



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern

**Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft**



**BILDUNG**

**Ideen zünden!**

## **Impressum**

### **Herausgeber**

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)  
Öffentlichkeitsarbeit  
11055 Berlin

### **Bestellungen**

schriftlich an den Herausgeber  
Postfach 30 02 35  
53182 Bonn

oder per

Tel.: 01805 - 262 302

Fax: 01805 - 262 303

(0,14 Euro/Min. aus dem deutschen Festnetz)

E-Mail: [books@bmbf.bund.de](mailto:books@bmbf.bund.de)

Internet: <http://www.bmbf.de>

### **Redaktion dieser aktualisierten Ausgabe**

Reinhard Selka, Berlin

### **Gestaltung**

heimbüchel pr, Köln/Berlin

### **Druckerei**

Bonifatius GmbH, Paderborn

**Bonn, Berlin 2007** (aktualisierter Nachdruck der Ausgabe 2005)

Gedruckt auf Recyclingpapier

### **Bildnachweis Titelseite**

LINOS Photonics GmbH & Co. KG



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern

**Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft**

# Vorwort



Eine qualifizierte Berufsausbildung ist die beste Grundlage für eine eigenverantwortliche berufliche und persönliche Zukunft. Gerade in Zukunftsbranchen eröffnen sich mit der dualen Ausbildung viele Perspektiven. Insbesondere in den Technologiefeldern Mikrosystemtechnik, Werkstoff- und Nanotechnologien, Bio- und Lebenswissenschaften und optischen Technologien wächst der Bedarf an qualifizierten Fachkräften auf allen Ebenen. Die Beispiele, die in dieser Broschüre beschrieben sind, zeigen, dass erfolgreiche Arbeit Hand in Hand entsteht. Gerade die besten Forscher und Entwickler arbeiten bei Bau, Wartung und Bedienung von Geräten und Substanzen mit qualifizierten Fachkräften zusammen. Deshalb müssen die Fachkräfte von morgen heute eine qualifizierte Ausbildung durchlaufen.

Komplexe Qualitätsanforderungen, Weitsicht und die richtige Wahl der Mittel sind für Spitzenleistungen unverzichtbar. Innovative Technologien sind deshalb nur so gut wie die dahinter stehenden Menschen. Die im Berufsbildungsgesetz und der Handwerksordnung für innovative Technologien festgelegten rund 350 Ausbildungsberufe, von denen einige hier vorgestellt werden, sind offen konzipiert für technischen Fortschritt und Strukturveränderungen in Arbeit und Organisation. Mit 185 Neuordnungsverfahren und 70 neuen Ausbildungsberufen wurde das duale System der Berufsbildung in den vergangenen zehn Jahren fit gemacht für die Herausforderungen der Zukunft. Im Jahr 2006 konnte diese Bilanz mit 17 Modernisierungen und vier neuen Berufen fortgesetzt werden.

Das Jahr 2007 ist das Jahr der Ausbildung. Neben einem intensiven Modernisierungsprozess, der sich insbesondere auf die Flexibilisierung beruflicher Bildung, die Verbesserung der Übergänge an ihren Schnittstellen sowie die europäische Öffnung beruflicher Bildung bezieht, gehen wir auch auf Betriebe zu, die noch nicht oder nicht mehr ausbilden. Nur damit erhalten wir die hohe Ausbildungskultur in Deutschland lebendig und stärken sie weiter. Denn Ausbildung ist eine lohnende Investition in die Zukunft.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Annette Schavan'.

Dr. Annette Schavan, MdB  
Bundesministerin für Bildung und Forschung

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Berufsausbildung in Forschungseinrichtungen und technologieorientierten Unternehmen</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Innovative Technologien</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>Ausbildungsberufe in Nano- und Werkstofftechnologien – Optischen Technologien – Life Science – Mikrosystemtechnik</b>	<b>13</b>



## Berufsausbildung in Forschungseinrichtungen und technologieorientierten Unternehmen

**Die Entwicklung innovativer Technologien und ihre Überführung in marktfähige Produkte ist in erster Linie eine naturwissenschaftlich-technische und unternehmerische Leistung.**

In diesem Zusammenhang bietet der Einstieg in die duale Berufsausbildung gerade Forschungsreinrichtungen und technologieorientierten Unternehmen eine Reihe von strategischen und innovationspolitischen Vorteilen.

### Berufsausbildung sichert die Entwicklung innovativer Unternehmen

Für Unternehmen, die innovative Ideen in marktfähige Produkte oder Dienstleistungen umsetzen, gilt es, diesen Wettbewerbsvorteil auszubauen: Die Etablierung effizienter Prozesse in Fertigung, Dienstleistung und Wissensmanagement sichert nachhaltig Erträge und bietet gute Voraussetzungen, die eigene Marktposition auszubauen. Dafür wird Personal gebraucht, das über hervorragende fachliche und soziale Qualifikationen verfügt und mit den eigenen betrieblichen Prozessen bestens vertraut ist. Auf dem Arbeitsmarkt sind solche Fachkräfte häufig nur schwer zu finden, ihre Einarbeitung ist zudem teuer und kostet Zeit. Deshalb ist der Einstieg in eine eigene Berufsausbildung ein zentraler Grundstein zur Entwicklung der eigenen Personalressourcen und damit ein entscheidender Wettbewerbsvorteil.

### Berufsausbildung reduziert Kosten

In Entwicklungsteams werden nicht selten Aufgaben durch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen erledigt, die dafür überqualifiziert und zu teuer sind. Dazu zählen etwa Arbeiten, die beispielsweise durch Laboranten und Laborantinnen durchgeführt werden könnten. Vielfach werden Bürotätigkeiten durch Akademiker ausgeführt, da etwa kaufmännischer Ausbildung nicht zugetraut wird, zum adäquaten Umgang mit fachlich-technischen Informationen zu befähigen. Vertikale Arbeitsteilung durch Ausbildung entlastet von Routinarbeiten und steigert damit die Wirtschaftlichkeit. Auszubildende sind bereits nach kurzer Zeit in der Lage, effektiv im Arbeitsprozess mitzuwirken und Spielraum für die Konzentration

der Ressourcen auf die Kernaufgaben zu schaffen. Dies steht durchaus nicht im Widerspruch zum Ausbildungsziel: Die duale Ausbildung findet in konkreten Geschäftsfeldern des Ausbildungsbetriebes statt, um dort praktische Erfahrungen zu sammeln. So zeigt jeder ausbildende Handwerksbetrieb, dass sich Ausbildung auch wirtschaftlich rechnet.

### Berufsausbildung sichert den Wissensvorsprung

Forschungseinrichtungen und technologieorientierte Unternehmen halten die Beschäftigung von Studierenden häufig für die geeignete Lösung zur Unterstützung ihrer Geschäftsprozesse. Es ist durchaus sinnvoll und begrüßenswert, Studierenden die Sammlung von praktischen Erfahrungen zu ermöglichen, dennoch ist ihr Einsatz eher kurzfristig. Damit entstehen nicht nur ständig neue Kosten für die Einarbeitung. Gravierender ist der mit jedem Wechsel verbundene Wissens- und Know-how-Verlust, der nicht selten zu Störungen im internen Ablauf und Problemen im Außenkontakt zu Lieferanten und Kunden führt.

Selbst ausgebildeten beruflichen Fachkräften können solche Aufgaben dagegen verlässlich und auf Dauer übertragen werden. Die gemeinsame Ausbildung mit jungen Menschen aus anderen Unternehmen bietet die Möglichkeit, Erfahrungen auszutauschen, Erkenntnisse zu erweitern und vielfältige Kompetenzen in den Ausbildungsbetrieb hinein zu tragen. In ihrer Ausbildung werden junge Menschen in Betrieb und Berufsschule auf Tätigkeiten vorbereitet, für die in Studiengängen naturgemäß kein Raum ist, die jedoch einen reibungslosen Betriebsablauf sichern.

### Auszubildende passen in Entwicklungsteams

Die derzeit 343 verschiedenen Ausbildungsberufe werden ständig aktualisiert. Sie sind zudem technikoffen konzipiert und voll kompatibel mit den spezialisierten Forschungseinrichtungen und Unternehmen in innovativen Technologien. Die folgende Auswahl von Ausbildungsberufen zeigt, dass sich nahezu überall die passende Lösung finden lässt:

Chemie-, Physik-, Biologie-Laboranten und Laborantinnen werden sehr praxisnah nach einer Art Bausteinsystem ausgebildet und berücksichtigen die Spezialisierung der Ausbildungsbetriebe. Gegenüber vollschulischen Ausbildungsgängen in den Assistenzberufen haben sie den Vorteil, dass die Einarbeitung und Spezialisierung bereits während der

Ausbildung geschieht, so dass an deren Ende keine Einarbeitungskosten und -zeiten entstehen.

Zu den technischen Berufen zählen die in den letzten Jahren aktualisierten elektrotechnischen und metalltechnischen Ausbildungsberufe. Sie sind durch ihre Orientierung an Tätigkeiten in breiten Anwendungsgebieten geeignet, im Rahmen von Entwicklungsarbeiten technische Sonderlösungen zu realisieren. Für Prüffelder wird der Werkstoffprüfer/die Werkstoffprüferin ausgebildet. Sind hingegen technische Prozesse durchzuführen, zu steuern oder zu überwachen, werden eher Ausbildungsberufe wie beispielsweise Mikrotechnologie/ Mikrotechnologin oder Mechatroniker/ Mechatronikerin geeignet sein. Auch im IT- Bereich stehen qualifizierte Ausbildungsberufe zur Verfügung, allen voran der Beruf Fachinformatiker/Fachinformatikerin mit den beiden Fachrichtungen Systemintegration und Anwendungsentwicklung. Fachinformatiker und Fachinformatikerinnen unterstützen und entlasten Informatiker mit akademischem Abschluss und haben selbst gute Möglichkeiten, im Rahmen berufsbegleitender Fortbildung zu vergleichbaren Qualifizierungsabschlüssen zu gelangen.

Darüber hinaus erlaubt die Ausbildung in kaufmännischen Berufen, betriebswirtschaftliche Aufgaben zu delegieren und so Raum für die eigene unternehmerische Kreativität zu bekommen. Kaufmännische Berufe sind auch mit fachlich-technischen Bezügen verfügbar, wie beispielsweise der Beruf Informatikkaufmann/Informatikkauffrau.

### Gegenargumente – und was wirklich dran ist

Gegen die Aufnahme einer eigenen Berufsausbildung werden vielfach Gründe angeführt, die sich bei näherer Betrachtung als nicht tragfähig erweisen:

- + Mangelnde Zeit:  
Unbestreitbar ist, dass Ausbildung Zeit kostet. Auszubildende im dualen System erwerben allerdings ihre beruflichen Kompetenzen insbesondere im konkreten Arbeitsprozess. Sie sind deshalb sehr früh in der Lage, produktive Aufgaben zu übernehmen. Dieser schon in frühen Phasen der Ausbildung entstehende Nutzen ist den Kosten gegenüber zu stellen und übersteigt diese häufig.
- + Kein Ausbilder oder Ausbilderin vorhanden:  
Seit der Aussetzung der entsprechenden Rechtsvor-

schriften findet sich hier regelmäßig eine Lösung – vorausgesetzt, eine Person aus der Stammebelegschaft ist bereit, für die Ausbildung eine gewisse Verantwortung zu übernehmen. Der Einstieg wird erleichtert, indem externe Unterstützung in Anspruch genommen wird. Dies ist in fast allen Fällen kostenfrei und die zuständige Stelle (meist die Industrie- und Handelskammer) stellt die erforderlichen Kontakte her.

- + Spezialisierung des Geschäftsfeldes:  
Die Berufe in der dualen Ausbildung bündeln Tätigkeiten und sind damit flexibel. Dies gilt sowohl für den konkreten Einsatz während der Ausbildung als auch bei einem Arbeitsplatzwechsel danach. Sollten einzelne berufstypische Tätigkeiten im Ausbildungsbetrieb nicht vorkommen, gibt es auch dafür Lösungen, etwa durch Verbundausbildung mit anderen Betrieben.

### Unterstützung beim Weg in die Ausbildung

Beim Einstieg in die duale Ausbildung sind Sie nicht allein: Es gibt eine Reihe von Kontaktstellen, die Sie gerne bei Ihrem Vorhaben unterstützen. Am Anfang steht natürlich die Beratung. Ausbildungsberater und Ausbildungsberaterinnen der IHK schlagen Ihnen geeignete Ausbildungsberufe vor und prüfen, ob die erforderliche Breite der Ausbildung in Ihrem Unternehmen gewährleistet ist. Des Weiteren vermitteln sie gegebenenfalls Kontakte zu anderen Ausbildungsbetrieben oder Bildungsdienstleistern, die Ihnen den praktischen Einstieg erleichtern können.

Bei der Vermittlung geeigneter Bewerber und Bewerberinnen unterstützt Sie die örtliche Agentur für Arbeit. Darüber hinaus bieten häufig Bildungsdienstleister einen Service zur Bewerberauswahl und entlasten bei der Verwaltung des Ausbildungsverhältnisses. Zur Klärung eventuell auftretender Fragen, zur Vermittlung von Zusatzqualifikationen oder zur Vorbereitung auf die Abschlussprüfung stehen Ihnen ebenfalls externe Dienstleistungsanbieter zur Verfügung.

Informationen zur Ausbildung in den innovativen Technologiefeldern bieten auch Ausbildungsnetzwerke an, ebenso wie Kompetenznetze. Dies sind Zusammenschlüsse von Firmen, Forschungsorganisationen, Kapitalgebern und Technologietransfereinrichtungen mit spezifischen Dienstleistungsangeboten. In der vorliegenden Broschüre finden Sie zu den Technologiefeldern kompetente Ansprechpartner mit kompletten Kontaktdaten.



## Innovative Technologien

### Nano- und Werkstofftechnologien – Optische Technologien – Life Science – Mikrosystemtechnik

Das Zeitalter der Innovation wird geprägt durch Schlüsseltechnologien wie Werkstofftechnologien, Nanotechnologie, Optische Technologien, Mikrosystemtechnik und Life Science. Grund genug, dass diese Technologien vom Bundesministerium für Bildung und Forschung mit erheblichen Mitteln gefördert werden. Der Wettbewerb in diesen Technologiefeldern wird weltweit und branchenübergreifend geführt. Für den Wirtschaftsstandort Deutschland gibt es keine Alternative zu einer Strategie der permanenten Innovation. Die Verfügbarkeit über das gesamte Spektrum der genannten Zukunftstechnologien bestimmt die technologische Leistungsfähigkeit, die internationale Wettbewerbsfähigkeit und die Innovationskraft der deutschen Wirtschaft. Jede wettbewerbsfähige Innovation ist heutzutage technologieübergreifend. Unternehmen sowohl an der Spitze technologischer Entwicklung als auch in der breiten Diffusion innovativer Technologiefelder sind Garanten für die Schaffung zukunftsicherer und moderner Arbeitsplätze und oftmals Vorreiter für volkswirtschaftliche Ziele einer modernen Gesellschaft wie bessere medizinische Versorgung, effizienterer Umweltschutz, Mobilität, flexible Information und Kommunikation. Schlüsseltechnologien, richtig genutzt, sind Eintrittskarten in die Zukunft und werden unsere technischen Möglichkeiten revolutionär erweitern.

Innovation beginnt vielfach in den Köpfen junger Menschen. Neue Technologien haben Auswirkungen auf die berufliche Bildung. Umso wichtiger ist es, den potenziellen Nachwuchs frühzeitig mitzunehmen auf eine Entdeckungsreise in diese Technologien. Dies gilt umso mehr aufgrund

des Phänomens, das in Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit als „demographische Falle“ bekannt ist. Wir werden bereits in wenigen Jahren händierend nach qualifiziertem Nachwuchs in Schlüsseltechnologien suchen. Dies gilt für Beschäftigte mit akademischem Abschluss ebenso wie für handlungskompetente Facharbeiter und Facharbeiterinnen der Zukunft, die technologische und gesellschaftliche Entwicklungen nach vorne bringen. Um Zukunft mit qualifizierten Menschen zu gewinnen, sind Früherkennung neuer beruflicher Anforderungen und Vermittlung der Faszination, die von Tätigkeiten mit neuen Technologien ausgeht, weitsichtige Mittel der Wahl. Mittelfristige bildungspolitische Antworten auf veränderte und komplexere Qualifikationsanforderungen in einer vernetzten Welt richten sich u. a. auf die Neuordnung der Ausbildungsberufe, die Förderung von Ausbildungsnetzwerken, die Schaffung neuer Module für die Fort- und Weiterbildung sowie auf die Transparenz des Aus- und Weiterbildungsmarktes. Technologische Herausforderungen von morgen meistern zu können heißt auch, heute in Berufen mit technologischem Potenzial verstärkt auszubilden.

Die vorliegende Broschüre lädt Sie dazu ein, Welten und Faszinationen neuer Technologien kennen zu lernen. Für die hier beschriebenen Technologiefelder mit ihren Markt- und Beschäftigungspotenzialen besteht ein Bedarf an hochqualifizierten Fachkräften. In Beispielen werden Ihnen moderne Ausbildungskonzepte, deren Akteure sowie Kontaktstellen für weitere Informationen vorgestellt, um aufzuzeigen, wie Sie auch in Ihrem Unternehmen die Ausbildung Ihrer eigenen Fachkräfte realisieren können.

## Nano- und Werkstofftechnologien

Anwendungen der Nanotechnologie und neuartige Werkstoffe führen zu Produkten und Problemlösungen, die vor wenigen Jahren noch unmöglich waren. Werkstofftechnologien<sup>1</sup> richten sich auf neuartige Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren sowie auf die Veränderung von Materialeigenschaften durch Werkstoffkombinationen. Die Nanotechnologie befasst sich mit der Herstellung, Untersuchung und Anwendung feinsten Strukturen und Materialien in einem Größenbereich von 1 bis 100 nm (1 nm = 1 milliardstel



Bild oben links: Fingernagelgroßer elektronischer Chip für die DNA-Analyse. (Quelle: Infineon Technologies AG)

Bild unten links: Magnetit-Nanopartikel in Öl. Die Flüssigkeit lässt sich magnetisch formen. (Quelle: Degussa AG Advanced Nanomaterials)

Bild oben rechts: Eine Kuppel aus Nanomaterialien, wie hier in einem Konzeptfahrzeug, könnte mehr Fahrsicherheit durch Rundumsicht bewirken. Neue Werkstoffkombinationen machen das Fahrzeug leichter. (Quelle: DaimlerCrysler AG)

Bild unten rechts: 300 mm Silizium-Scheibe (Wafer) als Vorstufe für die neueste Generation von DRAM-Speicherchips, deren feinste Strukturen bereits kleiner als 100 nm sind. (Quelle: Infineon Technologies AG)

Meter, dies ist bis zu 50.000 mal kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haars). In diesem Größenbereich treten neuartige Effekte und Materialeigenschaften auf, die durch die Nanotechnologie für neue Funktionalitäten zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsoptionen ausgenutzt werden.

In Deutschland befassen sich mittlerweile mehr als 600 Unternehmen<sup>2</sup> mit der Entwicklung, Anwendung und dem Vertrieb nanotechnologischer Produkte. Die Zahl der Anwender im Sektor der Werkstofftechnologien wird noch deutlich höher eingeschätzt.

Das Weltmarktvolumen nanotechnologisch funktionalisierter Produkte in den Bereichen Chemie, Materialien, Elektronik, Datenspeicherung, funktionelle Schichten oder Präzisionsoptiken wird bereits heute auf über 100 Mrd. € geschätzt.<sup>3</sup> Für die Zukunft wird mit einem weiteren starken Wachstum gerechnet, wobei zunehmend auch die Felder der Pharmazie und Medizin eine Rolle spielen werden, z. B. in den Bereichen Pharmakascreening, Biochips und Drug Delivery Systeme.

Schon heute sind in Deutschland rund 50.000 Arbeitsplätze in der Wirtschaft von nanotechnologischen Entwicklungen abhängig.<sup>4</sup> Mit einer Zunahme an Arbeitsplätzen ist insbesondere bei Start-ups und kleinen und mittleren Unternehmen zu rechnen. Neue Technologien wie die Nano- und Werkstofftechnologien erfordern neues Wissen und neue Kompetenzen. Zukünftig werden Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen zunehmend in ihrem Berufsleben mit nano- und werkstofftechnologischen Methoden arbeiten und Entwicklungen weiterführen mit dem Ziel, daraus Mehrwert zu schaffen. Unternehmen sind auf entsprechende Qualifikationen immer stärker angewiesen. Nachwuchsarbeit und duale Berufsausbildung, orientiert am absehbaren Bedarf der Unternehmen, haben sich auf diese Herausforderungen einzustellen.

<sup>1</sup> Werkstoffwelten, BMBF-Broschüre, Bonn, Berlin 2005

<sup>2</sup> www.nano-map.de

<sup>3</sup> BMBF; Nanotechnologie erobert Märkte – Deutsche Zukunftsinitiative zur Nanotechnologie, BMBF-Broschüre, Bonn, 2004

<sup>4</sup> BMBF; Nanoinitiative – Aktionsplan 2010, BMBF-Broschüre, Bonn, Berlin 2006

## Optische Technologien

Ein Trend der Zukunft ist, möglichst viele Aufgaben mit Licht<sup>5</sup> durchzuführen. Optische Technologien umfassen dabei alle Technologien zur Erzeugung, Verstärkung und Nutzung von Licht. Das Marktvolumen beträgt weltweit ca. 100 Mrd. US Dollar. Experten erwarten hier Zuwachsraten von jährlich ca. 10 % in den nächsten zehn Jahren.<sup>6</sup>



Bild oben links: Endoskopie - Basis für minimalinvasive Operationsverfahren.

(Quelle: Karl Storz GmbH & Co. KG)

Bild oben rechts: Aus Millionen Leuchtdioden entsteht ein Bild.

(Quelle: Lumino Licht Elektronik GmbH)

Bild unten links: Laser schneiden fast alles: Von organischen Werkstoffen bis hin zu 30 mm dicken Stählen und sogar Diamanten. (Quelle: Rofin Sinar Technologies Inc.)

Bild unten rechts: Das neue optische Modul „Triport-BIDI“ von Infineon ermöglicht die bidirektionale Kommunikation über eine einzige optische Glasfaser-Verbindung und bietet zudem noch einen Empfänger für analoge Signale. (Quelle: Infineon Technologies AG)

In Deutschland entwickeln sich die Optischen Technologien zu einer eigenständigen Branche. Deutschland ist auf vielen Gebieten der Optischen Technologien Weltmarktführer, z. B. auf dem Gebiet der Lasermaterialbearbeitung: 25 % der Lasersysteme kommen aus Deutschland.<sup>7</sup> Optische Technologien machen Arbeitsplätze wettbewerbsfähig und zukunftssicher, ca. 16 % der Arbeitsplätze im verarbeitenden Gewerbe sind durch die Optischen Technologien beeinflusst.<sup>8</sup> Mit der Herstellung von Linsen, Glasfasern oder Lasern sind in Deutschland ca. 110.000 Menschen direkt beschäftigt. Die Lasertechnologie hat in den letzten Jahren schon 50.000 neue Arbeitsplätze geschaffen.<sup>9</sup> Heute sind bereits 1.000 kleine und mittlere Unternehmen auf dem Gebiet der Optischen Technologien tätig<sup>10</sup> und selbst im Handwerk gibt es bereits vielfältige Anwendungen.<sup>11</sup>

Auf dem Gebiet der Optischen Technologien fehlt es an qualifiziertem Nachwuchs. Allein in den kleinen und mittleren Unternehmen wird sich der Personalbestand bis 2010 voraussichtlich um 42 % erhöhen.<sup>12</sup> Das entspricht einem Zuwachs von gegenwärtig ca. 36.000 auf 51.000 Beschäftigte. Etwa ein Drittel dieser künftigen Arbeitsplätze wird dabei auf Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen mit Hochschulabschluss entfallen. Zwei Drittel der Beschäftigten werden Fachkräfte mit dualer Ausbildung sein. Daher ist es für die Nachwuchsarbeit in diesem Zukunftsfeld wichtig, die Faszination des Umgangs mit Licht frühzeitig zu vermitteln und entsprechendes Wissen in Schulen und Ausbildungsbetrieben verstärkt verfügbar zu machen. So ist es möglich, den zunehmenden Fachkräftebedarf der optischen Industrie zeitnah zu decken.

<sup>7</sup> Josef Auer; Wachstumsbranche Lasertechnik: Deutschland vorne, Deutsche Bank Research, Selbstverlag, Frankfurt, 2000

<sup>8</sup> Reiner Frietsch, Hariolf Grupp; Technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands auf dem Gebiet der Optischen Technologien, ISI-Studie, Januar, 2000

<sup>9</sup> BMBF Bundesbericht Forschung 2004

<sup>10</sup> Lothar Abicht et al.; Qualifizierungsbedarf KMU Optische Technologien, in: VDI TZ (Hrsg.), Schriftenreihe „Optische Technologien - Aus- und Weiterbildung“, Band 3, Düsseldorf, 2004

<sup>11</sup> Friedhelm Fischer et al.; Optische Technologien im Handwerk, in: VDI TZ (Hrsg.), Schriftenreihe „Optische Technologien - Aus- und Weiterbildung“, Band 4, Düsseldorf, 2004

<sup>12</sup> Lothar Abicht et al.; Qualifizierungsbedarf KMU Optische Technologien, in: VDI TZ (Hrsg.), Schriftenreihe „Optische Technologien - Aus- und Weiterbildung“, Band 3, Düsseldorf, 2004

<sup>5</sup> Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert, Düsseldorf, 2000

<sup>6</sup> BMBF Förderprogramm Optische Technologien – Made in Germany, Berlin, 2002

## Life Science

Life Science bezeichnet sehr unterschiedliche Disziplinen, von denen hier nur auf einige eingegangen werden kann.

Biotechnologie beschäftigt sich mit der Erforschung biologischer Systeme und deren technischer Nutzung. Die Gentechnik wird dabei immer wichtiger: Das Erbgut des Menschen und etlicher für die Medizintechnik, die pharma-



Bild oben links: Der Analyse chromosomaler Veränderungen kommt in der modernen (Tumor)diagnostik eine immer größere Bedeutung zu. (Quelle: Deutsches Krebsforschungszentrum)

Bild unten links: Die Abbildung zeigt eine Mikrotiterplatte, die mit 1536 Wirkstoffproben bestückt werden kann und für das Scannen von Proben eingesetzt wird. (Quelle: Bayer AG; dpa Kasper, Jena RZPD GmbH)

Bild oben rechts: Das Verhalten von gentechnisch eingeführten Erbanlagen wird in Freilandversuchen sorgfältig kontrolliert. (Quelle: Hoechst Schering AgrEvo GmbH)

Bild unten rechts: Die Chiptechnik bringt es auf den Punkt. Die Aktivität Tausender Gene kann gleichzeitig gemessen werden. (Quelle: Stanford University, Digital Vision)

zeitische Industrie und die Agrarindustrie relevanter Organismen ist zwar weitgehend entschlüsselt, aber jetzt müssen wir lernen, diese zu lesen. Dabei haben wir gerade erst ansatzweise begonnen, die Funktionsweise der Gene zu verstehen. Die strukturelle und funktionelle Analyse ganzer Genome wird einen tief greifenden Erkenntnisschub auslösen, der viele Ansatzpunkte für die Bekämpfung von Krankheiten, die Produktion neuartiger Arzneimittel und die Entwicklung neuartiger Produktionsmethoden in der Landwirtschaft liefern wird.

Life Science birgt enorme Wachstums- und Beschäftigungspotenziale. Deutschland hat seine Position in Europa gefestigt. Insgesamt sind derzeit in Deutschland weit über 2.000 Unternehmen ansässig. Alleine in den forschungsintensiven arbeitenden Firmen sind über 20.000 Mitarbeiter beschäftigt.<sup>13</sup>

Die sich etablierenden Unternehmen in der Branche werden dabei mit ihren Entwicklungen und Patenten immer mehr zum „Gehirn“ der Life-Science-Industrie und sichern so zahlreiche Arbeitsplätze bei den großen Pharma- und Chemieunternehmen und in deren Umfeld. Wie in anderen dynamischen Wachstumsbereichen gibt es auch in der Biotechnologie einen Mangel an qualifiziertem Nachwuchs. Mit Unterstützung des dualen Ausbildungssystems können Unternehmen der Branchen für sich spezifisch qualifizierte junge Fachkräfte ausbilden.

Die Medizintechnik hat weitere wichtige Aufgaben: So müssen z.B. für Krankenhäuser und pflegebedürftige Patienten zu Hause medizintechnische Geräte und Hilfsmittel entwickelt, hergestellt und gewartet werden. Dazu gehören auch Prothesen und andere technische Hilfen, die die Lebensqualität von Menschen mit Bewegungseinschränkungen verbessern.

<sup>13</sup> Biotechnologie Jahr & Adressbuch, 18. Jahrgang, Biocom, Berlin, 2004 sowie Schätzung anderer Sektoren

<sup>14</sup> Ernst & Young, per aspera ad astra, Deutscher Biotechnologie-Report 2004

## Mikrosystemtechnik

Die Mikrosystemtechnik ist eine Querschnittstechnologie, die unterschiedlichste Materialien und Komponenten zu intelligenten, miniaturisierten Gesamtsystemen verbindet. Damit können Vorteile verbunden sein, wie z. B. verbesserte Funktionen, Steuerungspräzision, Prozessoptimierung und Effi-



Bild oben links: Fluidikzelle: Mikrofluidisches System mit austauschbarer Mikromischerzelle z. B. zur Dosierung von Medikamenten (Quelle: Bartels Mikrotechnik GmbH)

Bild unten links: ROBOTMAN-Greifer. (Quelle: Universität Fridericiana zu Karlsruhe (Technische Hochschule), Institut für Prozessrechenstechnik, Automation und Robotik)

Bild oben rechts: Glättemeldeanlage - Straßensensor für Temperatur und Feuchte. (Quelle: G. Lufft Meß- und Regeltechnik GmbH)

Bild unten rechts: Modulare Bausteine für einen intelligenten Drucksensor. (Quelle: Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration)

zienzsteigerung, die das Spektrum der möglichen Anwendungsfelder für Mikrosystemtechnik langfristig dynamisch und nachhaltig wachsen lassen.

Seit Mitte der 90er Jahre hat der Weltmarkt bei einzelnen mikrosystemtechnischen Komponenten (z. B. Sensoren, mikrooptischen Komponenten oder mikrofluidischen Bauteilen) kontinuierlich zugelegt. Das Marktvolumen der Mikrosystemtechnik betrug 2004 rund 36 Mrd. US Dollar. Bis zum Jahr 2009 wird hier ein deutliches Wachstum auf 52 Mrd. US Dollar erwartet<sup>15</sup>. Berücksichtigt man zusätzlich noch neue, sich gerade erschließende Felder der Mikrosystemtechnik und deren Anwendungen, wird für 2010 von einem Marktvolumen von 200 Mrd. US Dollar ausgegangen.<sup>16</sup> Zu diesem enormen Marktwachstum werden vor allem neue, bisher noch nicht erschlossene Marktfelder und Produkte, wie z. B. polytronische Systeme (das sind polymer-elektronische Systeme, die die elektrische Leitfähigkeit von Kunststoffen nutzen), beitragen.<sup>17</sup>

Konservative Abschätzungen gehen davon aus, dass in Deutschland ca. 49.000 Menschen mit der Herstellung von MST-Komponenten beschäftigt sind. Insgesamt sind bereits heute rund 680.000 Arbeitsplätze in Deutschland direkt mit der Mikrosystemtechnik verbunden. Rund 2,7 Mio. Menschen arbeiten in den relevanten Anwenderbranchen, deren Wettbewerbsfähigkeit durch die MST gesichert wird.<sup>18</sup> Ein bereits existierendes Berufssystem vermittelt die erforderlichen Qualifikationen an die jungen Fachkräfte aus Hochschule und dualer Ausbildung. Diese sind hochqualifiziert, mit naturwissenschaftlichem Grundlagenwissen ausgestattet und vielseitig einsetzbar.

<sup>15</sup> Bezugsgröße: Kleinste, gehandelte Einheit; NEXUS Market Analysis for MEMS and Microsystems III, 2005-2009

<sup>16</sup> Evaluation des Förderkonzepts Mikrosystemtechnik 2000+, prognos et al., 2002

<sup>17</sup> BMBF Rahmenprogramm zur Förderung 2004 – 2009 Mikrosysteme, Bonn, 2004

<sup>18</sup> BMBF Rahmenprogramm zur Förderung 2004 – 2009 Mikrosysteme, Bonn, 2004





## Ausbildungsberufe in Nano- und Werkstofftechnologien – Optische Technologien – Life Science – Mikrosystemtechnik

### Nano- und Werkstofftechnologien

Unternehmen in diesem Bereich bilden in einem breiten

Spektrum technischer Berufe aus, z. B. Chemielaborant/  
Chemielaborantin, Physiklaborant/Physiklaborantin,  
Biologielaborant/Biologielaborantin, Elektroniker/ Elek-  
tronikerin, Mechatroniker/Mechatronikerin, Mikrotech-  
nologe/Mikrotechnologin, Werkstoffprüfer/ Werkstoff-  
prüferin.

Dabei werden Kenntnisse und Fertigkeiten u. a. in folgenden Bereichen vermittelt: technische, analytische und spektroskopische Verfahren, analytische Kopplungstechniken, prozessbezogene Arbeitstechniken, laborbezogene Informationstechnik, Qualitätsmanagement, Arbeiten mit automatisierten Systemen im Labor, im Technikum und in der Produktion. Spezielle Kenntnisse und Fertigkeiten werden derzeit eher in Weiterbildungsmodulen oder on-the-job erworben. Mit der Entwicklung neuer bzw. der Modernisierung bestehender Berufsfelder und Zusatzqualifikationen für nanotechnologische Verfahren und spezielle Verarbeitungsverfahren neuartiger Werkstoffe wurde bereits begonnen. Dies betrifft auch den gezielten Aufbau geeigneter Ausbildungs- und Schulungsmaßnahmen. Künftig wird voraussichtlich eine höhere Multi- und Interdisziplinarität sowie eine stärkere Praxisorientierung in der Technikausbildung an Bedeutung gewinnen, um den Qualifikationsanforderungen gerecht zu werden. Die Ableitung von Entwicklungstrends und Beobachtung zukunftsorientierter Tätigkeiten kann helfen, zukünftige Qualifikationen frühzeitig zu beschreiben.

#### Nano-Ausbildung in einem Chemiekonzern: BASF, Ludwigshafen

Das Portfolio der BASF AG, einem international führenden Chemieunternehmens, umfasst Chemikalien, Kunststoffe, Veredelungsprodukte, Pflanzenschutzmittel sowie Feinchemikalien und reicht bis zu Erdöl und Erdgas. Ende 2005 hatte

die BASF AG weltweit mehr als 80.000 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Die BASF bildet u.a. in den dualen Ausbildungsberufen Chemielaborant/Chemielaborantin sowie Physiklaborant/Physiklaborantin aus. Besonders in der betrieblichen Ausbildung arbeiten Auszubildende in enger Kooperation mit Naturwissenschaftlern/Naturwissenschaftlerinnen und Ingenieuren/Ingenieurinnen in Forschungs-, Entwicklungs- oder Produktionslabors und nehmen an aktuellen Forschungsprojekten teil. So kommen sie bereits früher mit Inhalten und Anwendungen der Nanotechnologie in Kontakt. Dies führt zu einem reibungslosen Übergang zwischen Ausbildung und beruflicher Tätigkeit.

Chemielaboranten und Chemielaborantinnen prüfen Produkte und Prozesse, untersuchen die im Unternehmen verwendeten Stoffe vom Rohstoff über Hilfs- und Betriebsstoffe bis zum Endprodukt und stellen Stoffgemische sowie organische und anorganische Präparate her. Im Bereich Nanotechnologie arbeiten sie beispielsweise an der Herstellung von Dispersionen mit einer genau einzustellenden Partikelgrößenverteilung zwischen 50 und 200 nm, die für die Herstellung von Anstrichfarben verwendet werden. Um Strukturen und Eigenschaften von Stoffen zu bestimmen, nehmen sie zum Beispiel fotometrische Gehaltsbestimmungen vor, wenden chromatografische Verfahren an und führen volumetrische, gravimetrische und spektroskopische Analysen



Die angehende Chemielaborantin Sabrina Moser beim Auffüllen eines 500 mL-Messkolbens.



*Die angehende Physiklaborantin Claudia Naegele mit dem Ausbilder Jochen Leonhardt bei einer PC-gestützten Temperaturmessung mit dem Messwerterfassungssystem COBRA.*

durch. Da sie oft mit gefährlichen Stoffen arbeiten, müssen sie die einschlägigen Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltschutzvorschriften sorgfältig einhalten.

Physiklaboranten und Physiklaborantinnen bereiten mit Physikern/Physikerinnen und Chemikern/Chemikerinnen physikalische und physikalisch-chemische Versuche vor. Sie führen Messaufgaben durch und werten diese aus. Dazu gehört auch die Erfassung, Verarbeitung und Darstellung von Messdaten. Außerdem wirken Physiklaboranten/Physiklaborantinnen bei der Erstellung und Entwicklung von Messverfahren und bei der Wartung von Messgeräten mit. Ein Beispiel aus dem Bereich Nanotechnologie ist die Bestimmung der Morphologie von organischen oder anorganischen Nanopartikeln mit dem Elektronen- oder Rasterkraftmikroskop.

Organische Nanopartikel kommen bei Farben zum Einsatz, anorganische Nanopartikel beispielsweise beim Sonnenschutz.

Fritz Krieg, Leiter Ausbildung bei der BASF AG, erläutert: „Das Beispiel Nanotechnologie zeigt, dass wir mit unserer Ausbildung passgenau auf die Anforderungen der Zukunft hin qualifizieren können. So bekommen wir genau den Fachkräftenachwuchs, den wir brauchen.“

### **Werkstoff-Ausbildung in einem Forschungsinstitut: Fraunhofer IST, Braunschweig**

Die Schwerpunkte beim Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST in Braunschweig liegen in den Bereichen Oberflächentechnik, Beschichtungen, neue Schichtsysteme, Schichtcharakterisierung und Plasmatechnik.

Zusammen mit dem am selben Ort befindlichen Institut für Holzforschung sind hier etwa 120 feste Mitarbeiter tätig, von denen etwa ein Drittel Wissenschaftler sind.

Zentrale Dienste wie die Bibliothek werden gemeinsam genutzt und auch die Berufsausbildung wird als gemeinsame Aufgabe für die Infrastruktur der Institute und der Region gemeinsam wahrgenommen.

Neben Querschnittberufen für Büro, Bibliothek, IT- Netze und Werkstätten wird auch in Berufen ausgebildet, die mit den speziellen Forschungsgebieten der Institute im Zusammenhang stehen: Galvaniseurin/Galvaniseur (neuerdings Oberflächenbeschichter), Physiklaborantin/Physiklaborant und Holzmechanikerin/Holzmechaniker.

Für den wenig bekannten, gleichwohl wichtigen Ausbildungsberuf Physikalische Laborant/Physikalische Laborantin wurde gemeinsam mit der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt ein Modell geschaffen, das nach der Erfahrung von Prof. Diehl, dem stellvertretenden Institutsleiter, „glänzende Berufschancen“ bietet. „Durch die Ausbildung im Forschungszusammenhang werden die jungen Leute zum Weiterlernen animiert, etwa 80 % beginnen irgendwann nach der Ausbildung mit einem Studium.“

Die Ausbildung in der Oberflächenbeschichtung (bisher Galvaniseur/Galvaniseurin) findet in enger Verzahnung mit Unternehmen in der Region statt, die auch von der wissenschaftlichen Arbeit des Instituts profitieren. Diese Ausbildung ist also nicht auf den Eigenbedarf des Instituts ausgerichtet,



*Daniela Kammerath, Auszubildende Oberflächenbeschichterin, testet eine Versuchsanordnung im Fraunhofer Institut IST, Braunschweig*



sondern dient diesen Unternehmen, die folgerichtig auch finanziell an der Ausbildung beteiligt sind. Durch den Ausbildungsverbund profitieren sowohl die Unternehmen, als auch die Auszubildenden: Die Unternehmen können kostengünstig den Nachwuchs in ihrem speziellen Technologiebereich decken, die Auszubildenden absolvieren damit eine sehr breit gefasste Ausbildung.

### Nano-Ausbildung in einem kleinen Unternehmen: Namos, Bannewitz

Die Firma Namos GmbH in Bannewitz, Sachsen, entwickelt Beschichtungen aus wässrigen Lösungen mit besonderen Eigenschaften, die sich aus einer strukturierten Anordnung von nanometergroßen Teilchen in vielfältiger Art ergeben. Nach dem Vorbild der Natur werden dabei biologische Komponenten und deren Selbstorganisationseigenschaften genutzt, die in einem besonderen Verfahren durch Metallbeschichtung für technische Anwendungen nutzbar gemacht werden können. Das Unternehmen besteht seit 1998 und beschäftigt sechs Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Die biologische Grundlage für strukturierte Schichten ist nicht immer kommerziell verfügbar. So werden bei Namos S-Layer-Proteine selbst biotechnologisch hergestellt. Die Entwicklung der dazu notwendigen Verfahren ist sehr arbeitsintensiv. Das Unternehmen entschloss sich, eine Biologielaborantin, Bettina Arnold, auszubilden, die inzwischen ihre Abschlussprüfung bestanden hat. Ihr Tätigkeitsfeld ist nicht auf die Biologie beschränkt. Die Herstellung metallischer Nanostrukturen führt über chemische Prozesse. Für die Anwendung ergeben sich daraus auch besondere physikalische Eigenschaften, die untersucht werden müssen. So vielfältig und interdisziplinär wie die verschiedenen Wege von der Biologie zur technischen Anwendung sind die Anforderungen. Dazu gehört es, selbstständig Proteine zu fermentieren und die dazu nötigen Prozesse zu optimieren und zu validieren. Die Aufreinigung der Proteine danach ist Routine. Für Abwechslung sorgen im Anschluss daran Versuchsreihen zur Metallbeschichtung, die schließlich durch die Integration in eine Oberflächenbeschichtung abgeschlossen werden. Das Tätigkeitsspektrum kommt der umfangreichen Ausbildung der Biologielaborantin durchaus entgegen.

Dr. Jürgen Hofinger, Gründer der Namos GmbH, erläutert: „Eine kleine Firma wie Namos kann alle Anforderungen an den so vielseitigen Lehrberuf Biologielaborantin natürlich nicht erfüllen. Bettina Arnold nahm daher an einem Ausbildungsverbund teil, der von der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH angeboten wird. Neben der Berufsschule werden hier die



*Bettina Arnold, angehende Biologielaborantin, untersucht neue Oberflächenbeschichtungen am Infrarotspektrometer.*

praktischen Inhalte je nach Bedarf in der Bildungsgesellschaft selbst, in verschiedenen Betrieben im Raum Dresden und nicht zuletzt natürlich im Ausbildungsbetrieb selbst vermittelt. Das Ausbildungsniveau ist dementsprechend hoch. Bettina Arnold lernte einen Beruf mit Zukunft. Der praktische Nutzen für unsere Firma liegt in der guten und umfassenden Ausbildung. Die Ausbildungskosten sind dagegen nicht zuletzt durch die Inanspruchnahme von Fördermitteln des Europäischen Sozialfonds (EFS) und Landesmitteln des Freistaates Sachsen auch für kleine Betriebe tragbar.“

### Nano-Ausbildung in einem Halbleiterkonzern: Infineon, Dresden

Infineon Technologies Dresden ist ein Fertigungs- und Entwicklungsstandort der Infineon Technologies AG mit mehr als 15.000 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen in Deutschland. Hier werden Speicherchips und hochwertige Logikbausteine mit komplexer Fertigungstechnologie auf Basis von 200- und 300-mm-Siliziumscheiben (Wafer) hergestellt.

Infineon bildet verschiedene duale Berufe aus, u. a. Mikrotechnologe/Mikrotechnologin, Mechatroniker/ Mechatronikerin sowie Elektroniker/Elektronikerin für Automatisierungstechnik. Das Tätigkeitsfeld umfasst Aufgaben und Anforderungen aus der Elektrotechnik, der Elektronik, der Steuerungs-, der Informations- und der Automatisierungstechnik. Diese besondere Vielfalt spiegelt sich auch in den Einsatzmöglichkeiten der Berufe wider. Elektroniker/Elektronikerinnen für Automatisierungstechnik beispielsweise analysieren Funktionszusammenhänge und Prozessabläufe. Darauf basierend entwerfen sie Änderungen und Erweiterungen. Sie installieren und parametrieren Antriebe sowie mess-, steuerungs- und regelungstechnische Einrichtungen. Des Weiteren montieren, konfigurieren, programmieren und

justieren sie Sensorsysteme, Betriebssysteme, Bussysteme und Netzwerke. Die installierten Komponenten und Geräte integrieren sie und binden sie in übergeordnete Systeme ein. Nach Testläufen übergeben sie die Systeme und weisen die Anwender in die Bedienung ein. Auch das Warten und regelmäßige Prüfen von Anlagen, die Störungsanalyse mit Hilfe von Testsoftware und Diagnosesystemen sowie die Instandsetzung von Anlagen gehören zu ihren Aufgaben.

Der angehende Elektroniker Marcel Mehnert bei der Signalverfolgung mit einem Digitalmultimeter (üblich bei einer Fehlersuche) berichtet: „Der Elektroniker für Automatisierungstechnik ist für die Zukunft im Arbeitsleben sehr gut gewappnet, denn innovative Technologien stehen immer in Verbindung mit Elektronik und dem, der damit umgehen



*Der angehende Elektroniker Marcel Mehnert bei der Signalverfolgung mit einem Digitalmultimeter.*

kann. Wir sorgen dafür, dass die Technik läuft und dass in der Nanotechnologie mit den modernsten Anlagen gearbeitet werden kann. So kann man das Berufsbild voll ausleben und an der Entwicklung von neuen Technologien mitwirken.“

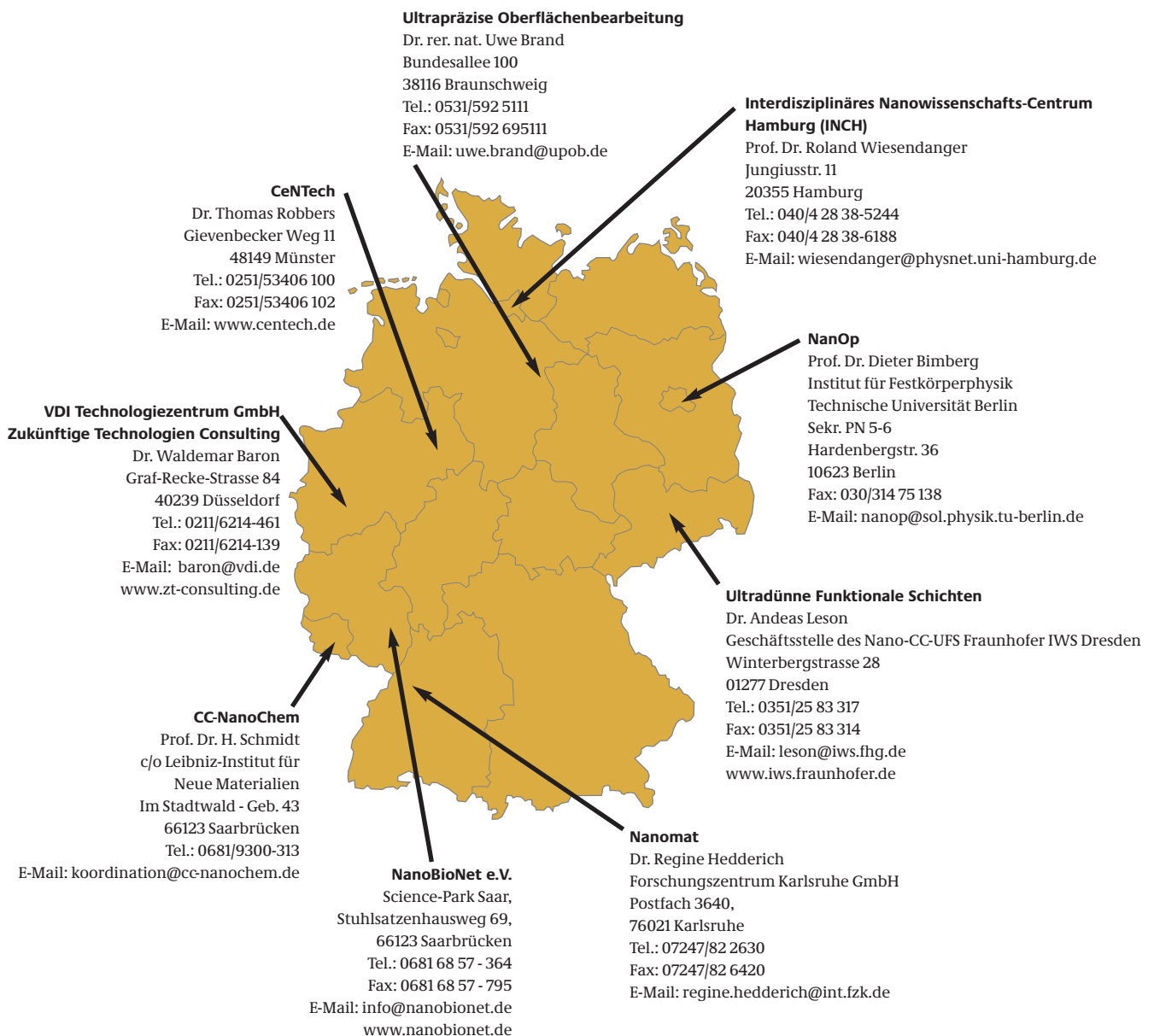
Die praktische Ausbildung findet im Ausbildungszentrum dresden chip academy statt, die 1999 von Infineon Technologies Dresden, Siemens Professional Education und dem Silicon Saxony e.V. initiiert wurde. Die Akademie mit ihrer hochmodernen Ausstattung bietet zukunftsweisende Ausbildungen in neuen Berufen an, wie beispielsweise Mikrotechnologie/Mikrotechnologin, Mechatroniker/Mechatronikerin, Elektroniker/Elektronikerin für Automatisierungstechnik und Informatikkaufmann/Informatikkaufrfrau. Modernste Laboratorien mit industriellen Teststrecken, Experimentieranlagen für Vakuumtechnik und mechatronische Systeme stehen für Aus- und Weiterbildung zur Verfügung. In den Reinräumen werden Einzelprozesse der Chipherstellung sowie der Mikrosystemtechnik trainiert.

Wolfgang Schmid, Geschäftsführer Infineon Technologies Dresden, erläutert: „Mit der dresden chip academy haben wir ein modernes Ausbildungszentrum im Bereich Hochtechnologie in Deutschland geschaffen, nicht nur für Anwendungen der Nanotechnologie, sondern auch der Optischen Technologien, Mikrosystemtechnik und Biotechnologie. Jungen Menschen wird hier der Einstieg in zukunftsorientierte Karrieren ermöglicht. Hier werden nicht nur duale Ausbildungen, sondern auch die berufsbegleitenden Studiengänge Mechatronik und Mikroelektronik angeboten. Letzterer wurde mit der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) entwickelt und bietet die prozessorientierte Ausbildung zum Diplom-Ingenieur/-Ingenieurin mit einem integrierten Facharbeiterabschluss. Für die Zukunft unserer Industrie sind Ausbildung und Gewinnung von erstklassigen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen von grundlegender Bedeutung, da hochqualifiziertes Personal ein entscheidender Wettbewerbsfaktor in unserer Branche ist.“

### Ansprechpartner für Nano- und Werkstoff-Ausbildung:

Das BMBF initiierte Kompetenzzentren für Nanotechnologie, um die deutsche Forschungslandschaft auf diesem Gebiet zu unterstützen und die industrielle Anwendung der Nanotechnologie voranzubringen. Es werden nicht nur Brücken zwischen den verschiedenen wissenschaftlichen und techni-

schen Disziplinen geschlagen, sondern auch alle Bereiche der Wertschöpfungskette bis hin zur Herstellung und Vermarktung neuer Produkte abgedeckt. Die Kompetenzzentren unterstützen auch die Aus- und Weiterbildung. Für die Werkstofftechnologien engagiert sich u. a. MatWerk, ein Zusammenschluss von Akteuren und Vereinigungen, die auf diesem Feld tätig sind.



#### TechPortal

[www.nanonet.de](http://www.nanonet.de)

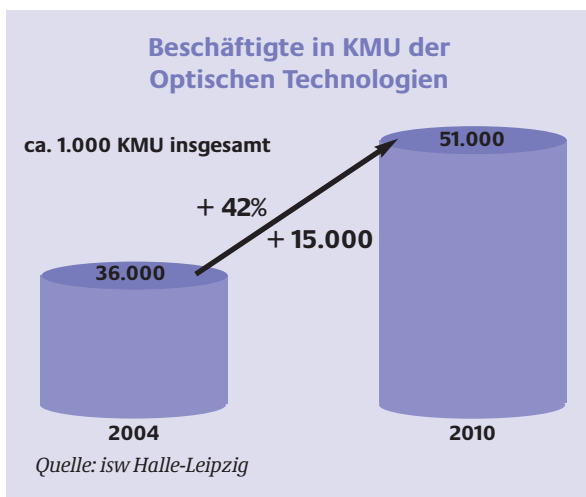
[www.matwerk.de](http://www.matwerk.de)

[http://www.fraunhofer.de/fhg/profile/alliances/Werkstoffe\\_Bauteile.jsp](http://www.fraunhofer.de/fhg/profile/alliances/Werkstoffe_Bauteile.jsp)



## Optische Technologien

Licht eröffnet vielfältige Tätigkeitsfelder mit faszinierenden Anwendungen. Unternehmen der Optischen Technologien bilden dabei vornehmlich in folgenden technischen Berufen aus: Mechatroniker/Mechatronikerin, Industriemechaniker/Industriemechanikerin, Feinoptiker/Feinoptikerin, Elektroniker/Elektronikerin. Die ca. 1.000 KMU der Optischen Technologien erwarten 15.000 neue Arbeitsplätze bis 2010, so dass hier hervorragende Beschäftigungspotenziale bestehen (vgl. Abbildung). Auch im Handwerk sind Optische Technologien stark verbreitet und werden bereits in ca. 60 Handwerksberufen angewendet, wenn auch in unterschiedlicher Intensität.<sup>19</sup>



Der Begriff „Optische Technologien“ ist aufgrund der starken internationalen Stellung Deutschlands in diesem Zukunftsfeld und dank des wachsenden Fachkräftebedarfs als neuer Suchbegriff in KURS, der Datenbank für Aus- und Weiterbildung der Bundesagentur für Arbeit, integriert worden. Verzeichnet sind über 60 unterschiedliche Bildungsziele

- von der Feinoptik-Qualifizierungsmaßnahme bis zum Hochschulstudium Optoelektronik - mit über 200 einzelnen Bildungsangeboten.<sup>20</sup> Die Daten werden kontinuierlich aktualisiert. Basis ist ein Pilotprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung mit der Bundesagentur für Arbeit und weiteren Partnern zur Aus- und Weiterbildung in den Optischen Technologien.

Mit Blick auf die neuen Herausforderungen ist ein Bedarf an Zusatzqualifikationen und beruflichen Entwicklungspfaden für die Optischen Technologien absehbar. Mit vertiefenden Diskussionsprozessen, Untersuchungen und der Vorbereitung geeigneter Maßnahmen hat das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) bereits begonnen, die Fachkräfteentwicklung in den nächsten Jahren zu unterstützen.

### Opto-Ausbildung in einem großen Unternehmen: Carl Zeiss Meditec, Jena

Bei optischen Innovationen für den medizinischen Bereich ist die Carl Zeiss Meditec AG heute einer der weltweit führenden Anbieter von kompletten Systemen für die Augenheilkunde (Ophthalmologie). Sie hat ihren Hauptsitz in Jena. Zur Produktpalette gehören Systeme für die vier Hauptkrankheitsbilder der Augenheilkunde: Fehlsichtigkeit (Refraktion), Grauer Star (Katarakt), Grüner Star (Glaukom) und Netzhauterkrankungen (Retina-Erkrankungen).

Carl Zeiss Meditec bildet auf dem Gebiet der Optischen Technologien in den Berufen Mechatroniker/ Mechatronikerin, Industriemechaniker/Industriemechanikerin und Industrieelektroniker/Industrieelektronikerin aus. Alle drei Ausbildungsrichtungen beinhalten u. a. das Installieren von mechanischen, optischen und elektronischen Baugruppen und Komponenten. Dazu gehört auch, nach Fachrichtungen spezialisiert, das Programmieren, die Inbetriebnahme und das Bedienen mechatronischer und elektronischer Systeme. Beispielsweise bearbeiten Mechatroniker und Mechatronikerinnen manuell und maschinell Werkstoffe und bauen mechanische, elektromechanische, elektrische und elektronische Komponenten zu mechatronischen Systemen zusammen. Sie montieren die hergestellten Komponenten und Anlagenteile, nehmen die Anlagen in Betrieb und bedienen sie. Hierzu gehört auch das Messen und Prüfen der Systeme und Komponenten. Zudem halten sie diese Anlagen bzw. Anla-

<sup>19</sup> Friedhelm Fischer et al., *Optische Technologien im Handwerk*, in: VDI TZ (Hrsg.), *Schriftenreihe „Optische Technologien – Aus- und Weiterbildung“*, Band 4, Düsseldorf, 2004

<sup>20</sup> [www.arbeitsagentur.de](http://www.arbeitsagentur.de), KURS – Datenbank für Aus- und Weiterbildung der Bundesagentur für Arbeit (Stand Januar 2007)





*Der angehende Mechatroniker Daniel Veit bei der Justierung einer Hochleistungskamera FF 450<sup>plus</sup> zur Beobachtung und Dokumentation am Augenhintergrund.*

genteile in Stand. Das Besondere für die Auszubildenden ist die Arbeit an komplexen Systemen mit mechanischen, optischen und elektronischen Bestandteilen. In dem praktischen Teil ihrer Ausbildung sind die Auszubildenden voll in die Serienproduktion und damit in die einzelnen Produktionsteams integriert und lernen die kundenspezifischen Anforderungen der Geräte von Grund auf kennen. Sie werden so an ihren späteren Arbeitsplätzen als Facharbeiter oder Facharbeiterinnen vorbereitet.

Ulrich Krauss, Sprecher des Vorstands der Carl Zeiss Meditec AG, erläutert: „Die Carl Zeiss Meditec AG engagiert sich stark in der beruflichen Ausbildung. Dies geschieht im Interesse des Nachwuchses für unser Unternehmen und weil wir uns gegenüber jungen Menschen in der Verantwortung sehen. Einer unserer Auszubildenden ist in einem Zeitraum von zehn Jahren deutschlandweit erst der dritte Industriemechaniker, der mit dem Gesamtpredikat „sehr gut“ seine Ausbildung abschloss. Wir sind der Ansicht, dass die Ergebnisse den großen Aufwand im Unternehmen und im Ausbildungszentrum rechtfertigen.“

### **Opto-Ausbildung in einem mittleren Unternehmen: Lumino Licht Elektronik, Krefeld**

Die Lumino Licht Elektronik GmbH, Krefeld, wurde im August 1978 gegründet und ist durch technisches Know-how und innovative Entwicklungen heute zu einem der führenden Hersteller in der Leuchtdioden-Anzeigetechnik geworden. In Zusammenarbeit mit dem öffentlichen Personennahverkehr wurden bereits in vielen deutschen Städten Fahrgastinformationssysteme installiert. Darüber hinaus befinden sich im Produktspektrum von Lumino großflächige LED-Video-displays für den Sport- und Werbebereich sowie vollgrafische Industrie- und Informationsdisplays, die ebenso im eigenen Hause entwickelt und gefertigt werden. Durch die stetige Expansion beschäftigt Lumino derzeit rund 10 Auszubildende in den Berufen Kommunikationselektroniker/ Kommunikationselektronikerin Fachrichtung Informationstechnologie bzw. Fachinformatiker/Fachinformatikerin Fachrichtung Anwendungsentwicklung.

Sebastian Küsters wird bei Lumino als Kommunikationselektroniker Fachrichtung Informationstechnologie ausgebildet. Ihm gefällt besonders die Vielfältigkeit des Berufes. So durchläuft er Abteilungen wie: Feinmechanik, Entwicklung, Geräteproduktion, Qualitätswesen und Konstruktion. Darüber hinaus wird er auch bei der Endmontage vor Ort eingesetzt. Er erhält dabei einen umfassenden Einblick in die gesamte Fertigung, von der Verarbeitung der LED bis zum fertigen Display.

Karl-Heinz Ronkholz, Firmenleitung Lumino Licht Elektronik GmbH, erklärt: „Unsere Ausbildung verfolgt das Ziel, durch interessante, abwechslungsreiche Aufgaben zu motivieren. Für den Auszubildenden wird durch frühzeitige Teilnahme am Fertigungs- und Konstruktionsprozess Begeiste-



*Der angehende Kommunikationselektroniker Sebastian Küsters und Ausbildungsleiter Ralf Wagner bei der Inbetriebnahme eines Gerätes.*

rung und Verantwortung gefördert. Wir bilden für unsere Zukunft aus, viele Auszubildende fanden bereits einen interessanten Arbeitsplatz bei Lumino.“

### Opto-Ausbildung in einem Technologie- und Ausbildungs-Spin-off aus einem Forschungsinstitut: EdgeWave und FhG-ILT, Aachen

Im Rahmen der projektorientierten Forschungsförderung wird auch an universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen ausgebildet. Beispielsweise werden am Aachener Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (FhG-ILT), dem größten Laserinstitut Europas, kontinuierlich ca. fünf bis zehn Auszubildende beschäftigt.

Im Jahre 2001 wurde die Firma EdgeWave GmbH als Spin-off des Fraunhofer ILT in Aachen gegründet. Das Leistungsspektrum von EdgeWave umfasst die Entwicklung, Produktion und den Vertrieb von diodengepumpten Festkörperlaser, Diodenlasern und peripherer Komponenten für die Präzisionsbearbeitung sowie die Beratung zum Einsatz solcher Quellen. Die Firma beschäftigt derzeit neun Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen. Johannes Dankwardt, ehemaliger Auszubildender des Fraunhofer ILT zum Industrieelektroniker Fachrichtung Gerätetechnik, ist in der Zwischenzeit fester Mitarbeiter von EdgeWave. Seine technologieorientierte Ausbildung in der Elektronikwerkstatt des ILT in Kooperation mit EdgeWave ermöglicht ihm heute den unmittelbaren Zugang zu Aufgaben in diesem hochtechnologisierten Spin-off. Bereits während der Ausbildung wurde er in Entwurf und Entwicklung eines neuen Lasers eingebunden. Durch seine Ar-



Johannes Dankwardt bei der Justage und Montage von optischen und elektronischen Komponenten eines kompakten „INNOSLAB-Laser“.

beiten zum Auflöten von Laserkristallen auf spezielle planare Kühlsysteme und die Beherrschung der entsprechenden Löttechnik ist Johannes Dankwardt wichtiger Wissensträger im Fertigungsprozess dieser neuen Generation von Festkörperlaser.

Dr. Keming Du, Geschäftsführer von EdgeWave GmbH, erklärt: „Unsere diodengepumpten Festkörperlaser basieren auf einer jungen Schnittstellentechnologie zwischen Optik, Elektronik und Mechanik. Ohne qualifizierten Facharbeiternachwuchs können wir unsere Marktposition nicht ausbauen. Wir als Neugründung können alleine noch nicht ausbilden. Die Kooperation mit dem FhG-ILT sichert uns Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen mit Erkenntnissen in entsprechenden Technologiebereichen. Durch die Vielseitigkeit unserer Produkte und kundenspezifischer Wünsche können sich junge Menschen bei uns immer wieder attraktiven Aufgaben widmen.“

### Opto-Ausbildung im Zusammenschluss zweier Unternehmen: Ausbildungszentrum für Optische Technologien, Göttingen

Das Ausbildungszentrum optische Technologien (AoT) hat im Januar 2002 seinen Betrieb aufgenommen. Als Träger und je 50 %-Gesellschafter des AoTs fungieren die Firmen LINOS Photonics GmbH & Co. KG und Carl Zeiss AG, Göttingen. Das AoT dient LINOS und Zeiss seitdem als Ausbildungs-



Auszubildende Stefanie Brosinger prüft mit Ausbilderin Cornelia Wüstefeld den Radius der hergestellten Linse mit einem Probeglas.

stätte für die Grundausbildung der angehenden Feinoptiker und Feinoptikerinnen. Das AoT verfügt über eine gut ausgestattete Lehrwerkstatt und großzügige Seminarräume. An modernen Fertigungsmaschinen können die Auszubildenden Prozesse planen, durchführen und kontrollieren; für die konventionelle Optikfertigung stehen 15 Lernstationen für Polierarbeiten zur Verfügung.

Drei Ausbilder zeichnen für die Schulung der angehenden Feinoptiker und Feinoptikerinnen im AoT verantwortlich. Intensive und individuelle Betreuung der derzeit zehn Auszubildenden und neun Studierenden sind somit gewährleistet. Ferner begleiten die AoT-Ausbilder die Feinoptikerauszubildenden auch nach der Grundausbildung. Die Vorbereitung zur Zwischen- und Abschlussprüfung sowie wöchentlich stattfindender betrieblicher Unterricht gehören zu dem festen Dienstleistungsspektrum des AoT. Insgesamt betreut das AoT derzeit 33 angehende Feinoptiker und Feinoptikerinnen.

Mit dem AoT ist es den Kooperationspartnern nicht nur gelungen, die Rahmenbedingungen für eine praxisnahe Ausbildung im Beruf Feinoptiker/Feinoptikerin sondern auch für Studierende im Studiengang Präzisionsfertigungstechnik entscheidend zu verbessern: Seit Januar 2004 haben Fachhochschul-Studierende die Möglichkeit, in der Optik-Werkstatt ihre Projekte zu realisieren und dabei auf das Know-how der AoT-Ausbilder zurückzugreifen. Im Gegenzug können Auszubildende, die den Beruf Feinoptiker/Feinoptikerin erlernen, die Schulungsräume und Prüflabors der Fachhochschule nutzen. In Zukunft sollen Auszubildende und Studierende gemeinsam an Projekten arbeiten und vom hohen Wissensstand der Fachhochschule profitieren. Neben Auszubildenden und Studierende sollen zukünftig auch Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen von LINOS und Zeiss im AoT geschult, gefördert und weitergebildet werden. Hier entsteht also ein Zentrum für lebenslanges Lernen.

Prof. Dr. Gerd Litfin, Vorstandsvorsitzender der LINOS AG: „Das AoT kann als die konsequente Weiterentwicklung unserer Kooperation mit der Carl Zeiss AG angesehen werden. Seit Juni 1996 bilden wir gemeinsam in der Zeiss-Ausbildungsabteilung Feinoptiker und Feinoptikerinnen aus. Wir haben erkannt, dass die Ausnutzung von Synergieeffekten bei einer zentralen Ausbildung sowohl den Auszubildenden als auch



*Die angehende Feinoptikerin Ann-Kathrin Klatt (im Bild mit Ausbilder René Trinks) berichtet: „Der Werkstoff Glas und dessen Bearbeitung steht im Mittelpunkt unserer Ausbildung. Wir lernen die Anfertigung von optischen Bauteilen und die Montage von mechanisch optischen Komponenten (z. B. Objektive). Das Besondere dabei ist die hohe Präzision in den Produkten bis in den Nano-Bereich. Aber auch wenn heute die Herstellung von optischen Komponenten an hochmodernen CNC-Maschinen erfolgt, kommt es immer noch auf das Fingerspitzengefühl beim Schleifen und Polieren an.“*

uns, als Unternehmen, Vorteile beispielsweise in Form von Kostenersparnis und anspruchsvoller (Aus-) Bildung eröffnet. Mit dieser Ausbildungskooperation - unterstützt durch die Fachhochschule - leisten LINOS und Zeiss einen wichtigen Beitrag, dem Nachwuchsmangel in der Branche entgegenzuwirken und das Know-how auf dem Gebiet der Optischen Technologien weiter auszubauen. Durch eigene Ausbildung sichern wir die hohe Qualifikation unserer Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen und letztlich auch die Qualität unserer Produkte.“

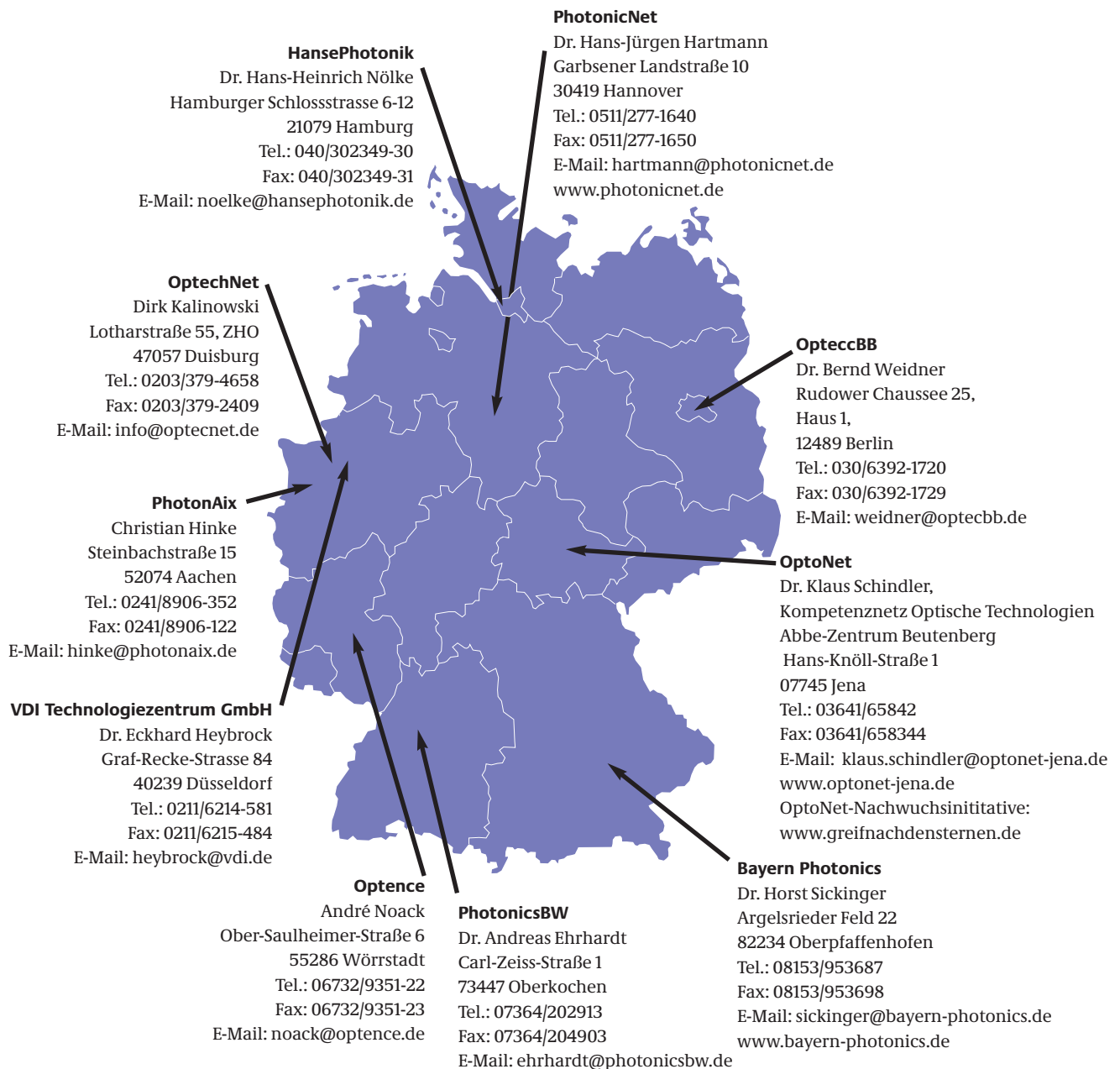


### Ansprechpartner für Opto-Ausbildung:

Neben fachlicher Forschungsförderung unterstützt das BMBF auch mit strukturellen Maßnahmen den Innovationsprozess der Optischen Technologien. Hierzu zählt die Einrichtung der regional wirkenden OptecNet Kompetenznetze. Dies sind Zusammenschlüsse von Firmen, Forschungsorganisationen, Ka-

pitalgebern und Technologietransferinrichtungen. Die Maßnahmen kommen gut an: In Deutschland sind bisher neun OptecNet Kompetenznetze mit mehr als 400 Partnern, darunter 150 KMU entstanden.

Ein wesentliches Tätigkeitsfeld der Kompetenznetze liegt in der Förderung der Aus- und Weiterbildung.





## Life Science

Die Unternehmen dieses Bereichs bilden in etlichen technischen Berufen aus: Chemielaborant/Chemielaborantin, Biologielaborant/Biologielaborantin, Chemikant/Chemikantin, Mechatroniker/Mechatronikerin, Fachkraft für Abwassertechnik oder Fachkraft für Wasserwirtschaft, aber auch in Berufen der Elektronik oder der Metalltechnik. In der Biotechnologie spiegelt sich die Entwicklung in der immer deutlicher werdende Unterscheidung in einen medizinisch-pharmazeutischen, einen umwelttechnischen und einen agrartechnischen Bereich (rote, weiße und grüne Biotechnologie) wider. Die rasch fortschreitende technische Entwicklung äußert sich in der Modernisierung bestehender Ausbildungsordnungen bzw. in der Neuordnung. In der Medizintechnik wirken sich v.a. veränderte Produktionsverfahren und deren Organisation aus. So wurde die Herstellung medizinischer Instrumenten im Rahmen der metalltechnischen Neuordnung in den Beruf Werkzeugmacher/Werkzeugmacherin integriert.

Die Auszubildenden in forschungsnahen Unternehmen kooperieren eng mit Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftlerinnen in den Forschungs- und Entwicklungslaboratorien der chemischen und pharmazeutischen Industrie, an Hochschulen, sowie in Instituten und sonstigen Forschungseinrichtungen. Sie führen insbesondere Versuche oder Analysen in den Bereichen der Grundlagenforschung, der Arzneimittelforschung und -entwicklung, der medizinischen Therapeutik und Diagnostik, aber auch in anderen Bereichen, wie z. B. den Agrarwissenschaften durch. Ferner umfasst der Einsatzbereich die Herstellung, Aufbereitung und Verarbeitung chemischer Stoffe und Zubereitungen. Spezielle biotechnologische Kenntnisse werden zusätzlich in Weiterbildungsmodulen oder on-the-job erworben.

Die Medizintechnik in Deutschland hat sich auf die Herstellung hochwertiger Produkte (Geräte, Implantate, Prothesen, etc.) konzentriert, zu deren Herstellung überdurchschnittliche Anforderungen an die dort tätigen Fachkräfte gestellt werden.

Viele kleinere Betriebe und die Entwicklungsabteilungen der Großunternehmen gewähren Interessierten für einen Ausbildungsplatz die Möglichkeit, im Rahmen mehrwöchiger Praktika, erstmals in den zukünftigen Beruf hineinzuschauen. Dies kann den zukünftigen Auszubildenden die Entscheidung für den richtigen Ausbildungsberuf durch eigene Erfahrungen in den Betrieben erleichtern. Zugleich ermöglicht es den Unternehmen, ihren potenziellen Nachwuchs kennen zu lernen.

### Bio-Ausbildung in einem mittleren Unternehmen in Kooperation mit einem Berufsbildungszentrum: Jerini und bbz Chemie, Berlin

Die Jerini AG ist ein in Berlin ansässiges Biotechnologie-Unternehmen und wurde 1994 gegründet. Mit Hilfe innovativer Technologien und Entwicklungsansätze nutzt Jerini das therapeutische Potenzial von Peptiden zur Entdeckung und Entwicklung neuartiger Medikamente. Jerini beschäftigt derzeit 130 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen und bildet in Kooperation mit dem Berufsbildungszentrum bbz Chemie aus.

Das Berufsbildungszentrum (bbz) Chemie ist das Ausbildungszentrum der chemischen und pharmazeutischen Industrie in den neuen Bundesländern und Berlin und kooperiert mit über 40 Unternehmen in der Region. Träger des bbz Chemie ist das Bildungswerk Nordostchemie e.V., das von 20 Mitgliedsunternehmen und dem Arbeitgeberverband Nordostchemie finanziert wird. Im Verbund mit Unternehmen wie der Jerini AG und den staatlichen Berufsschulen bildet das bbz Nachwuchs u.a. in folgenden Berufen aus: Biologielaborant/



Auszubildende im Chemielabor des bbz-Chemie

Biologielaborantin, Chemielaborant/Chemielaborantin, Chemikant/Chemikantin und Pharmakant/Pharmakantin. Darüber hinaus werden Umschulung und Weiterbildung angeboten.

Veronika Schreiber wird bei Jerini zur Biologielaborantin ausgebildet. Das erste Ausbildungsjahr hat sie vorwiegend im bbz verbracht und sich dort verschiedene Verfahren und den Umgang mit einer ganzen Reihe von Geräten angeeignet und trainiert: Im mikrobiologischen Bereich hat Veronika Schreiber die Fähigkeit erworben, bestimmte Mikroorganismen zu kultivieren, zu bestimmen, zu mikroskopieren und anzufärben sowie das Wachstum von Mikroorganismen zu verhindern. Außerdem kennt sie sich jetzt mit Nukleinsäuren und Proteinen aus und weiß, wie Antikörper gewonnen und in verschiedenen Tests eingesetzt werden, beispielsweise im ELISA oder Westernblot, um bestimmte Proteine nachzuweisen. Bei den bioverfahrenstechnischen bzw. zellkulturtechnischen Arbeiten hat Veronika Schreiber gelernt, mit einem Pilotfermenter Bakterien oder auch Hefen zu kultivieren, mit Zellen umzugehen und wie man sicher und steril arbeitet. Daher ist sie im Unternehmen voll einsetzbar.

Dr. Thomas Tradler, Senior Scientist bei der Jerini AG, berichtet: „Das bbz gibt uns bei der Umsetzung der Ausbildung Beratung und Hilfestellung. Die Art der Ausbildung bietet natürlich die Möglichkeit, auch Gebiete abzudecken, die Jerini in seinem Betrieb nicht anbieten kann. Das umfasst beispielsweise spezielle Bereiche der Mikrobiologie, der Zellbiologie und der Humanbiologie. Wir sind sehr daran interessiert, dass in unserem Betrieb Auszubildende arbeiten, die durch die Ausbildung im bbz Chemie eine gewisse Vorbildung besitzen und



*Veronika Schreiber, hier beim Ansetzen von Mikroulturen an der Sterilbank, erklärt: „Ich bin froh durch Jerini die Möglichkeit bekommen zu haben, meinen Traumberuf zu erlernen. Durch die Grundausbildung im bbz und in der Berufsschule wurde ich gut auf meine Arbeit hier vorbereitet.“*

zum Teil ohne Aufsicht und ständige Anleitung auch bei uns im Labor arbeiten können. Außerdem gewährleisten die in höheren Ausbildungsjahren angebotenen Wahlqualifikationen eine unternehmens- und branchenspezifische Ausbildung. Auf diese Art und Weise ist es möglich, eigenen hochqualifizierten Fachkräftenachwuchs heran zu bilden. Allen Unternehmen, die mit dem Gedanken spielen auszubilden, aber durch die damit verbundenen Schwierigkeiten davor zurückschrecken, kann ich diese Art von Ausbildung nur empfehlen.“

### Bio-Ausbildung in einem großen Ausbildungszentrum: Provalids, Frankfurt/M

Provalids Partner für Bildung und Beratung GmbH wurde als Spin-off der Hoechst AG gegründet und ist heute ein Unternehmen der Infraseriv Höchst. Mit rund 1.400 Auszubildenden und über 8.000 Weiterbildungsteilnehmern an den Standorten Frankfurt und Marburg gehört Provalids zu den führenden Anbietern von Bildungsdienstleistungen in Hessen. Rund 400 internationale Kunden nutzen in Partnerschaften und Kooperationen das Know-how von Provalids auf den Gebieten der Aus- und Weiterbildung, der Personal- und Organisationsentwicklung und bei der Entwicklung von E-Learning-Konzepten.

Provalids bildet ein breites Spektrum von Berufen aus: kaufmännische Berufe, labortechnische Berufe (z. B. Chemielaborant/Chemielaborantin und Biologielaborant/Biologielaborantin) sowie Berufe in Produktion und Technik (z. B. Chemikant/Chemikantin, Pharmakant/Pharmakantin, Mechatroniker/Mechatronikerin usw.).

Provalids bietet für Unternehmen verschiedene Kooperationen: Eine Komplettausbildung, von der Anwerbung bis zum fertigen, ausgelerten Facharbeiter/Facharbeiterin, sowie eine Teilausbildung, eine qualitative und quantitative Ergänzung der innerbetrieblichen Ausbildung. Diese unterstützt



Die Provalids Auszubildenden

die Unternehmen bei ihrer eigenen „Inhouse“- Ausbildungsleistung und ermöglicht es so vielen Unternehmen, in den gewünschten Berufen eine eigene Ausbildung auf hohem Qualitätsniveau zu realisieren.

Dr. Verena Weyrauch, Personalleiterin des Biopharmazieunternehmens Zentaris GmbH, erläutert den Nutzen für ihr Unternehmen: „Bereits seit vielen Jahren bilden wir, früher noch im ASTA Medica Verbund, unsere Biologielaboranten gemeinsam mit Provalidis aus. Provalidis war und ist hierbei stets ein sehr engagierter und professioneller Partner. Als mittelständisches Unternehmen ist es uns nicht möglich, unseren Auszubildenden sämtliche vorgegebenen Kenntnisse und Fertigkeiten zu vermitteln. Wir setzen daher auf einen bewährten Partner, bei dem wir wissen, dass die Ausbildung eine hohe Qualität hat und auch die Zusammenarbeit mit uns



*Patrick Aniol, Chemikant: „Ich fand toll, dass ich neben der Chemie auch Grundkenntnisse in der Metalltechnik, der Kunststoffverarbeitung und am Computer erwerben konnte. Durch die einzelnen Betriebsphasen lernte ich die Vielseitigkeit der Produktion kennen. So war ich im Pharma-Bereich, im Pflanzenschutz und der Farbstoffproduktion direkt am Entstehen von Produkten beteiligt. Chemikanten arbeiten nach der Ausbildung in der Regel in Wechselschicht und haben dadurch sehr gute Verdienstmöglichkeiten. Nach meiner Abschlussprüfung war ich zunächst zwei Jahre in einem Technikum zur Prozessentwicklung im Pharmabereich eingesetzt. Seitdem Sorge ich in der Qualitätskontrolle für eine gleichbleibende Qualität bei der Produktion. Ich erstelle Protokolle und Arbeitsanweisungen, führe Kontrollen durch und verwalte Daten.“*

reibungslos funktioniert. Viele unserer ehemaligen Auszubildenden arbeiten mittlerweile als technische Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen in unseren Laboren und so können wir auch über die Abschlussprüfung hinaus von der fundierten Ausbildung profitieren.“

### Ausbildung in einem mittelständischen Unternehmen für medizinische Telematik: Unternehmensgruppe Dr. Hein, Nürnberg

Die Unternehmensgruppe Dr. Hein ist im Gesundheitswesen tätig. Sie befasst sich mit der Versorgung von Patienten, sowohl im Klinikum als auch zu Hause. Dafür werden moderne Telematiklösungen eingesetzt, also Software mit den entsprechenden Schnittstellen zu Therapiegeräten.

„Für uns nach der Gründungsphase 1999 war es am Anfang sehr schwierig, die passenden Ausbildungsberufe für das Unternehmen zu finden, denn Gesundheitsversorgung und ein IT-Beruf scheinen ja auf den ersten Blick nicht so recht zusammen zu passen“, berichtet der Unternehmensgründer Dr. Achim Hein.

Gerade durch die Anwendung von Telematiklösungen eröffnen sich aber für software-orientierte Berufe außerordentliche Möglichkeiten. „Die Erfahrungen, die wir mit den mittlerweile sechs Auszubildenden gemacht haben, sind außerordentlich gut.“

Die generellen Zukunftsaussichten für die Auszubildenden im Unternehmen sind exzellent, alle namhaften Marktforschungsinstitute sind sich einig darüber, dass das Gesundheitswesen und dort insbesondere die telematischen Anwendungen sehr stark wachsen, wie auch die Unternehmensgruppe Dr. Hein auf Expansionskurs ist.



Auszubildende und IT-Fachkräfte bei einer Teambesprechung.



Fachkräfte mit Erfahrungen in der Kombination von technischen Kenntnissen im software- Bereich und zusätzlicher medizinisch- versorgerischer Kenntnisse sind auf dem Arbeitsmarkt praktisch nicht zu bekommen. „Deshalb bilden wir selbst aus und übernehmen natürlich anschließend auch fast jeden Auszubildenden in ein festes Anstellungsverhältnis.“

Mit den Ausbildungsberufen Fachinformatiker/Fachinformatikerin und Systeminformatiker/Systeminformatikerin fand das Unternehmen die geeignete Ausbildungsberufe für den operativen Bereich, für die allgemeinen Büroarbeiten und den Kundenkontakt wird eine Kauffrau für Bürokommunikation ausgebildet.

### Bio-Ausbildung in einem kleinen Unternehmen: RATIONAL Technische Lösungen, Rostock

Die RATIONAL Technische Lösungen GmbH Rostock/Teterow entwickelt und fertigt mit insgesamt 20 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen technische Einzel- und Speziallösungen mit den Schwerpunkten Ultraschall-Teilereinigungsanlagen, Fertigungseinrichtungen (auch für die Medizintechnik) und Ausrüstung für die Biotechnologie, z. B. Fermenter. Die Arbeiten umfassen oft auch eine Verfahrensentwicklung und nach der Konstruktion die Verarbeitung von Metall, Kunststoff und Glas, den Aufbau von Steuerungen, die Entwicklung von Software.

Das Unternehmen bildet den angehenden Mechatroniker Andre Firla aus. Mechatroniker und Mechatronikerinnen bauen aus verschiedenen mechanischen und elektronischen Komponenten mechatronische Systeme zusammen, wie beispielsweise programmierbare Werkzeug- und Sondermaschinen. In der Ausbildung erlernt Andre Firla die Bearbeitung von Metall und Kunststoffen, auch das Schweißen. Er baut schon kleinere Teile selbst. Er verdrahtet Steuerungen und programmiert sie. Andre Firla führt Tests an Anlagen durch und nimmt sie in Betrieb. Er wird auch in den Service des Unternehmens einbezogen werden, der ihn auch ins Ausland führen kann.

Dr. Heyo Mennenga, verantwortlich u .a. für den Bereich Biotechnologie bei der RATIONAL Technische Lösungen, erläutert: „Derartige Schweißmaschinen werden eingesetzt, um Rohre in Biotech- und Reinstwasseranlagen ohne jede Lücke (innen) oder erkennbaren Übergang zu verschweißen. Die glatte Naht bietet keine Nischen für Mikroben und lässt sich gut reinigen. Alle unseren Anlagen (Biotechnanlagen, industrielle Teile, Reinigungsanlage und Sondermaschinen) bestehen aus anspruchsvoller Mechanik und viel Elektronik, Steuerungen und Software. Wir bilden Mechatroniker aus, die beide Seiten, die Mechanik und die Elektronik, bei Montage, Tests und Inbetriebnahme sowie Service beherrschen. Wir bieten so anspruchsvolle und abwechslungsreiche Tätigkeiten in einer Zukunftsbranche.“



*Der angehende Mechatroniker Andre Firla mit seinem Ausbilder Ingo Pauli, bei der Einweisung an einer Orbitalschweißmaschine, erklärt: „Was ich besonders gut finde, ist die Breite der Ausbildung. Ich kann dabei sowohl meine handwerklichen als auch meine intellektuellen Fähigkeiten ausbauen. Mein Aufgabenspektrum reicht beispielsweise vom Schweißen bis zum Programmieren von Steuerungen. Langweilig wird mir nicht.“*

## Ansprechpartner für Life Science-Ausbildung:

Das BMBF initiierte und unterstützte Kompetenzzentren für Biotechnologie, um die deutsche Forschungslandschaft auf diesem Gebiet zu unterstützen und die industrielle Anwendungen voranzubringen. Darüber hinaus gibt es verschiede-

nen Biotechnologie-Initiativen, die vom BMBF über Programme, wie beispielsweise „Unternehmen-Region“ (Inno-Regio) gefördert werden. Die Kompetenzzentren und Biotechnologie-Initiativen unterstützen die Förderung von Aus- und Weiterbildung.

### BioProfil Funktionelle Genomanalyse

Frau Ilka Zajons BioRegionN GmbH/ Forum  
Funktionelle Genomanalyse e.V.  
Vahrenwalder Straße 7  
30165 Hannover  
Tel.: 0511/9357-958  
Fax: 0511/9357-963  
E-Mail: ilka.zajons@bioregion.de  
www.forum-genomanalyse.de

### BioRegion GmbH –

**Biotechnologie Niedersachsen**  
Dr. Albrecht Läufer  
Büro Hannover  
Vahrenwalder Str. 7  
30165 Hannover  
Tel.: 0511/9357-940  
Fax: 0511/9357-963  
E-Mail: bioregion@bioregion.de  
www.bioregion.de

### BioCon Valley – Life Science in Mecklenburg-Vorpommern

Dr. Heinrich Cuypers  
c/o BioTechnikum Greifswald  
Walther-Rathenau-Str. 49a  
7489 Greifswald  
Tel.: 03834 515 300  
Fax: 03834 515 102  
www.bcv.org  
e-mail: info@bcv.org

### Aktionszentrum BioTOP Berlin-Brandenburg

Thilo Spahl  
Fasanenstr.85  
10623 Berlin  
Tel.: 030/318622-0  
Fax: 030/31862222  
E-Mail: biotop@biotop.de

### Heartbeat of Life-Sciences in Europe

Ute Steinbusch (coordination)  
Heartbeat of Life Sciences in Europe  
c/o AGIT  
Technologiezentrum am Europaplatz  
52068 Aachen  
Tel.: 0241/963-1061  
E-Mail: u.steinbusch@agit.de

### Projekträger Jülich

Bereich BIO  
Dr. Stefan Lampel  
52425 Jülich  
Tel.: 02461/61 4817  
Fax: 02461/61 2730  
E-Mail: s.lampel@fz-juelich.de  
www.fz-juelich.de/ptj/

### BioRegion Rhein-Neckar

Dr. Ernst-Dieter Jarasch  
BioRegion Rhein-Neckar-Dreieck e.V.  
Im Neuenheimer Feld 582  
69120 Heidelberg  
Tel.: 06221/64 922 0  
Fax: 06221/64 922 15  
E-Mail: jarasch@bioregion-rnd.de  
www.bioregion-rnd.de

### KompetenzCluster BioChip Technologie Baden-Württemberg

Dr. Hugo Hämmerle  
NMI Naturwissenschaftliches und  
Medizinisches Institut an der Universität Tübingen  
Tel.: 07121/51530-45  
Fax: 07121/51530-16  
E-Mail: haemmerle@nmi.de

### BioTech Region München

Ingela Wilhelm  
BioM AG  
Tel.: 089/89 96 79-19  
E-Mail: wilhelm@bio-m.de

### BioRegion STERN Management GmbH

Peter Wilke  
Friedrichstr. 10  
70174 Stuttgart  
Tel.: 0711/87 03 54-0  
Fax: 0711/87 03 54-44  
E-Mail: info@bioregion-stern.de  
www.bioregion-stern.de

### BioRegio Jena e.V.

Dr. André H.R. Domin  
Winzerlaer Str. 2  
07745 Jena  
Tel.: 03641/50 86 50  
Fax: 03641/50 86 55  
E-Mail: domin@bioinstrumente-jena.de

### BioHyTec Verein für Bioanalytik und Biohybrid-Technologien e.V.

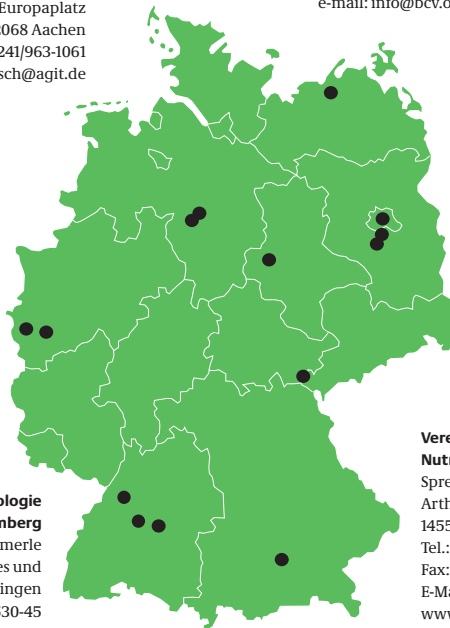
Prof. Dr. Fred Lisdat  
Bahnhofstr. 1  
15745 Wildau  
Tel: 03375/508456  
Fax: 03375/500324  
E-mail: mail@biohytec.de  
www.biohytec.de

### Verein zur Förderung der Nutrigenomforschung e.V.

Sprecher: Prof. Dr. Pablo Steinberg  
Arthur-Scheunert-Allee 114-116  
14558 Bergholz-Rehbrücke  
Tel.: 033200/88-301  
Fax: 033200/88-541  
E-Mail: mail@nutrigenomik.de  
www.nutrigenomik.de

### InnoPlanta – Pflanzenbiotechnologie Nordharz/Börde

Hans Strohmeyer  
InnoPlanta e.V.  
Pflanzenbiotechnologie  
Nordharz/Börde  
Am Schwabeplan 1b  
06466 Gatersleben  
Tel.: 039482/7 91 70  
Fax: 039482/7 91 72  
E-Mail: info@innoplanta.com  
www.innoplanta.com







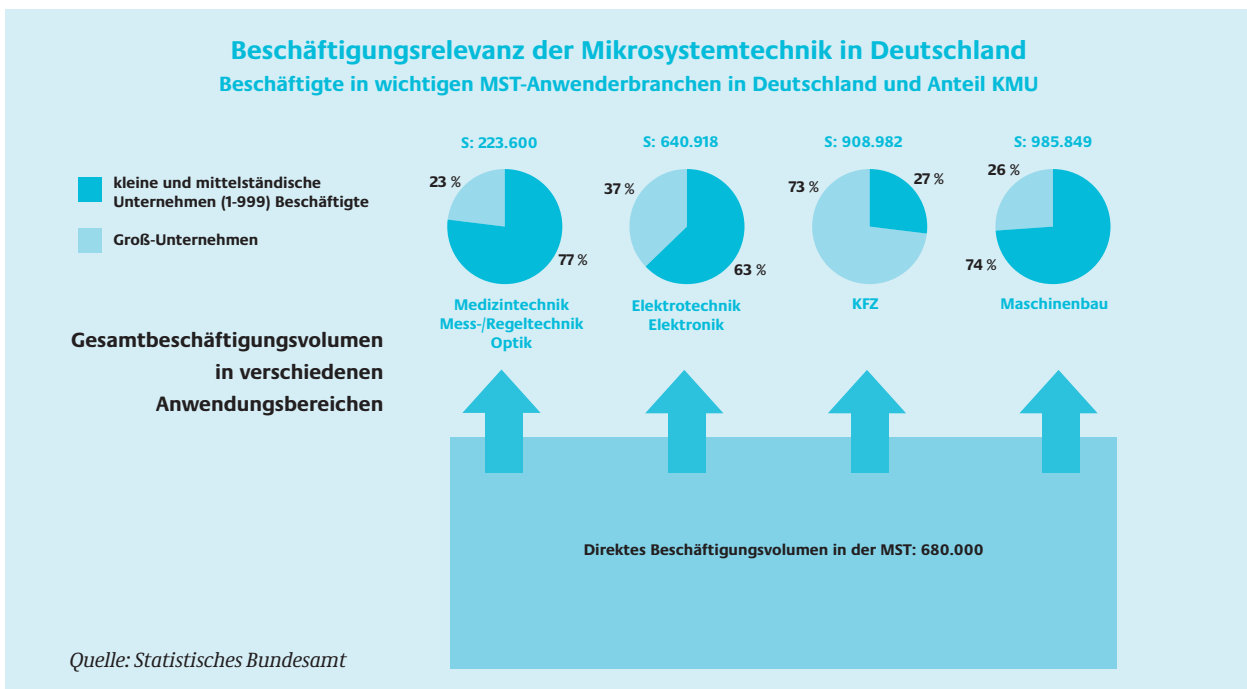
## Mikrosystemtechnik

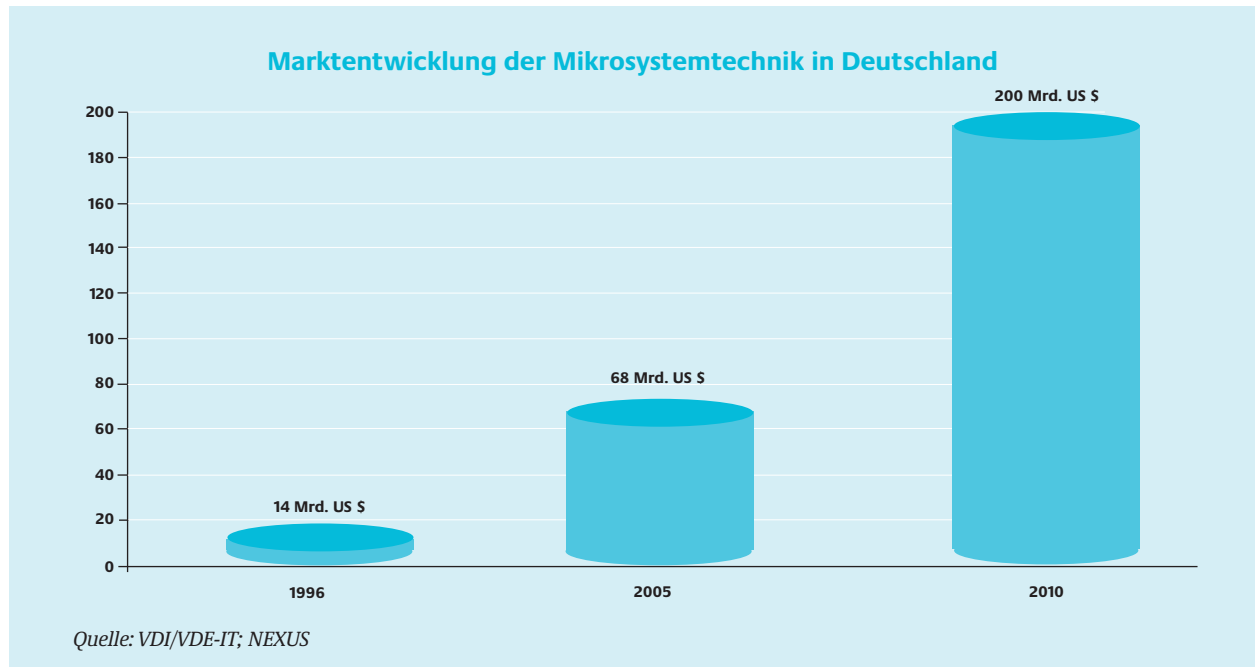
1998 ist in Deutschland der Beruf Mikrotechnologe/ Mikrotechnologin mit den Schwerpunkten Halbleitertechnik und Mikrosystemtechnik neu eingeführt worden, um den Anforderungen aus der Industrie durch adäquat qualifizierte Fachkräfte gerecht zu werden. Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen zeichnen sich dadurch aus, dass sie in ihrer Ausbildung eine fundierte naturwissenschaftliche Grundlagenausbildung erhalten und damit den Anforderungen nach präzisen Arbeiten in Mikrostrukturen oftmals unter Reinraumbedingungen gerecht werden können. Sie lernen in der Ausbildung die unterschiedlichen Formen der Aufbautechniken für Mikrosysteme kennen: Dickschicht- und Dünnschichttechnik, Galvano- und Abformtechniken, Hybridtechnik, Photolithografie sowie Montagetechniken. Sie lernen den Umgang mit mikrooptischen, mikromechanischen, mikrofluidischen Technologien. Zur Ausbildung der Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen gehört es selbstverständlich auch, alle Arbeiten rund um den Produktionsprozess und den dazu genutzten Anlagen und Reinräumen zu erlernen, da es zu ihren Aufgaben gehört, Produktionsanlagen für einzelne Prozesse einzurichten und umzurüsten, zu warten, Instand zu halten und zu optimieren, aber auch die gesamten Produktionsprozesse zu planen, zu überwachen, Qualitätskontrolle und -management zu übernehmen. Das Ausbil-

dungsprofil der Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen ist so vollständig aufgebaut, dass sie oft Assistenzaufgaben für z. B. Entwicklungs- oder Fertigungsingenieure übernehmen oder selbständig in der Produktion arbeiten. Die ersten Jahrgänge haben ihre Ausbildung inzwischen erfolgreich abgeschlossen und sind zu einem großen Teil in Forschung und Entwicklung sowie Produktion der Elektro- und Halbleiterindustrie oder im Fahrzeugbau tätig.

An der Ausbildung sind bisher über 80 Unternehmen – darunter viele kleine und mittlere Unternehmen – sowie Forschungseinrichtungen beteiligt. Insbesondere die kleinen und mittleren Unternehmen haben sich regional zu Ausbildungsverbänden zusammen geschlossen und können den motivierten jungen Menschen eine breit angelegte Grundlagenausbildung mit viel Erfahrung auch in anderen Unternehmen bieten. Inzwischen sind knapp 900 Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen ausgebildet – davon sind übrigens über 20 % Frauen – und stehen den Unternehmen als Fachkräfte zur Verfügung.<sup>21</sup> Die Anzahl der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge wächst stetig. Deutschland ist weltweit führend in der Ausbildung für die Mikrosystemtechnik. Auch die Diffusion dieser Technologie in die Anwendungsbereiche ist hier mit großem Vorsprung gelungen (vgl. Abbildung). Das wird weiteren Bedarf an hochqualifizierten Fachkräften generieren.

<sup>21</sup> Studie zum Ausbildungsgeber der Mikrotechnologen / der Mikrotechnologinnen, VDI/VDE-IT





### Mikro-Ausbildung in einem mittleren Unternehmen: HL-Planartechnik, Dortmund

Die HL-Planartechnik GmbH wurde 1988 gegründet und ist im Technologiepark Dortmund ansässig. Das Unternehmen bietet eine große Produktauswahl im Bereich Sensorik an. Die entwickelten und gefertigten mikrotechnologischen Produkte werden sowohl in der Medizintechnik als auch in der Automobil- und Großindustrie eingesetzt. Das Unternehmen ist aber auch im Bereich Forschung und Entwicklung neuer Produkte sehr aktiv. Zur Zeit sind bei der HL-Planartechnik über 90 festangestellte Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen und zwei Auszubildende sowie zahlreiche Aushilfskräfte nach Bedarf beschäftigt. Ca. 20 % von ihnen arbeiten in der Produktions- und Verfahrensentwicklung. Etwa 25 % der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen haben eine technische oder naturwissenschaftliche Qualifikation.

Eine flexible Produktionslinie für planare Mikrostrukturen bietet Produktionsmöglichkeiten für eine breite Palette an Mikrosystemtechnik (MST-) Komponenten und Sensoren. Planare Substrate – normalerweise Silizium, Glas oder Keramik – werden entweder mit leitenden oder isolierenden Materialien beschichtet, wobei Dünnschichttechnologien angewandt werden. Danach werden Lithographieprozesse und Ätzverfahren eingesetzt, um strukturierte Schichten zu erhalten. Diese Technik erzeugt eine große Anzahl an gleichartigen Sensorelementen, die für die Messung von Magnetfeldern, Temperatur, Position, Rotation und anderen physikali-

schen und chemischen Eigenschaften benötigt werden. Gleichzeitig bilden die bei der HL-Planartechnik eingesetzten Verfahren eine gute Grundlage, in Forschung und Entwicklung zu investieren.

Anja Klinger lernte bei der HL-Planartechnik als eine der bundesweit ersten Auszubildenden den Beruf der Mikrotechnologin. Nachdem sie zunächst in der Arbeitsvorbereitung angefangen hat, ist sie inzwischen - drei Jahre nach Ende ihrer eigenen Ausbildung - selbst als Ausbilderin tätig: „Meine Aufgabe in der Arbeitsvorbereitung ist es, dafür zu sorgen, dass genügend Material und Fertigungslose vorhanden sind,



Ausbilderin Anja Klinger vermittelt einem Auszubildenden die Funktionsweise eines Mikroskops zur Prüfung von Produktionschargen.

also die Disposition des Lagers. Dazu gehört auch die Auswertungen der Produktionsdaten. Bei hohen Arbeitsaufkommen arbeite ich auch in der Produktion im Reinraum mit. In meinem Beruf gefällt mir am meisten die Vielseitigkeit. Man lernt jeden Tag etwas dazu. Die größte Herausforderung ist die, wenn man ein großes Projekt selbstständig verwirklichen kann. Zu den interessantesten Projekten zählt für mich, eine neue Anlage einzufahren, d.h. die ersten Prozesse damit zu fahren. Das versuche ich auch den jetzigen Auszubildenden zu vermitteln, die ich als Ausbilderin betreue.“

Johannes Herrnsdorf, Geschäftsführer und Mitgründer der HL-Planartechnik GmbH ist überzeugt von der Ausbildung junger Fachkräfte speziell für sein Unternehmen: „Wir haben bereits ganz am Anfang die Ausbildungstätigkeit aufgenommen, weil wir gemerkt haben, dass wir die Fachkräfte, die wir brauchen, auf diese Weise am besten bekommen. Sie erhalten eine Grundausbildung, hier bei uns im Verbund, und die spezifischen Anforderungen, die wir hier an die Arbeit der Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen stellen, vermitteln wir ihnen bereits während der Ausbildung. Sie sind gleich an unseren Anlagen und in unsere Prozesse eingearbeitet und sind deshalb schon sehr schnell eine Unterstützung für die Produktion.“

### Mikro-Ausbildung an einem Institut und im Ausbildungsverbund: Fraunhofer-IZM und Berliner Ausbildungsverbund Mikrotechnologie, Berlin

Das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM wurde 1993 in Berlin gegründet. Im Mittelpunkt der angewandten Forschung stehen Technologien und Prozesse für die Systemintegration, eine ökoeffiziente Elektronik sowie Zuverlässigkeitstests.

Das Fraunhofer-IZM bildet mit der TU Berlin und Berliner Unternehmen seit 1998 im neuen Ausbildungsberuf Mikrotechnologien/Mikrotechnologinnen aus. Da im Fraunhofer-IZM nicht alle durch den Ausbildungsrahmenplan vorgeschriebenen Inhalte vermittelt werden können, gehört das Institut dem Berliner Ausbildungsverbund Mikrotechnologie an. Dies bedeutet, dass die Auszubildenden zeitweise in die Ausbildungsstätten der TU Berlin bzw. einen anderen Betrieb wechseln, um dort an geeigneten Maschinen und Anlagen ausgebildet werden zu können.

Der Ausbildungsverbund existiert seit 1998 und unterstützt die beteiligten Firmen und Institute in allen Fragen der Ausbildung. Insbesondere können Ausbildungsinhalte, die einzelne Betriebe nicht abdecken, im Rahmen des Verbundes durch andere Partnerbetriebe oder durch zentrale Lehrgänge vermittelt werden. Seit Dezember 2002 wird der Verbund

vom Netzwerk MANO ([www.m-a-n-o.net](http://www.m-a-n-o.net)) unterstützt und seit September 2003 von der Lise-Meitner-Schule koordiniert. Spezielle Lehrgänge werden beispielsweise zu den Themen der Werkstoffbearbeitung, Elektronik, Chemie, Automatisierungstechnik, Atemschutz, Vakuumtechnik, Optik, Photo-lithografie und Umweltschutz angeboten.



*Die ersten ausgebildeten Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen (Ausbildungsjahrgang 2001) aus der Verbundausbildung in Berlin.*

Die spezifische fachliche Ausbildung im Schwerpunkt Mikrosystemtechnik erfolgt ab dem zweiten Lehrjahr vorrangig in den Laboren und Reinräumen des Fraunhofer-IZM, wobei die Auszubildenden zunehmend in die Projektarbeit integriert werden. Im Mittelpunkt der dreijährigen Ausbildung stehen das Arbeiten in Reinräumen und Laboren sowie das Bedienen, Kontrollieren und Optimieren komplexer physikalisch-chemischer Verfahren und Prozesse in der Aufbau und Verbindungstechnik. Die Ausbildung von Fachkräften ist dem Fraunhofer-IZM wichtig, denn die Forschungs- und Entwicklungsarbeit wird durch die Zuarbeit von entsprechend qualifizierten Fachkräften, wie Mikrotechnologien und Mikrotechnologinnen, sehr gut unterstützt.

Stefan Ast, Ausbilder beim Fraunhofer-IZM: „Wir wollen durch die Ausbildung sicherstellen, dass wir den Nachwuchs an Fachkräften haben, den wir brauchen, um unsere Forschungs- und Entwicklungsarbeit gut voranbringen zu können. Es hat sich gezeigt, dass wir durch die Unterstützung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologien viele Arbeitsabläufe einfach schneller abwickeln können. Wir haben übrigens durch die Ausbildung im Verbund viele junge Fachkräfte kennen gelernt, die jetzt bereits fertig sind und teilweise übrigens inzwischen studieren und uns später dann sogar als Forscherinnen und Forscher zur Verfügung stehen.“

### Mikro-Ausbildung in einem Konzern: EADS, Ulm

Die European Aeronautic Defence and Space Company N.V. (EADS) ist ein weltweit führender Anbieter in der Luft- und Raumfahrt, im Verteidigungsgeschäft und den dazugehörigen Dienstleistungen. EADS beschäftigt weltweit etwa 109.000 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen, davon 41.000 in Deutschland. An ihrem Standort in Ulm bildet die EADS Auszubildende im Beruf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin aus.

Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen werden vorrangig in „High Tech“ Produktionsbereichen für hochintegrierte Multi-Chip Module und mikroelektronische Schaltkreise für Hochfrequenzanwendungen (sog. Microwave Components) eingesetzt, da sie in ihrer Ausbildung alle relevanten Fähigkeiten und Fertigkeiten hierfür erlernt haben und deshalb eine sehr gute Unterstützung für den Produktionsprozess sind. Ihnen wird das Einfahren, Warten, Umrüsten von komplexen Anlagen für einzelne Herstellungsprozesse und somit die vollständige Kontrolle über den gesamten Produktionslebenszyklus übertragen. Da Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen durch ihre Ausbildung über sehr gute Material- und Werkstoffkenntnisse (Halbleiter, Kunststoffe, Keramiken, Glase) verfügen, arbeiten sie auch sehr häufig im Qualitätsmanagement. Sie sind für die Qualitätssicherung der produzierten Chargen verantwortlich und unterziehen z. B. gefertigte Chips oder ganze Wafer umfangreichen Test am Elektronenrastermikroskop. Häufig werden sie auch zur Unterstützung in der Entwicklung eingesetzt. Sie sind für viele Unternehmen die ideale Ergänzung zum Forschungs-, Fertigungs- oder Entwicklungsingenieur, weil sie neben Planung und Umsetzung kompletter Fertigungsprozesse auch die erforderlichen Dokumentationen z.B. für Optimierungsmaßnahmen vornehmen und diese auch testen können.

Manfred Höhle, Ausbilder bei EADS, Ulm: „In einem Hochtechnologieunternehmen wie der EADS bilden die technischen Berufe den Kernbereich der Ausbildung. Mit einer Bandbreite von rund 20 verschiedenen Ausbildungsrichtun-



*Arbeit einer Mikrotechnologin: Manuelles Bonden mit einem 25 µm Golddraht.*

gen im technischen Bereich zählt die EADS zu den Unternehmen, die die beruflichen Anforderung des 21. Jahrhunderts angenommen haben und dem Arbeitsmarkt auch in Zukunft hoch qualifizierte und vielseitig einsetzbare Arbeitnehmer zur Verfügung stellen.“



*Arbeitsplatz einer Mikrotechnologin: Einrichten und Überwachen einer vollautomatischen Bondmaschine*

**Ansprechpartner für Mikro-Ausbildung:**

Nachfolgende Netzwerke und Institutionen stehen als Ansprechpartner für Fragen zur Aus- und Weiterbildung in der Mikrosystemtechnik zur Verfügung. Zur Förderung der Kompetenzentwicklung und zur Nachwuchssicherung in

der Mikrosystemtechnik fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Aus- und Weiterbildungsnetzwerke, durch deren Vernetzung eine forschungs- und praxisgerechte Entwicklung von Kompetenzen und Qualifikationsprofilen für die Mikrosystemtechnik erfolgt.

**AWNET – Koordination**

Nikolas Hübener  
 Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin (ZEMI)  
 Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die  
 Mikrosystemtechnik (AWNET)  
 Max-Planck-Straße 5  
 12489 Berlin  
 Tel.: 030 6392-3396  
 E-Mail: nicolas.huebener@zemi-berlin.de  
 www.mst-ausbildung.de

**MANO – Mikrosystemtechnik-  
 Ausbildung in Nord-Ostdeutschland**

Ralf Kerl, Zentrum für  
 Mikrosystemtechnik Berlin (ZEMI)  
 MANO-Geschäftsstelle  
 Max-Planck-Straße 5  
 12489 Berlin  
 Tel.: 030 6392-3399  
 E-Mail: ralf.kerl@zemi-berlin.de  
 www.m-a-n-o.net

**Ausbildungsnetzwerk zur Förderung der  
 Mikrosystemtechnik in Niedersachsen**

Christine Ruffert  
 Institut für Mikrotechnologie  
 Leibniz Universität Hannover  
 An der Universität 2  
 30823 Garbsen  
 Tel.: 0511/762-4034  
 E-Mail: ruffert@imt.uni-hannover.de  
 www.mst-bildung.de

**Kompetenzentwicklung im Rahmen des  
 Förderprogramms Mikrosystemtechnik**

Sabine Globisch  
 VDI/VDE Innovation und Technik GmbH  
 Steinplatz 110623  
 Berlin Tel.: 030/310078-199  
 E-Mail: globisch@vdivde-it.de  
 www.vdivde-it.de

**Learn-mst – Lernen am Arbeitsplatz –  
 Mikrosystemtechnik**

Axel Kaprolat  
 Berufsförderungszentrum Essen e.V.  
 Karolingerstraße 93  
 45141 Essen  
 Tel.: 0201/3204-225  
 E-Mail: kaprolat@bfz-essen.de

**FasiMiT –  
 Aus- und Weiterbildungsnetzwerk zur  
 Fachkräftesicherung in der  
 Mikrosystemtechnik in Thüringen**

Marion Wadewitz  
 BWAW Bildungswerk für berufsbezogene  
 Aus- und Weiterbildung gGmbH  
 Peter-Cornelius-Str. 12  
 99096 Erfurt  
 Tel.: 0361/340-5637  
 E-Mail: m.wadewitz@bwaw.de  
 www.fasimit.de

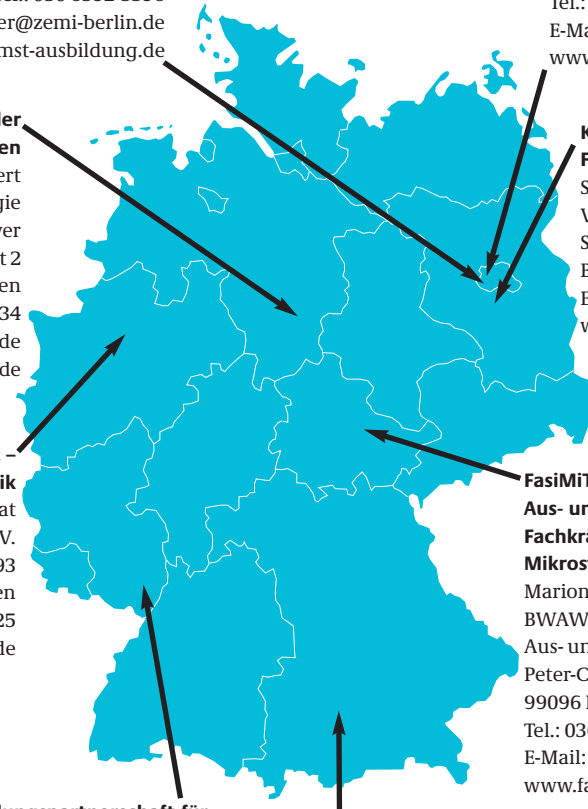
**pro-mst – Aus- und Weiterbildungspartnerschaft für  
 Prozesstechnologien in der Mikrosystemtechnik**

Prof. Dr. Antoni Picard  
 Fachhochschule Kaiserslautern  
 Amerikastraße 1  
 66482 Zweibrücken  
 Tel.: 06332/914414  
 E-Mail: picard@mst.fh-kl.de  
 www.pro-mst.de/

**MunichMicronet –  
 Mikrosysteme für mobile und fluidische Anwendungen**

Prof. Dr.-Ing. Norbert Schwesinger  
 TU München  
 Arcisstr. 21  
 80333 München  
 Tel.: 089/289 23106  
 E-Mail: schwesinger@ei.tum.de  
 www.MunichMicronet.de

**MST-Portale**  
[www.mstonline.de](http://www.mstonline.de)  
[www.mst-ausbildung.de](http://www.mst-ausbildung.de)





Duale Ausbildung in  
innovativen Technologiefeldern:  
Ihr Ticket für eine erfolgreiche Zukunft!



Investieren Sie in die Zukunft  
und bilden Sie qualifizierten Nachwuchs aus.

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung.

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



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

