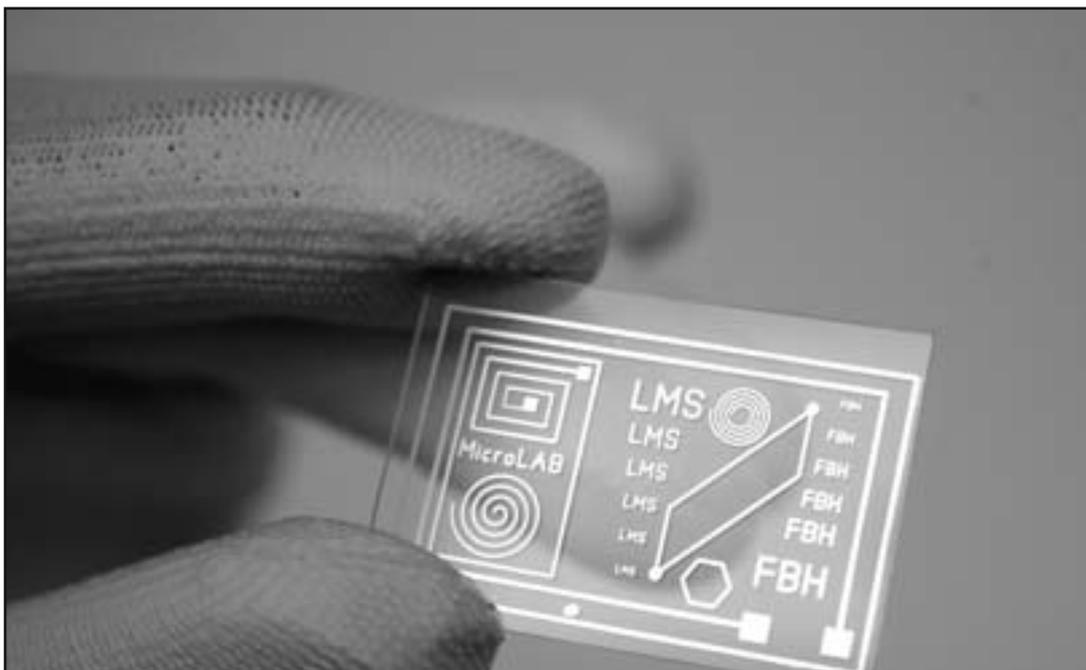


# **lernen & lehren**

Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

## **Schwerpunktthema**

### **Ausbildung in der Mikrosystemtechnik: Stand – Probleme – Ausblick**



*Alfons Botthof*  
**Anwendungsfelder und Arbeits-  
bereiche der Mikrosystemtechnik**

*Andreas Weiner*  
**Förderung selbstregulierten  
Lernens in der Ausbildung**

*Claudia Kalisch*  
**Aus- und Weiterbildung in der  
Mikrotechnologie**

*Nicolas Hübener*  
**Bedeutung von Berufsschulen  
in Bildungsnetzwerken der  
Mikrotechnologie**

---

### Impressum

„lernen & lehren“ erscheint in Zusammenarbeit mit der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik e. V. und der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V.

Herausgeber: Gottfried Adolph (Köln), Klaus Jenewein (Magdeburg), Jörg-Peter Pahl (Dresden), Willi A. Petersen (Flensburg), Georg Spöttl (Bremen), Bernd Vermehr (Hamburg)

Beirat: Josef Berghammer (München), Klaus Dähnhardt (Erfurt), Falk Howe (Bremen), Rolf Katzenmeyer (Dillenburg), Manfred Marwede (Neumünster), Rainer Petersen (Hamburg), Peter Röben (Heidelberg), Reiner Schlausch (Flensburg), Friedhelm Schütte (Berlin), Ulrich Schwenger (Köln), Thomas Vollmer (Hamburg)

Schriftleitung: Volkmar Herkner (Flensburg), Carsten Wehmeyer (Neumünster)

Kommentar: Gottfried Adolph

Heftbetreuer: Claudia Kalisch, Friedhelm Eicker

Redaktion: lernen & lehren

c/o Prof. Dr. Volkmar Herkner  
Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat),  
Universität Flensburg, 24943 Flensburg  
Tel.: 04 61 / 8 05-21 53  
E-mail: volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de

c/o Dr. Carsten Wehmeyer  
Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik (biat)  
Universität Flensburg, 24943 Flensburg  
Tel.: 04 61 / 8 05-21 57  
E-Mail: wehmeyer@biat.uni-flensburg.de

Alle schriftlichen Beiträge und Leserbriefe bitte an eine der obenstehenden Adressen.

Layout: Brigitte Schweckendieck

Verlag, Vertrieb und  
Gesamtherstellung: Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Postfach 15 59, D-38285 Wolfenbüttel  
Telefon: 0 53 31 / 80 08 40, Telefax: 0 53 31 / 80-08-58

Bei Vertriebsfragen (z. B. Adressenänderungen) den Schriftwechsel bitte stets an die Geschäftsstelle der BAG richten.

**Wolfenbüttel 2009**

**ISSN 0940-7440**

**93**

# lernen & lehren

## Elektrotechnik-Informatik/Metalltechnik

### Inhaltsverzeichnis

Kommentar: Lehrerpersönlichkeit und PISA 2  
*Gottfried Adolph*

Editorial 4  
*Claudia Kalisch*

**Schwerpunktthema:  
Ausbildung in der Mikrosystemtechnik:  
Stand – Probleme – Ausblick**

Anwendungsfelder und Arbeitsbereiche der  
Mikrosystemtechnik 5  
*Alfons Botthof*

Aus- und Weiterbildung in der Mikrotechnologie 11  
*Claudia Kalisch*

Förderung selbstregulierten Lernens in der  
Ausbildung von Mikrotechnologinnen und  
Mikrotechnologen 16  
*Andreas Weiner*

Bedeutung von Berufsschulen in  
Bildungsnetzwerken der Mikrotechnologie 20  
*Nicolas Hübener*

**Praxisbeiträge**

Vermittlung grundlegender chemischer Kenntnisse  
in der Ausbildung von Mikrotechnologinnen und  
Mikrotechnologen 25  
*Ulrich Sander/Norbert Schwarz*

Berufsschulunterricht in der Ausbildung von  
Mikrotechnologinnen und -technologen 29  
*Oliver Knebusch*

**Forum**

Lehrerhandeln im gewerblich-technischen Unterricht 32  
*Axel Grimm*

„Analytische Diagnose“ in der Nutzfahrzeugtechnik 36  
*Ralph Dreher*

Erfahrungen mit einer „Qualitätsanalyse“ an  
einer beruflichen Schule 41  
*Wolfhard Horn*

**Mitteilungen/Rezensionen**

Leserbrief 45  
*Stefan Wolf*

Pahl, Jörg-Peter: Berufsbildende Schule.  
Bestandsaufnahme und Perspektiven 45  
*Jane Porath*

**Hinweise**

Mikrosystemtechnik-Kongress 2009 47

Europaweite Studie: Anreize und Hindernisse  
bei technischen Studiengängen 47

Neue Qualität in der MINT-Nachwuchsgewinnung 47

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren 48

Ständiger Hinweis/Beitrittserklärung 49

**Schwerpunkt**

**Ausbildung in der Mikrosystemtechnik**

Gottfried Adolph

## Lehrerpersönlichkeit und PISA

„Ohne eine gute Schulbildung für die Mehrheit der Bürger funktionieren weder Demokratie noch Wirtschaft“, trommeln die Medien immer eindringlicher. Der Zusammenhang zwischen Lebensstandard und Bildung wird dadurch vielen Zeitgenossen immer bewusster. Es ist deshalb nicht weiter verwunderlich, dass das Thema Bildung zu einem Hauptthema in den kommenden Wahlkämpfen wird.

Um eine gute Schulbildung geht es also. Aber, wann ist eine Schulbildung gut, wann ist sie schlecht? Und wovon hängt eine gute Schulbildung ab? Will die Politik das bestehende System verbessern, muss sie eine Vorstellung davon haben, was besser ist. Die Frage nach gut und schlecht erscheint auf den ersten Blick einfach. Der zweite jedoch eröffnet ein Meer von „Wenn und Aber“. Was bedeutet überhaupt das Wort „gut“? (Solange es Philosophie gibt, wird darüber nachgedacht. Das Hervorgebrachte füllt ganze Bibliotheken.) Hier nur soviel: Es gibt kein gut an sich, es gibt nur ein gut wofür, ein gut in Bezug auf. Ein Messer ist gut, wenn es schneidet. In Bezug worauf ist also eine gute Schule gut? Eine gute Schule ist gut, wenn ...

Seit es die großen Untersuchungen wie TIMSS und PISA gibt, ist die Frage scheinbar geklärt. Eine Schule, ein Schulsystem ist gut, wenn die Schüler bei den Untersuchungen einen oberen Rangplatz einnehmen.

Ein Zitat aus „Die Zeit“ zeigt es deutlich. Nach dem besonders guten Abschneiden Sachsens in der letzten PISA-Untersuchung heißt es hier: „Sachsen darf nun von sich behaupten, die schlauesten Schüler der Bundesrepublik zu haben, die besten Lehrer, vermutlich sogar das beste Schulsystem.“

Es ist nicht zu bestreiten, dass von den Konstrukteuren der Tests eine qualitätvolle Arbeit geleistet wurde. Es darf aber nicht übersehen werden, dass nur das in den Tests zutage treten kann, was operationalisierbar, also messbar ist. Ob jemand z. B. Gleichungen mit zwei Unbekannten lösen kann, kann gemessen werden, nicht aber, was er aber beim Lösen solcher Gleichungen

empfindet. Ob er gerne mit Gleichungen umgeht oder von Gleichungen zeit seines Lebens angewidert sein wird, bleibt im Dunkeln.

Das Nichtmessbare wird offensichtlich systematisch ausgeklammert. So schleicht sich in das öffentliche Bewusstsein etwas Ähnliches ein, wie bei der sich auf den Behaviorismus stützenden Lernzielorientierung. Was hier geschieht, kann man wohl am besten mit der Metapher vom Eisberg deutlich machen. Hier gibt es auch das unmittelbar in Erscheinung Tretende und das nicht Sichtbare unterhalb der Wasserlinie. Jeder, der mit Eisbergen umgeht, weiß das und richtet sich danach. Niemand kommt auf die Idee, nur das Sichtbare für das Ganze zu halten. Aber genau Solches geschieht zurzeit im Bereich der Schulevaluation. Das, was durch PISA-Messungen ermittelt werden kann, wird für das Ganze gehalten. Das hat für die Lehrenden üble Konsequenzen.

Alles, was heute mit Schulevaluation, Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung zu tun hat, stützt sich auf den Begriff der Objektivität. Wo nach wissenschaftlichen Kriterien gemessen und gewichtet wird, muss es objektiv zugehen. Die Physik macht es vor: Ein Messergebnis ist nur dann objektiv, wenn das Messergebnis unabhängig ist von der Person oder besser von dem Persönlichen des Messenden. Der Messende muss austauschbar sein. Das Persönliche der messenden Person schrumpft so auf die Messfunktion zusammen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass auch bei allen Schulevaluationen diese Vorstellung von Objektivität wirksam wird. Die Aussage, „Die Schüler der vierten Klasse der Schule A sind um 20 Prozent in ihrem Textverständnis besser als die Schüler der vierten Klasse der Schule B“, muss unabhängig sein von den Personen, die die Evaluation durchgeführt haben.

Von hier ist der Schritt zur gedanklichen Reduzierung der Lehrerpersönlichkeit auch auf ihre Lehrfunktion nicht mehr weit. In diesem Denkmuster haben persönliche Eigenarten von Lehrern und Schülern in einem (objektiv)

guten Unterricht nichts zu suchen. Damit geraten die Unterrichtsmethoden in das Zentrum der Aufmerksamkeit. Die „Macken“ von Lehrern und Schülern erscheinen als Störgrößen, die mit unterrichtstechnischen Mitteln eliminiert werden können. (In der Zeit der Lernzielorientierung führte dieses Denken konsequent zu dem Schluss, dass man auf den Lehrer ganz verzichten und ihn durch programmiertes Lehrmaterial ersetzen kann. Einige „Pädagogen“ gingen so weit zu behaupten, dass man auch das Programmierete Lehrmaterial mithilfe von ausgeklügelten Programmen „automatisch“ erstellen könne. Nachdem der Behaviorismus den Lernenden auf eine Reiz-Reaktionsmaschine reduziert hatte, war das die konsequente Folge. Die heutige Forderung nach der vollen Computerisierung von Schulen lässt einen ähnlichen, wenn nicht gar gleichen geistigen Hintergrund vermuten.)

Das „PISA-Denken“ hat einige für die Schulwirklichkeit folgenschwere Prozesse in Gang gesetzt. Von den lebensaltertypischen Pisa-Aufgaben her lassen sich lebensaltertypische Lernstandards ableiten und definieren. Sie werden von der Schulbürokratie als Normen gesetzt, und ihre Erfüllung wird durch Evaluation überprüft und kontrolliert. Das, was die Obrigkeit früher mithilfe von Schulräten versuchte, wird jetzt durch die Institution der Qualitätskontrolle ersetzt. Über das Instrument der Qualitätskontrolle soll jedoch nicht nur der Ist-Zustand gemessen werden. Mit diesem Instrument soll auch die Qualität, d. h. die Effizienz des schulischen Lernens verbessert werden.

In der Praxis dieser Qualitätskontrollen geschieht es häufig, dass ein Kontrolleur mit den im Unterricht gezeigten Leistungen eines Lehrers nicht zufrieden ist. Der Lehrer müht sich, aber die Klasse „macht nicht mit“. Der Lehrer wird nervös, müht sich noch mehr und die Klasse macht noch weniger mit. Im folgenden „Beratungsgespräch“ wird dem Lehrer mitgeteilt, dass er nicht zu den Leistungsträgern gehört. Es wird ihm geraten, an einer auf Lehrmethoden ausgerichteten Lehrerfortbildung teilzunehmen.

Der überprüfte Lehrer weiß jedoch, dass sein Missgeschick überhaupt nichts mit mangelnder Methodenkompetenz zu tun hat. Er weiß, dass seine Probleme ganz woanders liegen. Sie haben mit der Welt des Operationalen, des objektiv Messbaren, mit dem Sichtbaren des Eisberges, gar nichts zu tun. Vielmehr geht es hier um die Tiefendimension, um die komplexe und vielschichtige Welt der Emotionen. Eine Welt, in der es nicht auf die Lehrfunktion des Lehrers ankommt, sondern auf seine Person. Jeder erfahrene Lehrer, jede erfahrene Lehrerin weiß: ob eine Methode in der gewünschten Weise wirksam ist, hängt nicht in erster Linie von der Methode ab, sondern vom Lehrer, der sie praktiziert. Nehmen die Schüler einen Lehrer nicht an, hilft auch die beste Methode nicht weiter. Mögen dagegen die Schüler ihren Lehrer, lieben sie ihn sogar, rückt die Methode an die zweite Stelle. Wer nicht mit ideologischen Scheuklappen die Schulwelt wahrnimmt, kann immer wieder erleben, dass es Lehrer gibt, die gegen alle Regeln der didaktischen Kunst verstoßen und doch großen Lehrerfolg aufweisen. Da gibt es z. B. einen Lehrer, der zwei linke Hände hat und dem es deshalb nie gelingt, einen Versuch aufzubauen oder gar durchzuführen. Aber weil seine Schüler ihn mögen, vielleicht sogar lieben, helfen sie ihm, den anstehenden Versuch zum Erfolg zu bringen. Sie lernen dabei viel, sowohl Fachliches als auch Allgemeines und Soziales. Jedenfalls lernen sie mehr, als wenn alles glatt über die Bühne lief.

In einer besonderen Situation befinden sich die beruflichen Schulen im dualen System. Hier geht es um Ausbildung für den Beruf, sodass Bildung durch den Beruf möglich wird. Damit versteht sich die Berufsschule nicht wie die allgemeinbildende Schule als alleinige Instanz für den Bildungsprozess. Sie versteht sich damit auch nicht als Vorbereitungsinstanz auf das spätere Leben in der „echten“, nicht-schulischen Welt. Sie zieht das Leben in der echten Berufswelt von Anfang an in ihr Bemühen um Bildung mit ein. Das hat für das Arbeiten „in der Klasse“ grundlegende Konsequenzen. Soll Bildung durch den Beruf möglich werden, muss im Unterricht alles getan werden, Neugier zu erhalten und zu fördern. Nur ein neugieriger Mensch ist ein fragender Mensch und nur ein fragender Mensch ist ein geistig wa-

cher Mensch, und nur ein solcher kann sich bilden und gebildet sein. Wer keine Fragen hat, ist geistig tot. Fragen in diesem Sinne ist das Bemühen um das Verstehen von Zusammenhängen: „Aha, so ist das.“

Mit PISA-Werkzeugen kann geistiges Wachsein in diesem Sinne nicht gemessen werden. Es kann z. B. die Lesekompetenz gemessen werden. Es kann aber nicht gemessen werden, ob jemand begierig nach Texten greift, wenn er eine brennende Frage hat und ob er überhaupt geistig so wach ist, dass Fragen zu brennenden Fragen werden.

Es geht hier nicht darum, alles, was mit PISA zusammenhängt, zu verteufeln. Lernerfolgskontrollen sind notwendig. Es läuft jedoch vieles falsch, wenn solche Kompetenzprüfungen zum Maß aller Dinge werden. In der Eisbergmetapher ausgedrückt: Der Schwerpunkt des Ganzen liegt nicht in der sichtbaren Spitze. Er liegt sehr viel tiefer. Wenn sich jedoch alles um den Schwerpunkt der Spitze dreht, eiert das Ganze und die auseinander treibenden Kräfte werden unbeherrschbar.

Der zentrale Punkt, um den sich alles schulische Lernen dreht, ist die Persönlichkeit des Lehrers. Alles läuft schief, wenn er nicht zurechtkommt, wenn er zu einer Klasse keinen Zugang findet. Im Unterricht treffen Menschen aufeinander, mit ihren Erwartungen, Wünschen und Vorstellungen und vor allem mit ihren Gefühlen. Lehrer können Vorbilder oder Feinde sein. Lehrer können geliebt oder gehasst werden. Schüler können ihnen vertrauen, ihnen misstrauen, sie ablehnen oder Angst vor ihnen haben. Es geht um Zuwendung und gegenseitige Anerkennung, Lob und Tadel und Unterstützung, um Versagensangst und Erfolgszuversicht. Es geht um Scheitern und Demütigungen. Es geht um Neugier und Gleichgültigkeit. Und das alles in hochkomplexen Strukturen. Klassen sind keine Ansammlung mehr oder weniger lernwilliger oder lernunwilliger Schüler. Klassen sind hochkomplexe soziale Körper. In ihnen können auch destruktive Kräfte wirksam werden, wenn z. B. psychisch auffällige Schüler eine Mehrheit hinter sich bringen und die Schüler, die nicht mitmachen, von der Mehrheit drangsaliert, gemobbt und gequält werden. Die wirklichen Schwierigkeiten eines Lehrers erwachsen hier. Sie ergeben sich in der Regel nicht aus methodischen Schwächen.

Wenn ein Lehrer, aus welchen Gründen auch immer, zu einer Klasse keinen Zugang findet, wenn das ihn quält und nachts nicht zur Ruhe kommen lässt, wenn alles, was er versucht, schief geht, dann kann ihm der Rat eines Qualitätsprüfers, er solle einen Fortbildungskurs in einer gerade aktuellen didaktischen Methode absolvieren, nur wie Hohn vorkommen.

Ein guter Lehrer, so heißt es, muss jeden Schüler bis an die Grenze seiner Möglichkeiten führen können und gelegentlich darüber hinaus. Ohne gegenseitiges Vertrauen kann das nicht gelingen. Je älter die Schüler sind, umso wichtiger wird die Fachkompetenz des Lehrers. Sie wird schließlich zur Basis des Schülervertrauens. Hier haben es die Lehrer der Teilzeitberufsschule besonders schwer, denn sie stehen in ständiger Konkurrenz zu den betrieblichen (Mit-)Ausbildern.

Die Fachkompetenz ist nicht unmittelbar wahrnehmbar. Der Schüler erkennt sie an der Fähigkeit, sich für ihn verständlich auszudrücken. Und das kann nur der, der „in die Schuhe“ des Schülers treten kann. Das, was heute in vielen Medien als „verständliche Wissenschaft“ in Erscheinung tritt, zeigt, wie ungeheuer schwierig das ist. Aber nur, wenn die Verständigung gelingt, können auch die Probleme gelöst werden, die sich daraus ergeben, dass im Unterricht Menschen als Personen aufeinander treffen.

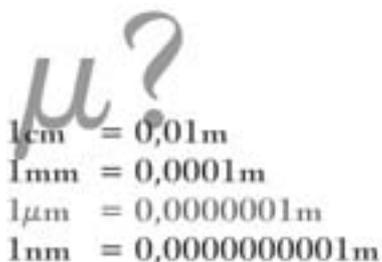
Schulen, die in PISA gut oder sehr gut abschneiden, können gute, aber auch sehr miserable Schulen sein. PISA misst Funktionalität und keine menschlichen Qualitäten. Bildung und Bildungsfähigkeit sind jedoch menschliche Qualitäten. Wer Schulen besser machen will, darf sich nicht mit PISA einengen. Er muss dort ansetzen, wo die wirklichen Schwierigkeiten auftreten. Sorgfältige Fallstudien könnten hier wahrscheinlich in Aus- und Weiterbildung sehr hilfreich sein.

Funktionalität ist kontrollierbar. Kontrolle und Überwachung führen jedoch zur Unmündigkeit. Wer dagegen den mündigen, d. h. selbstverantwortlichen Lehrer will, der in der Lage ist, Mündigkeit und Selbstverantwortung seiner Schüler zu fördern, muss die Stärke haben, Vertrauen aufzubringen. Mündigkeit ist ohne Vertrauen nicht zu haben.

Claudia Kalisch

## Editorial

Bereits in der 73. Ausgabe von „lernen & lehren“ im Jahre 2004 sollte – so ist im Editorial von GEORG SPÖTTL zu lesen – die Ausbildung in der Mikrosystemtechnik den thematischen Schwerpunkt des Heftes bilden. Damals konnten jedoch nicht genügend Autorinnen und Autoren gewonnen werden, die ihre Ausbildungskonzepte bzw. ihre Erfahrungen in der Ausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen zu schildern bereit waren. Mit der vorliegenden Ausgabe ist es uns nun gelungen, dies nachzuholen und Ihnen als Leserin bzw. Leser sowohl einen Einblick in das innovative Technologiefeld als auch einen Überblick über den derzeitigen Diskussionsstand bezüglich der Berufsausbildung in jenem Bereich zu geben.



$$\mu?$$

$$1\text{cm} = 0,01\text{m}$$

$$1\text{mm} = 0,0001\text{m}$$

$$1\mu\text{m} = 0,0000001\text{m}$$

$$1\text{nm} = 0,0000000001\text{m}$$

Die Mikrosystemtechnik (MST) zählt zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts; ihr werden neben anderen Hochtechnologien hohe wirtschaftliche Wachstumsraten vorausgesagt. In der Öffentlichkeit ist die Mikrosystemtechnik jedoch kaum bekannt, die wenigsten Menschen können mit dem Begriff etwas anfangen. Das hängt unter anderem damit zusammen, dass Mikrosysteme – also mikromechanische, mikrooptische, mikrofluidische, elektronische, biologische oder chemische Funktionselemente, die auf engstem Raum zu einem neuen, intelligenten Gesamtsystem zusammengesetzt sind – häufig Bestandteil größerer technischer Geräte und damit für den Anwender und Nutzer der Geräte nur selten zu sehen sind: z. B. mikrooptische Systeme in CD-Playern, Sensor-Aktor-Systeme zur Auslösung der Airbags im Auto, Bubble-Jet-Druckköpfe in Druckern.

Sofern diese Mikrosysteme bedacht werden, werden sie zudem eher bekannten Technologiefeldern wie der Elektronik, Automobilindustrie oder Biotechnologie und weniger der Mikrosystemtechnik zugeordnet.

Ebenso weitgehend unbekannt wie das Technologiefeld ist das Berufsbild der Mikrotechnologin/des Mikrotechnologen, und zwar sowohl unter Jugendlichen, Eltern, Lehrkräften und Berufsberatern als auch unter Geschäftsführern und Personalverantwortlichen. Um das Technologiefeld bekannter zu machen und gleichzeitig weitere Aus- und Weiterbildungswege in diesem Feld zu schaffen, wurden seit 2003 bundesweit sechs Aus- und Weiterbildungsnetzwerke aufgebaut, die in verschiedenen Regionen Deutschlands operieren, eng mit der MST-Fachcommunity (Wissenschaftler, Hersteller, Anwender, Fachverbände) zusammenarbeiten und in einem Gesamtnetzwerk (AWNET) zusammengeschlossen sind.

Die MST-Fachcommunity und der Kreis derjenigen, die in der Aus- bzw. Weiterbildung von Mikrotechnologie-Fachkräften agieren, sind in Deutschland recht überschaubar. Zu Fachtagungen und Kongressen – wie dem zweijährlich stattfindenden MST-Kongress, den jährlich stattfindenden Forumstagen zur Hochschulausbildung oder den regelmäßigen Veranstaltungen zur gewerblich-technischen Ausbildung in der Mikrotechnologie – treffen sich die Akteure und tauschen Informationen und Erfahrungen aus.

Hervorzuheben ist, dass sich auch Lehrkräfte beruflicher Schulen sowie Ausbilderinnen und Ausbilder von Unternehmen und überbetrieblichen Bildungseinrichtungen im Rahmen einzelner Arbeitsgruppen treffen, sich gegenseitig beraten und benötigte Materialien erarbeiten. Für das Jahr 2009 sind u. a. die Herausgabe einer Handreichung für Ausbilder und Personalverantwortliche, die über die Ausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen informiert, sowie die Erarbeitung eines Lehrbuches

für den Berufsschulunterricht geplant. Vorangetrieben und unterstützt werden diese Treffen u. a. von der AWWNET-Geschäftsstelle in Berlin und von der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, die als Träger der vom Bundesministerium für Bildung und Forschung aufgelegten Förderprogramme für die Mikrosystemtechnik agiert. Bereits seit einiger Zeit bringen sich auch Akteure anderer Regionen sowie Akteure benachbarter Technologiefelder wie z. B. der Nanotechnologie in diese Arbeiten ein.

In Vorbereitung dieses Heftes konnte auf die Kontakte und Kompetenzen der regionalen Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik zurückgegriffen werden, was sowohl die Auswahl verschiedener Artikelthemen ermöglichte als auch die Ansprache und Gewinnung von Autoren erleichterte.

Vorgestellt und beschrieben werden in diesem Heft zunächst Arbeitsfelder und Arbeitsbereiche der Mikrosystemtechnik, bevor im nächsten Beitrag die Berufsausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen im Fokus steht und Erfahrungen, Herausforderungen und Perspektiven dieser Ausbildungsrichtung zusammengetragen werden. In diesem und auch in den folgenden Artikeln wird deutlich, wie an den derzeit acht Berufsschulstandorten, an denen Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen ausgebildet werden, auf die berufspädagogischen Herausforderungen reagiert und welche innovativen Ausbildungs- und Unterrichtskonzepte entwickelt wurden. Erkennbar wird auch, dass sich die Ausbildung der Mikrotechnologie-Fachkräfte in den einzelnen Regionen aufgrund industrieller Schwerpunkte (Halbleiterbranche, Optische Technologien, Medizintechnik usw.) und vor allem auch aufgrund der Unternehmensgröße und der Unternehmensanzahl unterscheidet. Unterschiedlich stark sind auch Forschungseinrichtungen in die Ausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen involviert. Insbesondere die Praxisbeiträge veranschaulichen, wie vielfältig

und anspruchsvoll die Berufsausbildung in der Mikrotechnologie ist.

Betrachtet werden ferner die Rolle von beruflichen Schulen in regionalen Aus- und Weiterbildungsnetzwerken sowie notwendige, jedoch noch ausstehende Weiterentwicklungen des Berufsbildes. Angesprochen werden hier sowohl curriculare Veränderun-

gen, die sich aus dem Voranschreiten technologischer Entwicklungen ergeben, als auch Wege einer stärkeren Verzahnung von beruflicher Erstausbildung und Weiterbildung sowie einer dem interdisziplinären Charakter der Mikrosystemtechnik gerecht werdenden Ausbildung, in der die Grenzen zwischen Nano-, Mikro- und Makrowelt fließend sind.

Ergänzt werden die Beiträge zur Ausbildung in der Mikrosystemtechnik um drei Forumsbeiträge, in denen das Lehrerhandeln im gewerblich-technischen Unterricht, Ausbildungslücken in der Nutzfahrzeugtechnik sowie so genannte Qualitätsanalysen in beruflichen Schulen beleuchtet werden.

*Alfons Botthof*

## Anwendungsfelder und Arbeitsbereiche der Mikrosystemtechnik

### Mikrosystemtechnik – ein Wachstumsmarkt

Ob Elektronisches Stabilisierungsprogramm (ESP) oder Automatisches Bremssystem (ABS) im Automobil, Bewegungssensoren in Apples iPhone oder in der Wii-Steuerung von Nintendospielen in der Konsumelektronik, ob multifunktionelle Endoskope für minimal-invasive Operationen oder Mikroimplantate in der Medizintechnik, Gassensoren oder miniaturisierte Kamerasysteme in der Sicherheitstechnik oder Temperatur- und Feuchte-sensoren in der Haustechnik, Aktor- und Sensorsysteme in der Robotik, Mikroanalysesysteme in der Umwelttechnik, Systeme zur Bioanalytik oder In-vitro-Diagnostik in der Biotechnologie oder auch intelligente Etiketten, ausgestattet mit Display und RFID-Tag in der Logistik – die Mikrosystemtechnik (MST) spielt hier und in vielen weiteren Anwendungsbereichen eine heute nicht mehr verzichtbare Rolle. Sie ermöglicht in diesen Feldern verbesserte und häufig auch ganz neue Lösungen, die sich durch Miniaturisierung, Intelligenz und komplexe Komponentenintegration auszeichnen. Die Abmessungen der funktions- und leistungsbestimmenden Komponenten oder Strukturen liegen dabei häufig im Bereich weit unterhalb eines Millimeters. Die durch Mikrosystemtechnik gefertigten und integrierten Funktionselemente reichen dabei von mechanischen, elektronischen, optischen

bis zu magnetischen und fluidischen Komponenten (Abb. 1).

Aufgrund der mit MST erreichbaren Miniaturisierung können Masse, Material und Energie eingespart werden. Diese wichtigen ökonomischen, aber auch ökologischen Gesichtspunkte gewinnen eine zunehmende Bedeutung bei der Vermarktung von Produkten. Der Einsatz von Mikrosystemtechnik lohnt sich also in vielfacher Hinsicht.

Und er ist geradezu erforderlich: Insbesondere für noch vorwiegend im Forschungsbereich angesiedelten

Bio- und Nanotechnologien werden bewährte und weiter zu entwickelnde Systemtechnologien der MST in hohem Maße benötigt werden.

Mikrosysteme sind ein Wachstumsmarkt, weil immer mehr Funktionen auf kleinstem Raum komprimiert und immer leichtere, preiswertere und effizientere Produkte nachgefragt werden. Im Unterschied zur oft diskutierten Nanotechnologie ist die Mikrosystemtechnik heute bereits vielfältig kommerziell nutzbar. Das weltweite Umsatzvolumen von Mikrosystemen

#### Elektronisches Stabilitäts-Programm ESP®

- Die Komponenten des Elektronischen Stabilitäts-Programms ESP® von Bosch:
- 1 ESP-Hydroaggregat mit integriertem Steuergerät
  - 2 Raddrehzahlsensoren
  - 3 Lenkwinkelsensor
  - 4 Drehratensensor mit integriertem Beschleunigungssensor
  - 5 Steuergerät für Motormanagement zur Kommunikation

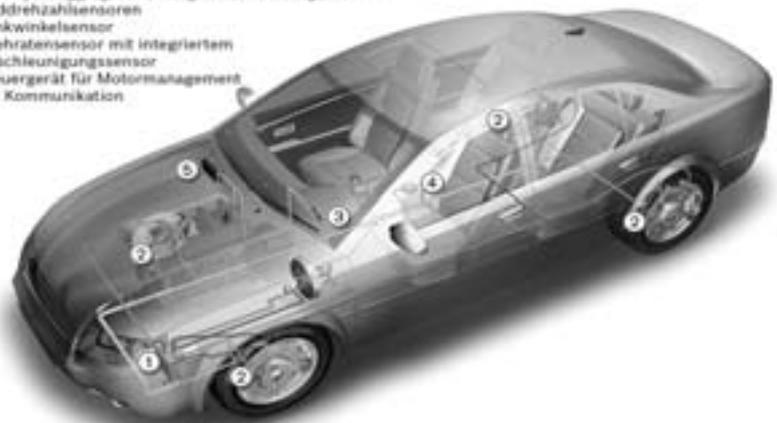


Abb. 1: Komponenten des Elektronischen Stabilitäts-Programms (ESP) (Quelle: R. Bosch GmbH)

liegt derzeit bei rund 70 Milliarden US-\$ und steigt jährlich um 16 bis 20 Prozent, eine Wachstumsrate, die andere Wirtschaftszweige deutlich übertrifft. Treibende Kräfte sind unter anderem Fahrzeug-, Kommunikations- und Automatisierungstechnik, Bio- und Medizintechnik, aber auch zunehmend die Konsumelektronik.

## Basis- und Systemtechnologien<sup>1</sup>

### Mikromechanik

Basismaterial für mechanische Mikrostrukturen ist das aus der Mikroelektronik bekannte Silizium. Durch lithografische und anschließende Ätz-Verfahren – wie sie aus der Chipproduktion in der Mikroelektronik bekannt sind – können daraus dreidimensionale Strukturen hergestellt werden. Diese sind beispielsweise Bestandteile von Beschleunigungs- oder Drehratensensoren (Abb. 2).

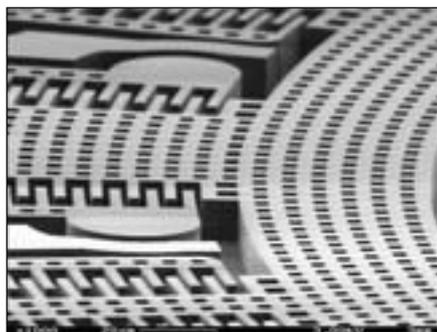


Abb. 2: Drehratensensor (Quelle FhG-ISiT)

### Oberflächenmikrobearbeitung

Die Oberflächenmikrobearbeitung dient zur Herstellung mechanischer Strukturen wie Biegebalken, Membranen oder frei bewegliche Strukturen auf einer Waferoberfläche. Verfahrenstechnisch erfolgt zunächst eine Beschichtung und Strukturierung einer Opfer- und einer Strukturschicht. Nach dem Abtragen der Opferschicht werden die produzierten Strukturen freigegeben.

### LIGA-Verfahren

Die LIGA-Technik<sup>2</sup> dient zur Herstellung dreidimensionaler Strukturen mit submikron-Seitenpräzision (hohen Aspektverhältnissen: Höhe im mm-Bereich, Rauheit der Wände < 50 nm) bei unterschiedlichen Materialien wie Polymeren, Metallen, Legierungen oder

Keramiken. Im LIGA-Verfahren hergestellte Teile können als Replikationsvorrichtung für plastische Massenproduktion dienen. Typische mittels LIGA-Verfahren hergestellte Komponenten sind Zahnräder für Miniaturgetriebe, feine Düsen und optische Linsen oder auch Lichtwellenleiter-Koppelemente (Abb. 3).

findet sich beispielsweise häufig die von Texas Instruments entwickelte DLP-Technologie (Abb. 4).

### Mikrofluidik

Eine weitere Schlüsseltechnologie für Mikrosysteme ist die Mikrofluidik. Sie erlaubt es, kleinste Mengen an Flüssigkeiten oder Gasen zu dosieren, zu

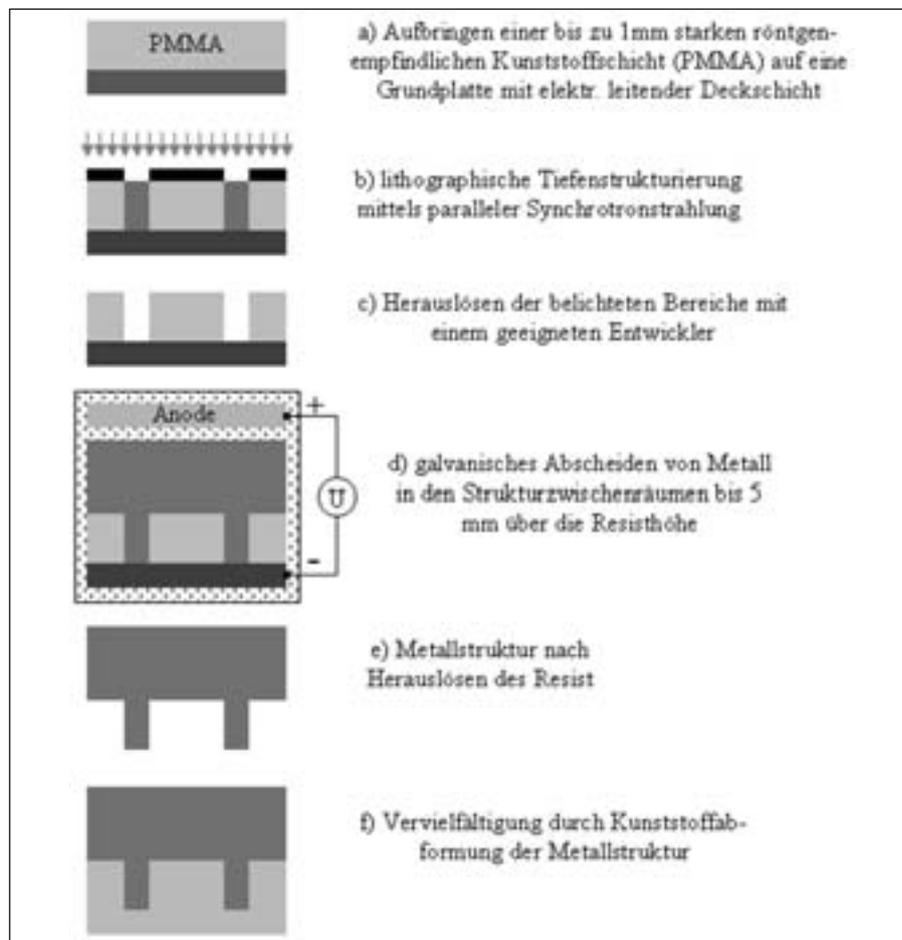


Abb. 3: LIGA-Verfahren (Foto: Forschungszentrum Karlsruhe)

### Mikrooptik

Neben den mechanischen Funktionen können durch Mikrosystemtechnik auch optische Funktionselemente realisiert werden. Miniaturisierte Linsen, Prismen, Spiegel, Polarisatoren und Beugungsgitter werden aus optischen Werkstoffen (Gläser, Spezialgläser, Silizium) mittels Mikrofertungsverfahren hergestellt. Hiermit ist es möglich, kostengünstig in monolithischer Technik, d. h. auf nur einem einzigen Siliziumkristallchip zu produzieren. Hergestellt werden können z. B. Linsenarrays mit einigen hunderttausend Linsen, wie sie beispielsweise für LCD-Displays benötigt werden. In heutigen Beamern

transportieren, zu prozessieren und schließlich zu analysieren. Mikrosystemtechnik erlaubt die Herstellung fluidischer Funktionskomponenten wie Kanälen, Pumpen, Ventile, Mischern und Trennern, die größtenteils bereits aus polymeren Kunststoffen mittels Heißprägetechnik kostengünstig gefertigt werden können (Abb. 5). Hier von profitiert auch die klassische Chemie, da Mikroreaktoren entwickelt werden können, die neben der direkten Herstellung von Produkten die Erforschung der Reaktionen und der Kinetik bei chemischen Vorgängen präzise ermöglicht.

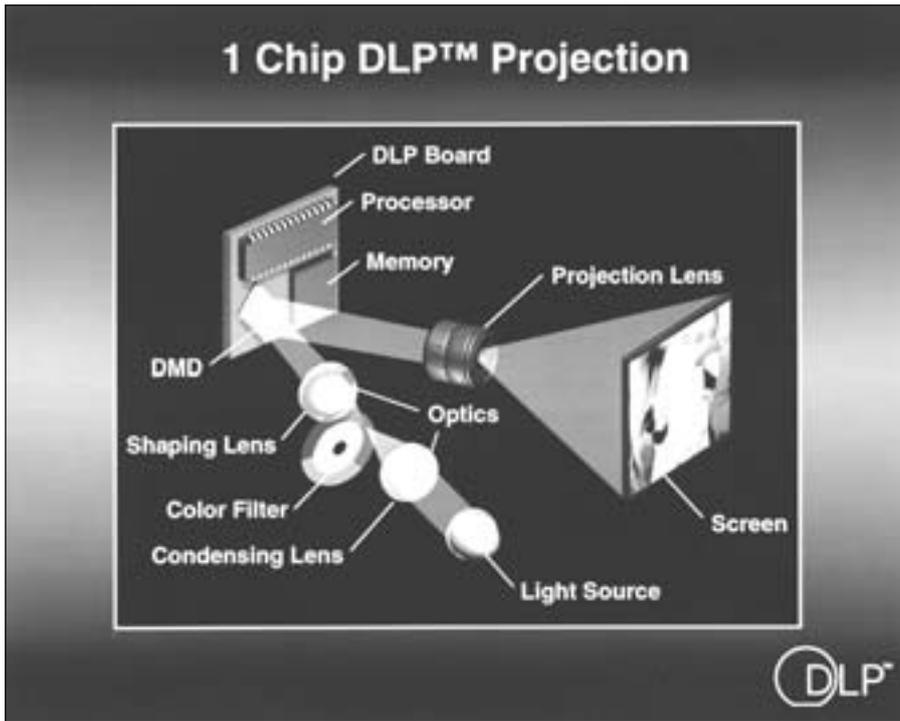


Abb. 4: Mikrospiegel auf einem DLP®-Chip (Quelle TI Inc.)

#### Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT)

Die AVT umfasst die Gesamtheit der Technologien und Entwurfswerkzeuge, die zur Integration auf engstem Raum benötigt werden. Sie ermöglicht die Verknüpfung von mikroelektronischen und nichtelektronischen Mikrokomponenten zum vollständigen System. Zudem sorgt die AVT zusammen mit einer funktionellen Gehäusetechnik für eine Schnittstelle zur Makroumgebung, damit beispielsweise sensorisch erfasste Informationen über eine elektrische Schnittstelle zur Auswertung weitergegeben werden können. Funktionalität, Qualität und Wirtschaftlichkeit von Mikrosystemen werden im Wesentlichen von der AVT bestimmt. Eine gängige Technik ist das Drahtbunden (Löten, Kleben oder Schweißen von dünnen Drähten), wodurch Bauelemente auf einem Substrat montiert und anschließend durch dünne Drähte (aus Aluminium oder Gold) mit diesem verbunden werden. Eine relativ große Bedeutung nimmt in der Mikrosystemtechnik die „Flip-Chip-Technik“ ein. Es ist die flächensparendste Chipmontage und -kontaktierungstechnologie. Mit der Wahl der Anzahl der Kontakte pro Chip können neben einer hervorragenden elektrischen Signalübertragung sowohl das Wärmeleitvermögen

(thermische Kontakte) als auch die mechanische Stresseinwirkung (Befestigungskontakte) gezielt eingestellt werden. Bei der Flip-Chip-Technik wird das Funktionselement mit der Systemseite nach unten über speziell präparierte Anschlusskontakte mit dem Substrat verbunden.

#### Technologie- und Anwendungstrends

##### Potenziale der Mikrosystemtechnik

Das zentrale Paradigma der Mikrosystemtechnik ist die „Systemintegration“. Dies hat ein beträchtliches, bislang erst in Ansätzen genutztes Potenzial, betrachtet man aktuelle Trends und Erfordernisse in Produkten und Entwicklungen in der Hochtechnologie:

- Viele künftige Produkte werden noch mehr als heute mit „Sinnen“ ausgestattet und kabellos vernetzbar sein. Sie werden intelligent auf Veränderungen in ihrer Umgebung reagieren können, energieautark, kommunikations-, entscheidungs- und selbstdiagnosefähig sein. Diese künftigen Merkmale erhöhter Funktionalität sowie der Trend zur weiteren Miniaturisierung erfordern den Einsatz von intelligenter Sensorik sowie leistungsfähiger Aktorik. Produkte werden zur Interaktion mit der Umwelt sowie untereinander befähigt.
- Im Bereich der Bio- und Nanotechnologie sowie in den Materialwissenschaften zeichnen sich weitere wirtschaftliche Verwertungsszenarien durch deren Integration in (Mikro-/Makro-)Systeme ab: Nanostrukturen weisen so z. B. neue physika-

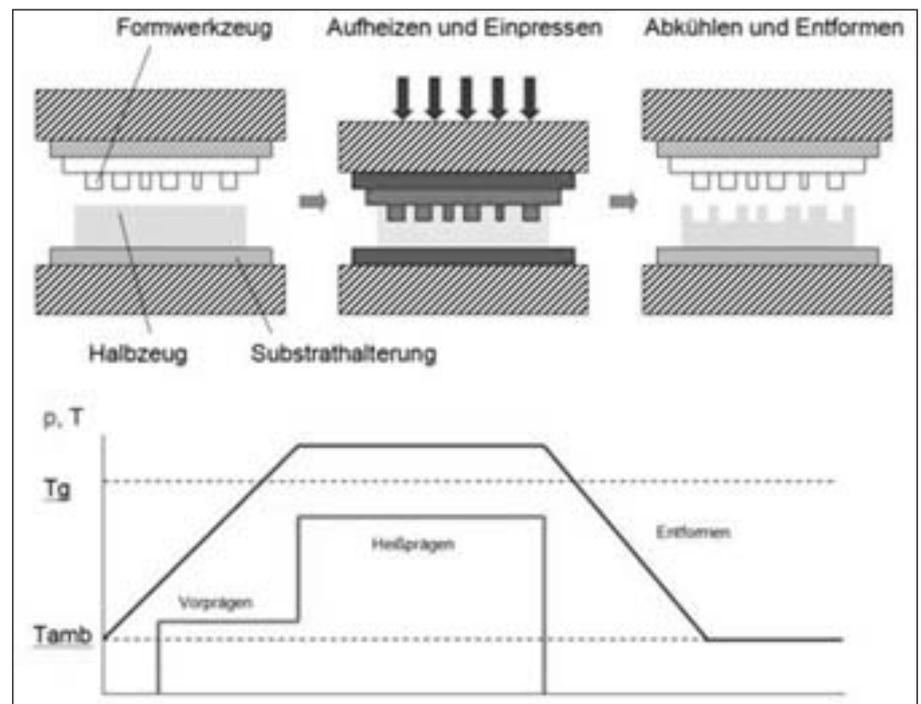


Abb. 5: Heißprägen von Polymeren (Quelle: BMBF-gefördertes Verbundprojekt „ProZell – Produktionstechnologie für Mikroenergiesysteme“)

lisch-chemische Eigenschaften und damit verbundene Funktionalitäten auf. Sie können aber nur zur wirtschaftlichen Anwendung gelangen, wenn diese auch in eine Makroumgebung eingebettet werden. Auch die Bedienbarkeit „nanohaltiger“ Komponenten ist nur in der Makrowelt möglich.

**Systemintegration**

Während die Mikroelektronik eine Weiterentwicklung in Richtung Nanoelektronik vollzieht – abwärts skalierend weiter „Moore’s Gesetz“<sup>3</sup> folgt („More Moore“) –, kommt auf die Systemtechnologien, die im Zusammenhang mit der Mikrosystemtechnik entwickelt werden, die Herausforderung zu, neue funktions- und leistungsbestimmende Komponenten in Mikro- und Makroumgebungen zu integrieren und damit im wahrsten Sinne „anschlussfähig“ zu machen.

Im ersten Fall bedeutet Systemintegration hier die Höchstintegration mikro-, respektive nanoelektronischer Bauelemente. Im zweiten Fall geht es darum, funktionalisierte Komponenten aufzubauen, zu verbinden und hybrid zu integrieren.

Für die funktionale Einbindung von nano-, biotechnologischen, mikrooptischen, mikromechanischen oder mikrofluidischen Komponenten – d. h. für die Systemintegration – stellt die Mikrosystemtechnik bereits heute ein umfangreiches, wenngleich immer weiter zu entwickelndes Reservoir an Lösungen bereit. Die Ingenieurwissenschaft „Mikrosystemtechnik“ bietet damit die konzeptionelle Antwort auf die zunehmend transdisziplinären Produktlösungsansätze, wie sie von „konvergierenden Technologien“ erwartet werden (Abb. 6).

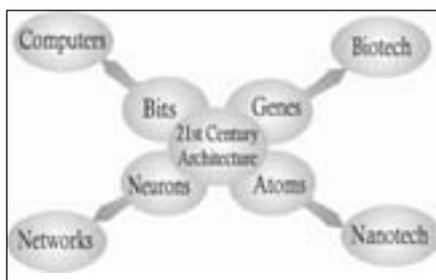


Abb. 6: Konvergierende Technologien (Roco/Bainbridge 2002, S. 62)

Gerade die Nutzung der „converging technologies“ (bekannt auch unter „NBIC“: Nano, Bio, Info, Cogno oder BANG-Technologies: Bits, Atoms, Neurons, Genes) ist ohne eine aus der Mikrosystemtechnik heraus evolutiv weiterentwickelte Systemtechnologie nicht denkbar.

Die MST ist also ein wichtiger Schlüssel für den Zugang in die Welt der Zellen (Bio) und Atome (Nano). Die meisten Entwicklungen der Nanotechnologie sind ohne Mikrosystemtechnik nicht nutzbar. Durch ihre integrierende Funktion ist die Mikrosystemtechnik ein idealer Vermittler zwischen der Nanowelt und unserer Alltagsumgebung im Makromaßstab. Die Nanotechnologie nutzt gezielt einzelne Atome und Moleküle zum Aufbau von Teilchen und kleinen Struktureinheiten, um Werkstoffe mit neuen Eigenschaften sowie winzigste Komponenten und Systeme herzustellen. Für vermarktbare Produkte ist die in winzigsten Strukturen operierende Nanotechnologie jedoch erst dann nutzbar, wenn es Schnittstellen zwischen den immer kleiner werdenden Strukturen der Mikro-/Nanoelektronik und den in der Regel erheblich größeren Strukturen der Anwendungssysteme gibt. Die dazu benötigten Systemtechnologien werden in der Mikrosystemtechnik entwickelt bzw. bereits bereitgestellt.

Ein Beispiel hierfür ist ein Festplattenlaufwerk, dessen Speicherkapazität auf dem nanotechnologischen „GMR-Effekt“<sup>4</sup> beruht (Abb. 7). Das Schreiben und Lesen der Daten, letztlich die Nutzung also des GMR-Effekts, geschieht durch ein komplexes Mikrosystem aus mikromechanischen und laseroptischen Komponenten.

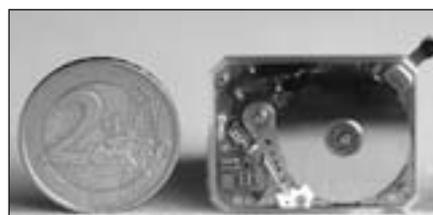


Abb. 7: 1"-Miniatur-Festplattenlaufwerk (Quelle: Toshiba)

Eine besondere Herausforderung besteht in der Integration biologischer Systeme in technologische Artefakte. Neuro-Chips können einen direkten Kontakt zu lebenden Nervenzellen herstellen, sodass hochempfindliche

Sensoren die schwachen elektrischen Signale der Zelle aufnehmen und verstärken können. Hier und auch bei medizintechnischen Implantaten ist die Biokompatibilität zu berücksichtigen; etwa, wenn Kontaktlinsen mit integrierter Elektronik und Mikro-Leuchtdioden zu winzigen implantierbaren Bildschirmen werden oder kompakte, miniaturisierte Diagnostiksysteme zur automatisierten Analyse von Körperflüssigkeiten (z. B. Blut) eingesetzt werden.

**Energieautarke Mikrosysteme**

In vielen Anwendungsfeldern der Mikrosystemtechnik (Medizintechnik, Umweltmesstechnik, Sicherheit, Logistik, Haustechnik etc.) ist es notwendig, miniaturisierte Systeme bei hoher Funktionalität, Zuverlässigkeit und Kommunikationsfähigkeit über lange Zeit wartungsfrei, d. h. auch ohne Batteriewechsel zu betreiben. Verteilte Sensoren oder mobile Mikrosysteme werden daher die für ihren Betrieb notwendige Energie auf unterschiedlichste Weise, auf jeden Fall aber drahtlos, aus ihrer unmittelbaren Umgebung gewinnen müssen. Körpernahe Systeme (z. B. zur Messung und Übertragung von medizinischen Vitalparametern) können Energie aus Körperwärme oder körperlicher Bewegung nutzen. Mikrosysteme mit Fernüberwachungsfunktionen – beispielsweise bei Produktionsanlagen oder in Fahrzeugen – können Energie aus Vibrationen aufnehmen. Vornehmlich werden hier thermoelektrische und piezoelektrische Effekte, bekannt vom Zündmechanismus in Gasfeuerzeugen, genutzt. Aktuell bringt der Reifenhersteller Pirelli einen Reifendrucksensor auf den Markt, der seine Stromversorgung aus der Bewegungsenergie des Rades bezieht (Abb. 8).



Abb. 8: Energieautarker Reifendrucksensor (Quelle: Siemens VDO Corp.)

## Vernetzte Mikrosysteme

Die RFID-Technologie ist erst der Anfang einer Entwicklung, die eine berührungslose Vernetzbarkeit von Objekten ermöglicht. Die auf RFID-Technologie basierenden intelligenten Etiketten oder Komponenten werden künftig auch sensorische und aktorische Funktionselemente enthalten und i. o. g. Sinne energieautark sein. Damit ergeben sich ganz neue Anwendungen z. B. bei der Überwachung von Lebensmitteln in der Handelslogistik oder in körpernahen Diagnose- und Therapiesystemen (z. B. Blutzuckermessung und automatisierte Insulinzufuhr). Auch in der Industrierobotik kann mithilfe leistungsfähiger Mikrosysteme eine kooperative, individualisierte und hochgradig parallelisierte Produktion ermöglicht werden, allerdings mit höchsten Ansprüchen an zuverlässiger Kommunikation in Echtzeit.

Eine Weiterentwicklung in Richtung hochgradiger Miniaturisierung und komplexer 3D-Integration von drahtlos in ad-hoc-Netzwerken kommunizierenden Mikrosystemen steht gegenwärtig auf zahlreichen Forschungsagenden. In den USA wird dieser Ansatz mit dem Begriff „smart dust“ überschrieben, in Deutschland ist er vornehmlich mit dem E-Grain-Konzept der Fraunhofer-Gesellschaft verbunden (Abb. 9).

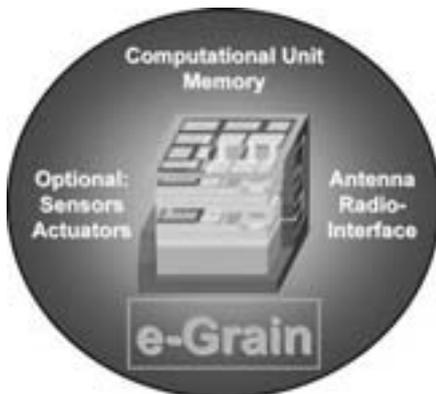


Abb. 9: E-Grain (Fraunhofer-IZM; [www.e-grain.org](http://www.e-grain.org); Zugriff am 21.11.2008)

## Intelligentes Ambiente

Mit den skizzierten Trends zur weiteren Hardware-Miniaturisierung, der Netzwerkfähigkeit von Produkten, der jederzeitigen und allerorten möglichen Einkopplung in zunehmend miteinander verschmelzende Netzinfrastruk-

turen und einer weitgehenden Energieautarkie ist die Mikrosystemtechnik mit den sensorischen und aktorischen Komponenten in der Lage, intelligente Umgebungen zu gestalten.

Schlagworte wie „ambient intelligence“, „ubiquitous computing“ oder „pervasive computing“ in Verbindung mit MST stehen für die ingenieurwissenschaftlichen Konzepte zur Realisierung der Szenarien von einem intelligenten Haus (Abb. 10), einer smarten Fabrik oder einem sicheren, d. h. unfallfreien Verkehr.

### Anwendungsbereiche von Mikrosystemen im intelligenten Haus

- Betriebs- und Kontrollfunktionen (u. a. in Sanitär, Heizung, Lüftung/Klima, Elektrik, Licht mit integrierter Verbrauchskostenoptimierung)
- Sicherheit und Überwachung in Form von Haus- und Einzelraumüberwachung (u. a. Kinderzimmer und Urlaubswachschutzservice)
- Gesundheit/Pflege (medizinische Diagnostik und Vorsorge, intelligentes WC, Kranken-/Alten-/Behindertenbetreuung, Notrufsystem)
- Hausgerätesteuerung (inkl. Hausgerätemonitoring, Hausgeräte- und PKW-Diagnostik, Hausgerätefernbedienung, Serviceroboter)
- Heimlogistik (Einkaufs- und Speiseplanung)
- Kommunikation (inkl. TV, Video, Audio, PC, Teledienste)
- Entertainment und Hobby (Internet-Game, TV, Garten, Heimtierkontrolle und -versorgung, Aquarien/Terrarien)

Abb. 10: Anwendungsbereiche von Mikrosystemen im intelligenten Haus (REICHL 2003, S. 24)

Viele so genannte „living labs“ arbeiten an intelligenten Häusern, in denen nahezu alle Geräte und Systeme lokal vernetzt und durch eine umfangreiche, aber nahezu unsichtbare Sensorik in den Räumen ergänzt werden.

Dies ermöglicht die Kommunikation und Steuerung bislang unabhängiger Produkte, respektive Systeme. Insbesondere durch ein intelligentes Energiemanagement (Lastmanagement in Kombination mit ausgefeilter Einzelraum-Temperatursteuerung) kann die MST zu ökologischen und ökonomischen Lösungen im Privathaushalt beitragen.

Eine Fokussierung auf technologische Unterstützungssysteme für ältere, kranke oder behinderte Menschen wird mit dem Konzept des „Ambient Assisted Living“ vorgenommen. Ziel ist es u. a., Produkte und Dienstleistungen zu etablieren, die es den Menschen erlauben, in ihrer gewohnten Umgebung weitgehend autonom leben zu können, sie von schweren oder monotonen Tätigkeiten zu entlasten und zudem eine sozialfürsorgerische oder ärztliche Betreuung zu ermöglichen. Schwerpunkte liegen hier in der Unterstützung bei der Organisation des Alltags (benutzergerechte Alltagstechnik, Sicherheitssysteme, Steuerung von Haus- und Gerätetechnik), im Bereich Gesundheit und Fitness (Ernährungsmonitoring, Home-Care, Telemedizin) und bei der Einbindung in das soziale Umfeld (Kommunikationssysteme, Unterstützung hinsichtlich Mobilität, Fernbetreuung durch Familie und Nachbarn).

Gerade das letzte Beispiel zeigt, wie wichtig es für erfolgreiche Produkt- und Prozessinnovationen ist, dass technologische Entwicklungen sozio-ökonomische Implikationen sowie Bedürfnisse und Befindlichkeiten der adressierten Endanwender berücksichtigen. Die Erfolgsgeschichte der Mikrosystemtechnik über die vergangenen 20 Jahre zeigt, dass dies offenbar überwiegend gelungen ist und das Technologieparadigma Mikrosystemtechnik noch eine Vielzahl von Anwendungspotenzialen in den gesellschaftlichen Vorsorgebereichen – Umwelt, Sicherheit, Gesundheit und Energie – verspricht.

## Schlussbemerkung

Die Mikrosystemtechnik benötigt für die erfolgreiche Erschließung ihrer vielversprechenden Potenziale für Wirtschaft und Beschäftigung qualifizierte Fachkräfte auf allen Funktionsebenen in den Unternehmen der skizzierten

Anwendungsfelder wie auch in Forschungseinrichtungen. Der akademischen und gewerblichen Ausbildung kommt hier neben der wissenschaftlichen Weiterbildung und dem Lernen in Kooperationen und Netzwerken eine hohe Bedeutung zu. Um von Entwicklungen im Bereich der Hochtechnologie erfolgreich profitieren zu können, sprich: marktfähige Dienstleistungen und Produkte zu entwickeln, benötigen Unternehmen zunächst die Befähigung, Potenziale einer Technologie zu erkennen, und in einem zweiten Schritt, die mit der Technologie verbundenen neuen Möglichkeiten für das eigene Geschäft nutzbar zu machen. Hierfür sind qualifizierte Beschäftigte unabdingbar, die diese Fähigkeiten haben, Entwicklungen in der Mikrosystemtechnik für neue Produkte oder Produktionsverfahren zu nutzen. Die Voraussetzungen für Kompetenzentwicklung zur MST in Deutschland sind sehr gut:

- Deutschland hat ausreichend grundständige und Schwerpunkt bezogene Studiengänge zur Mikrosystemtechnik.
- Im gewerblichen Bereich haben sich Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen etabliert. Man schickt sich an, auch Kernkompetenzen für den Bereich der Nano-, Bio- und optischen Technologien in das Curriculum zu integrieren.
- Mit den Aus- und Weiterbildungsnetzwerken ist seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung eine hervorragende Infrastruktur zur Kompetenzentwicklung aufgebaut worden.

Erkenntnisse aus einer Verbleibstudie zu Absolventen von MST-Studiengän-

gen (GRÜHN/PFIRRMANN/ESCHENBACH 2002) und Erfahrungen mit ausgebildeten Mikrotechnologinnen und -technologen belegen die hohe Nachfrage nach und insbesondere die überdurchschnittliche Zufriedenheit von Arbeitgebern mit MST-Fachkräften.

### Anmerkungen

- 1 Eine gute und medial aufbereitete Übersicht über die wesentlichen Technologien der Mikrosystemherstellung (Mikrobearbeitung, Fotolithografie, Ätzen, Dünnschichtauftragung, LIGA und komplementäre Techniken wie Bonden, Laser- oder Ultraschallbearbeitung, elektroerosive Bearbeitung etc.) bietet die CD-ROM „World of Microsystems“. In der Schule und im Rahmen der gewerblichen Ausbildung unterstützend einsetzbare Materialien finden sich auf der Multimedia-CD „Mikrowelten – Eine Reise in die Mikrosystemtechnik“.
- 2 LIGA: Röntgen-Lithographie, Galvanoformung, Abformung.
- 3 Faustregel, nach der sich die Anzahl an Transistoren auf einem handelsüblichen Prozessor aufgrund einer Verringerung der Strukturgrößen („Integrationsdichte“) alle achtzehn Monate verdoppelt.
- 4 PETER GRÜNBERG vom Forschungszentrum Jülich erhielt 2007 den Nobelpreis für den 1988 entdeckten Riesenmagnetowiderstandseffekt (GMR-Effekt). Dieser beruht auf der magnetischen Kopplung dünner Metallschichten. Dadurch konnte die Speicherkapazität von Festplattenlaufwerken nicht nur für PCs, sondern auch für Videorekorder und tragbare Musikabspielgeräte (MP3-Player) in den Gigabyte-Bereich gesteigert werden.

### Literatur und Verweise auf weiterführende Informationen

- ASTOR, M./PFIRRMANN, O. (2006): Trendreport MST 2020 – Innovative Ideen rund um die Mikrosystemtechnik. Berlin.
- BOTTHOF, A./PELKA, J. (Hrsg.) (2003): Mikrosystemtechnik – Zukunftsszenarien. Berlin/Heidelberg.
- BOTTHOF, A. U. A. (2007): Mikrosystemtechnik. In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): Technologieführer – Grundlagen, Anwendungen, Trends. Berlin/Heidelberg. S. 68–73.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (2002): Mikrowelten – Eine Reise in die Mikrosystemtechnik. CD-ROM.
- EUROPEAN PLATFORM ON SMART SYSTEMS INTEGRATION (2007): Strategic Research Agenda. Version 1.3 ([www.smart-systems-integration.org](http://www.smart-systems-integration.org); Zugriff am 21.11.2008).
- FSRM, MIB, VDI/VDE-IT, YOLE (2003): World of Microsystems. CD-ROM ([www.mib.ch/microsystems](http://www.mib.ch/microsystems); Zugriff am 21.11.2008).
- GRÜHN, D./PFIRRMANN, O./ESCHENBACH, R. (2002): Berufsverbleib und Qualifikationsverwendung von Universitäts- und Fachhochschulabsolventender Mikrosystemtechnik. Berlin.
- MENZ, W. (2005): Mikrosystemtechnik für Ingenieure. Weinheim.
- MESCHEDER, U. (2004): Mikrosystemtechnik – Konzepte und Anwendungen. Wiesbaden.
- REICHL, H. (2003): Das Leben im Jahr 2020. In: BOTTHOF, A./PELKA, J. (Hrsg.): Mikrosystemtechnik – Zukunftsszenarien. Berlin/Heidelberg. S. 5–33.
- ROCO, M. C./BAINBRIDGE, W. S. (Hrsg.) (2002): Converging Technologies for Improving Human Performance – Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science. Arlington, Virginia.

Claudia Kalisch

# Aus- und Weiterbildung in der Mikrotechnologie

## Erfahrungen, Herausforderungen und Perspektiven

### Einleitung

Die in der Hochtechnologie tätigen Unternehmen weisen ein hohes Qualifikationsniveau ihrer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf. Gut ausgebildete Facharbeiterinnen und Facharbeiter unterstützen die Ingenieure und Wissenschaftlerinnen, indem sie u. a. Anlagen einrichten und warten, Prozesse überwachen, Analysen durchführen, Komponenten herstellen und Bauteile zusammenführen und/oder die Produktqualität prüfen. Mit zunehmender Unternehmensgröße steigt der Anteil von Facharbeiterinnen und Facharbeitern in der Belegschaft deutlich an (vgl. u. a. ABICHT 2008, S. 28).

Als Reaktion auf den ansteigenden Fachkräftebedarf in der Mikrotechnologie wurde im Jahre 1998 – auf Bestreben von Unternehmen der Mikroelektronik und Halbleitertechnik sowie von Forschungsinstitutionen – der Beruf der Mikrotechnologin/des Mikrotechnologen neu geordnet. Eine ursprünglich für 2003 anvisierte Überarbeitung des Mikrotechnologen-Berufsbildes steht bis heute aus. Die vorliegenden Erfahrungen aus der nun zehnjährigen „Erprobungszeit“ bieten eine reichhaltige Diskussions- und Arbeitsgrundlage. Relevant sind diese Erfahrungen u. a. für die in anderen Hochtechnologiebereichen (Nano, Bio, Opto) geführte Diskussion um gegenwärtige und zukünftige Berufsbilder (vgl. u. a. ABICHT/FREIKAMP/SCHUMANN 2006, S. 44 f.).

Im Folgenden werden, ausgehend von einer kurzen Beschreibung von Tätigkeitsfeldern von Mikrotechnologinnen und -technologen sowie von Ausbildungscharakteristika, Schwierigkeiten und Herausforderungen benannt, die sich in der Ausbildungspraxis zeigen. Daran anschließend werden erste Lösungsansätze und weitere Perspektiven vorgestellt.<sup>1</sup>

### Arbeitsfelder von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen

Seit der Neuordnung dieses Berufes wurden bundesweit ca. 1.200 Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen ausgebildet; jährlich kommen etwa 170 weitere hinzu.<sup>2</sup> Sie sind an der Herstellung mikrotechnischer Bauteile und Produkte – wie z. B. Mikroprozessoren, optoelektronische Anzeigekomponenten, Solarzellen, Sensoren, Aktoren und Mikrosysteme – beteiligt. Diese Fachkräfte arbeiten sowohl in der Produktion bzw. in produktionsunterstützenden Abteilungen als auch in Forschungs- und Entwicklungsbereichen. Hier planen, begleiten und bewerten sie technisch anspruchsvolle und hoch komplexe Fertigungsverfahren.

Die Breite mikrotechnologischer Anwendungsfelder und die Vielfältigkeit der Produktpalette wirken sich auch auf die Tätigkeiten und Aufgaben der Fachkräfte aus. Ihre Einsatzgebiete unterscheiden sich in den einzelnen Unternehmen sehr stark (Abb. 1 und Abb. 2). Das in der Öffentlichkeit vorherrschende Bild, dass Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen primär in der Halbleiterindustrie tätig sind, stimmt nicht ganz. Nur ein Teil von ihnen arbeitet täglich im Reinraum.



Abb. 1: Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen am Arbeitsplatz: FBH Berlin



Abb. 2: Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen am Arbeitsplatz: Anleitung eines Auszubildenden in der Lötmontage von Sensoren, Elbau GmbH Berlin

### Standorte der Ausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen

Derzeit werden in 14 Bundesländern Mikrotechnologinnen und -technologen ausgebildet, die Ausbildungszahlen weisen jedoch deutliche regionale Unterschiede auf (s. Abb. 3). Zu den ausbildungsstarken Ländern zählen Thüringen, Sachsen und Baden-Württemberg mit jeweils knapp 100 Auszubildenden in den drei Ausbildungsjahren. Es folgen Bayern, Nordrhein-Westfalen und Berlin mit jeweils 60 bis 70 Lehrlingen. In den übrigen Bundesländern werden jeweils nur ein bis zwölf Mikrotechnologinnen und -technologen ausgebildet (vgl. BIBB-Datenblatt 316210). Die berufstheoretische Ausbildung erfolgt derzeit an acht Berufsschulen in sieben Bundesländern (s. Abb. 4). Die Mehrzahl der Schulen bildet die Auszubildenden der jeweiligen Region aus. Eine Ausnahme stellt die Berufliche Schule des Kreises Steinburg in Itzehoe dar, in der im Jahre 2007 Auszubildende aus Schleswig-Holstein, Bremen, Niedersachsen, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt, Hessen und auch Bayern lernten.

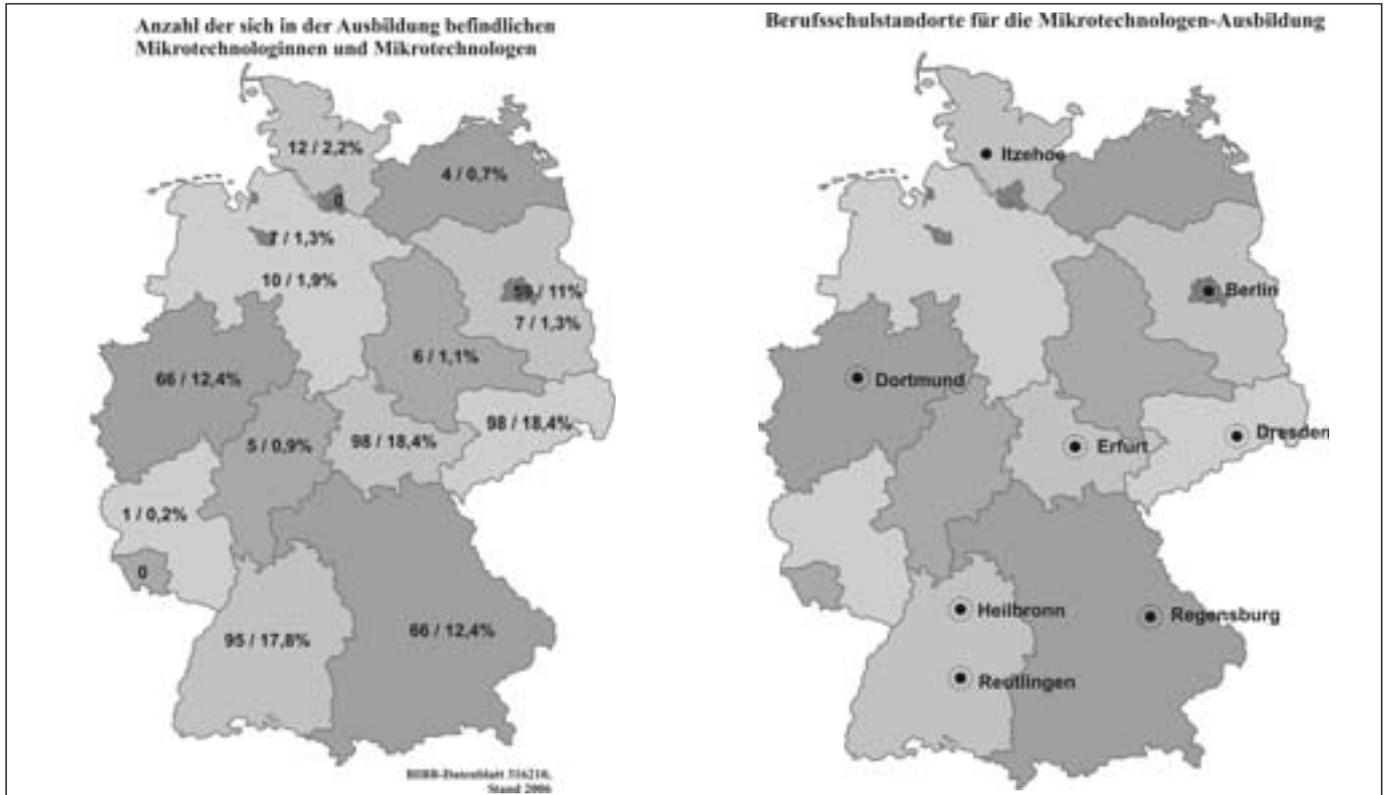


Abb. 3/4: Ausbildungszahlen und -standorte der Mikrotechnologie

An der Mehrzahl der acht Ausbildungsstandorte haben sich verschiedene Varianten einer Ausbildung im Verbund herausgebildet:

- An den drei großen Mikrotechnologie-Standorten Dresden, Regensburg und Erfurt hat sich das Verbundmodell der Auftragsausbildung durch einen Bildungsdienstleister etabliert. Involviert ist als „dritter Partner“ ein Bildungsträger, der zentrale Ausbildungsaufgaben und -inhalte übernimmt. Die Unternehmen haben hier offensichtlich nicht nur einen besonderen Ausbildungsunterstützungsbedarf<sup>3</sup>, sondern sind auch bereit, die Ausbildung bei einem Bildungsträger zu finanzieren. Der Umfang dieser Ergänzungsausbildung beträgt immerhin 9 bis 24 Wochen pro Ausbildungsjahr. Der Berufsschule wird eine vergleichsweise geringe Bedeutung beigemessen; zum Teil erfolgt bei dem Bildungsdienstleister auch eine theoretische Unterweisung. Bei dieser Form des Verbundes sind die Partner durch Kooperations- und Ausbildungsverträge rechtlich gebunden.
- Ausbildungsverbund mit der Berufsschule als Leit- und Koordinationsstelle: In Itzehoe und Berlin haben sich Ausbildungsverbünde herausgebildet, bei denen die Berufsschule jeweils die Koordination übernimmt und in dieser Funktion regelmäßige Verbund- bzw. Ausbildungstreffen, Betriebsdurchläufe und Praktika sowie Exkursionen für die Auszubildenden organisiert. In solchen Verbänden sind einige mittelständische Unternehmen, überwiegend jedoch Klein- und Kleinstunternehmen sowie Forschungseinrichtungen involviert. Bei Bedarf werden betriebliche Ausbildungsdefizite durch Ausbildungssequenzen in anderen beteiligten Verbundinstitutionen ausgeglichen. Die Zusammenarbeit in diesen Verbänden erfolgt freiwillig, kostenneutral, und die Beziehungen zwischen den Institutionen sind informeller Art.
- Ausbildungsverbund mit Leitbetrieb: Am Standort Heilbronn hat sich eine weitere Form des Ausbildungsverbundes entwickelt. Hier organisiert ein Leitbetrieb auf vertraglicher Basis die betriebliche Ausbildung für die vier klein- und mittelständischen Unternehmen am Standort sowie

für ein bis zwei weitere Unternehmen der Region. In dieser Funktion wird auch ein enger Kontakt zur Berufsschule gepflegt.

In Dortmund und Reutlingen ist die Ausbildung jeweils bilateral zwischen den einzelnen Unternehmen bzw. Forschungseinrichtungen und der beruflichen Schule organisiert. Hier gibt es bislang weder einen etablierten Bildungsdienstleister noch einen Leitbetrieb.

Es sind jeweils zwischen 6 und 24 Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die an den einzelnen Standorten an der Ausbildung beteiligt sind. Während an den bekannten Halbleitertechnik- bzw. Mikroelektronik-Standorten (Dresden, Regensburg, Reutlingen) Unternehmen wie Infineon, Qimonda, AMD und Bosch das Ausbildungsgeschehen prägen, sind es an den anderen Standorten mittelständische, vor allem aber auch kleinere Unternehmen sowie Hochschulen und Forschungsinstitute.

Nur die größeren Unternehmen stellen mehrere (zwei bis zwölf) Auszubildende pro Jahr ein, die kleineren Institutionen bilden in der Regel nur

einen, maximal zwei Lehrlinge aus, teilweise auch nur im 2- oder 3-Jahresrhythmus. Generell schwankt die Auszubildendenzahl der Unternehmen sehr stark. Dieses Ausbildungsverhalten bleibt nicht ohne Wirkung auf die Berufsschulen: An den meisten Standorten wird nur eine Klasse beschult, wobei die Klassenstärken in der Regel zwischen 12 und 30 Schülern liegen. Wird die vom jeweiligen Kultusministerium vorgegebene Klassenstärke nicht erreicht, droht die Schließung des Ausbildungsgangs. An einigen Standorten wurde die Ausbildung bereits geschlossen.<sup>4</sup>

Dass die Auszubildendenzahlen insgesamt betrachtet vergleichsweise niedrig sind<sup>5</sup>, hat mehrere Gründe (vgl. KALISCH 2007):

- die Ausbildung in diesem anspruchsvollen Beruf ist sehr material-, personal- und kostenintensiv;
- das berufliche Einsatzgebiet der Facharbeiterinnen und Facharbeiter ist sehr spezifisch, es werden nur wenige dieser Fachkräfte in den Unternehmen/Forschungseinrichtungen benötigt (Ausnahme: Halbleiterindustrie);
- das Berufsbild ist nicht nur bei Unternehmen und Forschungseinrichtungen, sondern auch bei (Berufs-) Beratern, Lehrerinnen und Lehrern, Jugendlichen und deren Eltern weitgehend unbekannt und anders als z. B. das des Mechatronikers/der Mechatronikerin auch nicht „selbst-erklärend“;
- die Flexibilitäts- und Gestaltungsspielräume von Ausbildungsordnungen und Lehrplänen werden von Unternehmens- und Ausbildungsverantwortlichen nicht erkannt. In den benannten Themenblöcken und Inhalten finden sie ihre Verfahren, Prozesse, Produkte etc. nicht wieder und stehen daher einer Ausbildung in diesem Beruf ablehnend gegenüber.

Dennoch lässt sich festhalten, dass sich die Ausbildung von Mikrotechnologinnen und -technologern an den oben benannten Standorten etabliert hat; teilweise sind deutliche Zuwachsraten zu verzeichnen. Zurückzuführen ist dies u. a. auch auf die Arbeit der Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik (vgl. den Artikel von HÜBENER in diesem Heft).

## Herausforderungen der Mikro-technologien-Ausbildung

In ihrem 2004 erschienenen Artikel haben BRANDT und SCHMIDT bereits auf einige berufspädagogische Herausforderungen in der Mikrotechnologien-Ausbildung aufmerksam gemacht, so u. a. auf die permanente Weiterentwicklung der Fertigungsverfahren, die betrieblichen Geheimhaltungsstrategien sowie die fehlende Ausstattung an den beruflichen Schulen, die es den Lehrkräften erschweren, einen arbeitsprozessorientierten Unterricht zu gestalten (vgl. BRANDT/SCHMIDT 2004). Des Weiteren lassen sich folgende Herausforderungen benennen:

- Vielfältige berufliche Einsatzgebiete der Mikrotechnologinnen und -technologern

Die Prozesse, Produkte und Anforderungen der Unternehmen der Halbleiterbranche unterscheiden sich stark von den Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die in der Mikrosystemtechnik bzw. der Aufbau- und Verbindungstechnik tätig sind. In den Halbleiterwerken werden die Fachkräfte überwiegend für die Bedienung der Anlagen und Überwachung standardisierter Prozesse benötigt. Als abwechslungsreicher und vielfältiger werden die Tätigkeiten von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen beschrieben, die in kleineren Unternehmen tätig sind, welche in der Regel produktischen besetzen, Prototypen herstellen und flexibel auf Kundenwünsche reagieren müssen. Ähnliches gilt für Fachkräfte, die in Forschungseinrichtungen die Forschungsarbeiten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterstützen. Die Vielfalt in den Produkten, Technologien und Werkstoffen stellt die Lehrkräfte vor die hohe Herausforderung, diese im Unterricht aufzugreifen und damit den von den Auszubildenden vorgefundenen Arbeitsprozessen gerecht zu werden.

- Überarbeitungsbedürftige Lehrpläne und Prüfungsregelungen

Ein Hemmnis stellen hierbei der derzeit gültige Rahmenlehrplan sowie die von den einzelnen Ländern umgesetzten Lehrpläne dar. Sie weisen trotz Lernfeldsystematik noch erhebliche fachsystematische Strukturen auf, was darauf zurückzuführen ist, dass

bei der Neuordnung dieses Berufes der Lernfeldansatz noch in den Kinderschuhen steckt. Zudem werden die Lehrpläne von den Lehrkräften<sup>6</sup> übereinstimmend als zu „halbleiterlastig“ bezeichnet. Die Prozesse, Technologien, Materialien und Produkte der Halbleiterindustrie nehmen hier einen viel größeren Raum ein als die der Mikrosystemtechnik oder der Aufbau- und Verbindungstechnik. Als besonders kritisch wird dies in den Regionen und an den Standorten gesehen, in denen die Auszubildenden weniger in Unternehmen der Halbleitertechnik, sondern in Institutionen der Mikrosystemtechnik sowie der Aufbau- und Verbindungstechnik ausgebildet werden – also in Berlin, Thüringen, Nordrhein-Westfalen sowie in den norddeutschen Bundesländern. Die in den Lehrplänen benannten Prozesse, Technologien und Verfahren der Halbleitertechnik spielen in diesen Unternehmen keine oder nur eine untergeordnete Rolle. Dennoch wird an den in den Lehrplänen benannten Inhalten weitgehend festgehalten. Andere, (regional-)spezifische Inhalte – z. B. andere Materialien (u. a. Keramik, Polymere) oder Fertigungsverfahren (z. B. spezifische Dotierungsverfahren) – fließen bislang nur in geringem Maße in den Unterricht ein.

Erschwert wird dies u. a. auch dadurch, dass sich die Prüfungen der IHK Dresden, die als Leitkammer fungiert und deren Prüfungsaufgaben in einer Reihe weiterer Kammerbezirke zum Einsatz kommen, ebenso stark an den Prozessen und Technologien der Halbleiterunternehmen des Dresdener Standortes orientieren. Erstellt werden größtenteils Aufgaben, die sich auf die Halbleitertechnik und hier wiederum insbesondere auf die Siliziumtechnologie beziehen. Dies entspricht zwar der Ausbildungswirklichkeit vieler Auszubildenden am Dresdener und Regensburger Standort, jedoch weniger den betrieblichen Erfahrungsräumen der Auszubildenden in den anderen Regionen.<sup>7</sup> Die Lehrkräfte stehen dabei vor der – kaum zufriedenstellend lösbaren – Aufgabe, die Auszubildenden sowohl auf die Zwischen- und Abschlussprüfungen vorzubereiten als auch einen arbeitsprozessorientierten Unterricht umzusetzen. Deutlich wird hier, dass zentrale Prüfungen den Lernfeldansatz konterkarieren.

- Heterogenität der Auszubildenden

Eine weitere Herausforderung bei der Unterrichtsgestaltung stellt die heterogene Schülerschaft dar. Die Auszubildenden einer Klasse unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer betrieblichen Einsatzgebiete, sondern häufig auch sehr stark hinsichtlich der Lernvoraussetzungen, die sie mitbringen. Nicht selten gibt es in den Klassen neben Realschülern eine Reihe von Abiturientinnen und Abiturienten, Studienabschreckerinnen und -abschrecker sowie Schülerinnen und Schüler, die bereits eine Ausbildung absolviert haben. Dies hängt u. a. damit zusammen, dass die Ausbildung zur Mikrotechnologin/zum Mikrotechnologen als sehr anspruchsvoll und perspektivenreich angesehen wird und damit insbesondere leistungsstärkere Jugendliche anspricht.

- Berufliche Entwicklungsperspektiven der Fachkräfte

Verbunden hiermit ist auch ein Aspekt, der über Fragen der Ausbildungsgestaltung im engeren Sinne hinausgeht, jedoch – insbesondere für dieses Berufsfeld – von hoher Relevanz ist: die Frage nach beruflichen Entwicklungsmöglichkeiten der Fachkräfte.

Von den angehenden Mikrotechnologinnen und -technologern wird häufig die Frage nach beruflichen Entwicklungsperspektiven gestellt. Aufgrund der Tatsache, dass viele dieser Auszubildenden das Abitur haben, wird die Frage auch für die Unternehmen relevant. Sofern sie ihre Fachkräfte nicht an die Hochschulen, zum Studium, verlieren möchten, müssen sie ihnen andere attraktive Angebote machen. Auch unter den Facharbeiterinnen und Facharbeitern ohne Hochschulreife ist das Interesse an Fort- und Weiterbildung außerordentlich hoch (vgl. auch KALISCH/EJURY 2005).

## Lösungsansätze und Perspektiven

### Verzahnung von Aus- und Weiterbildung

Beginnend mit dem letztgenannten Aspekt, der Forderung nach beruflichen Entwicklungsperspektiven für die Mikrotechnologie-Fachkräfte, lassen sich konkrete Fortbildungsangebote

benennen, die in den letzten Jahren – u. a. durch die Aktivitäten der Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik (AWNET) – aufgebaut wurden. Es handelt sich hierbei zum einen um Fortbildungen zum/zur Staatlich geprüften Techniker/-in und zum anderen um eine betriebliche Weiterbildung, die sich an das APO-IT-Modell anlehnt.<sup>8</sup>

Die beiden derzeit laufenden Techniker-Fortbildungen im Bereich der Mikrosystemtechnik unterscheiden sich hinsichtlich der Zielgruppe, die sie ansprechen, sowie hinsichtlich des MST-Anteils. An der Beruflichen Schule des Kreises Steinburg, Itzehoe wird die Fortbildung zum/zur „Staatlich geprüften Techniker/-in Mikrotechnologien“ angeboten. Sie setzt eine abgeschlossene Mikrotechnologenausbildung sowie eine mindestens ein- bis zweijährige Berufserfahrung voraus. Diese berufsbegleitende Techniker-Fortbildung erstreckt sich über drei Jahre und umfasst neben Präsenz- auch Praxisphasen in den jeweiligen Unternehmen.<sup>9</sup> Für Facharbeiterinnen und Facharbeiter anderer Berufe gibt es die Möglichkeit, sich an der Staatlichen Technikerschule Berlin zum/zur „Staatlich geprüften Techniker/-in mit Schwerpunkt Mikrosystemtechnik“ fortzubilden. Die MST-relevanten Inhalte sind hier z. T. identisch mit denen der Mikrotechnologenausbildung, sodass diese Fortbildung sich primär an Quereinsteiger und weniger an ausgebildete Mikrotechnologinnen und -technologern richtet (vgl. SIEFKER 2005, EJURY 2005).

In Regensburg und Dresden liegen erste Erfahrungen mit dem arbeitsprozessorientierten Weiterbildungsmodell vor, mit dem man den Abschluss des „Geprüften Prozessmanagers Mikrotechnologie/der Geprüften Prozessmanagerin Mikrotechnologie“ erhält.<sup>10</sup>

Mit diesen Fortbildungsangeboten werden den Fachkräften berufliche Entwicklungswege aufgezeigt, die auf rege Nachfrage treffen. Eine stärkere Verzahnung von Aus- und Weiterbildung wurde damit jedoch noch nicht erreicht.

### Vorschläge zur Neugestaltung der Lehrpläne

Angesichts der Kritik an den Lehrplänen wird seitens verschiedener Akteu-

re der Mikrotechnologenausbildung nach alternativen Ausbildungsmodellen gesucht. Formuliert wurden Positionspapiere und Gestaltungsvorschläge für neue Curricula (vgl. AST 2005, AWNET 2005).

Der Mikrotechnologenausbildung an der Beruflichen Schule Steinburg, Itzehoe liegt bereits ein Lehrplan zugrunde, in dem der Mikrosystemtechnik sowie der Aufbau- und Verbindungstechnik mehr Raum gegeben wird. Im ersten Ausbildungsjahr wird den Auszubildenden ein Überblick über die drei Bereiche „Halbleitertechnik“ (HLT), „Mikrosystemtechnik“ (MST) und „Aufbau- und Verbindungstechnik“ (AVT) gegeben. Ab dem zweiten Ausbildungsjahr werden die betrieblichen Schwerpunkte auch im Unterricht berücksichtigt. Die Klasse der Mikrotechnologinnen und -technologern wird in zwei Gruppen unterteilt: Auszubildende mit dem Schwerpunkt HLT und MST bilden eine Gruppe, Auszubildende mit dem Schwerpunkt AVT eine zweite. Im dritten Ausbildungsjahr vertiefen dann auch die HLT- und MST-Auszubildenden ihre Ausbildungsrichtung weiter. Möglich wird dies insbesondere durch einen binnendifferenzierten Unterricht. Die Zwischen- und Abschlussprüfungen werden hier von einem Ausschuss erstellt, der sich aus dem Kreis der auszubildenden Unternehmen und der Berufsschullehrkräfte zusammensetzt.<sup>11</sup>

## Schlussbemerkung

Insbesondere in der Diskussion mit Ausbildungsverantwortlichen anderer Hochtechnologiebereiche wird deutlich, dass es nicht nur um eine Neugestaltung der Mikrotechnologenausbildung im engeren Sinne geht, sondern dass diese im Kontext der Entwicklung von Berufsbildern im Hochtechnologiebereich insgesamt betrachtet werden müsste. Der Artikel von ALFONS BOTTHOF in diesem Heft veranschaulicht auf eindruckliche Weise, dass die Entwicklungen in den Hochtechnologien, zu denen die Mikro-, Bio- und Nanotechnologie sowie die Optischen Technologien zu zählen sind, voranschreiten. Systemintegration und Vernetzung einzelner Systeme stellen hierbei zentrale Trends dar, die eine (künstliche) Trennung einzelner Technologiefelder als

nicht sinnvoll erscheinen lassen. Bevor neben dem „Mikrotechnologen“ ein Berufsbild des „Nanotechnologen“ in Erwägung gezogen wird, sollte über ein gemeinsames Berufsbild nachgedacht werden. Ausbildungsmodelle, die zwischen Grundlagen- und Spezialbausteinen unterscheiden,<sup>12</sup> stellen hier einen möglichen Weg dar.

## Anmerkungen

- 1 Grundlage hierfür sind zum einen die Ergebnisse einer Befragung von Lehrkräften, Ausbildern und Auszubildenden, die im Sommer 2007 durchgeführt wurde. Interviewt wurden Lehrerinnen und Lehrer sowie Ausbilderinnen und Ausbilder an den derzeit acht Berufsschulstandorten. Die Ergebnisse dieser Befragung werden im Einzelnen in der Dissertationsschrift der Autorin voraussichtlich Ende 2008 veröffentlicht. Des Weiteren fließen auch die Erkenntnisse des Lehrer-Workshops „Teach-Micro“ sowie eines Workshops zur gewerblich-technischen Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern ein. Beide haben im Rahmen eines Kongresses im November 2007 stattgefunden (vgl. HÜBENER/SCHÜTZE 2007).
- 2 Diese Angaben wurden auf der Grundlage des BIBB-Datenblattes 316210 geschätzt (vgl. BIBB-DATENBLATT 316210, abrufbar unter [www.bibb.de](http://www.bibb.de); Stand: September 2008).
- 3 In hochtechnologisierten Unternehmen ist eine Ausbildung aufgrund der Fehleranfälligkeit des Produktionsprozesses mit einem hohen Risiko belegt. Experimentierendes Lernen ist kaum möglich. Bildungsträger verfügen über Ausbildungsreineräume und decken einen Großteil der betrieblichen Ausbildung ab.
- 4 Beispiele hierfür sind die beruflichen Schulen in Frankfurt/Oder (Brandenburg), Bruchsal (Baden-Württemberg) und Neustadt am Rübenberge (Niedersachsen), die (derzeit) keine Mikrotechnologinnen/Mikrotechnologen mehr ausbilden.
- 5 Zum Vergleich: Bei dem ebenfalls im Jahr 1998 neu geordneten Beruf „Mechatroniker/-in“ gab es im Jahr 2006 ca. 23.300 Auszubildende (BIBB-Datenblatt „Mechatroniker/-in“; abrufbar unter [www.bibb.de](http://www.bibb.de)).
- 6 Vergleiche Anmerkung 1.

- 7 Dem Ausschuss zur Erstellung der Prüfungsaufgaben ist diese Problematik bekannt, und er strebt eine Lösung dieser Situation an.
- 8 Für die IT-Branche wurde im Auftrag des BIBB durch das Fraunhofer ISST in Kooperation mit den Sozialpartnern ein arbeitsprozessorientiertes Weiterbildungsmodell (kurz: APO-IT) entwickelt. Ausführlicher siehe [www.apo-it.de](http://www.apo-it.de).
- 9 Weitere Informationen sind über die Berufliche Schule des Kreises Steinburg, Itzehoe erhältlich. Siehe <http://www.mikrotechnologien.de/Weiterbildung.8.0.html>.
- 10 Erste Erfahrungen dieser Weiterbildung liegen in der Siemens Professional Education, Regensburg sowie in der Dresdener Chip Academy vor. Ausführlicher zum Modell siehe HOFERER/LORENZ (2007).
- 11 Vorgestellt wurde dieses Ausbildungs- und Unterrichtskonzept von KNEBUSCH (Berufliche Schule des Kreises Steinburg, Itzehoe) im Rahmen des Kongresses zur Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern, im Teach-Micro-Workshop am 29.11.2007 in Berlin. Vergleiche hierzu auch den Artikel von KNEBUSCH in diesem Heft.
- 12 Vergleiche hierzu die von EULER/SEVERING (2006) vorgeschlagenen Modelle.

## Literatur

- ABICHT, L. (2008): Weiterbildungsbedarf in Unternehmen der Nanotechnologie. Halle.
- ABICHT, L./FREIKAMP, H./SCHUMANN, U. (2006): Ermittlung von Qualifikationsanforderungen in der Nanotechnologie. Cedefop Panorama series; 129, Luxemburg.
- AST, S. (2005): MANO-Position zur Neuordnung des Berufsbildes. In: MANO (Hrsg.): Innovative Bildungskonzepte für die Mikrosystemtechnik. Zwischenbilanz eines Ausbildungsnetzwerkes. Berlin. S. 17 f.
- AWNET (2005): Positionspapier zur zukünftigen Ausgestaltung des Aus- und Weiterbildungssystems in der Mikrosystemtechnik und anderer Hochtechnologien. Format: pdf (<http://www.mst-ausbildung.de/Materialien/positionspapier>, Stand: 15.09.2008).

BMBF (Hrsg.) (2007): Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern. Hochqualifizierte Fachkräfte für unsere Zukunft. Bonn/Berlin.

BRANDT, M. K./SCHMIDT, U. (2004): Ausbildung in der Mikrotechnologie. Eine berufspädagogische Herausforderung. In: *lernen & lehren*, 19. Jg., Heft 73. S. 10–13.

EJURY, R. (2005): Spezialisten und Spezialistinnen ohne Zukunft? In: MANO (Hrsg.): *Innovative Bildungskonzepte für die Mikrosystemtechnik. Zwischenbilanz eines Ausbildungsnetzwerkes*. Berlin, S. 28–31.

EULER, D./SEVERING, E. (2006): *Flexible Ausbildungswege in der Berufsbildung*. Nürnberg/St. Gallen.

HOFERER, C./LORENZ, M. (2007): *Gepürfter Prozessmanager-Mikrotechnologie: Die Mikrotechnologie-Weiterbildung für die mittlere Führungsebene*. In: HÜBENER, N./SCHÜTZE, A. (Hrsg.): *Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern. Fachkräftesicherung in Neuen Technologien, Dokumentation zum Kongress, 29./30.11.2007*. Berlin. S. 48 f.

HÜBENER, N./SCHÜTZE, A. (Hrsg.) (2007): *Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern. Fachkräftesicherung in Neuen Technologien, Dokumentation zum Kongress, 29./30.11.2007*. Berlin.

KALISCH, C. (2007): *Mikrotechnologie/Mikrotechnologin: Ein ‚kleiner‘ Beruf mit einigen Besonderheiten*. In: HÜBENER, N./SCHÜTZE, A. (Hrsg.): *Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern. Fachkräftesicherung in Neuen Technologien, Dokumentation zum Kongress, 29./30.11.2007*, Berlin. S. 36–39.

KALISCH, C./EJURY, R. (2005): *Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen – hoch qualifiziert und dennoch in der Sackgasse. Auf der Suche nach einem geeigneten Modell für die Aufstiegsqualifizierung*. In: *Mikrosystemtechnik Kongress*. 10.–12. Oktober 2005. Offenbach. S. 681–684.

SIEFKER, H. (2005): *Mikrosystemtechnik an der Staatlichen Technikerschule Berlin*. In: MANO (Hrsg.): *Innovative Bildungskonzepte für die Mikrosystemtechnik. Zwischenbilanz eines Ausbildungsnetzwerkes*. Berlin. S. 36 f.

Andreas Weiner

# Förderung selbstregulierten Lernens in der Ausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen

## Herausforderungen für die Ausbildung von Mikrotechnologen

Der Beruf des Mikrotechnologen/der Mikrotechnologin ist seit dem 01.08.1998 ein anerkannter Ausbildungsberuf. Die dreijährige Ausbildung zum Mikrotechnologen wird im dualen System der Berufsausbildung durchgeführt.

Ziele und Inhalte der erprobten Ausbildungsprojekte orientieren sich an den für die betriebliche Ausbildung und den Unterricht in der Berufsschule relevanten Ordnungsmitteln. Das Ziel und die Inhalte der betrieblichen Ausbildung sind festgelegt in der Verordnung über die Berufsausbildung zum Mikrotechnologen/zur Mikrotechnologin (6. März 1998). Die für den Unterricht in den Berufsschulen relevanten Ordnungsmittel, die von der Kultusministerkonferenz der Länder KMK verabschiedeten Rahmenlehrpläne, nennen als Ziel beruflicher Bildung die Entwicklung von Handlungskompetenz. Sie umfasst Fachkompetenz, Personalkompetenz und Sozialkompetenz. Kompetenz wird verstanden als „Lernerfolg in Bezug auf den einzelnen Lernenden und seine Befähigung zu eigenverantwortlichem Handeln in privaten, beruflichen und gesellschaftlichen Situationen“ (RAHMENLEHRPLAN 1998).

Mit der Entwicklung von Handlungskompetenz ist das selbstgesteuerte Lernen eng verknüpft. Dabei geht es darum, die Selbsttätigkeit und die eigenständige Bearbeitung beruflicher Handlungsaufgaben und deren Durchführung in den Mittelpunkt zu stellen. „Handlungen müssen von den Lernenden möglichst selbstständig geplant, durchgeführt, überprüft, ggf. korrigiert und schließlich bewertet werden.“ (RAHMENLEHRPLAN 1998)

Für die Ausbildung von Mikrotechnologen wurden innerhalb des Netzwerkes „mstBildung“ (GATZEN 2007) kom-

plexe Lernsituationen gestaltet und erprobt. Ausgehend von beruflichen Problemstellungen erwerben die Auszubildenden strukturiertes Wissen und erproben es zur Lösung der Problemstellung. Sie werden hier verwendet, um dem Ziel, der Entwicklung beruflicher Handlungskompetenz, zu entsprechen.

Für die Bereitstellung von Lernunterlagen wird das Lernmanagementsystem ILIAS (2008) genutzt. Es dient der Kommunikation der Auszubildenden untereinander und mit dem betreuenden Tutor.

Untersucht und erprobt wurden eine Reihe von Lehr-/Lernarrangements. Zwei werden im Folgenden dargestellt.

## Lehr-/Lernarrangement für das Lernfeld 7: Anwendung fototechnischer Verfahren

### Ausgangssituation

Das Ausbildungsberufsbild des Mikrotechnologen/der Mikrotechnologin enthält den Gegenstand „Herstellungs- und Montageprozesse“. Im Ausbildungsschwerpunkt „Mikrosystemtechnik“ gehört hierzu „Produktionsanlagen zur Herstellung von Komponenten der Mikrotechnik zu bedienen und zu beschicken, Prozesse zu kontrollieren und zu überwachen“ (VERORDNUNG 1998). Mit diesem Gegenstand korrespondiert das Ziel im Lernfeld 7 im Rahmenlehrplan für den Unterricht in der Berufsschule: „Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie“. Folgende Ziele werden genannt:

„Die Schülerinnen und Schüler beschreiben das Justieren der Masken, Belichten, Entwickeln und Entfernen von Fotolacken. Außerdem beurteilen sie den fototechnischen Prozess von Proben und bewerten das Gesamter-

gebnis. Sie vergleichen die Prinzipien fototechnischer Verfahren mit weiteren lithografischen Verfahren. Im Umgang mit Gefahrenstoffen und der Entsorgung der Arbeitsstoffe halten sie die Bestimmungen des Gesundheits- und Umweltschutzes ein. Sie entnehmen Informationen aus Beschreibungen in englischer Sprache“ (RAHMENLEHRPLAN 1998).

Zwischen Ausbildern und betrieblichen Experten der ausbildenden Institutionen sowie den Lehrkräften der Berufsschule wurde die Arbeitsaufgabe „Reinigen und Belacken eines Wafers“ vereinbart. Durch die Bearbeitung dieser Aufgabe können die Auszubildenden die Ziele im Lernfeld 7 erreichen. Die Arbeitsaufgabe ist Teil des lithografischen Prozesses – eine für Mikrotechnologen typische Arbeitsaufgabe.

### Arbeitsprozess

Wafer sind Rohteile für die Herstellung von mikrotechnischen Funktionseinheiten. Sie bestehen in der Regel aus Silizium mit einer Dicke von 1,5 mm bis 3 mm und haben eine kreisrunde Form. Auf den polierten Wafer wird eine Funktionsschicht z. B. aus Chrom aufgetragen, und auf dieser wird mittels Lithografie eine Struktur erzeugt (BÜTTGENBACH 1994).

### Notwendige Kenntnisse

Um die Arbeitsaufgabe planen und durchführen zu können, sind eine Reihe von Kenntnissen notwendig. Die Schülerinnen und Schüler können sie mithilfe von Leittexten und Leitfragen erwerben, die in das Lernmanagementsystem eingestellt sind. Die Lehrereinheiten enthalten sowohl allgemeine physikalische als auch anlagenspezifische Informationen, die für die Durchführung des Arbeitsauftrages relevant sind. Sie enthalten die Informationen in Form von Texten, Fotos, Videos, Grafiken und Datenblättern.

Im Folgenden wird eine Auswahl der Kenntnisse aufgeführt, die die Lernenden zur Ausführung der Arbeitsaufgabe benötigen:

Durch den Teilprozess der Belackung im Reinraum sollen die Schülerinnen und Schüler sowohl den Umgang mit allen für den Prozess benötigten Geräten als auch die Ermittlung der einzustellenden Parameter erlernen.<sup>1</sup> So ist für die Reinigung des Wafers das richtige Reinigungsmittel auszuwählen und einzusetzen. Des Weiteren sind Geräte wie Pinzette, Ultraschallbad und Trockenschleuder sowie Reinigungsmittel wie Isopropanol und Aceton richtig zu benutzen.<sup>2</sup> Um den Spin Coater richtig einstellen und benutzen zu können, müssen die Schülerinnen und Schüler die erforderliche Drehzahl in Abhängigkeit der zu erzielenden Resistdicke anhand eines Diagramms oder mithilfe von Tabellen ermitteln können und die Drehzahl am Spin Coater einstellen können.<sup>3</sup> Um einen ressourcenschonenden Umgang mit den Chemikalien zu erlernen, müssen die Lernenden wissen, welche Menge an Fotolack notwendig ist, um eine bestimmte Schichtdicke zu erzielen.<sup>4</sup> Um den Anforderungen an die Qualität des Produktes zu genügen, erfolgt die Belackung unter Gelblicht und unter Reinraumbedingungen. Die Schülerinnen und Schüler müssen wissen, welche Gründe für diese Maßnahmen sprechen und welche Folgen ein Arbeiten unter ungünstigen Bedingungen für das Produkt nach sich zieht.<sup>5</sup> Nach dem Belacken wird die Resistoberfläche durch eine Sichtkontrolle geprüft. Dabei sollen Blasen, Partikel oder Risse in der Oberfläche erkannt werden. Die Schülerinnen und Schüler müssen daher wissen, in welcher Weise die Qualität des Produktes geprüft werden kann und welche Kriterien zu berücksichtigen sind, um zu entscheiden, ob ein Produkt in Ordnung oder Ausschuss ist.<sup>6</sup> Darüber hinaus werden im Rahmen des beschriebenen Prozesses englische Fachbegriffe verwendet. So ist z. B. die Bedienungsanleitung der Resists in Englisch geschrieben, daher sind auch ausreichende Englischkenntnisse nötig.

### Berufspraktisches Lehr-/Lern-Arrangement

Die Lernsituation der Belackung eines Wafers mit Fotolack orientiert sich am Prinzip der „vollständigen Handlung“. Sie umfasst die Phasen der Information, der Arbeitsplanung, der Entscheidung, der Ausführung, der Kontrolle und der Reflexion (ROTTLUFF 1992). Die einzelnen Phasen können die Auszubildenden an verschiedenen Lernorten durchführen.

In der Berufsschule erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Einweisung in die Arbeitsaufgabe (Problemstellung) sowie in die Nutzung des Lernmanagementsystems. In ihren Ausbildungsbetrieben und an ihrem Arbeitsplatz zu Hause können sie die für die Planung und Ausführung der Aufgabe notwendigen Kenntnisse erwerben und den Arbeitsplan erstellen. Dazu benutzen sie die im Lernmanagementsystem abgelegten Leittexte. Während dieser Phase bearbeiten die Schülerinnen und Schüler Leitfragen, die ihnen ebenfalls aus dem Lernmanagementsystem zur Verfügung stehen. Die Leitfragen unterstützen den selbstgesteuerten Erwerb der für die Arbeitsplanung notwendigen Kenntnisse. Ihre Antworten stellen die Schüler in

das Lernmanagementsystem ein. Die Lehrkräfte überprüfen die Lösungen und geben den Auszubildenden ein Feedback. In einer Präsenzphase vor der Ausführung präsentieren die Auszubildenden ihre Arbeitspläne, vergleichen sie untereinander und erstellen gemeinsam einen Arbeitsplan.

Der Inhalt einer Seite im Lernmanagementsystem (Abb. 1) enthält einerseits schriftliche Informationen zur richtigen Ausführung des Arbeitsgangs „Spülen mit Lösungsmitteln“. Andererseits ist eine Videosequenz integriert, die die richtige Ausführung des Arbeitsganges darstellt. Die Arbeitsblätter sind in der linken Spalte eines Inhaltsverzeichnis übersichtlich zusammengestellt. Die rechte Spalte enthält Aufgaben zum Thema „Fotolacke“ (Abb. 2).

Die Auszubildenden führen die Arbeitsaufgabe im Institut für Mikrotechnologie (IMT) der Leibniz-Universität Hannover aus. Das IMT verfügt über einen Reinraum, der für Forschungsaufgaben sowie für die Ausbildung von Studierenden und die Ausbildung von Mikrotechnologen genutzt wird. Auszubildende, die nicht im IMT ausgebildet werden, führen die Arbeitsaufgabe zusammen mit ihren Mitschülern im Reinraum des IMT aus und kontrollie-



Abb. 1: Screenshot der ILIAS-Oberfläche: Die linke Spalte zeigt die Übersicht über die vorhandenen Seiten. Eine Video-Sequenz (rechte Spalte) zeigt das richtige Reinigen des Wafers mit Lösungsmitteln.



Abb. 2: Screenshot der ILIAS-Oberfläche. Die linke Spalte zeigt die Übersicht über die Arbeitsblätter. Die rechte Spalte enthält Aufgaben zum Thema „Fotolacke“.

ren das Arbeitsergebnis. Abschließend reflektieren sie in der Berufsschule den Prozess der Problemlösung und erörtern Möglichkeiten der Verbesserung.

**Resümee**

Mithilfe des Lernmanagementsystems können die Auszubildenden die für die Belackung notwendigen Kenntnisse erwerben. Im Reinraum des IMT können sie das erworbene Wissen auf seine Relevanz für die Arbeitsaufgabe hin überprüfen. Diese Lernsituation hat in der beschriebenen Weise seine Grenzen in der Anleitung der Arbeitsschritte, insbesondere in der Anleitung für die Benutzung des Spin-Coaters. Hier werden die Auszubildenden im Reinraum von einer Fachkraft unterstützt.

Die Nutzung des Lernmanagementsystems ermöglicht das Kennenlernen der Arbeitsaufgabe bereits vor Beginn der Ausführungen. Entscheidungen, die im Rahmen der Ausführung der Arbeitsaufgabe zu treffen sind, können vorbereitet werden. Zudem nutzen die Auszubildenden das Lernmanagementsystem nicht nur als Wissensspeicher, sondern auch zur Kommunikation untereinander und mit dem Tutor (SANDVOSS/WEINER 2005).

Als besonderer Vorteil des Lernmanagementsystems wird erachtet, dass Lehrunterlagen mit geringem Aufwand herzustellen sind. Es bietet zudem den Vorteil der schnellen Aktualisierung. Fotos und Videos, die den speziellen Arbeitsprozess zeigen, können mit Consumer-Hardware erstellt und in das System eingebunden werden.

**Lehr-/Lernarrangement im Lernfeld 12: Beschreibung von Mikrosystemen – Analyse und Einsatz eines piezoresistiven Drucksensors**

Dieses Lehr-/Lernarrangement wurde in der zweiten Ausbildungsstufe des Ausbildungsberufes „Mikrotechnologie/Mikrotechnologin“ mit der Vertiefungsrichtung Mikrosystemtechnik erprobt. Das Lernfeld 12 trägt den Titel „Beschreibung von Mikrosystemen“. Es enthält die folgenden Ziele: „Die Schülerinnen und Schüler beschreiben grundlegende Funktionen von Mikrosystemen und erkennen Sensoren, Aktoren, Signalaufbereitung und Schnittstellen als deren wesentliche Bestandteile. Sie beschreiben den Aufbau, die verschiedenen Funktionsprinzipien, Eigenschaften und Anwen-

dungsbereiche ausgewählter Sensoren und Aktoren.“

Als Inhalte werden u. a. genannt: „Einsatz von Mikrosystemen; Sensoren zur Erfassung von Temperatur, Durchflussmenge, Druck, Beschleunigung; ... Schnittstellen zum makroskopischen Umfeld“ (RAHMENLEHRPLAN 1998).

Um die Bildungsziele zu erreichen, wurde die didaktische Makroform des Stationenlernens erprobt. Die Schülerinnen und Schüler lernen dabei an verschiedenen Unterrichtsstationen. Die Lehrkraft richtet die Stationen ein und stellt Lehrmaterialien zur Verfügung. Als Vorteil wird gesehen, dass die Lehrkraft den Lernenden individuelle Hilfestellung geben kann (JÜRGENS 2006).

In diesem Fall werden fünf Stationen eingerichtet, an denen die Schülerinnen und Schüler in Einzel- oder in Teamarbeit an PC-Arbeitsplätzen arbeiten können. Auf dem Lernmanagementsystem sind dazu Leittexte und Leitfragen eingestellt (Abb. 3).



Abb. 3: Schülerinnen und Schüler arbeiten mit dem Lernmanagementsystem ILIAS

Die Themen der Stationen im Einzelnen:

- Station 1: Die physikalische Größe „Druck“
- Station 2: Aufbau piezoresistiver Drucksensoren
- Station 3: Wheatstonsche Brücke
- Station 4: Vom Druck zum Signal
- Station 5: Funktionsweise: Piezoresistiver Effekt

In einer komplexeren Aufgabe setzen sich die Schülerinnen und Schüler mit

der Herstellung von piezoresistiven Silizium-Membran-Sensoren auseinander.

Dazu verwenden sie Lehrunterlagen, die ebenfalls auf dem Lernmanagementsystem ILIAS abgelegt sind. Dadurch ist es möglich, diese Aufgabe nicht nur im Klassenraum, sondern auch zu Hause oder im Ausbildungsbetrieb zu lösen.

Abschließend beurteilen die Schülerinnen und Schüler mithilfe eines Versuches die Eignung eines ausgewählten Sensors für den Einbau in einen PKW-Reifen. Hier steht ihnen ein englischsprachiges Datenblatt mit den zum Betreiben und Testen des Sensors notwendigen Daten zur Verfügung. Die mit dem Datenblatt bestimmten Werte müssen mit einem digitalen Multimeter verifiziert werden, um bei der Durchführung der Testmessung eine Beschädigung von Bauteilen zu vermeiden. Anschließend wird die eigentliche Testmessung durchgeführt, bei der verschiedene Spannungen mithilfe eines Notebooks und eines Controllers dokumentiert werden (Abb. 4). Einige ausgewählte Messwerte werden in der Kontrollphase in einen vergleichbaren Druck übertragen. Hier werden zum einen ein Diagramm und zum anderen eine Auswertfunktion zu Hilfe genommen, die beide dem Datenblatt des Drucksensors zu entnehmen sind. Die abschließende Interpretation und Bewertung der gemessenen Werte sowie die Beantwortung der eingangs gestellten Frage, ob sich der vorliegende Sensor für seine vorgesehene Aufgabe eignet, sind die Hauptbestandteile der Bewertungsphase. Durch das eigenständige Begründen der Antwort über die Eignung des Drucksensors und das Reflektieren der kompletten Vorgehensweise in dem Unterrichtsprojekt zur Lösung des gestellten Problems wird den Schülerinnen und Schülern die Bewertung des eigenen Handelns ermöglicht.

Dieses Lehr-/Lernarrangement wurde in der Berufsschule erprobt. Es bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit des selbstorganisierten Lernens. Sie können die Lerninhalte in eigenem Lerntempo bearbeiten. Bis auf die Arbeit am Versuchsstand ist die Arbeit im Klassenraum nicht zwingend erforderlich. Diese Lehr-/Lernform erfährt eine hohe Akzeptanz



Abb. 4: Die Schülerinnen und Schüler überprüfen im Unterricht die Eignung des Drucksensors

seitens der Schülerinnen und Schüler (WEINER/SANDVOSS 2007).

### Zusammenfassung und Ausblick

Als Herausforderungen für die berufliche Bildung der Mikrotechnologien werden die Vielfalt der Lernorte und die Praxisferne der Ausbildung genannt: „Eine Ursache für die bestehenden Probleme liegt in der vielfältigen Teilung des Bildungssystems – in der strikten institutionellen, inhaltlichen, räumlichen, zeitlichen und personellen Trennung der einzelnen Bildungsbereiche (Facharbeiterausbildung, Hochschulbildung, Weiterbildung etc.) sowie innerhalb dieser selbst (Trennung von Theorie und Praxis), die sich bis in den einzelnen Unterricht/Kurs etc. hinein verfolgen lässt“ (HÜBENER/KALISCH 2003, S. 228): Als erfolgreiches Modell zur Bewältigung der Trennung von Theorie und Praxis kann ein Ausbildungsnetzwerk angesehen werden. Darin sind ausbildende Institutionen und Berufsschulen zu integrieren. DEHNBOSTEL (2007) hält solche Netzwerke am ehesten für geeignet, den strukturellen und didaktisch-methodischen Ansprüchen von modernen Berufen und Hochtechnologieberufen gerecht zu werden. Folgt man diesem Urteil, dann müssen alle Partner ihre Ressourcen überprüfen, ihre Ent-

wicklung aufeinander abstimmen und beschreiben, in welchem Umfang sie Schülerinnen und Schüler bzw. Auszubildende bei der Kompetenzentwicklung für Hochtechnologieberufe unterstützen können.

Die erprobten Lehr-/Lernarrangements zeigen einen Weg auf, Auszubildenden zu ermöglichen, an unterschiedlichen Orten zu lernen. Zu den Orten gehören Berufsschule und Labor nach ihren je spezifischen Möglichkeiten. Durch den Einsatz webbasierten Lernens ist es jedoch möglich, dass die Schüler für die Phasen der Information und Vorbereitung andere Orte als die traditionellen nutzen. Notwendig sind hierfür nur ein Laptop sowie ein schneller Internetzugang. Webbasiertes Lernen ist damit nicht nur eine andere Form des Lernens, es ist auch anzunehmen, dass diese Form des Lernens den Ansprüchen der neuen Generation entgegen kommt. Eines der Bedürfnisse ist der Zugang zu „online problem-solving and learning tools“ (DELOITTE 2008). Lehrer und Ausbilder können ihre Auszubildenden mithilfe geeigneter Kommunikationssysteme unabhängig von Ort und Zeit bei der Lösung von Problemen unterstützen, die während der Ausbildung auftreten.

## Literatur

- BÜTTGENBACH, S. (1994): Mikromechanik: Einführung in Technologie und Anwendung. 2. Auflage. Stuttgart.
- DEHNBOSTEL, P. (2007): Verbände und Netzwerke als Lernortkooperationen in modernen Berufen. In: BRUHNE, A. u. a. (Hrsg.): Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologieberufen. Tagungsband des niedersächsischen Ausbildungsnetzwerkes mstbildung. Aachen. S. 16–30.
- DELOITTE, o. Vn. (2008): Managing the Talent Crisis in Global Manufacturing. Strategies to Attract and Engage Generation Y. ([http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/de\\_mfg\\_talentcrisis062507%281%29.pdf](http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/de_mfg_talentcrisis062507%281%29.pdf); Zugriff am 15.10.2008).
- GATZEN, H.-H. (2007): Einführung. In: BRUHNE, A. u. a. (Hrsg.): Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologieberufen. Aachen. S. 13–15.
- HÜBENER, N./KALISCH, C. (2003): Das integrierte Bildungskonzept des MANO-Netzwerkes. In: LUCZAK, H. (Hrsg.): Kooperation und Arbeit in vernetzten Welten. Tagungsband der GFA. Stuttgart. S. 228–231.
- ILIAS: <http://www.ilias.uni-koeln.de/> (Zugriff am 15.10.2008).
- JÜRGENS, E. (2006): Offener Unterricht. In: ARNOLD, K.-H. u. a. (Hrsg.): Handbuch Unterricht. Bad Heilbrunn. S. 280–284.
- RAHMENLEHRPLAN (1998): Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 30. Januar 1998). (Online im Internet: URL: [http://infobub.arbeitsagentur.de/berufe/docroot/r1/blobs/pdf/recht/r\\_00102.pdf](http://infobub.arbeitsagentur.de/berufe/docroot/r1/blobs/pdf/recht/r_00102.pdf); Zugriff am 15.10.2008).
- ROTTLUFF, J. (1992): Selbstständig lernen. Weinheim.
- SANDVOSS, R./WEINER, A. (2005): Netzbauierte Lernformen in der Ausbildung von Mikrotechnologen/Mikrotechnologinnen. In: PANGALOS, J. u. a. (Hrsg.): Informatisierung von Arbeit, Technik und Bildung. Münster. S. 333–344.
- VERORDNUNG (1998): Verordnung über die Berufsausbildung zum Mikrotechnologen/zur Mikrotechnologin vom 06. März 1998 (BGBl. I S. 477 vom 19. März 1998) nebst Rahmenlehrplan für den Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/Mikrotechnologin (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 30. Januar 1998). Bielefeld.
- WEINER, A./SANDVOSS, R. (2007): Netzbauiertes Lernen in der Ausbildung von Mikrotechnologen/Mikrotechnologinnen: Piezoresistiver Silizium-Membran-Drucksensor. In: AWNET (Hrsg.): Interesse wecken – Motivation steigern – praxisorientiert ausbilden. Berlin. S. 104–110.

---

Nicolas Hübener

# Bedeutung von Berufsschulen in Bildungsnetzwerken der Mikrotechnologie

## Erfahrungen aus fünf Jahren Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik

Bildungsnetzwerke im Hochtechnologiebereich bieten zahlreiche Möglichkeiten und Synergieeffekte für die beteiligten Partner und für die Regionen. Akteure unterschiedlicher Stufen des beruflichen und akademischen Aus- und Weiterbildungssystems können sich austauschen. Parallel kann die Technologieentwicklung durch geeignete Bildungsprogramme und -strukturen unterstützt werden.

Doch wie entstehen disziplinübergreifende Netzwerke, wie finden sich geeignete Partner in einer Region, wie kann auch überregional ein Austausch oder sogar eine Zusammenarbeit stattfinden? In über fünfjähriger Zusammenarbeit in den sechs regionalen Aus- und Weiterbildungsnetzwerken

für die Mikrosystemtechnik (AWNET) wurden Erfahrungen und teilweise auch Antworten auf diese Fragen gefunden. Mit einem Schwerpunkt auf die Rolle und die Einbindung der Berufsschulen sowie der Berufsschullehrkräfte soll der folgende Artikel diese Erfahrungen darstellen und Anregungen zur Zusammenarbeit geben.

## AWNET – Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik

### Vorgeschichte

Das Qualifizierungssystem in der Mikrosystemtechnik (MST) hat sich seit Beginn der 1990er-Jahre entwickelt. Frühzeitig wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) erkannt, dass die Förderung der Technologieentwicklung in der Mikrosystemtechnik nur dann fruchtbar ist, wenn auch entsprechend ausgebildete Fachkräfte zur Verfügung ste-

hen. Parallel zur Technologieförderung wurde die Einrichtung von Studiengängen unterstützt und auch die Einführung des eigenen Berufsbilds „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“ im Jahr 1998 vorangetrieben. Um die Bildungsangebote an die Anforderungen der regionalen Industrie anzupassen, bedarfsgerechte Angebote zu Fort- und Weiterbildung zu entwickeln und Lehr- und Lernmaterialien zu erstellen, wurde die Vernetzung von Akteuren aus unterschiedlichen Bildungsebenen notwendig.

### Entstehung der AWNET

Im Jahr 2002 wurde ein Wettbewerb zur Förderung von Aus- und Weiterbildungsnetzwerken ausgeschrieben, die die Kompetenzentwicklung in der MST berufs- und disziplinübergreifend unterstützen und das Bildungssystem in der MST parallel zur rasanten Technologieentwicklung ausbauen und anpassen sollten (BMBF 2002).

Über 20 Konzepte wurden zu diesem Wettbewerb eingereicht. Hieraus sind sechs regionale Aus- und Weiterbildungsnetzwerke hervorgegangen, die Ende 2002 ihre Arbeit aufgenommen haben. Beteiligte Partner sind Schulen, Berufsschulen, Fachhochschulen und Universitäten, kommerzielle Bildungsanbieter, Forschungseinrichtungen und Unternehmen, die sich regional in der Aus- und Weiterbildung im Bereich der Mikrosystemtechnik engagieren. Die sechs Netzwerke haben sich überregional im Verbund AWWNET zusammengeschlossen. Die AWWNET-Landkarte zeigt die regionale Verankerung der Netzwerke (Abb. 1).

Die sechs regionalen Netzwerke engagieren sich in unterschiedlichen Bereichen des Aus- und Weiterbildungssystems und decken in ihrem

Zusammenspiel alle Qualifizierungsebenen ab. Ihre Aktivitäten gehen von der vorberuflichen Bildung – durch die Zusammenarbeit mit Schulen und Multiplikatoren – über die berufliche und akademische Erstausbildung, die Fort- und Weiterbildung von Fachkräften bis hin zur Qualifizierung von Seiteneinsteigerinnen und Seiteneinsteigern für Tätigkeiten im Bereich der Mikrosystemtechnik. Dabei sind die Arbeiten an die jeweiligen regionalen Gegebenheiten angepasst. Die Merkmale der regionalen Netzwerke sowie der überregionalen Zusammenarbeit sind nachfolgend dargestellt (Abb. 2).

Die Netzwerke sind sehr unterschiedlich aufgestellt. Eines konzentriert sich in den Aktivitäten fast ausschließlich auf die Nachwuchsförderung, ein anderes auf Hochschulausbildung, aka-

#### Merkmale des AWWNET-Verbundes:

- Zusammenspiel von Partnern aus Aus- und Weiterbildung, Forschung und Entwicklung sowie Unternehmen
- Bündelung der regionalen MST-Infrastruktur innerhalb der Netzwerke
- angepasst an regionale Bedürfnisse und Schwerpunkte
- vielfältige und unterschiedliche inhaltliche Arbeitsschwerpunkte
- Betrachtung des gesamten Hochtechnologie-Bildungssystems (alle Ebenen)
- überregionaler Austausch innerhalb AWWNET
- Zusammenarbeit mit weiteren Akteuren außerhalb des Verbundes AWWNET



Abb. 2: Strukturelle Merkmale der AWWNET

**MANO** (Mikrosystemtechnik Ausbildung in Nord-Ostdeutschland): Berlin/Brandenburg/Mecklenburg-Vorpommern/Schleswig-Holstein

**mst-bildung** (Ausbildungsnetzwerk zur Förderung der Mikrosystemtechnik in Niedersachsen): Niedersachsen

**Learn-mst** – Lernen am Arbeitsplatz – Mikrosystemtechnik: Nordrhein-Westfalen

**FasiMit** (Aus- und Weiterbildungsnetzwerk zur Fachkräftesicherung in der Mikrosystemtechnik in Thüringen): Thüringen

**pro-mst** (Aus- und Weiterbildungsfoundry): Saarland/Rheinland-Pfalz

**MunichMicronet** (Mikrosysteme für mobile und fluidische Anwendungen als Lerngegenstand): Bayern

Abb. 1: Regionale Verankerung der AWWNET

demische Weiterbildung und Nachwuchsförderung, eines speziell auf die Umschulung zur Mikrotechnologin bzw. zum Mikrotechnologen, drei auf die berufliche Erstausbildung, wobei hier teilweise auch Akteure aus anderen Bildungsebenen wie der Fortbildung und der Hochschulausbildung im Netzwerk Partner sind. So können einzelne der regionalen Netzwerke bereits das gesamte Bildungssystem bearbeiten, von der vorberuflichen Bildung bis zur akademischen Weiterbildung. Durch den überregionalen Zusammenschluss in AWWNET werden die regionalen Erfahrungen und Aktivitäten auch überregional ausgetauscht und aufbereitet, womit ein im Hochttechnologie-Bildungsbereich einmaliges Bündnis entstehen konnte, welches Arbeitsinhalte und Ergebnisse untereinander abstimmt und gemeinsam Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Bildungssystems erarbeitet (MSTbildungsspezifische Informationsquellen: s. Abb. 3).

### **Rolle von Berufsschulen in den regionalen Aus- und Weiterbildungsnetzwerken**

In den Netzwerken FasiMiT, MANO und mst-bildung lag ein Schwerpunkt der inhaltlichen Arbeit auf der beruflichen Erstausbildung. Während in Thüringen (FasiMiT), Berlin, Brandenburg und Schleswig-Holstein (MANO) bereits seit 1998 im Berufsbild „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“ ausgebildet wird, sollte durch die Netzwerke in Mecklenburg-Vorpommern (ebenfalls MANO) und Niedersachsen (mst-bildung) die Erstausbildung eingeführt werden. Besonders innerhalb des Netzwerks MANO wurde dabei auf den Erfahrungen der weiteren Netzwerkpartner aus den anderen Bundesländern aufgebaut. Hier zeigte sich, dass gerade in einem Flächenland wie Mecklenburg-Vorpommern das in der Mikrotechnologie weit verbreitete Modell der Verbundausbildung die einzig sinnvolle Ausbildungsvariante ist. Dort, wo es auf Grund von zu wenig Auszubildenden nicht möglich ist, eine eigene Klasse zu etablieren, sollte an bereits bestehende überregionale Verbände angeknüpft werden. Durch den Einbezug der Beruflichen Schule des Kreises Steinburg in Itzehoe konnten mühsam akquirierte Ausbildungsplätze trotz fehlender regionaler Berufsschu-

le besetzt und die Auszubildenden im Blockunterricht beschult werden.

Besonders der enge Kontakt der Berufsschullehrkräfte zu den weiteren Netzwerkakteuren, aber auch direkt zu den neu ausbildenden Unternehmen war hierbei das Erfolgskonzept. Dies zeigt sich auch in einem aktuellen Vorhaben im Programm „Jobstarter“ des BMBF, das anknüpfend an den Erfahrungen des Netzwerks MANO initiiert wurde: Das Ausbildungsnetzwerk Hochttechnologien Berlin (ANH) will besonders kleine und mittelständische Unternehmen in der Erstausbildung von Fachkräften in den Technologiefeldern Mikrosystemtechnik, Nanotechnologie und Optische Technologien unterstützen (weitere Informationen: [www.anh-berlin.de](http://www.anh-berlin.de)). Das Ziel ist die Schaffung zusätzlicher Ausbildungsplätze. Im Team des ANH arbeiten eine Netzwerkmanagerin, eine Ausbildungsmanagerin und zwei Berufsschullehrkräfte eng zusammen. Die Lehrkräfte sind jeweils zur Hälfte von ihrer Unterrichtsverpflichtung entbunden und beraten gemeinsam mit der Ausbildungsmanagerin Unternehmen in Fragen der beruflichen Ausbildung. Die Unternehmen sowie auch die Berufsschulen ziehen hieraus großen Nutzen: Bei den Informationsgesprächen in den Unternehmen können sich die Berufsschullehrkräfte ein Bild von den benötigten Fähigkeiten machen und auf Grund ihrer berufsschulischen Erfahrung die Unternehmen bei der Wahl des richtigen Ausbildungsberufs beraten. Die Lehrkräfte wiederum können die bei den Betriebsbesuchen gesammelten Eindrücke in die Schule und das Kollegium tragen und den Unterricht praxisnäher gestalten. Im Laufe der Zeit ergibt sich hierdurch eine Partnerschaft, die auch zu einer einfacheren Kommunikation zwischen Berufsschule und Betrieb bzw. zwischen Lehrkräften und Ausbilderinnen bzw. Ausbildern führt.

### **Bedarfsorientierte Fortbildungsangebote für Berufsschullehrkräfte**

Durch die enge Zusammenarbeit in den regionalen Netzwerken und den Austausch zu den Herausforderungen in den einzelnen Regionen wurde deutlich, dass eine Lücke in der Bildungslandschaft in Angeboten zur Fortbildung von Berufsschullehrkräften in der Mikrotechnologie besteht. Nicht nur in den Regionen, in denen

der Beruf neu eingeführt werden sollte und somit Lehrkräfte an das Berufsbild und die Ausbildungsinhalte herangeführt werden mussten, bestand ein Bedarf. Auch in den Regionen, in denen bereits seit Jahren Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen ausgebildet wurden, gab es keine passenden Angebote. Gefordert wurden vor allem praktische Fortbildungsmöglichkeiten, die einerseits den Lehrkräften einen Einblick in die Arbeitsplätze der Mikrotechnologien geben und andererseits die Anforderungen an die Ausbildung durch den ständigen technologischen Fortschritt verdeutlichen. In mehreren der regionalen Netzwerke wurden passende Angebote entwickelt. Durch die Zusammenarbeit der unterschiedlichen Partner konnten hierfür Ressourcen und Infrastruktur beispielsweise von Hochschulen genutzt werden. Mit der Erweiterung der Zielgruppe in Richtung Ausbilderinnen und Ausbilder konnten gleich zwei weitere Nebeneffekte erreicht werden. Einerseits wurde der persönliche Kontakt zwischen den „Theoretikern“, also den Berufsschullehrkräften, und den „Praktikern“, den Ausbildern, verstärkt, andererseits erhielten auch die Ausbilderinnen und Ausbilder die Möglichkeit zum „Blick über den Tellerrand“. Die Vermittlung von Fachkompetenz spielt daher nur eine Rolle. Auch das persönliche Kennenlernen von Know-how-Trägern ist ein wichtiger Netzwerkeffekt, der auch als Erfolgskriterium für die zukünftige Zusammenarbeit und damit auch die Ausbildungsqualität angesehen werden kann.

Zur Durchführung der Fortbildungsmaßnahmen konnten Partner aus den regionalen Netzwerken gewonnen werden. So wurde beispielsweise in der Region Berlin/Brandenburg an der Fachhochschule Brandenburg (Partner im Netzwerk MANO) eine zweitägige Fortbildungsveranstaltung durchgeführt. Schwerpunkte dabei waren neben dem Aufbau eines Dehnungssensors auf einem Siliziumsubstrat die Durchführung einer Tiefenätzung und die Herstellung einer dünnen Membran (vgl. MÖLLMANN/PINNO/SCHWARZ 2007). Die Resonanz der Teilnehmenden, die teilweise aus weiter entfernten Bundesländern für diese Fortbildung angereist waren, war uneingeschränkt positiv.

<b>Informationsmaterialien zur Aus- und Weiterbildung in der Mikrosystemtechnik</b>					
	<b>Herausgeber</b>	<b>Jahr</b>	<b>ISBN</b>	<b>Bezugsquelle</b>	<b>Form</b>
Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern – Fachkräftesicherung in Neuen Technologien; Dokumentation zum Kongress	Hübener, Nicolas/ Schütze, Andreas	2007	978-89750-149-2	schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 63 92-33 90, Fax: (0 30) 63 92-33 92, E-Mail: awnet@zemi-berlin.de, Internet: www.mst-ausbildung.de	Broschüre
AWNET-Zwischenbilanz 2003–2005	AWNET Geschäftsstelle, Max-Planck-Straße 5, 12489 Berlin	2005	3-89750-143-0	schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 63 92-33 90, Fax: (0 30) 63 92-33 92, E-Mail: awnet@zemi-berlin.de, Internet: www.mst-ausbildung.de	Broschüre
Interesse wecken – Motivation steigern – Praxisorientiert ausbilden. Nachwuchsförderung und innovative Ausbildung in Sensorik und Mikrosystemtechnik	AWNET Geschäftsstelle, Max-Planck-Straße 5, 12489 Berlin	2007	978-3-89750-148-5	schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 63 92-33 90, Fax: (0 30) 63 92-33 92, E-Mail: awnet@zemi-berlin.de, Internet: www.mst-ausbildung.de	Broschüre
Duale Ausbildung in innovativen Technologiefeldern	Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Öffentlichkeitsarbeit	2005		schriftlich an den Herausgeber: Postfach 30 02 35, 53182 Bonn oder per Tel.: 0 18 05/26 23 02, Fax: 0 18 05/26 23 03, E-Mail: books@bmbf.bund.de, Internet: http://www.bmbf.de	Broschüre, CD
Hightech-Bastelbuch	AWNET Geschäftsstelle, Max-Planck-Straße 5, 12489 Berlin	2007		nur digital erhältlich: http://www.mst-ausbildung.de/Materialien/HightechBasteleien.pdf	Broschüre
Innovative Konzepte für die Mikrosystemtechnik – Zwischenbilanz eines Ausbildungsnetzwerks	MANO Geschäftsstelle, Max-Planck-Straße 5, 12489 Berlin	2005		schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 63 92-33 99, Fax: (0 30) 63 92-33 92, E-Mail: ralf.kerl@zemi-berlin.de, Internet: www.m-a-n-o.net	Broschüre
„Mikrotechnologe/-in – ein Beruf mit Perspektive“	Bundesministerium für Bildung und Forschung, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH	2005		schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 31 00 78-0, Fax: (0 30) 31 00 78-1 41, globisch@vdivde-it.de	DVD
Fachkräfte für die Mikrosystemtechnik – Investitionen mit Perspektive	Bundesministerium für Bildung und Forschung, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH	2005	3-89750-138-4	schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 31 00 78-0, Fax: (0 30) 31 00 78-1 41, vdivde-it@vdivde-it.de	Broschüre
„Mikrowelten-Zukunftswelten“	Bundesministerium für Bildung und Forschung, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH	2001	3-89750-099-X	schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 31 00 78-0, Fax: (0 30) 31 00 78-1 41, bovenschulte@vdivde-it.de	Broschüre
„Mikrowelten-Zukunftswelten“	Bundesministerium für Bildung und Forschung, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH	2002	3-89750-107-4	schriftlich vom Herausgeber oder unter Tel.: (0 30) 31 00 78-0, Fax: (0 30) 31 00 78-1 41, bovenschulte@vdivde-it.de	CD

Abb. 3: Informationsmaterialien zur Aus- und Weiterbildung in der Mikrosystemtechnik

Die gemeinsame Qualifizierung von Lehrkräften und Ausbilderinnen bzw. Ausbildern stellte aus gutem Grund auch in weiteren Netzwerken einen Schwerpunkt dar. Das Netzwerk mst-bildung führte für zukünftige Mikrotechnologie-Lehr- und Ausbildungskräfte mehrere Lehrgänge durch. Die jeweils ein- bis dreiwöchigen Lehrgänge fanden in Laboren der Universität Hannover statt. Dabei fertigten die Teilnehmenden mikroelektronische Bauelemente, stellten einen Schwingungssensor aus Silizium her und fertigten den Stator eines Mikromotors (vgl. AWWNET-Zwischenbilanz 2005, S. 136).

Ein weiteres Fortbildungsangebot für Lehrkräfte und Lehramtsstudierende wurde an der Lise-Meitner-Schule in Berlin entwickelt. Das dort im Rahmen von MANO aufgebaute MicroLab, ein Schülerlabor zur Mikrotechnologie, wird auch zur Fortbildung genutzt. Das Angebot besteht aus einem praktischen Teil „Herstellung einer Mikrostruktur“ und einem theoretischen Teil „Aufbau und Funktion von Halbleitern“. Ein neues Angebot „Herstellung einer Solarzelle“ befindet sich momentan in Vorbereitung. Anhand der Fertigung einer Solarzelle lassen sich viele Inhalte der Mikrotechnologie wie Dotierung, Metallisierung, Lithographie, Ätzen und Messtechnik vermitteln (vgl. SCHWARZ 2007).

Auch in den weiteren Netzwerken FasiMiT, MunichMicronet und pro-mst wurden praxisorientierte Lehrerfortbildungen entwickelt, die sich allerdings nicht vordergründig an Berufsschullehrkräfte richten, sondern an Lehrkräfte aus allgemein bildenden Schulen sowie Referendarinnen und Referendaren. Vor allem unter dem Aspekt der Multiplikatorenrolle bei der Vermittlung von Hochtechnologien an Schülerinnen und Schülern werden bei diesen Fortbildungen die Anwendungsbereiche und Zukunftschancen der MST vorgestellt, aber auch Hands-on-Versuche durchgeführt, die die Lehrkräfte in den Unterricht einbauen können (vgl. AWWNET-Zwischenbilanz 2005).

### **Überregionaler Erfahrungsaustausch von Berufsschullehrkräften**

Durch den überregionalen Austausch der regionalen Netzwerke wurde besonders im Bereich der beruflichen

Erstausbildung deutlich, dass regionale Unterschiede in der berufsschulischen Ausbildung bestanden. Nur ein Bundesland hält sich an den Vorschlag des KMK-Rahmenlehrplans, die 13 Lernfelder zu unterrichten. In den anderen Bundesländern werden die Lernfelder teilweise in Lernfeldgruppen gebündelt, teilweise Fächern zugeordnet (vgl. KALISCH/SANDER 2007). Die Arbeit in AWWNET machte deutlich, dass großer Handlungsbedarf von den regionalen Akteuren gesehen wird, einen überregionalen Erfahrungsaustausch der Berufsschullehrkräfte zu organisieren. Integriert in den Kongress „Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern“<sup>1</sup> wurde daraufhin ein Workshop für Berufsschullehrkräfte, der einerseits zum Kennenlernen und andererseits zur gegenseitigen Information und Diskussion über Ausbildungsformen und -inhalte diente. Es zeigte sich, dass vor allem die persönliche Einladung der Lehrkräfte sowie das Angebot zur Übernahme von Reise- und Aufenthaltskosten wesentlich dazu beitrugen, dass von fast allen Berufsschulstandorten Vertreterinnen und Vertreter an diesem Workshop teilnahmen. Neben Übersichtsvorträgen zu den im Vorfeld recherchierten Gemeinsamkeiten und Unterschieden der Ausbildung an den Berufsschulstandorten wurden auch zwei Wege zur Umsetzung des KMK-Rahmenlehrplans, die deutliche Unterschiede aufwiesen, vorgestellt. Dies bot eine gute Diskussionsgrundlage. Vereinbart wurden am Ende der Austausch von Prüfungsaufgaben und die regelmäßige gegenseitige Information. Der dreieinhalbstündige Workshop wurde von allen Anwesenden als wichtig, aber zu kurz eingeschätzt. Noch offen in diesem Zusammenhang ist die Verstärkung solcher fachspezifischen Austausche besonders in Hinblick auf die Finanzierung.

### **Möglichkeiten zur Beeinflussung von Ordnungsverfahren**

Der Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“ stellt eine gute Basis für Anforderungen aus benachbarten teilweise konvergenten Technologiefeldern dar. Nicht nur in den Aus- und Weiterbildungsnetzwerken wird daher über die Einrichtung weiterer Ausbildungsschwerpunkte neben Halbleitertechnik und Mikrosystemtechnik oder auch über eine

grundsätzliche Überarbeitung des Berufsbildes nachgedacht. Mit der überregionalen Arbeitsgruppe „Gewerbliche Ausbildung Mikrotechnologe/Mikrotechnologin, Neuordnung, Aufstiegsqualifizierung“ haben die Aus- und Weiterbildungsnetzwerke ein Forum geschaffen, in dem die Partner aus den regionalen Netzwerken ihre Erfahrungen und Anforderungen austauschen und mit weiteren Akteuren, wie Verbänden, aber auch Ordnungsgebern, diskutieren. Aus den Netzwerken sind hier auch Berufsschullehrkräfte vertreten, die den regionalen Bedarf in die Diskussion einbringen. So wurde beispielsweise im Netzwerk MANO zwischen allen beteiligten Partnern eine Position zur Neuordnung des Berufsbildes abgestimmt (vgl. AST 2005). Hierbei wurde erkannt, dass eine Vielzahl von Erkenntnissen aus der regionalen Zusammenarbeit von Berufsschullehrkräften und Ausbilderinnen bzw. Ausbildern beispielsweise im Ausbildungsverbund genutzt und bei einer Neuordnung berücksichtigt werden sollten. Durch die Beteiligung der Berufsschulen im regionalen Netzwerk und den Austausch im überregionalen Verbund konnten Positionen formuliert und den Ordnungsgebern vermittelt werden. Damit können auch die regionalen Anforderungen und die Herausforderungen für einzelne Berufsschulen bei Neuordnungsverfahren berücksichtigt werden.

Zentrale Punkte, die durch die AWWNET-Partner in einem Positionspapier 2005 gemeinsam festgelegt (vgl. AWWNET-Zwischenbilanz 2005) und als Empfehlung an die zuständigen Stellen übermittelt wurden, sind:

- die Neuordnung bzw. Anpassung des Ausbildungsberufes voranzutreiben, um dem Bedarf der Forschung und Industrie zu entsprechen;
- die Flexibilitätspotenziale der existierenden Ausbildungsordnung zu nutzen und eine allzu starke Differenzierung, also die Einrichtung neuer Ausbildungsberufe in weiteren Hochtechnologien, zu vermeiden;
- ein Kerncurriculum für die gewerblich-technische Erstausbildung zu definieren, welches, durch Bildungsmodule ergänzt, die spezifischen Anforderungen der Unternehmen

und Institutionen berücksichtigen und zum Erwerb von Zusatzqualifikationen führen kann.

## Resümee

Die Erfahrungen aus den Aus- und Weiterbildungsnetzwerken für die Mikrosystemtechnik in Bezug auf Rolle und Gestaltungsmöglichkeiten von Berufsschulen in Bildungsnetzwerken sind sehr positiv. Wünschenswert wäre, dass es zukünftig nicht von einzelnen engagierten Lehrkräften oder Schulleiterinnen und Schulleitern abhängig sein sollte, ob und wie stark sich Berufsschulen in Bildungsnetzwerken engagieren. Auch für Bildungsnetzwerkerinnen und -werker, die regionale, aber vor allem auch sektorale Bildungsnetzwerke aufbauen oder managen, sollte der Einbezug der Berufsschulen selbstverständlich sein. Das Know-how, das durch die alltägliche Arbeit der Lehrkräfte mit den Schülerinnen und Schülern sowie den Betrieben entsteht, sollte für die Weiterentwicklung des Bildungssystems und die Schaffung bedarfsorientierter Angebote genutzt werden.

## Anmerkung

- 1 Der Kongress „Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologiefeldern“ fand am 29. und 30. November 2007 in Berlin statt und wurde durch die deutschlandweiten Kompetenznetze zur MST (AWNET), Nanotechnologie (AGeNT-D) und zu den Optischen Technologien (OptecNet Deutschland) veranstaltet.

## Literatur

- AST, S. (2005): MANO-Position zur Neuordnung des Berufsbildes. In: MANO-Geschäftsstelle (Hrsg.): Innovative Bildungskonzepte für die Mikrosystemtechnik – Zwischenbilanz eines Ausbildungsnetzwerks. Berlin. S. 17 f.
- AWNET-Geschäftsstelle (Hrsg.) (2005): AWNET-Zwischenbilanz 2003–2005. Berlin u. a. S. 60, S. 62.
- BMBF (2002): Bekanntmachung von Richtlinien über einen Wettbewerb zur Förderung von Aus- und Weiterbildungsnetzwerken für die Mikrosystemtechnik im Förderkonzept MST 2000+. Bonn. 16.04.2002.
- KALISCH, C./SANDER, U. (2007): Dokumentation des Workshops Teach-Micro. In: HÜBENER, N./SCHÜTZE, A. (Hrsg.): Aus- und Weiterbildung in Hochtechnologie-

feldern. Fachkräftesicherung in Neuen Technologien. Berlin. S. 120–122

- MÖLLMANN, K.-P./PINNO, F./SCHWARZ, N. (2007): Gemeinsame Fortbildung von betrieblichen Ausbildern und Lehrern in der Mikrosystemtechnik, Teil 1: Fortbildungsveranstaltung für Lehrer und Ausbilder „Sensorfertigung mit Mikrostrukturtechnik“. In: AWNET-Geschäftsstelle (Hrsg.): Interesse wecken – Motivation steigern – Praxisorientiert ausbilden. Nachwuchsförderung und innovative Ausbildung in Sensorik und Mikrosystemtechnik. Berlin. S. 102.
- o. V. (2005): Das Ausbildungsnetzwerk mst-bildung. In: AWNET-Geschäftsstelle (Hrsg.): AWNET-Zwischenbilanz 2003–2005. Berlin. S. 132–143.
- o. V. (2005): Themenfeld Strategie & Koordination. In: AWNET-Geschäftsstelle (Hrsg.): AWNET-Zwischenbilanz 2003–2005. Berlin. S. 10–15.
- SCHWARZ, N. (2007): Gemeinsame Fortbildung von betrieblichen Ausbildern und Lehrern in der Mikrosystemtechnik, Teil 2: Fortbildungen im MicroLAB. In: AWNET-Geschäftsstelle (Hrsg.): Interesse wecken – Motivation steigern – Praxisorientiert ausbilden. Nachwuchsförderung und innovative Ausbildung in Sensorik und Mikrosystemtechnik. Berlin. S. 103.

Ulrich Sander/Norbert Schwarz

# Vermittlung grundlegender chemischer Kenntnisse in der Ausbildung von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen

## Vorbemerkungen

Der Schwerpunkt der beruflichen Arbeit von Mikrotechnologen und Mikrotechnologinnen liegt in der Prozess-technologie. Dafür sind gute Kenntnisse der physikalischen und chemischen Hintergründe der mikrotechnologischen Verfahren notwendig. Dieses Hintergrundwissen muss während der Ausbildung vermittelt werden. Im Folgenden soll beispielhaft dargestellt werden, wie die chemischen Kenntnisse für wichtige mikrotechnologi-

sche Prozesse im Unterricht der Berufsschule erarbeitet werden.

## Chemische Tätigkeiten in der Mikrotechnologie

Viele Prozesse zur Herstellung von mikrotechnologischen Komponenten sind entweder direkt chemische Prozesse oder sie benötigen spezielle Chemikalien, die besonders aufgearbeitet und entsorgt werden müssen. Die Vorbereitung und Durchführung solcher Prozesse gehört zu den Auf-

gaben von Mikrotechnologinnen und Mikrotechnologen. Im Folgenden sind die wichtigsten chemischen Tätigkeiten zusammengestellt:

- Herstellung von Lösungen, Bereitstellung von Prozessgasen,
- Bedienung von Anlagen
  - zur chemischen und galvanischen Abscheidung aus der Lösung,
  - zur chemischen Gasphasenabscheidung und Epitaxie,
  - zum Reinigen und Ätzen,

- Entsorgung von festen, flüssigen und gasförmigen Prozesschemikalien,
- Verarbeitung von makromolekularen Stoffen (Fotolacke, Epoxide, Kunststoffe).

Zu beachten ist, dass einige der in der Mikrotechnologie verwendeten Chemikalien extrem giftig oder feuergefährlich sind (z. B. Wasserstoff, Cyanide, Arsin, Phosphin, Silane). In Großbetrieben kann ein Teil der Tätigkeiten von Chemielaboranten oder Chemikanten übernommen werden. Für kleinere und mittlere Betriebe ist es aber oft nicht möglich, dafür speziell chemisch ausgebildetes Personal einzustellen. Deshalb müssen Mikrotechnologininnen und Mikrotechnologen eine fundierte Grundausbildung in der Chemie erhalten. In der folgenden Aufstellung sind die wichtigsten benötigten Kompetenzen zusammengefasst:

- Kenntnisse über Aufbau, Nomenklatur und Eigenschaften von chemischen Verbindungen,
- Verständnis für die Struktur und Bindungsverhältnisse bei Silizium und anderen Halbleitermaterialien (Bändermodell, Dotierung),
- Wissen über den sicheren Umgang mit Chemikalien und deren Entsorgung,
- praktische Erfahrungen bei einfachen Tätigkeiten im chemischen Labor.

In allen Fällen müssen für die Mikrotechnologie relevante Bereiche ausgewählt werden, da die Mikrotechnologieausbildung nicht eine Spezialausbildung zum Chemielaboranten oder zur Chemikantin ersetzen kann. Eine Ausweitung der Chemieanteile wäre nur auf Kosten anderer zentraler Bereiche der Mikrotechnologie möglich.

### Rahmenplan für Betriebe und Berufsschule

Im Ausbildungsrahmenplan für die Betriebe sind unter der Überschrift „Bereitstellen und Entsorgen von Arbeitsstoffen“ insgesamt 18 Wochen für die explizit chemische Ausbildung vorgesehen. Die übrigen oben erwähnten Tätigkeiten werden meist unter den anderen Ausbildungsinhalten bei den entsprechenden Produktionsprozessen aufgeführt. Insbesondere für

kleinere und mittlere Betriebe ist es nicht immer einfach, diese Vorgaben zu erfüllen, da die Laborkapazitäten sehr klein sind und auch das chemisch ausgebildete Personal oft nur wenig Zeit hat, um mit den Auszubildenden die Handhabung von Geräten und den Umgang mit Chemikalien zu üben. Aus diesem Grunde werden in vielen Fällen mehrwöchige überbetriebliche Lehrgänge angeboten, in denen die entsprechenden Grundfertigkeiten vermittelt werden können.

Im Rahmenplan der Berufsschule sind im ersten Lehrjahr 80 Unterrichtsstunden im Lernfeld „Beurteilen von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterfertigung“ vorgesehen. Auch hier sind weitere chemische Inhalte in anderen Lernfeldern bei den entsprechenden Prozessen aufgeführt – z. B. im Lernfeld 7 „Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie“. Wenn für die oben angegebenen Kompetenzen durch die Berufsschule ein sicheres Hintergrundwissen bereitgestellt werden soll, ist der dafür vorgesehene Unterrichtsumfang nicht allzu groß, insbesondere da viele Schülerinnen und Schüler aus der allgemein bildenden Schule nicht das notwendige Basiswissen in Chemie mitbringen. Hier muss, wie auch in anderen Bereichen der Berufsschule, der Stoff der Mittelstufe z. T. erst erarbeitet werden, bevor er für die Erfordernisse der Mikrotechnologie erweitert wird. In jedem Fall muss in der Berufsschule eine spezielle Auswahl für die Bedürfnisse der Mikrotechnologie getroffen werden, und es müssen Bereiche, die sonst zum chemischen Standard gehören, weggelassen werden.

Im Folgenden sollen zwei Unterrichtseinheiten, die an der Lise-Meitner-Schule Berlin seit mehreren Jahren durchgeführt werden, genauer beschrieben werden. Erwähnt werden muss dabei, dass im schulischen Curriculum die für den Chemieunterricht vorgesehene Stundenzahl über die Vorgaben des Rahmenlehrplanes hinausgehen. Im Jahr 2002 wurde in Berlin ein zusätzlicher Praktikumstag im zweiten und dritten Ausbildungsjahr eingeführt. Dies erfolgte nach Rücksprache mit den Betrieben, um die oben erwähnten Probleme in der praktischen Ausbildung für kleine und mittlere Betriebe zu verringern. Für diese

Praktika stehen die Laborräume der Lise-Meitner-Schule zur Verfügung, die sonst für die Ausbildung von chemisch- und physikalisch-technischen Assistenten genutzt werden.

### Zwei Beispiele für Unterrichtseinheiten mit chemischen Inhalten

#### Unterrichtseinheit „Halbleiter“

Im ersten Ausbildungsjahr der Mikrotechnologieausbildung werden die elektrotechnischen und chemischen Grundlagen gelegt. Die chemischen Themen sind im Lernfeld 2 „Beurteilen von chemischen Zusammenhängen für die Halbleiterherstellung“ zusammengefasst, die Grundbegriffe der Halbleitertechnik werden im Lernfeld 3 „Funktionsanalyse ausgewählter Halbleiterwerkstoffe“ erarbeitet. Die Kernbereiche beider Lernfelder werden an der Lise-Meitner-Schule in einer fächerübergreifenden Einheit unterrichtet. Diese Einheit ist nach dem Prinzip des selbstorganisierten Lernens (HEROLD/LANDHERR 2001) strukturiert: In einer insgesamt 20-stündigen Unterrichtseinheit werden die folgenden Themen behandelt:

- Herstellung und Dotierung von Silizium,
- Erklärung der Leitfähigkeit von Halbleitern mithilfe des Bändermodells sowie
- Deutung der Diodenkennlinie anhand der Vorgänge im p-n-Übergang.

Nach dem Einstieg mit einem „Advance Organizer“ (Vorstellung eines Themenkomplexes mit inhaltlichen Verknüpfungen) erarbeiten die Lernenden arbeitsteilig in „Expertengruppen“ (jeweils drei bis fünf Schülerinnen und Schüler) das notwendige Fachwissen und fassen es auf einem Informationsbogen zusammen. Anschließend wird das Thema anhand der Informationsbögen den übrigen Schülerinnen und Schülern in „Stammgruppen“ (Experten verschiedener Themenbereiche) vermittelt. Als fachliche Grundlage für die Arbeit dienen Bücher, meist aus dem Hochschulbereich, ein Foliensatz sowie das Internet. Für die Chemie steht neben der Vermittlung der Herstellung von Siliziumwafern der Gitteraufbau von Siliziumeinkristallen im

Vordergrund. Die Auszubildenden sollen ein räumliches Vorstellungsvermögen für das Kristallgitter entwickeln. Zu diesem Zweck wird ein Silizium-Kristallgittermodell aus Einzelteilen zusammengebaut (Abb. 1).<sup>1</sup> Dieses Gitter wird im Unterricht der folgenden Lehrjahre z. B. bei der Behandlung anisotroper Ätzprozesse und beim Dotieren (Channeling) verwendet. Abgeschlossen wird die Unterrichtseinheit mit einem Besuch im Institut für Kristallzüchtung in Berlin-Adlershof. Dort werden die verschiedenen Anlagen zur Einkristallzucht nicht nur von Silizium vorgestellt.



Abb. 1: Bau des Siliziumgitters

Diese Unterrichtseinheit legt die Grundlage für das Verständnis über den Aufbau und die Funktion von Halbleitern. Im dritten Ausbildungsjahr wird sie wieder aufgegriffen. Dann steht der Aufbau und die Funktion von Optohalbleitern im Vordergrund.

### Unterrichtseinheit „Photolithographie“

#### Zum Unterrichtskonzept

Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, eine Struktur mit wesentlichen chemischen und physikalischen Verfahren der Mikrotechnologie herzustellen, an der auch elektrische Messungen vorgenommen werden können. Wesentliche Inhalte der Lernfelder 7 und 8 „Anwendung fototechnischer Verfahren in der Mikrotechnologie“ bzw. „Erstellung von Schichten und deren Strukturierung“ sollen durch einen fotolithografischen Standardprozess abgedeckt werden, der durch begleitende Experimente ergänzt wird. Daraus ergibt sich eine ca. 16-stündige Lerneinheit Fotolithografie, in der die in der Mikrotechnologie wesentlichen chemischen Prozesse durchgeführt werden. Sie baut auf dem Lernfeld 2 „Beurteilen von chemischen Zusam-

menhängen für die Halbleiterherstellung“ auf.

Für diese Arbeiten steht ein Mikrotechnologielabor zur Verfügung, das mit Unterstützung des Netzwerkes MANO und durch Förderungen der EU mit der Zielvorstellung aufgebaut wurde, praktische Inhalte in der Ausbildung vermitteln zu können.

#### Fotolithografieprozess

Gereinigte Glassubstrate (Gläser aus Diarahmen, 24x36 mm) werden ganzflächig mit Aluminium (ca. 100 nm) im Hochvakuum bedampft. An dieser Stelle können Einflussgrößen des Vakuums auf den Prozess diskutiert werden. Grundlagen der Vakuumtechnik werden bereits im ersten Ausbildungsjahr erarbeitet. Für den praktischen Teil stehen Vakuumpumpstände zur Verfügung. Die metallisierten Glassubstrate werden ganzflächig mit Fotolack beschichtet (Abb. 2) und belichtet. Mit einer Lackschleuder wird die für den Prozess erforderliche genau eingestellte Schichtdicke erzeugt. Die Abhängigkeit der Schichtdicke von der Drehzahl kann in einem separaten Experiment durch Aufnahme einer Schleuderkurve gezeigt werden. Nach der Härtung des Photolacks (Softbake) erfolgt die Belichtung mit einer zuvor erstellten Maske. Die Zusammenhänge zwischen Energiedosis, Belichtungszeit und Wellenlänge werden durch ergänzende Versuche „Messung der Energiedosis des Belichters“ sowie „Aufnahme von Emissions- und Absorptionsspektren“ mit einem Mikrospektrometer vermittelt. Zum Schluss werden die belichteten Fotolackbereiche gelöst (Entwicklung) und die Aluminiumstruktur geätzt.

Das Layout für die Gläser entwerfen die Schülerinnen und Schüler am Computer selbstständig. Sie müssen eine



Abb. 2: Belackung der Glassubstrate

Struktur mit einem elektrischen Widerstand und Anschlusspads für spätere elektrische Messungen in den Entwurf einfügen. Mit einem handelsüblichen Laserdrucker wird der Entwurf auf Transparentfolie übertragen. An der fertigen Struktur (Abb. 3) werden die folgenden Messungen durchgeführt:

- Bestimmung der Schichtdicke und -breite mit dem Profilometer und Berechnung des theoretisch zu erwartenden Widerstandes anhand dieser Werte,
- Messung des Widerstandes mit zwei Spitzen über die Anschlusspads,
- Vergleich von Mess- und Theoriewert.

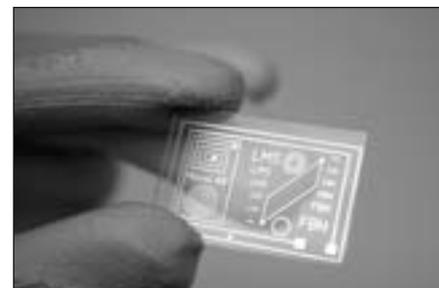


Abb. 3: Strukturiertes Glassubstrat

Die hergestellten Widerstandsstrukturen können zusätzlich wie folgt verwendet werden:

- Einbau in ein Frequenzfilter (zusammen mit einem selbsthergestellten Kondensator) und Wechselstrommessung des Hochpassverhaltens sowie
- Verwendung als Dehnungsmessstreifen (die Strukturierung erfolgt auf einer Folie).

Die messtechnische Überprüfung der Bauteile deckt Inhalte des Lernfeldes 1 „Erfassung und Darstellung von Signalverarbeitungsvorgängen und elektrischen Grundgrößen“ ab.

Das Mikrotechnologielabor wird seit dem Jahr 2005 auch als Schülerlabor „MicroLAB“<sup>2</sup> in Kooperation mit dem Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik genutzt. Hier sollen Schülerinnen und Schülern, Studierenden sowie Lehrerinnen und Lehrern typische Arbeitsweisen in der Mikrotechnologie nahe gebracht werden. Der beschriebene Lithographieprozess

wird dann in vereinfachter Form an einem Vormittag durchgeführt (Abb. 4).

**Zusammenfassung**

Die beiden skizzierten Unterrichtseinheiten werden seit vielen Jahren mit Erfolg durchgeführt. Sie erlauben eine handlungsorientierte Abdeckung der entsprechenden Lernfelder des Rahmenlehrplans. Die im zweiten Beispiel beschriebene lithografische Strukturierung ermöglicht zusätzlich ein praktisch experimentelles Arbeiten. Das ist

wegen der hohen Kosten für die entsprechenden Geräte in den Kernbereichen der Mikrotechnologieausbildung an der Berufsschule sonst nur selten möglich. Es wird in den nächsten Jahren versucht, die Experimente Schritt für Schritt auszubauen.

**Anmerkungen**

<sup>1</sup> Bezugsquelle: www.cochranes.co.uk. Kosten ca. 11 Euro, Schülerinnen und Schüler, die diesen Eigenbeitrag leisten, können das Modell behalten.

<sup>2</sup> www.microlab-berlin.de

**Literatur**

FOLIENSATZ (1987): Chemie – Grundlage der Mikroelektronik. Herausgegeben vom Fond der chemischen Industrie. Frankfurt a. M. (vergriffen).

HEROLD, M./LANDHERR, B. (2001): Selbstorganisiertes Lernen: SOL – ein systemischer Ansatz für Unterricht. Baltmannsweiler.

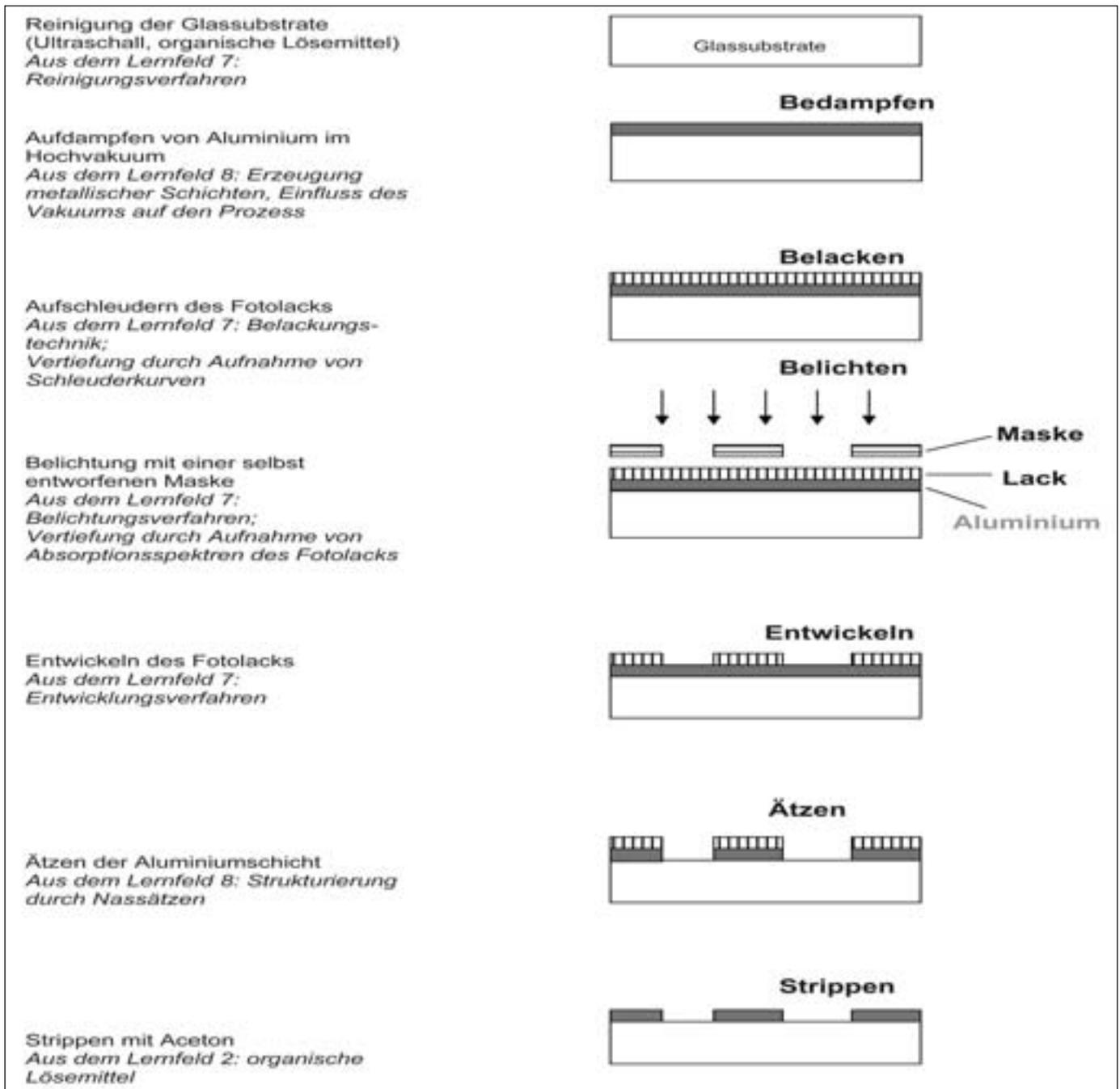


Abb. 4: Fotolithografischer Prozess

Oliver Knebusch

# Berufsschulunterricht in der Ausbildung von Mikrotechnologinnen und -technologien

## Ein Erfahrungsbericht

### Zehn Jahre Mikrotechnologieausbildung

Die Berufsausbildung der Mikrotechnologinnen und -technologien feiert in diesem Ausbildungsjahr bereits ihr zehnjähriges Bestehen. Wer daraus den Schluss zieht, dass damit die berufspädagogischen und fachlichen Herausforderungen, wie in vielen anderen Berufen, eigentlich gelöst sein sollten und man nun zum „Alltagsgeschäft“ übergehen könnte, der sieht sich schon nach einem kleinen Einblick in dieses vielfältige Technologiefeld/Berufsbild getäuscht und eines Besseren belehrt.

Dies liegt schlicht daran, dass man es nach zehn Jahren Erfahrung in der Berufsausbildung der Mikrotechnologien noch als „verwegen“ bezeichnen kann, eine derart komplexe und vielfältige Berufsausbildung überhaupt aus der Taufe gehoben zu haben. Die Erfahrung der letzten Jahre zeigt aber erfreulicherweise, dass Mikrotechnologinnen und -technologien als hervorragende Fachkräfte in den stark wachsenden Branchen der Mikroelektronik, Mikromechanik, Mikrosensorik, Mikroaktorik, der Aufbau- und Verbindungstechnik, Solartechnologie und allen artverwandten Bereichen als dringend gesuchte Fachkräfte gefragt sind. Daher wird niemand ernsthaft infrage stellen, dass die Entwicklung dieses ausgesprochen anspruchsvollen Berufsbildes trotz der Komplexität nicht sinnvoll war und ist.

### Ausbildung in den Mikrotechnologien – Herausforderungen und Besonderheiten

Der Berufsausbildung liegt das Technologiefeld der Mikrotechnologien zugrunde, das sowohl bezüglich seiner Produkte wie auch bezüglich der eingesetzten Prozesstechnologien eine

hohe Komplexität und Bandbreite aufweist.

Entsprechend vielfältig stellen sich auch die Inhalte der Mikrotechnologenausbildung dar. Sie reichen u. a. von Elektronik/Elektrotechnik, Werkstoffkunde, Chemie, Physik, Vakuumtechnik und Messtechnik über Qualitätsmanagement/Statistische Prozesskontrolle bis hin zu dem eigentlichen Ausbildungsschwerpunkt – den umfangreichen Prozesstechnologien.

Hinzufügen sollte man hier, dass es sich bei den meisten Prozesstechnologien um keine linearen und reversiblen Reaktionen handelt, sondern vielmehr um komplexe und dynamische Prozesse, die durch zahlreiche Parameter beeinflusst werden. Um also fachkompetent Veränderungen, Optimierungen und Qualifizierungen an den jeweiligen Prozessanlagen vornehmen zu können, ist ein umfassendes Verständnis der technischen, physikalischen und chemischen Vorgänge unerlässlich.

Selbst versierte Fachleute mit langjähriger Berufserfahrung können das umfangreiche in der Mikrotechnologenausbildung geforderte Fachqualifikationsprofil nur selten vorweisen und finden in ihren eigenen Unternehmen meist auch nur einen Teil der Technologien, an denen sich die Ausbildung in den Mikrotechnologien orientiert.

### Anforderungen an den Berufsschulunterricht in den Mikrotechnologien

Die bisherigen Darstellungen machen deutlich, dass eine gewisse Diskrepanz zwischen den Anforderungen der Mikrotechnologenausbildung und den Ausbildungsmöglichkeiten besteht. Ganz bestimmt gilt diese Diskrepanz auch für die beruflichen Schulen als ein Partner in der dualen Berufsausbildung.

Grundlage des berufsbezogenen Unterrichts der Mikrotechnologinnen und -technologien ist entsprechend des Lernfeldkonzepts das Lernen im Arbeitsprozess im Sinne von Handlungsorientierung. Auch hieraus entsteht eine Fülle von Anforderungen an die materielle, personelle und konzeptionelle Gestaltung des Technologieunterrichts, die Berufsschulen durchaus an die Grenzen des Machbaren bringen können.

#### – Interdisziplinäres und exemplarisches Lernen als Schlüssel zum „Erfolg“?

Ein interdisziplinärer, lernfeld- und technologieübergreifender Ansatz kann hier helfen zu verbinden, was sonst kaum verbunden ist und dazu beitragen, eine qualitativ hochwertige berufliche Bildung auch in den Mikrotechnologien zu ermöglichen.

So gestatten exemplarische Lernsituationen und Fallbeispiele auf der einen Seite das Verständnis für die Breite und Vielfalt des Technologiefeldes, lassen auf der anderen Seite aber auch Raum und Zeit, sich tief greifender mit Beispielen und Themenfeldern auseinanderzusetzen. Dies ist ansonsten in der relativ kurzen Ausbildungszeit von drei Jahren – zumindest in der Tiefe – kaum möglich.

Eine derartige Vorgehensweise ist aber nur dann sinnvoll, wenn den angehenden Mikrotechnologinnen und -technologien das exemplarische Lernen auch den Transfer und die Anwendung der erworbenen Fach- und Methodenkompetenzen auf andere Produkte und Prozesse der Mikrotechnologien ermöglicht.

Positive Aspekte und befruchtende Wirkung hat eine exemplarische und lernfeldübergreifende Herangehensweise aber nicht nur für die angehenden Fachkräfte, sondern vor allem auch für die Zusammenarbeit des Lehrerteams.

Durch die Wahl einer gemeinsamen Unterrichtskonzeption und eine interdisziplinäre Herangehensweise, wird eine stärkere Zusammenarbeit und Abstimmung der Lehrkräfte wie in jedem projektorientierten Unterricht gefördert. Dies resultiert aber hier nicht nur aus der notwendigen Abstimmung des Fachunterrichts, sondern schlicht und einfach auch daraus, dass nur ein Team von Kollegen in diesem Fachbereich die notwendige fachliche Vielfalt in allen Facetten abdecken kann.

Das heißt, vor einer Umsetzung im Technologieunterricht der Mikrotechnologinnen und -technologien stehen zunächst die Fachdiskussion und teilweise auch die gegenseitige Fortbildung der Kollegen untereinander.

Gerade der Aspekt, dass nur ein Team gemeinsam die Aufgabe bewältigen kann, fördert den gemeinsamen „Pioniergeist“ und erhöht das Interesse sowie die Freude an der Planung und Umsetzung der Unterrichtskonzeption.

Ein weiterer wichtiger Gesichtspunkt stellt die notwendige Ausstattung für den Fachunterricht dar. In der Regel ist für einen arbeitsprozessorientierten Unterrichtsansatz in der Mikrotechnologenausbildung neben den „klassischen Fachlaboren“ der Chemie, Physik, Elektronik/Elektrotechnik, Messtechnik usw. auch ein Schulungs- und Laborraum mit umfangreicher Ausstattung unerlässlich. Auch hier ermöglicht uns ein exemplarischer Unterrichtsansatz, bereits parallel zum kontinuierlichen Aufbau der Lehr-Lernumgebung im eigenen Schulungsraum sinnvollen Fachunterricht umsetzen zu können. Das heißt, die Wahl der „Schwerpunktthemen“ und die Entwicklung der Prozesstechnologieausstattung des Reinraums gehen „Hand in Hand“ und beeinflussen sich entsprechend der Möglichkeiten gegenseitig.

Zusätzlich zu den bisherigen Gesichtspunkten sollte auch erwähnt werden, dass eine qualitativ hochwertige berufliche Bildung in diesem Technologiefeld allerdings nicht einmal ansatzweise möglich wäre, wenn die Kollegen des Fachbereichs sich nicht mit einem weit über das normale hinausgehenden Engagement einbringen würden. Dies gilt sowohl für die Konzeption, Abstimmung und Vorbereitung des

Unterrichts wie für den Aufbau und die Vorbereitung der notwendigen Ausstattung. Dabei bedürfen sie zusätzlich auch noch einer starken Unterstützung durch die eigene Berufsschule, durch ihren Träger und nicht zu vergessen auch durch die Aus- und Weiterbildungspartner aus Industrieunternehmen und Forschungsinstituten. Die „Konstellation der Sterne“ muss also schon sehr günstig sein, um auch in einem derart anspruchsvollen und dynamischen Technologiefeld gute berufliche Bildung umsetzen zu können.

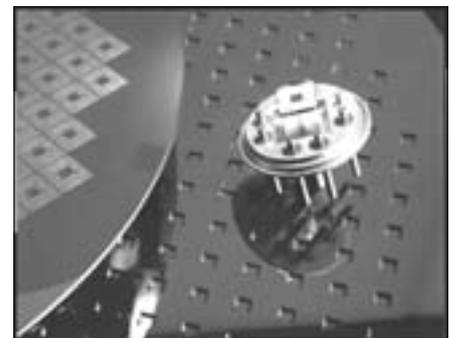
**– Konkretisierung**

Um die bisherigen Anmerkungen etwas anschaulicher zu machen, ist eine kurze, beispielhafte Darstellung eines exemplarischen und interdisziplinären Unterrichtsbeispiels aus dem Berufsschulunterricht der Mikrotechnologinnen und -technologien sinnvoll.

Im ersten Ausbildungsjahr wird den angehenden Mikrotechnologen u. a. ein Überblick über die verschiedenen, spezifischen Produkt- und Fertigungstechnologien ermöglicht, auf dem dann im zweiten und dritten Ausbildungsjahr umfassend aufgebaut werden kann. Zu diesem Überblick gehört auch eine Vielfalt an weiteren Themengebieten, die zum Verständnis der Produkt- und Prozesstechnologien unerlässlich sind. Hierzu sind beispielsweise eine Einführung in die Werkstoffkunde und ihre Kenngrößen, einschließlich Kristallografie, chemische Grundlagen, Grundlagen der Elektrotechnik/Elektronik sowie physikalische Grundlagen zu nennen.

Ein Schwerpunkt des ersten Ausbildungsjahrs ist die Einführung in die Mikrosystemtechnik und hier speziell in die Bulk-Mikromechanik. Im Rahmen Bulk-Mikromechanik bietet sich ein piezoresistiver Drucksensor als exemplarischer Lernträger an, da sich Drucksensoren dieser Bauart inzwischen millionenfach als typische Anwendung der Bulk-Mikromechanik etabliert haben und eine Fülle von Fachinhalten beim Aufbau, der Funktion und der Herstellung

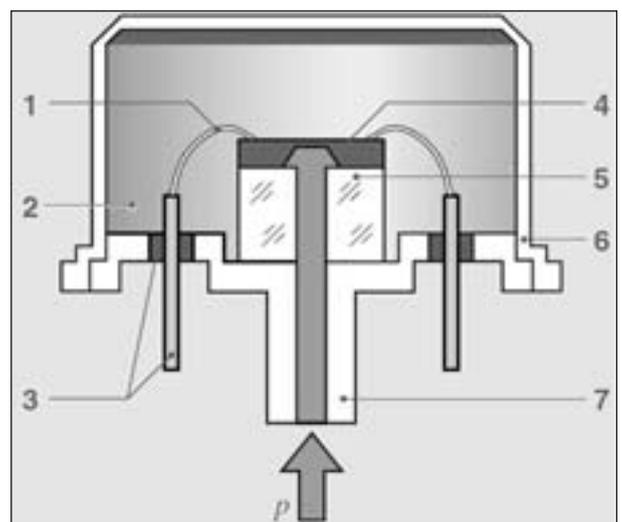
des Sensors ihre Anwendung finden, die auch auf andere Produkte und Prozesse übertragen werden können (s. *Abb. 1* und *Abb. 2*).



*Abb. 1: Silizium-Drucksensorchip, montiert auf Glaschip und TO-Sockel*

Folgende Fachinhalte können u. a. im Rahmen der Bearbeitung dieses „Lernträgers“ vermittelt werden:

- Aufbau eines Drucksensors in Bulk-MM,
- physikalische Grundlagen wie z. B. piezoresistiver Effekt, Widerstand in Abhängigkeit der Dotierung,
- Funktion eines Piezoresistiven Drucksensors im Sinne der Wheatstonschen Brückenschaltung,
- Kristallaufbau und -gitter und speziell der Kristallaufbau des Siliziums, einschließlich der Millerschen Indizes,
- Interpretation von Kennwerten der Werkstoffkunde wie z. B. Elastizi-



*Abb. 2: Schema des Drucksensors*

- tätsmodul, Ausdehnungskoeffizient u. Ä.,
- Prozesse und Prinzipien der Bulk-Mikromechanik,
  - Einführung in die Nasschemie, einschließlich chemischer Reaktionen wie Redoxreaktionen,
  - Nasschemie Kennwerte wie Ätzraten, Selektivität, Anisotropie,
  - Umgang mit Sicherheitsdatenblättern,
  - Anisotrop-kristallorientiertes Ätzen von Silizium,
  - Inspektionsverfahren z. B. Mikroskop, REM, Interferometer,
  - Aspekt der CMOS-Kompatibilität sowie
  - wirtschaftliche und prozesstechnische Aspekte von Batch- und Einzelwaferprozessen.

Im Mittelpunkt der Betrachtungen und Versuche liegen vordergründig die Prozesse und naturwissenschaftlichen Grundlagen zur Erzeugung der Siliziummembran des Drucksensors. Hierbei bilden die Planung, Durchführung und Auswertung von nasschemischen Ätzversuchen einen Schwerpunkt. Mit den gewonnenen Erkenntnissen kann der Einfluss der einzelnen Kristallebenen auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften von Silizium erfahrbar gemacht werden. Darüber hinaus ist es aber auch Schwerpunktziel, durch selbstständiges Handeln und Analysieren die Fähigkeiten der angehenden Mikrotechnologinnen und -technologen zu fördern, um z. B. das Verständnis für die Kristallachsenorientierung und deren Auswirkungen auf die Eigenschaften von monokristallinem Silizium zu erlangen.

Das Verständnis wird u. a. auch mit selbstständig erstellten Modellen gefördert, die die Ausprägung von räumlichem Vorstellungsvermögen für zwei- und dreidimensionalen Elementarzellaufbau stärken (s. Abb. 3 und 4).

Neben der grundsätzlichen Funktion eines Drucksensors als Beispiel für die Bulk-Mikromechanik besteht das Ziel dieser Unterrichtsreihe also darin, durch Stärkung verschiedener Kompetenzbereiche das Verständnis für den Zusammenhang zwischen Kristallachsenorientierung und den werk-

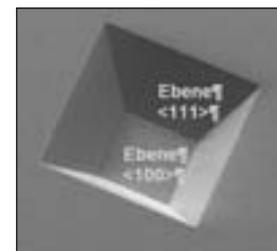
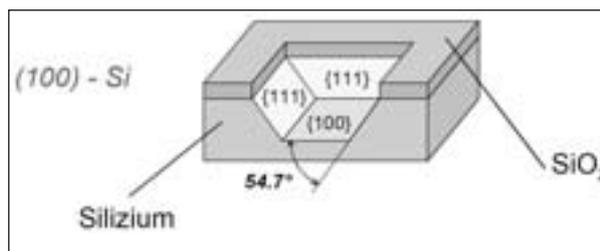


Abb. 3 und 4: Schema und REM-Bild der Ausbildung von Kristallstrukturen beim Anisotrop-Kristallorientierten Ätzen von (100) Silizium

stofftechnischen Eigenschaften von Silizium am Beispiel der Fertigung der Drucksensormembran auszubilden.

Das Erlangen des Verständnisses für den atomaren Aufbau von Silizium, die Form seiner Elementarzelle, die Anordnung der Atome, die daraus resultierenden Kristallachsen und schließlich deren Einfluss auf die physikalischen, chemischen und elektrischen Eigenschaften verlangen von den Schülerinnen und Schülern ein hohes Maß an räumlichem Vorstellungsvermögen und abstraktem Denken.

Obwohl der atomare Aufbau jeglicher Werkstoffe eine elementare Bedeutung in unserem Leben hat, begreifen wir dessen Auswirkung erst durch das Einbeziehen mehrerer Sinne. Die unterschiedlichen physikalischen und elektrischen Eigenschaften der Werkstoffe lassen sich durch das Denken erklären, aber nur durch Experimente nachweisen und letztendlich begreifen. Das Verständnis für das Gebiet der Kristallografie ist für die angehenden Mikrotechnologinnen und -technologen von großer Bedeutung, denn der Zusammenhang zwischen Kristallachsenorientierung und Werkstoffeigenschaften wirkt sich unmittelbar auf zahlreiche Prozesse in den Mikrotechnologien aus.

Parallel zu den erläuterten Aspekten wird das Verständnis der dabei ablaufenden chemischen Reaktionen und Mechanismen gefördert. Wie bei vielen anderen chemischen Prozessen laufen bei der Ätzung des Siliziums mit KOH Redoxreaktionen ab. Eine Besonderheit ist hier allerdings, dass durch verschiedene Ätzstoppmechanismen, die in der Regel auf dem Entzug der ausgetauschten Elektronen beruhen, das Reaktionsprinzip erfahrbar wird.

Die beiden dargestellten zentralen Entwicklungsbereiche der Unterrichtsreihe, die Kristallografie und das Verständnis der ablaufenden chemischen Reaktionen (Redoxreaktion), stellen also beispielhaft die Schlüsselkompetenzen dieser Unterrichtsreihe dar, die auf zahlreiche andere komplexe Probleme und Phänomene der Mikrotechnologien übertragen werden können und diese damit verständlich machen.

#### - Ablauf der Unterrichtsreihe

- Einführung Bulk-Mikromechanik am Beispiel piezoresistiver Drucksensoren,
- Aufbau und Funktion des Drucksensors,
- Vergleich zur Oberflächenmikromechanik,
- Prinzipien des Anisotrop-Kristallorientierten Ätzens mit KOH,
- Vorbereitung von Vorversuchen zur Erzeugung von Drucksensor-Membranen im Siliziumwafer,
- Erarbeitung aller prozesstechnischer Hintergründe,
- Berechnungen zur Prozesstechnologie,
- Erarbeitung der Hintergrundinformationen zu den ablaufenden chemischen Reaktionen,
- Klärung der wichtigsten Begrifflichkeiten zur Kristallografie und Werkstoffkunde,
- Beschreibung der einzelnen Kristallachsen mit Millerschen Indizes,
- Übertragung der einzelnen Kristallachsen auf ein dreidimensionales Koordinatensystem,
- Bau eines zweidimensionalen Elementarzellenmodells,
- Nachbau der Ebenen {100}, {110} und {111},

- Erstellung eines Arbeitsplans zum kristallorientierten Ätzen am (100) Si-Wafer,
- Bestellung notwendiger Materialien für die Versuchsdurchführung,
- Bau eines dreidimensionalen Elementarzellenmodells der Ebenen {100}, {110} und {111},
- Durchführung von unterschiedlichen nasschemischen Ätzversuchen am (100) Si-Wafer,
- Dokumentation der Arbeitsschritte,
- Inspektion und Evaluation der Ergebnisse,
- Auswertung der Ätzversuche zum anisotropen Ätzverhalten,
- Erklärung und Reflexion der Versuchsergebnisse an den erarbeiteten Hintergrundinformationen,
- Evaluation der Ergebnisse,
- Lösen mehrerer Transferaufgaben aus der Bulk-Mikromechanik, Chemie und Kristallographie.

### Schlusswort

Bezug nehmend auf die Eingangsthemen sollte dieser Artikel verdeutlichen, dass es auf der einen Seite nach wie vor eine Herausforderung ist, in einem derartig komplexen Technologiefeld

wie dem der Mikrotechnologien eine anspruchsvolle Berufsausbildung umzusetzen, es auf der anderen Seite aber auch viel versprechende Lösungsansätze gibt.

In diesem Zusammenhang soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Annahme dieser Herausforderung in einem Team engagierter Kollegen sowie in enger Zusammenarbeit und mit Unterstützung der Dualpartner eine unglaublich spannende Aufgabe ist, deren Lösung und Bearbeitung zwar ein sehr hohes Engagement voraussetzt, aber auch sehr viel Spaß und Freude bereitet.

Axel Grimm

# Lehrerhandeln im gewerblich-technischen Unterricht

## Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zum Lehrerhandeln von Studienreferendarinnen und Studienreferendaren der beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik/Metalltechnik

### Vorbemerkung

Die unterrichtlichen Handlungsmuster von Lehrkräften im gewerblich-technischen Unterricht – so spiegeln es die aktuellen Befunde aus der Feldforschung wider – sind oftmals geprägt durch direkte Instruktion, einseitiges methodisches Vorgehen und die Vermittlung von Faktenwissen. In diesem Beitrag wird der Frage nachgegangen, ob die oben genannten Handlungsmuster sich in den aktuellen Prüfungsarbeiten zum Zweiten Staatsexamen von Studienreferendarinnen und Studienreferendaren in den beruflichen Fachrichtungen Elektrotechnik und Metalltechnik wiederfinden. Dazu werden ausgewählte Ergebnisse einer explorativ qualitativen Untersuchung vorgestellt, die im Rahmen eines Dissertationsvorhabens an der TU Berlin am Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre in der Fachdidaktik

Metall- und Elektrotechnik entstanden sind.<sup>1</sup>

### Ausgangsfragestellung

Analysiert man die bislang vorliegenden quantitativen Untersuchungen aus der Feldforschung, so wird ein einheitliches Bild von gewerblich-technischem Berufsschulunterricht dargestellt. Die aktuellsten Befunde stammen von PÄTZOLD u. a. (2003), die sehr umfangreich Lehrkräfte und Lernende im Bereich der metalltechnischen Ausbildung befragten, und von BAUER (2006), der Daten zu den Einstellungen und Handlungsprinzipien von Lehrerinnen und Lehrern in verschiedenen Bundesländern aus den industriellen Elektroberufen erhob.

Danach ist Berufsschulunterricht gekennzeichnet

- durch die Vorherrschaft der Vermittlung von Faktenwissen, welches aus den Fachwissenschaften generiert wird,
- durch die Bevorzugung lehrerzentrierter Vermittlungsformen,
- dadurch, dass Lehrgespräch und Lehrervorträge den Schülerinnen und Schülern eine reagierende bis passiv-rezeptive Rolle zuweisen (zu über 50 % der Unterrichtszeit),
- dadurch, dass handlungsorientierte Lehr-Lernarrangements selten zum Einsatz kommen und
- dadurch, dass die praktische Berufserfahrung der Lehrkräfte in der Berufsausübung keine Rolle spielt. Gemeint ist damit, dass das vorhandene Arbeitsprozesswissen aus einer Tätigkeit vor dem Lehrerdasein in den Unterricht nicht eingebunden wird.

SHELLEN (2006) behauptet dagegen, dass die Berufsschule eine Vorreiterrolle bei der Durchführung von konstruktivistischem Unterricht spielt. Praxisbeispiele in Fachpublikationen spiegeln ebenfalls ein vollständig anderes Bild von gewerblich-technischem Unterricht wider.

In dem Dissertationsvorhaben werden unterrichtliche Handlungsmuster – in Form von Unterrichtsskripten und Lehrerkognitionen – von Lehrkräften im gewerblich-technischen Unterricht rekonstruiert. Unterrichtsliche Handlungsmuster sollen im Folgenden als ein Konstrukt aus bestehenden Theorien verstanden werden, das zum einen komplexe Überzeugungen von Lehrerinnen und Lehrern zu Fragen des Lehrens und Lernens (Kognitionen) und zum anderen verinnerlichte Routinen zum Ablauf von Unterricht (Unterrichtsskripte) beinhaltet. Das Forschungsvorhaben leistet einen Beitrag zur qualitativ-deskriptiven Unterrichtsforschung. Die hypothesengenerierende Studie ist nicht effektivitätsorientiert. Sie soll daher nicht die Frage nach der Unterrichtsqualität beantworten, sondern soll einen Einblick oder besser noch einen Überblick über bestehende unterrichtliche Handlungsmuster von Studienreferendarinnen und Studienreferendaren in der Zweiten Phase der Lehrerbildung vermitteln.

### **Theoretische Überlegungen zum Lehrerhandeln im gewerblich-technischen Unterricht**

Lehrerhandeln bezogen auf Unterricht kann mithilfe zweier Teilhandlungen – dem „Lehren“ und dem „sozialen Handeln“ – expliziert werden. Unter „Lehren“ lässt sich das zielgerichtete Planen, das Durchführen und das Evaluieren einer Unterrichtseinheit subsumieren. Lehrerinnen und Lehrer benötigen hierfür fachdidaktisches und fachliches Wissen. Das „soziale Handeln“ oder auch Interaktionshandeln versteht sich als „Handeln unter Druck“ (WAHL 2006), also als das Reagieren auf ungeplante Unterrichtssituationen und Unterrichtsstörungen. Hierfür wird professionelles Situationswissen benötigt. Für beide Handlungsformen werden die subjektiven Theorien von Lehrkräften verantwortlich gemacht. WAHL (2006) unterscheidet subjektive

Theorien längerer Reichweite – für das „Lehren“ – und kürzerer Reichweite für das Interaktionshandeln.

In älteren Publikationen wird das „Lehren“ als Lehrerhandeln und das „soziale Handeln“ als Lehrerverhalten definiert (ASCHERLEBEN 1981). Da der Begriff der Handlung in neuerer Zeit weniger eng ausgelegt wird, lassen sich zurzeit als Handlungen alle von außen wahrnehmbaren Aspekte einer Lehrkraft im Umfeld der Schule verstehen, die sowohl intendierte als auch nicht intendierte Wirkungen aufweisen können (vgl. NEUENSCHWANDER 2005).

Im Unterrichtsprozess sind beide Handlungsstränge untrennbar gekoppelt, analytisch gesehen lassen sie sich aber getrennt betrachten. Für die hier vorgenommene Untersuchung wird das Lehrerhandeln von Berufsschullehrern im Sinne des „Lehrens“ analysiert.

Lehrkräfte an beruflichen Schulen planen ihren Unterricht unter Einbezug vieler Variablen. Um aussagekräftige und trotzdem differenzierte Handlungsmuster rekonstruieren zu können, muss das Phänomen Unterricht auf wenige bedeutende planungsrelevante Faktoren begrenzt werden.

In der aktuellen Diskussion über die Gestaltung von Lehr-Lernarrangements lassen sich traditionelle Planungskonzeptionen, die sich durch ein geführtes systematisches Lernen in definierten Wissensdomänen auszeichnen, und Konzeptionen im Sinne einer „Neuen Lernkultur“, die ein situationsbezogenes Lernen in realitätsnahen berufstypischen Anwendungssituationen fördern sollen, unterscheiden (vgl. SCHÜTTE/GRIMM 2008).

In der Art und Weise, wie Wissen bei den Schülerinnen und Schülern generiert werden soll, unterscheiden sich traditionelle Unterrichtsvorhaben von Unterricht im Sinne eines pädagogischen Konstruktivismus (REUSSER 2006). Traditioneller Unterricht wird i. d. R. mit Frontalunterricht gleichgesetzt. Die Lehrkraft bietet das neue Wissen dar, die Schülerinnen und Schüler sollen das Wissen aufnehmen und im nachfolgenden Unterricht anwenden können. Der Wissenserwerb ist durch eine aktive Lehrerrolle und eine passive Schülerrolle gekenn-

zeichnet. Für ADL-AMINI (1994) sind diese Merkmale charakteristisch für das transitive Lernen.

Beim reflexiven Lernen dagegen wird die Schülerin oder der Schüler aktiv und erlebt bewusst, wie sie oder er lernt. Dies wird auch von konstruktivistischem Unterricht erwartet. Er impliziert ein konstruktives Lernen, welches sich durch das „Lernen lernen“ und das „Learning by doing“ (REICH 2006, S. 192) auszeichnet. Hier wird das neue Wissen durch „Erfahrung machen“ aufgebaut. Der Wissenserwerb ist durch die aktive selbsttätige Schülerrolle und eine passive beratende Lehrerrolle gekennzeichnet.

Des Weiteren ist die Diskussion über die zugrunde liegende Systematik der Lehr-Lernarrangements, also das alte Paradigma von Fachsystematik und Berufspragmatik bzw. Systematik und Kasuistik (vgl. SCHÜTTE 2006), weiterhin aktuell. Fachsystematischer Unterricht ist dadurch gekennzeichnet, dass die Unterrichtsinhalte in Form und Anordnung aus der korrespondierenden Fachwissenschaft übernommen werden, also z. B. ausgehend von den physikalischen Grundlagen nach dem Prinzip von klein nach groß. Handlungssystematischer Unterricht versucht die Unterrichtsinhalte an einer an den Handlungsanforderungen des Berufes angelehnten Struktur zu vermitteln, beispielsweise in Form von Arbeits- und Geschäftsprozessen. Der Kundenauftrag ist hierfür ein gängiges methodisches Instrument.

Geprägt ist der Unterrichtsprozess weiterhin durch die methodischen Entscheidungen hinsichtlich des Einsatzes von Lehrervortrag, Lehrer-Schüler-Gespräch, Schülereinzelnarbeit, Partnerarbeit und Gruppenarbeit. Die Wahl einer solchen Interaktions- und Sozialform kann bereits Rückwirkungen auf die zu erreichenden Ziele haben. Für das Lernen im kognitiven Bereich kann auf alle oben genannten unterrichtsmethodischen Herangehensweisen zurückgegriffen werden. Betrachtet man das Lernen unter dem Aspekt der affektiven Dimension und möchte bei den Schülerinnen und Schülern beispielsweise die Interaktionen untereinander fördern, so muss dies auch methodisch entsprechend angelegt werden.

Für die Analyse von Unterricht lässt sich eine Sichtstruktur und eine Tiefenstruktur des Unterrichtsverlaufs unterscheiden. Die Sichtstruktur zeichnet sich durch die eingesetzten Medien und Methoden aus. Die obigen Charakteristika lassen sich daher auch als Sichtstruktur des Unterrichts bezeichnen. Unterrichtsskripte verfolgen hingegen eine lernpsychologisch begründete Tiefenstruktur, die eine Aussage über die Art und Weise des Wissenserwerbs bei Schülern erlauben. Die Tiefenstruktur kann auch als zeitlich gegliederter Ablauf des Unterrichtsverlaufs bezeichnet werden. Eine derartige Unterrichtsartikulation kann nach den Vorgaben bestimmter Didaktiker nach dem Prinzip der vollständigen Handlung oder einfach nur intuitiv geschehen. Für die vorliegende Untersuchung ist auf den theoretischen Ansatz „Choreographien unterrichtlichen Lernens“ von OSER und PATRY (1990) zur Bestimmung der vorliegenden Tiefenstruktur zurückgegriffen worden, da er als Weiterentwicklung des eher kognitiv geprägten Ansatzes von AEBLI (2001) zu verstehen ist und weiterführende Aussagen über die angedachten Unterrichtsziele erlaubt.

Die dargestellten unterrichtlichen Planungsfaktoren reduzieren die Unterrichtskomplexität durch eine phänomenologische Reduktion auf folgende Forschungsthese:

Beruflicher Unterricht konstituiert sich immer in einem Entscheidungsraum der Unterrichtsgestaltung, der geprägt ist durch:

- traditioneller Wissenserwerb – konstruktivistischer Wissenserwerb,
- Fachsystematik – Handlungssystematik,
- Wahl der Interaktions-/Sozialformen sowie
- Wahl der Lernwege nach dem Modell „Choreographien unterrichtlichen Lernens“.

### Methodisches Vorgehen

Für die vorgenommene Studie wurden Prüfungsarbeiten zum Zweiten Staatsexamen der Fachrichtungen Metall- und Elektrotechnik aus Berliner Studienseminaren mithilfe der qualitativen Dokumentenanalyse (MAYRING 2007) untersucht. Die Hauptuntersuchung

aus den Jahren 1999 bis 2006 umfasst 50 Arbeiten mit ca. 320 Unterrichtsstunden. Es wurden alle zur Verfügung stehenden Arbeiten dieser Jahrgänge für die Untersuchung herangezogen. Daher kann von einer Totalerhebung gesprochen werden. Zusätzlich wurden noch drei vergleichende Untersuchungen aus den Jahren 1981/82, 1990/91 und 1995/96 durchgeführt. Dadurch konnten 18 weitere Arbeiten mit ca. 63 Unterrichtsstunden interpretiert und gegenübergestellt werden. Auch hier sind alle Arbeiten, die zur Verfügung standen, analysiert worden.

### Ausgewählte Ergebnisse

In diesem Beitrag soll sich auf die analysierte Sichtstruktur der Unterrichtsvorhaben und hier speziell auf die von den Studienreferendaren ausgewählten methodischen Entscheidungen hinsichtlich der Auswahl der Interaktions- und Sozialformen beschränkt werden.

Prüfungsarbeiten zum Zweiten Staatsexamen sind in sich geschlossene (fach-)didaktische Materialien in Textform. Die analysierten Prüfungsarbeiten enthalten Unterrichtsplanungen mit einer Dauer von zwei bis sechs Unterrichtsblöcken (à 90 Minuten). Eine Unterrichtsanalyse ist integraler Bestandteil jeder Prüfungsarbeit. Von den hier analysierten 50 Prüfungsarbeiten der Hauptuntersuchung stammen 24 aus dem Bereich der Elektrotechnik (davon sechs aus der Informationstechnik) und 26 Arbeiten aus der Metalltechnik (davon sechs Arbeiten aus dem Bereich Kraftfahrzeugtechnik und eine Arbeit aus dem Bereich Optiker Ausbildung). Zehn Arbeiten wurden von Studienreferendarinnen und 40 von Studienreferendaren angefertigt.

Ob Unterrichtsvorhaben in der Planung schülerzentriert oder lehrerzentriert angelegt worden sind, lässt sich anhand der Unterrichtsverlaufspläne rekonstruieren. Hier sind den einzelnen Unterrichtsabschnitten die jeweiligen Interaktions- oder Sozialformen von den planenden Lehrkräften zugeordnet worden.

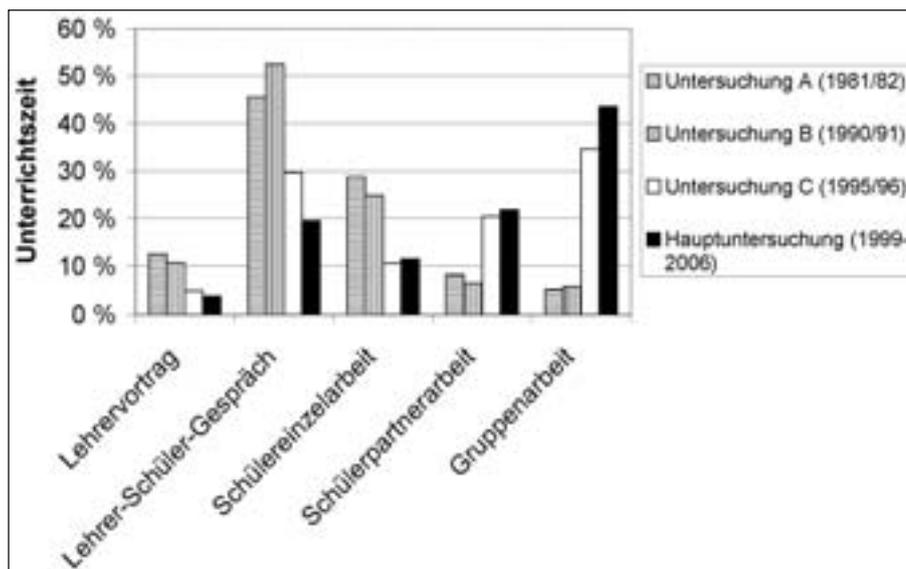
Ein Unterrichtsvorhaben kann als lehrerzentriert charakterisiert werden, wenn die didaktisch-methodischen Entscheidungen der Studienreferendarinnen und Studienreferendare sich

zeitlich mehrheitlich durch den Einsatz von Lehrervortrag und Lehrer-Schüler-Gespräch auszeichnen. Ein schülerzentrierter Unterricht setzt dagegen mehrheitlich auf den Einsatz von Schülereinzelsarbeit, Gruppen- und Partnerarbeit.

Der jeweilig geplante Zeitanteil (y-Achse) für die verschiedenen Interaktions- und Sozialformen (x-Achse) am gesamten Unterrichtsvorhaben kann grafisch dargestellt werden (Abb. 1). Die Hauptuntersuchung zeigt auf, dass die Studienreferendarinnen und Studienreferendare durchschnittlich zu knapp 4 % einen Lehrervortrag und zu fast 20 % ein Lehrer-Schüler-Gespräch in den analysierten Unterrichtsvorhaben einsetzen. Auf den lehrerzentrierten Frontalunterricht fallen daher durchschnittlich ca. 24 % der Unterrichtszeit. In den Unterrichtsplanungen wählen die Lehrkräfte in ihren methodischen Entscheidungen durchschnittlich zu 12 % die Schülereinzelsarbeit, zu 21 % die Schülerpartnerarbeit und zu 43 % die Gruppenarbeit aus. Die schülerzentrierten Sozialformen machen daher insgesamt durchschnittlich ca. 76 % der Unterrichtszeit aus.

Der Vergleich mit den Stichproben aus den Jahren 1981/82, 1990/91 und 1995/96 offenbart eine erstaunliche Entwicklung. Wie zu erkennen ist, verliert der Frontalunterricht – der sich aus Lehrervortrag und Lehrer-Schüler-Gespräch zusammensetzt – mit den Jahren bei der zeitlichen Unterrichtsplanung deutlich an Bedeutung (1980/81: 58 %; 1990/91: 63 %; 1995/96: 34 %; 1999–2006: 24 %). Dafür gewinnen die sozialkooperativen Sozialformen – Schülerpartner- und Gruppenarbeit – an Bedeutung (1980/81: 13 %; 1990/91: 12 %; 1995/96: 55 %; 1999–2006: 65 %). Auch die Schülereinzelsarbeit verliert mit den Jahren an Gewichtung (1981/82: 29 %; 1999–2006: 12 %).

Die Einzelanalyse innerhalb der Hauptuntersuchung (Abb. 2) verdeutlicht den Anteil an lehrerzentrierten und schülerzentrierten Unterrichtsplanungen. Bei insgesamt fünf Arbeiten (10 %) wird zeitlich mehrheitlich ein Frontalunterricht in Form von Lehrervortrag und Lehrer-Schüler-Gespräch geplant. Daher wird hier von einem lehrerzentrierten Unterricht gesprochen. Die eindeutige Mehrzahl (90 %) der Stu-



sind am auffälligsten die Veränderungen des Instruktionsverhaltens durch die Lehrkräfte und die Veränderungen des Lernens in den Sozialformen Einzelarbeit, Partnerarbeit und Gruppenarbeit. Das passiv-rezeptive Lernen wird zugunsten eines sozial-kooperativen Lernens zeitlich verdrängt. Ab Mitte der 1990er-Jahre scheint sich die Diskussion um Schlüsselqualifikationen, wie Teamfähigkeit, selbstständiges Lernen und Erlangung von Sozial- und Kommunikationskompetenz, in den Unterrichtsplanungen der Prüfungsarbeiten zum Zweiten Staatsexamen niederschlagen. Da der lehrerzentrierte Klassenunterricht – in den Formen Lehrervortrag und Lehrer-Schüler-Gespräch – wenig geeignet erscheint, solche Kompetenzen herauszubilden, geschieht zu diesem Zeitpunkt eine Wende hin zu kooperativen Lernformen, bei denen Schülerinnen und Schüler zunehmend selbsttätig und eigenverantwortlich für ihre Lernprozesse verantwortlich gemacht werden sollen.

Hinsichtlich der angesprochenen quantitativen Befunde aus der Feldforschung und den hier dargelegten Teilergebnissen der Untersuchung besteht eine Differenz, die der Aufklärung bedarf. BAUER (2006, S. 350) stellt zwar fest, dass zu 50 % fragend-entwickelnd oder frontal unterrichtet wird, differenziert hier aber leider nicht nach den Dienstjahren der befragten Lehrkräfte. Eine mögliche These ließe sich mit der beruflichen und professionellen Sozialisation von Pädagogen (LEMPERT 2006) und deren subjektiven Theorien über das „Herstellungswissen“ (DANN 2007) herleiten:

Das einmal erworbene subjektiv-theoretische Wissen von Lehrkräften über didaktisch-methodische Handlungsmuster der Unterrichtsgestaltung wird auch bei veränderten institutionellen Rahmenbedingungen schwer veränderbar sein.

Diejenigen Kollegen, die noch bis Anfang der 1990er-Jahre einen lehrergeführten Unterricht, der sich oftmals durch eine hochspezialisierte Frage-technik im Lehrer-Schüler-Gespräch auszeichnete, favorisieren, werden nur mithilfe von mehrschrittigen Umlernprozessen ihre handlungsleitenden Strukturen verändern können (vgl. WAHL 2006).

Abb. 1: Wahl der Interaktions- und Sozialformen bei der Unterrichtsplanung

dienreferendarinnen und Studienreferendare plant einen schülerzentrierten Unterricht. Bei mehr als der Hälfte der Unterrichtsplanungen ist der Anteil des Frontalunterrichts zwischen 11 % bis 30 %. Lediglich bei einer Prüfungsarbeit, die den Einsatz eines computerunterstützten Lernprogramms als didaktischen Schwerpunkt aufwies, verzichtet die Lehrkraft vollständig auf eine Instruktion durch den Lehrer.

Obwohl die Fallzahlen wenig belastbar erscheinen, soll an dieser Stelle trotzdem erwähnt werden, dass Studienreferendarinnen und Studienreferendare ihre Unterrichtsplanungen im Rahmen dieser Untersuchung unterschiedlich akzentuiert haben. Beispielsweise plant keine Studienreferendarin einen lehrerzentrierten Unterricht in ihrem

Unterrichtsvorhaben zum Zweiten Staatsexamen; fünf der männlichen Kollegen tun dies.

### Diskussion der Ergebnisse

Die bisherigen Ergebnisse zeigen deutlich die Veränderungen im geplanten „Lehren“ von Studienreferendarinnen und Studienreferendaren über einen Zeitraum von 25 Jahren auf. Der lehrerzentrierte und lehrergesteuerte Unterricht ist um Funktionen und Formen der indirekten Instruktion in maßgeblicher Weise bei den Unterrichtsplanungen der Prüfungsarbeiten zum Zweiten Staatsexamen erweitert worden.

Vergleicht man die Ergebnisse zur Wahl der Interaktions- und Sozialformen, so

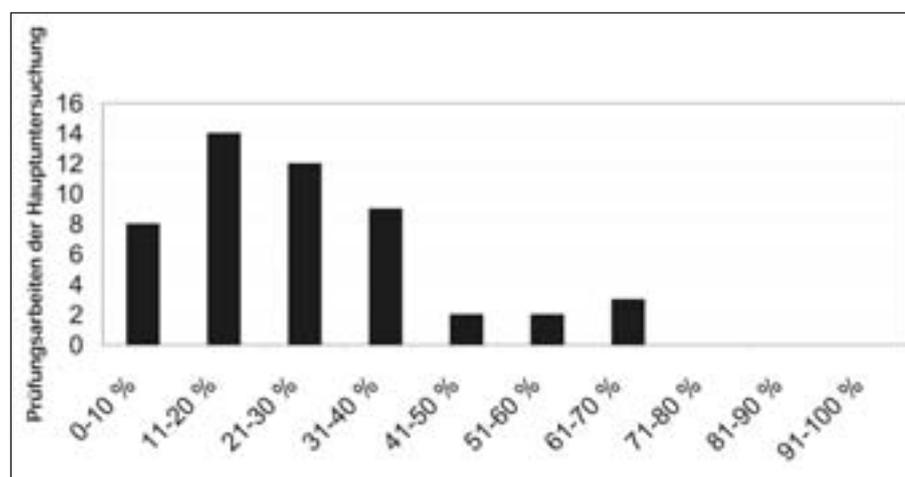


Abb. 2: Anteil lehrerzentrierter Interaktion am geplanten Unterrichtsprozess

## Anmerkung

<sup>1</sup> Das Dissertationsvorhaben trägt den Arbeitstitel „Lehrerhandeln im computerunterstützten Berufsschulunterricht“ und wird voraussichtlich im Dezember 2009 fertig gestellt sein.

## Literatur

ADL-AMINI, B. (1994): Medien und Methoden des Unterrichts. Donauwörth.

AEBLI, H. (2001): Zwölf Grundformen des Lernens. Stuttgart.

ASCHERLEBEN, K. (1981): Kritische Überlegungen zur Interdependenz von Unterrichtsmethoden und Lehrerverhalten. In: WEBER, A. (Hrsg.): Lehrerhandeln und Unterrichtsmethode. München. S. 10–26.

BAUER, W. (2006): Einstellungsmuster und Handlungsprinzipien von Berufsschullehrern. Bielefeld.

DANN, H-D. (2007): Subjektive Theorien von Lehrkräften zum kooperativen Lernen. In: EULER, D./PÄTZOLD, G./WALZIK, S. (Hrsg.):

Kooperatives Lernen in der beruflichen Bildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik – Beihefte (ZBW-B), Band 21. S. 187–201.

LEMPERT, W. (2006): Berufliche Sozialisation. Baltmannsweiler.

MAYRING, P. (2007): Qualitative Inhaltsanalyse. Weinheim/Basel.

NEUENSCHWANDER, M. (2005): Unterrichtssystem und Unterrichtsqualität. Bern.

OSER, F./PATRY, J.-L. (1990): Choreographien unterrichtlichen Lernens. Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft, Nr. 89, Pädagogisches Institut der Universität Freiburg (Schweiz).

PÄTZOLD, G./WINGELS, J./KLUSMEYER, J.(2003): Methoden im berufsbezogenen Unterricht – Einsatzhäufigkeit, Bedingungen und Perspektiven. In: CLEMENT, U./LIPSMEIER, A. (Hrsg.): Berufsbildung zwischen Struktur und Innovation. Stuttgart. S. 117–131.

REICH, K. (2006): Konstruktivistische Didaktik. Weinheim/Basel.

REUSSER, K. (2006): Konstruktivismus – vom epistemologischen Leitbegriff zur Erneuerung der didaktischen Kultur. In: BAER, M. u. A. (Hrsg.): Didaktik auf psychologischer Grundlage. Bern. S. 151–168.

SCHELTEN, A. (2006): Objektivistischer und konstruktivistischer Unterricht. In: Die berufsbildende Schule, 58. Jg., Heft 2. S. 39 f.

SCHÜTTE, F. (2006): Berufliche Fachdidaktik. Theorie und Praxis der Fachdidaktik Metall- und Elektrotechnik. Stuttgart.

SCHÜTTE, F./GRIMM, A. (2008): ‚Lernkulturen‘ – ein Experimentierfeld universitärer Lehrerbildung. In: berufsbildung, 62. Jg., Heft 109/110. S. 50 f.

WAHL, D. (2006): Lernumgebungen erfolgreich gestalten. Bad Heilbrunn.

Ralph Dreher

# „Analytische Diagnose“ in der Nutzfahrzeugtechnik Identifikation einer „After-Learning-gap“ in der beruflichen Erstausbildung

## Ausgangslage

Mit Wirkung für das Schuljahr 2003/04 wurde die bis dato praktizierte Ausbildung von Kraftfahrzeugmechaniker/-innen umfassend reformiert. Neben der Schaffung eines eigenen Berufsfeldes für die Fahrzeugtechnik stand besonders die Einführung des neuen Berufsbildes „Kraftfahrzeugmechaniker/-in“ im Mittelpunkt der Reform. Die hierzu erlassenen lernfeldorientierten Rahmenlehrpläne sehen dabei vor, dass für das dritte und vierte Lehrjahr eine Differenzierung in die Schwerpunkte „Personenwageninstandsetzung“, „Nutzfahrzeuginstandsetzung“ und „Kommunikationstechnik“ erfolgt.

Die „Nutzfahrzeuginstandsetzung“ erscheint durch diese formale Eigenständigkeit aufgewertet, denn anders als bislang ist nun die Einrichtung von eigenen Fachklassen für das dritte und vierte Lehrjahr verbindlich notwendig. Allerdings ist zu beobachten, dass sich dieser Schritt bislang nicht manifestiert hat. Selbst das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) separiert nur die Fachrichtung „Fahrzeugkommunikationstechnik“. PKW- und Nutzfahrzeugtechnik werden dort als ein Beruf mit gleichen Ausbildungsinhalten beschrieben (BIBB 2007). Die Etablierung des Schwerpunkts „Nutzfahrzeugtechnik“ wird vom BIBB also nicht als so wesentlich angesehen wie

von den Sozialpartnern, die diesen Schritt initiiert haben<sup>1</sup>. Es muss daher gefragt werden, ob die Regelungen und die postulierte Eigenständigkeit der Fachrichtung „Nutzfahrzeugtechnik“ tatsächlich sinnvoll ist.

Abhängig von Größe und Geschäftsmodell im Sektor „Nutzfahrzeugbetriebe“ erscheint daher die Auseinandersetzung mit den Fragen wesentlich,

- was von einem Werkstattmitarbeiter im Nutzfahrzeugbereich erwartet wird,
- ob diese Erwartungen dann tatsächlich speziell darauf ausgerichtete Lehr-Lern-Konzepte erfordern.

## Forschungsdesign

Die Beantwortung der vorab genannten Fragestellungen wurde im Rahmen einer Analyse des betrieblichen Sektors der Nutzfahrzeuginstandsetzungsbetriebe geleistet. Die Gesamtanalyse hatte dabei das Ziel, den betrieblichen Sektor „Nutzfahrzeugwartung und -instandsetzung“ so umfassend aufzuarbeiten, dass letztlich deutlich wird, ob das aktuelle Lehrplankonzept bedarfsorientiert ist.

Es erschien somit ein Forschungsdesign angezeigt, welches von der Makroebene der Geschäftsformen in die Mikroebene der Arbeitsprozesse vordringt. Realisiert wurde hierzu eine stufenweise Untersuchung (Abb. 1).

Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse basieren auf Sektoranalysen von insgesamt 17 Betrieben in Schleswig-Holstein und Hamburg, wobei alle vorab durch Internetrecherche identifizierten Geschäftsformen<sup>2</sup> einbezogen werden konnten. Diese Untersuchung wurde vom Autor als Vorbereitung auf einen Projektantrag aus freien Stücken in den Jahren 2005 bis 2007 durchgeführt.

Ergänzt hierzu wurden durch Studierende der Universität Flensburg im Rahmen einer Lehrveranstaltung Arbeitsprozessstudien erhoben, welche innerhalb des dargestellten Forschungsdesigns (Abb. 1) die Aufgabe hatten, die „den Arbeitsprozess und -zusammenhang prägenden Sachverhalte“ (RAUNER 2005, S. 30) herauszuarbeiten. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse wurden mit den Ergebnissen der Fachinterviews, die wiederum vom Autor selbst in den beteiligten Betrieben durchgeführt wurden, kombiniert.

## Ergebnisse

### Erwartung an die Werkstattmitarbeiter: Fähigkeit zur „analytischen Diagnose“

Alle Betriebe gaben übereinstimmend an, dass sich die Aufgabeninhalte immer stärker in Richtung hochkomplexer Instandsetzungs- und Aufrüstarbeiten<sup>3</sup> verschieben. Als Gründe hierfür wurden insbesondere hohe Preisdifferenzen für Standardarbeiten (Pflege-, Wartungs- und Lackierarbeiten)



Abb. 1: Forschungsdesign

ten) am Fahrzeug innerhalb der europäischen Länder genannt:

„Wie soll ich argumentieren, wenn die Werkstattpreise in den neuen Ostblockländern weitaus günstiger sind und die gleiche Mobilitätsgarantie geboten wird – und im Ernstfall auch erfüllt wird. Zudem muss ich zugeben, dass dort nicht schlechter gearbeitet wird als bei uns. Wir sehen somit das Auto oftmals erst, wenn die Kollegen woanders mit der Diagnose überfordert sind.“ (Aussage eines Geschäftsführers einer Vertragswerkstatt)

„Diagnose“ wird dabei als analytisch im Sinne einer System- oder Funktionsanalyse verstanden, meint also nicht ausschließlich die Fähigkeit zur strukturierten Fehlersuche, sondern dieser vorausgehend die Durchdringung des konkret verbauten Systems, denn anders als im PKW-Sektor müssen nach Aussagen des Werkstattpersonals Nutzfahrzeuge als „offene“ Systeme verstanden werden. „Offen“ sind die Systeme deshalb, weil das Konzept des Systemaufbaus der Fahrzeuge ausdrücklich die Möglichkeit zulässt, das Fahrzeug dem jeweiligen Einsatzzweck anzupassen. Den Speditionsbetrieben eröffnet sich so die Möglichkeit, die Fahrzeuge dem jeweiligen Einsatzzweck entsprechend aus- bzw. umzurüsten (bei Verlagerung des Geschäftsfeldes oder dem Einsatz von Gebrauchtfahrzeugen). Die deshalb oft verlangten Aufrüst- und Umrüstungs-

arbeiten werden dabei als besonders schwierig eingestuft. Gleiches gilt für die Instandsetzungsarbeiten an diesen Zusatzsystemen, da in beiden Fällen der zur Arbeitsplanung notwendige fahrzeugspezifische Ist-Zustand zumeist nicht oder nur rudimentär dokumentiert ist. Somit beginnt insbesondere eine Instandsetzungsarbeit nach den Beobachtungen zumeist damit, dass mittels einer Systemanalyse eine Funktionsbeschreibung (zum Erfassen des eigentlichen Fehlers) abgeleitet werden muss:

„Ob ich nun etwas umrüsten soll oder eine Reparatur durchführen soll: Ganz schlimm wird's, wenn ich das Fahrzeug nicht kenne bzw. es kein Stammkunde ist. Dann muss ich erst 'mal 'rausfinden, was da wie verbaut ist. Klar gibt es theoretisch dazu inzwischen Lösungen wie den Dokumentationsspeicher im Steuergerät oder in der Stammdatenbank (des Herstellers/d. V.). Aber wie soll man da mit wenigen Worten ablegen, was an dem Fahrzeug wie verändert wurde. Das macht keiner so richtig, also muss der eine die Gedanken der anderen, die an dem Auto 'rumgemacht haben, nachvollziehen.“ (Werkstattarbeiter auf die Frage, welche Tätigkeiten ihm besonders anspruchsvoll erscheinen)

Diese anspruchsvolle Tätigkeit, die in ihrem Wesen dem entspricht, was SPÖTTL und RAUNER als „Sonderdiagnose“ beschreiben und zugleich als

anspruchsvollste Aufgabe in der Kfz-Werkstatt identifizierten (SPÖTTL/RAUNER 2002, S. 161 f.), muss in der Nutzfahrzeugwerkstatt als notwendiger Bestandteil der Standarddiagnose eingestuft werden. Bemerkenswert ist dabei, dass das Durchdringen des Gesamtzusammenhangs als Voraussetzung zur Beschreibung des Wirkungs- (bzw. Fehlfunktions-)Ursache (bzw. Defekt)-Zusammenhangs zumeist nicht als expliziter Teil von Diagnosefacharbeit ausgewiesen wird (siehe beispielhaft BECKER/SPÖTTL 2002, S. 114).

„Dass ich mich mit der ein- und angebauten Ausrüstung auseinandersetzen muss, ist praktisch Standard. Werkstattliteratur brauche ich eigentlich nur noch, wenn es um Soll-Werte bei der Instandsetzung von Motoren und Getrieben geht. Die meiste Zeit geht immer dafür drauf, sich darüber klar zu werden, was da ist und wie das zusammenhängt.“ (Werkstattmitarbeiter einer Vertragswerkstatt)

Von besonderer Bedeutung am Nutzfahrzeug scheinen nach den Ergebnissen der Arbeitsprozessstudien die Arbeiten an den (elektro-)pneumatischen oder (elektro-)hydraulischen Zusatzsystemen zu sein, da bei diesen Arbeiten die Fähigkeit zu einer „analytischen Diagnose“ in besonderer Weise gefordert wird. Notwendig werden dabei das selbstständig durchgeführte Erschließen der Energieflüsse und das Vergegenwärtigen der Steuer- bzw. Regelkreise als Vorbereitung für eine Umrüst- oder Instandsetzungsarbeit:

„Wenn Du weißt, was woran hängt und wann was wie arbeiten soll, hast Du schon viel gewonnen. Oftmals weiß ich aber zunächst gar nicht, welche Verbraucher alle am vierten Kreis<sup>4</sup> hängen oder was alles hydraulisch von wo angesteuert wird.“ (Werkstattmitarbeiter einer Landmaschinenreparatur)

Genau dieses Erschließen des Fahrzeugesamtsystems erscheint als entscheidender Marktvorteil gegenüber der Konkurrenz aus anderen Ländern, die oftmals ebenfalls nach ISO 9000 ff. zertifiziert ist und damit von den Speditionsunternehmen, die wiederum in ihren IQM-Handbüchern sich verpflichten, nur mit zertifizierten Reparaturbetrieben zusammenzuarbeiten, beauftragt werden können:

„Weil wir das können, kriegen wir die Werkstatt noch voll. Und ist das Auto sowieso bei uns, kriegen wir die Inspektion gleich noch mit, weil das dann unter'm Strich für den Spediteur billiger ist, als wenn das Auto zweimal steht.“ (Geschäftsführer einer Markenwerkstatt)

„Wir müssen mehr bieten als nur Instandsetzung. Dann weiß der Kunde auch, dass wir sein Auto kennen, und verzichtet auf die Billiginspektion.“ (Werkstattleiter einer freien Werkstatt)

Für den Nutzfahrzeugbereich sieht sich der Werkstattmitarbeiter also mit der sehr spezifischen Erwartung der „analytischen Diagnose“ konfrontiert, die auf der Vorstellung einer selbstständigen Systemerfassung (Vergegenwärtigung des Leistungsumfangs des Systems) und Systemdurchdringung (Rekonstruktion der Integration in die fahrzeugspezifische Systemvernetzung) als Vorstufe zur eigentlichen Fehlersuche fußt.

Gleichzeitig bietet die aus der offenen Fahrzeugkonfiguration heraus entstandene Anforderung die Basis für eine Differenzierung vom „allgemeinen Reparaturmarkt“ bzw. ermöglicht wieder einen Eintritt auf den Markt. Als entscheidend wesentlich wurde die Notwendigkeit, dass die Werkstattmitarbeiter eine „analytische Diagnose“ stellen können, seitens der Geschäftsführungen dargestellt:

„Ich erwarte von meiner Werkstatt, dass die mit allen verbauten Systemen zurechtkommen. Den Satz ‚Kennen wir nicht, können wir nicht‘ darf es nicht geben, denn dann ist man schnell raus bei den Großkunden – und es gibt viele Alternativen!“ (Geschäftsführer einer freien Werkstatt)

„Das mit der Systemanalyse muss ein Werkstattmitarbeiter ebenso hinkriegen wie die Arbeitsplanung zum Einbau oder zur Instandsetzung. Ich würde sogar soweit gehen, zu sagen: Ohne dass er das mit dem Durchblicken kann, geht gar nichts. Der wird sich nicht halten, weil er dann nur teuer ist.“ (Annahmemeister einer Vertragswerkstatt)

Die vom Interviewer aufgeworfene Frage, ob es vorstellbar sei, dass verbesserte Diagnosegeräte Unterstüt-

zung bieten und so die Anforderungen an das Werkstattpersonal reduzieren könnten, wurde durchgängig verneint. Als Begründung wurde angeführt, dass die Komplexität und Verschiedenartigkeit der Fahrzeuge eben nicht standardisiert erfassbar sein würde. Der „Traum von der Mechanisierung menschlicher Arbeit“ durch Diagnostik wurde als unrealistisch eingestuft. Stattdessen wurde sehr deutlich das Prinzip „Diagnosefacharbeit statt Expertensystem“ (RAUNER 2002, S. 99 f.) befürwortet.

### **Erwartung an die Ausbildung: Reduzierung der „After Learning gap“**

Im Rahmen der Fachinterviews wurde konkret nachgefragt, ob eine Verbindung zwischen der speziellen Anforderung nach „analytischer Diagnose“ einerseits und der Ausbildungsbereitschaft andererseits gesehen wird:

„Warum ist die Ausbildungsbereitschaft eigentlich nicht höher, wenn sie so speziell ausgebildete Werkstattmitarbeiter benötigen?“

Auf die darin implizierte Unterstellung einer unzureichend vorhandenen Ausbildungsbereitschaft reagierten alle Befragten nicht aus einer Verteidigungsstellung heraus argumentierend, sondern sie verwiesen übereinstimmend auf Defizite in der Ausbildungsorganisation bzw. des Ausbildungsergebnisses:

„Ich würde ja gern mehr ausbilden, wenn ich davon etwas hätte. Aber die Erfahrung zeigt, dass die Ausbildung für mich teuer ist und sich nur im seltensten Falle herausstellt, dass ich den Mann gebrauchen kann.“ (Inhaber einer kleineren freien Werkstatt mit Spezialisierung auf Aufbauarbeiten)

„Ich habe festgestellt, dass nicht die Ausbildung an sich das Entscheidende ist, sondern dass ich in der Juniorphase quasi noch weiter ausbilden muss. Häufig passiert es aber, dass die Leute trotzdem einfach nicht durchstarten. Besser sind immer noch gestandene Leute aus dem PKW-Bereich, denen ich eine kontrollierte Einarbeitung ermöglichen kann.“ (Ausbildungsmeister eines markengebundenen Betriebs)

Insgesamt wurde von 11 der 17 befragten Betriebe eine ähnliche Aussage getroffen, wonach es auch bei

dem im eigenen Betrieb ausgebildeten Werkstattpersonal Probleme mit Berufsanfängern gäbe und die Einarbeitung von Mitarbeitern aus dem PKW-Bereich eigentlich immer noch die positivere Alternative darstellen würde. Die gleiche Einstellung scheint dabei auch nach der Einführung der Kraftfahrzeugmechatroniker-Ausbildung vorzuherrschen:

„Ich habe noch nicht bemerkt, dass die Mechatroniker-Azubis da grundsätzlich anders vorgehen als die früheren Auszubildenden, die ich hatte. Von einer reformierten Ausbildung würde ich nicht sprechen, denn am bisherigen Ergebnis hat sich nichts geändert.“ (Ausbildungsleiter einer ÖPNV-eigenen Werkstatt)

Aus diesen und einer Vielzahl ähnlichen Aussagen erscheinen zwei Schlussfolgerungen möglich:

1. Die berufliche Erstausbildung im Nutzfahrzeugbereich leistet auch nach der Einführung des Kraftfahrzeugmechatroniker-Berufsbilds offenbar tatsächlich nicht das, was sie den Erwartungen der Ausbildungsbetriebe nach leisten sollte. Zu fragen ist dabei, ob das genau die Fähigkeit zur „analytischen Diagnose“ ist, die bei der Befragung zu den Anforderungen so nachdrücklich als notwendig dargestellt wurde.
2. Das, was zunächst noch sehr undifferenziert als „brauchbar“ beschrieben wurde, scheint etwas zu sein, was durch reines „Training on the job“ (also z. B. im Rahmen der Jungarbeiterphase) nicht vermittelbar ist. Stattdessen erfordert das, was einen guten Werkstattmitarbeiter im Nutzfahrzeugsektor ausmacht, Berufserfahrung, die auch aus dem PKW-Bereich stammen kann.

Resultierend aus den vorab dargestellten Schlussfolgerungen wurde für die weitere Untersuchung der Kernfrage nachgegangen, was warum nicht in der Erstausbildung vermittelt wurde. Es wurde deshalb in einer zweiten Interviewrunde gefragt, warum die Berufserfahrung im PKW-Sektor denn so kompensatorisch wirken würde:

„Was ist denn Ihrer Meinung nach der Hauptvorteil der PKW-Leute mit Berufserfahrung?“

Hierauf reagierten die Befragten zunächst sehr unsicher, weshalb diese Frage ergänzt wurde um die nach einer Hypothese hinsichtlich einer idealen Ausbildung im Nutzfahrzeugsektor:

„Was müsste denn getan werden, um die Ausbildung im Nutzfahrzeugbereich bedarfsgerecht zu reformieren?“

Darüber (oftmals) sinnierend, gab es Antworten, die zum einen zeigen, dass tatsächlich die Förderung der Fähigkeit zur „analytischen Diagnose“ als unzureichend angesehen wurde, zum anderen jedoch eine darauf abgestimmte Ausgestaltung der Ausbildung als wenig wahrscheinlich angesehen wird:

„Was mir fehlt, ist die Fähigkeit, sich systematisch mit dem Fahrzeug auseinanderzusetzen. Stattdessen wird die schnelle Problemlösung versucht und schließlich durch das wenig Systematische viel Zeit verbraten. Hier fehlt es einfach an Selbstdisziplin, die die Erfahreneren haben.“ (Werkstattmeister eines freien Händlers)

„Erfolgreiche Diagnose, und das ist nun mal das Wichtigste, ist meiner Meinung nach so etwas wie ein Zeichen gelungener Persönlichkeitsentwicklung. Nur wer da für sich selbst systematisch herangeht, wer gelernt hat, zu fragen und zuzuhören und wer sich den Kopf freimachen kann, um sich wirklich nur darauf zu konzentrieren, dem gelingt das.“ (Werkstattleiter einer Werksniederlassung)

„Die PKW-Leute, die ich einstelle, sind meist Leute, die den Akkord-Stress satt haben und in Ruhe arbeiten wollen. Das sind Leute mit Tiefgang, die auch nachdenken wollen. Daran fehlt es den Jungen oftmals.“ (Geschäftsführer einer Werksniederlassung)

„Wissen Sie, die Jungen haben nach der Lehre den Kopf voll mit Wohnung, Freundin und Kinder haben wollen. Auch können sie oftmals mit dem plötzlich vielen Geld nicht umgehen. Die haben nicht gelernt, auf eigenen Füßen zu stehen und haben Probleme über Probleme. Und da ist schnell der Punkt erreicht, wo Du Dich nicht mehr konzentrieren kannst, wo es Dir an Ruhe fehlt, wo Du Angst bekommst, den anderen einzugestehen, dass Du etwas nicht blickst. Und anstatt nachzuzufragen, was in der Werkstatt überle-

bensnotwendig ist, wird dann angefangen, unsystematisch herumzubasteln. Da ist einfach eine Lücke zwischen Ausbildung und Arbeit, ich hab' dazu schon einmal neomodisch ‚After-learning-gap‘ gesagt, weil's besser klingt als unfähig geblieben.“ (Ausbildungsleiter einer ÖPNV-eigenen Werkstatt)

Gerade die letzte Aussage kann als offensichtliches Indiz dafür genommen werden, dass der Start in das tatsächliche Berufsleben oftmals schwieriger ist, als gemeinhin angenommen. Dieses bestätigte sich in den Ergebnissen von vereinzelt durchgeführten ergänzenden Interviews mit Werkstattmitarbeitern, bei denen es gelang, soviel Vertrauen herzustellen, dass diese offen über ihre Probleme und Problemursachen sprachen:

Dabei gaben sowohl befragte Jungfacharbeiter wie auch „gestandene Gesellen“ an, dass sie Probleme mit dem Berufsstart haben bzw. gehabt hätten. Als Grundproblem dominiert dabei, dass gerade die bestandene Gesellenprüfung suggeriert hätte, den Beruf zu beherrschen und dass die Euphorie darüber die persönliche Einsicht, dass Selbstkontrolle vonnöten sei, blockiert hätte. In diese Phase hinein hätten sich dann

- zunehmende und vom Vorgesetzten auch klar benannte Misserfolge bei der Arbeit (fehlende Fähigkeit zur umfassenden „analytischen Diagnose“ als spezielle Disziplin der Arbeit im Nutzfahrzeugbetrieb) mit der
- durch die plötzlich gewonnene (materielle) Unabhängigkeit gestiegenen Verantwortung (bzw. der Last dadurch)

zu einem hohen Frustrationspotenzial vermischt. Häufig hätten sich dabei Partnerschaftsprobleme entwickelt, da man „genießen“ wollte und auch mit „falschen Freunden“ oder neuen Partnerinnen, die man – so die spätere Einsicht – nur teuer bezahlt hätte, bereits bestehende Partnerschaften stark gefährdet oder zerstört hätte. Dieses hätte man auch bei Kollegen, die man aus der Lehrzeit kennen würde, beobachtet.

Bei den Werkstattleitungen entsteht so nach deren Angaben der Eindruck, dass die Jungfacharbeiter sich unvor-

bereitet mit einer Lücke zwischen ihren erlernten Fähigkeiten und den neu gewonnenen Möglichkeiten einerseits und den Herausforderungen des realen Arbeits- und Privatlebens andererseits konfrontiert sehen würden. Eine solche Lücke nach der eigentlichen Lehrzeit (daher der Begriff „After learning gap“) eigenverantwortlich zu überwinden und als eigene Lernphase zu begreifen, falle vielen Jungfacharbeitern schwer und lasse sie – so die These seitens der Betriebe – bislang zu häufig scheitern. Und genau deshalb würde trotz einer reformierten Ausbildung die Ausbildungsbereitschaft nicht steigen – und das Ersatzmodell „Abwerben aus dem PKW-Bereich“ weiterhin eine hohe Attraktivität genießen.

Unklar blieb, wie und warum der Einstieg in den erlernten Beruf trotzdem gelang. Tatsächlich ist die „Jungfacharbeiterphase“ bzw. die Berufseingangsphase nach der Ausbildungszeit nach Recherche des Autors weder Gegenstand von aktuellen überregionalen Untersuchungen noch Ziel eines flächendeckenden Angebots von Unterstützungsmaßnahmen. Beides kann als Indiz dafür gewertet werden, dass diese Lebensphase bislang als wenig problematisch angesehen wird. Forschungsgegenstand ist vielmehr die „Jungarbeiterphase“, wo eine Auseinandersetzung mit der Problematik um den Eintritt von nicht oder wenig Qualifizierten in welchen Arbeitsmarkt stattfindet (HÖHN 1994, BOJANOWSKI/ECKHARDT/RATSCHINSKI 2005).

Der Berufsschule wurde in den Interviews keine besondere Bedeutung zur Verringerung der „After learning gap“ zugestanden. Stattdessen wurde relativ offen Kritik an der Berufsschule geäußert, die es auch im Zuge der neugeordneten Ausbildung nicht verstanden habe, darauf vorzubereiten:

„Ich hab‘ schnell begriffen, dass die Berufsschule uns letztlich nicht Fachunterricht auf der gleichen Stufe wie Werkstattpraxis anbieten kann. Sie konnte uns fachlich Erklärungsmuster für bestimmte Sachen bieten, wobei ich mich oft gefragt habe, was es mir bringt. Aber was da sinnvoll war oder nicht, kann ich selbst letztlich nicht bewerten. Was ich aber im Nachhinein vermisst habe: Fit für das Berufsleben mit all seinen kleinen Fußangeln haben die uns nicht gemacht. Das beginnt

damit, dass einem keiner gesagt hat, wie man mit Kollegen umgeht und das Fragen notwendig ist.“ (Werkstattmitarbeiter einer Markenwerkstatt)

Ebenso deutlich wurde seitens der Betriebe ein Bedarf an Hilfsangeboten formuliert:

„Die Berufsschulen wollen doch selbstständig werden und wollen mehr Wert auf Qualität legen. Dann sollten sie sich stärker angucken, was mit ihren Absolventen passiert und dazu passende Unterstützungsmaßnahmen anbieten.“ (Geschäftsleitung einer Herstellerniederlassung)

### Fazit

Die vorab dargelegte Untersuchung hat in zweierlei Weise zu Ergebnissen geführt, die weiteren Untersuchungsbedarf signalisieren:

1. Es wurde deutlich, dass Werkstattmitarbeiter im Nutzfahrzeuggewerbe über eine komplexere Fähigkeit zur Systemdurchdringung („analytische Diagnose“) verfügen müssen als im PKW-Bereich. Die Vermittlung dieser muss nach der vorliegenden Untersuchung als ein didaktischer Eckpfeiler betrachtet werden. Die eingangs gestellte Frage nach der Notwendigkeit eigenständiger Lehrlern-Konzepte für die Nutzfahrzeugtechnik kann also bejaht werden. Zu klären ist, wie solche Konzepte (unter Zuhilfenahme berufswissenschaftlicher Instrumente) entwickelt und evaluiert werden können.
2. Als hemmend auf die Ausbildungsbereitschaft der Betriebe konnte die nach deren Einschätzung unzureichende Selbstlernbereitschaft der Jungfacharbeiter in der Phase direkt nach der Ausbildung identifiziert werden. Nach übereinstimmender Aussage der Betriebe entsteht gerade bei diesem Beruf aus den normalen Schwierigkeiten des Erwachsenwerdens einerseits und den hohen kognitiven Anforderungen, wie sie die „analytische Diagnose“ stellt, andererseits, eine Lücke zwischen Anforderung und deren Bewältigbarkeit durch den Jungfacharbeiter. Diese Lücke wurde mit dem Begriff der „After learning gap“ belegt. Allerdings konnte im Zuge jener auf Überblick angelegten Studie nicht ermittelt werden,

ob es sich bei dem Defizit um ein tatsächliches Ausbildungshemmnis oder eine aus Vorurteilen gespeiste Behauptung handelt. Hier bedarf es eindeutig der Nachprüfung, bevor die „After learning gap“ als tatsächliches Problem anerkannt werden kann. Zudem muss die Diskussion geführt werden, ob die Berufsschule als alleiniger Lernort solche Defizite kompensieren kann und soll, die ihre Ursachen ebenso in einer nicht abgestimmten betrieblichen Ausbildung (zu geringe Fokussierung auf das Erlernen der „analytischen Diagnose“) und in der häuslichen Erziehung haben. Zudem sollte in Form einer Verbleibsstudie geklärt werden, ob die neugeordnete Kfz-Mechatroniker-Ausbildung hier nicht bereits kompensierend wirkt.

Zusammenfassend muss also eine Antwort darauf gefunden werden, wie mit einem solchen Sachstand wie der arbeitgeberseitig artikulierten „after learning-gap“ aus Sicht der Wissenschaft umgegangen werden soll. Dazu erscheint es notwendig, dass eindeutig festgestellt wird,

- ob diese nachweislich existiert,
- ihren Grund darin hat, dass die Fähigkeit zur „analytischen Diagnose“ erst in der Phase nach der Lehrzeit abschließend erworben wird und
- beim Modell des „abgeworbenen PKW-Mechatronikers“ tatsächlich effizienter erworben werden kann.

Wäre letzteres so, so würde das Vorgehen des BIBB, nicht zu differenzieren, Rechtfertigung erfahren.

### Anmerkungen

- <sup>1</sup> Ein virulenter Fachkräftemangel wird gerade von den Nutzfahrzeugbetrieben immer wieder artikuliert; dieses hat sich im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Untersuchung bestätigt. Dort gaben rund 75 Prozent der befragten Betriebe an, „passende“ Werkstattmitarbeiter zu suchen.
- <sup>2</sup> Als Geschäftsformen konnten identifiziert werden: Landmaschinenbetrieb mit LKW-Reparatur, freier Betrieb, freier Betrieb mit Spezialisierung, Vertragshändler, Werksniederlassung, Werkstatt von Großspeditionen/ÖPNV-Betrieben.
- <sup>3</sup> Vergleiche hierzu die differenzierende Sichtweise von BECKER und SPÖTTL, wo-

nach busgesteuerte Fahrzeugsysteme sowohl Diagnose- als auch Aufrüstarbeiten prinzipiell vereinfachen können (BECKER/SPÖTTL 2002, S. 110 ff.). Tatsächlich jedoch scheint dieser Trend (noch?) nicht Werkstattrealität zu sein bzw. sich dort nach jetziger Sicht nicht zu bestätigen.

- <sup>4</sup> Gemeint ist der vierte Kreis der Druckluftbremsanlage, auch „Komfortkreis“ genannt. Mittels der Druckluft in diesem Kreis werden zahlreiche Verbraucher am Fahrzeug wie z. B. Fahrersitzfederung, Getriebesteuerung und Lufthörner versorgt. Zudem wird diesem Kreis häufig Druckluft zur Ventilsteuerung der Hydraulikzylinder von Zusatzausrüstungen entnommen.

## Literatur

BECKER, M./SPÖTTL, G. (2002): Qualifizieren für die Diagnosearbeit in der gewerblich-technischen Berufsausbildung. In: RAUNER, F./SCHREIER, N./SPÖTTL, G. (Hrsg.):

Die Zukunft computergestützter Kfz-Diagnose. Rechnergeführte Handlangerarbeit oder qualifizierte Facharbeit? Bielefeld. S. 105–132.

BIBB, BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (2007): <http://www.bibb.de/redaktion/aweb/2003/kfzmecha.htm> (Aufruf am 11.07.2007).

BOJANOWSKI, A./ECKHARDT, P./RATSCHINSKI, G. (2005): Benachteiligtenforschung. In: RAUNER, F. (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld. S. 396–403.

HÖHN, E. (1994): Ungelernte in der Bundesrepublik. Soziale Situation, Begabungsstruktur und Bildungsmotivation. Kaiserslautern.

RAUNER, F. (2005): Berufswissenschaftliche Arbeitsstudien. Zum Gegenstand und zu den Methoden der empirischen Untersuchung berufsförmig organisierter Facharbeit. ITB-Arbeitspapier, Nr. 35. Bremen.

RAUNER, F. (2002): Computerunterstützte Diagnosesysteme im Einführungsprozess und in der Servicepraxis. In: RAUNER, F./SCHREIER, N./SPÖTTL, G. (Hrsg.): Die Zukunft computergestützter Kfz-Diagnose. Rechnergeführte Handlangerarbeit oder qualifizierte Facharbeit? Bielefeld. S. 84–104.

RAUNER, F./HITZ, H./SPÖTTL, G./BECKER, M. (2002): Aufgabenanalyse für die Neuordnung der Berufe im Kfz-Sektor. Wissenschaftliche Begleitung zur „Neuordnung der fahrzeugtechnischen Berufe“. Expertise 5: Berufliche Arbeitsaufgaben im Nutzfahrzeugsektor. Zwischenbericht, Bremen/Flensburg, Juni 2002, <http://www.biat.uni-flensburg.de/biat.www/projekte/neuordnungkfz/Expertise-5%20.pdf> (Aufruf am 12.09.2007).

SPÖTTL, G./RAUNER, F. (2002): Der Kfz-Mechatroniker – vom Neuling zum Experten. Bielefeld.

*Wolfhard Horn*

# Erfahrungen mit einer „Qualitätsanalyse“ an einer beruflichen Schule

## Qualitätsanalyse – ein formaler Verwaltungsakt?

Derzeit werden an allen Schulen in Nordrhein-Westfalen – wie auch in anderen Bundesländern – so genannte Qualitätsanalysen durchgeführt, die kaum anders als mit einem blinden Reflex auf eine allgemeine Evaluationshysterie zu erklären sind. Dieser Erfahrungsbericht zeigt in einer erzählenden, authentischen Analyse schwerwiegende strukturelle, inhaltliche und personale Mängel auf, die ein sofortiges Beenden dieser Unternehmungen nahelegen.

### • Instrumente und Anspruch

Als Instrumente für die „Qualitätsanalyse“ werden eingesetzt:

- ein Schulportfolio,
- ein Schulrundgang,

- Interviews mit Hausmeister und Sekretärinnen im Schulbüro, Schulleitung, Schülerinnen und Schülern, Lehrerinnen und Lehrern, Elternvertretung und dualen Partnern sowie
- Unterrichtsbeobachtungen, bei denen mindestens die Hälfte der Lehrkräfte im Unterricht mit Besuchen von 10 bis 20 Minuten Dauer beobachtet werden soll.

Nach Aussage des Ministeriums stehe die Unterrichtsqualität im Mittelpunkt der „Qualitätsanalyse“. Dabei bedient man sich wissenschaftlicher Unterstützung. Es wird verwiesen auf das 2004 neu gegründete „Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen“ in Berlin. Man setzt darauf, standardisierte Fertigkeiten und Fähigkeiten so konkret zu beschreiben, „dass sie in Aufgaben umgesetzt und somit in Messinstrumente umgewan-

delt werden können“. Auf diese Weise würden „Bildungserträge quantifizierbar“. Es geht also letztlich um den Versuch, Qualität so zu quantifizieren, dass Qualität sich in Quantitäten auflöst. Bezogen auf die Beobachtung von Unterricht greift man auf zehn von HILBERT MEYER formulierte „Gütekriterien“ von Unterricht zurück. Mit einer weiteren Ausdifferenzierung nach Qualitätsaspekten und Qualitätskriterien soll ein so genanntes „Qualitätsnetzwerk“ entstehen, in dem es keine Hierarchie gibt.<sup>1</sup>

Bei der Vorbereitung und der Durchführung der Untersuchung sind die Schulkollegien ausschließlich als „zu Untersuchende“ beteiligt. Eine Diskussion über die Untersuchung oder eine Einflussnahme auf ihre Gestalt ist nicht möglich. Umso wichtiger ist die kritische Würdigung ihrer Ergebnisse und ihr Zustandekommen.

• **Verfahren und Ergebnis der „Qualitätsanalyse“ durch außenstehende Gutachter**

Die „Qualitätsanalyse“ wurde von zwei Personen durchgeführt, wobei der erste Untersucher früher in einem Berufskolleg und der zweite in einer Förderschule tätig waren. Die Hauptverantwortung für die Durchführung der Untersuchung lag bei dem ersten Untersucher. Der Hauptuntersucher bestätigte dem Berufskolleg ein „hohes Entwicklungsniveau, auf dem man in bewährter Weise voranschreiten“ könne. Bei der positiven Gesamtbewertung kann der Anlass dieser kritischen Betrachtung deshalb nicht etwa mit einem defensiven Versuch missdeutet werden, sich gegen ein ungewünschtes Urteil zu wehren, sondern er basiert auf dem ernsthaften Bemühen zu ergründen, welchen Wert diese „Qualitätsanalyse“ für professionelles Handeln in der Praxis hat.

**Bewertung der durchgeführten „Qualitätsanalyse“ und des Gutachtens durch die Schule**

Im Kern ist zu fragen, inwieweit es bei dieser Art von „Qualitätsanalyse“ überhaupt um Verstehen von gelebter Schule geht und ob nicht vielmehr schulische Praxis subjektiven Vorurteilen oder fragwürdigen wissenschaftlichen Modellen unterworfen wird. Das Nachdenken über diese Frage fördert dann auch Bedenkenswertes zu Tage.

• **Defizite bei der Untersuchungsmethodik**

Die Darstellung der als verbesserungsbedürftig anzusehenden Parameter durch den Hauptuntersucher konzentrierte sich auf zwei Punkte:

Erstens: Unterstützung eines aktiven Lernprozesses,

Zweitens: fehlende Konzeption für die Gestaltung und Einführung von Innovationen und schülerzentriertem Unterricht.

Stutzig macht zunächst der vom Untersucher gegebene Hinweis, dass diese Schwächen auch bei anderen Parametern zu Abwertungen geführt haben. Abhängigkeiten und gegenseitige Beeinflussung getrennt ausgewiesener Parameter sind wohl ein untrüglicher Indikator für ein gewisses Cha-

os im Untersuchungsdesign, was den Wert der Beurteilungen insgesamt von vornherein infrage stellt. Zu fragen ist also nach der Qualität der „Qualitätsanalyse“. Dabei soll sich nicht an der kritikwürdigen Durchführung der Interviews aufgehalten werden. So wurde im Interview mit den zwei Personen des Hausmeisters und der Schulsekretärin der Hinweis gegeben: „Sie können hier frei reden. Es fällt nicht auf Sie zurück. Die Ergebnisse werden anonymisiert.“ Allerdings reizen solche Schilderungen schon zu dem Rat, dazu auch einmal etwas zu lesen, um das Interviewverhalten zu verbessern. Vielmehr sind hier die beiden genannten Schwerpunkte von Interesse.

zu 1.:

Das Untersuchungsteam gibt an, Beobachtungen zu dem Parameter „Unterstützung eines aktiven Lernprozesses“ gemacht zu haben, die zu dieser Bewertung führen. Hierzu stellen sich folgende Fragen:

- Ein Lernprozess ist ein individueller Vorgang im Kopf eines Lernenden. Im gleichen Unterricht verlaufen die Lernprozesse – so sie denn stattfinden – in jedem Kopf anders. Was sollte denn nun beobachtet werden? Der Lernprozess in einem der Köpfe? Vielleicht unterschiedliche Lernprozesse in unterschiedlichen Köpfen? Ein „durchschnittlicher“ Lernprozess (eine unsinnige Begriffskonstruktion) oder gar ein „Lernprozess an und für sich“, den es gar nicht geben kann?
- Wie beobachtet man eigentlich einen Prozess, der sich im Gehirn einer Person ohne unmittelbar wahrnehmbare äußere Zeichen abspielt? Und da sind sich wohl die Assoziationspsychologie, der Kognitivismus, der Konstruktivismus, die Gestaltpsychologie etc. einig: Mit inhaltlich unvorbereiteten „Unterrichtsüberfällen“ von 10 bis 20 Minuten Dauer lässt sich da nichts Substanzielles beobachten und aus solchermaßen erlebten flüchtigen Eindrücken auch nichts schließen.
- Es soll ja nicht nur der Lernprozess selbst, sondern darüber hinaus die „Unterstützung“ eines aktiven Lernprozesses beobachtet und eingeschätzt werden. Wie kann man die Unterstützung von etwas beobach-

ten, das sich – zumindest bei den kurzen Stippvisiten im Unterricht – gar nicht beobachten lässt?

- Vielleicht unterstellt man auch ebenso unbedacht wie leichtsinnig, es gäbe beobachtbare, kommunikative Handlungen im Unterricht, denen man hypothetisch und kurzschlussig eine allgemein hilfreiche Wirkung für Lernprozesse zuschreiben dürfe und dass das auch noch im Rahmen kurzer Stippvisiten im Unterricht feststellbar sei. Dies verkennt völlig die komplizierten Geflechte jeglicher Kommunikation, und Schlussfolgerungen aus solcher Art „Beobachtungen“ entbehren deshalb jeder rationalen Basis und können nur als abenteuerlich gelten.
- Lernen und Unterricht sollen anhand von Kriterien oder Kriterienbündeln eingeschätzt werden. Da sei dem Untersuchungsteam und auch HILBERT MEYER vorgeschlagen, sich einmal ernsthaft mit unserem heutigen Wissen um Begriffsbildung auseinanderzusetzen. Um das an dieser Stelle in aller Kürze im Anspruch verständlich zu machen: HANS AEBLI unterscheidet im Hinblick auf die Begriffsbildung zwischen „Klassenbegriffen“ und „Handlungsbegriffen“. Handlungsbegriffe sind hierarchisch durch eine Ordnung auf ein Ziel hin gekennzeichnet. Sie lassen eine Bewertung im Hinblick auf das Ziel zu. Klassenbegriffe entstehen dagegen durch Merkmale und Merkmalsbündel. Sie haben den Zweck, die Kohärenz und die Widerspruchsfreiheit eines hierarchisch geordneten Begriffssystems zu prüfen und gegebenenfalls zu gewährleisten. Zum Verstehen von Handlungen und zum Bewerten von Handlungserfolgen sind sie ungeeignet. Dazu für das Verständnis ein Beispiel: Eine Fliege kann man im Begriffssystem der Lebewesen, Tiere und Insekten aufgrund von Merkmalen (sechs Beine, zwei durchscheinende Flügelpaare, Tupfrüssel, Facettenaugen etc.) begrifflich diskriminieren und einordnen. Das hat jedoch z. B. mit der verstehenden Einschätzung lebendiger Abläufe des ökologischen Kreislaufs nichts zu tun. Auch eine tote Fliege bleibt in diesem Sinne eine Fliege. Das Abzählen von Fliegenbeinen

führt nicht zu Erkenntnissen über lebendige Prozesse oder wie ING-HARD LANGER/FRIEDEMANN SCHULZ VON THUN/REINHARD TAUSCH (1974, S. 19) es ausdrücken: „Ein Zollstock ist zu ‚dumm‘, um sich hier zurechtzufinden“, d. h., um komplexe Leistungen wie Unterricht zu messen und zu bewerten.

Ebenso zweifelhaft ist, dass die Kriterien zwecks Handhabbarkeit und Messbarkeit für die Qualitätsanalyse „kleinstgehackt“ wurden. Als hätte die Gestaltpsychologie nie stattgefunden. „Das Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile“ darf doch wohl weiter gelten, und als „Indikatoren“ sind diese pulverisierten Attitüden – wie dargestellt – nun wirklich nicht geeignet.

- Nun ist es ja nicht so, als gäbe es nicht seit langem geeignete methodische Instrumente, um zu aussage-relevanten Ergebnissen kommen zu können. Warum lehnt man sich dagegen an bestehende Praktiken in den Niederlanden oder in Niedersachsen an, ohne sie einer gründlichen und kritischen Prüfung zu unterziehen und eine eigene Verantwortung für die Qualität der Untersuchung zu übernehmen?
- Es ist auffällig, dass alle Interviewpartner die Leistungen der Schule mit zu Bestbewertungen führenden Äußerungen loben. Dies gilt für die Eltern, die Ausbildungsbetriebe als duale Partner, die Schülerinnen und Schüler, die Kolleginnen und Kollegen in gleicher Weise. Der Widerspruch zwischen der durchgängig positiven Fremdeinschätzung unserer Arbeitsergebnisse durch unterschiedliche Betroffene und Außenstehende einerseits und dem vom Untersuchungsteam als schlecht eingeschätzten Unterricht sowie dem unterstellten Fehlen von Innovationskonzepten andererseits springt ins Auge. Er müsste es doch auf jeden Fall wert sein, eine Fragehaltung einzunehmen und nach Erklärungen zu suchen.

#### • Gütekriterien invalide

Als nächstes ist es sinnvoll, einen kritischen Blick auf die im Verlauf der Darstellung der Untersuchungsergebnisse mehrfach apostrophierten Gütekriterien der Analyse zu richten. Es genügt

ein Blick auf die wesentlichen Kriterien (Objektivität, Validität, Reliabilität), um eine relevante Einschätzung vornehmen zu können. Von differenzierteren Kriterien, wie Trennschärfe etc., ist dann gar nicht erst zu reden.

Die Zusammensetzung der Interviewgruppen oblag der Schule. Es wäre ein Leichtes gewesen, jede Gruppe so zusammenzustellen, dass damit jedes Ergebnis von 1 bis 4 hätte hervorgerufen werden können. Wer wagte dann noch, von Objektivität, Validität oder Reliabilität zu sprechen? Bei diesem Vorgehen gilt keins dieser Gütekriterien.

Da wird uns dargestellt, dass bei dem Parameter „Schulkultur“ Abwertungen aus taktischen Gründen vorgenommen wurden, damit der Schulträger sich zu weiteren Verbesserungen veranlasst fühlt. Abgesehen davon, dass wir uns hier zum wiederholten Mal Vorurteilen ausgeliefert sehen, die auf einen engen Erfahrungsraum der Untersucher schließen lassen (Unser Schulträger bedarf nicht solcher taktischer Winkelzüge.), wer fragt hier noch nach irgendwelchen Gütekriterien der Analyse? Man ist versucht zu sagen: na dann, gut Holz.

In diesem Zusammenhang sei auch auf eine recht folgenschwere Bemerkung des Hauptuntersuchers hingewiesen, die er im Rahmen der Vorstellung der Ergebnisse in der Lehrerkonferenz abschließend machte: Wer die Paradoxie und die Anmaßung der von ihm gemachten Aussage „das ist unsere ‚objektive Meinung‘“ – zumal in der Funktion als Qualitätsprüfer – nicht so internalisiert hat, dass ihm dieser Satz nicht über die Lippen kommen kann, darf sich nicht wundern, dass er in seiner Aufgabe ganz und gar nicht authentisch erscheint und dass die präsentierten Ergebnisse seiner Untersuchung von ihm umgebenden Fachleuten endgültig nicht mehr ernst genommen werden. Fehlende Professionalität bei der Gestaltung der Untersuchung gehen offensichtlich Hand in Hand mit fehlender Professionalität bei den Untersuchenden.

zu 2.:

Die Frage nach Merkmalen für guten Unterricht und einem Konzept für die Gestaltung von Innovationen im Hin-

blick auf guten Unterricht beantwortete ich im „Schulleitungsinterview“ mit dem Verweis auf die „kritisch-konstruktive Didaktik“ im Verbund mit recht verstandenem „handlungsorientiertem Unterricht“ und mit dem Verweis auf das Konzept der „Technikgestaltung“ bei FELIX RAUNER. Dies wurde vom Hauptuntersucher apodiktisch und nicht diskutierbar als „zu theoretisch“ und – das Letztere noch zusätzlich – als „zu politisch“ eingeschätzt.

Es fällt auf, dass die Untersuchenden einer inhaltlichen Auseinandersetzung konsequent und stur aus dem Wege gehen. Man fragt sich, warum? Zielbezüge und inhaltliche Bezüge spielen so gut wie keine Rolle. Das verwundert allerdings dann nicht mehr, wenn man sich den gewählten Bezug des Untersuchungsinstrumentariums auf die Handreichungen von HILBERT MEYER vergegenwärtigt. Und in diesen Zusammenhang fügen sich auch nahtlos die mehrfach gegebenen Hinweise auf HEINZ KLIPPERT ein, der sich ausdrücklich wiederum auf HILBERT MEYER bezieht. Es sei an der Zeit, das „Primat der Methodik auszurufen“ (KLIPPERT 2000, S. 34, unter Bezug auf HILBERT MEYER). Wenn jemand wie der Wirtschaftswissenschaftler HEINZ KLIPPERT mit einem raffinierten Marketingkonzept einigen Kollegen und Funktionsträgern in der Bildungsbürokratie immer noch den professionellen Blick eines Pädagogen vernebeln kann, dann möchte ich mich nun nicht mehr daran aufhalten lassen. Das Methodenlernen gerinnt in diesen Vorstellungen zu einem absonderlich degenerierten, eigenständigen Curriculum, in dem dann so etwas möglich ist, wie „das Lernen zu lernen“. KONRAD PAUL LIESSMANN schreibt treffend dazu in „Theorie der Unbildung“ (2006, S. 36): „Es gibt aber kein Lernen ohne Inhalte. Die Forderung nach dem Lernen des Lernens ähnelt dem Vorschlag, ohne Zutaten zu kochen.“ Ein aufgeweckter Zeitgenosse beschreibt im Internet sehr anschaulich: „Mit eigenverantwortlichem Lernen hat das, was KLIPPERT entwickelt hat, etwa so viel zu tun wie das Gelalle eines Säufers mit der philosophischen Weltformel.“ Aus solcherart Brunnen hilfreiche Ratschläge im Rahmen einer Qualitätsanalyse schöpfen zu wollen, ist mit einem aufgeklärt-kritischen Verständnis unvereinbar und unprofessionell.

### • **Theoriedefizite**

Eine Konzeption ist etwas anderes als ein Handlungsablaufplan, wie er uns im Rahmen dieser Untersuchung als „Konzeption“ verkauft werden sollte. Konzeption hat per Definition entscheidend etwas mit Theorie zu tun – auch wenn dies vielleicht den der Untersuchung vorgegebenen inhaltlichen Vorstellungen oder Kriterien widersprechen sollte. Eine Konzeption zeichnet sich immer durch eine umfassende und detaillierte theoretische Auseinandersetzung mit einem Thema aus, und erst auf dieser Basis und in diesem Bewusstsein können konkrete Konsequenzen praktisch eingeholt werden. Und in diesem Sinne soll nun z. B. das Konzept der „Technikgestaltung“ zu theoretisch im Sinne von praxisfern und zu politisch sein? WOLFGANG KLAFFKI (2007, S. 252) sagt: „Eine zentrale Kategorie wie der Bildungsbegriff oder ein Äquivalent dafür ist unbedingt notwendig, wenn die pädagogischen Bemühungen nicht in ein unverbundenenes Nebeneinander von Einzelaktivitäten auseinanderfallen sollen“; und er postuliert mit der Formel „Bildungsfragen sind Gesellschaftsfragen“ den politischen Bezug von Bildung, den er dezidiert erläutert. Dieser gesellschaftspolitische Bezug ist in dem Konzept der „Technikgestaltung“ eingeholt – nicht mehr und auch nicht weniger.

Wie die Konzeption „Technikgestaltung“ in diesem Sinne unmittelbar politisch wirkt, kann man auch nachlesen in den Beiträgen dieser Zeitschrift und in „Gedanken und Essays von GOTTFRIED ADOLPH“ (JENEWEIN/RAUNER 2002). Und wie theoretisch durchdachte Konzepte sehr praxisnah wirken können, kann man ebenfalls nachlesen bei HEIDEGGER/ADOLPH/LASKE (1997) und LIPSMEIER/RAUNER (1996).

Das Etikett „Technikgestaltung“ bezeichnet nach FELIX RAUNER eine über den Bereich der Technik hinausweisende Konzeption für die Berufspädagogik im Allgemeinen (insbesondere die schulische), mit der der aufklärerische Anspruch einer Berufsbildung, die sich von einer auf Funktionsorientierung beschränkten Berufsausbildung abhebt, erst praktisch eingeholt wird. Und das soll zu theoretisch sein?

### • **Verwertbarkeit der Untersuchung**

Wie ist diese Untersuchung schließlich aus unserer Sicht im Hinblick auf ihre Verwertbarkeit einzuschätzen?

Aufgrund der völligen Missachtung der elementaren Gütekriterien und der oben dargelegten schwerwiegenden Mängel kann man diese Frage in der Sprache der Qualitätsanalyse nur mit einer „1“ („erheblich entwicklungsbedürftig“) beantworten oder in allgemein verständlicher Sprache: Diese „Qualitätsanalyse“ ist unbrauchbar. Anstatt zeitliche und finanzielle Ressourcen so zu nutzen, dass man einmal mit größerer Mühe und Sorgfalt auf Schule schaut, als es im normalen täglichen Betrieb möglich ist, werden hier flüchtige, schnelle Eindrücke methodisch oberflächlich zu unbrauchbaren Ergebnissen zusammengetragen.

In Finnland wurden solcherart als „Qualitätsanalyse“ deklarierte Schulinspektionen abgeschafft.

Diese Untersuchung ist weder für ein Untermauern erfahrener positiver Einschätzungen noch für eine kritisch-konstruktive Betrachtung der Schule geeignet. Sie entspricht – wie gesagt – weder elementaren Gütekriterien noch dem Stand der wissenschaftlichen Diskussion und damit dem Anspruch der Sache, und sie lässt deshalb eine verwertbare Hilfe für eine aufgeklärte Unterrichtspraxis nicht erwarten.

Einmal unterstellt, diese Untersuchung hätte tatsächlich verwertbare Ergebnisse erbracht, dann bleibt außerdem besonders in Berufskollegs die Frage, wo die Ressourcen sind, um Schulentwicklung auf gesteckte Ziele hin zu gestalten. Oder kräftiger ausgedrückt: Vom Wiegen ist noch kein Schwein fett und vom Fiebermessen ist noch niemand gesund geworden. Im Klartext: Die hier eingesetzten, erheblichen Mittel fänden an anderer Stelle eine bessere Verwendung.

### **Nachwort**

Mit einem Zitat von KONRAD PAUL LIESSMANN (2006, S. 83–85) aus „Theorie der Unbildung“ möchte ich mich an diejenigen wenden, die als Erfüllungshelfen dieser Art so genannter „Qualitätsanalysen“ tätig sind, um auch bei ihnen – vielleicht erneut – die Frage

nach der Sinnhaftigkeit ihres Tuns aufzuwerfen:

„Die Fetischisierung der Rangliste ist Ausdruck und Symptom einer spezifischen Erscheinungsform von Unbildung: mangelnde Urteilskraft. In seiner Anthropologie in pragmatischer Hinsicht von 1798 hatte IMMANUEL KANT fehlende Urteilskraft eine Form der Dummheit genannt. Tatsächlich ersetzt jede Reihung ein qualifiziertes Urteil, da sie besessen ist von der falschen Vorstellung, Urteilen hieße Quantifizieren. Je mehr an einer Universität oder Schule von Qualitätssicherung die Rede ist, desto weniger geht es um Qualitäten, sondern einzig darum, Qualitäten in Quantitäten aufzulösen. Was immer an spezifischen Gegebenheiten, Leistungen und auch Mängeln an solch einer Institution und den in ihr agierenden Menschen festgestellt werden könnte, wird durch Zahlen, in die alles gegossen werden soll, zum Verschwinden gebracht. (...)

Die Verweigerung von Bewertungs- und Qualitätssicherungsagenturen, (...) sich auch nur dem Anflug einer inhaltlichen Auseinandersetzung zu stellen, verrät alles darüber, was gegenwärtig unter Qualität verstanden wird: reine, nackte und simple Quantifizierbarkeit. Dass diese schon ihrem Begriffe nach der Qualität widerspricht und Qualitäten schon aus begriffslogischen Gründen nicht einfach in Quantitäten übergeführt werden können, hat ein Konzept von Qualitätssicherung, das selbst die einfachsten Grundbegriffe der Logik nicht beherrscht, längst vergessen. Gerade auf dieser Dummheit beruht allerdings die Faszination von Rankings, denn diesen erscheinen Qualitäten nur mehr als Relation von Quantitäten.“

Ein – wenn auch vielleicht letzter – emanzipatorischer Funke, der jedem Bildungsanspruch innewohnen sollte, müsste doch ausreichen, sich einer opportunistischen Anpassung an solche Auswüchse des „Zeitgeistes“ zu widersetzen und zu erkennen, dass jede Art der Hinnahme, Unterstützung oder gar Mitwirkung an solcher Art Qualitätsuntersuchungen obsolet sein sollte.

## Anmerkung

<sup>1</sup> Weitere Informationen zur „Qualitätsanalyse in Nordrhein-Westfalen“ stehen im Internet unter [www.schulministerium.nrw.de](http://www.schulministerium.nrw.de).

## Literatur

HEIDEGGER, G./ADOLPH, A./LASKE, G. (1997): Gestaltungsorientierte Innovation in der Berufsschule. Bremen

JENEWEIN, K./RAUNER, F. (Hrsg.) (2002): Berufsbildung als Aufklärung. Gedanken und Essays von GOTTFRIED ADOLPH. Bielefeld.

KLAFKI, W. (2007): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. 6., neu ausgestattete Auflage. Weinheim.

KLIPPERT, H. (2000): Pädagogische Schulentwicklung. Planungs- und Arbeitshil-

fen zur Förderung einer neuen Lernkultur. Weinheim/Basel.

LIESSMANN, K. P. (2006): Theorie der Unbildung. Die Irrtümer der Wissensgesellschaft. Wien.

LIPSMAYER, A./RAUNER, F. (Hrsg.) (1996): Beiträge zur Fachdidaktik Elektrotechnik. Stuttgart.

LANGER, I./SCHULZ VON THUN, W./TAUSCH, R. (1974): Verständlichkeit in Schule, Verwaltung, Politik und Wissenschaft. München/Basel.

## Leserbrief

zum Beitrag „Entwicklung gewerblich-technischer Schulen ohne Theoriekonzepte?“ von VOLKMAR HERKNER und JÖRG-PETER PAHL, in „lernen & lehren“, 23. Jg. (2008), Heft 91, S. 133–137

Die Idee, im Forumbereich von „I & I“ eine theoriegenerierende Diskussion zu beruflichen Schulen anzustoßen, finde ich gut und wichtig. Ich hoffe sehr, dass es darüber gelingt, einen diskursiven Rahmen zu initiieren, im besten Sinne nach HABERMAS verstanden als kollektives Nachdenken über den Gegenstand „Berufsschule“.

Die Anmerkung ADORNOS, die von den Autoren vorneweg gestellt wird, sollte uns Inspiration sein, auch wenn im Verlaufe des Textes die Klage ADORNOS an einer pragmatistischen Beschneidung der praktischen Kraft der Theorie relativiert und eingefordert wird, dass die Theoriebestandteile praktisch wirksam sein sollen.

Ich befürchte, dass wir, wenn wir bereits in der Diskussion diesem Diktum praktischer Wirksamkeit folgen, eben die beklagte praktische Vorzensur ausüben. Dies soll hier kein Plädoyer für eine von der Praxis losgelöste Theorie sein, sondern ein Hinweis auf die jeweilige zugehörige Rolle von Theorie, als Verständniszugang zu einer ansonsten unverständlichen Praxis und die Praxis als Bewährungsprobe und empirisches Fundament eines theoretischen Konzeptes. Die Theorie-Praxis-Beziehung ist eng genug, ohne eine Seite über die andere dominieren zu lassen. Theorie wie sie für den Diskursrahmen, den die Autoren schaffen wollen, formuliert werden wird, setzt sich immer mit der vorfindlichen Realität und Praxis auseinander, da die dort

auf tretenden Irritationen die Kraftquelle der angestrebten Theorieentwicklung sein werden.

Wie im Beitrag richtig bemerkt wird, ist das Verhältnis zwischen Theorie und Praxis in der Berufsschule ein eher problematisches. Aus meiner Sicht als Berufsschullehrer dominiert dort ein Pragmatismus, der einerseits den praktischen Herausforderungen geschuldet ist, da der Schulbetrieb nämlich laufen muss, egal wie der „dauerhafte Reparaturbetrieb“ dies sicherstellt – meist durch hohe Anforderungen an die Kolleginnen und Kollegen sowie andererseits durch die Existenz und die Stabilität einer Praxisgemeinschaft, die kaum Raum für theoriegeleitete gemeinschaftliche Reflexionen lässt. Welche Praxisgemeinschaft tut dies schon?

Deshalb ist mein Plädoyer für ein angemessenes Relativieren der Forderung nach Praxistauglichkeit der angestrebten Theoriediskurse, ohne das Theorie-Praxis-Verhältnis einseitig aufzulösen und losgelöste Theorie zu diskutieren.

Sehr gut finde ich die Anregungen, bei dem Diskurs zur Entwicklung einer Theorie der Berufsschule auf Wissensbestände benachbarter Sozialwissenschaften zurückzugreifen. Dazu im Folgenden einige Anregungen: Wie im Beitrag bemerkt wird, ist die Berufsschule ähnlich einem technischen Regelsystem zu betrachten, bei dem

in einem laufenden Reparaturbetrieb permanent durch Improvisationen das Funktionieren ermöglicht wird. Neben dieser unserer technischen Ausbildung entsprechenden Metapher eines Regelkreises wird auch der Begriff des Systems im Sinne LUHMANNs als selbstorganisierende und sich selbst erhaltende, nach eigener innerer Logik verfahrenende Organisation Berufsschule benutzt. So hilfreich wie die Anlehnung an LUHMANN sein kann, vor allem um die Wechselbeziehung zwischen der Schule und dem Umfeld zu betrachten, so wird dabei jedoch eine entscheidende Größe vergessen, die aber das Funktionieren des Systems, der Organisation bzw. der Institution „Schule“ überhaupt erst ermöglicht. Schule sollte als ein komplexes und dynamisches System angesehen werden, innerhalb dessen soziale Akteure miteinander agieren und handelnd das System gestalten, wie sie auch bei ihrem Handeln von den Bedingungen und Logiken des Systems beeinflusst werden. Demzufolge ist eine Theorie der Berufsschule nicht nur gefordert, eine Makrosicht auf die Organisation zu formulieren (es gehen in dem Beitrag von HERKNER und PAHL die Begriffe „Organisation“ und „Institution“ etwas durcheinander), sondern auch eine Sicht auf Bildungsgänge und Unterricht zu entwickeln, die soziale Akteure, im Wesentlichen die Kolleginnen und Kollegen berufsbildender Schulen in die Perspektive mit hereinnimmt, da sie mit hoher Professiona-

lität und Unsicherheitsstabilität ihrer Arbeit nachgehen und dadurch das System „Berufsschule“ wesentlich konstituieren. Dies ist ein Plädoyer für einen akteursbezogenen Blickwinkel, der organisationstheoretische und interaktionistische sozialwissenschaft-

liche Erkenntnisse aufnimmt und sie mit strukturfunktionalistischen, systemtheoretischen und institutionentheoretischen Perspektiven produktiv verknüpft. Wenn wir dabei verharren, nur die letzteren Perspektiven üblicherweise einzunehmen, werden wir

kein theoretisches Konzept für das komplexe Gebilde „Berufsbildende Schule“ schaffen.

Ich hoffe sehr auf eine anregende und produktive Diskussion.

*Stefan Wolf*

---

**JÖRG-PETER PAHL: Berufsbildende Schule. Bestandsaufnahme und Perspektiven. W. Bertelsmann Verlag Bielefeld 2007, 707 Seiten, ISBN 978-3-7639-3579-6, 69,00 Euro**

In Deutschland hat sich eine einheitliche Verwendung der Begrifflichkeiten im beruflichen Schulwesen noch nicht durchgesetzt: Erhebliche Differenzen zwischen den Ländern und regionale Spezifika in den Ausformungen der einzelnen Schularten hinsichtlich Voraussetzungen, Inhalte, Klientel und Berechtigungen liegen vor. So beschreibt in Berlin der Begriff des Oberstufenzentrums die Organisationseinheit, die die verschiedenen im Stadtstaat existierenden beruflichen Schulformen umfasst. Für Nordrhein-Westfalen hat sich hierfür die Bezeichnung des Berufskollegs etabliert. In anderen Bundesländern steht das Berufskolleg hingegen für eine spezifische Schulart innerhalb des beruflichen Schulwesens oder ist ganz unbekannt. Diese Unterschiede resultieren nicht zuletzt aus dem Fehlen einer einheitlichen und konsistenten Berufsbildungstheorie.

JÖRG-PETER PAHL greift dieses Problem sowie die mangelnde Übereinstimmung von Arbeitswelt und Berufsbildern diskursiv im vorliegenden Handbuch auf (Kap. 1) und beschreibt detailliert die historischen und gegenwärtigen Entwicklungen der neun aktuell existenten Schulformen des beruflichen Schulwesens (Kap. 2).

Anschließend (Kap. 3) stellt der Autor die organisatorischen Systemzusammenhänge der berufsbildenden Schule, ihre Verbindungen zu anderen gesellschaftlichen Systemen sowie ihre rechtlichen Grundlagen und organisatorischen Bedingungen dar. Er nimmt ebenfalls die innere und äußere Organisation der einzelnen beruflichen Schulformen sowie die Schulentwicklung unter dem Stichwort der zunehmenden Autonomie der berufsbildenden Schule in den Blick. Letztere schließt eine Dezentralisierung der Entscheidungsbefugnisse und eine veränderte Rolle der Schulaufsicht

ein. Diese hat sich künftig eher als Beratungs-, denn als Aufsichtsorgan zu verstehen. Die Schule ist im Rahmen dieser Veränderungsprozesse als lernendes Unternehmen zu denken, welches aktiv System-, Organisations- und Schulentwicklung vorantreibt.

Darüber hinaus beschreibt PAHL die Aus- und Weiterbildung der Lehrkräfte und anderer Mitarbeiter an der berufsbildenden Schule sowie die direkt und indirekt Einfluss nehmenden Personenkreise aus dem Umfeld des beruflichen Bildungswesens (Kap. 4).

Im Anschluss an diese Betrachtung stellt der Autor die curricularen und materiellen Rahmenbedingungen der Lernorganisation sowie die Didaktik und Methodik des beruflichen Lernens sowohl bildungsgangübergreifend als auch differenziert nach beruflichen Schulformen dar (Kap. 5–6).

Um die Stellung und Wahrnehmung der berufsbildenden Schule im Gesamtbildungssystem, in der Wirtschaft und Gesellschaft zu stärken, führt der Autor abschließend (Kap. 7) Entwicklungsperspektiven auf. Diese umfassen eine Neugewichtung von beruflich-fachlichen und allgemein bildenden Inhalten sowie die Verringerung und Begrenzung der Vielzahl der beruflichen Schulformen, indem inhaltlich überlappende Bildungsgänge zusammengelegt werden. Als weitere künftige Aufgabe gilt es nach PAHL, die Autonomiebestrebungen der berufsbildenden Schulen stärker, als bisher in einigen Bundesländern geschehen, umzusetzen und diese zu regionalen beruflichen Ausbildungs-, Weiterbildungs- und Kompetenzzentren mit je spezifischer Profilierung auszubauen. In der Konsequenz müssen Schulen ein bewusstes Qualitätsmanagement betreiben und Schulprogramme als Handlungsgrundlage und Legitimationsdokument erarbeiten. Leider

liegen aktuell zu ersten Entwicklungen und Umsetzungen aus einigen Bundesländern wie z. B. Nordrhein-Westfalen, Niedersachsen und Berlin in diesem Bereich noch keine hinreichenden Evaluationsbefunde vor, die eine Aufnahme in das vorliegende Werk erlauben würden. Weiteres Entwicklungspotenzial birgt laut PAHL die Professionalisierung des Lehrberufs nicht nur in der Aus-, sondern auch in der Weiterbildung. So ist eine psychologische und sozialpädagogische Weiter- oder Zusatzausbildung vor dem Hintergrund einer heterogenen Schülerklientel in einigen Schulformen und Regionen wünschenswert. In Zeiten immer kürzerer Innovationsraten sind Lehrkräfte auch fachlich dauerhaft weiterzubilden, um Lernenden der einzelnen beruflichen Schulformen Angebote zu unterbreiten, die den Anforderungen der Berufs- und Arbeitswelt gerecht werden. Reformbedarf besteht auch angesichts einer immer noch mangelhaften Anschlussfähigkeit und Anerkennung der Abschlüsse des deutschen beruflichen Schulwesens innerhalb Europas. Weitere Aufgaben sind überdies die Entwicklung einer einheitlichen Theorie des berufsbildenden Schulsystems und die Ausarbeitung von Berufsdidaktiken sowie der Didaktiken der einzelnen beruflichen Schulformen.

JÖRG-PETER PAHL unternimmt mit dem vorliegenden Werk erstmals eine umfassende Analyse des vielfältigen und komplexen beruflichen Schulwesens. Das Buch ist neben Akteurinnen und Akteuren in der Berufsbildung ebenso der breiteren, interessierten Öffentlichkeit zu empfehlen. Der Aufbau des Buches ist so gestaltet, dass es im Sinne einer Enzyklopädie elektiv genutzt oder gut verständlich als Grundlagenwerk im Ganzen gelesen werden kann.

*Jane Porath*

## Mikrosystemtechnik-Kongress 2009

Vom 12. bis 14. Oktober 2009 findet in Berlin der Mikrosystemtechnik-Kongress 2009 statt.

Mikrosysteme haben in eine Vielzahl von Anwendungen des täglichen Lebens Einzug gehalten, vielfach ohne dass dies den Nutzern bewusst ist. Dazu gehören moderne Automobile, Konsumgüter und industrielle Maschinen, Produkte der Informations- und Kommunikationstechnik, neuere Entwicklungen im medizinischen, pharmazeutischen und biologischen Bereich, aber auch in der Luft- und Raumfahrt oder in der Optik. In vielen Branchen basiert ein großer Teil der Produktinnovationen auf Neuerungen aus dem Bereich der Mikrosystemtechnik, in dem nach wie vor zweistellige Wachstumsraten erzielt werden. Mit einer Vielzahl von aktiven, oft mittelständisch aufgestellten Unternehmen, die von innovativen Forschungseinrichtungen unterstützt werden, ist

es Deutschland gelungen, eine weltweit führende Rolle im Bereich der Mikrosystemtechnik einzunehmen.

Der Mikrosystemtechnik-Kongress findet 2009 zum dritten Mal statt, diesmal gemeinsam mit der microsys in Berlin, nach Veranstaltungen 2005 in Freiburg sowie 2007 in Dresden. Als gemeinsame Veranstaltung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des VDE wird er von der VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM) und der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH organisiert. Der Kongress hat sich mit über 1.000 Teilnehmern zum bestbesuchten nationalen Forum der Mikrosystemtechnik-Szene entwickelt und bietet Gelegenheit zum ungezwungenen Austausch von Informationen sowie zum Kennenlernen neuer Partner.

Nähere Informationen gibt es unter <http://www.mikrosystemtechnik-kongress.de>.

## Europaweite Studie: Anreize und Hindernisse bei technischen Studiengängen

**Eine neue Studie von UPDATE (Understanding and Providing a Developmental Approach to Technology Education) befragte 1.700 europäische Studierende über Hindernisse, mit denen sie sich auf ihrem Bildungsweg auseinandersetzen müssen. Diese UPDATE-Studie wurde erstellt, zusammengefasst und analysiert von Prof. Dr. Doina Balahur von der Alexandru Ioan Cuza Universität in Rumänien. Um die Position der EU als dynamische wissensbasierte Wirtschaftsmacht auszubauen, müssen europäische Entscheidungsträger herausfinden, wie junge Leute – insbesondere junge Frauen – dazu motiviert werden können, sich für technische Studiengänge zu entscheiden.**

Die Studie zeigt Anreize und Hindernisse auf, warum Studierende sich für oder gegen ein Studium in Naturwissenschaft oder Technik entscheiden. Zusätzlich werden individuelle Laufbahnen durch Fallstudien illustriert. 17 Themenbereiche wie beispielsweise Familientradition, Rollen-Modelle, Erziehung während verschiedener Altersstufen und Karrierechancen decken hinderliche und motivierende Faktoren für die Studentinnen und Studenten auf. Die befragten Studierenden kommen aus Österreich, Frankreich, Finnland, Deutschland, Griechenland, Rumänien, der Slowakei und Spanien.

Förderliche Faktoren, die Studentinnen und Studenten motivieren, sich für einen technischen Studiengang zu entscheiden, sind:

- Die Themen „Wissenschaft“ und „Technik“ sollten schon in die frühkindliche Bildung integriert werden.
- Ein experimenteller, intuitiver und toleranter Lehrstil und Unvoreingenommenheit gegenüber dem Geschlecht sind Elemente, die technische Bildung fördern.
- Die Unterstützung der Eltern ist wichtig im Hinblick auf eine naturwissenschaftlich-technische Karriere.
- Wichtige Bedingungen für eine naturwissenschaftlich-technische

## Neue Qualität in der MINT-Nachwuchsgewinnung

**16 Prozent mehr Studienanfängerinnen als im Vorjahr im Studienbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik und 13 Prozent mehr in der Informatik – darüber, wie dieser positive Trend fortgesetzt werden kann, wird im Rahmen von Netzwerktagungen des Nationalen Pakts für Frauen in MINT-Berufen (MINT: Mathematik-Informatik-Naturwissenschaften-Technik) diskutiert.**

Im Zentrum der Veranstaltungen steht die Frage, wie durch eine neue Qualität von Nachwuchs-Maßnahmen mehr Frauen für die MINT-Berufe gewonnen werden können. Mach-MINT-Projekte wie „CyberMentor“ sorgen bereits jetzt für eine breite Ansprache von Schülerinnen. Und mit „TasteMINT“ erhalten Abiturientinnen an der Schnittstelle von Schule und Hochschule die Möglichkeit, ihre Potenziale für den MINT-Bereich zu erproben.

Die Bundesregierung will gemeinsam mit den Paktpartnern das Engagement aller Beteiligten stärken und bündeln. Das breite Bündnis aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft hat sich zum Ziel gesetzt, deutlich mehr junge Frauen für MINT-Berufe zu gewinnen. Der Pakt ist offen für weitere Partner, die sich für die Ziele des Paktes einsetzen und aktiv mitwirken wollen, um mehr Frauen für MINT-Berufe zu gewinnen. Die zentrale Geschäftsstelle beim Verein Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit, Bielefeld, koordiniert die gesamten Maßnahmen und Aktivitäten. Die Geschäftsstelle wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Kontakt: Christina Haaf M. A., Kompetenzzentrum Technik-Diversity-Chancengleichheit, Telefon: (05 21) 1 06-73 24. E-Mail: [haaf@komm-mach-mint.de](mailto:haaf@komm-mach-mint.de). Weitere Informationen: <http://www.komm-mach-mint.de>

Karriere können Selbstbewusstsein, Kreativität und eine unabhängige Persönlichkeit mit einem hohem Maß an Selbstdisziplin sein – was heißen soll, dass Schwierigkeiten als Herausforderung wahrgenommen werden.

Diese Faktoren scheinen dagegen hinderlich zu sein:

- Eine frühe geschlechtstypische Erziehung, wenig Inter-

esse der Eltern und zu theoretisches Lernen in der Schule scheint Studierende eher daran zu hindern, Naturwissenschaft oder Technik zu studieren.

- Der existierende Wettbewerbsdruck in naturwissenschaftlich-technischen Berufsfeldern schreckt junge Menschen ab – besonders Mädchen.

– Junge Frauen schrecken vor der Doppelbelastung der Kindererziehung plus naturwissenschaftlich-technischer Karriere zurück.

- Andere demotivierende Gründe für die Interviewten beider Geschlechter sind geringe Unterstützung durch Lehrkräfte und existierende institutionelle Barrieren.

Mehr Informationen gibt es unter <http://update.jyu.fi>.

---

## Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

### **Adolph, Gottfried**

Prof. Dr. em., Hochschullehrer, Schwefelstr. 22, 51427 Bergisch-Gladbach, Tel.: (02204) 627 73, E-Mail: [gottfried.adolph@t-online.de](mailto:gottfried.adolph@t-online.de)

### **Botthof, Alfons**

stellv. Bereichsleiter Gesellschaft und Wirtschaft, IIT – Institut für Innovation + Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Steinplatz 1, 10623 Berlin, Tel.: (030) 31 00 78-1 95, E-Mail: [botthof@iit-berlin.de](mailto:botthof@iit-berlin.de)

### **Dreher, Ralph**

Prof. Dr., Hochschullehrer, Bergische Universität Wuppertal, Fachbereich D: Abteilung Maschinenbau, Fachgebiet Didaktik der Technik, Gaußstr. 20, 42119 Wuppertal, Tel.: (0202) 439-2049, E-Mail: [rdreher@uni-wuppertal.de](mailto:rdreher@uni-wuppertal.de)

### **Eicker, Friedhelm**

Prof. Dr., Hochschullehrer, Universität Rostock, Technische Bildung, 18051 Rostock, Tel.: (0381) 498-3592, E-Mail: [friedhelm.eicker@uni-rostock.de](mailto:friedhelm.eicker@uni-rostock.de)

### **Grimm, Axel**

StR, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Berlin, Institut für Berufliche Bildung u. Arbeitslehre (IBBA), Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin, Telefon: (030) 31 47 37 36, E-Mail: [axel.grimm@alumni.tu-berlin.de](mailto:axel.grimm@alumni.tu-berlin.de)

### **Herkner, Volkmar**

Prof. Dr., Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit u. Technik (biat), Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Tel.: (0461) 805-21 53, E-Mail: [volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de](mailto:volkmar.herkner@biat.uni-flensburg.de)

### **Horn, Wolfhard**

Oberstudiendirektor, Schulleiter, Berufskolleg Jülich, Bongardstr. 15, 52428 Jülich, Tel.: (02461) 9369-0, E-Mail: [wolfhard.horn@berufskolleg-juelich.de](mailto:wolfhard.horn@berufskolleg-juelich.de)

### **Hübener, Nicolas**

M. Sc., Dipl. Kfm. (FH), Leiter des Geschäftsbereichs Netzwerke am Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik in Berlin-Adlershof, seit 2004 Sprecher der Aus- und Weiterbildungsnetzwerke für die Mikrosystemtechnik (AWNET), Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin, Max-Planck-Str. 5, 12489 Berlin, Tel.: (030) 6392-3396, E-Mail: [nicolas.huebener@zemi-berlin.de](mailto:nicolas.huebener@zemi-berlin.de)

### **Kalisch, Claudia**

Dipl.-Päd., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Universität Rostock, IASP, Technische Bildung, 18051 Rostock, Tel.: (0381) 498-3591, E-Mail: [claudia.kalisch@uni-rostock.de](mailto:claudia.kalisch@uni-rostock.de)

### **Knebusch, Oliver**

Diplom-Berufspädagoge, Fachbereichsleiter, Regionales Bildungszentrum des Kreises Steinburg, Fachbereich Mikrotechnologien, Juliengardeweg 9, 25524 Itzehoe, Tel.: (04821) 683-0, E-Mail: [knebusch@mikrotechnologien.de](mailto:knebusch@mikrotechnologien.de)

### **Porath, Jane**

Dipl.-Hdl., Wissenschaftliche Mitarbeiterin, Universität Oldenburg, Fachgebiet Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Ammerländer Heerstr. 114-118, 26129 Oldenburg, Tel.: (0441) 798-41 29, E-Mail: [jane.porath@uni-oldenburg.de](mailto:jane.porath@uni-oldenburg.de)

### **Sander, Ulrich**

Dr., Oberstudienrat, Lise-Meitner-Schule (Oberstufenzentrum Chemie, Physik, Biologie), Rudower Str. 184, 12351 Berlin, Tel.: (030) 660689-75, E-Mail: [ulrich.sander@osz-lise-meitner.eu](mailto:ulrich.sander@osz-lise-meitner.eu)

### **Schwarz, Norbert**

Studienrat, Lise-Meitner-Schule Berlin (Oberstufenzentrum Chemie, Physik, Biologie), Rudower Str. 184, 12351 Berlin, Tel.: (030) 660689-45, E-Mail: [norbert.schwarz@osz-lise-meitner.eu](mailto:norbert.schwarz@osz-lise-meitner.eu)

### **Wehmeyer, Carsten**

Dr., StR, Walther-Lehmkuhl-Schule Neumünster, abgeordnete Lehrkraft an der Universität Flensburg, Berufsbildungsinstitut Arbeit u. Technik (biat), Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, Tel.: (0461) 805-21 49, E-Mail: [wehmeyer@biat.uni-flensburg.de](mailto:wehmeyer@biat.uni-flensburg.de)

### **Weiner, Andreas**

Akademischer Oberrat, Leibniz-Universität Hannover, Zentrum Didaktik der Technik, Appelstraße 9A, 30167 Hannover, Tel.: (0511) 762-4845, E-Mail: [weiner@zdt.uni-hannover.de](mailto:weiner@zdt.uni-hannover.de)

### **Wolf, Stefan**

Berufsschullehrer am OSZ-Kraftfahrzeugtechnik in Berlin-Charlottenburg, Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin, Institut für Berufliche Bildung und Arbeitslehre, Franklinstr. 28/29, 10587 Berlin, Tel.: (030) 314-73266, E-Mail: [stefan.wolf@berlin.de](mailto:stefan.wolf@berlin.de)

### Ständiger Hinweis

#### Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

Alle Mitglieder der BAG Elektrotechnik-Informatik und der BAG Metalltechnik müssen eine Einzugsermächtigung erteilen oder zum Beginn eines jeden Kalenderjahres den Jahresbeitrag (zurzeit 27,- EUR eingeschlossen alle Kosten für den verbilligten Bezug der Zeitschrift *lernen & lehren*) überweisen. Austritte aus der BAG Elektrotechnik-Informatik bzw. der BAG Metalltechnik sind nur zum Ende eines Kalenderjahres möglich und müssen drei Monate zuvor schriftlich mitgeteilt werden.

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Elektrotechnik-Informatik lautet:

BAG Elektrotechnik-Informatik

Geschäftsstelle, z. H. Frau Brigitte Schweckendieck

c/o ITB – Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1

28359 Bremen

Tel.: 04 21/218-49 27

Fax: 04 21/218-46 37

Konto-Nr. 1 707 532 700

Volksbank Bassum-Syke (BLZ 291 676 24).

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik lautet:

BAG Metalltechnik

Geschäftsstelle, z. H. Herrn Michael Sander

c/o ITB – Institut Technik und Bildung

Am Fallturm 1

28359 Bremen

Tel.: 04 21/218-49 24

Fax: 04 21/218-46 37

Konto-Nr. 10 045 201

Kreissparkasse Verden (BLZ 291 526 70).

### Beitrittserklärung

Ich bitte um Aufnahme in die Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung

Elektrotechnik-Informatik e. V. bzw.  Metalltechnik e. V.

Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt zz. 27,- EUR. Auszubildende, Referendare und Studenten zahlen zz. 15,- EUR gegen Vorlage eines jährlichen Nachweises über ihren gegenwärtigen Status. Der Mitgliedsbeitrag wird grundsätzlich per Bankeinzug abgerufen. Mit der Aufnahme in die BAG beziehe ich kostenlos die Zeitschrift *lernen & lehren*.

Name: ..... Vorname: .....

Anschrift: .....

E-mail: .....

Datum: ..... Unterschrift: .....

Ermächtigung zum Einzug des Beitrages mittels Lastschrift:

Kreditinstitut: .....

Bankleitzahl: ..... Girokonto-Nr.: .....

Weist mein Konto die erforderliche Deckung nicht auf, besteht für das kontoführende Kreditinstitut keine Verpflichtung zur Einlösung.

Datum: ..... Unterschrift: .....

Garantie: Diese Beitrittserklärung kann innerhalb von 10 Tagen schriftlich bei der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik e. V. bzw. der Fachrichtung Metalltechnik e. V. widerrufen werden. Zur Wahrung der Widerrufsfrist genügt die Absendung innerhalb dieser 10 Tage (Poststempel). Die Kenntnisnahme dieses Hinweises bestätige ich durch meine Unterschrift.

Datum: ..... Unterschrift: .....

Bitte absenden an:

**BAG Elektrotechnik-Informatik e. V.**, Geschäftsstelle:  
ITB – Institut Technik und Bildung, z. H. Frau Brigitte  
Schweckendieck, Am Fallturm 1, 28359 Bremen

**BAG Metalltechnik e. V.**, Geschäftsstelle:  
ITB – Institut Technik und Bildung, z. H. Herrn Michael  
Sander, Am Fallturm 1, 28359 Bremen

---

# **lernen & lehren**

## **Eine Zeitschrift für alle, die in**

Betrieblicher Ausbildung,  
Berufsbildender Schule,  
Hochschule und Erwachsenenbildung sowie  
Verwaltung und Gewerkschaften  
in den Berufsfeldern Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik tätig sind.

## **Inhalte:**

- Ausbildung und Unterricht an konkreten Beispielen
- technische, soziale und bildungspolitische Fragen beruflicher Bildung
- Besprechung aktueller Literatur
- Innovationen in Technik-Ausbildung und Technik-Unterricht

---

lernen & lehren erscheint vierteljährlich, Bezugspreis EUR 25,56 (4 Hefte) zuzüglich EUR 5,12 Versandkosten (Einzelheft EUR 7,68).

Von den Abonnenten der Zeitschrift lernen & lehren haben sich allein über 600 in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Elektrotechnik-Informatik e. V. sowie in der Bundesarbeitsgemeinschaft für Berufsbildung in der Fachrichtung Metalltechnik e. V. zusammengeschlossen. Auch Sie können Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden. Sie erhalten dann lernen & lehren zum ermäßigten Bezugspreis. Mit der beigefügten Beitrittserklärung können Sie lernen & lehren bestellen und Mitglied in einer der Bundesarbeitsgemeinschaften werden.

---

## **Folgende Hefte sind noch erhältlich:**

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 58: Lernfelder in technisch-gewerblichen Ausbildungsberufen | 69: Virtuelles Projektmanagement                         | 82: Qualität in der beruflichen Bildung                       |
| 59: Auf dem Weg zu dem Berufsfeld Elektrotechnik/Informatik | 70: Modellversuchsprogramm „Neue Lernkonzepte“           | 83: Medientechnik und berufliches Lernen                      |
| 60: Qualifizierung in der Recycling- und Entsorgungsbranche | 71: Neuordnung der Elektroberufe                         | 84: Selbstgesteuertes Lernen und Medien                       |
| 61: Lernfelder und Ausbildungsreform                        | 72: Alternative Energien                                 | 85: Die gestreckte Abschlussprüfung                           |
| 62: Arbeitsprozesswissen – Lernfelder – Fachdidaktik        | 73: Neue Technologien und Unterricht                     | 86: Innovative Unterrichtsverfahren                           |
| 63: Rapid Prototyping                                       | 74: Umsetzung des Lernfeldkonzeptes in den neuen Berufen | 87: Kosten, Nutzen und Qualität in der beruflichen Bildung    |
| 64: Arbeitsprozesse und Lernfelder                          | 75: Neuordnung der Metallberufe                          | 88: Entwicklung beruflicher Schulen                           |
| 65: Kfz-Service und Neuordnung der Kfz-Berufe               | 76: Neue Konzepte betrieblichen Lernens                  | 89: Fachkräftebedarf im gewerblich-technischen Bereich        |
| 66: Dienstleistung und Kundenorientierung                   | 77: Digitale Fabrik                                      | 90: Berufsbildung für nachhaltige Entwicklung                 |
| 67: Berufsbildung im Elektrohandwerk                        | 78: Kompetenzerfassung und -prüfung                      | 91: Europa – aktuelle Herausforderungen an berufliches Lernen |
| 68: Berufsbildung für den informatisierten Arbeitsprozess   | 79: Ausbildung von Berufspädagogen                       |   |
|   | 80: Geschäftsprozessorientierung                         |   |
|   | 81: Brennstoffzelle in beruflichen Anwendungsfeldern     |   |

Bezug über: Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft GmbH  
Postfach 15 59, 38285 Wolfenbüttel  
Telefon (0 53 31) 80 08 40 • Fax (0 53 31) 80 08 58

---

Von Heft 16: „Neuordnung im Handwerk“ bis Heft 56: „Gestaltungsorientierung“ ist noch eine Vielzahl von Heften erhältlich.  
Informationen über: Donat Verlag • Borgfelder Heerstraße 29 • 28357 Bremen • Telefon (0421) 27 48 86 • Fax (0421) 27 51 06