

Handreichung für die Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen

Die Handreichung wurde erstellt auf Initiative des Themenfeldes „Gewerblich-technische Ausbildung Mikrotechnologen/-innen, Aufstiegsqualifizierung“ der in den Jahren 2002 – 2008 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Aus- und Weiterbildungsnetzwerke in der Mikrosystemtechnik (AWNET) in Zusammenarbeit mit weiteren in der Bundesrepublik tätigen Akteuren der Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen.

Der Autorengruppe gehörten an:

- Dietmar Naue, BWAW Bildungswerk für berufsbezogene Aus- und Weiterbildung Thüringen gGmbH, Erfurt
- Dr. Claudia Kalisch, Universität Rostock
- Dr. Winfried Kempe, Qimonda / dresden chip academy, Dresden (zeitweilig)
- Oliver Knebusch, Regionales Berufsbildungszentrum des Kreises Steinburg AöR, Itzehoe
- Markus Lorenz, Siemens AG, SPE Siemens Professional Education, Regensburg
- Dr. Ulrich Sander, Lise-Meitner-Schule, Berlin
- Gunter Sandrock, Berufliches Schulungszentrum für Elektrotechnik, Dresden
- Norbert Schwarz, Lise-Meitner-Schule, ZEMI Zentrum für Mikrosystemtechnik, Berlin
- Dr. Gert Zinke, Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

Herausgeber:

BWAW Bildungswerk für berufsbezogene Aus- und Weiterbildung Thüringen gGmbH
Erfurt, März 2010

Inhaltsverzeichnis

1 Ziel der Handreichung, Charakterisierung des Berufes Mikrotechnologe/-in und der Breite der Einsatzmöglichkeiten (Technologiefelder, Einsatzorte)	2
2 Realisierung der Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen	5
3 Ausblick auf Karrierewege	9
Anhang	10

1 Ziel der Handreichung, Charakterisierung des Berufes Mikrotechnologe/-in und der Breite der Einsatzmöglichkeiten (Technologiefelder, Einsatzorte)

Für die Herstellung mikrotechnischer Erzeugnisse, z. B. integrierter Schaltkreise, optoelektronischer Anzeigekomponenten, Solarzellen und -module, elektronischer Bauteile, Sensoren, Aktoren und Mikrosysteme, werden technisch anspruchsvolle Verfahren eingesetzt, die umfassend qualifizierte und verantwortungsbewusst handelnde Fachkräfte erfordern.

Dafür wurde auf Facharbeiterebene 1998 der naturwissenschaftlich-technisch basierte, prozessorientierte staatlich anerkannte Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe/-in“ geschaffen.

Inzwischen liegen umfangreiche Erfahrungen aus über zehn Jahren Mikrotechnologenausbildung in verschiedenen Regionen vor. Die Handreichung soll aus der Sicht der bisherigen Entwicklung und des erreichten Standes ergänzend zur Ausbildungsordnung einer breiten Öffentlichkeit den Zugang zum Beruf Mikrotechnologe/-in erleichtern. Sie möchte außerdem mit Mikro- und Nanotechnologien und angrenzenden Gebieten befasste Unternehmen motivieren, eine Ausbildung in diesem Beruf aufzunehmen.

Zum Ausbildungs- und Einsatzspektrum der Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen lässt sich feststellen, dass inzwischen unterschiedliche Branchen und Technologiefelder vom dualen Ausbildungsberuf des Mikrotechnologen und damit von passgenau qualifizierten Mitarbeitern profitieren. Hierzu zählen sowohl kleine und mittlere Unternehmen, größere Unternehmen als auch Forschungsinstitute (vgl. Abbildung 1).

Mikroelektronik	Photovoltaik	Optohalbleitertechnologie
Fertigung und Test integrierter Logikschaltkreise, Speicherschaltkreise, darunter anwendungsspezifischer Schaltkreise, in Reinräumen	Fertigung und Test von kristallinen Solarzellen, Dünnschichtsolarmodulen	Fertigung und Test optoelektronischer Bauelemente, wie z. B. LED, optischen Sensorelementen
Mikrosystemtechnik	Aufbau- und Verbindungstechnik	Polymerelektronik
Fertigung und Test von Komponenten für Mikrosysteme, z. B. Sensoren, Aktoren, Mikrofluidikbauteile, und von Mikrosystemen	Modulintegration elektronischer, optischer u. a. Komponenten, Hybridtechnik, LTCC-Technik, Leiterplattenbestückung (THT-, SMD-Techniken), einschl. COB-, Flip-Chip-Techniken, Tests	Fertigung und Test mikroelektronischer Bauelemente auf Polymerbasis, Rolle-zu-Rolle-Verarbeitung, Inkjetverfahren
Nanotechnologie	Weitere Technologiefelder ...	
Fertigung und Untersuchung von Nanobeschichtungen, Nanokompositen, Komponenten mit nanoskaligen Strukturen	Prozessorientierte Tätigkeiten, Qualitätssicherung	

Abbildung 1: Tätigkeiten von Mikrotechnologen/-innen in verschiedenen Technologiefeldern (Beispiele)

Das Aufgabenspektrum von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen hat sich aufgrund der technisch-technologischen Entwicklung und der gestiegenen Vielfalt ausbildender Unternehmen im Laufe der Jahre bedeutend erweitert. Der Beruf erweist sich dabei als offen auch für zukünftige Entwicklungen.

Die Ausbildungsordnung zum Mikrotechnologen und zur Mikrotechnologin¹ umfasst das Berufsbild (§ 3, siehe Abbildung 2), den darauf aufbauenden Ausbildungsrahmenplan sowie Regelungen zu den Prüfungen (§§ 7, 8) und andere Fragen der Ausbildung. Der Ausbildungsordnung beigelegt ist der von der Kultusministerkonferenz verabschiedete Rahmenlehrplan für diesen Ausbildungsberuf.²

¹ Verordnung über die Berufsausbildung zum Mikrotechnologen / zur Mikrotechnologin vom 6. März 1998 (BGBl. Teil I Nr. 15 vom 19.03.1998), abrufbar z. B. unter <http://www2.bibb.de/tools/aab/ao/1111101.pdf>.

² Abrufbar unter <http://www.kmk.org/fileadmin/pdf/Bildung/BeruflicheBildung/rlp/Mikrotechnologe98-01-30.pdf>.

Ausbildungsberufsbild Mikrotechnologe/-in

Gegenstand der Ausbildung sind mindestens die folgenden Fertigkeiten und Kenntnisse:

- 1 Berufsbild, Arbeits- und Tarifrecht
- 2 Aufbau und Organisation des Ausbildungsbetriebes
- 3 Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit
- 4 Umweltschutz
- 5 Anwenden technischer Unterlagen
- 6 Planen und Organisieren der Arbeit
- 7 Dokumentieren der Arbeiten, Bedienen von Datenverarbeitungsanlagen, Datenschutz
- 8 Qualitätsmanagement
- 9 Bereitstellen und Entsorgen von Arbeitsstoffen
- 10 Sichern und Prüfen der Reinraumbedingungen
- 11 Umrüsten, Prüfen und vorbeugendes Instandhalten von Produktionseinrichtungen
- 12 Einstellen von Prozessparametern
- 13 Optimieren des Produktionsprozesses
- 14 Herstellungs- und Montageprozesse
- 15 Prozessbegleitende Prüfungen
- 16 Durchführen von Endtests
- 17 Sichern von Prozessabläufen im Einsatzgebiet

Abbildung 2: Berufsbild Mikrotechnologe/-in gemäß Ausbildungsordnung

Die Ausbildung erfolgt in einem Teil der berufspraktischen Ausbildung mit den Schwerpunkten Halbleitertechnik oder Mikrosystemtechnik. Sie ist in der Ausbildungsordnung offen gestaltet. Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen findet man deshalb in verschiedenen Bereichen.

Je nach Berufsschulstandort finden die gewählten Schwerpunkte und Einsatzgebiete der Auszubildenden unterschiedlich starke Berücksichtigung im Fachunterricht.

Die Ausbildung umfasst in der Regel 3 Jahre und wird mit einer IHK-Prüfung abgeschlossen.

Neben der schriftlichen Prüfung sind dabei die Bearbeitung betrieblicher Aufträge, deren Dokumentation und das anschließende Fachgespräch vor dem Prüfungsausschuss Bestandteil der Abschlussprüfung. Mit ihnen zeigen die Auszubildenden, dass sie in der Lage sind, das in der berufstheoretischen und berufspraktischen Ausbildung Gelernte auf die Lösung einer konkreten betrieblichen Aufgabenstellung selbständig anzuwenden. Dies stellt gleichzeitig eine hervorragende Möglichkeit dar, der Spezifik des jeweiligen Unternehmens bis hin zur Prüfung Rechnung zu tragen und für das Unternehmen anwendbare Ergebnisse hervorzubringen.

Die Vielfalt der Einsatzmöglichkeiten von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen wird zudem dadurch erweitert, dass oft bereits während der Ausbildung Zusatzqualifikationen

erworben werden können, z. B. als „IHK-Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten“ (siehe Abbildung 3) oder mit dem Zertifikat „Englisch für gewerblich-technische Berufe“ der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland.

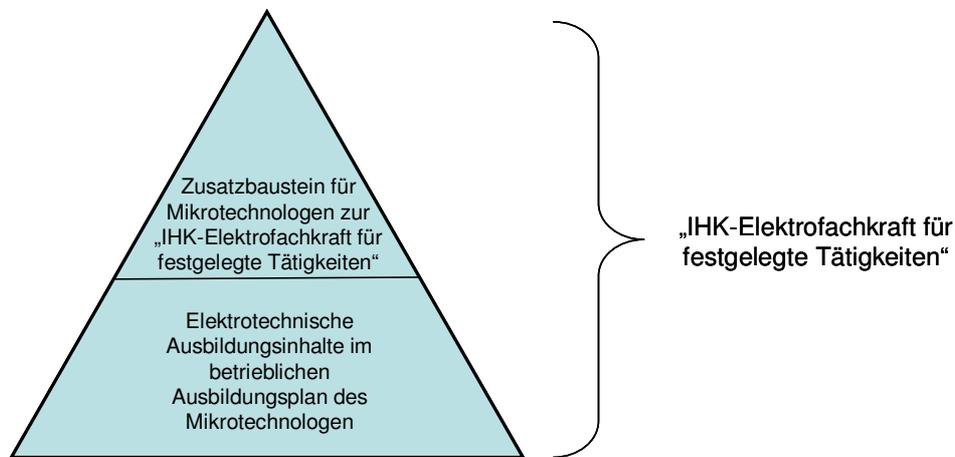


Abbildung 3: Beispiel einer Zusatzqualifikation

2 Realisierung der Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologininnen

Im Ausbildungsjahr 2008/2009 befanden sich bundesweit ca. 580 Jugendliche in der Ausbildung zu Mikrotechnologen und Mikrotechnologininnen.³

Lernorte sind entsprechend dem Grundprinzip einer dualen Ausbildung das ausbildende Unternehmen bzw. die ausbildende Einrichtung und die Berufsschule.

Die betriebliche Ausbildung mit der im Rahmenausbildungsplan der Ausbildungsordnung vorgegebenen Komplexität kann von einer Reihe von Ausbildungsbetrieben nicht immer vollständig abgedeckt werden. Ein Grund ist der hohe Spezialisierungsgrad vieler Unternehmen. Zum anderen benötigen das geforderte selbständige Planen, Durchführen und Dokumentieren von Arbeitsvorgängen und von Prozessabläufen, das Konzipieren von Tests, Erfassen von Messdaten, ihre statistische Bearbeitung und Auswertung Raum für das „Durchspielen von Varianten“, für das Vermitteln von „Aha-Effekten“. Die sensiblen Produktionsprozesse ermöglichen solche Eingriffe jedoch oft nicht. Eine Verbundausbildung in unterschiedlichsten Formen hat sich deshalb in vielen Regionen als erfolgreiches Modell etabliert und wird z. T. durch Förderprogramme auf Landes-, Bundes- und europäischer Ebene unterstützt. Hier absolvieren die Auszubildenden einen Teil der praktischen Ausbildung in anderen Unter-

³ BIBB-Datenblatt 316210 (<http://berufe.bibb-service.de/Z/B/30/31621000.pdf> vom 01.03.10).

nehmen bzw. bei einem spezialisierten Bildungsdienstleister als drittem Lernort. Im letzteren Fall übernimmt der Bildungsdienstleister oft auch die Koordinierung der Verbundausbildung.

Abbildung 4 zeigt, wo in Deutschland Schwerpunkte der Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen zu finden sind und benennt ausgewählte Ansprechpartner der (Verbund-) Ausbildungen, die mit ihren Erfahrungen gern zur Verfügung stehen.

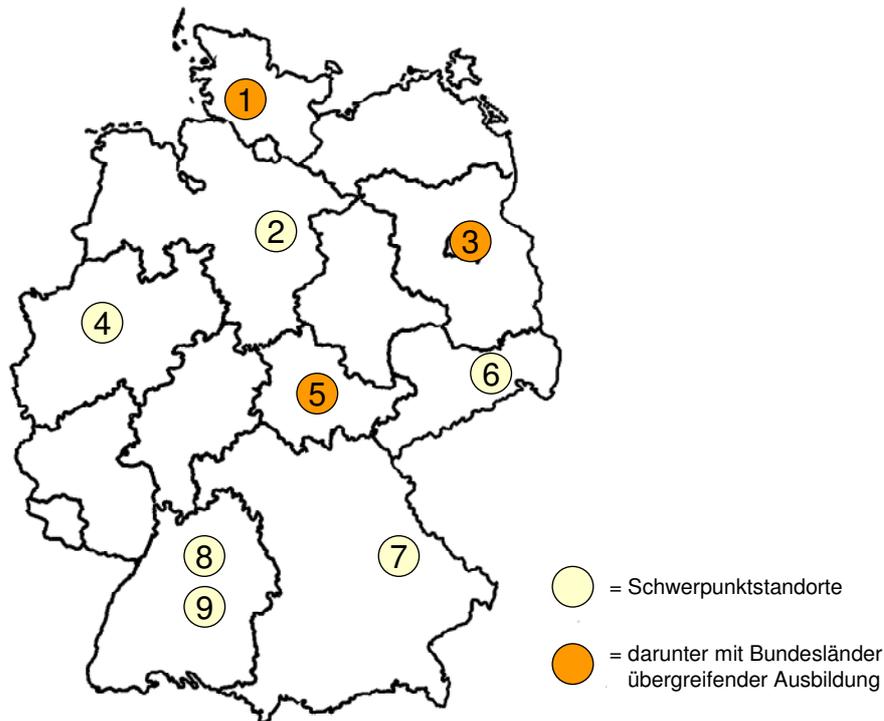


Abbildung 4: Territoriale Schwerpunkte der Ausbildung von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen in Deutschland

Nr. 1 – Itzehoe (Schleswig-Holstein)

- Verbundausbildung mit Berufsschule als Koordinator;
Aufstiegsfortbildung: Staatlich geprüfte/-r Techniker/-in Mikrotechnologien
- Berufsschule: Regionales Berufsbildungszentrum des Kreises Steinburg AöR, Itzehoe (länderübergreifende Fachklasse, z. B. für Schleswig-Holstein, Niedersachsen, Hessen, Sachsen-Anhalt, Mecklenburg-Vorpommern, Bayern, Bremen)
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Kiel
- Ansprechpartner: Oliver Knebusch, Knebusch@mikrotechnologien.de,
<http://www.mikrotechnologien.de/>

Nr. 2 – Braunschweig (Niedersachsen)

- Verbundausbildung mit einem Verein als Koordinator (Zentrum für Mikroproduktion e. V.)

- Berufsschule: Regionales Berufsbildungszentrum des Kreises Steinburg AöR, Itzehoe (länderübergreifende Fachklasse)
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Kiel
- Ansprechpartnerin: Dr.-Ing. Monika Leester-Schädel, m.leester@tu-bs.de, <http://www.zempro.de/de/Ausbildung/index.html>

Nr. 3 – Berlin

- Verbundausbildung mit Berufsschule (Lise-Meitner-Schule) als Koordinator
- Berufsschule: Lise-Meitner-Schule Berlin (Landesfachklasse mit Gastschulverhältnis für Auszubildende aus Brandenburg)
- Prüfungsausschüsse für Abschlussprüfung: IHK Berlin, IHK Potsdam, IHK Frankfurt/Oder
- Ansprechpartner: Dr. Ulrich Sander, ulrich.sander@osz-lise-meitner.eu, <http://www.osz-lise-meitner.de>

Nr. 4 – Dortmund (Nordrhein-Westfalen)

- Berufsschule: Robert-Bosch-Kolleg der Stadt Dortmund
- Unterstützungsleistungen (E-Learning-Plattform, Werkunterricht) durch Bildungsdienstleister (MST Academy);
Aufstiegsfortbildung: Geprüfter Prozessmanager-Mikrotechnologie / Geprüfte Prozessmanagerin-Mikrotechnologie (in Vorbereitung)
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Dortmund
Ansprechpartner: Markus Herber, herber@rbb-dortmund.de, <http://www.rbb-dortmund.de>,
Jörg Müller, joerg.mueller@mstacademy-dortmund.de, <http://www.mstacademy-dortmund.de>;

Nr. 5 – Erfurt (Thüringen)

- Verbundausbildung mit Bildungsdienstleister (BWAW Thüringen gGmbH) als Koordinator;
duales Studium (Berufsausbildung Mikrotechnologe/-in, Ingenieurstudium - Bachelorstudiengang an FH Schmalkalden);
Aufstiegsfortbildung: Geprüfter Prozessmanager-Mikrotechnologie / Geprüfte Prozessmanagerin-Mikrotechnologie (in Vorbereitung)
- Berufsschule: Andreas-Gordon-Schule, Erfurt (Landesfachklasse mit Gastschulverhältnis für andere Bundesländer, z. B. Niedersachsen)
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Erfurt

- Ansprechpartner: Dirk Brandt, d.brandt@bwaw-thueringen.de,
<http://www.bwaw-thueringen.de>

Nr. 6 – Dresden (Sachsen)

- Verbundausbildung mit Bildungsdienstleister (AkaTe Agricola-Institut GmbH, Niederlassung Chemnitz, dresden chip academy) als Koordinator;
duales Studium (Berufsausbildung Mikrotechnologe/-in, Ingenieurstudium - Bachelorstudiengang an der Westsächsischen Hochschule Zwickau)
- Berufsschule: Berufliches Schulzentrum für Elektrotechnik, Dresden
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Dresden
- Ansprechpartner: Gunter Sandrock, g.sandrock@bszet.de, <http://www.bszet.de>

Nr. 7 – Regensburg (Bayern)

- Verbundausbildung mit Bildungsdienstleister (SPE Siemens Professional Education) als Koordinator;
Aufstiegsfortbildung: Geprüfter Prozessmanager-Mikrotechnologie / Geprüfte Prozessmanagerin-Mikrotechnologie
- Berufsschule: Berufliches Schulzentrum „Georg Kerschensteiner“, Städtische Berufsschule I für Metall und Elektrotechnik
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Regensburg
- Ansprechpartner: Markus Lorenz, Lorenz.Markus@siemens.com,
www.siemens.de/ausbildung

Nr. 8 – Heilbronn (Baden-Württemberg)

- Verbundausbildung mit Bildungsdienstleister (FSG Facility Service GmbH) als Koordinator
- Berufsschule: Wilhelm-Maybach-Schule, Heilbronn
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Heilbronn-Franken
- Ansprechpartner: Daniel Brenig, daniel.brenig@fsg-hn.de, <http://www.fsg-hn.de>

Nr. 9 – Reutlingen (Baden-Württemberg)

- Ausbildungsverbund mit Leitbetrieb (Robert Bosch GmbH, Reutlingen)
- Berufsschule: Ferdinand-von-Steinbeis-Schule Reutlingen
- Prüfungsausschuss für Abschlussprüfung: IHK Reutlingen
- Ansprechpartner: Helmut Unger, helmut.unger@de.bosch.com, <http://www.bosch.com>

3 Ausblick auf Karrierewege

Für Unternehmen und Jugendliche sehr attraktiv ist das **duale Studium** (auch als berufsintegrierendes Studium bezeichnet). Es kombiniert bereits während der Ausbildung das Bachelorstudium mit einer Berufsausbildung als Mikrotechnologe/-in. Dieser Weg zur Sicherung des ingenieurtechnischen Nachwuchses für die Unternehmen wird bereits seit fast 10 Jahren – anfangs als Kombination von Diplomstudiengang und Berufsausbildung – erfolgreich in Thüringen und Sachsen gegangen.

Die Jugendlichen sind mit Beginn des dualen Studiums an der Hochschule immatrikuliert und haben gleichzeitig einen Ausbildungsvertrag mit dem Unternehmen. Bis zur Abschlussprüfung vor der IHK als Mikrotechnologe/-in nach 2,5 Jahren erhalten sie eine Ausbildungsvergütung vom Unternehmen, für die dann noch folgenden 2 Jahre des Studiums werden ggf. in einer Fördervereinbarung zwischen Unternehmen bzw. Einrichtung und Studenten die beiderseitigen Verpflichtungen geregelt.

Bereits ausgebildete Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen haben die Möglichkeit, ein Studium aufzunehmen, sofern sie die entsprechenden Zulassungsvoraussetzungen erfüllen, oder eine Aufstiegsqualifizierung zum Techniker bzw. Prozessmanager-Mikrotechnologie zu absolvieren.

Seit 2006 bietet das Regionale Berufsbildungszentrum des Kreises Steinburg AöR in Itzehoe länderübergreifend eine dreijährige berufsbegleitende, arbeits- und prozessorientierte **Fortbildung zum Staatlich geprüften Techniker** Mikrotechnologien bzw. zur Staatlich geprüften Technikerin Mikrotechnologien an und realisiert sie in enger Zusammenarbeit mit Partnern aus Unternehmen und Forschungsinstituten aus dem gesamten Bundesgebiet. Die Möglichkeit einer berufsbegleitenden Fortbildung unter Aufrechterhaltung der Unternehmensbindung und aufbauend auf der bereits erfolgten Berufsausbildung als Mikrotechnologe/-in hat sich als eine interessante Alternative zu einem langjährigen Studium entwickelt.

Im Jahr 2007 verabschiedete das Bundesministerium für Bildung und Forschung die Fortbildungsverordnung zur **Geprüften Prozessmanagerin-Mikrotechnologie** und zum Geprüften Prozessmanger-Mikrotechnologie. Sie wird seit 2008 in Regensburg umgesetzt. In Thüringen (Erfurt) und in Nordrhein-Westfalen (Dortmund) ist dies für 2010 geplant. Die Aufstiegsfortbildung soll Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von Unternehmen mit mikrotechnologischen Prozessen, darunter auch in der Solarindustrie, für die Aufgaben der mittleren Führungsebene qualifizieren. Der Kompetenzerwerb erfolgt am Arbeitsprozess unter Verbindung von Arbeiten und Lernen.

Anhang

Weitere Informationen zum Beruf und zur Ausbildung

- Bundesinstitut für Berufsbildung
<http://www.bibb.de> → Berufe
- Datenbank BERUFENET der Bundesagentur für Arbeit
<http://berufenet.arbeitsagentur.de/berufe/index.jsp>
- Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik (AWNENET)
<http://www.mst-ausbildung.de/Themenfelder/Gewerbl.%20Ausbildung>
- Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Fachkräftesicherung in der Mikrosystemtechnik in Thüringen (FasiMiT)
<http://www.fasimit.de/de/leistungsangebote/erstausbildung.html>
- ANH Ausbildungsnetzwerk Hochtechnologien Berlin (JOBSTARTER-Vorhaben)
<http://www.anh-berlin.de/de/ausbildung/mikrotech.html>
- beroobi – ein Projekt von Schulen ans Netz e. V.
<http://www.beroobi.de/berufe/mikrotechnologe/#/start/>
- EU-Projekt zur Entwicklung der Kompetenzen des Bildungspersonals in den Mikro- und Nanotechnologien (ComEd)
www.comed-project.eu