



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern

Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft



AUSBILDUNG

Deutschland. Das von morgen.

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Publikationen; Internetredaktion
11055 Berlin

Bestellungen

schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn

oder per

Tel.: 01805 - 262 302

Fax: 01805 - 262 303

(0,12 Euro/Min.)

E-Mail: books@bmbf.bund.de

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

Koordination

VDI Technologiezentrum GmbH
Dr. Sabine Korte, Dr. Eckhard Heybrock

Gestaltung

Heimbüchel PR, Köln/Berlin

Druckerei

Bonifatius GmbH, Paderborn

Bonn, Berlin 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



Warum ist es für Forschungseinrichtungen und junge, in modernen Technologiefeldern operierende Unternehmen wichtig, den eigenen Fachkräftebedarf auszubilden?

Weil Unternehmen in die Zukunft investieren – auch in ihre Mitarbeiter. Denn Spitzenleistungen lassen sich ohne Fachkenntnisse und Erfahrungen weder in Forschung und Entwicklung, noch im Labor oder in der Produktion erzielen. Und für Spitzenleistungen werden nicht nur fähige Forscher und Forscherinnen, Ingenieure und Ingenieurinnen benötigt, sondern auch Fachkräfte, die Anlagen und Geräte bauen, bedienen und in Stand halten.

In der dualen Ausbildung gehen praktische Ausbildung im Betrieb und theoretische Ausbildung in der Berufsschule

Hand in Hand. So entsteht Wissen, das Zukunft hat. Die Jugendlichen lernen zielgenau für ihren künftigen Arbeitsplatz. Mehr als 50 Prozent der Schulabsolventen und -absolventinnen entscheiden sich für diesen Bildungsweg; zurzeit durchlaufen mehr als 1,6 Millionen Jugendliche eine Lehre. Zu den etwa 350 verschiedenen Ausbildungsberufen zählen traditionsreiche und zugleich aktuelle Berufe genauso wie innovative Neu- und Weiterentwicklungen wie der des Mikrotechnologen/der Mikrotechnologin oder die Laborberufe.

Der Einstieg in die bewährte und zukunftssträchtige Ausbildung eigener Fachkräfte ist eine lohnende Investition – auch im Hinblick auf die zu erwartende demografische Entwicklung: Bis zum Jahr 2015 werden in Deutschland bis zu 3,5 Millionen Fachkräfte fehlen.

Ausbildung ist allerdings nicht nur eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Option für eine nachhaltige Personalpolitik – durch Ausbildung nehmen Unternehmen auch eine wichtige gesellschaftliche Verantwortung für die Zukunftschancen unserer Jugendlichen wahr.

Mit dieser Broschüre soll beispielhaft den Akteuren in den innovativen Technologiefeldern der Nanotechnologie und der Optischen Technologien sowie der Biotechnologie und der Mikrosystemtechnik – deren Entwicklung und Umsetzung von meinem Haus aktiv gefördert wird – eine attraktive Option für eine langfristig angelegte Ausbildungspolitik aufgezeigt werden.

Zukunft wird von Technologien gestaltet und Technologien von Menschen.

A handwritten signature in black ink, reading 'E. Bulmahn' in a cursive script.

Edelgard Bulmahn
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Inhalt

1	Berufsausbildung in Forschungseinrichtungen und technologieorientierten Unternehmen	5
2	Innovative Technologien	7
3	Ausbildungsberufe in Nanotechnologie - Optischen Technologien - Biotechnologie - Mikrosystemtechnik	13

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 Routinearbeiten 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.

Selbstausgebildeten 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 rund 350 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 Ein- arbeitskosten und -zeiten entstehen.

Zu den technischen Berufen zählen die in den letzten beiden Jahren aktualisierten elektrotechnischen und metall- technischen Ausbildungsberufe. Sie sind durch ihre Orien- tierung an Tätigkeiten in breiten Anwendungsgebieten ge- eignet, im Rahmen von Entwicklungsarbeiten technische Sonderlösungen zu realisieren. Für Prüffelder wird der Werk- stoffprüfer/die Werkstoffprüferin ausgebildet. Sind hingegen technische Prozesse durchzuführen, zu steuern oder zu über- wachen, werden eher Ausbildungsberufe wie beispielsweise Mikrotechnologe/Mikrotechnologin oder Mechatroniker/ Mechatronikerin geeignet sein. Auch im IT- Bereich stehen qualifizierte Ausbildungsberufe zur Verfügung, allen voran der Beruf Fachinformatiker/Fachinformatikerin mit den bei- den Fachrichtungen Systemintegration und Anwendungs- entwicklung. Fachinformatiker und Fachinformatikerinnen unterstützen und entlasten Informatiker mit akademischem Abschluss und haben selbst gute Möglichkeiten, im Rahmen berufsbegleitender Fortbildung zu vergleichbaren Qualifizie- rungsabschlüssen zu gelangen.

Darüber hinaus erlaubt die Ausbildung in kaufmänni- schen Berufen, betriebswirtschaftliche Aufgaben zu delegie- ren 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 wer- den 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 konkre- ten 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 – vor-

ausgesetzt, eine Person aus der Stammebelegschaft ist bereit, für die Ausbildung eine gewisse Verantwortung zu übernehmen. Der Einstieg wird erleichtert, indem ex- terne 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 konkre- ten Einsatz während der Ausbildung als auch bei einem Arbeitsplatzwechsel danach. Sollten einzelne berufstypi- sche Tätigkeiten im Ausbildungsbetrieb nicht vorkom- men, gibt es auch dafür Lösungen, etwa durch Verbund- ausbildung 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 Bera- tung. 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 Bewer- berinnen unterstützt Sie die örtliche Agentur für Arbeit. Da- rüber hinaus bieten häufig Bildungsdienstleister einen Ser- vice zur Bewerberauswahl und entlasten bei der Verwal- tung des Ausbildungsverhältnisses. Zur Klärung eventuell auftretender Fragen, zur Vermittlung von Zusatzqualifika- tionen oder zur Vorbereitung auf die Abschlussprüfung ste- hen Ihnen ebenfalls externe Dienstleistungsanbieter zur Verfügung.

Informationen zur Ausbildung in den innovativen Tech- nologiefeldern bieten auch Ausbildungsnetzwerke an, eben- so wie Kompetenznetze. Dies sind Zusammenschlüsse von Firmen, Forschungsorganisationen, Kapitalgebern und Tech- nologietransfereinrichtungen mit spezifischen Dienstlei- stungsangeboten. In der vorliegenden Broschüre finden Sie zu den Technologiefeldern kompetente Ansprechpartner mit kompletten Kontaktdaten.

Innovative Technologien

Unsere Eintrittskarte für die Zukunft: Nano – Opto – Bio – Mikro

Das Zeitalter der Innovation wird geprägt durch Schlüsseltechnologien wie Nanotechnologie, Optische Technologien, Mikrosystemtechnik und Biotechnologie. 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 zukunftssicherer und moderner Arbeitsplätze und oftmals Vorreiter für volkswirtschaftliche Ziele einer modernen Gesellschaft wie bessere medizinische Versorgung, effizienterer Umweltschutz, Mobilität, flexible Information und Kommunikation. Schlüssel-



Bundeministerin Edelgard Bulmahn informiert sich im Gespräch mit dem Auszubildenden Marcel Gollub und dem Geschäftsführer Karl-Heinz Ronkholz bei der Lumino Licht Elektronik GmbH über moderne Ausbildungsinhalte der Optischen Technologien. (Foto: Dirk Jochmann)

technologien, 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.

Nanotechnologie

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 Meter, dies ist 50.000 mal kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haares). In diesem Größenbereich treten neuartige Effekte und Materialeigen-



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. (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)

schaften auf, die durch die Nanotechnologie für neue Funktionalitäten zur Verbesserung bestehender oder Entwicklung neuer Produkte und Anwendungsoptionen ausgenutzt werden.

In Deutschland befassen sich mittlerweile ca. 400 bis 500 Unternehmen als Produktentwickler, Zulieferer oder Investor¹ mit der Nanotechnologie.

Das Weltmarktvolumen nanotechnologisch verbesserter Produkte in den Bereichen Chemie/Materialien, Elektronik, Datenspeicherung, funktionelle Schichten oder Präzisionsoptiken wird bereits heute auf über 100 Mrd. € geschätzt.² 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.

Die Zahl der Beschäftigten im Bereich der Nanotechnologie in Deutschland beträgt nach konservativen Schätzungen derzeit ca. 20.000 bis 32.000, mit stark steigender Tendenz.³ In Deutschland gibt es weit über 100 kleine und mittlere Unternehmen, die in bestehende Nanotechnologie-Kompetenznetze eingebunden sind.⁴ Neue Technologien wie die Nanotechnologie erfordern neues Wissen und neue Fertigkeiten. Zukünftig werden Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen zunehmend in ihrem Berufsleben mit nanotechnologischen Methoden arbeiten und Entwicklungen weiterführen mit dem Ziel, daraus Mehrwert zu schaffen. Daher werden Unternehmen entsprechende Qualifikationen immer stärker nachfragen. Nicht zuletzt auch in der dualen Ausbildung werden Angebote zur fachspezifischen Qualifizierung entwickelt, die die Unternehmen für die Ausbildung ihrer Fachkräfte nutzen können.

¹ BMBF; Nanotechnologie erobert Märkte – Deutsche Zukunftsinitiative zur Nanotechnologie, BMBF-Broschüre, Bonn, 2004

² BMBF; Nanotechnologie erobert Märkte – Deutsche Zukunftsinitiative zur Nanotechnologie, BMBF-Broschüre, Bonn, 2004

³ Wolfgang Luther, Norbert Malanowski; „Nanotechnologie als wirtschaftlicher Wachstumsmarkt“, VDI TZ GmbH (Hrsg.) Schriftenreihe Zukünftige Technologien, ISSN 1436-5928, Band 53, Düsseldorf, 2004

⁴ www.nanonet.de

Optische Technologien

Ein Trend der Zukunft ist, möglichst viele Aufgaben mit Licht⁵ 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.⁶



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.⁷ Optische Technologien machen Arbeitsplätze wettbewerbsfähig und zukunftssicher, ca. 16 % der Arbeitsplätze im verarbeitenden Gewerbe sind durch die Optischen Technologien beeinflusst.⁸ 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.⁹ Heute sind bereits 1.000 kleine und mittlere Unternehmen auf dem Gebiet der Optischen Technologien tätig¹⁰ und selbst im Handwerk gibt es bereits vielfältige Anwendungen.¹¹

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.¹² 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.

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

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

⁹ BMBF Bundesbericht Forschung 2004

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

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

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

⁵ Deutsche Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert, Düsseldorf, 2000

⁶ BMBF Förderprogramm Optische Technologien – Made in Germany, Berlin, 2002

Biotechnologie

Biotechnologie beschäftigt sich mit der Erforschung biologischer Systeme und deren technischer Nutzung. Die Gentechnik wird dabei immer wichtiger: Das Erbgut des Menschen



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)

und etlicher für die Medizintechnik, die pharmazeutische 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.

Die Biotechnologie birgt enorme Wachstums- und Beschäftigungspotenziale. Deutschland hat seine Position in Europa gefestigt. Insgesamt sind derzeit in Deutschland über 2.200 Unternehmen mit einem Engagement in der Biotechnologie ansässig. Alleine in den 561 forschungsorientierten arbeitenden Firmen sind über 16.000 Mitarbeiter beschäftigt.¹³ Dabei ging der Umsatz der 350 als „Core-Bio-Tech-Unternehmen“ eingestuft Betriebe in 2003 auf 960 Mio. € (1.014 Mio. € in 2002) zurück.¹⁴

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.

¹³ Biotechnologie Jahr & Adressbuch, 18. Jahrgang, Biocom, Berlin, 2004

¹⁴ 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 Funk-



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)

tionen, Steuerungspräzision, Prozessoptimierung und Effizienzsteigerung, die das Spektrum der möglichen Anwendungsfelder für Mikrosystemtechnik langfristig dynamisch und nachhaltig wachsen lassen.

Seit 1996 hat der Weltmarkt bei einzelnen Mikrosystemtechnischen-Komponenten (z. B. Sensoren, mikrooptischen Komponenten oder mikrofluidischen Bauteilen) kontinuierlich zugelegt und 2002 ein Marktvolumen von etwa 3,9 Mrd. US Dollar erreicht. Gleichzeitig ist der Weltmarkt für komplette Mikrosysteme bis zum Jahr 2003 von 14 auf 50 Mrd. US Dollar gewachsen. Bis zum Jahr 2005 wird eine weitere Steigerung auf 68 Mrd. US Dollar erwartet.¹⁵ Erste Schätzungen für die Zeit bis 2010 gehen von einem weiteren Wachstum der MST-Märkte auf über 200 Mrd. US Dollar aus.¹⁶ 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.¹⁷

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.¹⁸ 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.

¹⁵ Market analysis for microsystems II 2000 – 2005, NEXUS 2002

¹⁶ Evaluation des Förderkonzepts Mikrosystemtechnik 2000+, prognos et. al., 2002

¹⁷ BMBF Rahmenprogramm zur Förderung 2004 – 2009 Mikrosysteme, Bonn, 2004

¹⁸ BMBF Rahmenprogramm zur Förderung 2004 – 2009 Mikrosysteme, Bonn, 2004

Ausbildungsberufe in Nano – Opto – Bio – Mikro

Nanotechnologie

Unternehmen der Nanotechnologie bilden in einem breiten Spektrum technischer Berufe aus: z. B. Chemielaborant/Chemielaborantin, Physikalaborant/Physikalaborantin, Biologielaborant/Biologielaborantin, Elektroniker/Elektronikerin, Mechatroniker/Mechatronikerin, Mikro-technologie/Mikrotechnologin.

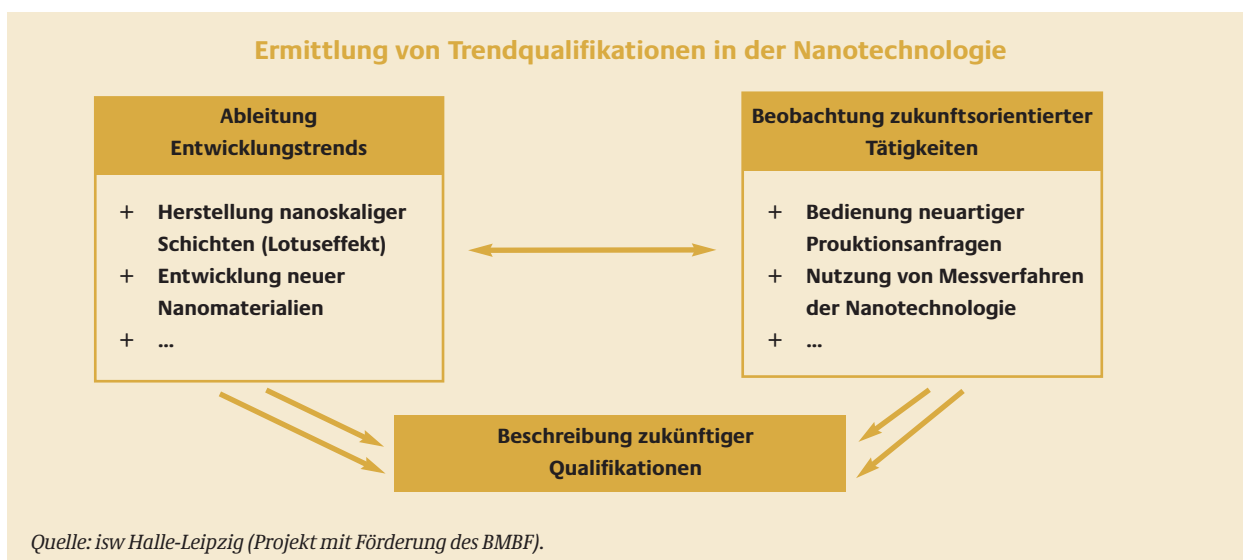
Dabei werden Kenntnisse und Fertigkeiten u. a. in folgenden Bereichen vermittelt: technische, analytische und spektroskopische Verfahren, analytische Kopplungstechniken, prozessbezogene Arbeitstechniken, laborbezogene Informationstechnik, Qualitätsmanagement, Arbeiten mit automatisierten Systemen im Labor. Spezielle Kenntnisse und Fertigkeiten zur Nanotechnologie werden derzeit eher in Weiterbildungsmodulen oder on-the-job erworben. Mit der Entwicklung neuer bzw. der Modernisierung bestehender Berufsfelder und Zusatzqualifikationen für nanotechnologische Verfahren 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 Techniker Ausbildung an Bedeutung gewinnen, um den Qualifikationsanforderungen der Nanotechnologie gerecht zu werden. Die Ableitung von Entwicklungstrends und Beobachtung zukunftsorientierter Tätigkeiten in der Nanotechnologie kann helfen, zukünftige Qualifikationen frühzeitig zu beschreiben (vgl. Abbildung).

Nano-Ausbildung in einem Chemiekonzern: BASF, Ludwigshafen

Das Portfolio der BASF AG, ein international führendes Chemieunternehmen, umfasst Chemikalien, Kunststoffe, Veredelungsprodukte, Pflanzenschutzmittel sowie Feinchemikalien und reicht bis zu Erdöl und Erdgas. Ende 2003 hatte die BASF AG in Ludwigshafen mehr als 37.000 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen.

Die BASF bildet u.a. in den dualen Ausbildungsberufen Chemielaborant/Chemielaborantin sowie Physikalaborant/Physikalaborantin 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 Anwen-



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



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

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.



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

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.“

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 2004 einschließlich einer Auszubildenden 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 und wird von der auszubildenden Biologielaborantin, Bettina Arnold, unterstützt. 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 an die Auszubildende. So kann Bettina Arnold mittlerweile selbstständig Proteine fermentieren und arbeitet mit an der Optimierung und Validierung der dazu nötigen Prozesse. Die Aufreinigung der Proteine danach ist bereits 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.



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

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 nimmt daher an einem Ausbildungsverbund teil, der von der Sächsischen Bildungsgesellschaft für Umweltschutz und Chemieberufe Dresden mbH angeboten wird. Neben der Berufsschule werden hier die 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 lernt 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 ca. 5.500 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen. 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 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



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

hochmodernen Ausstattung bietet zukunftsweisende Ausbildungen in neuen Berufen an, wie beispielsweise Mikrotechnologie/Mikrotechnologin, Mechatroniker/Mechatronikerin, Elektroniker/Elektronikerin für Automatisierungstechnik und Informatikkaufmann/Informatikfrau. 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-Ausbildung:

Das BMBF initiierte und fördert Kompetenzzentren für Nanotechnologie, um die deutsche Forschungslandschaft auf diesem Gebiet zu unterstützen und die industrielle Anwendung der Nanotechnologie voranzubringen. Innerhalb der Kompetenzzentren arbeiten Forscher, Entwickler, Anwender, Investoren, Vertreter der Normung sowie Spezialisten

aus Lehre, Öffentlichkeitsarbeit und Marketing eng zusammen. Hierdurch werden nicht nur Brücken zwischen den verschiedenen wissenschaftlichen und technischen Disziplinen geschlagen, sondern auch alle Bereiche der Wertschöpfungskette bis hin zur Herstellung und Vermarktung neuer Produkte abgedeckt. Die Kompetenzzentren unterstützen die Förderung der Aus- und Weiterbildung.

Ultrapräzise Oberflächenbearbeitung
 Dr. rer. nat. Uwe Brand
 Bundesallee 100
 38116 Braunschweig
 Tel.: 0531/592 5012
 Fax: 0531/592 5015
 E-Mail: uwe.brand@upob.de

HanseNanoTec
 Prof. Dr. Roland Wiesendanger
 Jungiusstr. 11
 20355 Hamburg
 Tel.: 040/4 28 38-69 59
 Fax: 040/4 28 38-69 59
 E-Mail: wiesendanger@physnet.uni-hamburg.de

CeNTech
 Dr. Frank Schröder-Oeynhausen
 Gievenbecker Weg 11
 48149 Münster
 Tel.: 0251/53406 100
 Fax: 0251/53406 102
 www.centech.de

NanOp
 Prof. Dr. Dieter Bimberg
 Institut für Festkörperphysik
 Technische Universität Berlin
 Sekr. PN 5-6
 Hardenbergstr. 36
 10623 Berlin
 Tel.: 030/314 79 605
 Fax: 030/314 75 138
 E-Mail: nanop@sol.physik.tu-berlin.de

**VDI Technologiezentrum GmbH
 Zukünftige Technologien Consulting**
 Dr. Wolfgang Luther
 Graf-Recke-Strasse 84
 40239 Düsseldorf
 Tel.: 0211/6214-582
 Fax: 0211/6215-484
 E-Mail: luther@vdi.de
 www.zt-consulting.de

Ultradünne Funktionale Schichten
 Dr. Andreas Leson
 Geschäftsstelle des Nano-CC-UFS
 Fraunhofer IWS Dresden
 Tel.: 0351/25 83 444
 Fax: 0351/25 83 300
 E-Mail: andreas.leson@iws.fraunhofer.de

CC-NanoChem
 Prof. Dr. H. Schmidt
 c/o Leibniz-Institut für
 Neue Materialien
 Im Stadtwald - Geb. 43
 66123 Saarbrücken
 Tel.: 0681/9300-313
 E-Mail: koordination@cc-nanochem.de

CC-NanoBioTech
 Prof. Dr. Christiane Ziegler
 Universität Kaiserslautern
 Fachbereich Physik
 Erwin-Schrödinger-Straße 56
 67663 Kaiserslautern
 Tel.: 0631/205 - 2855
 Fax.: 0631/205 - 2854
 E-Mail: cz@physik.uni-kl.de

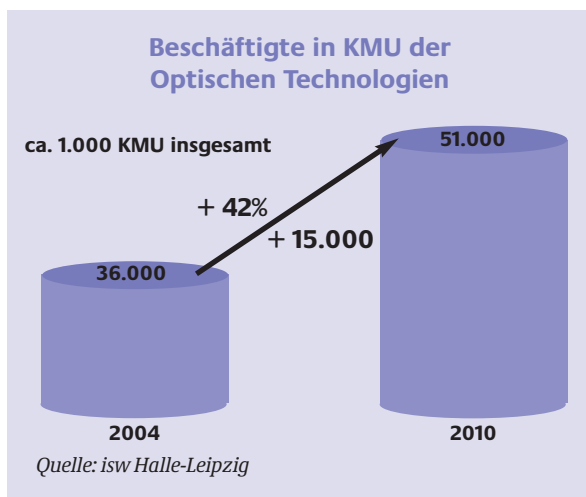
Nanommat
 Dr. Regine Hedderich
 Forschungszentrum Karlsruhe GmbH
 Postfach 3640
 76021 KARLSRUHE
 Tel.: 07247/82 2630
 Fax: 07247/82 6420
 E-Mail: regine.hedderich@int.fzk.de

ENNAB
 Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl
 Schellingstrasse 4
 80799 München
 Tel.: 089/2180-4331
 Fax: 089/2180-4331
 E-Mail: heckl@lmu.de

TechPortal Nanotechnologie
 www.nanonet.de

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.¹⁹



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 600 einzelnen Bildungsangeboten.²⁰ 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/Industrieelektronikerin²¹ 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

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

²⁰ www.arbeitsagentur.de, KURS – Datenbank für Aus- und Weiterbildung der Bundesagentur für Arbeit (Stand September 2004)

²¹ Seit dem 3. Juli 2003 ist dieser Beruf neu geordnet (http://www.bibb.de/de/ausbildungsprofil_1648.htm)



Der angehende Mechatroniker Daniel Veit bei der Justierung einer Hochleistungskamera FF 450^{plus} zur Beobachtung und Dokumentation am Augenhintergrund.

auch das Messen und Prüfen der Systeme und Komponenten. Zudem halten sie diese Anlagen bzw. Anlagenteile 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-Videodisplays 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 86 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen und 11 Auszubildende in den Berufen Kommunikationselektroniker/Kommunikationselektronikerin Fachrichtung Informationstechnologie bzw. Fachinformatiker/Fachinformatikerin Fachrichtung Anwendungsentwicklung.



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

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 moti-

vieren. Für den Auszubildenden wird durch frühzeitige Teilnahme am Fertigungs- und Konstruktionsprozess Begeisterung 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



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

Ausbildung wurde er in Entwurf und Entwicklung eines neuen Lasers eingebunden. Durch seine Arbeiten 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 Ausbildungsstätte für die



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

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 Feinoptiker-auszubildenden 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



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.“

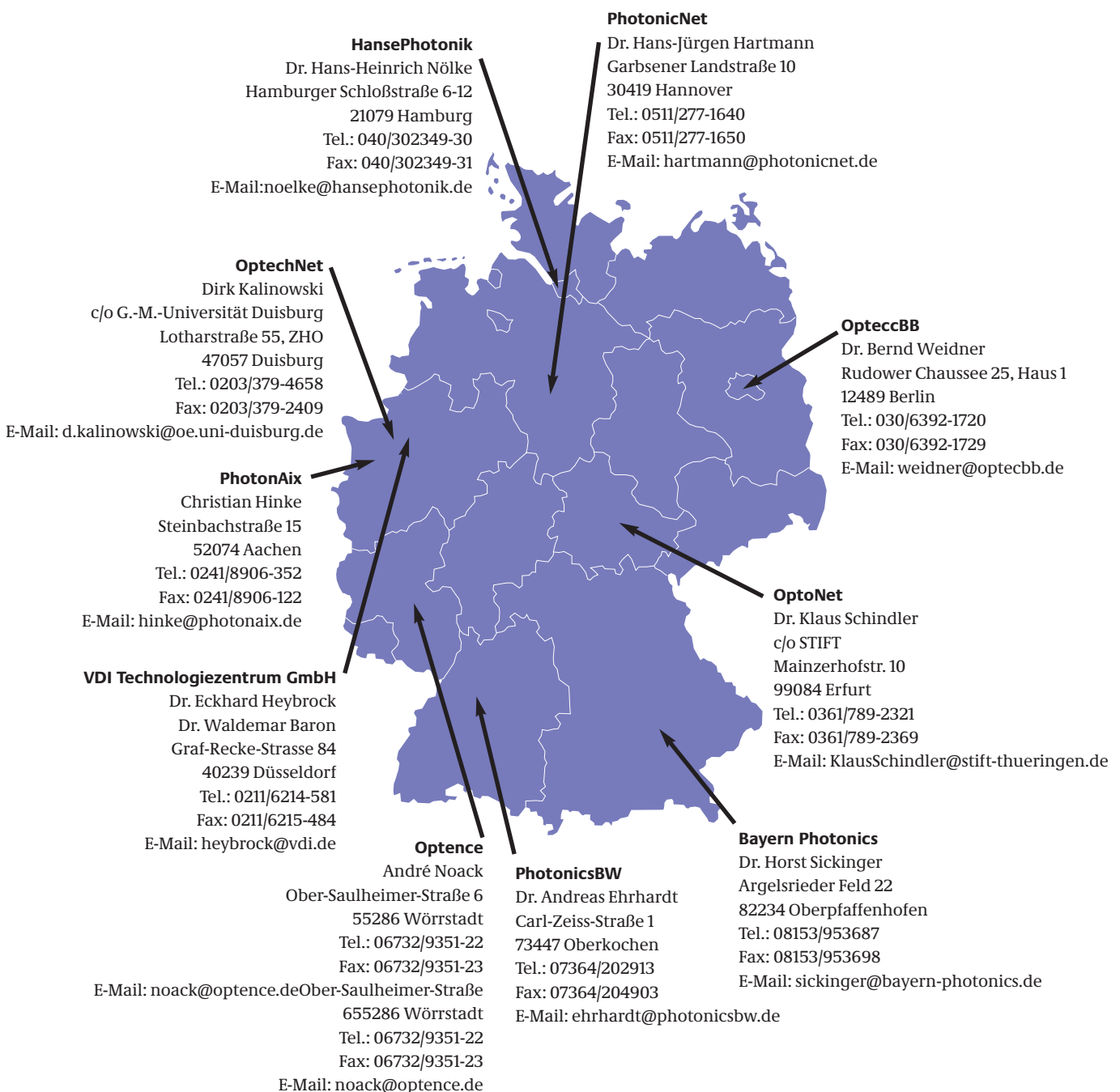
zentralen Ausbildung sowohl den Auszubildenden als auch uns, als Unternehmen, Vorteile beispielsweise in Form von Kostenersparnis und anspruchsvoller (Aus-) Bildung eröffnet. Mit dieser Ausbildungskooperation – unterstützt durch die Fachhochschule – leisten LINOS und Zeiss einen wichtigen Beitrag, dem 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 Technologietransfereinrichtungen. 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.



Biotechnologie

Biotechnologie-Unternehmen bilden in etlichen technischen Berufen aus: Chemielaborant/Chemielaborantin, Biologielaborant/Biologielaborantin, Chemikant/Chemikantin, Mechatroniker/Mechatronikerin, Fachkraft für Abwassertechnik oder Fachkraft für Wasserwirtschaft. Die Vielfalt der Ausbildungsberufe spiegelt dabei die immer deutlicher werdende Unterscheidung der Biotechnologie 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. So wurde beispielsweise der Beruf Biologielaborant/Biologielaborantin (vgl. Abbildung) im Jahr 2000 dem Qualifikationsbedarf in der Wirtschaft angepasst und es wurden Themen der Biotechnologie in die Ausbildung aufgenommen.



Die Auszubildenden im Bereich Biotechnologie kooperieren eng mit Naturwissenschaftlern und Naturwissenschaftle-

rinnen 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.

Viele kleinere Biotech-Unternehmen und die Entwicklungsabteilungen der großen Pharmafirmen 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 80 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/ Biologielaborantin, Chemielaborant/Chemielaborantin, Chemikant/Chemikantin und Pharmakant/Pharmakantin. Darüber hinaus werden Umschulung und Weiterbildung angeboten.



Auszubildende im Chemielabor des bbz-Chemie

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



Veronika Schreiber, hier beim Ansetzen von Mikroturen 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.“

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 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: Provalid, Frankfurt/M

Provalid Partner für Bildung und Beratung GmbH wurde als Spin-Off der Hoechst AG gegründet und ist heute ein Unternehmen der Infraseriv Höchst. Mit rund 1.600 Auszubildenden und über 10.000 Weiterbildungsteilnehmern an den Standorten Frankfurt und Marburg gehört Provalid zu den führenden Anbietern von Bildungsdienstleistungen in Hessen. Rund 400 internationale Kunden nutzen in Partnerschaften und Kooperationen das Know-how von Provalid auf den



Die Provalid Auszubildenden des Jahres 2003

Gebieten der Aus- und Weiterbildung, der Personal- und Organisationsentwicklung und bei der Entwicklung von E-Learning-Konzepten.

Provadis 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.).

Provadis bietet für Unternehmen verschiedene Kooperationen: Eine Komplettausbildung, von der Anwerbung bis zum/zur fertigen, ausgelernten Facharbeiter/Facharbeiterin, sowie eine Teilausbildung, eine qualitative und quantitative Ergänzung der innerbetrieblichen Ausbildung. Diese unterstützt die Unternehmen bei ihrer eigenen „Inhouse“-Ausbil-



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 Pharma-Bereich 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.“

dungsleistung 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 Provadis aus. Provadis 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 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.“

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

Die RATIONAL Technische Lösungen GmbH Rostock/Teerow entwickelt und fertigt mit insgesamt 14 Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen technische Einzel- und Speziallösungen mit den Schwerpunkten Ultraschall-Teilereinigungsan-



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.“

lagen, 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 Un-

ternehmens 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 (Biotechanlagen, 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.“

Ansprechpartner für Bio-Ausbildung:

Das BMBF initiierte und unterstützt Kompetenzzentren für Biotechnologie, um die deutsche Forschungslandschaft auf diesem Gebiet zu unterstützen und die industrielle Anwendungen

voranzubringen. Darüber hinaus gibt es verschiedenen Bio-technologie-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
BioRegion 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. Wolfgang Blank
BioCon Valley® GmbH
c/o Technologiezentrum Warnemünde
Friedrich-Barnewitz-Str. 3
18119 Rostock
Tel.: 0381/5196- 49 50/51
Fax: 0381/5196- 49 52

**Aktionszentrum BioTOP
Berlin-Brandenburg**

Christina Puhán
Fasanenstr.3
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 515
69120 Heidelberg
Tel.: 06221/64 922 0
Fax: 06221/64 922 15

**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

InnoRegio-Koordination BioHyTec

Netzwerk Biohybride Technologien
Christian Vogt M.A.
Bergholz-Rehbrücke
Arthur-Scheunert-Allee 114-116
14558 Nuthetal
Tel.: 033200/88587
Fax: 033200/88588
E-Mail: vogt@biohytec.de
www.biohytec.de

**BioProfile Koordinationsstelle
Nutrigenomik**

Koordinatorin: Dr. I. Grötzing
Arthur-Scheunert-Allee 114-116
14558 Bergholz-Rehbrücke
Tel.: 033200/88 385
E-Mail: groetzing@nutrigenomik.de

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

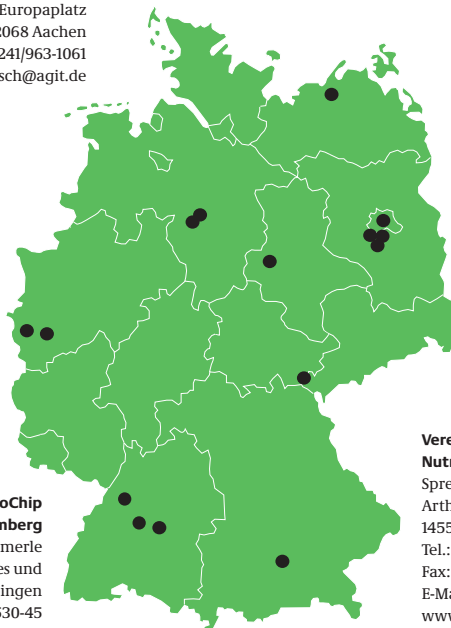
Sprecher: Prof. Dr. Ch. Joos
Arthur-Scheunert-Allee 114-116
14558 Bergholz-Rehbrücke
Tel.: 033200/88 307
Fax: 033200/88 555
E-Mail: barth@mail.dife.de
www.nutrigenomik.de

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

**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



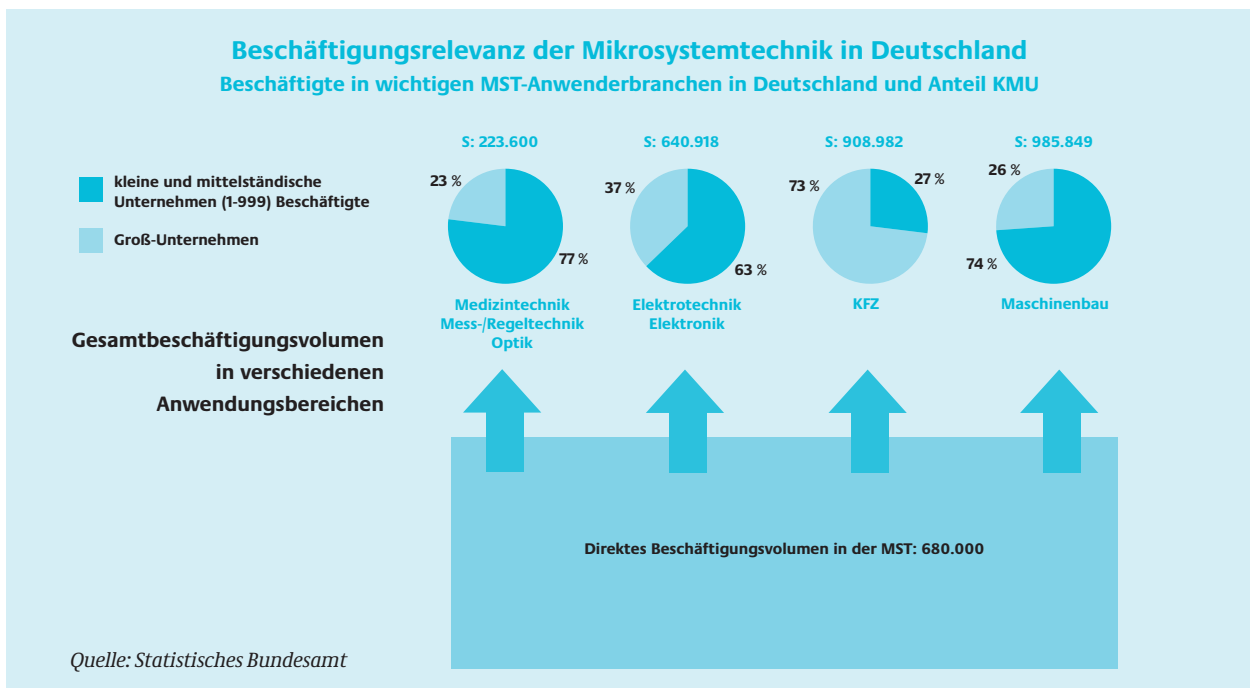
Mikrosystemtechnik

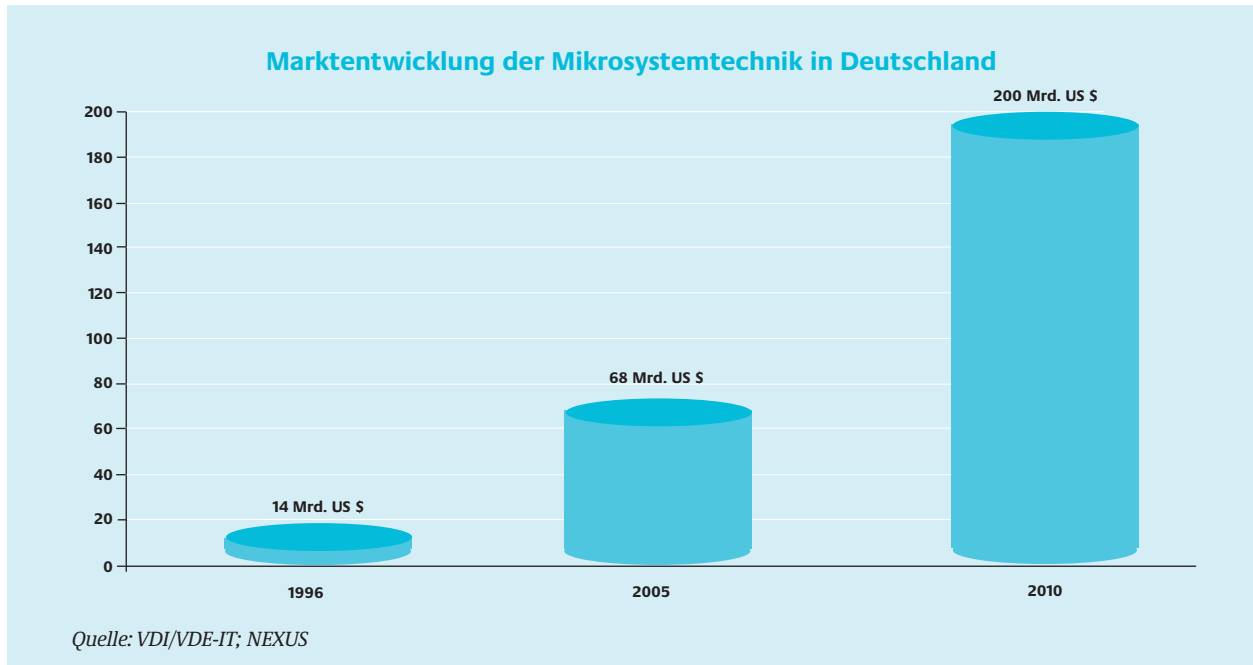
1998 ist in Deutschland der Beruf Mikrotechnologe/ Mikrotechnologin mit den Schwerpunkten Halbleitertechnik und Mikrosystemtechnik neu eingeführt worden, um den Anforderungen aus der Industrie durch adäquat qualifizierte Fachkräfte gerecht zu werden. Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen zeichnen 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 vier 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 70 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 700 Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen ausgebildet – davon sind übrigens über 20% Frauen – und stehen den Unternehmen als Fachkräfte zur Verfügung.²² 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.

²² Studie zum Ausbildungsgeberberuf des Mikrotechnologen / der Mikrotechnologin, 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.



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

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, also die Disposition des Lagers. Dazu gehört auch die Auswertungen der Produktionsdaten. Bei hohem 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 Mikrotechnologen/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 Lehr-

gänge vermittelt werden. Seit Dezember 2002 wird der Verbund vom Netzwerk MANO (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, Photolithografie 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 Mikrotechnologen 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 Mikrotechnologen 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 teilwei-

se 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.



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

Manfred Höble, 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 Ausbildungsrichtungen 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 AnsprechpartnerInnen für Fragen zur Aus- und Weiterbildung in der Mikrosystemtechnik zur Verfügung. Zur Förderung der Kompetenzentwicklung und zur Nachwuchssi-

cherung 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.

Ausbildungsnetzwerk zur Förderung der Mikrosystemtechnik in Niedersachsen
 Caspar Morsbach
 IMT, Universität Hannover
 Callinstr. 30A
 30167 Hannover
 Tel.: 0511/762-7486
 E-Mail: morsbach@imt.uni-hannover.de
 www.mst-bildung.de/

Learn-mst - Lernen am Arbeitsplatz – Mikrosystemtechnik
 Dr. Monika Hiegemann
 Berufsförderungszentrum Essen e.V.
 Altenessener Str. 80/84
 45326 Essen
 Tel.: 0201/3204-452
 E-Mail: hiegegan@bfz-essen.de

IVAM NRW e.V.
 Dr. Christine Neuy
 Managing Director
 Emil-Figge-Str. 76
 44227 Dortmund
 Tel.: 0231/97 42 167
 Fax: 0231/97 42 150
 E-Mail: cn@ivamnrv.com
 www.ivamnrv.com

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
 Arcisstraße 21
 80333 München
 Tel.: 089/289 23106
 E-Mail: schwesinger@ei.tum.de
 www.MunichMicronet.de

MANO - Mikrosystemtechnik-Ausbildung in Nord-Ostdeutschland
 Nicolas Huebener
 Forschungsverbund Berlin e.V.
 Rudower Chaussee 17
 12489 Berlin
 Tel.: 030/6392-3396
 E-Mail: nicolas.huebener@zemi-berlin.de
 www.m-a-n-o.net

Kompetenzentwicklung im Rahmen des Förderprogramms Mikrosystemtechnik
 Sabine Globisch
 VDI/VDE Innovation und Technik GmbH
 Rheinstraße 10B
 14513 Teltow
 Tel.: 03328/435-199
 E-Mail: globisch@vdivde-it.de
 www.vdivde-it.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

MST-Portale
www.mstonline.de
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

