID: 16526] [L]

Seite 1

Gehört Ihr Unternehmen zu einer Unternehmensgruppe, einem Unternehmensverband oder einem Konzern?

- ○ Ja, der Hauptsitz ist hier am Standort.
- ○ Ja, der Hauptsitz ist an einem anderen Ort in Deutschland und zwar: _____
- ○ Ja, der Hauptsitz ist im Ausland und zwar in (bitte Land angeben): _____
- ○ nein

3 [Seiten-ID: 16527] [L]

Seite 2

Wann wurde Ihr Unternehmen hier am Standort gegründet?

Bitte das Jahr angeben.

_____

4 [Seiten-ID: 16529] [L]

Seite 3

Wie setzt sich die Mitarbeiterstruktur in Ihrem Unternehmen hier am Standort im Jahr 2012 zusammen?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.
Bei Mitarbeiterkategorien, die Sie nicht beschäftigen, geben Sie bitte eine "0" ein. Die Gesamtverteilung sollte 100 Prozent ergeben.

	2012	
Akademiker (Hochschule oder Fachhochschule)	_____	%
Facharbeiter / Techniker / Fachschulabschluss	_____	%
Auszubildende	_____	%
Un- und Angelernte	_____	%
sonstiges Personal	_____	%

5 [Seiten-ID: 16528] [L]

Seite 4

Wie viel Prozent Ihres Umsatzes in 2012 werden in den folgenden Regionen erbracht?

Bitte geben Sie eine Schätzung ab. Wo Sie keine Umsätze generieren, geben Sie bitte eine "0" ein.
Die Gesamtverteilung sollte 100 Prozent ergeben.

	Umsatzanteil 2012		davon MNI-Anteil	
Umsatzanteil in Thüringen	_____	%	_____	%
Umsatzanteil in anderen Bundesländern	_____	%	_____	%
Umsatzanteil in Europa	_____	%	_____	%
Umsatzanteil in Asien	_____	%	_____	%
Umsatzanteil in den USA	_____	%	_____	%
Umsatzanteil in anderen Regionen der Erde	_____	%	_____	%

6 [Seiten-ID: 16651] [L]

Frage 4-1 Screeningfrage

Zunächst einmal ganz allgemein betrachtet: ist die „Mikro-Nano-Integration“ für Ihr Unternehmen von Bedeutung?

- ○ Ja, ist für uns von Bedeutung.
- ○ Könnte für uns in Zukunft von Bedeutung sein.
- ○ Ist nicht oder nicht mehr für uns von Bedeutung.

7 [Seiten-ID: 16530] [L]

Seite 5

Und nun einige Fragen zur wirtschaftlichen Entwicklung Ihres Unternehmens hier am Standort.

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
Wie hoch ist der Jahresumsatz insgesamt und wie hoch soll er in 2016 sein?	_____	TEUR	_____	TEUR
Wie hoch ist der prozentuale Umsatzanteil aus Produkten und Dienstleistungen, die in den zurückliegenden drei Jahren neu- bzw. weiterentwickelt wurden, am gesamten Jahresumsatz 2012 und wie hoch wird er in 2016 sein?	_____	%	_____	%
Wie viele Mitarbeiter sind hier am Standort insgesamt beschäftigt und wie viele werden in 2016 hier beschäftigt sein?	_____	Mitarbeiter	_____	Mitarbeiter
Wie viel Prozent aller Mitarbeiter arbeiten heute unter anderem im FuE-Bereich und wie hoch wird der Anteil in 2016 sein?	_____	%	_____	%
Wie viel Prozent aller Mitarbeiter arbeiten heute unter anderem an MNI-Forschungs- und Entwicklungsaufgaben und wie hoch wird der Anteil in 2016 sein?	_____	%	_____	%

8 [Seiten-ID: 16531] [L]

Seite 6

Wie hoch ist der interne und externe FuE-Aufwand in diesem Jahr und wie hoch, schätzen Sie, wird er 2016 sein?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
Gesamt FuE-Aufwand		in TEUR		in TEUR
Wie viel Prozent davon werden für MNI-Themen heute eingesetzt und wie hoch wird der Anteil in 2016 sein?		%		%

9 [Seiten-ID: 16532] [L]

Seite 7

Wie hoch ist der prozentuale Anteil an Fördermitteln am gesamten FuE-Aufwand in diesem Jahr und wie hoch, schätzen Sie, wird der Anteil in 2016 sein?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
Anteil Fördermittel am Gesamt-FuE-Aufwand		%		%

10 [Seiten-ID: 16533] [L]

Seite 8

Falls Ihr Unternehmen Fördermittel für F&E einsetzt: Wie setzen sich die Fördermittel in diesem Jahr zusammen und was denken Sie, wie sie sich in 2016 ungefähr zusammen setzen werden?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
prozentualer Anteil an Landesmitteln (Thüringen)		%		%
prozentualer Anteil an Bundesmitteln		%		%
prozentualer Anteil an EU-Mitteln		%		%

11 [Seiten-ID: 16534] [L]

Seite 8A

Wenn Sie einmal an Ihre zukünftigen FuE-Aktivitäten denken, wie attraktiv sind da für Ihr Unternehmen hier am Standort die folgenden Fördermittelgeber?

	sehr attraktiv	eher attraktiv	teils, teils	eher nicht attraktiv	überhaupt nicht attraktiv
der Freistaat Thüringen	○	○	○	○	○
die Bundesministerien	○	○	○	○	○
die EU	○	○	○	○	○

12 [Seiten-ID: 16535] [L]

Seite 9

In welchen Bereichen des Innovationsprozesses der MNI ist Ihr Unternehmen hier am Standort gegenwärtig tätig und wo planen Sie, zukünftig aktiv zu sein?

Mehrere Nennungen sind möglich.

	gegenwärtig	zukünftig
Grundlagenforschung	☐	☐
Angewandte Forschung	☐	☐
Produkt-/ Prozessentwicklung bis zum Prototypen	☐	☐
Produkt-/ Prozessentwicklung bis zur Marktreife	☐	☐
Fertigung/ Prozessumsetzung	☐	☐
Vertrieb von Produkten und Dienstleistungen	☐	☐

13 [Seiten-ID: 16536] [L]

Seite 10

In welchen Bereichen der Wertschöpfungskette der MNI ist Ihr Unternehmen hier am Standort derzeit tätig?

Mehrere Nennungen sind möglich.

- ☐ Hersteller von Nanomaterialien (wenn ja, welche):
- ☐ Hersteller nanotechnologisch veredelter Mikro-Komponenten (wenn ja, welche):
- ☐ Anwender dieser Mikro-Komponenten in Produkten, bspw. Sensoren, Geräte (wenn ja, welche):
- ☐ Dienstleister z.B. für F&E, Simulationen, Beschichtungen, AVT (wenn ja, welche):
- ☐ Systemhersteller, die diese Sensoren, Geräte, etc. in Produkte für den Endverbraucher integrieren (wenn ja, welche):
- ☐ Hersteller von Fertigungstechniken/ Anlagen zur Herstellung von MN-Komponenten und -Systemen (wenn ja, welche):

14 [Seiten-ID: 16537] [L]

Seite 11

Worin sehen Sie die technologischen Kernkompetenzen Ihres Unternehmens hier am Standort im Bereich MNI?

Mehrere Nennungen sind möglich.

- ☐ Siliziumbasierte Technologien für MNI
- ☐ Polymerbasierte Technologien für MNI
- ☐ Technologien zur Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT)
- ☐ Design und Test von Komponenten und Systemen
- ☐ Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen
- ☐ andere Kompetenzen, und zwar:

15 [Seiten-ID: 16538] [L]

Seite 12

Was unterscheidet Ihr Unternehmen von den Mitbewerbern auf dem MNI-Markt (Alleinstellungsmerkmal)?

16 [Seiten-ID: 16539] [L]

Seite 13

Wo sehen Sie die gegenwärtigen und die zukünftigen Zielmärkte Ihrer Produkte/ Komponenten/ Dienstleistungen in der MNI?

Mehrfachnennungen sind möglich.

	gegenwärtige Zielmärkte	zukünftige Zielmärkte
Logistik und Transport	☐	☐
Biotechnologie	☐	☐
Medizintechnik	☐	☐
Pharmazie	☐	☐

Luft- und Raumfahrt	☐	☐
Informations- und Kommunikationstechnik	☐	☐
Optik	☐	☐
Chemische Industrie	☐	☐
Maschinen- und Anlagenbau	☐	☐
Kunststofftechnik	☐	☐
Umwelttechnik	☐	☐
Energietechnik	☐	☐
Automobiltechnik	☐	☐
Sicherheitstechnik	☐	☐
Elektrotechnik/ Elektronik	☐	☐
Life Science	☐	☐
auf anderem Gebiet	☐	☐

16.1.1 [Seiten-ID: 16541] [L]

Seite 13A

Sie haben angegeben, dass Sie Zielmärkte auf einem anderen als den genannten Gebieten haben oder in Zukunft sehen. Welche anderen gegenwärtigen bzw. zukünftigen Zielmärkte Ihrer Produkte/ Komponenten/ Dienstleistungen in der MNI fallen Ihnen da konkret ein?

17 [Seiten-ID: 16542] [L]

Seite 14

In welchen MNI-Bereichen betreibt Ihr Unternehmen hier am Standort derzeit FuE-Aktivitäten?

Mehrere Nennungen sind möglich.

- ☐ Intelligente Werkstoffe
- ☐ Fluidische Systeme
- ☐ Polymerelektronik
- ☐ 3D-Nanostrukturierung
- ☐ Bio-Mikrosysteme
- ☐ Solarzellen und organische Photovoltaik
- ☐ Aufbau- und Verbindugstechnik (AVT) für MNI
- ☐ andere Komponenten, und zwar:

18 [Seiten-ID: 16544] [L]

Seite 15

In welchen Verbänden, Netzwerken und Fachgremien, die sich mit MNI befassen, arbeiten Sie oder ein Mitarbeiter Ihres Unternehmens mit?

Bitte die Namen aller Verbände/ Netzwerke/ Fachgremien hier eintragen.

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

19 [Seiten-ID: 16545] [L]

Seite 16

Mit welchen Forschungseinrichtungen kooperiert Ihr Unternehmen derzeit in der Arbeit an MNI-Themen (z.B. Forschung, Entwicklung, Fertigung, Vertrieb)? Bitte nennen Sie die wichtigsten und geben Sie an, ob deren Sitz in Thüringen, in anderen deutschen Bundesländern oder im Ausland ist.

Name der Forschungseinrichtung	Sitz in Thüringen	Sitz in anderen Bundesländern	Sitz im Ausland
1.	○	○	○
2.	○	○	○
3.	○	○	○
4.	○	○	○
5.	○	○	○
6.	○	○	○
7.	○	○	○
8.	○	○	○

20 [Seiten-ID: 16559] [L]

Seite 17

Mit welchen Unternehmen kooperiert Ihr Unternehmen derzeit in der Arbeit an MNI-Themen (z. B. Forschung, Entwicklung, Fertigung, Vertrieb)? Bitte nennen Sie wieder die wichtigsten und geben Sie an, ob deren Sitz in Thüringen, in anderen deutschen Bundesländern oder im Ausland ist.

Name des Unternehmens	Sitz in Thüringen	Sitz in anderen Bundesländern	Sitz im Ausland
1.	○	○	○

2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

21 [Seiten-ID: 16547] [L]

Seite 18

Wie zufrieden sind Sie mit dem Informationsfluss zwischen den Thüringer Forschungseinrichtungen, die sich mit MNI beschäftigen und den Unternehmen hier im Freistaat?

sehr zufrieden	eher zufrieden	teils, teils	eher nicht zufrieden	überhaup nicht zufrieden

22 [Seiten-ID: 16548] [L]

Seite 19

Wie könnte Ihrer Meinung nach der Informationsfluss zwischen diesen Thüringer Forschungseinrichtungen und den Unternehmen verbessert werden?

Mehrere Nennungen sind möglich.

- durch zusammenfassende Newsletter
- durch regelmäßige Informationsveranstaltungen
- durch Konferenzen, speziell zum Thema MNI
- durch eine regelmäßge Innovationsmesse zum Thema MNI
- durch eine Get-Together-Konferenz in Mitteldeutschland
- Ich habe einen anderen Vorschlag, und zwar:

23 [Seiten-ID: 16549] [L]

Seite 20

Welche Bedeutung kommt Ihrer Meinung nach der MNI für die Entwicklung der Wirtschaftskraft Thüringens zu?

- große Bedeutung
- mäßige Bedeutung
- keine Bedeutung

24 [Seiten-ID: 16550] [L]

Seite 21a

Welchen der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Sicht für das weitere Wachstum der MNI hier in Thüringen entscheidend?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr entscheidend	eher entscheidend	teils, teils	eher nicht entscheidend	überhaupt nicht entscheidend
die EU-Förderpolitik					
die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften					
die Förderpolitik des Freistaats Thüringen					
Investitionskraft der Unternehmen					
das Umsatzvolumen der Unternehmen					
die F&E-Mittelausstattung der Unternehmen					
das Ausbildungsniveau an den Hochschulen					
die Förderpolitik der Bundesregierung					
der Technologie-Transfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen					

25 [Seiten-ID: 16643] [L]

Seite 21b

Und wie entscheidend sind die folgenden Faktoren?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr entscheidend	eher entscheidend	teils, teils	eher nicht entscheidend	überhaupt nicht entscheidend
die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen					
die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern					
der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit den Thüringer Forschungseinrichtungen					
die internationale Vernetzung mit Forschungseinrichtungen					
der Vernetzungsgrad zwischen den Thüringer Unternehmen					
die internationale Vernetzung mit Unternehmen					
die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen					
die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten					

26 [Seiten-ID: 16551] [L]

Seite 22a

Und wie gut sind im Großen und Ganzen die eben genannten Faktoren hier in Thüringen aus Ihrer Sicht ausgeprägt?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr gut	eher gut	teils, teils	eher nicht gut	überhaupt nicht gut
das Umsatzvolumen der Unternehmen					
die Förderpolitik des Freistaats Thüringen					
das Ausbildungsniveau an den Hochschulen					

der Technologie-Transfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen	○	○	○	○	○
die Förderpolitik der Bundesregierung	○	○	○	○	○
die F&E-Mittelausstattung der Unternehmen	○	○	○	○	○
die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften	○	○	○	○	○
Investitionskraft der Unternehmen	○	○	○	○	○
die EU-Förderpolitik	○	○	○	○	○

27 [Seiten-ID: 16645] [L]

Seite 22b

Und wie sieht es mit folgenden Faktoren aus?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr gut	eher gut	teils, teils	eher nicht gut	überhaupt nicht gut
die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen	○	○	○	○	○
der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit denThüringer Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
die internationale Vernetzung mit Unternehmen	○	○	○	○	○
die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten	○	○	○	○	○
die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern	○	○	○	○	○
der Vernetzungsgrad zwischen den Thüringer Unternehmen	○	○	○	○	○
die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
die internationale Vernetzung mit Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○

28 [Seiten-ID: 16553] [L]

Seite 24

Wo gibt es aus Ihrer Sicht technologische Lücken in der MNI-Wertschöpfungskette in Thüringen?

29 [Seiten-ID: 16552] [L]

Seite 23

Wo gibt es aus Ihrer Sicht weitere Lücken in der MNI-Forschung in Thüringen insgesamt?

30 [Seiten-ID: 16554] [L]

Seite 25

Was müsste die Thüringer Politik tun, um die Entwicklungschancen für die Mikro-Nano-Integration in Thüringen wesentlich zu verbessern?

31 [Seiten-ID: 16555] [L]

Seite 26

Wo sehen Sie weitere Hemmnisse für die Entwicklung des MNI-Bereichs in Thüringen?

32 [Seiten-ID: 16556] [L]

Seite 27

Wenn Ihre Firma in die Liste der MNI-Akteure der Potentialstudie aufgenommen werden soll, dann bitten wir Sie hier um Ihre Zustimmung.

- ○ Ja, ich stimme zu, dass meine im Folgenden gemachten Angaben zur Firma in das Verzeichnis der Thüringer Akteure der Mikro-Nano-Integration aufgenommen werden sollen. Diese Informationen dienen ausschließlich diesem Zweck und dürfen zu keinem Zeitpunkt mit den Daten der Befragung in Verbindung gebracht werden.
- ○ Nein, ich stimme nicht zu.

32.1.1 [Seiten-ID: 16558] [L]

Seite 28

Bitte geben Sie hier die Informationen an, die in das Verzeichnis der Thüringer Akteure der Mikro-Nano-Integration aufgenommen werden sollen.

Firmenname:	
Anschrift:	
Telefon/Telefax:	
Ansprechpartner:	
E-Mail-Adresse (Ansprechpartner):	
Hauptsitz des Unternehmens:	
Hauptbetätigungsfelder der Mikro-Nano-Integration:	

33 [Seiten-ID: 16525] [L]

Endseite

Ihre Antworten wurden erfolgreich übertragen!

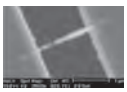
Nochmals vielen Dank für die Teilnahme an unserer Befragung!

Anlage 4: Fragebogen der Online-Befragung der Forschungseinrichtungen
Potentialanalyse Mikro-Nano-Integration in Thüringen

Fragebogen

1 [Seiten-ID: 16599] [L]

Startseite



Herzlich Willkommen zur Online-Befragung "Ist-Analyse der FuE-Aktivitäten in Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen unter besonderer Berücksichtigung der Mikro-Nano-Integration"

Wir danken Ihnen, dass Sie bereit sind, sich an unserer Befragung zu beteiligen.

Schwerpunkt der Befragung zu den FuE-Aktivitäten sind die Potentiale der „Mikro-Nano-Integration“ (MNI). Unter diesem Begriff werden die Integration von Nanoobjekten und -strukturen in die Mikro- und Makroebene sowie der Einsatz von Nanotechnologie-basierten Effekten in Mikrosystemen verstanden. Die MNI macht die Nanotechnologie "anschlussfähig" für den Einsatz in Produkten mit neuen bzw. verbesserten Eigenschaften.

Zu Beginn der Befragung, bitten wir Sie zunächst, uns einige Fragen zur Forschungseinrichtung, sowie zum Thema Forschung und Entwicklung zu beantworten.

2 [Seiten-ID: 16602] [L]

Seite 3

Wie setzt sich die Mitarbeiterstruktur in Ihrer Forschungseinrichtung hier am Standort im Jahr 2012 zusammen?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.
Die Gesamtverteilung sollte 100 Prozent betragen.

	2012	
Akademiker (Hochschule oder Fachhochschule)		%
Facharbeiter / Techniker / Fachschulabschluss		%
Auszubildende		%
Un- und Angelernte		%
sonstiges Personal		%

3 [Seiten-ID: 16652] [L]

Frage 3-1 Screeningfrage

Zunächst einmal ganz allgemein betrachtet: ist die „Mikro-Nano-Integration“ für Ihr Unternehmen von Bedeutung?

- ○ Ja, ist für uns von Bedeutung.
- ○ Könnte für uns in Zukunft von Bedeutung sein.
- ○ Ist nicht oder nicht mehr für uns von Bedeutung.

4 [Seiten-ID: 16648] [L]

Seite 6

Wie hoch ist der Forschungsetat ihrer Einrichtung in diesem Jahren und wie hoch, schätzen Sie, wird er 2016 sein?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
Forschungsetat Gesamt		TEUR		TEUR
Wie viel Prozent davon werden für MNI-Themen heute eingesetzt und wie hoch wird der Anteil in 2016 sein?		%		%

5 [Seiten-ID: 16649] [L]

Seite 7

Wie hoch ist der prozentuale Anteil an öffentlichen Fördermitteln am gesamten Forschungsetat in diesem Jahr und wie hoch, schätzen Sie, wird der Anteil in 2016 sein?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
Anteil öffentlicher Fördermittel am Gesamt		%		%

6 [Seiten-ID: 16650] [L]

Seite 8

Wie setzen sich diese öffentlichen Fördermittel in diesem Jahr zusammen und wie werden sich diese in 2016 zusammensetzen?

Falls Sie an einigen Stellen die genauen Zahlen nicht zur Hand haben, schätzen Sie bitte.

	2012		2016	
prozentualer Anteil an Landesmitteln (Thüringen)		%		%
prozentualer Anteil an Bundesmitteln		%		%
prozentualer Anteil an EU-Mitteln		%		%

7 [Seiten-ID: 16608] [L]

Seite 8A

Wenn Sie einmal an Ihre zukünftigen FuE-Aktivitäten denken, wie attraktiv sind da für Ihre Forschungseinrichtung hier am Standort die folgenden Fördermittelgeber?

	sehr attraktiv	eher attraktiv	teils, teils	eher nicht attraktiv	überhaupt nicht attraktiv
der Freistaat Thüringen	○	○	○	○	○
die Bundesministerien	○	○	○	○	○
die EU	○	○	○	○	○

8 [Seiten-ID: 16609] [L]

Seite 9

In welchen Bereichen des Innovationsprozesses der MNI ist Ihre Forschungseinrichtung hier am Standort gegenwärtig tätig und wo planen Sie, zukünftig aktiv zu sein?

Mehrere Nennungen sind möglich.

	gegenwärtig	zukünftig
Grundlagenforschung	☐	☐
Angewandte Forschung	☐	☐
Produkt-/ Prozessentwicklung bis zum Prototypen	☐	☐
Produkt-/ Prozessentwicklung bis zur Marktreife	☐	☐
Fertigung/ Prozessumsetzung	☐	☐
Vertrieb von Produkten und Dienstleistungen	☐	☐

9 [Seiten-ID: 16612] [L]

Seite 12

Was unterscheidet Ihre Forschungseinrichtung von den Mitbewerbern im MNI-Bereich (Alleinstellungsmerkmal)?

10 [Seiten-ID: 16613] [L]

Seite 13

Wo sehen Sie die gegenwärtigen und zukünftigen Zielmärkte Ihrer Produkte/ Komponenten/ Dienstleistungen in der MNI?

Mehrere Nennungen sind möglich.

	gegenwärtige Zielmärkte	zukünftige Zielmärkte
Optik	☐	☐
Luft- und Raumfahrt	☐	☐
Maschinen- und Anlagenbau	☐	☐
Chemische Industrie	☐	☐
Informations- und Kommunikationstechnik	☐	☐
Umwelttechnik	☐	☐
Pharmazie	☐	☐
Elektrotechnik/ Elektronik	☐	☐
Biotechnologie	☐	☐
Medizintechnik	☐	☐
Automobiltechnik	☐	☐
Sicherheitstechnik	☐	☐
Life Science	☐	☐
Energietechnik	☐	☐
Kunststofftechnik	☐	☐
Logistik und Transport	☐	☐
auf anderem Gebiet	☐	☐

10.1.1 [Seiten-ID: 16615] [L]

Seite 13A

Sie haben angegeben, dass Sie Zielmärkte auf einem anderen als den genannten Gebieten haben oder in Zukunft sehen. Welche anderen gegenwärtigen bzw. zukünftigen Zielmärkte Ihrer Produkte/ Komponenten/ Dienstleistungen in der MNI fallen Ihnen da konkret ein?

11 [Seiten-ID: 16616] [L]

Seite 14

In welchen MNI-Bereichen betreibt Ihre Forschungseinrichtung hier am Standort derzeit FuE-Aktivitäten?

Mehrere Nennungen sind möglich.

- ☐ Intelligente Werkstoffe
- ☐ Fluidische Systeme
- ☐ Polymerelektronik
- ☐ 3D-Nanostrukturierung
- ☐ Bio-Mikrosysteme
- ☐ Solarzellen und organische Photovoltaik
- ☐ Aufbau- und Verbindugstechnik (AVT) für MNI
- ☐ andere Komponenten, und zwar:

12 [Seiten-ID: 16633] [L]

Seite FE01

Mit welchen Themen der Mikro-Nano-Integration beschäftigt sich Ihre Einrichtung hauptsächlich?

Bitte nennen Sie die drei wichtigsten Themen.

Mikro-/Nanomaterialien	☐
Mikro-/Nanoelektronik	☐
Mikro-/Nanophotonics	☐
Mikro-/Nanobiotechnologie	☐
Mikro-/Nanowerkzeuge	☐
Mikro-/Nanoanalytik	☐
Mikro-/Nanobeschichtung	☐

13 [Seiten-ID: 16634] [L]

Seite FE02

Wo liegen die Schwerpunkte Ihrer Forschungstätigkeit?

- ○ Grundlagenforschung
- ○ anwendungsbezogene Forschung
- ○ gleich verteilt

14 [Seiten-ID: 16635] [L]

Seite FE03

Wie viele Patentanmeldungen gab es in Ihrer Einrichtung in den letzten 3 Jahren (2010-2012) im MNI-Bereich?

- ○ keine
- ○ bis zu 5
- ○ bis zu 10
- ○ mehr als 10

15 [Seiten-ID: 16636] [L]

Seite FE04

Was meinen Sie, welche Bedeutung wird die MNI im Forschungsportfolio Ihrer Einrichtung in den nächsten Jahren bis 2016 einnehmen?

- ○ Die Bedeutung wird zunehmen.
- ○ Die Bedeutung wird gleich bleiben.
- ○ Die Bedeutung wird abnehmen.

16 [Seiten-ID: 16617] [L]

Seite 15

In welchen Verbänden, Netzwerken und Fachgremien, die sich mit MNI befassen, arbeiten Sie oder ein Mitarbeiter Ihrer Forschungseinrichtung mit?

(Bitte die Namen aller Verbände/ Netzwerke/ Fachgremien hier eintragen.)

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

17 [Seiten-ID: 16618] [L]

Seite 16

Mit welchen anderen Forschungseinrichtungen kooperiert Ihre Einrichtung derzeit in der Arbeit an MNI-Themen (z.B. Forschung, Entwicklung, Fertigung, Vertrieb)? Bitte nennen Sie die wichtigsten und geben Sie an, ob deren Sitz in Thüringen, in anderen deutschen Bundesländern oder im Ausland ist.

Name der Forschungseinrichtung	Sitz in Thüringen	Sitz in anderen Bundesländern	Sitz im Ausland
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

18 [Seiten-ID: 16619] [L]

Seite 17

Mit welchen Unternehmen kooperiert Ihre Einrichtung derzeit in der Arbeit an MNI-Themen (z. B. Forschung, Entwicklung, Fertigung, Vertrieb)? Bitte nennen Sie die wichtigsten und geben Sie an, ob deren Sitz in Thüringen, in anderen deutschen Bundesländern oder im Ausland ist.

Name des Unternehmens	Sitz in Thüringen	Sitz in anderen Bundesländern	Sitz im Ausland
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			

19 [Seiten-ID: 16620] [L]

Seite 18

Wie zufrieden sind Sie mit dem Informationsfluss zwischen den Thüringer Forschungseinrichtungen, die sich mit MNI beschäftigen und den Unternehmen hier im Freistaat?

- sehr zufrieden
- eher zufrieden
- teils, teils
- eher nicht zufrieden
- überhaupt nicht zufrieden

20 [Seiten-ID: 16621] [L]

Seite 19

Wie könnte Ihrer Meinung nach der Informationsfluss zwischen den Thüringer Forschungseinrichtungen und den Unternehmen verbessert werden?

Mehrere Nennungen sind möglich.

- durch zusammenfassende Newsletter
- durch regelmäßige Informationsveranstaltungen
- durch Konferenzen, speziell zum Thema MNI
- durch eine regelmäßge Innovationsmesse zum Thema MNI
- durch eine Get-Together Konferenz in Mitteldeutschland

☐ Ich habe einen anderen Vorschlag, und zwar:

21 [Seiten-ID: 16622] [L]

Seite 20

Welche Bedeutung kommt Ihrer Meinung nach der MNI für die Entwicklung der Wirtschaftskraft Thüringens zu?

- ○ große Bedeutung
- ○ mäßige Bedeutung
- ○ keine Bedeutung

22 [Seiten-ID: 16637] [L]

Seite FE05

Wie bewerten Sie das Interesse der Wirtschaft an Ihren Forschungsergebnissen im MNI-Bereich?

	sehr hoch	eher hoch	teils/ teils	eher gering	sehr gering
in Thüringen	○	○	○	○	○
in Deutschland	○	○	○	○	○
international	○	○	○	○	○

23 [Seiten-ID: 16638] [L]

Seite FE06

Wie ermöglichen Sie der Wirtschaft Zugang zu Ihren Forschungsaktivitäten im MNI-Bereich?

24 [Seiten-ID: 16639] [L]

Seite FE07

Wie gut ist Ihnen der Forschungsbedarf der Wirtschaft im MNI-Bereich vertraut?

	sehr gut	eher gut	teils/ teils	eher schlecht	sehr schlecht
in Thüringen	○	○	○	○	○
in Deutschland	○	○	○	○	○
international	○	○	○	○	○

25 [Seiten-ID: 16640] [L]

Seite FE08

Inwieweit orientieren Sie Ihre Grundlagenforschung am Bedarf der Wirtschaft?

	sehr stark	eher stark	teils/ teils	eher nicht	überhaupt nicht
in Thüringen	○	○	○	○	○
in Deutschland	○	○	○	○	○
international	○	○	○	○	○

26 [Seiten-ID: 16641] [L]

Seite FE09

Was meinen Sie, wie gut ist Ihre Einrichtung auf die Herausforderungen in der Entwicklung der MNI vorbereitet?

	sehr gut	eher gut	teils/ teils	eher schlecht	sehr schlecht
F&E-Equipment	○	○	○	○	○
Equipment zur Prototypenfertigung	○	○	○	○	○
Know-how	○	○	○	○	○
Fachkräfte	○	○	○	○	○
Sonstiges:	○	○	○	○	○

27 [Seiten-ID: 16623] [L]

Seite 21a

Welchen der folgenden Faktoren sind aus Ihrer Sicht für das weitere Wachstum der MNI hier in Thüringen entscheidend?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr entscheidend	eher entscheidend	teils, teils	eher nicht entscheidend	überhaupt nicht entscheidend
Investitionskraft der Unternehmen	○	○	○	○	○
die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften	○	○	○	○	○
die Förderpolitik der Bundesregierung	○	○	○	○	○
die EU-Förderpolitik	○	○	○	○	○
die F&E-Mittelausstattung der Unternehmen	○	○	○	○	○
das Ausbildungsniveau an den Hochschulen	○	○	○	○	○
die Förderpolitik des Freistaats Thüringen	○	○	○	○	○
das Umsatzvolumen der Unternehmen	○	○	○	○	○
der Technologie-Transfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen	○	○	○	○	○

28 [Seiten-ID: 16646] [L]

Seite 21b

Und wie entscheidend sind die folgenden Faktoren?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr entscheidend	eher entscheidend	teils, teils	eher nicht entscheidend	überhaupt nicht entscheidend
die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
die internationale Vernetzung mit Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten	○	○	○	○	○
die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern	○	○	○	○	○
die internationale Vernetzung mit Unternehmen	○	○	○	○	○
die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen	○	○	○	○	○
der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit den Thüringer Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
der Vernetzungsgrad zwischen den Thüringer Unternehmen	○	○	○	○	○

29 [Seiten-ID: 16624] [L]

Seite 22a

Und wie gut sind im Großen und Ganzen diese Faktoren hier in Thüringen aus Ihrer Sicht ausgeprägt?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr gut	eher gut	teils, teils	eher nicht gut	überhaupt nicht gut
die Förderpolitik der Bundesregierung	○	○	○	○	○
die Förderpolitik des Freistaats Thüringen	○	○	○	○	○
der Technologie-Transfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen	○	○	○	○	○
Investitionskraft der Unternehmen	○	○	○	○	○
das Ausbildungsniveau an den Hochschulen	○	○	○	○	○
die EU-Förderpolitik	○	○	○	○	○
das Umsatzvolumen der Unternehmen	○	○	○	○	○
die F&E-Mittelausstattung der Unternehmen	○	○	○	○	○
die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften	○	○	○	○	○

30 [Seiten-ID: 16647] [L]

Seite 22b

Und wie sieht das bei den folgenden Faktoren aus?

Bitte bewerten Sie alle Faktoren.

	sehr gut	eher gut	teils, teils	eher nicht gut	überhaupt nicht gut
der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit denThüringer Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
der Vernetzungsgrad zwischen den Thüringer Unternehmen	○	○	○	○	○
die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen	○	○	○	○	○
die internationale Vernetzung mit Forschungseinrichtungen	○	○	○	○	○
die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern	○	○	○	○	○
die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten	○	○	○	○	○
die internationale Vernetzung mit Unternehmen	○	○	○	○	○

31 [Seiten-ID: 16625] [L]

Seite 23

Wo gibt es aus Ihrer Sicht Lücken in der MNI-Forschung in Thüringen insgesamt?

32 [Seiten-ID: 16627] [L]

Seite 25

Was müsste die Thüringer Wirtschaftspolitik tun, um die Entwicklungschancen für die Mikro-Nano-Integration in Thüringen wesentlich zu verbessern?

33 [Seiten-ID: 16628] [L]

Seite 26

Wo sehen Sie weitere Hemmnisse für die Entwicklung des MNI-Bereichs in Thüringen?

34 [Seiten-ID: 16629] [L]

Seite 27

Wenn Ihre Forschungseinrichtung in die Liste der MNI-Akteure der Potentialstudie aufgenommen werden soll, dann bitten wir Sie hier um Ihre Zustimmung.

- ○ Ja, ich stimme zu, dass meine im Folgenden gemachten Angaben zur Forschungseinrichtung in das Verzeichnis der Thüringer Akteure der Mikro-Nano-Integration aufgenommen werden sollen. Diese Informationen dienen ausschließlich diesem Zweck und dürfen zu keinem Zeitpunkt mit den Daten der Befragung in Verbindung gebracht werden.
- ○ Nein, ich stimme nicht zu.

34.1.1 [Seiten-ID: 16631] [L]

Seite 28

Bitte geben Sie hier die Informationen an, die in das Verzeichnis der Thüringer Akteure der Mikro-Nano-Integration aufgenommen werden sollen.

Name der Einrichtung:	
Fachbereich:	
Anschrift:	
Telefon/Telefax:	
Ansprechpartner:	
E-Mail-Adresse (Ansprechpartner):	
Hauptsitz des Unternehmens:	
Hauptbetätigungsfelder der Mikro-Nano-Integration:	

35 [Seiten-ID: 16632] [L]

Endseite

Ihre Antworten wurden erfolgreich übertragen!

Nochmals vielen Dank für die Teilnahme an unserer Befragung!

Erläuterung zur Onlinebefragung

Potenzialanalyse „Mikro-Nano-Integration“ in Thüringen

Weimar, den 21.Januar 2013

aproxima Marktforschung

Design

aproxima Marktforschung ELMUG

Anlage der Onlinebefragung

Primärforschung:	aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung Weimar mbH
Auftraggeber:	Elektronische Mess- und Gerätetechnik Thüringen (ELMUG) eG
Erhebungsmethode:	Onlinebefragung
Stichprobe:	N_{gesamt} =352; $N_{Unternehmen}$ = 316; $N_{Forschungseinrichtungen}$ = 36
Befragte:	gesamt: N=39; Ausschöpfungsquote 11,1 Prozent Thür. Unternehmen: N=26; Ausschöpfungsquote 8,4 Prozent Thür. Forschungseinrichtungen: N=13; Ausschöpfungsquote 39,4 Prozent
Feldzeit:	12.11.2012 bis 16.01.2013
Bearbeitet von:	Dr. Henry Kreikenbom, Wolfgang Lesser

[Das Wesentliche im Blick] 2

Das Ziel, der Ablauf und die Hauptthemen

Das Ziel

Ziel der Befragung

- Ziel der Befragung ist es die von der ELMUG eG vorher als Akteure identifizierten Thüringer Unternehmen und Forschungsinstitute online hinsichtlich FuE-Aktivitäten, Anwendungsschwerpunkten, Leistungspotentialen (Kernaktivitäten, verfügbare Ressourcen) sowie zu deren Entwicklungspotenzialen unter Nutzung eines detaillierten Kriterienkatalogs zu befragen.

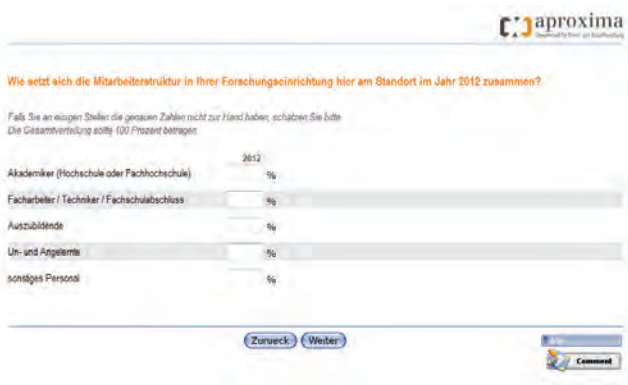
Der Ablauf

Ablauf der Befragung

Die Hauptthemen

Hauptthemen der Befragung

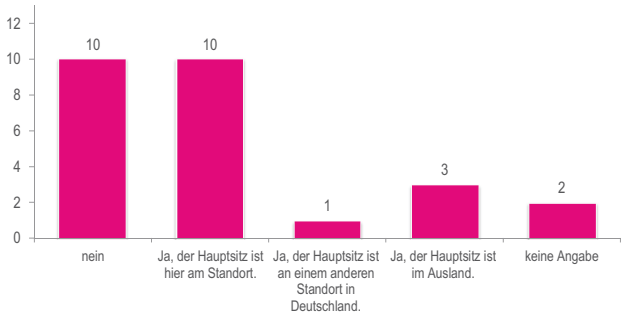
- Rahmendaten der Unternehmen
- FuE-Aktivitäten
- Arbeitsbereiche
- Anwendungs-schwerpunkte
- Leistungspotentiale
- verfügbare Ressourcen
- Entwicklungspotentiale



Wer wurde befragt?

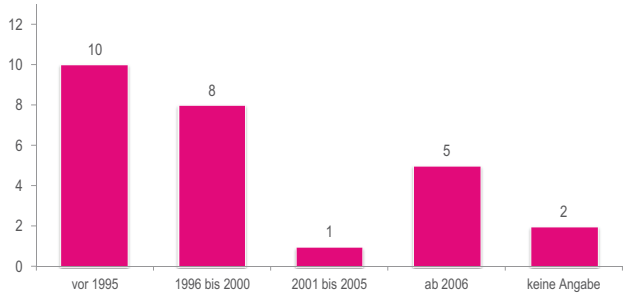
Wer wurde befragt? - 1

5-1 Zugehörigkeit Unternehmensgruppe, Unternehmensverband oder Konzern
(Angaben in absoluten Zahlen, Unternehmen: N=26)



Wer wurde befragt? - 2

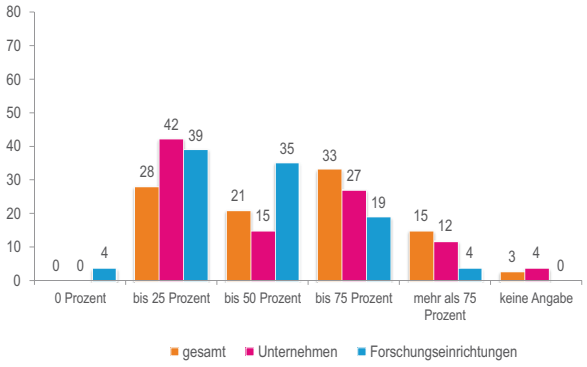
5-2 Jahr der Unternehmensgründung
(Angaben in absoluten Zahlen, Unternehmen: N=26)



[Das Wesentliche im Blick] 9

Wer wurde befragt? - 3

5-3 Mitarbeiterstruktur im Jahr 2012: Akademiker
(Anteil an der Gesamtbelegschaft in Prozent, gesamt: N=39)



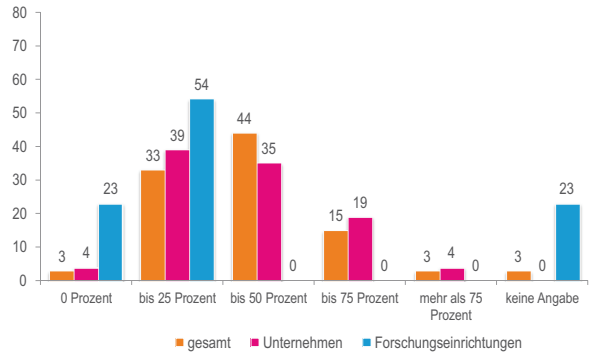
[Das Wesentliche im Blick] 10

Wer wurde befragt? - 4

aproxima Marktforschung

ELMUG

5-4 Mitarbeiterstruktur im Jahr 2012: Facharbeiter, Techniker, Fachschulabschluss
(Anteil an der Gesamtbelegschaft in Prozent, gesamt: N=39)

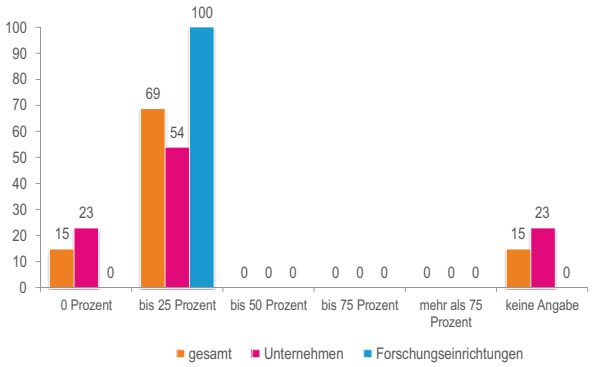


Wer wurde befragt? - 5

aproxima Marktforschung

ELMUG

5-5 Mitarbeiterstruktur im Jahr 2012: Auszubildende
(Anteil an der Gesamtbelegschaft in Prozent, gesamt: N=39)

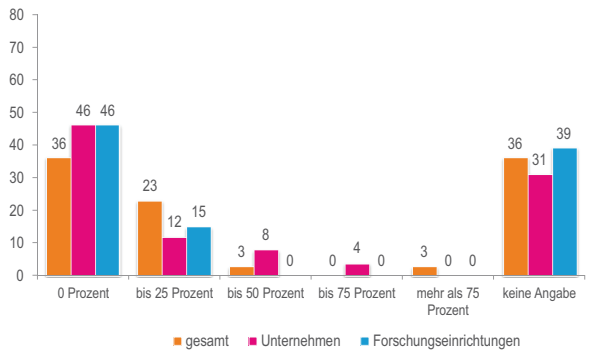


Wer wurde befragt? - 6

aproxima Marktforschung

ELMUG

5-6 Mitarbeiterstruktur im Jahr 2012: Un- und Angelernte
(Anteil an der Gesamtbelegschaft in Prozent, gesamt: N=39)

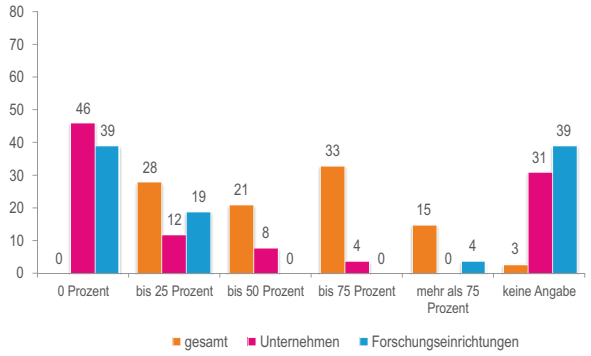


Wer wurde befragt? - 7

aproxima Marktforschung

ELMUG

5-7 Mitarbeiterstruktur im Jahr 2012: sonstiges Personal
(Anteil an der Gesamtbelegschaft in Prozent, gesamt: N=39)

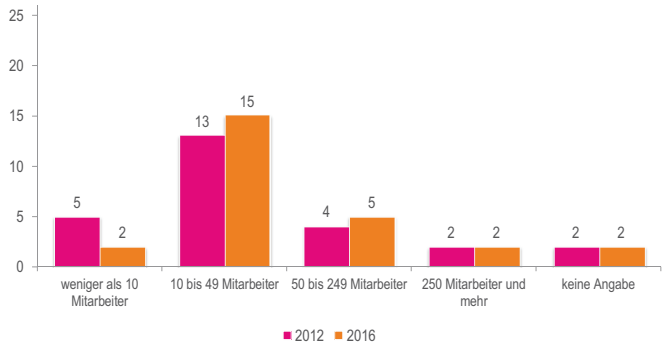


Wer wurde befragt? - 8

aproxima Marktforschung

ELMUG

5-8 Anzahl der Mitarbeiter
(Angaben in absoluten Zahlen, Unternehmen: N=26)

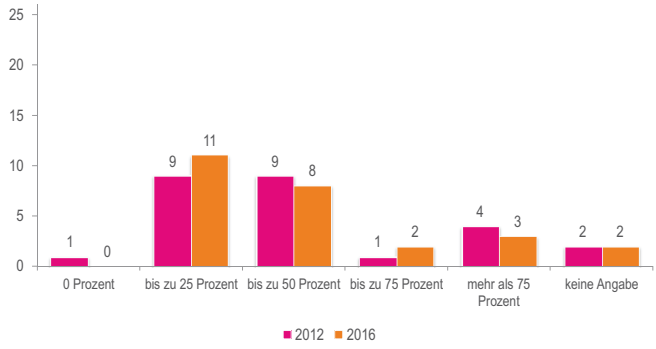


Wer wurde befragt? - 9

aproxima Marktforschung

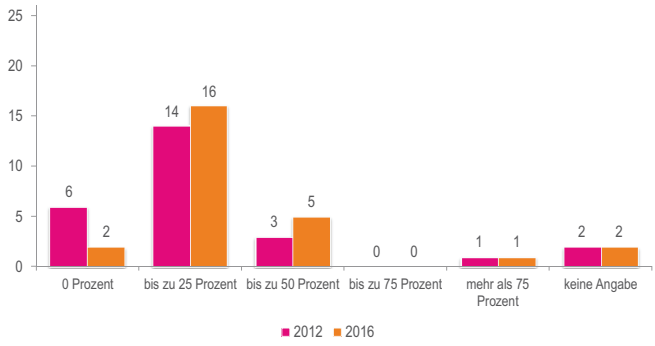
ELMUG

5-9 Anzahl der Mitarbeiter im FuE-Bereich
(Angaben in absoluten Zahlen, Unternehmen: N=26)



Wer wurde befragt? - 10

5-10 Anzahl der Mitarbeiter MNI-Forschungs- und Entwicklungsaufgaben
(Angaben in absoluten Zahlen, Unternehmen: N=26)



Dienstleister

Dr. Henry Kreikenbom
Geschäftsführender Gesellschafter | Senior Berater

Wolfgang Lesser
Junior Berater

Tel.: 03643 74024-0
Fax: 03643 74024-16
E-Mail: kreikenbom@aproxima.de

Anlage 6: Ergebnisse der Online-Befragung
Potentialanalyse Mikro-Nano-Integration in Thüringen

Potentialanalyse

„Mikro-Nano-Integration in Thüringen“ – Onlinebefragung

Weimar, 21. Januar 2013

aproxima Marktforschung

Design

aproxima Marktforschung

Anlage der Studie

Primärforschung:	aproxima Gesellschaft für Markt- und Sozialforschung Weimar mbH
Auftraggeber:	Elektronische Mess- und Gerätetechnik Thüringen (ELMUG) eG
Erhebungsmethode:	Onlinebefragung
Stichprobe:	N_{gesamt} =352; $N_{Unternehmen}$ = 316; $N_{Forschungseinrichtungen}$ = 36
Befragte:	gesamt: N=39; Ausschöpfungsquote 11,1 Prozent Thür. Unternehmen: N=26; Ausschöpfungsquote 8,4 Prozent Thür. Forschungseinrichtungen: N=16; Ausschöpfungsquote 39,4 Prozent
Feldzeit:	12.11.2012 bis 16.01.2013
Bearbeitet von:	Dr. Henry Kreikenbom, Wolfgang Lesser

[Das Wesentliche im Blick]

aproxima Marktforschung

Ergebnisse

[Das Wesentliche im Blick]

Ergebnisse

aproxima Marktforschung

Die Mikro-Nano-Integration (MNI) besitzt aus Sicht der Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die auf diesem Gebiet bereits aktiv sind, Potenziale, die für die Wirtschaft Thüringens von großer Bedeutung sind. Mehr als ein Drittel der befragten Unternehmen (35%) sind dabei die Potenziale zu erschließen. Rechnet man die Unternehmen hinzu, die meinen, dass die MNI zukünftig für sie von Bedeutung sein könnten (12%) so sind das fast die Hälfte aller befragten Unternehmen. Die Forschungseinrichtungen hingegen haben dieses Potenzial für sich bisher nur im geringen Maße erkannt. Mehr als drei Viertel der befragten Institute könne sich dazu noch nicht positionieren, nur für jedes vierte Institut ist die MNI in der Forschungspraxis bereits von Bedeutung.
Am Gesamtumsatz der befragten Unternehmen stellt die MNI bisher nur 12 Prozent. Sie ist damit noch ein kleiner Wirtschaftsfaktor für die meisten Unternehmen. Die wichtigsten regionalen Märkte sind Deutschland und Europa.

Dennoch sieht die Mehrheit der Unternehmen und Institute in drei Zielmärkten zukünftige Erfolgspotenziale, die es zu entwickeln gilt. Dabei handelt es sich um

- Medizintechnik
- Life Science
- Biotechnologie.

Immerhin noch fast ein Drittel der Unternehmen und Institutionen sehen in den folgenden Zielmärkten Entwicklungspotenziale.

- Pharmazie
- Sicherheitstechnik
- Umwelttechnik

Für Thüringen relativ kleine Zielmärkte mit Erfolgspotenzialen stellen die Umwelttechnik, die Energietechnik und die Chemische Industrie dar.

[Das Wesentliche im Blick]

Ergebnisse

aproxima Marktforschung

Dabei haben die Unternehmen und Institution erkannt, dass die angewandten Forschung und die Produkt- und Prozessentwicklung bis zur Marktreife in den kommenden vier Jahren vorangetrieben werden muss. Dies ist eine wichtige Voraussetzung dafür, die erwarteten Erfolgspotenziale zu entwickeln. Dabei sehen die Forschungseinrichtungen vorwiegend in der angewandten Forschung und die Unternehmen in der Prototypenentwicklung und der Entwicklung marktreifer Produkte ihre Aufgaben. Somit ergibt sich eine klare Arbeitsteilung im Transferprozess von der Invention zur Innovation, die den Akteuren auch bewusst ist. Die Forschungsinstitute sehen in den kommenden vier Jahren allerdings eine wachsende Aufgabe in der Prototypenentwicklung und in der Begleitung der Unternehmen bis zur Marktreife der Produkte. Somit würde eine stärkere Verschränkung der Unternehmen mit den Forschungseinrichtungen erfolgen.

⚠ Problematisch ist dieser Entwicklungspfad allerdings deshalb, weil die Unternehmen und Forschungseinrichtungen gerade bei der Verfügbarkeit des notwendigen Equipments zur Prototypenentwicklung Nachholbedarf sehen. Ihre Ausrüstung ist hier nicht zufriedenstellend. Hier könnte ein Förderschwerpunkt für die kommenden Jahre liegen.

[Das Wesentliche im Blick]

Ergebnisse

aproxima Marktforschung

Die meisten FuE-Aktivitäten konzentrieren sich zur Zeit auf die folgenden Bereiche:

- Fluidische Systeme
- Aufbau- und Verbindungstechnik für MNI
- Bio-Mikrosysteme
- Intelligente Werkstoffe

⚠ Zu klären ist, ob diese FuE-Aktivitäten für die Entwicklung der o.g. relevanten Erfolgspotenziale - Medizintechnik, Life Science und Biotechnologie – zielführende Aktivitätsfelder darstellen oder ob andere/zusätzliche Aktivitätsfelder in der Forschung und Entwicklung erschlossen werden müssen. In leicht abgeschwächter Form trifft dies auch für den Fachkräftebedarf zu.

Die von den befragten Unternehmen geplante Finanzierung der MNI-Entwicklung scheint in Anbetracht der strategischen Bedeutung der MNI nicht adäquat. Nach eigenen Angaben wurden in 2012 insgesamt 1,2 Mio.€ FuE-Ausgaben für die MNI aufgewendet. In 2016 sind insgesamt 1,4 Mio. € beabsichtigt. Allerdings soll der Personalaufwand aller Unternehmen zusammen genommen von derzeit 378 Mitarbeitern in der MNI-FuE auf 452 Mitarbeiter steigen.

⚠ Es könnte eine Finanzierungslücke entstehen, die sowohl den Personalbedarf betrifft, als auch den weiter oben bereits erwähnten Bedarf am notwendigen Equipment zur Prototypenentwicklung.

[Das Wesentliche im Blick]

Ergebnisse

aproxima Marktforschung

- Die Rahmenbedingungen für die Entwicklung der MNI in Thüringen sind ambivalent.
  Die Stärken in der Thüringer Wirtschafts- und Wissenschaftslandschaft sehen die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen vor allem in den folgenden Faktoren:
  - das Ausbildungsniveau an den Hochschulen
  - der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen
  - die Förderpolitik der Bundesregierung
  - die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen

  Das sind gute Anknüpfungspunkte für die Entwicklung der MNI-Potenziale.

  Akuter Handlungsbedarf besteht hinsichtlich der Gestaltung optimaler Entwicklungsbedingungen für die MNI:
  - in der Entwicklung der Innovationskraft der Unternehmen
  - hinsichtlich der FuE-Mittelausstattung der Unternehmen für die MNI-FuE
  - bezüglich des Umsatzvolumens, das aus MNI-Aktivitäten generiert wird
  - bei der internationalen Vernetzung sowohl der Thüringer Unternehmen als auch der Forschungseinrichtungen.

  Mit Ausnahme der internationalen Vernetzung sind die übrigen akuten Faktoren wohl eher als Ergebnis des strategischen Handelns zu verstehen und hängen von den übrigen im Bericht dargestellten Faktoren ab. Bei den Unternehmen steigen vor allem die Erwartungen an die Bundes- und EU-Förderung.

Ergebnisse

aproxima Marktforschung

- Dabei wird der Fördermittelbedarf in den nächsten vier Jahren steigen. Insbesondere die Forschungseinrichtungen rekurrieren für sich bis 2016 häufiger eine 75-Prozent-Förderung, als gegenwärtig. Erwartungen werden vor allem an die regionale Förderung im Freistaat Thüringen bis 2016 gesetzt

  Vernetzung und Informationsfluss zwischen den Unternehmen und den Forschungseinrichtungen weisen viele Reserven auf.

  - Wie bereits angesprochen, ist die internationale Vernetzung ein Schwachpunkt in der Netzwerkarbeit der Akteure.
  - Die Kommunikation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft in Thüringen weist Reserven auf: Die Forschungsinstitute schätzen den Informationsfluss zwischen Wirtschaft und Wissenschaft etwas besser ein, als die Unternehmen. Die Institute meinen, dass das Interesse der Wirtschaft an ihren Forschungsergebnisse mäßig ist, während die Wirtschaft angibt, ein relativ hohes Interesse daran zu haben. Beide Seiten schätzen auch das gegenseitige Wissen über Forschungsbedarfe als eher mittelmäßig ein. Insbesondere die Forschungsinstitute sind eher unsicher, ob sie mit der Grundlagenforschung den Bedarf der Wirtschaft treffen.

aproxima Marktforschung

1 Potenziale der MNI in Thüringen

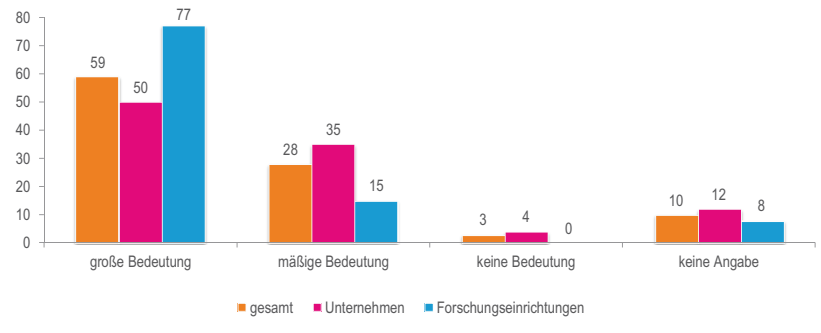
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-1 Bedeutung von MNI für die Wirtschaftskraft Thüringens

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen sehen mehrheitlich in der MNI ein zukünftiges Erfolgspotenzial für die Thüringer Wirtschaft. Insbesondere die Forschungseinrichtungen sind davon überzeugt, dass die MNI Zukunftspotenziale aufweist.

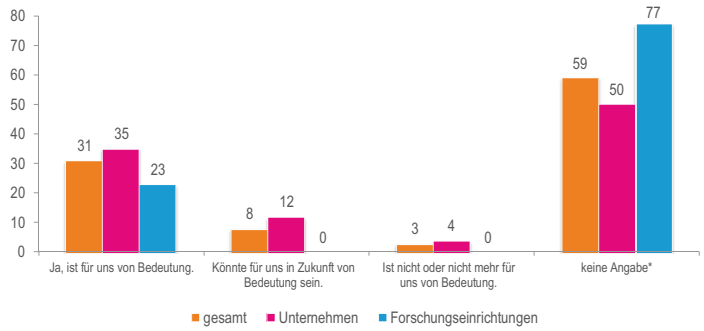
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-2 Bedeutung von MNI für die Befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39; *Frage wurde erst ab der Rückerinnerungswelle im Januar gestellt)



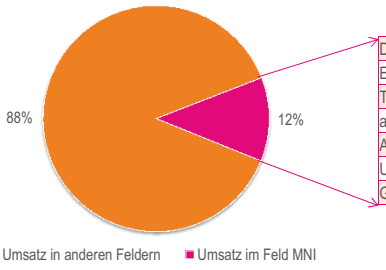
Für reichlich ein Drittel der befragten Unternehmen ist die MNI heute schon von Bedeutung und 12% sehen für sich darin Zukunftspotenziale. Somit schenkt fast die Hälfte der Unternehmen der MNI Aufmerksamkeit. Obwohl auch die Forschungseinrichtungen ein Zukunftspotenzial in der MNI sehen (Abb. 1-1), ist die aktuelle Bedeutung für die meisten Instituten noch unklar.

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-3 Die gegenwärtigen Potenziale der MNI

(Angaben in Prozent, gesamt: N=25 – Eigenangaben der Unternehmen)



Umsatzanteile an den Einzelmärkten:

	Umsatz-anteile	davon MNI
Deutschland (außer Thüringen)	44	19
Europa	23	17
Thüringen	13	10
andere Märkte	9	10
Asien	7	6
USA	4	11
Gesamt	100	-

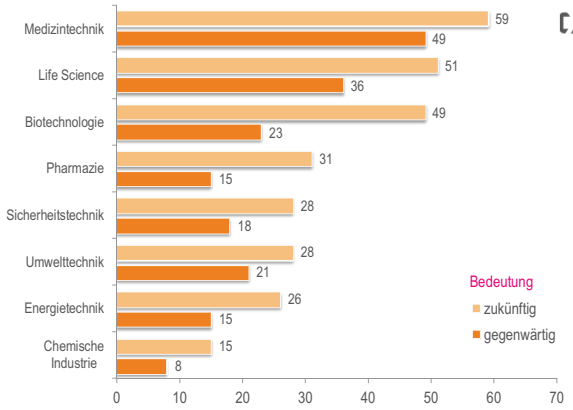
Nach eigenen Angaben haben die Unternehmen in 2012 knapp 100 Mio. € Umsatz erzielt. Davon entfielen ca. 12% auf das Geschäftsfeld der Mikro-Nano-Integration. Die Angaben dazu, in welchen Märkten dieser Umsatz realisiert wurde, war für die Unternehmen zum Teil nicht genau nachvollziehbar. Die hier angegebenen prozentualen Anteile sind nur grobe Schätzungen. Es wird dabei deutlich, dass Deutschland und Europa die absatzstärksten Märkte darstellen. Insgesamt aber ist die MNI mit einem Umsatzanteil von 12 % noch ein recht marginales Marktsegment.

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-4 Zielmärkte der MNI mit guten Erfolgspotenzialen

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Die Unternehmen und Forschungseinrichtungen wurden danach gefragt, wo sie gegenwärtige und zukünftige Zielmärkte für ihre Produkte und Dienstleistungen im Bereich MNI sehen. Insgesamt wurden acht Märkte von ihnen identifiziert, die an Bedeutung gewinnen und somit dort Erfolgspotenziale vermutet werden. Die wichtigsten Märkte sind aus Sicht der Befragten die Medizintechnik, Life Science und die Biotechnologie. Mit Ausnahme der Pharmazie und der Chemischen Industrie, sind insbesondere die Forschungsinstitute vom Potenzial der MNI in diesen Bereichen überzeugt, wie die Abb. 1-5 zeigt.

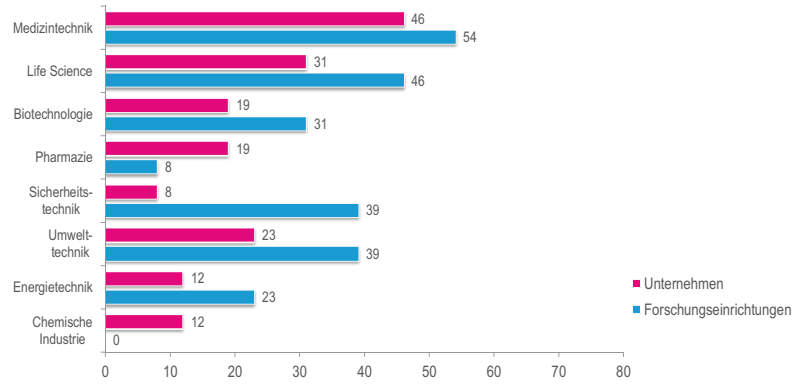
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-5 Zielmärkte der MNI mit guten Erfolgspotenzialen

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



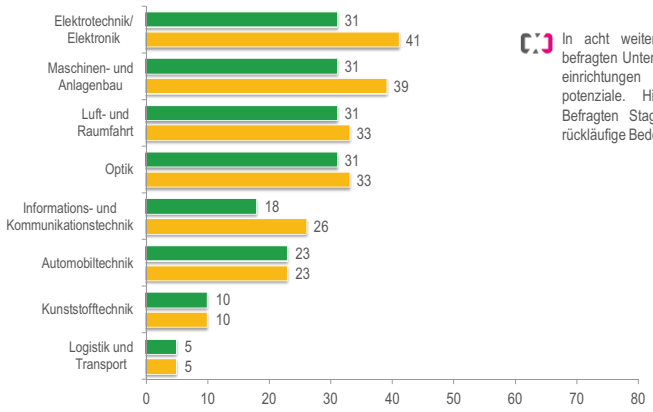
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-6 Zielmärkte der MNI mit geringen Erfolgspotenzialen

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



In acht weiteren Märkten sehen die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen keine Entwicklungspotenziale. Hier prognostizieren die Befragten Stagnation oder sogar eine rückläufige Bedeutung für die Zukunft.

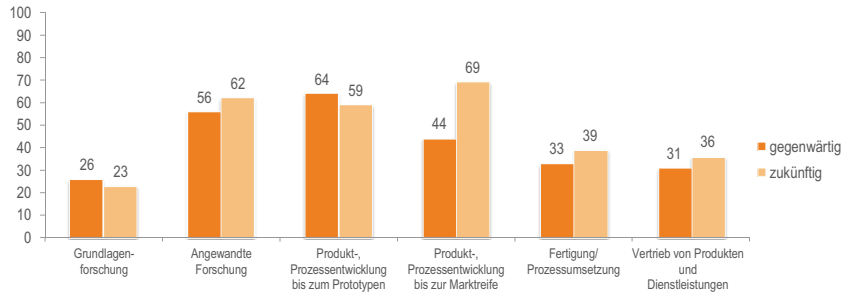
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-7 Bereiche des Innovationsprozesses

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Der Schwerpunkt der Entwicklung des Innovationsprozesses muss aus Sicht der befragten Unternehmen und Institutionen in den kommenden Jahren in der angewandten Forschung und der Produkt- und Prozessentwicklung über den Prototypen bis zur Marktreife liegen.

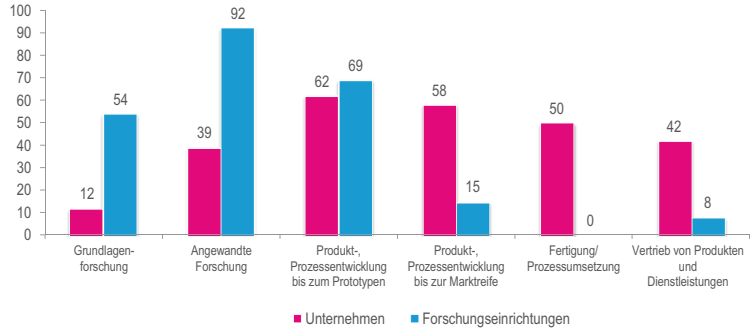
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-8 Bereiche des Innovationsprozesses – gegenwärtig

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Die Rollenverteilung im Innovationsprozess ist den Akteuren bewusst. Sie entspricht den typischen Prozessen des Transfers einer Invention in eine Innovation.

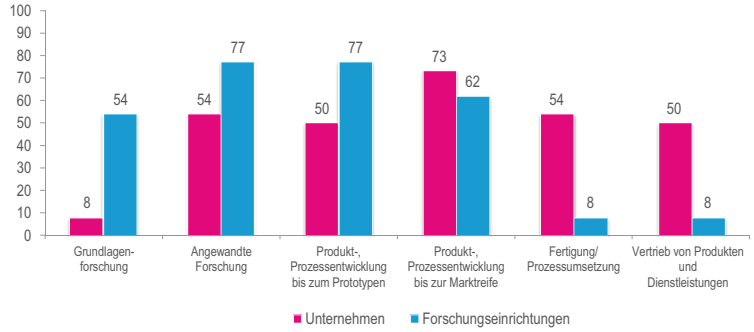
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-9 Bereiche des Innovationsprozesses – zukünftig

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Zukünftig sehen sich die Forschungsinstitute allerdings stärker in der Prototypenentwicklung und in der Begleitung bis zur Marktreife. Hier könnte also eine engere Verschränkung von Unternehmen und Instituten stattfinden.

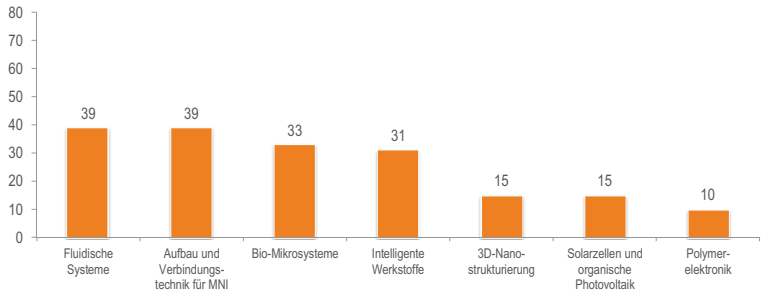
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-10 FuE-Aktivitäten in MNI-Bereichen

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Die Schwerpunkte bei den derzeitigen FuE-Aktivitäten liegen dabei bei der Erforschung und der Entwicklung von Fluidischen Systemen, bei Aufbau- und Verbindungssystemen für MNI, im Feld der Bio-Mikrosysteme und bei der Entwicklung von intelligenten Werkstoffen. Bleibt zu klären, ob dies die richtigen FuE-Felder sind, um die identifizierten Erfolgspotenziale (Abb. 1-4) voranzutreiben.

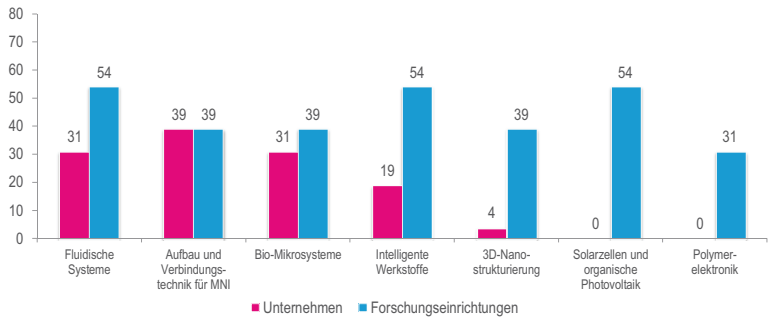
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-11 FuE-Aktivitäten in MNI-Bereichen - Vergleich

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39)



Tatsächlich beschäftigen sich Wirtschaft und Wissenschaft aber nur in zwei FuE-Bereichen annähernd mit den gleichen Fragestellungen, bei Aufbau- und Verbindungstechniken für MNI und bei Bio-Mikrosystemen. In allen anderen Bereichen werden FuE-Aktivitäten von der Wirtschaft nur marginal bzw. gar nicht betrieben. Mit diesen Themen sind überwiegend bzw. ausschließlich die Institute unterwegs. Bei Fluidischen Systemen, ist die Wirtschaft sehr aktiv, schöpft die FuE-Aktivitäten der Forschungseinrichtungen aber bei Weitem nicht aus.

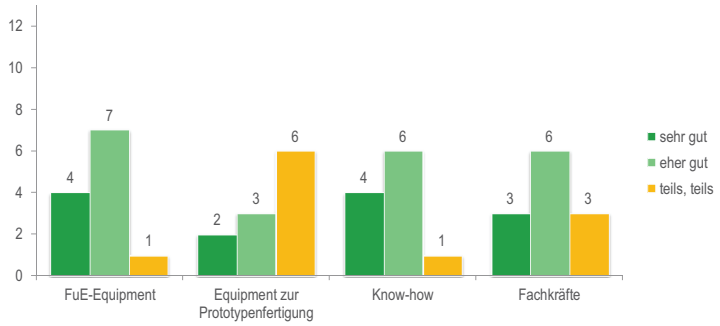
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-12 Vorbereitung auf die Herausforderung in der Entwicklung der MNI

(Angaben in absoluten Zahlen, Forschungseinrichtungen: N=13; Differenz zu N=keine Angabe)



Auf die Herausforderungen in der Entwicklung der MNI fühlt sich die Mehrheit der Forschungseinrichtungen sehr gut bis eher gut vorbereitet. Insbesondere in den Bereichen FuE-Equipment und Know-How ist dies der Fall. Etwas unsicherer sind Forschungsinstitutionen im Bereich Equipment zur Prototypenfertigung und bezüglich der Fachkräfte. Hier finden sich Anknüpfungspunkte für die Arbeit im MNI-Netzwerk. Die Kooperation würde sich für die Erschließung von Potenzialen positiv auswirken.

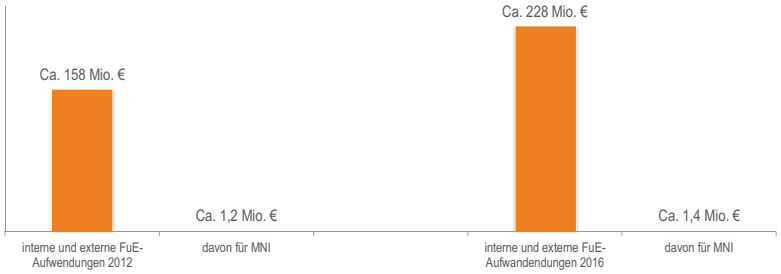
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-13 Entwicklung der FuE-Ausgaben 2012 bis 2016

(Angaben in Prozent, gesamt: N=39 – Angaben der Unternehmen/Institutionen)



Die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen wollen ihre FuE-Aufwendungen in den kommenden vier Jahren von 158 Mio. € auf 228 Mio. € aufstocken. Das ist eine Steigerung von 69 Prozent. Der FuE-Anteil für die MNI-Forschung bleibt in diesem Zeitraum allerdings bescheiden. Er soll von 1,2 Mio. € in 2012 (= 0,8 Prozent am Gesamt FuE-Volumen) auf 1,4 Mio. € in 2016 (= 0,6 Prozent am FuE-Volumen) steigen. Im Verhältnis zu den übrigen FuE-Ausgaben bliebe die MNI somit ein marginaler Bereich, trotz Steigerung der Ausgaben für MNI-Forschung und Entwicklung um 86 Prozent.

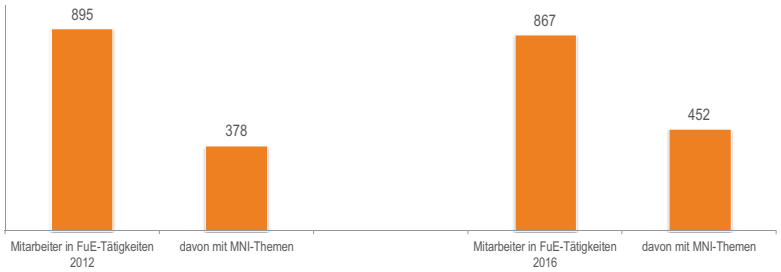
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-14 Anzahl der Mitarbeiter mit FuE-Tätigkeiten 2012 bis 2016

(Angaben in Prozent, gesamt: N=26 – Angaben der Unternehmen)



In den befragten Unternehmen arbeiteten 2012 895 Mitarbeiter, die mit FuE-Aufgaben betraut waren. Diese Zahl soll nach eigenen Angaben bis 2016 im Ganzen nicht steigen, wenngleich es einige Unternehmen gibt, die FuE-Mitarbeiter zusätzlich einstellen wollen. Andere werden dafür ihr Personal reduzieren. Allerdings deutet sich eine Verlagerung des Gewichts der FuE-Tätigkeiten an, denn die Zahl der Mitarbeiter, die MNI-Themen bearbeiten werden soll um 84 Prozent steigen.

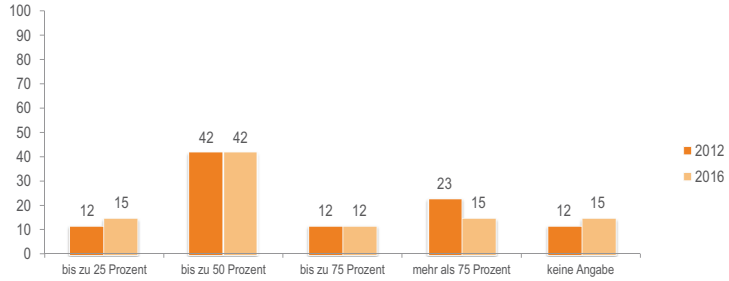
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-15 Umsatzanteil an Neu- und Weiterentwicklungen in Thüringer Unternehmen

(Angaben in Prozent, Unternehmen: N=26)



Ein Blick auf den Umsatzanteil an Neu- und Weiterentwicklungen zeigt, dass mehr als die Hälfte der befragten Unternehmen 2012 bis zu 50 Prozent ihres Umsatzes durch Neu- und Weiterentwicklungen generierten. Der Ausblick auf 2016 zeigt nur leichte Veränderungen. Hier erhöht sich der Anteil in der Kategorie „bis zu 75 Prozent“ leicht.

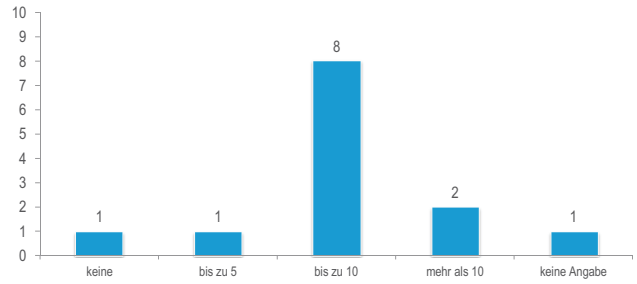
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-16 Patentanmeldungen in den letzten 3 Jahren im MNI-Bereich

(Angaben in absoluten Zahlen, Forschungseinrichtungen: N=13)



Die Mehrheit der befragten Forschungseinrichtungen haben in den vergangenen 3 Jahren bis zu 10 Patente im Bereich MNI angemeldet.

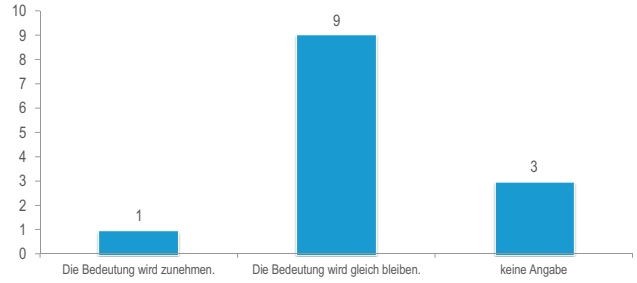
[Das Wesentliche im Blick]

1 Potenziale der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

1-17 Bedeutung der MNI im Forschungsportfolio der Forschungseinrichtungen 2016

(Angaben in absoluten Zahlen, Forschungseinrichtungen: N=13)



Bei der Rolle, die MNI in Zukunft im Forschungsportfolio der Institute spielen wird, lässt sich kein Trend erkennen. Die überwiegende Mehrheit der Einrichtungen sieht die Bedeutung von MNI auch 2016 auf dem heutigen Niveau.

[Das Wesentliche im Blick]

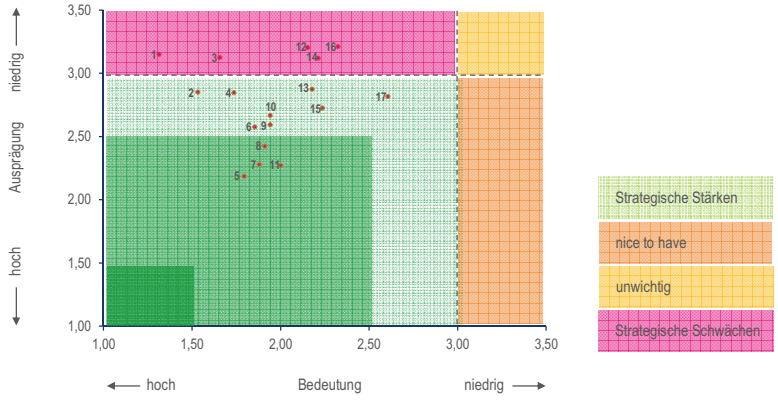
2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

2-1 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen - Handlungsrelevanzmatrix

(Skala Bedeutung: 1 = sehr entscheiden 5 = bis überhaupt nicht entscheidend; Skala Ausprägung: 1 = sehr gut bis 5 = überhaupt nicht gut)



[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen - Legende

1 Innovationskraft der Unternehmen
2 die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften
3 die FuE-Mittelausstattung der Unternehmen
4 der Technologietransfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen
5 das Ausbildungsniveau an den Hochschulen
6 die Förderpolitik des Freistaats Thüringen
7 der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit den Thüringer Forschungseinrichtungen
8 die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen
9 die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern
10 die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen
11 die Förderpolitik der Bundesregierung
12 das Umsatzvolumen der Unternehmen
13 die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten
14 die internationale Vernetzung mit Unternehmen
15 der Vernetzungsgrad zwischen den Thüringer Unternehmen
16 die internationale Vernetzung mit Forschungseinrichtungen
17 die EU-Förderpolitik

[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

Erläuterung und Interpretation der Handlungsrelevanzmatrix

Bei der Einschätzung und Bewertung der Rahmenbedingungen der Mikro-Nano-Integration in Thüringen spielen für die befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen verschiedene Faktoren eine Rolle. Einige davon sind von hoher Bedeutung und andere nicht. In der Handlungsrelevanzmatrix wird diese Bedeutung der verschiedenen Faktoren sichtbar.

Von hoher Bedeutung für die Befragten sind die folgenden Rahmenbedingungen: die Innovationskraft der Unternehmen, die Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften, die FuE-Mittelausstattung der Unternehmen, der Technologietransfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen und das Ausbildungsniveau an den Hochschulen.

Ebenso von Bedeutung, wenn auch etwas weniger wichtig sind die nachfolgenden Faktoren: die Förderpolitik des Freistaates Thüringen, der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen mit den Thüringer Forschungseinrichtungen, die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen, die Verfügbarkeit von regionalen Kooperationspartnern, die deutschlandweite Vernetzung mit Unternehmen sowie die Förderpolitik der Bundesregierung.

Kombiniert man die Bedeutung der Rahmenbedingungen für MNI in Thüringen damit, wie die Befragten deren Ausprägung in der Praxis bewerten, dann ergeben sich strategische Stärken und Schwächen. Die Handlungsrelevanzmatirx (Abb. 2-1) zeigt so Handlungsbedarfe bei der Entwicklung der MNI-Potenziale auf.

Stärken sind insbesondere das Ausbildungsniveau an den Hochschulen, der Vernetzungsgrad Thüringer Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Förderpolitik der Bundesregierung und die deutschlandweite Vernetzung mit Forschungseinrichtungen. Das sind gute Anknüpfungspunkte für die Entwicklung der MNI-Potenziale.

[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

Erläuterung und Interpretation der Handlungsrelevanzmatrix

Noch zu den strategischen Stärken zu zählen sind die Thüringer und die EU-Förderpolitik sowie verschiedene Aspekte der Zusammenarbeit der Unternehmen (der Vernetzungsgrad der Thüringer Unternehmen, die Organisation regionaler Wertschöpfungsketten, die Verfügbarkeit regionaler Kooperationspartner, die deutschlandweite Vernetzung der Unternehmen) und der Technologie- und Wissenstransfer (Technologietransfer aus den Forschungseinrichtungen in die Unternehmen, Verfügbarkeit von akademischen Fachkräften).
Gleichwohl aber sind diese Stärken relativ schwach ausgeprägt und sollten in den kommenden Jahren im Fokus der strategischen Arbeit zur Entwicklung der MNI-Potenziale stehen.

Akuter Handlungsbedarf besteht hinsichtlich der Entwicklung der Innovationskraft der Unternehmen, der FuE-Mittelausstattung der Unternehmen hinsichtlich der MNI-FuE, des Umsatzvolumens, das aus MNI-Aktivitäten generiert wird, und der internationalen Vernetzung sowohl der Thüringer Unternehmen als auch der Forschungseinrichtungen.

Mit Ausnahme der internationalen Vernetzung sind die übrigen akuten Faktoren wohl eher als Ergebnis des strategischen Handelns zu verstehen und hängen von den übrigen hier behandelten Faktoren ab. Wenn also an den übrigen Faktoren Veränderungen vorgenommen werden, dann wird die Innovationskraft, die FuE-Mittelausstattung und der Umsatz in die eine oder andere Richtung beeinflusst werden.

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

weitere Lücken in der MNI-Forschung in Thüringen insgesamt

(offene Frage, an alle Befragten gestellt; Beispielnennungen)

„Es fehlen die Endanwender in Thüringen für die Mikrosysteme, demzufolge sollte Systeme/neue Produkte gefördert werden."

„Grundausstattung an FuE-Einrichtungen z.T. zu gering (Investitionsgüter); FuE-Anteil / Mittel in den Unternehmen zu gering → zu wenig FuE-Verbundforschung oder Auftragsvergabe; Vernetzung zw. Unternehmen untereinander und mit FuE-Einrichtungen zu gering"

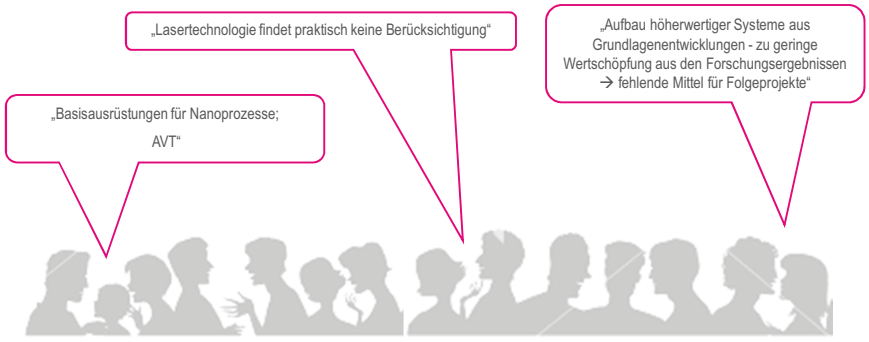
„Möglicherweise sind die fachlichen Inhalte für die MNI-Forschung zu eng gefasst. Zu starke Fokussierung auf Solarthemen. Mikrostrukturierung von Schichten (z.B. Lotuseffekt), Ultrakurzpulslaserbearbeitung u.a. spielen praktisch keine Rolle. "

[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

Wo gibt es aus Ihrer Sicht technologische Lücken in der MNI-Wertschöpfungskette in Thüringen?
(offene Frage, nur an Unternehmen gestellt; Beispielnennungen)



[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

Was müsste die Thüringer Politik tun, um die Entwicklungschancen für die Mikro-Nano-Integration in Thüringen wesentlich zu verbessern?
(offene Frage, an alle Befragten gestellt; Beispielnennungen)

[Das Wesentliche im Blick]

2 Rahmenbedingungen der MNI in Thüringen

aproxima Marktforschung

Wo sehen Sie weitere Hemmnisse für die Entwicklung des MNI-Bereichs in Thüringen?
(offene Frage, an alle Befragten gestellt; Beispielnennungen)

[Das Wesentliche im Blick]

aproxima Marktforschung

3 Fördermittel

[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

Ergebnisse

Ein Blick auf die Fördermittel zeigt, dass insgesamt knapp die Hälfte des Gesamtaufwands für FuE 2012 aus Fördermitteltöpfen stammt (39 Prozent). Bei Unternehmen liegt der Schwerpunkt bei der Kategorie bis zu 50 Prozent und bei Forschungseinrichtungen erwartungsgemäß noch etwas höher und liegt hier bei bis zu 75 Prozent und mehr (Abb. 3-1).
Die Ausblick der Befragten ins Jahr 2016 zeigt insgesamt und bei den Unternehmen einen Rückgang des Fördermittelanteils am Gesamtaufwand für FuE. Bei den befragten Forschungseinrichtungen steigt dieser dagegen weiter an (Abb. 3-2).

Bei der Zusammensetzung der Fördermittel für FuE zeigt sich folgendes Bild. Landesmittel machen im Jahr 2012 in der Mehrheit der befragten Institutionen bis zu 50 Prozent aus. In den Unternehmen liegt dieser Anteil bei knapp der Hälfte der Befragten nur bei bis zu 25 Prozent, in den Forschungseinrichtungen dagegen deutlich höher (Abb. 3-3).
Im Jahr 2016 pendelt sich dieser Anteil insgesamt sowie bei Unternehmen und Forschungseinrichtungen bei 25 bis 50 Prozent ein (Abb. 3-4).
Der Fördermittelanteil an Bundesmitteln für FuE lässt kein einheitliches Bild erkennen. Insgesamt reicht die Spannweite unter den befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Jahr 2012 von einem Anteil von 0 Prozent bis zu einem Anteil von 75 Prozent und mehr und ist relativ gleichmäßig verteilt. Auch hier ist der Anteil in den Forschungseinrichtungen erwartungsgemäß etwas höher als in den Unternehmen (Abb. 3-6). Mit Blick auf 2016 zeigen sich keine großen Veränderungen und auch hier sind alle Anteilsgrößen relativ gleichverteilt vertreten (Abb. 3-7).

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

Ergebnisse

Im Vergleich mit Landes- und Bundesmitteln spielen EU-Fördermittel im Rahmen der FuE eine nachgeordnete Rolle. Bei 39 Prozent aller Befragten und bei 54 Prozent der befragten Unternehmen spielen diese im Jahr 2012 überhaupt keine Rolle. In 77 Prozent der Forschungseinrichtungen machen EU-Mittel dagegen bis zu 25 Prozent des Aufwandes für FuE aus (Abb. 3-7). Auch hier sind die Werte mit Blick auf das Jahr 2016 relativ konstant (Abb. 3-8).

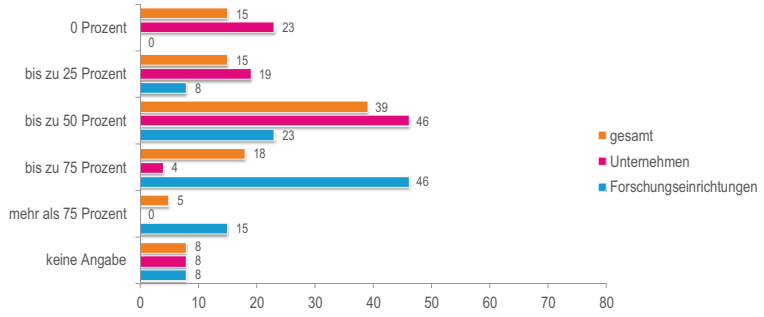
Im Vergleich der Attraktivität der Fördermittelgeber schneiden die Bundesministerien am besten ab. Die große Mehrheit der befragten Unternehmen und Forschungseinrichtungen findet diese sehr bis eher attraktiv. Besonders bei Forschungseinrichtungen stehen diese hoch im Kurs. 77 Prozent bewerten diese mit sehr attraktiv (Abb. 3-10). Die Attraktivität des Freistaates Thüringen als Fördermittelgeber fällt etwas weniger positiv aus, wird aber von der Mehrheit der Befragten ebenfalls mit sehr bis eher attraktiv bewertet (Abb. 3-9).
Die EU spielt dagegen als Fördermittelgeber nur eine nachgeordnete Rolle und ist für knapp die Hälfte der befragten Unternehmen eher nicht bis überhaupt nicht attraktiv (43 Prozent). Bei den Forschungseinrichtungen nimmt die EU dagegen eine wichtigere Rolle ein und deren Fördermittel sind für 47 Prozent der Institutionen sehr bis eher attraktiv (Abb. 3-11).

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-1 Anteil Fördermittel am Gesamt-FuE-Aufwand 2012

(Angaben in Prozent, N=39)



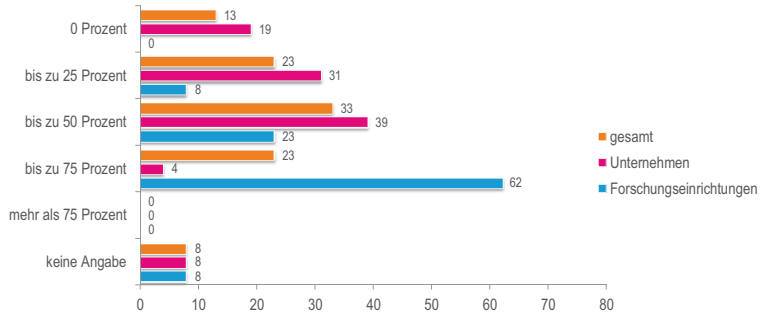
[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-2 Anteil Fördermittel am Gesamt-FuE-Aufwand 2016

(Angaben in Prozent, N=39)



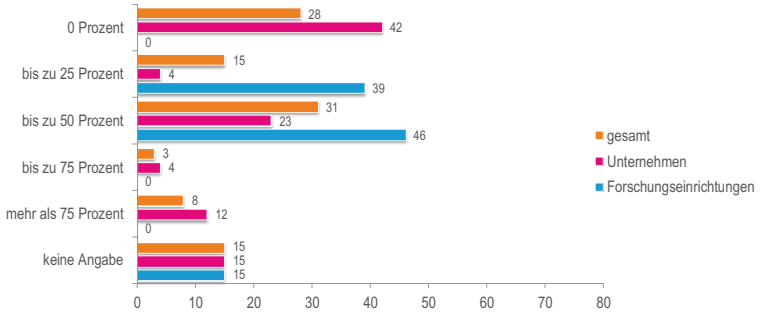
[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-3 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an Landesmitteln (Thüringen) 2012

(Angaben in Prozent, N=39)



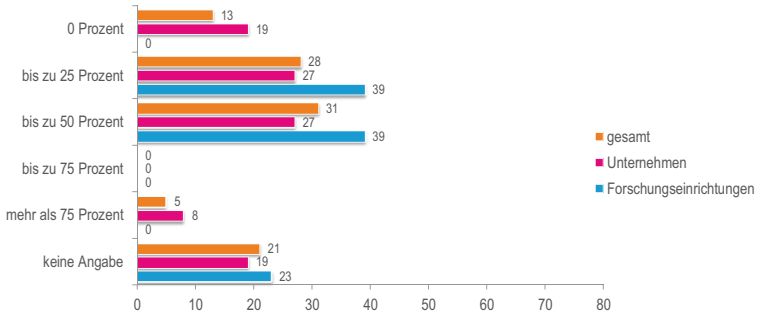
[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-4 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an Landesmitteln (Thüringen) 2016

(Angaben in Prozent, N=39)

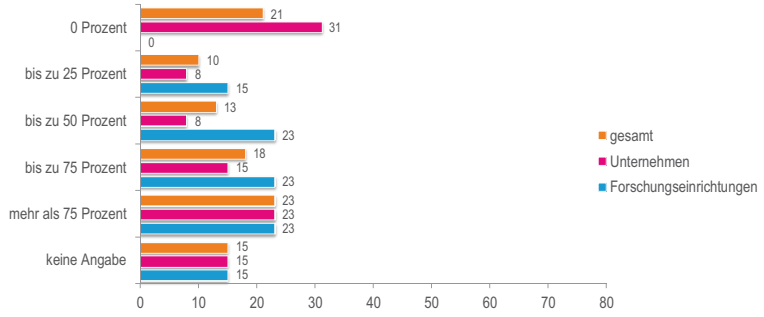


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-5 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an Bundesmitteln 2012
(Angaben in Prozent, N=39)

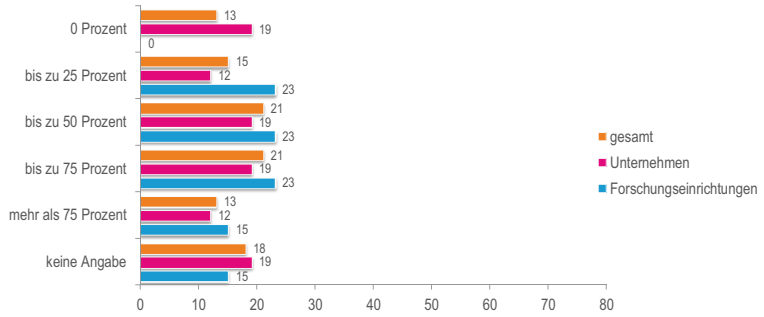


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-6 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an Bundesmitteln 2016
(Angaben in Prozent, N=39)

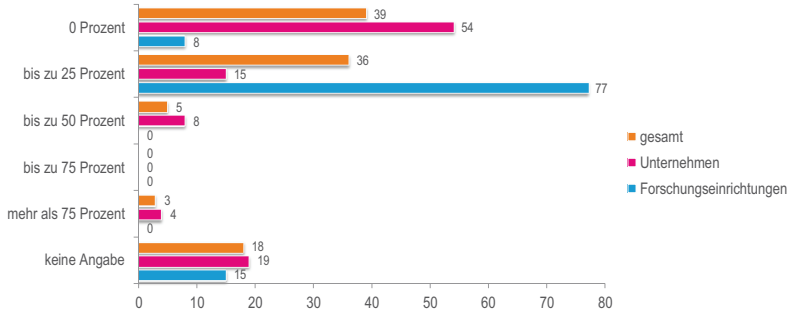


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-7 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an EU-Mitteln 2012
(Angaben in Prozent, N=39)

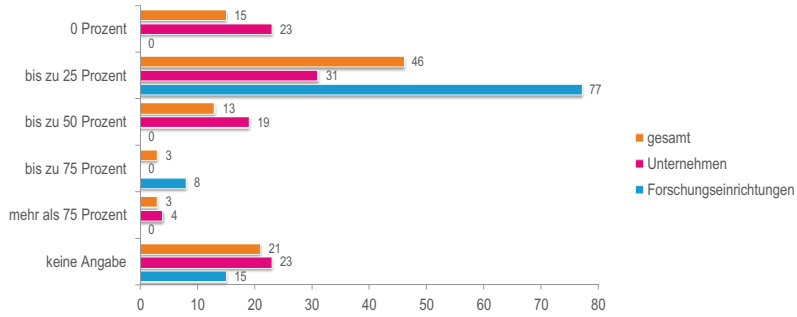


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-8 Fördermitteleinsatz für FuE: prozentualer Anteil an EU-Mitteln 2016
(Angaben in Prozent, N=39)

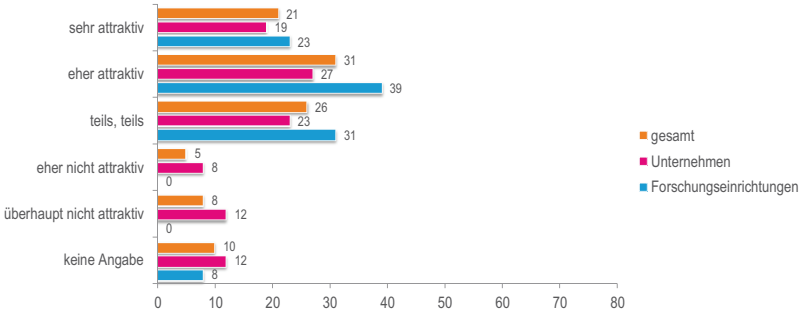


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-9 Attraktivität der Fördermittelgeber: der Freistaat Thüringen
(Angaben in Prozent, N=39)

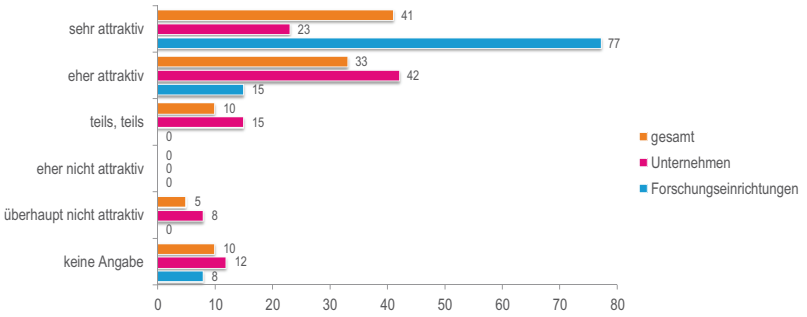


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-10 Attraktivität der Fördermittelgeber: die Bundesministerien
(Angaben in Prozent, N=39)

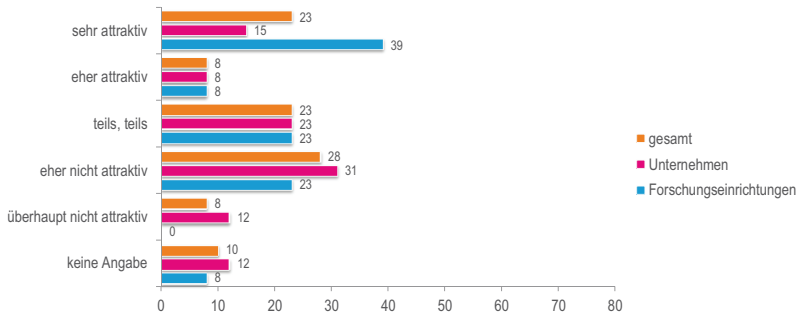


[Das Wesentliche im Blick]

3 Fördermittel

aproxima Marktforschung

3-11 Attraktivität der Fördermittelgeber: die EU
(Angaben in Prozent, N=39)



[Das Wesentliche im Blick]

aproxima Marktforschung

4 Netzwerk und Kommunikation

[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

Ergebnisse

Ein Blick auf die Netzwerkstrukturen und die Kommunikationswege zeigt, dass im Rahmen der Mitarbeit in Verbänden, Netzwerken und Gremien zum Thema Mikro-Nano-Thüringen e.V., OptoNet e.V., der AMA Fachverband für Sensorik sowie ELMUG die entscheidenden Institutionen für die Akteure in Thüringen sind (Abb. 4-1).

Erste Ansprechpartner im Bereich der Forschungseinrichtungen sind für die Befragten die Fraunhofer-Gesellschaft, die Technische Universität Ilmenau, das Institut für Photonische Technologien Jena, das CiS Institut für Mikrosensorik und Photovoltaik, sowie iba Heiligenstadt und die Technische Universität Dresden (Abb. 4-2).
Wie die obige Auflistung schon verdeutlicht, handelt es sich dabei überwiegend um Institutionen aus Thüringen und Deutschland und weniger um Kooperationspartner im Ausland (Abb. 4-3).

Die Nennungen der Unternehmen, mit denen Kooperationen eingegangen werden, fällen sehr differenziert aus und lassen keine verallgemeinernden Aussagen zu. Lediglich die folgenden Unternehmen wurden mehrfach genannt:
Siegert TFT, TETRA GmbH, Jenoptik und X-Fab (Abb. 4-4).
Auch hier hat die große Mehrheit der genannten Kooperationspartner im Unternehmensbereich ihren Sitz in Thüringen bzw. Deutschland (Abb. 4-5).

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-1 Mitarbeit in Verbänden, Netzwerken und Gremien zum Thema MNI

(offene Frage, an alle Befragten gestellt)

Institution	Anzahl der Nennungen
Mikro-Nano Thüringen e.V.	9
OptoNet e.V.	7
AMA Fachverband für Sensorik	6
ELMUG	5
Silicon Saxony	3
automotive thüringen e.V.	2
Cool Silicon	2
CoOPTICS	2
DIN-Normungsausschuss Fertigungsmittel MST	2
edaCentrum e.V.	2
medways	2
sonstige Nennungen (jeweils nur 1x genannt)	29

[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-2 Kooperation mit Forschungseinrichtungen bei MNI-Themen

(offene Frage, an alle Befragten gestellt)

Institution	Anzahl der Nennungen
Fraunhofer-Gesellschaft	16
TU Ilmenau	15
Institut für Photonische Technologien Jena	9
CiS Institut für Mikrosensorik und Photovoltaik GmbH	7
iba Heiligenstadt	6
TU Dresden	5
Fachhochschule Jena	4
FSU Jena	3
Institut für Mikroelektronik - und Mechatronik-Systeme gGmbH (IMMS)	3
TU Chemnitz	3
Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH (ifw Jena)	2
InnoVent GmbH	2
sonstige Nennungen (jeweils nur 1x genannt)	34

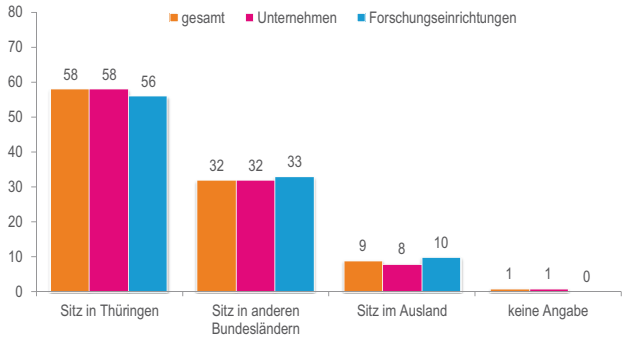
[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-3 Kooperation mit Forschungseinrichtungen (FE) bei MNI-Themen – Sitz der FE

(Angaben in Prozent, N=39; Mehrfachnennungen möglich)



[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-4 Kooperation mit Unternehmen bei MNI-Themen
(offene Frage, an alle Befragten gestellt)

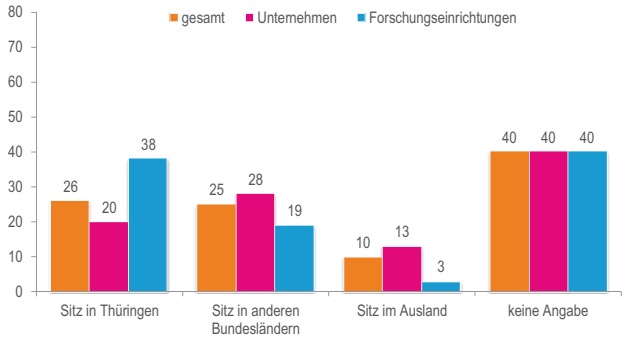
Institution	Anzahl der Nennungen
Siegert TFT	4
TETRA GmbH	3
Jenoptik	2
X-Fab	2
sonstige Nennungen (jeweils nur 1x genannt)	44

[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-5 Kooperation mit Unternehmen bei MNI-Themen – Sitz des Unternehmens
(Angaben in Prozent, N=39; Mehrfachnennungen möglich)



[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

Ergebnisse

Der Informationsfluss zwischen den Thüringer Forschungseinrichtung, die sich mit MNI beschäftigen, und den Unternehmen im Freistaatist aus Sicht beider Akteursgruppen ausbaufähig. Die Mehrheit der Befragten sieht hier Potenzial für Verbesserung. 46 Prozent der befragten Unternehmen und 36 Prozent der befragten Unternehmen bewerten den aktuellen Informationsfluss nur mit der Kategorie „teils, teils“ (Abb. 4-6).

Fragt man die Unternehmen und Forschungseinrichtungen nach Verbesserungsmöglichkeiten, dann werden an erster Stelle regelmäßige Informationsveranstaltungen; Konferenzen, speziell zum Thema MNI und zusammenfassende Newsletter genannt. Besonders aus Sicht der Forschungseinrichtungen sind diesbezüglich die regelmäßigen Informationsveranstaltungen von Interesse (Abb. 4-7).

Die Thüringer Forschungseinrichtungen, die sich mit MNI beschäftigen, nehmen Interesse aus der Wirtschaft an ihren Forschungsergebnissen in erster Linie aus Thüringen und Deutschland wahr (Abb. 4-8).

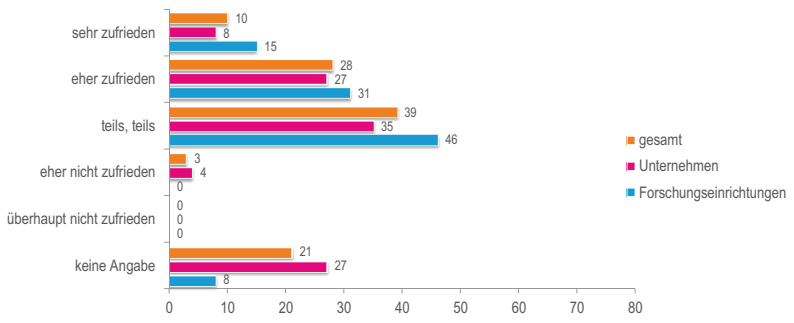
Potenzial für Verbesserungen zeigt sich im Bereich der Kommunikation zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Die Mehrzahl der befragten Forschungsinstitute fühlt sich nur bedingt gut über den Forschungsbedarf auf Seiten der Wirtschaft informiert. In Thüringen und Deutschland ist die Informationslage dabei noch deutlich besser als im internationalen Raum (Abb. 4-9).

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-6 Zufriedenheit mit dem Informationsfluss zwischen Thüringer Forschungseinrichtungen, die sich mit MNI beschäftigen und den Unternehmen im Freistaat

(Angaben in Prozent, N=39)



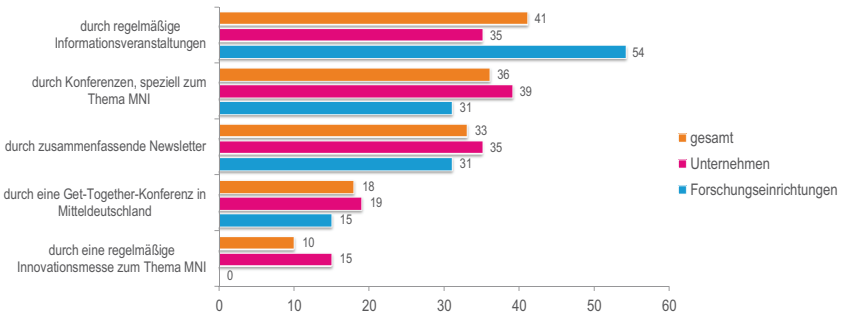
[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-7 Verbesserungsmöglichkeiten des Informationsflusses zwischen den Thüringer Forschungseinrichtungen und den Unternehmen

(Angaben in Prozent, N=39)



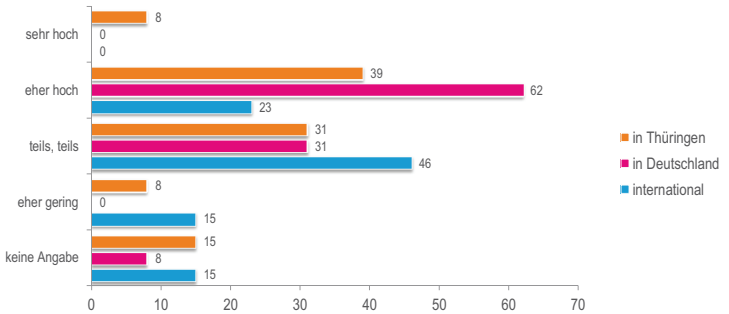
[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-8 Interesse der Wirtschaft an Forschungsergebnissen im MNI-Bereich

(Angaben in Prozent, Forschungseinrichtungen: N=13)

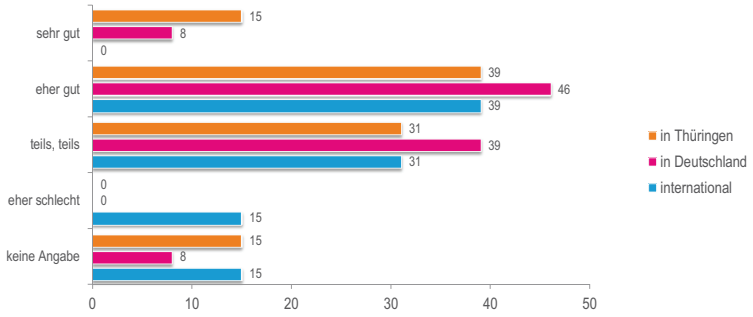


[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-9 Bekanntheit des Forschungsbedarf der Wirtschaft im MNI-Bereich
(Angaben in absoluten Zahlen, Forschungseinrichtungen: N=13)

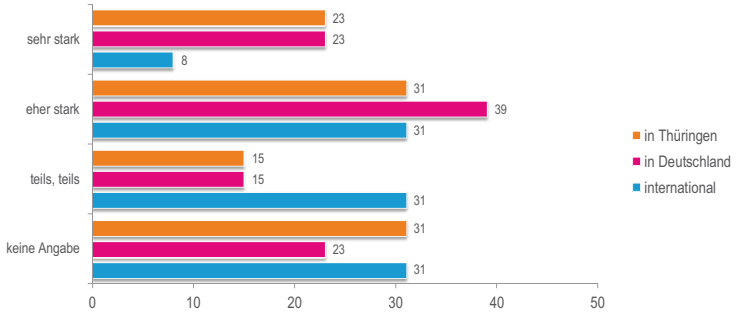


[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

4-10 Ausrichtung der Grundlagenforschung am Bedarf der Wirtschaft
(Angaben in absoluten Zahlen, Forschungseinrichtungen: N=13)

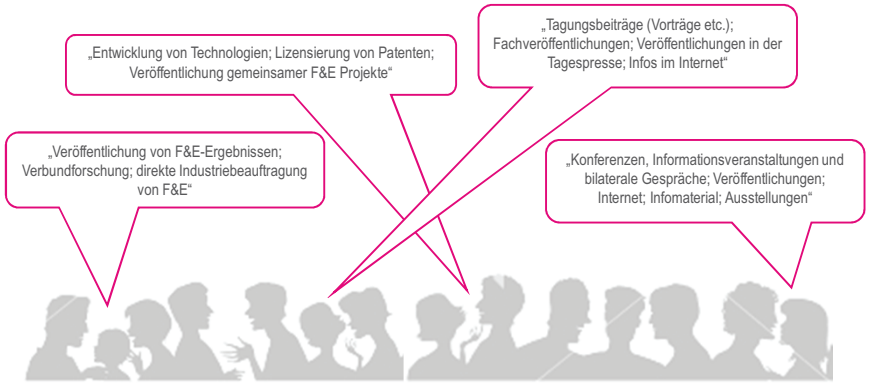


[Das Wesentliche im Blick]

4 Netzwerk und Kommunikation

aproxima Marktforschung

Wie ermöglichen Sie der Wirtschaft Zugang zu Ihren Forschungsaktivitäten im MNI-Bereich?
(offene Frage, nur an Forschungseinrichtungen gestellt; Beispielnennungen)



Kontakt

aproxima Marktforschung

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Haben Sie Fragen zu den Ergebnissen? Interessiert Sie noch eine Information?
Dann zögern Sie nicht, uns zu kontaktieren!

Dr. Henry Kreikenbom
Geschäftsführender Gesellschafter| Senior Berater

Wolfgang Lesser
Berater

Tel.: 03643 74024-0
Fax: 03643 74024-16
E-Mail: kreikenbom@aproxima.de

Anlage 7: Mitglieder Expertenbeirat
Potentialanalyse **Mikro-Nano-Integration in Thüringen**

1	Dr. Maximilian Fleischer	Siemens AG	München
2	Johannes Herrnsdorf	MiNaCon	Dortmund
3	Prof. Bernd Michel	FhG-ENAS Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme	Chemnitz
4	Dr. Gerhard Müller	EADS Deutschland GmbH	München
5	Dr. Christine Neuy	MicroTEC Südwest Mikrosystemtechnik Baden-Württemberg e.V. MST BW	Freiburg
6	Prof. Helmut Schlaak	Technische Universität Darmstadt Inst. für Elektromechanische Konstruktionen	Darmstadt
7	Bernd Schöller	MCC Gesellschaft für Diagnosesysteme in Medizin und Technik mbH & Co. KG	Karlsruhe

Anlage 8: Quellen und Literatur
Potentialanalyse **Mikro-Nano-Integration in Thüringen**

Quellen:

(1) Gerlach.G., Dötzel,W.: Einführung in die Mikrosystemtechnik; Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München,2006

(2) www.ama-sensorik.de

(3) MEMS market forecast 2011-2017 in value, Status of the MEMS industry report, July 2012, Yole Développement

(4) www.ivam.de

(5) www.hessen-nanotech.de

(6) Nanotechnologie in Ostdeutschland, Satus Quo und Entwicklungsperspektiven, VDI Technologiezentrum Nr.86, Düsseldorf, 2010

(7) Integrated Research and Industrial Roadmap for European Nanotechnology (2013-2025), NANOfutures (contract number NMP4-CA-2010-266789), Version: July 2012

(8) Lux Research 2008

(9) Nanotechnologie 2007, Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, www.bs.bund.de

(10) Nano & Micro Technology Consulting

(11) VDZ TZ- Unternehmensbefragung 2009

(12) Drittmittelwettbewerb – ein Bundländervergleich zum Verhältnis von Dritt- und Grundmitteln, LÄNDERCHECK des Stifterverbands für die Deutsche Wirtschaft, Oktober 2012

Literatur:

Mikrosystemtechnik in Deutschland, trias consult, 2012

Nanotechnologie in Ostdeutschland, Satus Quo und Entwicklungsperspektiven, VDI Technologiezentrum Nr.86, Düsseldorf, 2010

Nationale Roadmap Embedded Systems, Berlin, 2010

Trendatlas Thüringen, Erfurt, 2012

Megatrends 2030, Unternehmerische Entscheidungen in spannenden Zeiten, Roland Berger Strategy Consultants, Weimarer Wirtschaftsforum, 2011

Integrated Research and Industrial Roadmap for European Nanotechnology (2013-2025), NANOfutures (contract number NMP4-CA-2010-266789), Version: July 2012

The IEEE Technology Time Machine, Hong Kong, June 2011

Mikro-Nano-Integration, Einsatz von Nanotechnologien in der Mikrosystemtechnik, Band 13 der Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech

Prof. Dr. T. Wulf, Sachsen Bank Branchenszenarien Mitteldeutschland. Zukunftsszenarien für die Mikroelektronik in Mitteldeutschland, Leipzig, April 2011

Mikro- und Nanotechnologie, Branchenreport aus Sicht des Kapitalmarktes, WGZ-Bank, 2002

MST-ATLAS DEUTSCHLAND 2005, Mikrosystemtechnik-Cluster in Deutschland, IVAM, 2005

VDI/VDE/IT, Trends in der Mikrosystemtechnik, Berlin, 2006

Mikro-Nano-Integration, Forschungsbedarf zur AVT aus Sicht der Sensorik, ama Fachverband für Sensorik e.V., 2006

Micro/Nano Atlas of Europe, IVAM, 2007

Mikrotechnik für eine effiziente Bioenergieerzeugung, Zukunftsworkshop im Rahmen des Mikrosystemtechnik-Kongress 2007, Dresden, 2007

Sensor-Trends 2014, Trends in zukunftsorientierten Sensortechnologien, AMA Fachverband für Sensorik e.V., Berlin, 2010

Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand, VDI/VDE, 2012

IVAM DIRECTORY 2012, Companies and Institutes of Micro, Nano & Materials, IVAM, 2012

NRW Nano-Conference, Dokumente, Dortmund, 2012

Nationaler IT-Gipfel, Dokumente, Essen, 2012

Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems, acatech STUDIE, März 2012

Drittmittelwettbewerb – ein Bundesländervergleich zum Verhältnis von Dritt- und Grundmitteln, LÄNDERCHECK des Stifterverbands für die Deutsche Wirtschaft, Oktober 2012

Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, www.forschungsunion.de, Oktober 2012

Anlage 9:

Ergänzungen zur Potentialanalyse Mikro-Nano-Integration in Thüringen

E 1. Handlungsempfehlungen - Unternehmen

Wesentliche Handlungsempfehlungen zur Erschließung der wirtschaftlichen Potentiale der Mikro-Nano-Integration für die Thüringer MNI-Unternehmen sind:

A Zum Erkennen und Erschließen zukünftiger Marktpotentiale im Bereich MNI und zur gezielten Ausrichtung der eigenen F&E-Aktivitäten sollten sich die Unternehmen aktiv in den vom Land Thüringen geplanten Roadmap-Prozess einbringen und die Ergebnisse gezielt in den eigenen Strategieprozess einbinden.

B Die Unternehmen sollten das Angebot des aktiven Dialogs der Thüringer Landespolitik nutzen. Wichtiger Bestandteil sollten die eigenen Bemühungen zur Bildung eines clusterübergreifenden, marktorientierten Kompetenzzentrums Industrie 4.0 und die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit sein.

C Zur Kompensation der wesentlichen Nachteile der Kleinteiligkeit der Thüringer MNI-Unternehmerlandschaft bedarf es eines wesentlich engeren Vernetzungsgrades der Unternehmen. Diese Vernetzung muss marktorientiert und branchenübergreifend sein. Die Unternehmen müssen sich in diese Netzwerkarbeit gezielt aktiv einbringen. Sie müssen den Prozess der Vernetzung führen und voranbringen.

Weitere Handlungsempfehlungen für die Thüringer MNI-Unternehmen sind:

E 1.1 Marktbearbeitung

D Im Zusammenhang mit der Erarbeitung der Unternehmensstrategie bedarf es seitens der Unternehmen der gezielten Recherche nach den Marktpotentialen der MNI in den eigenen Geschäftsfeldern. Grundlage hierfür kann die entsprechende, geplante Roadmap des Landes Thüringens sein. Berücksichtigt werden sollten dabei insbesondere die Potentiale von Industrie 4.0 und AAL/Life Science/Medizintechnik.

Die Marktrecherchen können Unternehmen bei Vorhandensein einer guten Vertrauensbasis teilweise gemeinsam durchführen. Empfehlenswert ist der Aufbau eines gemeinsamen Informationspools. Die Initiative "nano goes makro" bietet dafür als Kristallisationspunkt sehr gute Voraussetzungen.

E Für eine effektivere Markterschließung sollten die bestehenden Kooperationen in Netzwerken gezielt vertieft und Wertschöpfungsketten, ggfs. länderübergreifend, aufgebaut werden.

F Die MNI-Leistungsfähigkeit sollten die Unternehmen stärker in ihre Außendarstellung insbesondere in ihre Kommunikationsmittel wie Webseite und Unternehmensbroschüre aufnehmen.

Empfehlenswert ist der Aufbau einer gemeinsamen Dachmarke. Auch hierfür bietet die Initiative "nano goes makro" als Kristallisationspunkt sehr gute Voraussetzungen.

G Der Weg der Erschließung globaler Märkte über deutsche Global Player sollte gezielt ausgebaut werden. Zur Unterstützung dieser Aktivitäten sollten derartige Global Player aktiv in die Netzwerke eingebunden werden.

E 1.2 Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit

H Die aktive Mitarbeit in Netzwerken/Clustern der Region ermöglicht einen Innovationsvorsprung. Wichtig sind dabei insbesondere

- ein intensiver Erfahrungsaustausch mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen
- die Initiierung gemeinsamer F&E-Projekte unter Nutzung der Technologieförderung von EU, Bund und Land.
- die Sicherstellung der Überführung der F&E-Ergebnisse in Produkte und Dienstleistungen

Empfehlenswert ist der Aufbau eines gemeinsamen Wissens- und Informationspools. Auch hierfür bietet die Initiative "nano goes makro" als Kristallisationspunkt sehr gute Voraussetzungen.

E 1.3 Forschungseinrichtungen

I Die Unternehmen sollten einen gezielten Dialog mit den Forschungseinrichtungen führen, um insbesondere anwendungsorientierte Forschungsschwerpunkte aktiv mitzubestimmen und die Passfähigkeit der Forschung an den Thüringer Einrichtungen zur Thüringer Wirtschaft zu verbessern.

E 1.4 Personalentwicklung

J Der gezielte Aufbau einer regionalen Arbeitgeber-Marke ist für die Sicherung des Arbeitskräftebedarfs unabdingbar. Dazu gehört u.a. eine gezielte Strategie zur Mitarbeiterbindung incl. einer leistungsgerechten Vergütung.

K Die Deckung des zukünftigen Bedarfs an Facharbeitern wird nur durch eine aktive Zusammenarbeit mit den regionalen Schulen möglich sein. Insbesondere sollten konkrete Angebote für die Praktika der 9. Klassen an die regionalen Schulen herangetragen werden. Darüber hinaus sollten die Unternehmen die Angeboten durch Netzwerke und Verbände aktiv nutzen und ggfs. aktiv an deren Verbesserung mitarbeiten.

L Die gezielte, frühzeitige Einbindung von Studenten in die fachliche Arbeit der Unternehmen und das Aufzeigen von Entwicklungschancen ermöglicht eine Bindung zukünftiger Ingenieure an die Unternehmen und sichert den akademischen Nachwuchs. Zur Erhöhung der Sichtbarkeit an den Hochschulen und zur Kostenreduzierung sollten insbesondere kleinere Unternehmen auch auf Angebote von Netzwerken und Verbänden zurückgreifen.

E 2. Handlungsempfehlungen - Forschungseinrichtungen

Wesentliche Handlungsempfehlungen im Bereich der Mikro-Nano-Integration sind:

A Die Forschungseinrichtungen sollten sich aktiv in den vom Land Thüringen geplanten Roadmap-Prozess einbringen und die Ergebnisse gezielt bei der eigenen Forschungsstrategie berücksichtigen.

B Zur Verbesserung des Technologietransfers müssen sich die Forschungseinrichtungen aktiv in den Prozess der clusterübergreifenden, marktorientierten Netzwerkarbeit einbringen.

Weitere Handlungsempfehlungen für die Thüringer MNI-Forschungseinrichtungen sind:

E 2.1 Marktbearbeitung

C Die aktuellen MNI-Forschungsergebnisse und deren Marktpotentiale sollten stärker in die Außendarstellung insbesondere in die Kommunikationsmittel wie Webseite und Institutsbroschüren aufgenommen werden.

D Der Dialog mit den Unternehmen im Bereich MNI sollte aktiv geführt werden, um die Forschungsschwerpunkte stärker an den Bedürfnissen der regionalen Unternehmen ausrichten zu können.

E 2.2 Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit

E Die aktive Mitarbeit in regionalen und überregionalen Netzwerken, Clustern und Fachverbände ermöglicht einen Innovationsvorsprung. Wichtig sind dabei insbesondere

- ein intensiver Erfahrungsaustausch und Wissenstransfer mit regionalen und überregionalen Forschungseinrichtungen
- die Initiierung gemeinsamer Projekte unter Nutzung der Technologieförderung von EU, Bund und Land.

F Die Forschungseinrichtungen sollten das Angebot des aktiven Dialogs der Thüringer Landespolitik nutzen. Wichtiger Bestandteil sollten die eigenen Bemühungen zur Bildung eines clusterübergreifenden, marktorientierten Kompetenzzentrums Industrie 4.0 und die Bereitschaft zur aktiven Mitarbeit sein. Unter Nutzung der MNI-Leistungsfähigkeit bietet sich hier ggfs. die Chance zu einer nachhaltigen Profilierung und Entwicklung von Exzellenz.

E 2.3 Ausgründungen

G Die Forschungseinrichtungen sollten Ausgründungsaktivitäten von Mitarbeitern bzw. Forschungsgruppen gezielt anregen und unterstützen.

H Junge Hightech Unternehmen sollten durch bewusst initiierte Forschungskooperationen im Bereich MNI gefördert werden. Darüber hinaus sollten Möglichkeiten geschaffen werden, die es Hightech Gründern ermöglicht, kostenintensive Geräte und Anlagen der Forschungseinrichtungen gegen ein marktübliches Entgelt zu nutzen.

E 2.4 Personalentwicklung

I Spitzenkräfte mit internationalem Renommee auf dem Gebiet der MNI sollten durch die Forschungseinrichtungen gezielt angeworben und gehalten werden. Wichtig dafür ist eine sichtbare Profilierung der Einrichtungen.

J Die Ausbildung der Ingenieure sollte an dem Bedarf der Thüringer KMU orientiert sein. Eine aktive Einbindung der regionalen Unternehmen in die Ausbildung sollte verstärkt werden.

K Die Hochschulen sollten die regional ansässigen Unternehmen bei der Akquise von Absolventen aktiv unterstützen.

E 3. Handlungsempfehlungen - Cluster

Zur Erschließung der Potentiale in der Mikro-Nano-Integration bedarf es einer intensiven, branchenübergreifenden Kooperation der Thüringer KMU und Forschungseinrichtungen. Die Kooperation darf nicht an den Landesgrenzen enden. Als Querschnittstechnologie wird die Mikro-Nano-Integration zukünftig immer stärker eine branchenübergreifende Rolle spielen. Insbesondere die Grenze zwischen den Thüringer Wachstumsfeldern Mikro-Nano-Technologie und Mess-, Steuer- und Regeltechnik sind fließend.

Wesentliche Handlungsempfehlungen für die Thüringer Cluster sind:

A Ein Zusammenwachsen der Netzwerke ELMUG eG und MNT e.V. ist angeraten. Es würde die Thüringer Akteure wesentlich stärker bündeln und eine effektivere Netzwerkarbeit in Thüringen ermöglichen. Das zusammengeführte Netzwerk kann der Grundstein für eine strategische Allianz der MNI-Akteure sein, die marktorientiert und branchenübergreifend agiert.

B Eine engere Kooperation der Thüringer Cluster, Netzwerke und Verbände untereinander würde die Erschließung der wirtschaftlichen Potentiale der Mikro-Nano-Integration als Querschnittstechnologie befördern.

C Eine gezielte Kooperation mit anderen Cluster, Netzwerke und Verbände über die Ländergrenzen von Thüringen hinaus sollte verstärkt werden.

D Zur Unterstützung der MNI-Akteure sollten die Cluster sich aktiv in den vom Land Thüringen geplanten Roadmap-Prozesses einbringen und die Ergebnisse gezielt an die Akteure kommunizieren.

E Das Angebot zur Unterstützung der Cluster seitens des Thüringer Clustermanagements sollte intensiver genutzt werden. Wichtig dabei ist die Abstimmung der Aktivitäten, um Doppelarbeit zu vermeiden. Dazu gehört auch die inhaltliche und terminliche Abstimmung von Veranstaltungen.

Wesentlich bei den Aktivitäten der Cluster ist, dass die Aktivitäten von den Unternehmen aktiv geführt werden und intensiv genutzt werden.

Weitere Handlungsempfehlungen für die Thüringer Cluster sind:

E 3.3 Marktbearbeitung

F Im Bereich der Marktbearbeitung können die Cluster folgenden Beitrag leisten:

- Unterstützung der Unternehmen bei der Analyse der Marktpotentiale
- Darstellung der MNI-Leistungsfähigkeit der Thüringer Akteure
- Unterstützung der Unternehmen bei der Akquise von Global Playern als Kunden
- Organisation von Netzwerk-Roadshows bei Global Playern

G Empfehlenswert ist die Etablierung einer get-together Konferenz als MNI-Kommunikationsplattform über die Ländergrenzen von Thüringen hinaus. Diese Konferenz könnte in die sich etablierenden Technologiekonferenz elmug4future integriert werden.

E 3.4 Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit

H Die Cluster sollten das Angebot des aktiven Dialogs der Thüringer Landespolitik nutzen, um die Interessen der Clustermitglieder zu vertreten. Wichtiger Bestandteil sollte die aktive Mitarbeit zur Bildung eines clusterübergreifenden, marktorientierten Kompetenzzentrums Industrie 4.0 sein.

I Zu den weiteren Aktivitäten der Cluster im Bereich MNI sollten insbesondere gehören:

- das Zusammenbringen der MNI-Akteure und die Förderung des intensiven, regionalen und überregionalen Erfahrungsaustausches
- die Bündelung der MNI-Aktivitäten (insbesondere Vermeidung von Doppelarbeit)
- die Unterstützung der Akteure von der Ideenfindung bis zur Umsetzung gemeinsamer F&E-Projekte
- aktive Unterstützung der Akteure beim Einwerben von Fördermitteln von EU, Bund und Land.

E 3.5 Neu- und Ausgründungen

J Hightech Gründungen sollten zielgerichtet in die Clusterarbeit eingebunden werden.

E 3.6 Personalentwicklung

K Die Cluster sollten insbesondere die KMU durch gemeinsame Aktivitäten in den Bereichen Mitarbeiterakquisition, -bindung und -entwicklung unterstützen. Dabei sollten die Aktivitäten der Cluster, Netzwerke und Verbände soweit sinnvoll gebündelt werden.

Auftraggeber:

LEG Thüringen
Landesentwicklungsgesellschaft Thüringen mbH

April 2013