

# Lernen & Lehren

Elektrotechnik-Informatik und Metalltechnik

## Schwerpunktthema

## Neue Technologien und Unterricht



*Joachim Dittrich*  
**Elektrochrome Gläser**

*Michael K. Brandt/  
Volkmar Herkner*

**Fototechnische Verfahren als  
Unterrichtsthema in der Mikro-  
technologie – Vorschläge zur  
Umsetzung im Lernfeldkonzept**

*Sven Mohr*  
**Lernsituation: „Einsatz von  
Rapid-Prototyping – ein Praxis-  
beispiel“**

*Christoph Schwarz*  
**Die Zertifizierung eines  
Berufsbildungszentrums**

---

## 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),  
Felix Rauner (Bremen), Bernd Vermehr (Hamburg)

Schriftleitung: Georg Spöttl (Flensburg), Franz Stuber (Münster)

Heftbetreuer: Georg Spöttl

Redaktion: lernen & lehren

c/o Franz Stuber  
ZWE für berufliche Fachrichtungen  
Leonardo Campus 7, 48149 Münster  
Tel.: 0251 / 836 51 46  
E-mail: stuber@fh-muenster.de

c/o Georg Spöttl  
biat – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik  
Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg  
Tel.: 0461 / 805 21 62  
E-mail: spoettl@biat.uni-flensburg.de

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

Layout: Egbert Kluitmann, Andreas Besener

Verlag, Vertrieb und  
Gesamtherstellung: Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG  
Postfach 1559, D-38285 Wolfenbüttel  
Telefon: 05331 / 80 08 40, Telefax: 05331 / 80 08 58

Bei Vertriebsfragen (z. B. Adressenänderungen) den Schriftwechsel bitte stets an den Verlag richten.

**Wolfenbüttel 2004**

**ISSN 0940-7340**

**73**

---

# lernen & lehren

## Elektrotechnik-Informatik/Metalltechnik

---

### Inhaltsverzeichnis

Kommentar: Vorbereitung und Planung <i>Gottfried Adolph</i>	2	<b>Forum</b>	
Editorial <i>Georg Spöttl</i>	3	Aufgabenwandel in Unternehmen – Dienstleistung und Facharbeit <i>Claus Holm/Lars Windelband</i>	33
Berufliches Lernen und Lehren – aber mit Methode. Bernd Vermehr ist 65! <i>Jörg-Peter Pahl</i>	4	Lehrer-Schüler-Interaktion im handlungsorientierten Unterricht. Eine Explorationsstudie <i>Ralf Tenberg</i>	38
<b>Schwerpunktthema: Neue Technologien im Unterricht</b>		<b>Rezension, Hinweise, Berichte, Mitteilungen</b>	
Elektrochrome Gläser <i>Joachim Dittrich</i>	5	Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge <i>Georg Spöttl</i>	43
Ausbildung in der Mikrotechnologie – Eine berufspädagogische Herausforderung <i>Michael K. Brandt/Ulrich Schmidt</i>	10	Informatisierung von Arbeit, Technik und Bildung Herbstkonferenz der Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (GTW) in der GfA	44
Fototechnische Verfahren als Unterrichts- thema in der Mikrotechnologie – Vorschläge zur Umsetzung im Lernfeldkonzept <i>Michael K. Brandt/Volkmar Herkner</i>	13	Gewerblich-technische Berufsbildung vor neuen Herausforderungen Fachtagung der Bundesarbeitsgemein- schaften für Berufsbildung	45
Das Projekt „HILWA“ – Erprobung eines neuartigen Lernmanagementsystems <i>Martin Burgmer/Stephan Raimer</i>	18	Fachtagung am 8./9. Juni 2004 in der Stadthalle Bad Godesberg	46
Die Zertifizierung eines Berufsbildungszentrums <i>Christoph Schwarz</i>	22	Autorenverzeichnis	47
<b>Praxisbeitrag</b>		Ständiger Hinweis und Beitrittserklärung	48
Lernsituation: „Einsatz von Rapid-Prototyping – ein Praxisbeispiel“ <i>Sven Mohr</i>	30		

**Schwerpunkt**

**Neue Technologien und Unterricht**

lernen & lehren (I&I) (2004) 73

73

Gottfried Adolph

## Vorbereitung und Planung

Seit der Zeit FARADAYS gibt es in England die Tradition, dass in regelmäßigen Zeitabständen Wissenschaftler einem Laienpublikum Einblick in ihren Forschungsbereich geben. Zurzeit FARADAYS waren diese Veranstaltungen in den „gebildeten Kreisen“ sehr beliebt und der Andrang der Kutschen vor den Veranstaltungsgebäuden entsprechend hoch. Es kam oft zu chaotischen Zuständen. Erst als man die Einbahnregelung erfand, kam Ordnung in das An- und Abfahren. So interessant dieser Einfluss von Pädagogischem auf Verkehrstechnisches auch ist, unsere Aufmerksamkeit soll bei Pädagogischem bleiben. Die „Laienveranstaltung“ wird auch heute noch so ernst genommen, dass man die ausgewählten Wissenschaftler eine längere Zeit von allen sonstigen Lehrverpflichtungen freistellt. Sie sollen Zeit und Muße haben, sich auf die „Laienvorlesung“ sorgfältig vorzubereiten. Die Vorbereitung auf eine Lehrveranstaltung wird hier also sehr ernst genommen.

Im Bildungsalltag ist das ganz anders. Wenn die wöchentliche Lehrerarbeitszeit zur Debatte steht und die Lehrer die notwendige Vorbereitungszeit ins Gespräch bringen, empfindet das die breite Öffentlichkeit in der Regel als faule Ausrede. Vorbereitung wird meist als stoffliche Vorbereitung verstanden. Man kann sich deshalb nicht vorstellen, dass ein Lehrer, der seinen Schülern das kleine Einmaleins, das Bruchrechnen, die Winkelsumme im Dreieck, die korrekte Schreibweise von Straßennamen oder das Ohmsche Gesetz beibringen soll, sich darauf viel vorbereiten muss.

Das englische Beispiel zeigt, dass die Vorbereitung auf eine Lehrveranstaltung eine andere Qualität hat. Hier liegt nicht das Stoffliche im Vordergrund sondern das Didaktische. Viele Faktoren bestimmen die unterrichtliche Realität. Die zur Verfügung stehende Zeit, die Klassengröße, das Alter der Schüler, ihre Interessen, ihre sozialen Hintergründe, ihre Vorstellungsfähigkeit, ihre Aufmerksam- und Konzentrationsfähigkeit, ihre Sprach-

fähigkeit usf. wirken mit je unterschiedlicher Wichtung. Jede Situation ist anders, keine gleicht der anderen. Deshalb kann es keine Erfolg garantierenden Regeln geben. Deshalb ist gutes Unterrichten eine der schwierigsten intentionalen Tätigkeiten.

Gewiss gibt es Lehrer, für die Unterrichtsvorbereitung kein Problem ist. Sie sind oft so routiniert, dass sie keinen Gedanken an den kommenden Unterricht verschwenden müssen. Wenn sie über sehr viel Erfahrung verfügen, sicher im Stoff sind, dazu hoch flexibel, aktuelle Situationen blitzschnell erfassen und darauf reagieren können, ein angenehmes soziales Klima erzeugen, kann ihr Unterricht gut und für einen Teil der Schüler sehr erfolgreich sein. Andererseits gibt es auch Lehrer, die in Routine erstarrt sind. Bei ihnen verläuft jeder Unterricht wie der andere. Sie nehmen keine Rücksicht auf Besonderheiten und erzeugen ein Klima der sozialen Kälte. Wahrscheinlich sind sie es, die das Erinnerungsbild von Schule am nachhaltigsten prägen. Es gibt aber auch Lehrer, und ihre Zahl ist gewiss nicht klein, für die jeder Unterricht eine immer wieder neue Herausforderung darstellt. Wie bei guten Konstrukteuren geht ihnen das zu Realisierende nicht aus dem Kopf. Sie sind im wahrsten Sinne des Wortes von ihrer Aufgabe besessen.

Diese verschiedenen hier geschilderten Varianten haben etwas Gemeinsames. Es geht hier um den auf eine Klasse fixierten frontalen Frageunterricht. Nach Pisa wird aber immer deutlicher, dass die deutschen Schulen Weltmeister in der Erzeugung von Schulversagern sind und entsprechend im Aussortieren von Schülern. Das hängt mit der frontalen Fragemethode zusammen. Eine ihrer Wirkungen ist, dass die Starken stärker und die Schwachen schwächer werden. Das liegt nicht an den Lehrenden. Es ergibt sich aus der Struktur der Methode.

Die immer noch die deutsche Schulrealität bestimmende Fixierung auf die

frontale Fragemethode hängt mit der Lehrerbildung zusammen. Hier ist es allgemeine Praxis, dass Referendare für ihren Unterricht schriftliche Unterrichtsentwürfe vorlegen müssen. Diese Entwürfe sind stark formalisiert. Durch ihre enge Strukturierung sollen sie dem Anfänger helfen, dem zu haltenden Unterricht eine feste Verlaufsstruktur zu geben. Anfänger benötigen solche Hilfen. (Leider zeigt die Realität aber auch, dass Referendare häufig mehr Probleme mit dem Entwurf als mit dem zu planenden Unterricht haben. Das ist jedoch ein anderes Thema.) Worauf ich hier aufmerksam machen möchte ist, dass alle diese Planungsinstrumente sich in der Tradition des Frontalunterrichts entwickelt haben. Alle teilen den Unterricht in bestimmte Zeitabschnitte, ob sie nun Phasen oder Stufen genannt werden. Alle gehen davon aus, dass in den definierten Zeitabschnitten bei allen Schülern (in ihren Köpfen) das Gleiche geschieht. Die Hauptaufgabe des Lehrenden besteht darin, die vorausgeplanten Ereignisse sich ereignen zu lassen. Deshalb kann er gar nicht anders als den spontanen Einfall, mag er auch noch so fruchtbar sein, so zu verbiegen, dass er in das vorgeplante Konzept passt. Ein solcher Unterricht kann den Einzelnen nicht im Blick haben und nicht in den Blick nehmen.

Individualisierung ermöglichender Unterricht ist dagegen ein lebendiger, vom Lehrer intentional gesteuerter Prozess des *miteinander* Sprechens, Fragens, Denkens und Übens. Solch ein Unterricht kann in kein vorgegebenes Schema gepresst werden. Trotzdem muss er eine Ordnung, eine Struktur haben. Ohne Ordnung und Struktur gleitet er ab in das Willkürliche, das Zufällige, das Unverbindliche oder das Chaotische. Nur, wenn alle wissen wo es hingehen soll, kann das Spontane immer wieder in eine neue sinnvolle Ordnung gebracht werden. Im idealen Fall sind daran Schüler und Lehrer gleichermaßen beteiligt. Läuft es nicht so gut, muss es der Lehrer spontan aus der Situation heraus bewerkstelligen, ohne dabei das Lebendige und Spontane abzuwürgen.

Nur dann, wenn der Lehrer nicht vor seiner Klasse steht, sondern mitten in ihr agiert, kann er sich dem Einzelnen so zuwenden, wie es dem Einzelnen angemessen ist. Nur so kann es ihm gelingen zu versuchen, den Einzelnen in den Prozess so einzubeziehen, wie es Motivationslage und Leistungsfähigkeit zulassen.

Erfahrene Lehrer wissen, dass Lernschwäche weitgehend ein Motivationsproblem ist. Viele, auch außerschulische Einflüsse, können bewirken, dass Schüler sich für eine kurze oder längere Zeit innerlich abmelden. Da in vielen Fächern sich das Eine auf das Andere aufbaut, die Wissenseignung also kumulativ ist, kann dann sehr schnell der Anschluss verpasst sein.

Eine der hilflosesten Versuche, dem zu begegnen, ist die Praxis des Sitzenslassens.

Das Organisieren von Unterricht, in dem der Lehrende sich dem Einzelnen zuwenden kann, verlangt vom Lehrenden eine große Methodenkompetenz. Anfänger können so etwas nicht. Würde man es von ihnen am Anfang ihrer Ausbildung verlangen, wäre das Scheitern vorprogrammiert.

Deshalb muss es bei der Unterrichtsplanung Übergänge von der streng vorgegebenen Ordnung zum situationsabhängigen Ordnen geben. Ob hierfür die schematisierten und schematisierenden Planungsinstrumente geeignet sind, ist höchst zweifelhaft. Eines ist sicher: der nicht im Verlauf vorher festgelegte Unterricht verlangt ein Höchstmaß an kreativer Vorbereitung. In jeder neuen Planung müssen

die Erfahrungen des jeweils Realisierten eingearbeitet werden. Eine solche Vorbereitung ist ein nicht zu Ende kommender Prozess. Er verlangt nach Gemeinsamkeit. Das erfordert einen entsprechenden Rahmen und vor allem Zeit und Muße. Gehetztes führt nur zu Gehetztem.

Soll sich der Unterricht in unseren Schulen in produktiver Weise verändern, muss der Unterrichtsvorbereitung und -Planung ein völlig neuer Stellenwert eingeräumt und zugewiesen werden.

Anfänger sind hier jedoch nicht nur Referendare, sondern auch „gestandene“ Lehrer, wenn sie durch Ausbildung und Gewöhnung auf die frontale Fragemethode festgelegt sind. Solch Eingefahrenes zu ändern erweist sich stets schwieriger, als Neues zu beginnen.

## Georg Spöttl

Dieses Heft war ursprünglich als ein Schwerpunktheft geplant, das sich in vielfältiger Weise mit der Mikrotechnologie auseinandersetzen sollte. Schnell zeigte sich allerdings, dass es kaum möglich war, Autoren zu gewinnen, die in der Lage gewesen wären, auch Bezüge zur Berufsbildung herzustellen. Was sind die Gründe dafür? Einerseits gibt es nur an die 500 Auszubildende und andererseits handelt es sich dabei um ein Feld mit einem erheblichen Innovationspotenzial. Letzteres erschwert nicht nur die Arbeit von Berufspädagogen, sondern hat auch zur Konsequenz, dass das, was heute geschrieben wird, morgen schon nicht mehr zutreffen muss. Eine besondere Situation dürfte auch die Tatsache sein, dass der Produktionsprozess von Mikrochips und zugehöriger Teile oft der Geheimhaltung unterliegt, um Wettbewerbsvorteile zu sichern. Diese und eine hohe Produktspezialisierung führen dazu, dass es in der Praxis keine bundeseinheitliche Ausbildung gibt – trotz der existierenden Ausbildungsordnungen! Die Ausbildungsschwerpunkte sind sehr vielfältig und es ist sehr schwierig, das

technische Know-how der Betriebe für die Ausbildung nutzbar zu machen, weil es aus genannten Gründen den Ausbildungsstätten oft nicht zur Verfügung steht. Zwei Artikel in diesem Heft beschäftigen sich mit der Mikrotechnologie und den Möglichkeiten der unterrichtlichen Umsetzung. Es werden in beiden Artikeln nicht nur aufschlussreiche Einblicke in ausgewählte technologische Zusammenhänge gegeben, sondern auch interessante Ausbildungskonzeptionen dargestellt. Diese lassen sich auch in andere Felder transferieren. Interessant sind sicherlich auch die Ausführungen zu den elektrochromen Gläsern, die zwar nicht zur Mikrotechnologie zählen, jedoch dazu führen, dass Facharbeiter des Berufsfeldes Elektrotechnik sich mit der Technologie dieser Gläser im Zusammenhang mit „schaltbaren“ Verglasungen bei der Gebäudeleittechnik auseinandersetzen müssen. In zwei weiteren Artikeln spielen moderne technologische Systeme und deren Einsatz in der Berufsausbildung eine wichtige Rolle. Einerseits geht es um die Entwicklung eines hypermedialen Informations- und Lernsystems

zur Simulation von flexibler Produktion in allen Prozessketten und zum anderen – mit einem vollkommen anderen Anspruch – geht es um den Einsatz von Rapid Prototyping im Unterricht von technischen Zeichnern. Steht im ersten Fall die Signalverarbeitung und die „Sichtbarmachung“ der Signalverarbeitung im Vordergrund, so bildet im zweiten Teil vor allem die Generierung von 3D-CAD-Modellen den Mittelpunkt des Unterrichts. Dass diese anspruchsvollen, vor allem kognitiv fordernden Unterrichtsinhalte für Facharbeiter von hoher Relevanz sind, belegen die Ausführungen zum Aufgabenwandel in Unternehmen am Beispiel einer Fallstudie. Deutlich wird hier demonstriert, wie der Strukturwandel in der Produktion zu einer Verlagerung zahlreicher Aufgaben auf der „shop-floor-Ebene“ führten. Zwei weitere Artikel runden die inhaltliche Vielfalt dieses Heftes ab: Einer davon setzt sich mit einem Mainstream-Thema, dem Qualitätsmanagement, auseinander. Ein anderer untersucht mit Blick auf die Handlungsorientierung die Interaktion im Unterricht. Beide Themen werden uns noch lange beschäftigen.

## Editorial

# Berufliches Lernen und Lehren - aber mit Methode

## Bernd Vermehr ist 65!



Der langjährige Schriftleiter und jetzige Mitherausgeber dieser Zeitschrift, BERND VERMEHR, ist fünfundsiebzehn Jahre alt geworden. Ein kurzer Rückblick auf seinen Berufsweg und eine Würdigung seines Wirkens sind bei einem so bedeutenden Datum durchaus angebracht.

Wie auch viele andere Berufspädagogen seiner Generation hat er nach einer Maschinenschlosserlehre die Hochschulreife über den zweiten Bildungsweg erworben und ein Berufsschullehrerstudium, einschließlich des Referendariats, absolviert.

BERND VERMEHR war Lehrer aus Leidenschaft, dem das Wohl seiner Schüler und Schülerinnen sehr am Herzen lag. Er hat es nicht einen Tag bereut, zu unterrichten. Für ihn war der Umgang mit jungen Menschen das Elixier, aus dem sich viele andere Aktivitäten, bis hin zur Arbeit als Mitglied des Berufsbildungsausschusses, als Prüfungsausschussvorsitzender der Handwerkskammer, sowie auch als Schriftleiter und Herausgeber dieser Zeitschrift ergaben. Von daher war es auch folgerichtig, dass er schon seit den ersten unterrichtspraktischen Übungen während des Studiums sei-

nen Unterricht so aufbereitet hat, dass er für die Lernenden inhaltlich besonders interessant und dabei auch anspruchsvoll sowie methodisch sehr abwechslungsreich war. Um seinen Schülerinnen und Schülern Inhalte aus der Berufs- und Lebenswelt verständlich zu machen, hat er seine Lernkonzepte nach Möglichkeit nicht ausschließlich didaktisch reduziert, sondern die Methoden und Medien so angelegt, dass die Inhalte ganzheitlich und weitgehend selbstständig erarbeitet werden konnten.

Methoden hatten für ihn – sei es als Lehrer in den verschiedenen Formen des berufsbildenden Schulwesens, als Dozent bei Meisterkursen oder als Seminarleiter der Lehrkräfte für den fachpraktischen Unterricht sowie als Fachseminarleiter am Studienseminar – immer eine besondere Bedeutung. Dieses allein wäre vielleicht noch nicht sehr herausragend. Aber anders als viele Unterrichtspraktiker hat er einerseits seine Angebote beruflichen Lernens für die Schülerinnen sowie Schüler schriftlich – teilweise in Buchform – vorgelegt. Andererseits hat er außerdem Konzepte des Lehrens für die Referendare, aber auch die angehenden Fachpraxislehrer verfasst, indem er die ihnen angebotenen Methoden sehr vertieft reflektiert, evaluiert und dann nach eingehendem Literaturstudium und einer Erprobung auch publiziert hat. Mit diesen Veröffentlichungen ist er auch in der am beruflichen Lernen und Lehren interessierten Fachwelt bekannt geworden.

Insgesamt hat BERND VERMEHR sich dadurch einen Namen im berufsbildenden Bereich – nicht nur als Fachbuchautor bei den Schülerinnen und Schülern – sondern vor allem durch wissenschaftliche Veröffentlichungen zu Fragen der Methoden und Medien bei den Fachkollegen gemacht. Hervorzuheben sind dabei aus seinen mehr als vierzig Veröffentlichungen insbesondere die Beiträge über die Unterrichtsverfahren „Funktionsanalyse“, „Tech-

nisches Experiment“, „Planspiel“ sowie „Fallstudie“ und diejenigen zur medialen Gestaltung von Arbeitsblättern. Seine Bestrebungen waren vor allem darauf gerichtet, die Palette der Methoden für die angehenden Lehrkräfte motivierender, vielfältiger und farbiger zu gestalten. Dadurch sollte seine Klientel Anregungen für innovative und elaborierte Lernkonzepte über seine Lehrveranstaltungen, aber auch weitere Impulse beim Lesen der vielfältigen Beiträge in den verschiedenen berufspädagogischen Zeitschriften und Sammelbänden erhalten.

Methoden zum Lernen und Lehren sind noch immer sein Leib- und Magenthema. Von daher war und ist er für eine Zeitschrift, die das Motto „lernen & lehren“ als Titel trägt, geradezu ein Glücksfall. Mit seinen Erfahrungen und einer bemerkenswerten Genauigkeit im Detail beriet er Autoren, die Beiträge in unserer Zeitschrift eingereicht haben, sehr eingehend, präzise, geradezu akribisch und fachgerecht. Dabei überzeugte er durch seine inhaltlichen Argumente und holte die Verfasser der eingereichten Beiträge – wie von etlichen Kollegen zu hören war – teilweise auf den Boden der Wirklichkeit beruflichen Lernens zurück. Der Grundsatz, unter dem nicht nur solche Aktivitäten bei Bernd Vermehr stehen, lautet: „Lernen und Lehren – aber mit Methode“.

Wir wünschen dem Jubilar für die Gestaltung seiner Zukunft alles Gute und auch für die neue Lebensphase stets die richtige Auswahl der Methode. Dieser Wunsch ist auch mit der Hoffnung verbunden, dass er weiterhin seine vielfältigen nicht nur unterrichtlichen sondern auch organisatorischen Erfahrungen über das Lernen und Lehren in den erweiterten Redaktionskreis einbringt, sowie mit seinem Rat und seiner Arbeitskraft an der Gestaltung unseres Fachorgans noch lange aktiv mitwirkt.

*Jörg-Peter Pahl*

Joachim Dittrich

## Elektrochrome Gläser

### Neue Technologien für Elektriker

Mit der aktuellen Neuordnung der industriellen und handwerklichen Elektroberufe haben sich die Arbeitsaufgaben im Berufsfeld Elektrotechnik zwar nicht schlagartig geändert, die Berufsbezeichnungen „Elektroniker/-in für Gebäude- und Infrastruktursysteme“ (Industrie) und Elektroniker/-in der Fachrichtung Energie- und Gebäudetechnik (Handwerk) weisen jedoch explizit das Gebäude mit seinen Nutzern und seiner Technik als elektrotechnisches Tätigkeitsfeld aus. Dies geht einher einerseits mit einer zunehmenden Automatisierung der Gebäudetechnik, repräsentiert durch Gebäudeleittechnik, Bussysteme und eine zunehmende Komplexität von Regelungsgeräten und ihre Vernetzung, andererseits mit neu auftauchenden Technologien, die dynamische Eigenschaften besitzen und eine energetische (meist elektrische) und informationstechnische Integration in die Gebäudetechnik erfordern.

Die Anforderung, „Gebäude und Infrastruktursysteme nach Vorschriften, Betreibervorgaben und Nutzerwünschen“ zu betreiben, zu optimieren und die Nutzer zu beraten (vgl. BIBB 2003, S. 8) bedeutet im Endeffekt, dass es nicht nur gilt, die technischen Aspekte der Systeme und Technologien zu beherrschen, sondern eine Fachkraft muss auch ihren Einfluss auf die Nutzungsqualität des Gebäudes (z. B. Gebäudeklima, Energieverbrauch und das Wohlbefinden des Nutzers) kennen. Das gilt insbesondere für neue, dem Nutzer noch nicht vertraute Technologien, bei denen naturgemäß ein erhöhter Beratungs- und Optimierungsbedarf besteht.

Eine dieser Technologien, die sich am Übergang vom Prototypen zur möglicherweise breiten Anwendung befindet, sind die schaltbaren Verglasungen. In diesem Beitrag soll einerseits Hintergrundinformation zu dieser neuen Technologie gegeben werden, andererseits auf die Anforderungen hingewiesen werden, die an die Akteure

des Berufsfelds Elektrotechnik gestellt werden.

### Hintergrund: Glas in der Architektur

Glas ist ein beliebter Baustoff: repräsentativ, haltbar, gibt einem Gebäude Charakter von außen und innen. Glas bestimmt wesentlich die Nutzungseigenschaften des Gebäudes, es versorgt den Menschen mit wichtigem Tageslicht, schafft Transparenz nach außen, gegebenenfalls im Innern und ist ein mittlerweile unverzichtbares Material für ästhetische Architektur. Glas hat zudem einen wesentlichen Einfluss auf die energetischen Eigenschaften des Gebäudes. Fenster liegen in der äußeren Gebäudehülle, damit sind ihre Eigenschaften wichtig für den winterlichen Heizwärmebedarf wie für den sommerlichen Wärmeschutz, sie erlauben passive Solarenergienutzung und können bei guter Planung durch Tageslichtnutzung dazu beitragen, den Energiebedarf für künstliche Beleuchtung zu minimieren.

Bislang mussten sich die Facharbeiter des Berufsfelds Elektrotechnik kaum je mit dem Werkstoff Glas beschäftigen, mit der neuen Technologie elektrochromer Gläser wird sich dies ändern. „Der Elektriker“ wird sich mit den Eigenschaften von Glas auskennen müssen, wenn elektrisch betriebene, schaltbare Verglasungen über die Gebäudeleittechnik angesteuert werden müssen. Deswegen werden hier kurz die wichtigsten Eigenschaften von Glas angesprochen, bevor sich der Beitrag ausführlicher den elektrochromen Gläsern widmet.

Die Wärmeübertragung durch Glas ist größer als durch eine Wand. Zum Vergleich: eine gut gedämmte Wand hat einen u-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient, früher k-Wert) von 0,2...0,3 W/(m<sup>2</sup> K), die besten derzeit hergestellten Architekturgläser kommen auf einen u-Wert von 0,6 W/(m<sup>2</sup> K), wobei der zurzeit eingebaute Standard zwischen 1,1 und 0,8 W/(m<sup>2</sup> K) liegt. Demgegenüber kann durch Glas Solarstrahlung (Wärme) ins Gebäude eindringen. Die

se Wärmestrahlung nutzt man gern bei niedrigen Außentemperaturen, bei heißem Wetter kann sie dagegen zur Überhitzung des Gebäudes beitragen, wenn keine entsprechenden mechanischen Sonnenschutzvorrichtungen vorhanden sind.

Tageslichtbeleuchtung in Büros wird von den meisten Menschen als angenehmer empfunden als Kunstlicht, auch weil sie mit einer größeren Transparenz zur Außenwelt einhergeht. Tageslicht hat aber die unangenehme Eigenschaft, dass abhängig von Jahreszeit, Tageszeit und Wetter sehr unterschiedliche Beleuchtungsstärken zur Verfügung stehen. Technisch ist es aufwändig, unter dem Einfluss von Tageslicht immer die geeignete Beleuchtungssituation herzustellen (vgl. JAKOBIAK 2000). Was unter Verwendung von Kunstlicht durch zu- und wegschalten einzelner Leuchten oder durch dimmen erreicht werden kann, muss bei Tageslicht mit Blendschutz- und/oder Lichtlenkeinrichtungen realisiert werden. So führt die Berücksichtigung von lichttechnischen Vorschriften (DIN 5034, BildscharbV 1996 usw.) in der Regel dazu, dass weder auf künstliche Beleuchtung noch auf mechanischen Sonnen- und Blendschutz verzichtet werden kann.

Alle Nutzung von Glas am Bau erfordert Kompromisse zwischen den verschiedenen Zielstellungen Tageslichtnutzung, Wärme- und Kälteschutz, angemessene Baukosten und architektonischer Anspruch. Während der Planung eines Gebäudes können Parameter wie z. B. das Flächenverhältnis zwischen Fenster und Mauerwerk angepasst werden, sie lassen sich während des Gebäudebetriebs aber nur schwer verändern. Um die solare Einstrahlung in das Innere zu vermindern, werden Fensterläden, Jalousien und Markisen eingesetzt. Diese haben aber immer mechanische Elemente, die verhältnismäßig kurzlebig, fehleranfällig und wartungsintensiv sind. Als Alternative wird seit Jahren an Gläsern geforscht, um ihre physikalischen Eigenschaften an den momentanen Bedarf anpassen zu können (vgl. GRANQ-

VIST 1998, RAUH 1999, NITZ/WAGNER 2002). Inzwischen hat eine Technologie, die der elektrochromen Gläser, die Marktreife erreicht, während bei anderen Systemen eine Markteinführung innerhalb der kommenden Jahre angekündigt wird.

### Technik elektrochromer Gläser

Das elektrochrome Prinzip ist schon einige Zeit bekannt (MONK u. a. 1995): Glas oder auch Spiegelglas wird mit einem funktionalen Schichtverbund versehen. Wird innerhalb dieses Schichtverbundes die elektrische Ladung verschoben, was natürlich am besten durch das Anlegen einer geeigneten Spannung erfolgt, ändern sich die optischen Eigenschaften dieses Verbundes. Schon geraume Zeit wird dieser Effekt für elektrisch abblendbare Rückspiegel in Automobilen der höheren Preisklassen genutzt oder auch für großformatige Anzeigetafeln wie z. B. auf dem Tokyoter Flughafen.

Bis vor wenigen Jahren war die Nutzung dieses Effekts für Architekturgläser Zukunftsmusik, obwohl auch für diese Anwendung schon Jahrzehnte lang geforscht worden war. Schleicherwerbung soll keine gemacht werden, trotzdem müssen Ross und Reiter genannt werden. Der Glashersteller Flabeg, damals noch Teil des internationalen Konzerns Pilkington plc., wagte sich, unterstützt durch Gelder aus Landes-, Bundes- und EU-Förderprogrammen an die riskante und aufwändige kommerzielle Entwicklung. Flabeg, mittlerweile wieder selbstständig, brachte die Gläser im Jahr 1999 auf den Markt und ist immer noch der einzige Anbieter elektrochromer Architekturgläser.

### Aufbau und Funktion

Elektrochrome Scheiben werden standardmäßig als Isolierglas angeboten. Auf die Innenscheibe aus Floatglas folgt der mit Edelgas gefüllte Scheibenzwischenraum. Außen befindet sich der elektrochrome Verbund, der aus zwei weiteren Floatglasscheiben mit der dazwischenliegenden funktionalen Schicht besteht (vgl. Abb. 1). Der Standardglasaufbau hat eine Dicke von 29 mm. Falls besondere mechanische Stabilität erforderlich ist, können die einzelnen Scheiben auch anders ausgeführt werden. Für Über-

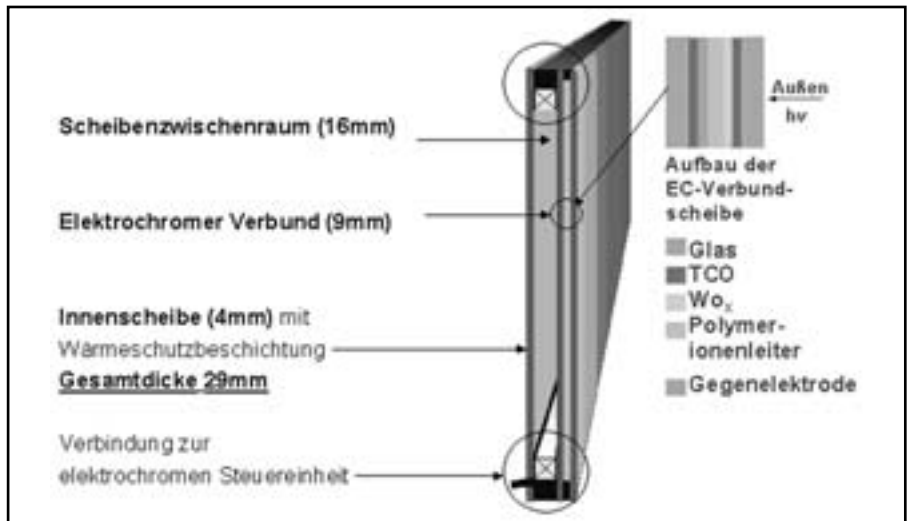


Abb. 1: Aufbau einer elektrochromen Isolierglasscheibe (Quelle: FLABEG)

kopfverglasungen ist es z. B. notwendig, die Innenscheibe als Verbundglas auszuführen (zwei dickere Scheiben mit dazwischenliegender reißfester Folie). Soll die Scheibe betretbar sein, wird außen auf den Verbund Einscheiben-Sicherheitsglas mit einer Dicke von mindestens 10 mm aufgebracht.

Mitte des Aufbaus befindet sich eine leitfähige, transparente Polymerfolie, die die Wolframoxid enthaltende Elektrode von der Lithiumionen enthaltenden Gegenelektrode trennt. Alles liegt zwischen zwei leitfähig beschichteten Floatglasscheiben, an denen die elektrischen Anschlüsse montiert sind.

Doch nun zur elektrochromen Funktion. Der Aufbau der funktionalen Schicht ist in Abb. 2 dargestellt. In der

Wie die einzelnen Schichten genau aufgebaut sind, gibt der Hersteller natürlich nicht bekannt. Wenn aber zwi-

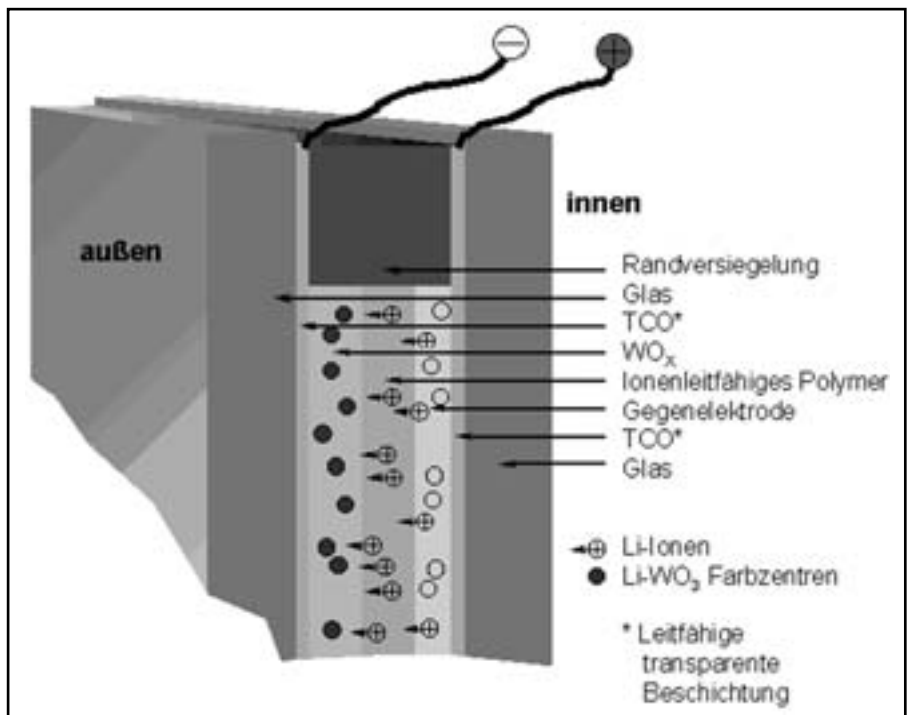


Abb. 2: Aufbau der elektrochromen Schicht (Quelle: FLABEG)



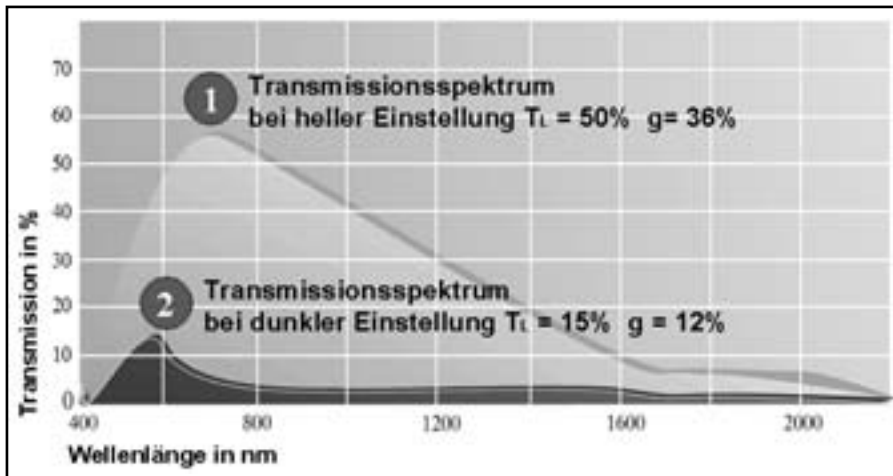


Abb 3: Transmissionsspektrum eines elektrochromen Glases im Standardaufbau (Quelle: FLABEG)

schen Gegenelektrode und Elektrode (s. Abb. 1 und 2) eine positive Spannung in der Größenordnung von 3 V angelegt wird, wandern Li-Ionen durch das ionenleitfähige Polymer in die Elektrode und bilden dort mit dem Wolframoxid (WO<sub>x</sub>) LiWO<sub>3</sub>-Farbzentren, die einfallendes Licht absorbieren bzw. zu einem kleinen Teil auch reflektieren. Wird danach eine umgekehrte Spannung angelegt, lösen sich die Farbzentren auf, die Li-Ionen wandern zurück in die Gegenelektrode und der Verbund entfärbt sich wieder.

Die ablaufenden Vorgänge sind vergleichbar mit denen beim Laden und Entladen eines Akkumulators. Entsprechend können bei falsch gesteuertem Ladungsfluss Memory-Effekte auftreten und bei Überladung die Elektroden zerstört werden. Daher wird für jede einzelne Scheibe ein Controller mitgeliefert, der eine ordnungsgemäße Ladung und Entladung sicherstellt. Je nach Größe der Scheibe kann ein kompletter Umfärbvorgang bis zu 15 Minuten dauern, da einerseits für einen über die ganze Scheibenfläche gleichmäßigen Ladungsfluss gesorgt werden muss, um unschöne örtliche Farbgradienten zu vermeiden, und andererseits der Ladungsfluss nicht so groß sein darf, dass sich in der Wolframoxidschicht irreversible Veränderungen ergeben.

Zu jeder Scheibe wird ein eigener Scheibencontroller mitgeliefert. Über diesen Controller können manuell fünf verschiedene Verdunklungsstufen an-

gefahren oder, falls er über LON-Bus an einer Gebäudeleittechnik angeschlossen ist, beliebige Verdunklungszustände eingestellt werden. Der Controller sorgt daneben für die Einhaltung der zulässigen minimalen und maximalen Ladungswerte, sowie für eine optimale Ladungsgeschwindigkeit, die unter anderem von der augenblicklichen Scheibentemperatur abhängt.

### Physikalische Eigenschaften

Wie jedes Glas absorbieren elektrochrome Scheiben Licht. Jedes Glas für sich absorbiert Anteile des durchfallenden Lichts, ebenso die elektrochrome Schicht. Abb. 3 zeigt das Transmissionsspektrum einer elektrochromen Scheibe im Standardaufbau. Besitzt die Scheibe einen abweichenden Aufbau, z. B. zusätzliche Glasschichten, weicht das Transmissionsspektrum natürlich entsprechend ab. Der selektive Verlauf des Spektrums über der Wellenlänge des Lichts wird hauptsächlich durch die elektrochrome Schicht verursacht. Im maximal lichtdurchlässigen Zustand (Kurve 1) liegt das Maximum der Transmission bei einer Wellenlänge von etwa 710 nm, was einer leicht grünlichen Färbung entspricht. Von der sichtbaren Strahlung (im Bereich von 380 nm bis 780 nm) werden maximal 50% durchgelassen (dies wird durch den  $T_L$ -Wert angegeben), der Gesamtdurchlassgrad beträgt maximal 36% (g-Wert). Im maximal abgedunkelten Zustand liegt das Transmissionsmaxi-

mum bei etwa 550 nm, wobei ein blauer Farbeindruck entsteht. Hier werden weniger als 15% des sichtbaren Lichts und nur etwa 12% der Strahlungsenergie durchgelassen.

Die absorbierte Sonnenstrahlung wird in der elektrochromen Schicht in Wärme umgesetzt. Dies sind in unseren Breiten im Extremfall 88% von gut 1 kW/m<sup>2</sup>. Kein Wunder, dass sich der Scheibenverbund entsprechend erwärmt. Daher ist die elektrochrome Schicht in der Außenschicht des Isolierglasverbundes integriert (s. Abb. 1), das gewährleistet die konvektive Abfuhr der Wärmeenergie an die Außenluft.

Trotzdem kann der äußere Scheibenverbund bei maximaler Einfärbung und maximaler Sonneneinstrahlung (entsprechende Windstille vorausgesetzt) leicht Temperaturen über 60°C erreichen. Dies stellt ein gewisses Problem dar, da Temperaturgradienten über 30 K, egal ob zeitlich oder räumlich, die Wahrscheinlichkeit des Auftretens thermischer Glasbrüche extrem erhöht. Dies birgt einerseits ein gewisses Risiko bei extremen Witterungsverhältnissen wie z. B. Gewitterregen im Sommer oder teilweiser Schneebedeckung bei wolkenlosem Himmel im Winter mit sich. Andererseits muss darauf geachtet werden, dass sich keine zu großen räumlichen Temperaturgradienten zwischen Scheibenmitte und Scheibenrand ausbilden. Das stellt Anforderungen an die Rahmenauswahl wie an die Art der Montage in den Rahmen.

### Ökonomische Eigenschaften

Wie man sich leicht vorstellen kann, sind elektrochrome Scheiben deutlich teurer als konventionelles Wärmeschutzglas. Dies ist hauptsächlich in der Kleinserienfertigung begründet. Zahlreiche Herstellungsschritte erfolgen noch in Handarbeit. Allerdings sind verglichen mit „normalem“ Wärmeschutzglas zusätzliche Herstellungsschritte sowie elektrische und elektronische Komponenten nötig, die auch bei weitgehend automatischer Fertigung zusätzliche Kosten verursachen dürften. Wahrscheinlich tragen auch aufwändige Betreuungsleistungen seitens des Herstellers gegenüber den Kunden zu den hohen Kosten bei, die dadurch notwendig sind, dass das

komplexe Produkt noch nicht sehr breit am Markt eingeführt ist und Planer und Installateure noch kaum Erfahrungen damit haben.

Für Bauherren und Architekten haben elektrochrome Gläser ökonomisch recht reizvolle Eigenschaften. Auf Grund der Verdunklungsmöglichkeit des Glases kann fast immer auf außen liegenden Sonnenschutz verzichtet werden. Dadurch entfallen Investitionen beim Bau und Wartungskosten im Betrieb. Die Verdunklung der Scheiben kann theoretisch an die Intensität der Sonneneinstrahlung und den energetischen Zustand des Gebäudes angepasst werden, sodass immer der optimale Betrag solarer Energie ins Gebäude eindringen kann. Auf diese Weise lassen sich Kühl- und Heizwärmebedarf und die Auslegungsleistung der Anlagentechnik optimieren. Doch Vorsicht: momentan gibt es weder umfassende Untersuchungen, wie viel Energie und wie viel Anlagentechnik eingespart werden kann, noch existieren ausgereiften Regelungskonzepte, von Erfahrungen mit der Reaktion der Nutzer auf einen energieoptimalen Betrieb elektrochromer Verglasungen ganz zu schweigen.

### **Elektrochrome Gläser in der Anwendung**

Noch gibt es nicht sehr viele Anwendungsbeispiele, die studiert werden könnten. Flaberg nennt einige in einer Informationsbroschüre auf der Firmenhomepage ([www.flabeg.com](http://www.flabeg.com)). Die Anwendung mit der größten bislang installierten Glasfläche ist in Bremen zu besichtigen (siehe Zusammenfassung). Herauszustellen ist aber, dass der Einsatz elektrochromer Verglasungen gut geplant sein möchte. Schließlich liegt der Quadratmeterpreis dieser Verglasungen grob beim Dreifachen herkömmlicher Wärmeschutzverglasungen. Dabei bestehen besondere Anforderungen in allen Phasen der Nutzung, von der Planung, über Einbau und Installation bis zum Betrieb. Auf diese Anforderungen wird in den nächsten Abschnitten eingegangen.

### **Planung**

Das neue Material eröffnet Freiräume für die architektonische und die energetische Planung von Gebäuden, wie

weiter oben schon angesprochen. Die Auslegung von Klimatisierungs- und Beleuchtungskonzepten kann jedoch nur eingeschränkt nach bisher bekannten Konzepten erfolgen, da diese die neuen Möglichkeiten nicht berücksichtigen. Weil die entsprechenden Erfahrungen in der Praxis noch nicht vorliegen, muss auf andere Mittel zurückgegriffen werden, um die zukünftigen Eigenschaften des geplanten Gebäudes beurteilen zu können. Gebäudesimulationen sind angesagt, wie sie schon vielfältig, aber eben noch nicht standardmäßig bei der Planung verwendet werden. Ein kleiner Pferdefuß: die gängigen Simulationsprogramme erlauben noch nicht standardmäßig die Berücksichtigung steuerbarer Verglasungen. Die Bereitstellung dieser Funktionalität kann im Einzelfall relativ aufwändig sein.

### **Einbau und Installation**

Auch für die ausführenden Gewerke stellen sich ungewohnte Aufgaben. Der elektrische Anschluss der Scheiben fällt normalerweise nicht in den Zuständigkeitsbereich des Dachbauers und der Elektriker hat sich im Dachbereich i.d.R. nur um Blitzschutzanlage und Antenne zu kümmern. Bei Anschluss der Scheiben an die Gebäudeleittechnik treten zwei weitere Probleme auf: Das zu verwendende Bussystem LON ist noch nicht sehr verbreitet, viele Lieferanten von Leittechnik haben nur eingeschränktes Know-how in diesem Bereich. Zusätzlich müssen die zur Controlleransteuerung notwendigen Algorithmen und Protokolle von Fall zu Fall entwickelt und implementiert werden, da die Leitsysteme diese bislang noch nicht standardmäßig zur Verfügung stellen.

Der eigentliche Einbau der Scheiben, deren Handlung und auch der elektrische Anschluss erfordern besondere Sorgfalt. Schon die aller kleinste Kantenverletzung kann wegen der relativ hohen Temperaturen der Scheiben zu Glasbruch führen. Ähnlich verhält es sich, wenn die Scheiben nicht absolut frei von mechanischen Spannungen eingebaut werden. Für die thermische Ausdehnung, die bei Floatglas erstaunlich groß ist, muss ausreichend Platz vorhanden sein. Zusätzlich muss darauf geachtet werden, dass die elektrischen Anschlüsse nicht verse-

hentlich oder später durch thermische Ausdehnung beschädigt sondern ordnungsgemäß installiert und abgeschlossen werden. Hier sind neben der fachgerechten Verlegung der Anschlüsse verschiedene Kriterien wie z. B. Leitungslängen, Übergangswiderstände etc. zu berücksichtigen, die der Glashersteller jedoch detailliert vorgibt.

### **Betrieb**

Im Betrieb stellt sich die Frage, wann die Verglasung abgedunkelt werden, wann sie maximal lichtdurchlässig sein soll. Wer entscheidet darüber, wann und wie die Verglasung geschaltet wird? Haben technische Erwägungen den Vorrang vor Nutzerwünschen, und wenn nicht, wie wird ein Konsens bei den Nutzern erreicht?

In der Sparkasse Rostock ist die elektrochrome Dachverglasung des Schalterraums in die Gebäudeleittechnik integriert. Sie könnte also nach energetischen Gesichtspunkten betrieben werden. Weil die Abdunklung aber einen entscheidenden Einfluss auf den Raumeindruck ausübt, der wesentlich zum Wohlbefinden der Kundschaft und vor allem der Mitarbeiter beiträgt, wurde unter Mitwirkung des Betriebsrats beschlossen, die Steuerung in menschliche Hände zu legen. Ein Mitarbeiter bzw. eine Mitarbeiterin ist folglich dafür zuständig, im Konsens mit den anderen Mitarbeitern den Verdunklungsgrad einzustellen. Ob dies positive oder negative Auswirkungen auf den Energieverbrauch des Gebäudes für Kühlung, Heizung und künstliche Beleuchtung hat, ist bisher nicht öffentlich bekannt.

Das Konzept zur Steuerung der Verglasung stellt bislang noch ein echtes Problem dar. Technische Zielsetzungen stehen häufig im Widerstreit mit den Wünschen der Gebäudenutzer, wie man dies von automatisch betriebenen Sonnenschutzeinrichtungen schon seit langem kennt (vgl. z. B. HERMS u. a. 2001, DITTRICH 2002). Rein technische Lösungen finden nur selten Akzeptanz bei den Nutzern des Gebäudes. Zu leicht ist es für die Menschen, sich gegenüber der Technik solidarisch zu erklären, wenn sich die technische Lösung nicht als subjektiv optimal erweist. Tatsächlich gibt es bisher noch keine durchdachten und

technisch optimalen Steuerungskonzepte für solche Verglasungen. Weder der Glashersteller noch Leittechniklieferanten liefern solche Konzepte, und auch die Wissenschaft hat sich mit der Lösung des Problems noch nicht beschäftigt. Nötig wäre ein Regelungskonzept, das die Ziele eines technischen Energiemanagements und die Bedürfnisse der Nutzer integriert. Der Entwurf einer solchen Lösung erscheint als schwer zu lösende Aufgabe sofern mehrere Menschen betroffen sind, da das Spektrum der individuellen Rezeption von Lichtverhältnissen relativ groß ist. Nicht umsonst ist es mittlerweile zum Standard geworden, zumindest dem Nutzer von Büroarbeitsplätzen die Möglichkeit zu geben, die Lichtverhältnisse an seinem Arbeitsplatz selber einzustellen.

Aber selbst unter der energetischen Perspektive existieren noch keine tragfähigen Lösungen. Sicher, mit dem entsprechenden Know-how über die systematischen Zusammenhänge zwischen Energieinhalt des Gebäudes, zeitlichem Verlauf der Außentemperaturen, der Solarstrahlung, die vom Typ der Bewölkung abhängt und der Windgeschwindigkeit könnte ein entsprechendes Regelungskonzept entworfen werden. So etwas wird für das Objekt in Bremen derzeit versucht. Ob dies dann allerdings auch die Ansprüche der Nutzer erfüllen kann, ist noch vollkommen offen.

## Zusammenfassung

Elektrochrome Gläser stellen eine der neuen Technologien dar, die im Bereich des Baus zunehmend auftreten und auch die Arbeit des Berufsfelds Elektrotechnik tangieren. Bei der Betrachtung dieser Technologie zeigt sich besonders, wie in den neu geord-

neten Elektroberufen übrigens auch, dass sich die Zuständigkeiten und damit die benötigten Qualifikationen auf angrenzende Bereiche ausdehnen. Das gilt auch für Bereiche, die man in früheren Jahren kaum als angrenzend definiert hätte, wie z. B. die Elektrotechnik und das Glaserhandwerk.

Die gebäudebezogenen Elektroberufe werden sich zunehmend mit den technologischen Neuerungen am Bau zu beschäftigen haben, zum einen weil die Neuerungen immer häufiger dynamische Eigenschaften haben und elektrisch ansteuerbar sind, zum anderen weil die Gebäudeleittechnik immer größere Verbreitung findet und auf dieser Basis die verschiedenen Systeme des Gebäudes integriert werden.

In Bremen ist die derzeit größte elektrochrome Glasfläche zu finden. Sie überdacht mit ihren 1200 Quadratmetern ein über 1000 m<sup>2</sup> großes Atrium und ist über LON-Bus an die Gebäudeleittechnik angeschlossen. Das ganze Gebäude mit seinen technischen Einrichtungen wird im Rahmen des Solarbau-Monitor-Programms (siehe <http://www.solarbau.de>) mit finanzieller Unterstützung des BMWi (Förderkennzeichen 0335007K) evaluiert. Für interessierte Gruppen besteht die Möglichkeit, Gebäudebesichtigungen durchzuführen, die sich thematisch auch auf weitere Gebäudetechnologien und auf architektonische Aspekte ausweiten lassen. Kontaktinformationen sind unter <http://www.ecosol.uni-bremen.de/zarm3> zu finden.

## Literatur

BILDSCHARB VV: Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeits-

verordnung – BildscharbVV vom 4. Dezember 1996, BGBl. I S. 1841.

BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (BIBB), DER GENERALSEKRETÄR (Hrsg.): Elektroniker/Elektronikerin für Gebäude- und Infrastruktursysteme. Bonn, 2003.

[http://www.bibb.de/dokumente/pdf/a43\\_info-elektroniker-gebäude-systeme.pdf](http://www.bibb.de/dokumente/pdf/a43_info-elektroniker-gebäude-systeme.pdf), 16.8.2003.

DIN 5034: Tageslicht in Innenräumen (Teil 1 bis 6). Beuth Verlag, Berlin, Wien, Zürich, 1985 bis 1995.

DITTRICH, J.: Arbeitsprozesswissen im Bereich der Gebäudeautomation. In: FISCHER, M./RAUNER, F. (Hrsg.): Lernfeld: Arbeitsprozess. Nomos, Baden-Baden, 2002, S. 273-294.

GRANQVIST C.G. et al: Recent advances in electrochromics for smart windows applications. In: Solar Energy 63 (1998), S. 199-216.

HERMS, O./RITZENHOFF, P./BRÄUER, L.: Abschlussbericht zum Teil 2 des Forschungsvorhabens Solaroptimierter Neubau ECOTEC 1 und 2. Institut Technik und Bildung, Bremen, 2001.

JAKOBIAK, R.: BINE ProfilInfo I/00: Tageslichtnutzung in Gebäuden. Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2000.

MONK, P.M.S./MORTIMER, R.J./ROSEINSKI, D.R.: Electrochromism: Fundamentals and Applications. VCH, Weinheim, New York, 1995.

NITZ, P./WAGNER, A.: BINE ThemenInfo I/02: Schaltbare und regelbare Verglasungen. Fachinformationszentrum, Karlsruhe, 2002.

RAUH, R.D.: Electrochromic windows: an overview. In: Electrochimica Acta 44 (1999), S. 3165-3176.

Michael K. Brandt/Ulrich Schmidt

# Ausbildung in der Mikrotechnologie – Eine berufspädagogische Herausforderung

## Besonderheiten der Ausbildung in der Mikrotechnologie

Die Mikrotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. In der Mikrotechnologie werden technische Systeme hergestellt, deren Strukturen im Mikrometer-Bereich ( $\mu\text{m}$ ) liegen. Sie umfasst die Gebiete Mikroelektronik, Mikromechanik, Mikrooptik, Mikrofluidtechnik sowie die Mikrosensorik und Mikroaktuatorik, wobei die Mikroelektronik – insbesondere die Herstellung von Mikrochips – eine herausgehobene Stellung einnimmt und deshalb den Schwerpunkt der Betrachtung bildet.

Der Gebrauch der wichtigsten mikroelektronischen Produkte, der integrierten Schaltkreise, hat die Grenzen der traditionellen Einsatzgebiete wie Informationstechnik und herkömmliche Computertechnik seit langem überschritten. Sowohl für die Verbesserung bestehender Produkte (wie z. B. für Hörgeräte, Handys, Videokameras usw.) als auch für die Entwicklung völlig neuer innovativer Waren (z. B. elektronische Brillen mit integriertem 3D-Monitor o. Ä.) sind hohe Absatzraten zu erwarten.<sup>1</sup> Deshalb wird die Bedeutung von Mikrosystemen weiter zunehmen, sodass sich auch ein erhöhter Bedarf an qualifizierten Facharbeitern bzw. Facharbeiterinnen<sup>2</sup> ergeben könnte.

Ein wesentliches Kennzeichen der Mikrotechnologie ist ihr besonders hohes Innovationspotenzial. Vor allem die Herstellung von modernen, leistungsfähigen Prozessoren und Speichermodulen erfordert eine kontinuierliche Verbesserung der Herstellungsverfahren. Ein nicht unerheblicher Teil der Produktion befindet sich gewissermaßen im Entwicklungsstadium. Es ist durchaus üblich, dass innerhalb der laufenden Produktion bestimmte Parameter und Arbeitsschritte verändert und optimiert werden, um die „Ausbeute“ zu erhöhen.<sup>3</sup> Diese Dynamik führt dazu, dass die Lerninhalte –

und damit auch die Lehrpläne – ständig dem technischen Entwicklungsprozess angepasst werden müssen und dazu, dass es gegenwärtig kaum möglich ist, ein bestimmtes Herstellungsverfahren mit allen erforderlichen Parametern für die Ausbildung festzuschreiben.<sup>4</sup>

Das hohe Innovationspotenzial in der Mikrotechnologie ist aber nicht der einzige Faktor, durch den die Arbeit von Berufspädagogen erschwert wird. Ein weiteres Defizit stellt – vor allem für schulische Lehrkräfte – die fehlende Transparenz der Arbeitsverfahren, der Technologien, der Betriebsorganisationen usw. dar. Der gesamte Produktionsprozess von Mikrochips bzw. bestimmter Teile davon unterliegt nicht selten strengster Geheimhaltung, um Wettbewerbsvorteile zu sichern. Darüber hinaus haben sich viele Unternehmen auf bestimmte Produkte spezialisiert, wodurch die notwendige Forderung, bundesweit vergleichbare Ausbildungsinhalte zu vermitteln, nur bedingt zu erfüllen ist. Im Rahmen einer Verbundausbildung könnte zwar die inhaltliche Breite erhöht werden, durch die mangelnde Bereitschaft vieler Betriebe, ihr technisches Know-how für Ausbildungszwecke allgemein zur Verfügung zu stellen, dürften sich aber in vielen Fällen die Vorteile dieser Ausbildungsorganisation erheblich verringern. Für außerbetriebliche Bildungseinrichtungen – so auch für Berufsschulen – ist es daher schwierig, theoretische Inhalte praxisnah und handlungsorientiert zu vermitteln. End- oder Zwischenprodukte der Mikrotechnologie, die nach verschiedenen Arbeitsschritten entstehen, sind zudem auf Grund der erheblichen Miniaturisierung oftmals nur mit aufwändigen und teuren Apparaturen handhabbar und bewertbar. Die staatlichen Schulen verfügen aber nur selten über entsprechende Einrichtungen oder geeignete Modelle. Deshalb ist ein arbeitsprozessorientierter Unterricht, wie er z. B.

mit dem neuen Lernfeldkonzept intendiert wird, ohne externe Partner im Bereich der Mikrotechnologie kaum durchführbar.

Das berufspraktische Know-how der Mikrotechnologen setzt sich vor allem aus Erfahrungen zusammen, die der Einzelne durch das mehrjährige Bedienen von unterschiedlichen Produktionsanlagen sammeln konnte. Eine Kooperation der Ausbildung mit Fachkräften aus regional ansässigen Unternehmen könnte daran scheitern, dass manche Arbeiter kein großes Interesse haben, ihr Know-how weiterzugeben, denn die langjährigen Erfahrungswerte der Anlagenbediener sind oftmals das Einzige, was die zumeist angelernten Fachkräfte den neu ausgebildeten Mikrotechnologen voraus haben. Auf Grund der verhältnismäßig geringen Anzahl an Ausbildungsstellen<sup>5</sup> für den industriellen Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe“ wird vermutlich auch weiterhin ein Teil der Fachkräfte aus Studenten, Studienabbrechern oder Fachkräften mit affinen Berufsabschlüssen rekrutiert werden. Da jedoch die ausgebildeten Mikrotechnologen über ein umfangreicheres theoretisches Fachwissen verfügen, das dazu beiträgt, die physikalisch-chemischen Vorgänge besser zu verstehen, könnte sich hieraus eine Konkurrenzsituation ergeben.<sup>6</sup>

Weiterhin ist es auf Grund der geringen Zahl an Auszubildenden bzw. an Ausbildungsbetrieben für die Ausbilder und Berufsschullehrer schwierig, ihre didaktischen Erfahrungen mit dem Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe“ untereinander auszutauschen. Darüber hinaus hat die berufswissenschaftliche und -didaktische Forschung zum neuen Beruf des „Mikrotechnologen“ bisher nur wenige Ergebnisse aufzuweisen.

Diese Rahmenbedingungen verdeutlichen, dass sich die Ausbildung von Mikrotechnologen unter organisatorischen und didaktischen Gesichts-

punkten erheblich von jener in anderen gewerblich-technischen Ausbildungsberufen unterscheidet.

## Technologische Grundlagen

Mikroprozessoren werden heute in 0,13- $\mu\text{m}$ -Technik produziert.<sup>7</sup> Durch moderne Herstellungsverfahren lassen sich die Strukturabmessungen elektronischer Schaltungen auf Werte von 100 Nanometer (nm) und darunter reduzieren. Die daraus entstehenden integrierten Schaltkreise gehören deshalb bereits zur so genannten Nanoelektronik.

Für 2004 ist die Herstellung von Prozessoren in 90-nm-Prozesstechnik geplant.<sup>8</sup> Die Einführung der 45-Nanometer-Prozesstechnik wird beispielsweise von einem Hersteller für das Jahr 2007 anvisiert.<sup>9</sup> Bedingt durch diese Innovationen ist eine erhebliche Veränderung der technologischen Verfahren zu erwarten, die sich sowohl auf die Inhalte der Facharbeit als auch die der Berufsausbildung auswirken wird.

Der größte Teil der Produktion dieser Mikroprozessoren findet im Reinraum der Klasse 1 statt.<sup>10</sup> Die dort geltenden strengen Kleidungs- und Verhaltensvorschriften können zur psychischen und physischen Belastung der Facharbeiter bzw. der Auszubildenden führen. Auf Grund der hohen Kosten für entsprechende Reinraumanlagen kann die einschlägige Ausbildung nur durch finanzstarke Großunternehmen oder im Verbund erfolgen.

Bei der integrierten Herstellung von Mikrostrukturen können zunächst drei grundlegende Vorgänge unterschieden werden. Das „Abscheiden dünner Schichten“ bezeichnet im Allgemeinen das Aufbringen von nichtmetallischem oder metallischem Material auf einem Substrat (additiver Vorgang). Unter dem Begriff „Abtragen von dünnen Schichten“ wird das Ablösen vorhandener Materialien verstanden (subtraktiver Vorgang). Die qualitative Veränderung des Materials (z. B. durch Oxidation, Nitridation oder Dotierung) wird hingegen „Modifizieren dünner Schichten“ genannt.

Traditionell werden Schichten zunächst ganzflächig abgeschieden (Funktionsschichten), um sie nach-

träglich zu strukturieren.<sup>11</sup> Zur Strukturierung beispielsweise durch Ätzen muss auf dieser Schicht eine Maskierung erzeugt werden, die einen entsprechend differenzierten Ätzzugriff ermöglicht. Deshalb wird auf der Funktionsschicht zunächst eine dünne Resistenschicht (Fotolackschicht) aufgebracht. Es folgt die strukturierte Belichtung des Resists. Man unterscheidet optische und direktschreibende Belichtungsverfahren (Abb. 1). Bei den optischen Verfahren wird der Resist unter Zwischenschaltung einer Fotomaske, deren Konturen der gewünschten Struktur entsprechen, mit UV-Strahlung belichtet. Bei den direktschreibenden Belichtungsverfahren erfolgt die Belichtung durch einen entsprechend getasteten Elektronenstrahl. Die Belichtung bewirkt im Resist eine chemische Umwandlung, bei der sich in den bestrahlten Bereichen die Löslichkeit ändert. Diese Selektivität des Resists bildet die Grundlage für die Strukturierung. Nach der Belichtung wird das Substrat entwickelt und geätzt.<sup>12</sup>

Für die Belichtung werden unterschiedliche Strahlungsarten eingesetzt, wie Laserstrahlen (im UV-Bereich), harte (bzw. kurzwellige) Röntgenstrahlen, Elektronen- und auch Ionenstrahlen (vgl. auch FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE 1998, S. 1).

Mit jedem Belichtungsverfahren sind sowohl spezielle Geräte als auch bestimmte Arbeitshandlungen verbunden. Darüber hinaus unterscheiden sich die Verfahren durch die besonderen Auflagen zum Arbeits- und Gesundheitsschutz. So erfordert z. B. die 70-nm-Technik im Regelfall den Einsatz von harter Röntgenstrahlung, die zum Schutz der Facharbeiter besonders abgeschirmt werden muss.

Bei der direktschreibenden Belichtung entfällt der aufwändige und kostenin-

tensive Teil der Maskenherstellung, weshalb diese Verfahren vor allem in der Chipproduktion mit geringen Stückzahlen eingesetzt werden. Mit den direktschreibenden Belichtungsverfahren ist es auch möglich, dreidimensional zu strukturieren. Für die Herstellung von integrierten Schaltkreisen sind zwar zweidimensionale Strukturen im Regelfall ausreichend. Mikro-mechanische und mikrofluidische Systeme erfordern jedoch im Allgemeinen dreidimensionale Strukturen, die zumeist durch spezielle Verfahren hergestellt werden. (vgl. VÖLKLEIN/ZETTERER 2000, S. 96, 106)

Die optische Fotolithografie (mit UV-Lasern) ist das bis heute dominierende Verfahren zur Mikrostrukturierung von Halbleitern. Hierfür sprechen vor allem wirtschaftliche Gründe. Beim Kontaktverfahren liegt die Maske direkt auf dem Substrat. Dadurch sind ein hoher Durchsatz und eine hohe Auflösung erreichbar. Die Maske kann dabei aber verschmutzen und das Resist kann beschädigt werden. Im Proximity-Verfahren berührt die Maske zwar nicht mehr das Substrat, durch den Spalt zwischen Maske und Resist verschlechtert sich aber die Auflösung. Bei der Projektionsbelichtung werden die Maskenkonturen auf das Substrat projiziert. Dadurch sind weder Beschädigungen noch Verschmutzungen möglich, und es können sehr hohe Auflösungen erzielt werden. Der Durchsatz ist aber relativ gering.

Die Entscheidung für ein bestimmtes Verfahren ist in der Regel mit Kompromissen verbunden. Die Lernenden sollten in der Lage sein, sowohl die Vor- und Nachteile abzuwägen als auch zu erkennen, warum das gewählte Belichtungsverfahren – in Abhängigkeit vom jeweiligen Herstellungsabschnitt und den zu erzielenden schaltungstechnischen Anforderun-

Eigenschaft	Optische Belichtungsverfahren (Fotolithografie)	Direktschreibende Belichtungsverfahren (Strahlolithografie)
Verfahrensschritt	Masken nötig	maskenlose (materielle) Verfahren
Beschränkung	Beugung	De-Broglie-Wellenlänge (im pm-Bereich)
Maximale Auflösung	Aktuell 130 nm	10-20 nm möglich (in Simulationen)

Abb. 1: Gegenüberstellung der Lithografieverfahren

gen des Endproduktes – am besten geeignet ist.

## Aspekte der Facharbeit und Bildung

Die dreijährige Ausbildung der Mikrotechnologien<sup>13</sup> erfolgt zu einem Drittel unter dem jeweiligen Schwerpunkt Halbleiter- oder Mikrosystemtechnik. Neben dem Bestücken, Löten, Bonden, Versiegeln, Strukturieren (dünner Schichten), Ätzen, Dotieren, Montieren und Prüfen umfasst die berufliche Tätigkeit der Mikrotechnologien auch die Bedienung unterschiedlicher Produktionsanlagen, inklusive der damit verbundenen Überwachungs-, Steuerungs- und Regelungsaufgaben, durch die ein qualitativ hochwertiges Arbeitsergebnis erzielt werden soll.<sup>14</sup>

Bei den meisten Herstellungsverfahren handelt es sich um keine linearen und reversiblen Reaktionen, sondern vielmehr um komplexe, dynamische Prozesse, die durch zahlreiche Parameter beeinflusst werden. Um fachkompetent Feineinstellungen an den jeweiligen Produktionsanlagen durchführen zu können, ist ein umfassendes Verständnis der technischen, chemischen und physikalischen Vorgänge grundlegende Voraussetzung.

Darüber hinaus sind auch anlagenspezifische Faktoren relevant. Jede Anlage muss eingefahren werden und erfordert eine zum Teil sehr aufwändige mehrwöchige Anlernphase. Der Facharbeiter ist im Regelfall für einen Teilprozess im gesamten Herstellungsablauf verantwortlich. Dennoch sollte er über ein Verständnis für den gesamten Produktionsprozess verfügen. „Aus Erkenntnissen über Ursachen für Störungen ist bekannt, dass sich mangelndes Vor-Ort-Verständnis über den Prozessablauf in den Ausrüstungen negativ auf die Prozessbeherrschung auswirkt.“ (DÖRING/STORZ, 2003, S. 26)

Mikrotechnologien bedienen zwar überwiegend „nur“ Fertigungsanlagen zur Herstellung von Mikroprodukten. Das Betreiben der Produktionsanlagen erfordert aber zum Teil eine sehr hohe Konzentration, denn eine Fehlbedienung kann zu einer Verringerung der Ausbeute führen und gegebenenfalls erhebliche Kosten verursachen. Daraus resultiert eine hohe psychische Arbeitsbelastung. Aus dem Um-

gang mit den Produktionsmaschinen lassen sich typische Arbeitsaufgaben für den Mikrotechnologien ableiten. Sie müssen z. B. vor Ort (vgl. DÖRING/STORZ 2003, S. 28)<sup>16</sup>:

- Arbeitsstoffe unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Arbeitsschutzvorschriften sowie des Umweltschutzes handhaben, Be- und Abfüllvorgänge durchführen und Prozesschemikalien bzw. Reststoffe fachgerecht entsorgen,
- Prozessparameter einstellen, überprüfen, regeln, protokollieren und gegebenenfalls optimieren (z. B. Drücke, Temperaturen, Konzentrationen),
- Anlagen beschichten, bedienen und überwachen,
- gegebenenfalls Verbesserungspotenziale bei Ausbeute, Qualität, Durchlaufzeiten und Wirtschaftlichkeit erkennen und protokollieren.

## Berufspädagogische und -didaktische Herausforderungen – Zusammenfassung

Wegen des hohen technologischen Innovationspotenzials in der Mikrotechnologie müssten die der Ausbildung zugrunde liegenden Ordnungsmittel kontinuierlich aktualisiert werden. Neben dieser kaum erfüllbaren Forderung wird die curriculare Arbeit zum Teil durch die fehlende Transparenz der Herstellungsprozesse erschwert. Außerdem wird ein praxisnaher, arbeitsprozessorientierter Unterricht innerhalb der Berufsschule oder einer außerbetrieblichen Bildungseinrichtung durch die extrem hohen Kosten für die Anschaffung mikrotechnologischer Produktionsanlagen erheblich erschwert.

Neben der fehlenden materiellen Ausstattung wird die Vermittlung einer beruflichen Handlungskompetenz auch dadurch erschwert, dass die Fachkompetenz maßgeblich auf Erfahrungswissen aufbaut, welches erst durch das mehrjährige Bedienen entsprechender Produktionsanlagen generiert werden kann. Dieser Sachverhalt ist nur begrenzt von Lehrkräften und Ausbildern kompensierbar.

Aus dem „Innovationsmarathon“ der Mikrotechnologie resultieren aber nicht nur Probleme für die schulischen

und außerbetrieblichen Ausbildungseinrichtungen bzw. für kleinere Betriebe, sondern durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Produktionstechnik und der Arbeitsprozesse wird auch auf die Facharbeiter ein nicht unerheblicher Druck ausgeübt. Bei kaum einem anderen Beruf dürfte das Schlagwort vom „lebenslangen Lernen“ so zutreffend sein wie für den Mikrotechnologien.

Der technische Fortschritt in der Mikrotechnologie stellt zudem andere gewerblich-technische Berufe – vor allem aus den beiden Berufsfeldern „Elektrotechnik“ und „Metalltechnik“ – vor berufspädagogische und -didaktische Herausforderungen, die sich nicht allein auf die Erstausbildung beschränken, sondern gleichfalls die Weiterbildung betreffen (vgl. SCHÜTTE 2001, S. 37). Selbst die Diskussion um zusätzliche Qualifizierungs- und Bildungsangebote, die im Rahmen der Berufsausbildung angeboten werden sollten, gewinnt u. a. hieraus Legitimität.

## Anmerkungen

<sup>1</sup> Trotz des enormen technischen Fortschritts sollte nicht unberücksichtigt bleiben, dass in der Mikrosystem- und Halbleiterindustrie nicht die Hightech-Produkte, sondern die Standarderzeugnisse den weitaus größten Herstellungsanteil haben (wie z. B. Transistoren, kleinere Speicherbausteine, 8-Bit-Prozessoren usw.).

<sup>2</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden im Weiteren nur noch die männlichen Bezeichnungen verwendet.

<sup>3</sup> Bei der Fertigung moderner Mikrochips (wie z. B. Prozessoren und Speichermodule) wird in der Regel nicht der Begriff „Ausschuss“ verwendet, weil die Fehlerquote sehr hoch ist. Der Produktionserfolg wird deshalb durch die positivere Größe „Ausbeute“ beschrieben.

<sup>4</sup> So gibt ein Anbieter z. B. an, das Isoliermaterial Silizium-Dioxid (SiO<sub>2</sub>) in naher Zukunft durch High-Kapazitäts-Dielektrika zu ersetzen. Durch das neue Material wird nicht nur die Verlustleistung verringert, sondern auch der gesamte Produktionsprozess wesentlich verändert. (vgl. Chip Ausgabe 01/2004, Dez. 2003, S. 25).

<sup>5</sup> Die Zahl der Auszubildenden beträgt bundesweit für das Jahr 2000 nur 489

- und für 2001 nur 553. (vgl. BMBF 2003, S. 104)
- <sup>6</sup> Es stellt sich allgemein die Frage, ob für die qualifizierte mikrotechnologische Facharbeit mehr als nur das Anlernen erforderlich ist. Die Notwendigkeit einer grundständigen Ausbildung ist – sieht man allein das Interesse vieler Arbeitgeber – z. T. schwer nachweisbar.
- <sup>7</sup> vgl. PC Professionell, Ausgabe 01/2004, Nr. 1, Dez. 2003, S. 203
- <sup>8</sup> Mitte bis Ende 2004 sollen z. B. einige derartige Prozessoren angeboten werden (vgl. PC Professional Ausgabe 05/2003, April 2003, S. 74-80).
- <sup>9</sup> vgl. Chip Ausgabe 01/2004, Dez. 2003, S. 25
- <sup>10</sup> Der Begriff des Reinraums wurde in der VDI-Richtlinie 2083, Blatt 1 definiert und damit standardisiert.
- <sup>11</sup> Die Produktion von Mikroprozessoren umfasst ein breites Spektrum von Technologien und Arbeitsschritten. Aus Umfangsgründen soll sich dieser Beitrag deshalb auf die Belichtungsverfahren beschränken.
- <sup>12</sup> Durch den Einsatz innovativer Verfahren kann das Material aber auch gleich strukturiert abgeschieden werden (z. B. mit der Lift-off-Technik). (vgl. VÖLKLEIN/ZETTERER 2000, S. 66)
- <sup>13</sup> Anerkannt durch Verordnung vom 6. März 1998 (BGBl. I S. 477)
- <sup>14</sup> Zur Herstellung eines Mikrochips sind bis zu 200 Einzelschritte notwendig, weshalb der vollständige Prozess bis zu 17 Stunden dauern kann. Während der Produktion von hochintegrierten Schaltungen sind beispielsweise bis zu 800 Messungen – je nach Art des Mikrochips – durchzuführen. (vgl. ZIEHM 1999, S. 10)
- <sup>15</sup> Siehe auch unter <http://www.bibb.de/de/2305.htm>
- Literatur**
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (Hrsg.): Berufsbildungsbericht 2003. Bonn, Mai 2003.
- BUNDESINSTITUT FÜR BERUFSBILDUNG (Hrsg.): Mikrotechnologe/Mikrotechnologin. Ein neuer staatlich anerkannter Ausbildungsberuf im High-Tech-Bereich. Eine neue Zukunftsbranche. Berlin, 1998.
- FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE: Wissenschaftliche Berichte. FZKA 6111. Strukturprofilsimulation. Optische Lithografie. Karlsruhe, 1998
- MESCHEDER, U.: Mikrosystemtechnik. Stuttgart und Leipzig, 2000.
- SCHÜTTE, F.: „Miniaturisierung“. Eine nachgefragte Zusatzqualifikation im Bereich der Metall- und Maschinentechnik und ein wichtiges Thema beruflicher Weiterbildung. In: berufsbildung. 55. Jahrgang, Heft 68, April 2001, S. 36-38.
- DÖRING, S./STORZ, P.: Vom Sand zum Schaltkreis: Qualifikationsbedarf in der Mikroelektronikregion Dresden – Fallbeispiel einer prospektiven Qualifikationsforschung. In: STORZ, P./DÜWEL, F./DÖRING, S. (Hrsg.): Berufswissenschaftliche Forschung zur Verbundausbildung für Hochtechnologieberufe. Arbeit – Bildung – Beruf, Bd. 19, Dresden 2003, S. 5-106.
- VÖLKLEIN, F./ZETTERER, T.: Einführung in die Mikrosystemtechnik. Braunschweig und Wiesbaden, 2000.
- ZIEHM, C.: Von der Montagehalle bis zum Mikrochip. Neue technische Berufe. In: abi Berufswahlmagazin. Heft 8+9/99, S. 9-11.

Michael K. Brandt/Volkmar Herkner

## Fototechnische Verfahren als Unterrichtsthema in der Mikrotechnologie – Vorschläge zur Umsetzung im Lernfeldkonzept

### Umsetzungsprobleme beim Lernfeldkonzept für die Ausbildung zum Beruf „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“

Mit Einführung des Lernfeldkonzeptes für den berufsbezogenen Unterricht werden – bei aller berechtigter Kritik am Vorgehen und Ergebnis dieser Lehrplanarbeiten der Kultusministerkonferenz – durch die curriculare Vorgabe neben der Technik erfreulicherweise auch die Arbeitshandlungen

stärker in den Mittelpunkt des Lerngeschehens an Berufsschulen gerückt. Das geforderte „Lernen im Arbeitsprozess“ trägt dem Strukturwandel in der beruflichen Ausbildung Rechnung (vgl. RAUNER 2002, S. 25). Die neue Lehrplanstruktur erfordert daher geeignete Unterrichtsverfahren, die es ermöglichen, durch reale Arbeitsabläufe eine berufliche Handlungskompetenz zu vermitteln.

Das Lernfeldkonzept wird uneingeschränkt in neuen oder neugeordne-

ten Berufen angewandt, so z. B. auch im berufsbezogenen Unterricht für den Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“. <sup>1</sup> Für die unterrichtliche Einbindung realer Arbeitsprozesse im Bereich der Mikrotechnologie fehlt es den Berufsschulen aber im Regelfall an der erforderlichen materiellen Ausstattung. Ohne externe Partner lässt sich ein arbeitsorientierter Unterricht, der mit dem Lernfeldkonzept intendiert wird (vgl. PAHL 2001), kaum durchführen.

Darüber hinaus fällt es schwer, aus den einzelnen Arbeitsprozessen, die beim Strukturieren dünner Schichten auftreten, allgemeine Handlungskompetenzen zu generieren. In modernen Industrieunternehmen sind viele Produktionsprozesse automatisiert, d. h., Mikrotechnologen bedienen überwiegend spezielle Produktionsanlagen, deren Handhabung sehr spezifisch ist und sich nur bedingt verallgemeinern lässt. Außerdem beruht die Handlungskompetenz, die vor allem in der Bedienung und Überwachung von mikrotechnologischen Fertigungsanlagen besteht, zumindest teilweise auch auf langjährigen Erfahrungswerten der Facharbeiter. Dieses empirische Wissen lässt sich für den berufsschulischen Unterricht kaum systematisch aufarbeiten.

Trotz dieser Problematik in der Mikrotechnologie soll z. B. ein Schwerpunkt für den berufsbezogenen Unterricht in der „Anwendung fototechnischer Verfahren“ (Lernfeld 7 im KMK-Rahmenlehrplan; Verordnung ..., 1998, S. 22) liegen. In der Zielformulierung wird das geforderte anwendungsorientierte Arbeitswissen weiter konkretisiert. Nimmt man beispielsweise das Thema „Belichtungsverfahren“ aus dem Lernfeld 7, so können ihm folgende „Kompetenzen“ zugeordnet werden, die im Rahmen des berufsbezogenen Unterrichts zu vermitteln sind:

„Die Schülerinnen und Schüler beschreiben (...) das Belichten (...).

Außerdem beurteilen sie den fototechnischen Prozess anhand von Proben und bewerten das Gesamtergebnis.

Sie vergleichen die Prinzipien fototechnischer Verfahren mit weiteren lithografischen Verfahren.

Im Umgang mit Gefahrstoffen und der Entsorgung der Arbeitsstoffe halten sie die Bestimmungen des Gesundheits- und Umweltschutzes ein.

Sie entnehmen Informationen aus Beschreibungen in englischer Sprache.“ (VERORDNUNG ..., 1998, S. 22)

Zu fragen ist, wie diese Lehrplanvorgaben auch ohne die entsprechende materielle Ausstattung erfüllt werden können.

## **Zur Umsetzung des Themas „Belichtungsverfahren der Fotolithografie“ im lernfeldstrukturierten Unterricht**

### **Didaktisch-methodische Vorüberlegungen**

Die curricularen Vorgaben des Lernfeldkonzeptes wirken sich auch auf die Didaktik und Methodik beruflichen Lernens aus. So sollten die Unterrichtsinhalte sowohl prozessorientiert als auch schüleraktiv vermittelt werden. Im Gegensatz zum traditionellen, fachsystematischen Unterricht, der durch ein hohes Maß an äußerer Anleitung und durch einen geringen Interaktionsanteil der Schüler gekennzeichnet ist, sollte die Wissensvermittlung stärker als Prozess aufgefasst werden, der von den Schülern aktiv mitgestaltet wird.

Die Folgerungen für den Unterricht sind leicht gesagt, aber schwer getan: Statt auf Dozieren, Tradieren, Instruieren kommt es auf Stimulieren, Konfrontieren, Irritieren an. Es sollen nicht mehr fertige Rekonstruktionen und Handlungsmuster vermittelt, sondern Möglichkeiten eigenen Konstruierens, Agierens und Probierens geschaffen werden. Im Unterricht ist weniger Rezeptivität und dafür mehr Kreativität und Expressivität gefordert. (vgl. TERHART 1999, S. 632.) Dies kann zu mehr Selbststeuerung des Lernens seitens der Schüler und damit zu einer Erhöhung des Anteils an explorativem Lernen führen (vgl. REINEMANN-ROTMAYER u. a. 1994, S. 43 ff.). Zugleich kann mithilfe eines solchen schüleraktiven prozessorientierten Vermittlungsansatzes die Lern- und Arbeitsumgebung offener gestaltet werden. Quasi-offene Lern- und Arbeitsumgebungen sollen ermöglichen, anwendungsrelevantes Handlungswissen und implizit auch „Strategiewissen“ – und nicht in erster Linie technologische Fakten und naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeiten – zu vermitteln.

Die wesentliche Arbeit der Lehrkraft liegt in der Gestaltung einer ansprechenden Lern- und Arbeitsumgebung sowie in der Organisation und Nachbereitung der Lernprozesse. Die Lehrkraft sollte nicht mehr die direkte Hauptinformationsquelle im Unterricht sein, sondern sie begleitet und unter-

stützt die Lernenden bei ihren individuellen Lernprozessen. Sie tritt gleichzeitig als Organisatorin, Moderatorin und Lernberaterin auf.

### **Unterrichtliche Umsetzung der Zielformulierungen**

Steht die „Anwendung fototechnischer Verfahren“ im Mittelpunkt des berufsschulischen Unterrichts, so ist die Vermittlung von fachwissenschaftlich-theoretischen Grundlagen<sup>2</sup> kaum zu rechtfertigen, denn aus den konkreten Arbeitshandlungen, die während der Belichtung durchzuführen sind, resultiert nur eine geringe berufsfachlich-theoretische Tiefe.

Es ist aber möglich, dass bei der genannten Thematik sowohl Technik als auch Arbeit in ihrem Wechselspiel und damit Sinnfragen für bestimmte Arbeitshandlungen erkennbar werden. Daraus kann sich ein bestimmtes Bewusstsein sowohl für das Bedienen von Belichtungsanlagen als auch für den Produktionsprozess insgesamt einstellen, woraus sich ein anderes Arbeitsverhalten entwickeln kann. Hierdurch wiederum können sich Lernende in künftige Produktionsverfahren und -systeme rationeller einarbeiten. Der berufsschulische Bildungsauftrag darf sich deshalb nicht darauf beschränken, die Auszubildenden „nur“ für das Bedienen einer Belichtungsanlage zu qualifizieren, sondern es sind vor allem die Begründungszusammenhänge für die berufliche Facharbeit zu vermitteln. Aus diesem Grund ist das eher handlungsbezogene Thema „Anwendung fototechnischer Verfahren“ um Aspekte im Zusammenspiel von Technologie und Arbeit zu ergänzen. Dementsprechend sollten die Auszubildenden in der Lage sein, zu begründen bzw. zu erklären:

- warum bestimmte lithografische Verfahren in der Praxis eingesetzt werden,
- wodurch die Verkleinerung der Strukturen (physikalisch, technologisch und ökonomisch) begrenzt wird,
- warum die Qualitätskriterien für belichtete Wafer sehr hoch sind,
- welche organischen oder ökologischen Schäden die Arbeitsstoffe bei falscher Handhabung verursachen können sowie



- welche gesetzlichen Grundlagen und Vorschriften den Umgang mit Gefahrstoffen regeln.

In Annäherung an die Zielformulierungen (s. o.) kann eine Unterrichtseinheit zum Thema „Belichtungsverfahren der Fotolithografie“ aus fünf Lern- und Arbeitsaufgaben bestehen:

1. Handlungsanalyse des Teilarbeitsprozesses „Belichten“,
2. Anwendung der Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzrichtlinien,
3. Qualitätsbewertung für belackte, belichtete und geätzte Wafer,
4. Informationsentnahme aus Beschreibungen englischsprachiger Texte,
5. Referat über fototechnische und lithografische Verfahren.

Es besteht die Hoffnung, mit diesen Lern- und Arbeitsaufgaben (HERKNER u. a. 1997, S. 219-221) in geeigneten Umgebungen Lernsituationen zu schaffen, die einerseits das Thema des Lernfeldes 7 inhaltlich weitgehend abdecken und andererseits den didaktisch-methodischen Überlegungen entsprechen.<sup>3</sup>

### Lernfeldabdeckung mit Lern- und Arbeitsaufgaben

Die folgenden fünf Lern- und Arbeitsaufgaben stellen einen ersten Vorschlag für die unterrichtspraktische Umsetzung des Themas „Belichtungsverfahren der Fotolithografie“ dar, wobei von der Lehrkraft noch eine entsprechende Feinstrukturierung vorgenommen werden muss.

#### Erste Lern- und Arbeitsaufgabe: Handlungsanalyse des Teilarbeitsprozesses „Belichten“

Zur Einführung in das Thema „Belichtungsverfahren der Fotolithografie“ sollen die Lernenden die einzelnen Arbeitshandlungen, die beim Belichten im Ausbildungsbetrieb anfallen, beschreiben, um anschließend daraus eine allgemeine Arbeitsunterlage für Facharbeiter zu erstellen. Der gesamte Belichtungsprozess wird also zunächst zusammenhängend thematisiert, um ein „Überblickswissen“ zu vermitteln. Die fachlichen Inhalte sind in den weiteren Unterrichtsstunden zu

vertiefen. Zur Handlungsanalyse gehören z. B.:

- die Inbetriebnahme einer Belichtungsanlage (wie die Produktionsfähigkeit der Anlage hergestellt und die Prozessfähigkeit festgestellt werden kann),
- die Materiallogistik,
- die Ver- und Entsorgung von Arbeitsstoffen,
- das Bedienen und Beschicken der Belichtungsanlage sowie
- die prozessbegleitenden Prüfungen während und nach Abschluss des Belichtungsprozesses (vor allem die Qualitätskontrolle der belichteten Wafer).

Die Analyse des Belichtungsprozesses kann dazu beitragen, dass sich die Lernenden aktiv mit ihrer beruflichen Praxis auseinandersetzen, indem sie alle Handlungsschritte, die zur Belichtung von Wafern erforderlich sind, nachvollziehen, kritisch reflektieren und auch begründen. Durch die Analyse und Reflexion kann ein planvolles und systematisches Vorgehen beim Bedienen von Belichtungsanlagen ausgebildet werden. Die dabei von den Lernenden gewinnbaren Erkenntnisse sind auf andere technische Produktionsanlagen weitgehend übertragbar.

Vor der Unterrichtsdurchführung sollte die Lehrkraft bei den entsprechenden Ausbildungsbetrieben um die Erlaubnis für diese Vorgehensweise und um Unterstützung bitten. Falls einige Betriebe Bedenken äußern, weil mit der Handlungsanalyse die Gefahr verbunden ist, dass Firmengeheimnisse bekannt werden, sollte die Lehrkraft alternative Methoden (z. B. eine Exkursion oder eine Expertenbefragung) organisieren. Ansonsten sind geeignete Medien, wie z. B. Fachliteratur, Zeitschriften, Internet oder Filme, zu suchen und unterrichtlich aufzubereiten, sodass sich die Handlungsabfolge für die Waferbelichtung ableiten lässt. Für die Lerneinheit bieten sich sechs Unterrichtsphasen an:

1. Aufgabenstellung: Die Lehrkraft erteilt den Arbeitsauftrag, den Teilarbeitsprozess „Belichten“ im eigenen Ausbildungsbetrieb zu analysieren.

2. Planung der Handlungsanalyse: Im Plenum wird über den Belichtungsprozess diskutiert und die Vorgehensweise der Handlungsanalyse geplant. Hierzu kann es sinnvoll sein, bewusst Fragen zu entwickeln.
3. Durchführung der Handlungsanalyse: Die Lernenden führen in ihrem Betrieb die Handlungsanalyse durch oder bilden Gruppen und untersuchen anhand der bereitgestellten Materialien den Teilarbeitsprozess „Belichten“.
4. Handlungsanalyse auswerten: Mithilfe ihrer Aufzeichnungen erstellen die Lernenden eine detaillierte Arbeitsunterlage (Arbeitsplatzbeschreibung).
5. Analyseergebnisse vergleichen: Die Arbeitsunterlagen werden im Plenum vorgestellt und in einer Diskussion systematisch verglichen.
6. Auswertung und Transfer: Die Lernenden bewerten die Handlungsanalyse als solche und das in dieser Methode enthaltene berufliche Transferpotenzial.

#### Zweite Lern- und Arbeitsaufgabe: Anwendung der Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzrichtlinien

Zur beruflichen Handlungsfähigkeit der Mikrotechnologen gehört es, mit Arbeits- und Gefahrstoffen fachkompetent umzugehen, sie vorschriftsmäßig zu entsorgen und die rechtlichen Bestimmungen des Gesundheits- und Umweltschutzes einzuhalten. Deshalb sollen die Lernenden alle Stoffe, die bei fototechnischen Verfahren zur Anwendung kommen, ermitteln, die rechtlichen Grundlagen bestimmen und eine Empfehlung für Facharbeiter zum „Umgang mit Arbeits- und Gefahrstoffen“ ausarbeiten.<sup>4</sup> Die Lehrkraft sollte geeignete Recherchemöglichkeiten bereitstellen bzw. organisieren (z. B. Internet, Fachbücher, Lexika, gesetzliche Grundlagen). Für die Lerneinheit bieten sich fünf Unterrichtsphasen an:

1. Aufgabenstellung: Die Lehrkraft gibt den Arbeitsauftrag, eine Empfehlung für Facharbeiter über den Umgang mit Arbeits- und Gefahrstoffen zu entwerfen.
2. Gruppen bilden und Aufgabe planen: In den Arbeitsgruppen disku-

tieren die Lernenden, wie sie die Aufgabenstellung lösen und welche Recherchemöglichkeiten sie nutzen wollen. Gegebenenfalls werden im Plenum Leitfragen aufgestellt.

3. Aufgabenstellung bearbeiten: Die Lernenden recherchieren in den bereitgestellten Quellen, diskutieren über deren Inhalte und erstellen auf der Grundlage der rechtlichen Bestimmungen eine Arbeitsempfehlung.
4. Arbeitsergebnisse vergleichen: Die Arbeitsempfehlungen werden im Plenum vorgestellt. Anschließend wird darüber diskutiert.
5. Auswertung und Transfer: Die Lernenden bewerten das Unterrichtsthema als solches und das in diesem Lernabschnitt enthaltene berufliche Transferpotenzial.

Die Gesetze und Verordnungen zum Schutz des Menschen und der Umwelt sollten besonders beachtet werden. Zu nennen wären z. B. die europäischen Richtlinien zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz (89/391/EWG), das Arbeitssicherheitsgesetz (ASiG), die Vorschriftensammlung der Berufsgenossenschaft (BG), die Unfallverhütungsvorschriften (VBG)<sup>5</sup>, die Arbeitsstätten-Verordnung (ArbstättV), die Gefahrstoff-Verordnung (GefStoffV) und die Umweltschutzgesetzgebung.

### **Dritte Lern- und Arbeitsaufgabe: Qualitätsbewertung für belackte, belichtete und geätzte Wafer**

Die Fähigkeit, selbstständig Produkte und Arbeitsprozesse auf ihre Qualität oder Effektivität hin zu kontrollieren und zu bewerten, zählt für nahezu alle Ausbildungsberufe zu einem wichtigen Element der beruflichen Handlungskompetenz und sollte im Rahmen der Berufsausbildung vermittelt werden. Damit die Qualität eines Arbeitsprozesses oder eines Produktes beurteilt werden kann, sind zuvor geeignete Bewertungskriterien festzulegen und zu begründen.

Die Lehrkraft sollte die Ausbildungsbetriebe um Unterstützung und um die Bereitstellung von Ansichtsmaterialien bitten (mangelhaft produzierte Wafer bzw. Ausschussware oder für Lehrzwecke angefertigte Abbildungen von fehlerhaften und mängelfreien Wa-

fern). Möglich wäre auch, dass die Lehrkraft selbst nach einigen (stark vergrößerten) Waferabbildungen recherchiert, mit denen eine qualitative Bewertung möglich ist. Darüber hinaus sollte die Lehrkraft weitere Recherchemöglichkeiten bereitstellen (z. B. Internet, Fachbücher, Lexika usw.). Für die Lerneinheit bieten sich fünf Unterrichtsphasen an:

1. Aufgabenstellung: Die Lehrkraft formuliert den Arbeitsauftrag, Qualitätskriterien für belackte, belichtete und geätzte Wafer aufzustellen und einige Proben danach zu bewerten.
2. Qualitätskriterien aufstellen: Die Lernenden diskutieren über mögliche Qualitätskriterien, nutzen die bereitgestellten Recherchemöglichkeiten, leiten Kriterien zur qualitativen Beurteilung von Wafern ab und begründen diese fachlich.
3. Qualität bewerten: In ihrer Gruppe bewerten die Lernenden die bereitgestellten Wafer (Muster, Proben bzw. Abbildungen) anhand der zuvor aufgestellten Qualitätskriterien. Sie diskutieren über vor, während und nach dem Belichtungsvorgang möglicherweise auftretende Fehler, die zu den festgestellten Mängeln führen könnten.
4. Arbeitsergebnisse vergleichen: Die Bewertungen werden im Plenum vorgestellt und verglichen.
5. Auswertung und Transfer: Die Lernenden bewerten das Unterrichtsthema als solches und das in diesem Lernabschnitt enthaltene berufliche Transferpotenzial.

### **Vierte Lern- und Arbeitsaufgabe: Informationsentnahme aus Beschreibungen englischsprachiger Texte**

Viele neue Entwicklungen der Mikrotechnologie werden ausschließlich in englischer Sprache publiziert. Auch zahlreiche Datenblätter und technische Anleitungen sind in Englisch verfasst. Die Fähigkeit, technisches Englisch zu verstehen, gehört damit zur beruflichen Handlungskompetenz.

Im Lernfeldkonzept wird das Fach „Englisch“ in der Regel nicht mehr getrennt ausgewiesen, weshalb englische Sprachkompetenzen integrativ im berufsbezogenen Unterricht zu vermitteln sind, z. B. durch die Überset-

zung von kostenfrei erhältlichen Produktinformationen. Für das Thema „fototechnische Verfahren“ bieten sich beispielsweise englischsprachige Beschreibungen von Belichtungsanlagen an.<sup>6</sup> Die übersetzten Fachbegriffe können gleichzeitig zu den Lerninhalten, die Gegenstand der folgenden Unterrichtseinheit sind, hinführen.

Zur Unterrichtsvorbereitung sollte die Lehrkraft mehrere Produktbeschreibungen oder Datenblätter in englischer Sprache beschaffen. Sie könnte im Internet recherchieren oder die Herstellerfirmen direkt kontaktieren und um entsprechende Materialien bitten. Möglicherweise sind aber auch die Ausbildungsbetriebe bereit, geeignete Lernmedien zur Verfügung zu stellen. Darüber hinaus sollte die Lehrkraft technische Wörterbücher in ausreichender Stückzahl organisieren sowie weitere Recherchemöglichkeiten anbieten. Für die Lerneinheit bieten sich vier Unterrichtsphasen an:

1. Aufgabenstellung: Die Lehrkraft erklärt den Arbeitsauftrag, eine englischsprachige Produktwerbung zu übersetzen und deren Bedeutung herauszufinden.
2. Produktwerbung übersetzen: In Einzel- oder Partnerarbeit übersetzen die Lernenden den Text und recherchieren nach der Bedeutung der einzelnen Fachbegriffe.
3. Übersetzungen vergleichen und korrigieren: Im Plenum stellen die Lernenden ihre Übersetzung vor, korrigieren diese und diskutieren über die Bedeutung der Fachbegriffe.
4. Auswertung und Transfer: Die Lernenden bewerten das Unterrichtsthema als solches und das in diesem Lernabschnitt enthaltene berufliche Transferpotenzial.

### **Fünfte Lern- und Arbeitsaufgabe: Referat über fototechnische und lithografische Verfahren**

Die „Lernkompetenz“ stellt gerade in der Mikrotechnologie eine wichtige Eigenschaft der Facharbeiter dar. Im Rahmen der beruflichen Erstausbildung sollte deshalb auch das Lernen gelernt werden. Dieses Bildungsziel lässt sich z. B. durch Schülerreferate anbahnen.

Referate tragen im Allgemeinen dazu bei, den Lernenden flexible Lernprozesse zu eröffnen, um ihr Lernverhalten zu entwickeln. Die einzelnen Referate sollten etwa 30 Minuten dauern und sich inhaltlich an den Aspekten von Facharbeit und Technik im Zusammenhang mit fototechnischen und lithografischen Verfahren orientieren. Während der Themenbearbeitung sollten die Lernenden über die Lernwege selbst entscheiden. Folgende Themen könnten zum Gegenstand von Referaten werden:

- Kontakt- und Proximitybelichtung,
- Projektionsbelichtung,
- Elektronenstrahl-/Ionenstrahlithografie oder
- (Foto-)Lithografie mit harter Röntgenstrahlung.<sup>7</sup>

In den Arbeitsgruppen, die aus etwa vier Schülern bestehen, sind für jedes Thema das allgemeine Funktionsprinzip, die Grenzen der Auflösung (und deren physikalische Begründung) sowie die Vor- und Nachteile herauszuarbeiten. Für die Lerneinheit bieten sich fünf Unterrichtsphasen an:

1. Aufgabenstellung: Die Lernenden sollen für ein bestimmtes Thema zur fotolithografischen Belichtung ein Referat ausarbeiten und gemeinsam vortragen.
2. Planen und Erarbeiten der Referatsinhalte: In Arbeitsgruppen planen die Lernenden die Vorgehensweise, verteilen Arbeitsaufträge, nutzen dafür die bereitgestellten Recherchemöglichkeiten, diskutieren über ihr Thema und fassen wichtige Punkte zusammen.
3. Ausarbeitung des Referats: Die Lernenden bringen fachliche Inhalte, Grafiken sowie weitere Informationen in eine Referatsform und erstellen ein Skript für die Mitschüler.
4. Präsentation und Diskussion: Per Teamteaching tragen die Lernenden ihr Referatsthema vor. Anschließend diskutieren die Lernenden über das Thema. Die Vortragenden beantworten dabei weitere Fragen.
5. Auswertung und Transfer: Die Lernenden bewerten das Unterrichtsthema als solches und das in diesem Lernabschnitt enthaltene berufliche Transferpotenzial.

## Umsetzungsvorschläge in der Diskussion und Erprobung

Die Schwierigkeiten, das Lernfeldkonzept im berufsbezogenen Unterricht für Mikrotechnologen möglichst handlungsorientiert umzusetzen, liegen angesichts der Besonderheiten in diesem speziellen, innovativen Technikbereich auf der Hand. Nicht zuletzt auf Grund der vergleichsweise nur wenigen Auszubildenden sind Umsetzungsempfehlungen und didaktisch-methodische Materialien für Ausbildung und Unterricht kaum vorhanden. Viele Berufsschullehrer müssen sich zudem erst einmal selbst mit dem Beruf des Mikrotechnologen auseinandersetzen. Als vorteilhaft können sich dabei enge Kontakte zu Ausbildern und Ausbildungsbetrieben, aber auch Informationsveranstaltungen der Ingenieurverbände erweisen.

Für das Thema „Belichtungsverfahren der Fotolithografie“ aus dem Lernfeld 7 des KMK-Rahmenlehrplanes bietet sich ein Lern- und Arbeitsaufgabenkonzept an. Die fünf vorgestellten Aufgaben können das Thema inhaltlich abdecken und zugleich einen Unterricht ermöglichen, der den Intentionen des Lernfeldkonzeptes zumindest nahe kommt. Anzumerken bleibt, dass die Lehrkraft das Thema „Belichtungsverfahren der Fotolithografie“ im Kontext des gesamten Arbeitsprozesses vermitteln sollte. Die Belichtung stellt nur einen Arbeitsschritt innerhalb des Strukturierens dünner Schichten dar. Deshalb ist zu beachten, dass der Bezug zu den vor- und nachgelagerten Arbeitshandlungen nicht verloren geht. So könnte z. B. die Analyse des vollständigen Arbeitsprozesses dem Lernvorhaben vorausgehen.

Der vorgelegte Umsetzungsvorschlag ist bislang nur in Teilen unterrichtspraktisch angewandt worden. Wie auch weitere Lernkonzepte für den berufsbezogenen Unterricht für angehende Mikrotechnologen sollte er nun diskutiert und auf breiterer Grundlage hinsichtlich der Tragfähigkeit erprobt werden.

## Anmerkungen

<sup>1</sup> Aus Gründen der besseren Lesbarkeit werden im Weiteren nur noch die männlichen Bezeichnungen verwendet.

<sup>2</sup> wie z. B.: Huygens'sche Prinzip, Nah- und Fernfeldbeugung, Interferenzwirkung, Numerische Apertur usw.

<sup>3</sup> Zum Konzept der Lern- und Arbeitsaufgaben in ausgewählten Umgebungen, hier dargestellt am Beispiel der Instandhaltungsausbildung (vgl. HERKNER u. a. 1997).

<sup>4</sup> Es könnte z. B. auf die folgenden Stoffe verwiesen werden: Lösungsmittel für die Reinigung (Aceton, Ethanol oder Isopropanol), Haftvermittler (Hexamethylsilazan), Bindemittel des Fotolacks (Novolac), Belichtung (UV- oder harte Röntgenstrahlung), Entwicklung (Karbonsäure, Natronlauge oder Tetramethyl-Ammoniumhydroxid), Spülung (Reinstwasser, Isopropanol, Stickstoff, Helmanex), Ätzen und Entlacken (Aceton, Schwefelsäure, Salzsäure, Sauerstoffplasma) sowie weitere Nebenprodukte (Salpetersäure, Silanol u. a.).

<sup>5</sup> Für das Thema „Anwendung fototechnischer Verfahren“ sind z. B. die folgenden Unfallverhütungsvorschriften relevant: VBG 1 (Allgemeine Vorschriften), VBG 4 (Elektrische Anlagen und Betriebsmittel), VBG 93 (Laserstrahlung), VBG 100 (Arbeitsmedizinische Vorsorge), VBG 109 (Erste Hilfe), VBG 113 (Umgang mit krebserzeugenden Stoffen) und VBG 125 (Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnungen am Arbeitsplatz).

<sup>6</sup> Geeignete Produktinformationen über ein „Semi-Automatic (Contact/Proximity) Mask Alignment System“ finden sich z. B. unter „<http://www.abmfg.com/prod-ma.html>“ (22.10.2003).

<sup>7</sup> Bei größeren Klassen sind weitere Themen zu formulieren, wie z. B. Nah- und Fernfeldbeugung, Wellencharakter des Lichtes, Miniaturisierungsgrenzen in der Lithografie, geschichtliche Entwicklung der Lithografie, Lichtkraftlithografie, Kontaminationslithografie, Polarisationsgradientenlithografie.

## Literatur

HERKNER, V./OPELT, B./RYLL, J.: Methodische Ansätze zur Instandhaltungsausbildung – Lern- und Arbeitsaufgaben in ausgewählten Umgebungen. In: PAHL, J.-P. (Hrsg.): Lern- und Arbeitsumgebungen zur Instandhaltungsausbildung. Seelze, Velber 1997, S. 213-231.

PAHL, J.-P. (Hrsg.): Arbeitsorientierte Lernfelder. Didaktisch-methodische Konzepte für Berufsschulen im Rahmen elektro-

- technischer Erstausbildung. Bremen 2001.
- RAUNER, F.: Die Bedeutung des Arbeitsprozesswissens für eine gestaltungsorientierte Berufsbildung. In: FISCHER, M./RAUNER, F. (Hrsg.): Lernfeld: Arbeitsprozess. Bildung und Arbeitswelt, Band 6. Baden-Baden, 2002, S. 25-52.
- REINEMANN-ROTHMEIER, G./MANDL, H./PRENZEL, M./ARZBERGER, H./BREHM, K.-H. (Hrsg.): Computergestützte Lernumgebungen. Planung, Gestaltung und Bewertung. Erlangen, 1994.
- TERHART, E.: Konstruktivismus und Unterricht. Gibt es einen neuen Ansatz in der Allgemeinen Didaktik? In: ZfP, Heft 5/1999, S. 629-647.
- Verordnung über die Berufsausbildung „Mikrotechnologie/Mikrotechnologin“ vom 6. März 1998, nebst Rahmenlehrplan. Bielefeld, 1998.

*Martin Burgmer/Stephan Raimer*

## Das Projekt „HILWA“ – Erprobung eines neuartigen Lernmanagementsystems

### Ausgangslage

Die Nutzung von Medien als Träger von Informationen in didaktischen Funktionszusammenhängen ist so alt wie systematisches Lernen selbst. Dies wird unmittelbar einsichtig für Lernsituationen, in denen der direkte Zugriff auf die Realität nicht möglich oder erwünscht ist, geschichtliche Zeit „aufgeholt“ oder ein gedankliches Konstrukt konkretisiert werden muss. In derartigen Situationen nutzt man Informationsträger, die – gekoppelt mit einem geeigneten Mediengerät – den gewünschten Nachrichtenvorrat zum Lernenden transportiert. Dieser nimmt die gebotene Reizkonfiguration innerhalb der Grenzen seiner psychophysiologischen Bedingungen zunächst wahr, um sie sodann zu dekodieren. Der Lehrende sollte sich davon überzeugen, dass dieser Dekodiervorgang stattgefunden hat, also die dem Lernvorgang gesetzten Absichten auch erreicht wurden.

Im Zusammenhang mit anderen Determinanten des Lernprozesses haben Auswahl, Gestaltung und Einsatz von Medien einen großen Einfluss auf Verlauf und Ergebnis des Lernprozesses. Es liegt daher nahe, diesen Wirkungszusammenhang systematisch zu untersuchen. Auf der Basis dieser Ergebnisse können dann Mediensysteme entwickelt und nach unterschiedlichen Kriterien optimiert werden.

Eine interessante Perspektive ergab sich durch die Tatsache, dass leistungsfähige Rechnersysteme, eingebettet in aktuelle Web- und Kommunikationstechnologien, mittlerweile in der automatisierten, flexiblen Produktion in allen Prozessketten zu einem mächtigen Werkzeug geworden sind. Derartige Rechnersysteme sind damit Lerngegenstand und Mediengerät. Dies generierte neue Potenziale nicht nur im Bereich medienpezifischer Wirkungen, sondern auch in der Steuerung des Lernprozesses sowie der Dokumentation individueller Lernwege.

Steuerung, Fernwartung und Fernbeobachtungen in der automatisierten Produktion sind – neben anderen – Bereiche der betrieblichen Realität, in denen sich Anforderungen zur Erledigung von Aufgaben und zum Lösen von Problemen für unterschiedliche Berufsgruppen, z. B. Mechatroniker, IT-Systemelektroniker und Fachinformatiker, schneiden. Im Rahmen beruflicher Aus- und Weiterbildung für die genannten Berufsgruppen gibt es Lernsituationen, in denen der direkte Zugriff auf die betriebliche Realität nicht möglich ist. Für diesen Fall benötigt man Mediensysteme, welche die komplexe und komplizierte betriebliche Realität in skalierbarer Reduktion des Gültigkeitsumfangs abbildet, dabei aber die Anbahnung gewünschter außertechnischer Kompetenzen ermöglicht.

Automatisierungslandschaften) durchgeführt (vgl. RAIMER 2002, 103 ff.).<sup>1</sup>

Bei diesem Projekt handelte es sich um eine Akzeptanz- und Optimierungsstudie, an der Auszubildende für die Berufe Mechatroniker/-in, IT-Systemelektroniker/-in und Fachinformatiker/-in beteiligt waren.

Ziel war zunächst die Integration der MPS-Module (Modulares-Produktions-System) „Verteilen“ und „Sortieren“ der Firma Festo Didactic in ein von den Autoren entwickeltes, neuartiges hypermediales Informations- und Lernmanagementsystem. Mit dessen Hilfe sollten die Auszubildenden der genannten Berufsgruppen aus dem Lernkontext heraus die MPS-Versuchsstände sowohl konventionell als auch webbasiert bedienen und beobachten (vgl. Abb. 1). Zu diesem Zweck wurden die Versuchsstände mit einer leistungsfähigen Web-Kamera sowie einer Siemens-SPS mit integriertem Kommunikationsprozessor ausgerüstet (SIEMENS CP 343-1 IT).

Weitere Zielsetzungen der Akzeptanz- und Optimierungsstudie waren einerseits die Ermittlung von Befunden zum Gebrauchswert des HILWA-Prototypen. Darüber hinaus sollten Erkenntnisse zur Akzeptanz der gemeinsamen Bearbeitung von Problemstellungen durch die Kombination von Berufsgruppen unter Berücksichtigung ihrer Kompetenzschwerpunkte ermittelt werden.

### Zielsetzungen des Projektes

Im skizzierten Rahmen wurde das Projekt „HILWA“ (Hypermediales Informations- und Lernsystem Webbasierter

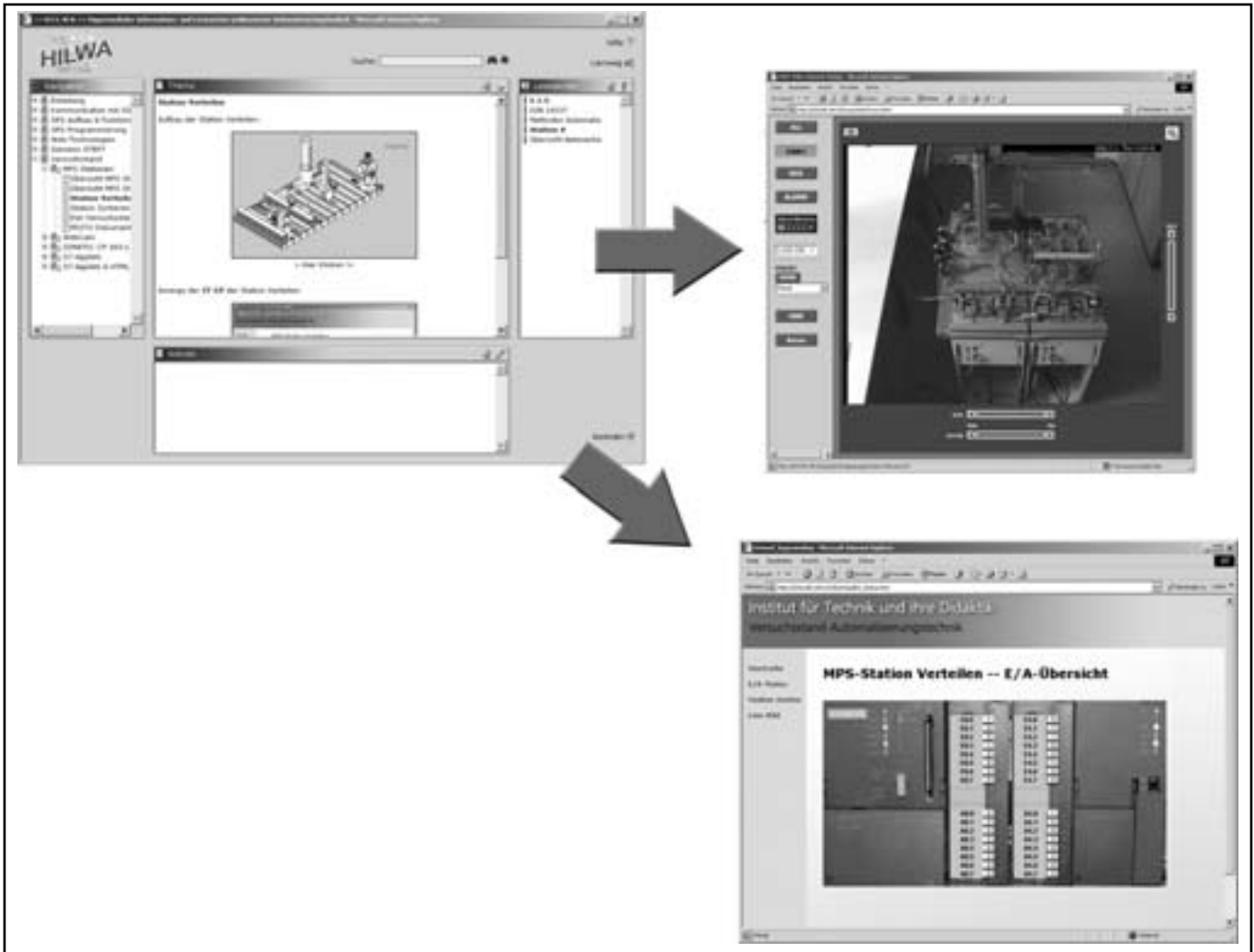


Abb. 1: MPS-Versuchsstand

## Vorgehen

Für das Projekt wurde das folgende prinzipielle Vorgehen gewählt:

- Auswahl und Definition von Lernzielen und -inhalten im Bereich webbasierter Automatisierungstechnik für Auszubildende der Berufsgruppen Mechatroniker/-in, IT-Systemelektroniker/-in und Fachinformatiker/-in unter Nutzung aktueller Ausbildungspläne und Rahmenrichtlinien.
- Ermittlungen des lernzielbezogenen Kenntnisstandes potenzieller Adressaten für die Studie.
- Konstruktion realitätsnaher Problemstellungen unter Beachtung der Lernziele, der adressatenbezogenen Randbedingungen sowie

neuerer Befunde zur Konstruktionsmethodik und Denkpsychologie.

- Implementierung der MPS-Versuchsstände in die Lernumgebung von „HILWA“.
- Entwicklung der interaktiven Lernware.
- Durchführung und Dokumentation der Studie.
- Ermittlung und Bewertung der Ergebnisse.

## Hypermedia und Lernmanagement

Für das Lernprojekt „HILWA“ wurde mit dem „HILS Framework“ (Framework für Hypermediale Informations- und Lernmanagementsysteme) eine neuartige Lernerarchitektur erstmalig entwickelt und eingesetzt.

Ein wichtiger Entwicklungsschwerpunkt war die Berücksichtigung und gezielte Anwendung von Erkenntnissen und Befunden der Softwareergonomie und der benutzerorientierten Gestaltung (vgl. GÖRNER/BEU/KOLLER 1999; DIN EN ISO 13407).

Im Vergleich zu klassischen offline CBTs (computer based trainings) auf CD-ROM werden für diese webbasierte Lernerarchitektur Content- sowie Knowledge-Management-Techniken angewendet, die bedeutsame Vorteile bieten:

- Die Modifikation bestehender Anwendungen für Erweiterungen und Neuerungen;
- Die Adaption bestehender Anwendungen an veränderte Fragestellungen und Benutzergruppen;

- Die Weiternutzung bestehender Anwendungen für Neuentwicklungen;
- Das Management umfangreicher Sammlungen von Lehr-Lernmedien. (vgl. KERRES 1997, S. 39)

Der Begriff Hypermedia beinhaltet dabei die Aspekte Multimedia als integrative Präsentationstechnik sowie Hypertext als Organisations- und Präsentationsform (vgl. SCHULMEISTER 2002; ISSING/KLIMSA 2002).

Die Erweiterung dieser Aspekte um eine Lernerverwaltung, die Verwaltungs- und Protokollierungsfunktionen beinhaltet, wird allgemein als Learn-Content-Management bezeichnet (LCMS).

Abb. 2 zeigt ein beispielhaftes Architekturmodell für ein webbasiertes LCMS im Client-Server-Zusammenhang.

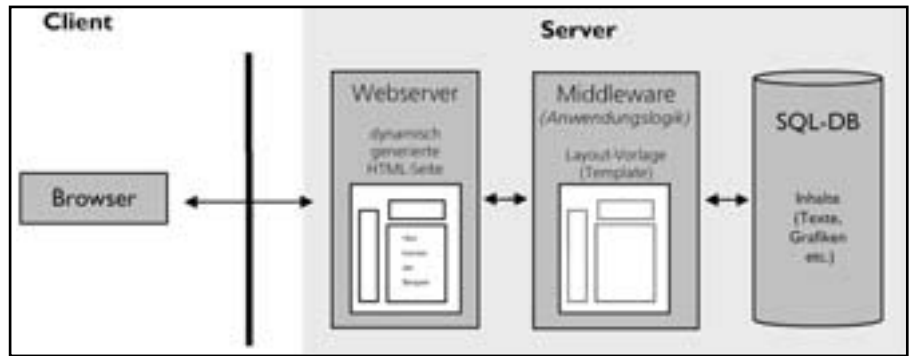


Abb. 2: Architekturmodell für ein webbasiertes LCMS

durch eine relationale Datenbank verwaltet) wird jeweils aktuell unter Anwendung einer Layout-Vorlage eine einzelne Inhaltsseite durch eine Anwendungslogik dynamisch erzeugt. Auf der Lernerseite übernimmt dann ein Internet-Browser die Darstellung dieser Inhaltsseite.

Das HILS-Framework kennzeichnet sich weiterhin durch einen modularen und inhaltsneutralen Aufbau. Verschiedene, voneinander unabhängige Funktionsmodule können in einer Art „Baukastensystem“ zu einem konkreten Lernsystem zusammengestellt werden. Abb. 3 zeigt die für das Pro-

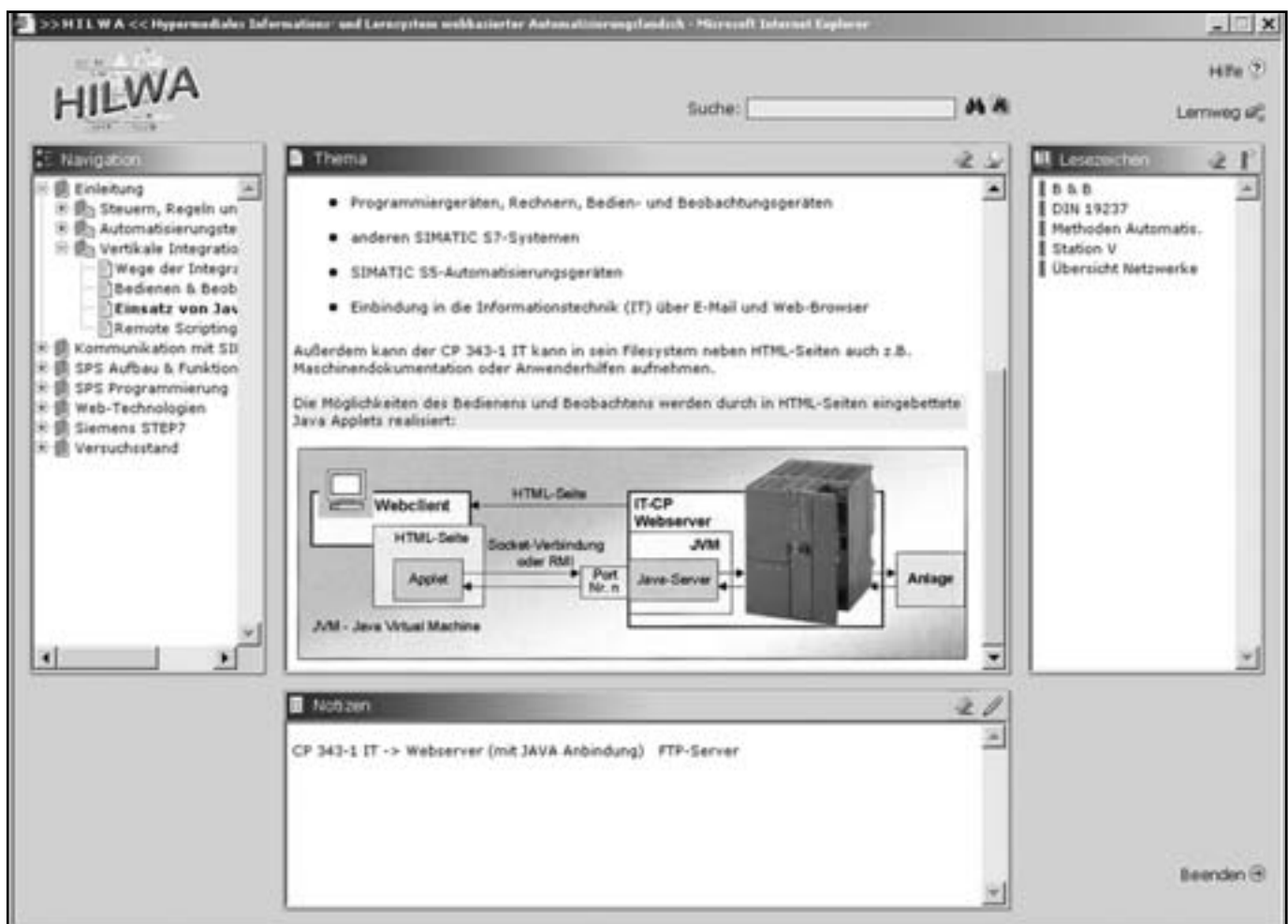


Abb.3: Benutzungsschnittstelle des Prototypen

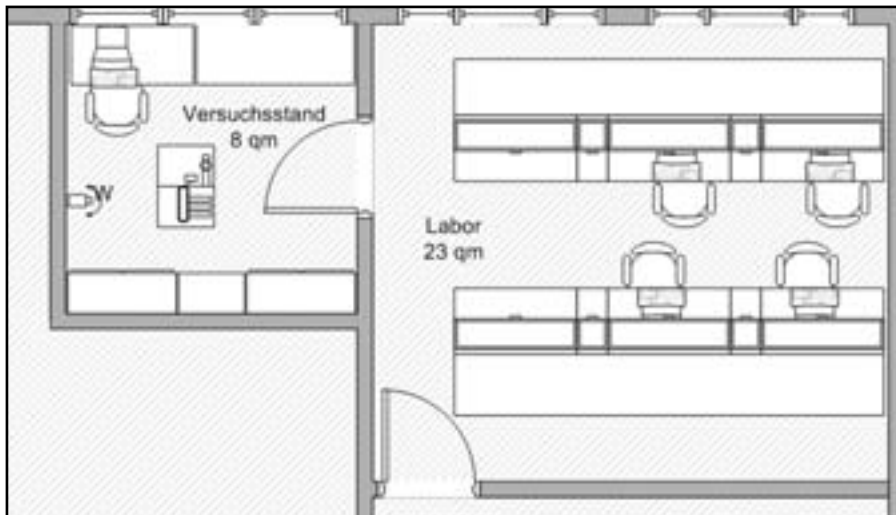


Abb. 4: Raumplan für das Lernprojekt „HILWA“

jekt „HILWA“ gestaltete Benutzungsschnittstelle des Prototypen.

Aus *Lernersicht* realisieren die Funktionsmodule folgende Merkmale:

- Präsentation einer Navigation auf Basis der definierten Sachstruktur der Lerninhalte;
- Präsentation einer gewählten Inhaltsseite;
- Verwaltung und Erzeugung von Lesezeichen für einzelne Inhaltsseiten;
- Verwaltung von Kommentaren und Ergänzungen für einzelne Inhaltsseiten;
- Verwaltung und Erzeugung von Textmarkern für einzelne Inhaltsseiten;
- Angebot einer Volltextsuche über alle Inhaltsseiten und Kommentare sowie Lesezeichen;
- Erzeugung eines Lernskriptes als individuelle Auswahl relevanter Inhaltsseiten, erweitert um die eigenen Kommentare und Ergänzungen.

Aus *Lehrersicht* werden zusätzlich folgende Merkmale durch das HILS-Framework geboten:

- Dokumentation von individuellen Lernwegen;
- Dokumentation von benutzten Suchbegriffen;

- Quantitative Erfassung von Kommentaren, Lesezeichen und Textmarkern.

### Durchführung

Für die Akzeptanz- und Optimierungsstudie wurden Auszubildende als Mechatroniker, IT-Systemelektroniker (Fachrichtung Systemintegration) sowie Fachinformatiker der Walter-Lemkuhl-Schule Neumünster bzw. der Beruflichen Schulen Garden in Vierergruppen zusammengestellt.

Jede Vierergruppe wurde mit Problemstellungen konfrontiert, welche in eine praxisgerechte und realistische Rahmenhandlung eingebettet war. Die Problemstellungen sollten gemeinsam in der Gruppe unter Nutzung der eingangs beschriebenen Lernwerkzeuge bearbeitet werden und beinhalteten folgende Schwerpunkte:

- Implementierung von Anlagenkomponenten in Form von Sensoren und Aktoren am Versuchsstand (Verdrahtung, Pneumatik);
- Erstellung eines Steuerprogrammes auf einer S7-300 SPS mit Siemens STEP7;
- Bereitstellung der Prozessdaten auf den Siemens IT-CPs;
- Planung und Design von anforderungsgerechten HTML-Seiten für die Siemens IT-CPs;
- Einbindung und Konfiguration von Java-Applets in HTML-Seiten, um die Prozessdaten darzustellen;

- Datenaufbereitung und Visualisierungen mithilfe von Javascript;
- Dokumentation der realisierten Problemlösungen.

Der zeitliche Rahmen wurde auf 4 Termine à mindestens 3 Stunden festgesetzt.

Abbildung 4 zeigt den Raumplan für das Lernprojekt „HILWA“, dargestellt sind der MPS Versuchsstand, ein PC-Arbeitsplatz für die SPS-Programmierung, die steuerbare Webcam sowie die PC-Arbeitsplätze für den Zugriff auf das Lernsystem.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse, gewonnen über die an den MPS-Versuchsständen realisierten Problemlösungen, anonymen schriftlichen Befragungen, dem ISO-NORM 9241/10 (vgl. PRÜMPER 1997), quasi-standardisierten Interviews sowie die dokumentierte Bandbreite der individuell gewählten Lernwege zeigten den hohen Gebrauchswert des HILWA-Prototypen.

Besonders positiv wurde die Kooperationen mit den Auszubildenden der jeweils anderen Berufsgruppen hervorgehoben.

### Nutzen für die Berufsschule

Der Nutzwert des HILWA-Prototypen für die Berufsschule erschließt sich unter mindestens drei Sichtweisen: der des Auszubildenden, des Berufsschullehrers und der Institution Berufsschule.

Der HILWA-Prototyp erweitert die Funktionen des modularen Produktionssystems MPS um die Web-basierte Diagnose über SPS und Web-Kamera. Damit steht dem Auszubildenden ein aktuelles, praxisnahes Instrument zur Verfügung, mit dessen Hilfe er hochgradig handlungsorientiert seine Fähigkeit erprobt, relevante betriebliche Prozesse erfassen, einschätzen, lösen und bewerten zu können.

Von den Teilnehmern des Vorhabens besonders positiv bewertet wurde die Möglichkeit, dies auch mit Auszubildenden anderer Berufsgruppen durchführen zu können, also Kooperationsformen zu erproben, die in der

betrieblichen Realität reibungsärmeres Zusammenarbeiten gestatten.

Die erkennbaren Teillösungen auf dem Problemlösungsweg wie auch die im HILWA-Prototypen permanent mitlaufende Lernerstatistik gestatten es dem Auszubildenden, seinen Lernfortschritt objektiv, also unbeeinflusst von subjektiven Einschätzungen, feststellen und – im Sinne der geforderten Problemlösung – bewerten zu können.

Während die bisher genannten Nutzwert-Anteile durch Äußerungen der Projektteilnehmer belegt werden können, gilt dies für die folgenden Aussagen nicht; sie basieren auf dem Verfahren der disziplinierten Spekulation.

Für den Berufsschullehrer ist der HILWA-Prototyp ein bisher nicht verfügbares Instrument zur Realisierung der inneren Differenzierung und zum „offenen Unterricht“, weil das Lernsystem wichtige Funktionen des Lehrens und Lernens objektiv zu realisieren im Stande ist. Das macht es dem Lehrer möglich, sich im Rahmen seiner Aufgaben des Lehrens, Erziehens, Beratens, Beurteilens und Innovierens temporär auf spezifische Aufgaben konzentrieren zu können. So ergeben sich beispielsweise durch die offene Struktur des HILWA-Prototypen interessante Perspektiven für Berufsschullehrer bei der Optimierung des Lehrsystems, vor allem bei dessen Anpassung auf die unterschiedlichen Anforderungen im gesamten berufsbildenden Schulwesen. Damit fielen dem Lehrer im Rahmen solcher Innovierungsprozesse

se Aufgaben aus dem Bereich des Lehrsystemdesigns zu.

Wegen seines – derzeit – hohen Grades an Aktualität sowohl hinsichtlich des Inhaltes als auch der Systemarchitektur kann der HILWA-Prototyp zur Weiterbildung von Berufsschullehrern genutzt werden. Besondere Potenziale liegen dabei in der Kooperation der Lernorte wie auch in der Zusammenarbeit mit einschlägigen Hochschulinstituten. Diese Sichtweise gewinnt für die Institution Berufsschule vor dem Hintergrund der sich abzeichnenden Umstrukturierung beruflicher Schulen an Bedeutung.

### Ausblick

Die Weiterentwicklung des HILS-Frameworks als Learning Content Management System (LCMS) wird derzeit durch die Technologiestiftung Schleswig-Holstein gefördert. Geplante Entwicklungsschwerpunkte zielen auf die Erstellung von leistungsfähigen Administrationswerkzeugen sowie der Integration von Techniken der Standardisierung von Lernobjekten (LOM bzw. SCORM – weiterführende Informationen unter [www.learnability.de](http://www.learnability.de))

Das HILS-Framework soll außerdem im Rahmen eines geplanten Projektes – mit modifizierten Zielsetzungen und im Bereich der Haus- und Gebäudetechnik – am Berufsbildungsinstitut der Universität Flensburg eingesetzt werden.

### Anmerkung

<sup>1</sup> Das Projekt wurde von der Firma Festo Didactic in Denkendorf gefördert und im Rahmen der Dissertation des Co-Autors Stephan Raimer an der Universität Kiel bearbeitet.

### Literatur

RAIMER, S.: Anbahnung und Optimierung konstruktionsmethodischer Lernmuster mit hypermedialen Lernsystemen in der technischen Bildung. Elektronische Dissertation, Kiel, 2002, [http://e-diss.uni-kiel.de/diss\\_631/](http://e-diss.uni-kiel.de/diss_631/).

PRÜMPER, J.: Der Benutzerbefragungsbogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zu Reliabilität und Validität In: LISKOWSKY, R./VELICHKOVSKY, B. M./WÜNSCHMANN, W. (Hrsg.) Software-Ergonomie '97: Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung. Teubner, Stuttgart, 1997, S. 55-69.

GÖRNER, C./BEU, A./KOLLER, F.: Der Bildschirmarbeitsplatz. Softwareentwicklung mit DIN EN ISO 9241. Beuth, Berlin u. a., 1999.

KERRES, M.: Technische Aspekte multimedialer Lehr-Lernmedien. In: ISSING/KLIMSA (Hrsg.): Information und Lernen mit Multimedia. Psychologie Verlags Union, Weinheim, 1997, S. 26-44.

---

*Christoph Schwarz*

## Die Zertifizierung eines Berufsbildungszentrums

### Einleitung

Das Berufsbildungszentrum Sulzbach<sup>2</sup>, das nach ISO 9001:2000 als erste öffentlich rechtliche Schule im Saarland zertifiziert wurde, hat etwa 2500 Schüler, die von etwa 100 Kolleginnen und Kollegen unterrichtet werden. Drei Abteilungen im technischen Bereich und zwei Abteilungen im kaufmännischen Bereich organisieren die Erst- und Vollzeitausbildung. In einer

eigenen Fortbildungsgesellschaft werden vielfältige Fort- und Weiterbildungsangebote für Industrie und Handwerk angeboten.

### Schulentwicklung

Die Basis für die Vorbereitung eines Qualitätsmanagement-Systems (QMS) ist ein Schulentwicklungsprogramm gewesen, das über die Laufzeit von etwa drei Jahren die Voraussetzungen

zum Aufbau eines QMS ermöglicht hat.

Begonnen hat das Schulentwicklungsprogramm mit einem Motivationsvortrag an einem pädagogischen Tag. Dabei werden auch Fehler, Schwachstellen und das Verbesserungspotenzial durch die Kollegen analysiert.



Identität	Arbeit	Image
Selbstfindung	Selbstverwirklichung	Fremdeinschätzung
Selbstbild	Selbstgestaltung	Fremdbild
Schulkultur	Arbeitsabläufe	Kommunikation
Grundsätze, Ziele	Kooperation	Bekanntheit/Profil
Innenwirkung	Schulstruktur	Erscheinungsbild
Wohlbefinden	Arbeitsweise	Außenwirkung

Abb. 1: Übereinstimmung von drei Komponenten als Grundlage für CI

Mehrere Arbeitsgruppen haben Verbesserungsmaßnahmen ausgearbeitet, die durch die Schulleitung sofort umgesetzt wurden. So haben die Kollegen erfahren, dass sie den Entwicklungsprozess nach eigenen Vorstellungen verantwortlich mitgestalten können.

Das hat zu einem Motivationsschub geführt und zu einer Identifizierung mit ihrem Arbeitsplatz Schule ganz im Sinne einer Corporate Identity (CI)

a) Motivation = Können + Wollen + Dürfen

b) Corporate Identity = Identität + Image + Umsetzung

Dazu gehört ein ganzheitlicher Identitätsprozess, der alle einbindet, um selbst gesetzte Ziele und Visionen zu erreichen. Die Schulleitung muss dazu die Voraussetzungen schaffen, indem sie sich ihrer Beispielfunktion bewusst wird und alles tut, um die Arbeit der Kollegen in den AG's zu schätzen, zu unterstützen und die Ergebnisse ernsthaft umsetzt. Die Übereinstimmung der in Tabelle 1 genannten Komponenten ist Voraussetzung für ein CI:

Ein wichtiges Hilfsmittel für die Arbeit in den Arbeitsgruppen ist die so genannte AMC-Regel:

**Analysiere:**

Ist-Zustand ermitteln und Sollzustand definieren

**Methoden:**

Induktives Vorgehen: Von einzelnen Maßnahmen zum Gesamtkonzept

**Deduktives Vorgehen:** Von allgemeinen Leitbildern und Trends zu konkreten Maßnahmen

**Controlling:**

Reflektieren, Bewerten, Verbessern

Sowohl bei der Arbeit in den Arbeitsgruppen, als auch bei der Umsetzung von Maßnahmen durch die Schulleitung waren Aktionspläne erstellt worden nach

- Art der Aktionen (Themen),
- Aktionsschritte,
- benötigte Materialien,
- benötigte AGs,
- Zeitpläne,
- Kosten.

Wichtig dabei ist, dass Arbeitsgruppen die Keimzellen der Schulentwicklung sind (vgl. Abb. 2).

Nach etwa drei Jahren der Schulentwicklungsarbeit war im Kollegium ein Bewusstsein für ständige Verbesserung und Qualität entwickelt, sodass der Schritt zum Aufbau eines Qualitätsmanagement-Systems gewagt werden konnte.

*Seneca:*

*Nicht weil es schwer ist wagen wir es nicht, sondern weil wir es nicht wagen ist es schwer.*

### Das Qualitätsmanagementsystem

Ein Qualitätsmanagementsystem (QMS) hat im Betrieb die Aufgabe alles zu tun, Qualität zu erreichen. Qualität ist erreicht, wenn die Anforderungen der Kunden erfüllt sind.

Das QMS des BBZ Sulzbach wurde nach der internationalen Norm ISO 9001: 2000 aufgebaut.

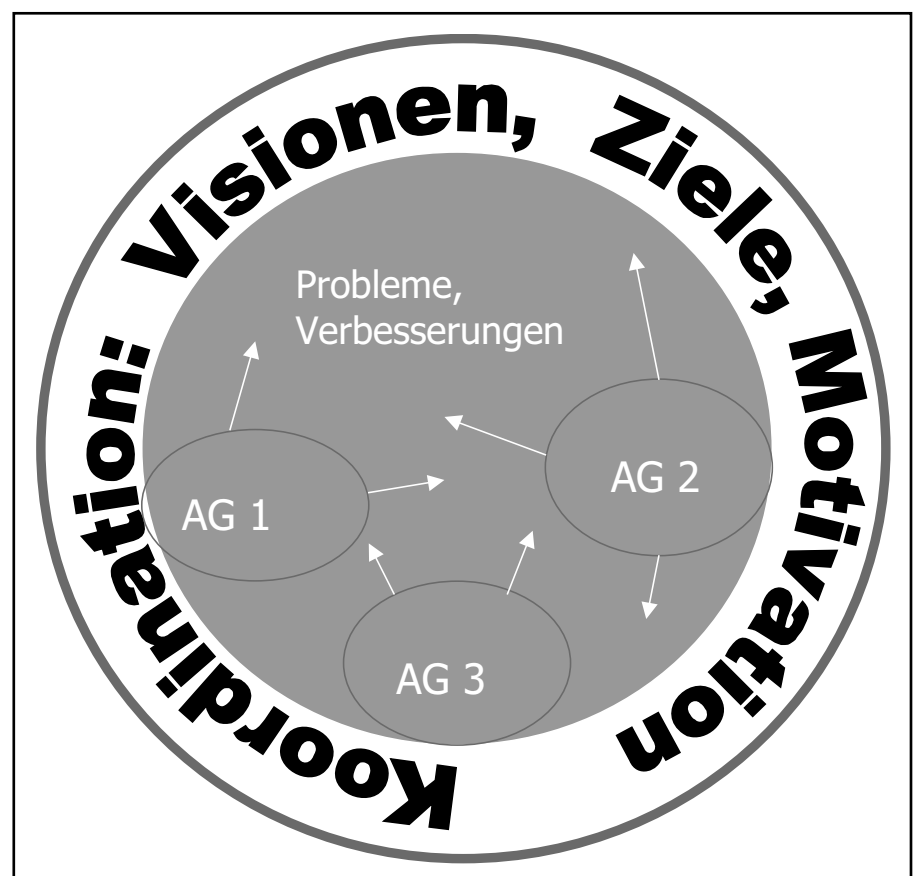


Abb. 2: Arbeitsgruppen als Keimzelle der Schulentwicklung

Des QMS regelt die Aufbau- und Ablauforganisation, die im Qualitätsmanagement-Handbuch (QMH) niedergeschrieben sind. Das QMH ist die „Betriebsanleitung“ in der festgelegt wird Was, Wie, Wann, Wer mit welchen Mitteln durchzuführen hat. Qualitätsmanagement ist die Konsequenz beim Durchführen der alltäglichen Arbeit mit der Absicht von:

- Folgerichtigkeit,
- Beharrlichkeit,
- Zielstrebigkeit.

### Aufbau eines Qualitätsmanagement-Handbuchs

Der Aufbau des QMH des BBZ Sulzbach ist nach dem klassischen Modell erfolgt (Abb. 3).

Im allgemeinen Teil des QMH werden die Q-Politik, die Q-Philosophie und die Q-Ziele des BBZ Sulzbach dargestellt:

#### Leitziele:

- Kundenorientiert,
- aktueller, praxisnaher technischer Stand,
- fachliche und pädagogische Qualifikation,
- ständige Verbesserung.

### Die Kolleginnen und Kollegen des BBZ Sulzbach wollen

- mit hoher Leistungsbereitschaft ihre Aufgaben erfüllen, freundlich, hilfsbereit und mit positiver Ausstrahlung die Schüler betreuen, flexibel auf Wünsche und Probleme eingehen,
- eine hohe Bereitschaft zur Aktualisierung ihrer Kenntnisse und Fähigkeiten zeigen,
- gemeinsam und partnerschaftlich im Kollegium agieren,
- verantwortungsvollen Umgang mit Ressourcen zeigen, mithelfen, ein menschen- und umweltfreundliches Umfeld zu schaffen,
- Schülern ein Vorbild sein,
- Schüler zu verantwortungsvollen, selbstständigen Mitbürger erziehen,
- sich gegen Gewalt, Drogen, Alkoholmissbrauch und Mobbing einsetzen,

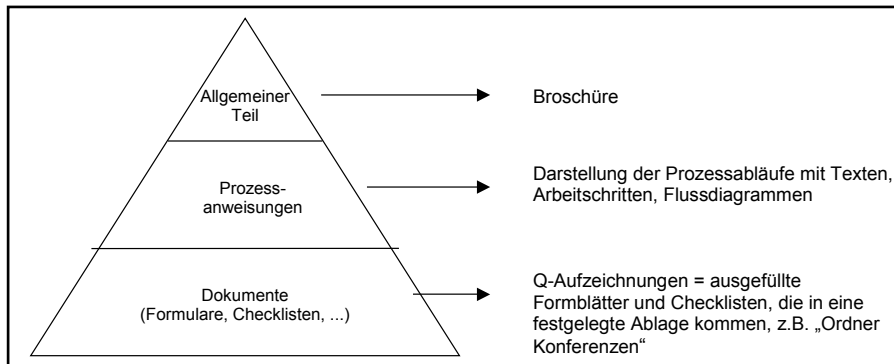


Abb. 3: Aufbau eines QMH

- Kooperation mit Ausbildungsfirmen und Betrieben verfolgen,
- durch Fort- und Weiterbildung auf dem aktuellen Stand der Technik und Pädagogik halten.
- Prozesse definieren,
- Prozesse beschreiben,
- Prozesse analysieren und reflektieren,
- Prozesse bewerten,
- Prozesse optimieren.

In den Prozessanweisungen sind dann die konkreten Abläufe und Prozesse dargestellt. Ein QMS muss alle einzelnen Prozesse genau festlegen. Das geschieht durch die Darstellung in Prozessanweisungen, die beschreiben wer, was, wo, wie, wann durchzuführen hat und welche Hilfsmittel, wie Checklisten, Formblätter, EDV-Programme usw. verwendet werden.

Für die erstellten Prozessanweisungen muss reflektiert werden, ob diese nicht geändert oder verbessert werden müssen.

Dabei gilt:

### QM-Regelkreise

Entscheidend ist der Ausbau von Regelkreisen, die dazu führen, dass bei allen Prozessen durch IST-SOLL-Vergleich festgestellt werden kann, ob der Prozess ohne Störung abläuft, oder ob es Abweichungen gibt, die geeignete Eingriffe und Maßnahmen erfordern.

Das bedingt, dass jährlich neue Q-Ziele entwickelt, das Umsetzen geplant, durchgeführt und dauerhaft das Q-Niveau gehalten wird. Durch externe, neutrale Überprüfung und Kontrolle

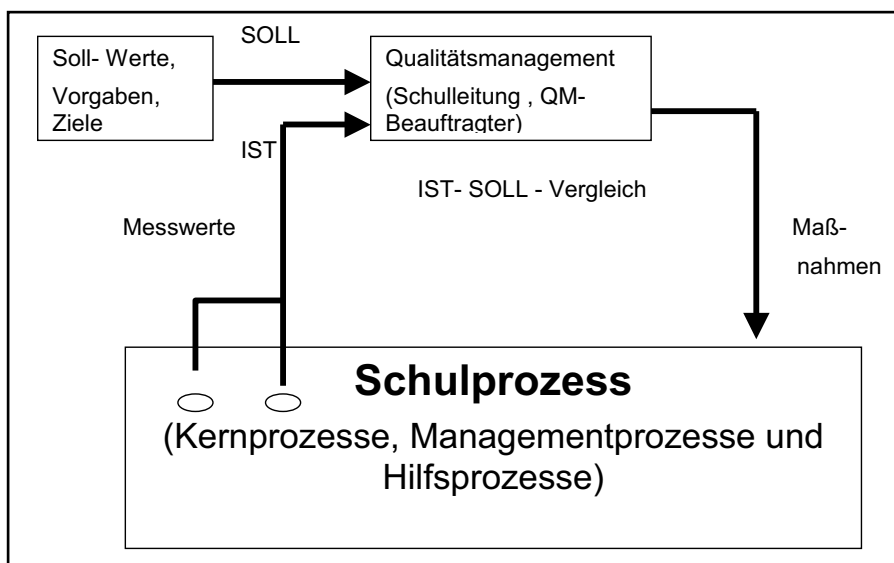


Abb. 4: ISO-Regelkreis zur Qualitätssicherung

(Audit) auf der Basis der ISO-Norm wird dieser Regelprozess mit den vielfältigen Unterprozessen erzwungen (Abb. 4).

Durch die von der Norm ISO 9001:2000 geforderte QM-Systeme ergeben sich enorme Vorteile:

- eindeutige Darstellung und Beschreibung der Abläufe
- eindeutige Zuordnung der Verantwortlichkeit
- Vereinheitlichung der Dokumentation
- ständiger Verbesserungsprozess
- konsequentes Umsetzen der Q-Ziele
- Reflexion der Ergebnisse

### Ermittlung der vorhandenen Qualität

Außer der Kontrolle durch die Regelkreise erfolgt in einem jährlichen Review durch den Qualitätsmanagement-Beauftragten eine Überprüfung, ob die Schulleitung die jährlich festgelegten Jahresziele und QM-Vorhaben erreicht hat.

Durch das jährliche Audit eines neutralen Auditors des Zertifizierers wird geprüft, ob die Forderungen der Norm ISO 9001:2000 eingehalten werden. Dazu gehört die Überprüfung des QMH. Die Überprüfung der Prozessanweisungen durch Stichproben und die Überprüfung der ermittelten Qualitätsdaten durch Befragung der „Kunden“.

Die Norm fordert auch, dass die Schule die gesamten Prozesse mit „Messpunkten“ überprüft, ob die Ist-Daten mit den Vorgabedaten übereinstimmen. Dazu gehören z. B. Überprüfungen der Klassen- und Notenlisten, Gebäudekontrollen, Überprüfung der Infomaterialien, Bewertung der Schule und Lehrer durch die Schüler sowie Befragungen und Rückmeldungen der Ausbildungsfirmen, Kammern oder Eltern. Die anschließende Auswertung ergibt ein Bild über die Zufriedenheit der „Kunden“ mit der Arbeit des BBZ Sulzbach.

Um exemplarisch aufzuzeigen, wie tiefgehend bei einem Audit geprüft werden kann, soll hier eine kleine Se-

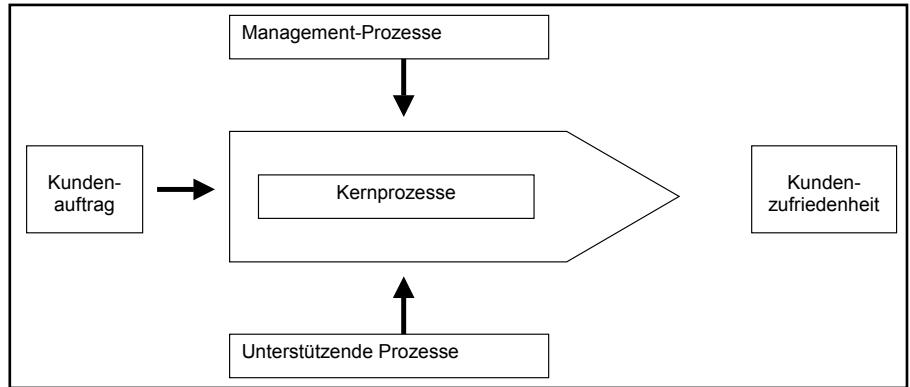


Abb. 5: Prozessmodell zur Qualitätssicherung am BBZ Sulzbach

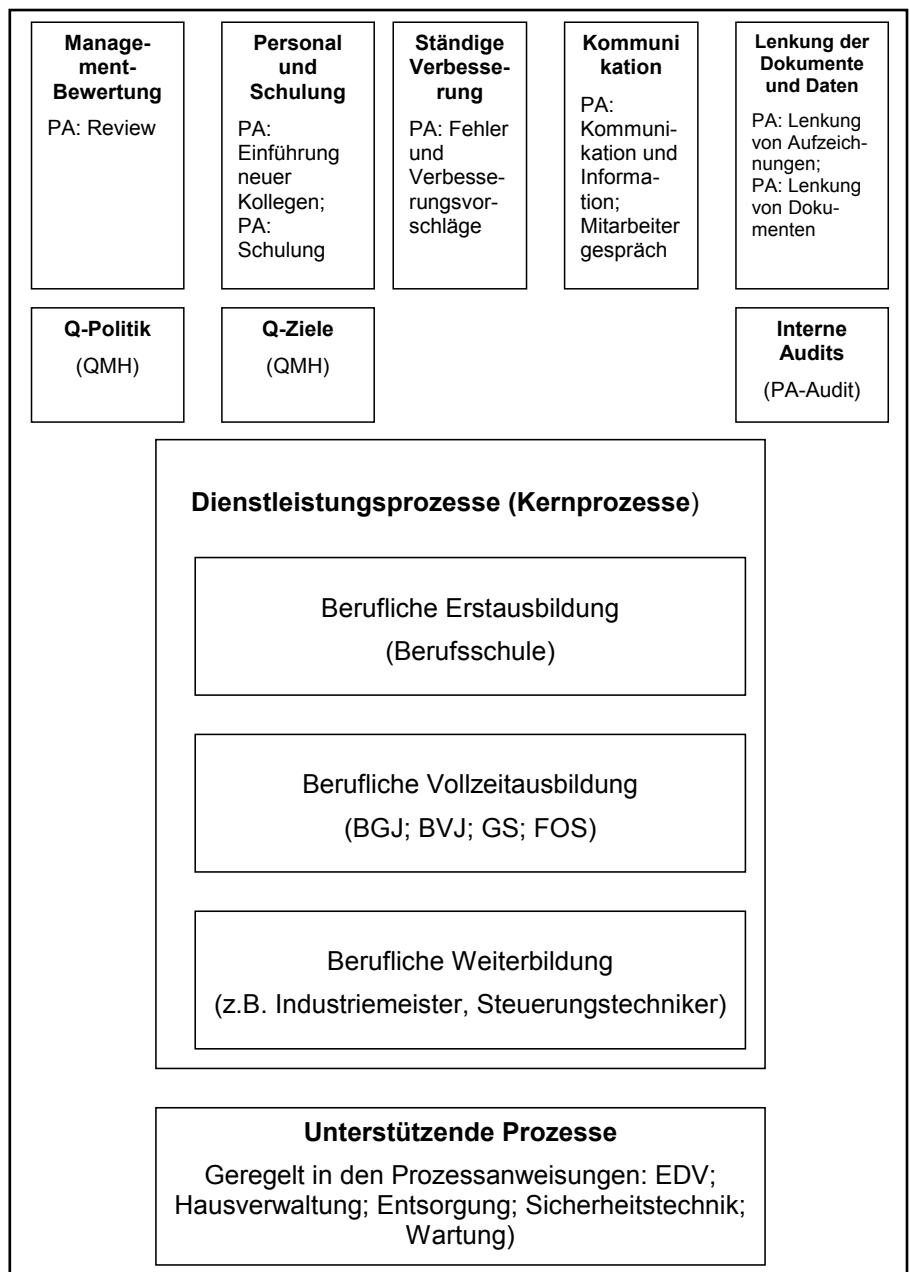


Abb. 6: Struktur des gesamten Prozessmodells

quenz einer Befragung gezeigt werden. Das BBZ Sulzbach hatte einen neuen Roboter angeschafft. Diese Vorgang wurde als Stichprobe durch den Auditor durch folgende Fragen geprüft.

Beispiel: Anschaffung eines neuen Roboters

1. Wie wird die Notwendigkeit der Roboteranschaffung begründet?

- Lehrplan,
- Prüfungsrelevante Anforderung,
- Einsatz in den Betrieben,
- Gab es Alternativen (Simulation).

2. Investition und Mittel

- Ständen ausreichend Mittel zur Verfügung?
- Wurden durch die Anschaffung andere Abteilungen benachteiligt?
- Wurden Möglichkeiten der günstigsten Finanzierung untersucht?

3. Wurde die praktische und pädagogische Eignung geprüft?

- Neuster technischer Stand,
- pädagogische Möglichkeiten,
- Handhabung.

4. Wartung, Bedienung. Ist ein Verantwortlicher benannt?

- Betreuung,
- Inbetriebnahme,
- Pflege,
- Reparatur,
- Wartung,
- Vertretung und Ersatz.

5. Wurde eine Schulung und Einweisung durchgeführt?

- Einweisung durch den Hersteller,
- Schulung der Kollegen,
- Ablage von Bedienungsanweisungen und Unterlagen.

6. Wurden Schulungsunterlagen erstellt?

- Unterlagen für die Hand des Lehrers,
- Unterlagen für die Hand des Schülers,
- Folien und Übungsblätter,
- Tests und Übungen,
- Klassenarbeiten.

7. Wie ist der Erfolg der Roboterschulung festgestellt worden?

- Schülerordner,

- Auswertung von Klassenarbeiten,
- Notenspiegel,
- Vergleich mit anderen Klassen,
- Befragung der Schüler.

8. Welche Verbesserungsmaßnahmen wurden eingeführt?

- Gab es Fehlermeldungen?
- Gab es Verbesserungsvorschläge?
- Sind Maßnahmen zur Verbesserung eingeführt, umgesetzt und überprüft worden?

Diese Fragen mussten durch Unterlagen, Wartungspläne, Schulungslisten usw. belegt werden. Hier wird einsichtig, wie sorgfältig ein Audit vorbereitet werden muss, um dieses erfolgreich abzuschließen und ein Zertifikat zu bekommen. Das Prozessmodell zeigt Abbildung 5.

### Die Prozessmodelle des BBZ Sulzbach

Die gesamten qualitätsorientierten Tätigkeiten und Abläufe können in folgendem Prozessmodell dargestellt werden:

Die genaue Struktur des Prozessmodells am BBZ Sulzbach wird in den Abbildungen 6 und 7 dargelegt.

Die einzelnen Ablaufschritte beinhalten die notwendigen Prozessbeschreibungen. So gehören z. B zu dem Ablaufschritt „Unterrichtsplanung“ folgende Prozessanweisungen:

- Klassenbildung,
- Blockpläne erstellen,
- Aufsichtsplan erstellen,
- Stundenplan erstellen,
- Lehrereinsatzplan festlegen,
- Sporthallenplan,
- Sportbus-Fahrplan.

*Das Qualitätsmanagement plant und organisiert die Abläufe einheitlich, transparent und überprüfbar!*

Die in Blockform dargestellten Ablaufschritte beinhalten die entsprechenden Prozessanweisungen, die folgende Inhaltspunkte haben:

- Ziel und Zweck: Grund der Tätigkeit festlegen.

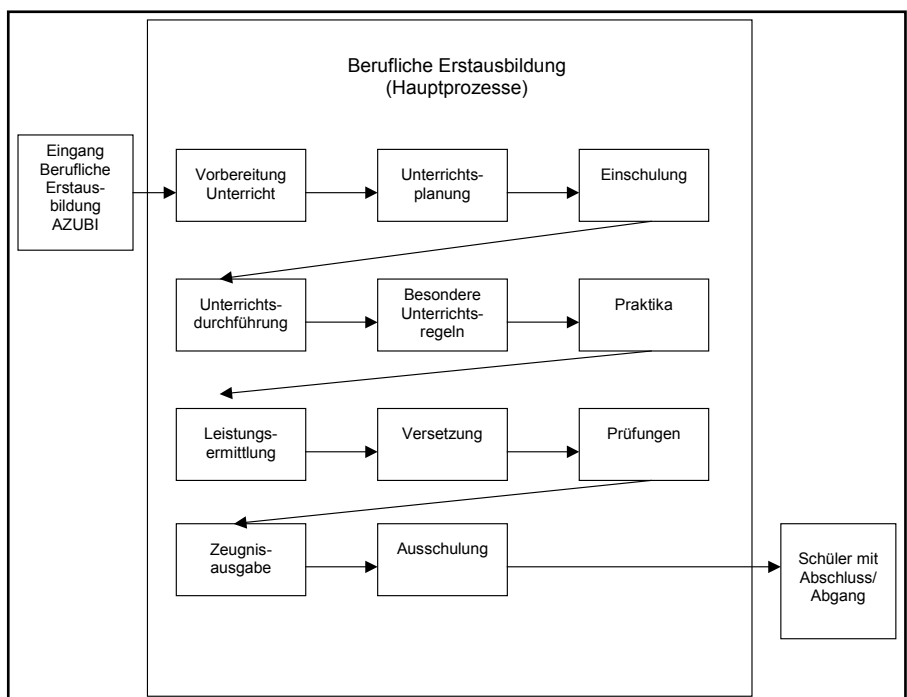


Abb. 7: Teilprozess: Berufliche Erstausbildung

- Bereich: Wo sind die Tätigkeiten durchzuführen?
- Verantwortung: Wer ist für die Tätigkeit verantwortlich?
- Durchführung: Wer macht was, wann, womit ?
- Kontrolle: Welche Prüfmittel und Ergebnisse werden notiert.
- Maßnahmen: Welche Korrekturmaßnahmen werden wann eingesetzt?
- Dokumentation: Welche Ergebnisse und Daten werden erfasst und wo aufbewahrt?
- Anlagen: Welche sinnvolle Muster, Formblätter und sonstige Dokumente sind beizufügen?

Nachfolgend werden drei Beispiele für Prozessanweisungen vorgestellt:

1. Prozessanweisung: Abschluss von Klassenlisten
2. Prozessanweisung: Audit
3. Prozessanweisung: Notenkonferenz

**Prozessanweisung: Abschluss der Klassenlisten**

(Wer, Was, Wie, Wann, Womit)

1. Kurzbeschreibung

Nach Abschluss des Schuljahres oder nach der Ausschulung von Abschlussklassen muss die Klassenliste vom jeweiligen Klassenlehrer abgeschlossen und auf dem Sekretariat abgegeben werden.

2. Ablauf

Der Klassenlehrer überprüft die Vollständigkeit der Eintragungen:

Die Blätter in der Klassenliste werden aus dem Klassenordner entnommen und nach folgender Reihenfolge geordnet:

- Deckblatt mit Klassenbezeichnung,
- Anwesenheitslisten,
- Erklärung der Zeichen und Symbole,
- Notenlisten,
- Blatt mit Beschluss über Zeugnisse und Versetzungen,
- Lehrbericht,

- Blatt mit Einträgen und Bemerkungen.

Entschuldigungsschreiben, Urlaubsanträge und sonstige Blätter werden nicht ablegt.

Danach werden die Blätter am Rand mehrfach zusammengeheftet und im Sekretariat abgeben.

Das Sekretariat heftet die Klassenlisten in den Ordner „Klassenlisten für das Schuljahr xx/yy“ ab.

In diesem Ordner muss ein Deckblatt vorhanden sein, auf dem alle Klassen aufgelistet sind. Abgelegte Klassenlisten werden dort abgehakt. So hat man schnell einen Überblick über die Vollständigkeit.

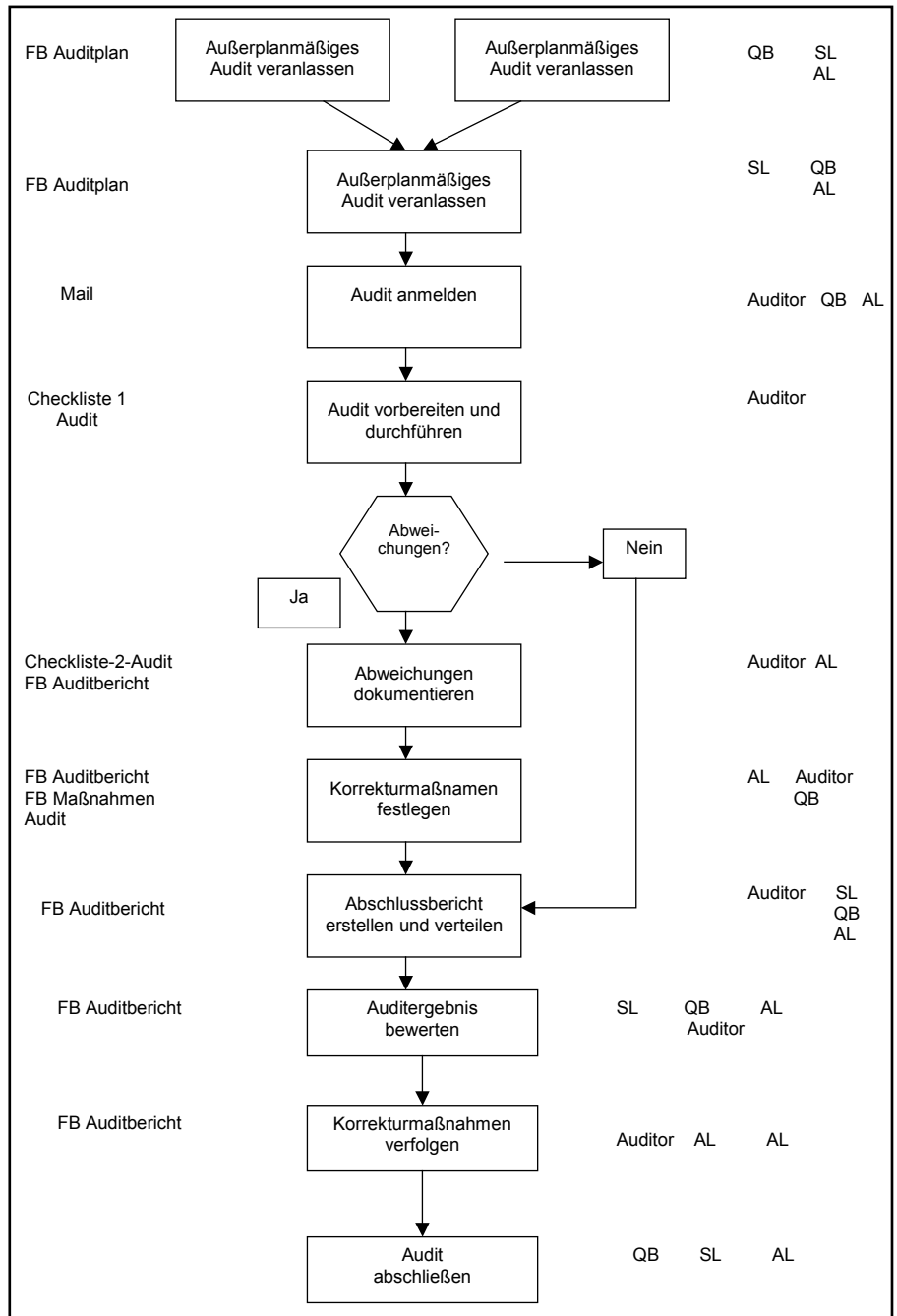


Abb. 8: Ablauf (Legende: CH = Checkliste; FB = Formblatt; SL =Schulleitung; AL = Abteilungsleitung; D = Durchführung; M = Mithilfe; I = Information)

<b>Maßnahmen zum Audit</b>			
Korrekturmaßnahme Nr.:		Bericht Nr.:	
(Vorschlag zur Verbesserung)		Bereich:	
		Q-Element:	
Frage:		Auditor:	
Prüfergebnis/Bewertung:			
Empfohlene Maßnahme:			
Nachaudit erforderlich : ja/nein		Datum:	Unterschrift:
Verantwortlich für die Durchführung der Maßnahme:			
Name:		Abteilung:	Korrekturtermin:
Beschreibung der durchgeführten Maßnahme:			
Ergebnis der Überprüfung ( oder Nachaudit):			
Datum:		Auditor:	

Abb. 9: Maßnahmenblatt-Audit

Fehlende Klassenlisten werden vom Sekretariat beim Klassenlehrer ange-mahnt.

**Prozessanweisung: Audit**

(Wer, Was, Wie, Wann, Womit)

1. Kurzbeschreibung

Die internen Qualitätsaudits haben zur Zielsetzung, die Einhaltung der Handbuchvorgaben zu überprüfen und bei festgestellten Abweichungen Maßnahmen einzuleiten. Insgesamt wird ermittelt, ob die QM-Elemente die festgelegten Anforderungen erfüllen, ob die angestrebten Qualitätsziele erreicht sind und welche Verbesserungen angestrebt werden sollen. Die Qualitätsaudits sollen eine Möglichkeit der ständigen Verbesserung bieten. Das Systemaudit stellt fest, ob die Wirksamkeit des QM-Systems gewährleistet ist und ob alle geforderten QM-Elemente bestehen und angewendet werden. Das Systemaudit ist eine ganzheitliche Betrachtung des QM-Systems auf der Grundlage des

QM-Handbuchs und den Verfahrens- und Arbeitsanweisungen.

2. Verantwortung

Für die Qualitätsaudits ist grundsätzlich der QMB verantwortlich.

3. Häufigkeit des Audits

Die internen Audits werden jährlich einmal nach einem vorgegebenen Auditplan durchgeführt, der vom Qualitätsmanagement-Beauftragten (QMB) im Auftrag der Leitung aufgestellt wird (QMD 17-1). Außer dem jährlichen Zyklus kann ein Audit bei Organisationsänderungen, vermutete Risiken oder besonderen Abweichungen zusätzlich durchgeführt werden.

4. Vorbereitung des Audits

Das Audit wird vom QMB vorbereitet, nachdem die Leitung den Auftrag erteilt hat. Die Vorbereitung beinhaltet die Erstellung des Terminplanes. Zeitraum, Ort, Interviewpartner, Termine für das Eröffnungs- und Abschlussgespräch sind in Absprache mit den Mitarbeitern festzulegen. Den Fragekata-

log erstellt der QMB und legt die Bewertungskriterien fest. Die Termine, Auditthemen und -fragen erhalten die Interviewpartner rechtzeitig vom QMB zugestellt.

5. Ablauf (Abb. 8)

6. Dokumentation

- Auditterminplan,
- Formblatt für Auditfragen,
- Auditbericht,
- Maßnahmenblatt Audit (Abb. 9). Ablage: Ordner „Audit“

**Prozessanweisung: Notenkonzferenz**

(Wer, Was, Wie, Wann, Womit)

1. Beschreibung

Die Schulleitung legt mit den Abteilungsleitern die Termine für die Notenkonzferenzen fest. Der Termin muss mindestens drei Tage vor der Zeugnisausgabe festgesetzt werden. Montag und Freitag soll nach Möglichkeit keine Konferenz angesetzt werden wegen der Abwesenheit der Referendare.

2. Ablauf (Abb. 10)

**Der zeitliche Ablauf (Schritte zur Zertifizierung)**

**Schulentwicklung**

Seit 1999 Schulentwicklungsprogramm mit den Inhalten:

- Lernmethoden,
- Problemlösungsverfahren,
- Bewertung und Beurteilung,
- Bessere Schulverwaltung,
- Einheitliche Verfahren,
- Informationsfluss,
- Bild der Schule.

*Einführung eines Qualitätsmanagement Handbuchs*

- Schulung im QM-Bereich ab Dez. 2002,
- 28 Arbeitsgruppen bearbeiten die einzelnen Prozesse (Abläufe, Formulare, Regelungen),
- Korrektur und Anpassung,
- des QMH im April 2003,

Schritt	Tätigkeit	Verantwortung	Unterlagen
1	Festlegung Termin Notenkonferenz und Zeugnisausgabe Hinweis: Termin BS: Drei Tage vor der Zeugnisausgabe im 6-Wochenblock Im 3-Wochenblock ist die Zeugnisausgabe eine Woche vor dem Halbjahreswechsel, in der Woche des Halbjahreswechsel und eine Woche nach dem Halbjahreswechsel	SL	
2	Bekanntgabe der Termine	SL	Rundlauf
3	Erläuterung der Notengebung und Zeugnisbemerkungen:	SL	PA Leistungsermittlung PA Klassenarbeiten Zeugnis- und Versetzungsordnung
4	Die Klassenlehrer legen dem AL die Klassenlisten vor. Dieser überprüft die Noten und Bemerkungseinträge.	AL; KL	
5	Checkliste zur Prüfung: 1. Sind alle Fehltage eingetragen und Entschuldigungen berücksichtigt? 2. Sind bei längerem unentschuldigtem Fehlen Mahnungen erfolgt? 3. Sind die Mahnungen, Verweise usw. im Klassenbuch eingetragen? 4. Ist ein Eintrag n.f. begründet und wurden Nachholtermine angeboten? 5. Ist die Sportbefreiung durch eine Bescheinigung bestätigt? 6. Ist die Schüllerliste aktualisiert? (Ausschulung, Neuaufnahme, Klassenwechsel, fehlende Daten usw.?) 7. Sind die Berechtigungen für die Abschlüsse geprüft? • BGJ: Hauptschulabschluss oder Übergang in Gewerbeschule • Berufsschule: Hauptschulabschluss oder Mittlerer Bildungsabschluss 8. Sind bei verspätet eingeschulten Schülern die tatsächlichen Schultage eingetragen? 9. Ist bei den Abschlussklassen die Zeugnisart (AG; AS) angegeben und im Schulverwaltungsprogramm angegeben?	AL	Amtsblätter
6	Kontrolle der Eingabe der Abschlusszeugnisse im Schulverwaltungsprogramm	AL	

Abb. 10: Ablauf

- Pro Kollege/Kollegin 36.5 Std. Schulung und AG-Arbeit.

#### Die Zertifizierung

- Voraudit
- Änderungen, Anpassungen
- Zertifizierungsaudit
- Überreichung des Zertifikats

Nach der erfolgreichen Zertifizierung kann man für das BBZ Sulzbach feststellen, dass ein wirklich erfolgreiches QMS aufgebaut wurde, das von den Kollegen akzeptiert wird, weil sie am Aufbau des QMS maßgeblich beteiligt werden, die Vorteile des QMS im Schulalltag erleben und die Schullei-

tung sich des Motivationspotenzial durch ihre Vorbildfunktion bewusst ist. Es kann nur das von einem Kollegen erwartet werden, was die Schulleitung selbst vormacht und vorlebt, sowie die Anregungen und Verbesserungsvorschläge der Kollegen annimmt, akzeptiert und umsetzt. Für die Zukunft gilt es, die erreichte Qualität zu sichern und zu verbessern.

#### Anmerkungen

- <sup>1</sup> Der Autor war von 1999 bis 2004 als stellvertretender Schulleiter am Berufsbildungszentrum Sulzbach tätig, wo er ein Schulentwicklungsprogramm erstellt hat, das 2002 in einem Projekt zur

Erstellung eines Qualitätsmanagementsystems mündete und mit einer Zertifizierung nach ISO 9001:2000 im Jahre 2003 abschloss. Seit 1984 ist er mit dem Thema Qualitätsmanagement beschäftigt. Er hat QM-Lehrgänge für die IHK-Weiterbildung entwickelt und unterrichtet. Bei mehreren Firmen war er als Berater bei der Erstellung von Qualitätsmanagementhandbüchern und zur Vorbereitung der Zertifizierung tätig, wo er auch die internen Audits durchgeführt hat. Seit Februar 2004 ist er am Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft des Saarlandes für den Bereich „Qualitätsmanagement an beruflichen Schulen“ zuständig.

- <sup>2</sup> Das Berufsbildungszentrum Sulzbach ist als erste öffentlich rechtliche Schule im Saarland nach ISO 9001:2000 zertifiziert.

Jörg-Peter Pahl/Volkmar Herkner (Hrsg.)

#### Berufliches Lernen im Bereich der HSC-Technologie

wbv Verlag Dresden 2004, 211 Seiten, ISBN 3-935929-06-4, 11.90 EUR



Werkzeugmaschinen der Hochgeschwindigkeitsbearbeitung und flexibel automatisierte Fertigungssysteme stellen besondere Anforderungen an die Beschäftigten im Bereich der Zerspangungsfacharbeit. Benötigt werden spezielle Qualifikationen, die auf der bisherigen rechnergestützten Facharbeit basieren. Deshalb ist es notwendig, diesen Bereich der Facharbeit im Zusammenhang von Arbeit, Technik und Bildung für berufliches Lernen zu thematisieren.

Mit dem Reader zur Fachtagung am 5. und 6. April 2004 im holländischen Winterswijk werden erste Ergebnisse des LEONARDO-DA-VINCI-Pilotprojektes „HSC-Technologie – Europäischer Innovationstransfer durch berufliche Zusatzausbildung“ vorgestellt.

Sven Mohr

# Lernsituation: „Einsatz von Rapid-Prototyping – ein Praxisbeispiel“

## Einführung

Die vorzustellende Lernsituation basiert auf einem Bauteil aus einem Kälte-Drucklufttrockner. Die Trockner werden von einem Ausbildungsbetrieb in der Region hergestellt. Aus dem Betrieb sind zwei Auszubildende in der Klasse, in der der Unterricht durchgeführt wurde.

Der Unterricht begann mit einer Einführung in die betriebliche Situation. Dazu wurden die Produkte der Firma vorgestellt und die Notwendigkeit erläutert, warum und für wen Druckluftaufbereitung wichtig ist (Abb. 1). In einem zweiten Schritt wurde die Funktion und der Aufbau von Kälte-Drucklufttrockner von den Schülern erarbeitet. Die betriebliche Situation und die Funktionserklärung wurde von den beiden Auszubildenden aus dem Betrieb vorgestellt, die sich mit Kurzreferaten auf den Unterricht vorbereitet hatten.

## Funktionsbeschreibung:

Die Kälte-Drucklufttrockner funktionieren nach dem Prinzip eines Kühlschranks. Der Luft/Luft-Wärmetauscher dient zur Vorkühlung der Druckluft. Die weitere Abkühlung auf den Drucktaupunkt erfolgt im Kältemittel/Luft-Wärmetauscher, der durch den

Kältemittelkreislauf gekühlt wird. Während des Kühlvorganges fällt die Feuchtigkeit der Druckluft als Kondensat aus und wird automatisch abgeleitet.

Die Kälte-Drucklufttrockner werden in unterschiedlichen Baureihen und Baugrößen hergestellt. Der zu trocknende Volumenstrom liegt je nach Baugröße zwischen 40 m³/h und 10000 m³/h.

## Rahmenbedingungen

In der Klasse werden Technische Zeichner/Innen in der Fachrichtung Maschinen- und Anlagentechnik beschult. Die insgesamt 12 Schüler sind in der Mittel- und Oberstufe.

Der Unterricht fand in einem Laborraum statt, der mit 14 PCs ausgestattet ist. Die PCs sind vernetzt und haben Internetzugang. Die im Unterricht verwendete 3D-CAD-Software ist Caddy++ Maschinenbau.

## Ausgangslage:

Das Expansionsventil (Abb. 1: Teil 9) für einen großen Kälte-Drucklufttrockner mit sechs parallelen Wärmetauschern konnte im Rahmen der zur Verfügung stehenden Zeit von dem zuständigen Technischen Zeichner im Betrieb nicht vollständig gezeichnet

werden. Die Körperkanten im Schnitt waren nur mit großem Aufwand abzuleiten, daher wurde die Schnittdarstellung in vereinfachter Weise dargestellt.

## Zielsetzung des Unterrichts

Die Schüler haben in einem ersten Unterrichtsschritt die Aufgabe erhalten, die Schnittansichten für das Bauteil zu erstellen. Dazu wurde der Körper als 3D-CAD-Modell erstellt (vgl. Abb. 2) und anschließend wurden daraus die Schnitte (vgl. Abb. 3) generiert. Das Ableiten der Modellansichten und Schnitte erfolgt im 3D-CAD-Programm nach Aufruf der Funktion automatisch.

Als Grundlage diente die vorliegende Fertigungszeichnung aus dem Betrieb, nach deren Maße die Halbschnitte der Rotationskörper gezeichnet wurden (vgl. Abb. 4).

Die Zeichnung wurde als DXF-Datei gespeichert und dem Betrieb zur Verfügung gestellt. Die folgenden Unterrichtsschritte standen nicht mehr im direkten Zusammenhang mit der konkreten betrieblichen Aufgabenstellung. Die Ergänzung der Lernaufgabe wurde vorgenommen, da die sich anbietende Erweiterung als sinnvoll erachtet wurde.

Als erstes wurde die spanende Fertigung des Bauteils erörtert. Es folgte ein Diskussion über mögliche Fertigungsverfahren, mit denen das Bauteil alternativ gefertigt werden könnte. Unter anderem wurde das Feingießen als ein sinnvolles Verfahren erarbeitet, da die Stückzahl des Bauteils sehr gering ist und eventuelle Optimierungen des Expansionsraumes möglich sind, die bei der bisherigen spanenden Herstellung nicht zu realisieren sind.

Für die Modellherstellung hat die Lehrkraft Rapid-Prototyping-Verfahren vorgestellt. Die Schüler erhielten die Aufgabe aus dem bestehenden 3D-CAD-Modell Daten zu generieren, sodass das Bauteil auf einer Rapid-Pro-

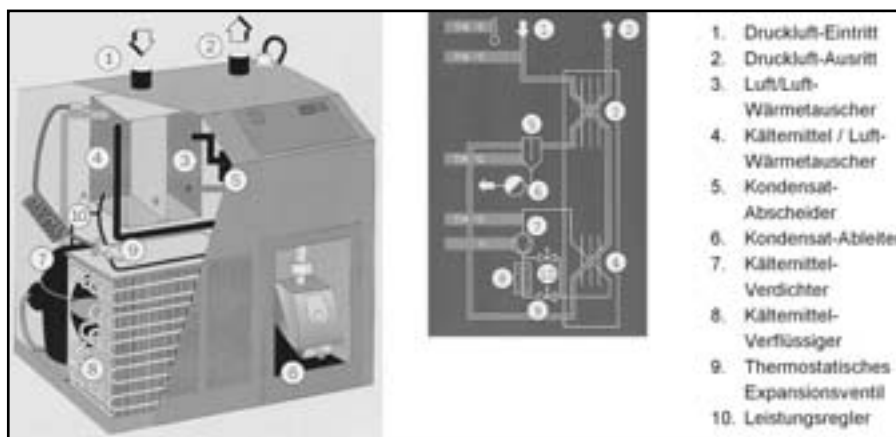
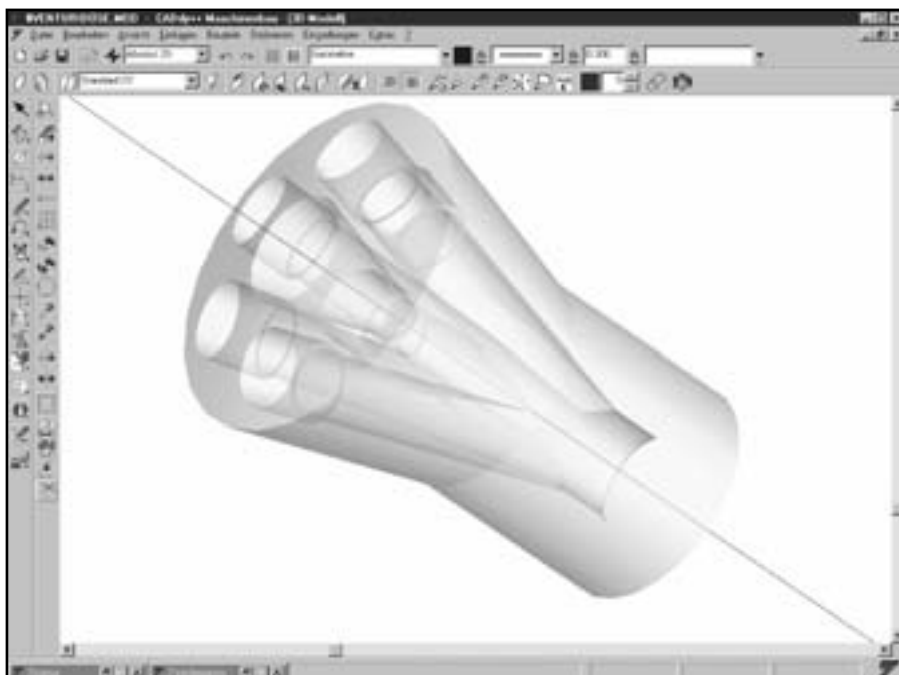


Abb. 1: Kälte-Drucklufttrockner





tragen durch die Anbindung an eine reale Aufgabenstellung aus einem Ausbildungsbetrieb und die konkrete Erstellung eines Produktes unter Nutzung von Datensätzen innerhalb der Prozesskette.

Dabei erwies sich das Rapid Prototyping als ein schnelles Verfahren, um die Prozesskette vom 3D-CAD-Modell bis zum konkreten Bauteil realisieren zu können. Gerade für Technische Zeichner ermöglicht das Rapid Prototyping Verfahren schnell und sogar kostengünstig geometrisch aufwendige Modelle herzustellen.

Der Kontakt zu Dienstleistungsunternehmen in der Branche zeigt, dass für kleine Bauteile Berufsschulen die Gelegenheit bekommen, für wenig Geld oder sogar kostenlos Rapid-Prototyping-Modelle anfertigen zu lassen. Etwas Geduld ist dann allerdings nötig, da die Modelle in der Regel bei anderen Aufträgen mit angefertigt werden. Der Kostenanteil für das Material beträgt für das vorliegende Bauteil ca. 25,- EUR. Der Maschinenstundensatz wurde nicht berechnet, er beträgt bei kommerziellen Dienstleistungsunternehmen ca. 150,00 EUR.

Die Schüler waren sehr motiviert durch die Aufgabe, weil sie

Abb. 2: Fertig generiertes 3D-CAD-Modell

tototyping-Maschine hergestellt werden kann. Dazu wurde die STL-Schnittstelle des Programms genutzt. Die STL-Datei wurde per E-Mail-Anhang zu einem Rapid Prototyping Hersteller verschickt. Das Modell wurde angefertigt und über den Postweg zurückgeschickt.<sup>1</sup> Die Schüler konnten zum nächsten Schultag in der darauffolgenden Woche das Modell weiter nutzen.

teile, ebenso wie übergreifende, systemorientierte Theorieanteile. Im Praxisteil wurde wirklich gearbeitet und in den theoretischen Unterrichtsteilen über diese Arbeit hinausgehend die Zusammenhänge erkannt und verallgemeinert. Der Unterricht wurde ge-

Das Rapid-Prototyping-Modell wurde vermessen und seine Eignung als Feingussmodell beurteilt. Dabei zeigte sich, dass die grobe Einstellung bei der Erzeugung der STL-Datei zu Formabweichungen geführt hat. Ebenfalls wurden die im Verfahren erzeugten Stützkonstruktionen im Inneren des Modells als nachteilig bewertet. Insgesamt wurde das Feingießen für das Expansionsventil nur dann für sinnvoll eingeschätzt, wenn der Expansionsraum umgestaltet werden sollte. Nacharbeiten am Rapid Prototyping Modell sind vor der Herstellung des Gussmodells durchzuführen.

**Ergebnisse und Bewertung**

Die Unterrichtseinheit enthielt der betrieblichen Praxis zugeordnete, an technischen Elementen orientierte An-

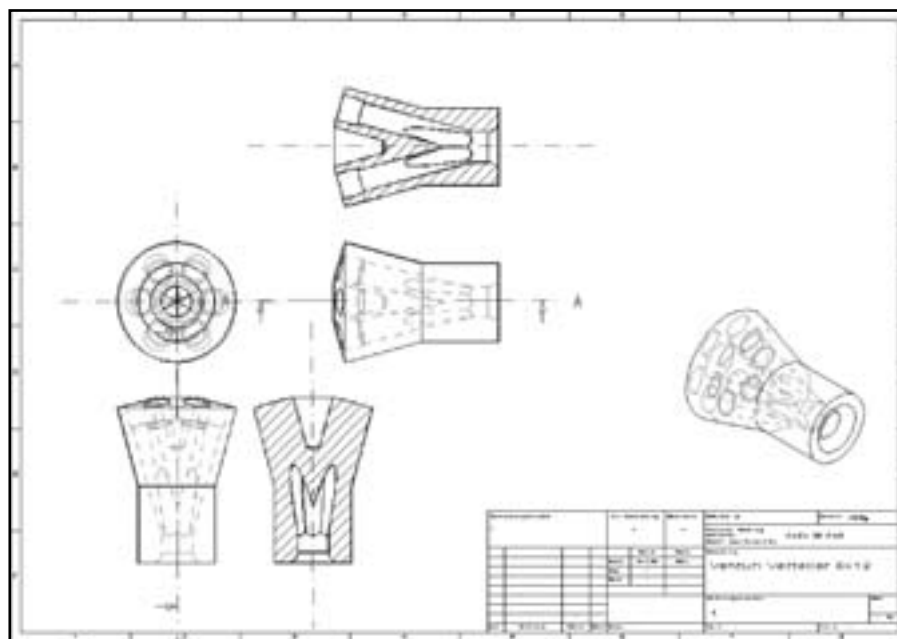


Abb. 3: Zeichnung mit Schnittansichten

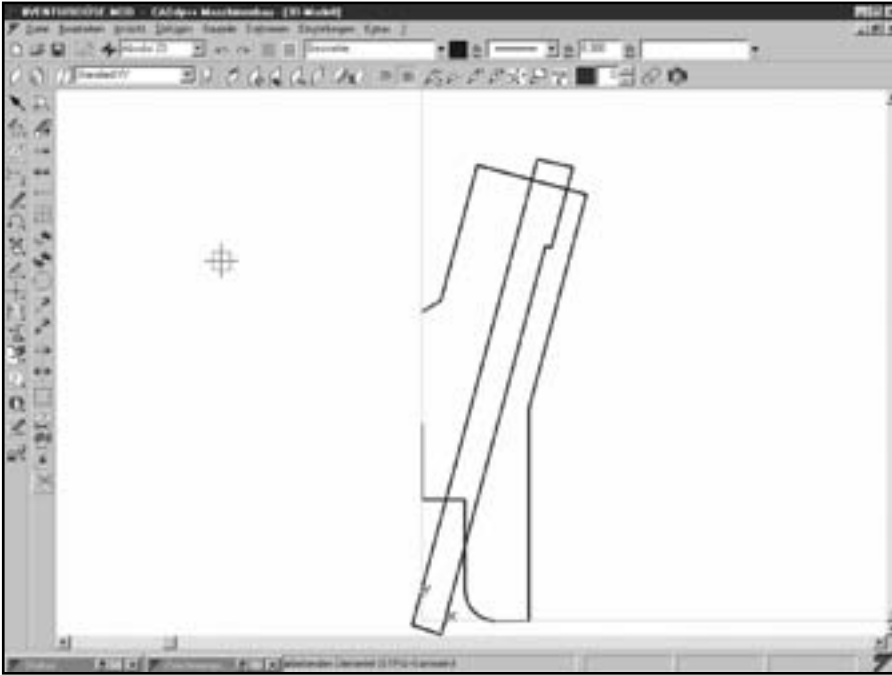


Abb. 4: Halbschnitte für den Ventilkörper und die Bohrung vor dem Generieren des Volumenmodells als Rotationskörper

- in kurzer Zeit die Schnittansichten mit dem 3D-CAD Programm erstellen konnten,
- mit dem Rapid Prototyping Verfahren ein für sie bis dahin unbekanntes Fertigungsverfahren kennen gelernt haben und nutzen konnten,
- in sehr kurzer Zeit das fertige Bauteil in den Händen hatten.

**Anmerkung**

<sup>1</sup> Das Modell wurde auf einem Thermo Jet Printer von 3d Systems hergestellt.

**Literatur**

ANSORGE, M./ABRAHAM, T./TANK, B.-M.: Rapid Prototyping – Neue Technik am CIMTT. Unveröffentlichtes Manuskript des Instituts für CIM-Transfer an der Fachhochschule Kiel, Kiel, 2000.

GEBHARDT, A.: Rapid Prototyping: Werkzeuge für die schnelle Produktentstehung. 2. völlig überarbeitete Neuauflage, Hanser, München, Wien, 2000.



Abb. 5: Expansionsventil (stehend: spanend hergestellt, liegend: Rapid-Prototyping-Modell als Wachsmodell für den Feinguss)

Claus Holm/Lars Windelband

# Aufgabenwandel in Unternehmen – Dienstleistung und Facharbeit

## Einleitung

Beispielgebende Unternehmensentwicklungen können eine Antwort auf die Frage geben, inwiefern Qualifikationsanforderungen in der Metallbranche entstehen, die durch Wahrnehmen von Dienstleistungsaufgaben bedingt sind.<sup>1</sup> Hierbei wird insbesondere der Aufgabenwandel auf der Facharbeiterebene gesehen, der durch den in der direkten Produktion stattfindenden Strukturwandel bedingt ist. Aus Sicht verschiedener Unternehmensperspektiven zeigt sich ein aussagekräftiges Gesamtbild.

## Das Beispiel eines Unternehmens

Ein Unternehmen mit ca. 115 Mitarbeitern ist dem Maschinen- und Anlagenbau zugeordnet und produziert im Bereich Lüftungs- und Klimatechnik. Etwa 50 Prozent der Belegschaft sind Facharbeiter. Es gibt kaum noch Angestellte der leitenden Ebenen, in der Fertigung und Endmontage werden fast ausschließlich Facharbeiter beschäftigt. Die Meisterebene und alle Abteilungsleiterpositionen<sup>2</sup> sind im Zuge der jüngeren Unternehmensentwicklung fast völlig aus der Unternehmensstruktur entfernt worden. Die Aufgaben werden von den Facharbeitern in ihrem Team und zwei Koordinatoren übernommen. Bezeichnend für die Unternehmensphilosophie ist, dass auch der Kunde im Organigramm zu finden ist (vgl. Abb. 1), und zwar nicht als Anhängsel, sondern quasi als Chef des Unternehmens. In dieser Organisationsstruktur hängen die Funktionsbereiche des Unternehmens nicht am Geschäftsführer (GF), sondern über ihm. „Dies bedeutet aber nicht, dass das Unternehmen auf den Schultern der Geschäftsleitung lastet. Im Gegenteil! Die Teams genießen einen hohen Vertrauensvorschuss und es wird erwartet, dass sie ihre Aufgaben selbstständig lösen“ (GF). In erster Linie will der Kunde hervorragend konstruierte und gebaute Produkte er-

werben. Dafür benötigt man nach Aussage des Geschäftsführers „wenig leitende und koordinierende Hierarchien, die letztendlich nur die Preise nach oben treiben.“ Deshalb sind die Organisationselemente, die mit dem Kunden direkte Kommunikationsschnittstellen haben unmittelbar unter demselben angeordnet.

Abb.1 zeigt, wie sich die Facharbeiter der Fertigung sowie alle Mitarbeiter der Auftragsebene mit den Kunden abstimmen und mit ihnen kommunizieren.

Dazu zählen auch die Facharbeiter in der im Rahmen der Fallstudie näher betrachteten Fertigung bzw. Endmontage des Unternehmens sowie die Mitarbeiter im Kundencenter und im Servicebereich. Zudem gibt es auch direkte Schnittstellen zwischen Entwicklung und Kunden sowie zwischen Finanzwesen und Kunden.

Mit übergeordneten Koordinationstätigkeiten ist nur noch ein Mitarbeiter für das Kundencenter und ein anderer für die Produktion zuständig. Diese Mitarbeiter beschäftigen sich mit Kapazitätsproblemen, Personaleinsatz, Aus- und Weiterbildung und mit den Fragen der Investition in neue Maschinen, Gebäude usw. Weit unten, ziemlich entfernt vom Kunden, sind Geschäftsführer und Betriebsratsvorsitzender gleichrangig angeordnet. Der Geschäftsführer regelt den Export sowie die Außenbüros und betätigt sich als Verkäufer. Seine Aktivitäten sind nach eigenen Angaben zu ca. 50 Prozent vertriebsorientiert.

## Der Wandel im Unternehmen

Die Veränderungsprozesse begannen mit einer Standortkonzentration und einer Wertanalyse der Produkte des Unternehmens unter der Regie eines externen Coachs. Die Wertanalyse erfolgte von Seiten der Mitarbeiter des so genannten Kernteams – vornehm-

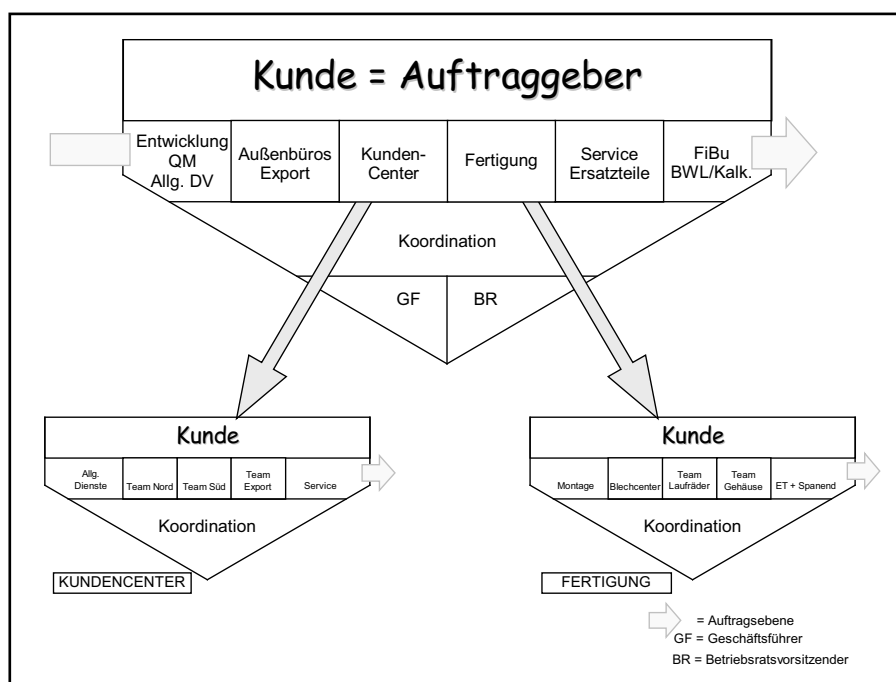


Abb. 1: Organigramm nach der Restrukturierung (Quelle: SPÖTTL u. a. 2001)

lich Entwickler, Konstrukteure und Facharbeiter; die anderen Teams wurden beteiligt. Das Fehlen von Vorgesetzten oder Abteilungsleitern in den Teams führte zur optimalen Strukturfunktion. So kam es zur Einführung der Teamarbeit im Kundencenter, die die Entlassung aller Abteilungsleiter nach sich zog. Während eines einwöchigen Kaizen-Workshops wurden Produktionsprozesse und Organisationsformen des Unternehmens infrage gestellt. Die Einführung von Kaizen beeindruckte alle Mitarbeiter. Zwei Trainer und ein Übersetzer wurden für eine Woche aus Japan eingeflogen. Der Geschäftsführer resümierte: „Die haben uns zwei Tage lang fürchterlich verprügelt, haben alles infrage gestellt.“ Nach drei Tagen realisierten die Mitarbeiter die inhaltliche Richtung des Workshops. Daraus entstanden zwei Motti: „Geht nicht gibt es nicht“ sowie „Just do it“. Hat jemand in der Fertigung eine gute Idee, soll er sie möglichst auch umsetzen. Im Gegensatz zum sonst üblichen Vorschlagswesen, in dem der Facharbeiter seine Idee an den Fachvorgesetzten weiterleitet, wo sie möglicherweise keine Umsetzung findet, haben die Facharbeiter die Freiheiten, Vorrichtungen und Hilfsmittel selbst zu bauen oder zu beschaffen.

Im Rahmen von Kaizen<sup>3</sup> wurden weiterhin alle Maschinen und Anlagen neu angeordnet. Ziel war es, Wege zu verkürzen und Abläufe transparent zu gestalten. Letzteres führte dazu, dass kein Regal und keine Abgrenzung höher als 1,10 Meter sein durfte. „Man muss das Unternehmen überblicken können!“, hatten die Japaner gesagt. Daraus ergab sich, dass gut die Hälfte der Lagerfläche wegfiel und die Bestände der Firma auf etwa die Hälfte reduziert wurden. Höhere Anforderungen an die Facharbeiter in der sie betreffenden Materialwirtschaft sind die Konsequenzen:

- effektive Nutzung des Lagerplatzes und Planung für den jeweiligen Bedarf;
- Nutzung des Produktions-, Planungs- und Steuerungssystems (PPS);
- Beachtung von Lieferzeiten sowie eine

- höhere Anzahl von Bestellvorgängen.

Später wurden die acht Meisterpositionen aufgelöst und die Gruppenarbeit in der Fertigung eingeführt. Die in einer Gruppenstruktur organisierten Facharbeiter hatten nun folgende zusätzliche Aufgaben:

- Vergabe der Aufträge innerhalb der Gruppe sowie Koordination und Dokumentation der eigenen Arbeiten,
- Kommunikation mit allen Teams im Unternehmen,
- Klärung von Problemen mit den direkten Ansprechpartnern,
- Planung von Auftragszeiten, Urlaub, Schichtdienst sowie Überstunden.

Zur Unterstützung der Fertigungsteams wird ein Koordinator mit Meisterqualifikation eingesetzt. Er sieht sich als Dienstleister und definiert seine Aufgaben in der koordinierenden Unterstützung der Teams bei der Auftragsabwicklung und beim Konfliktmanagement zwischen den Teams bzw. den Kollegen. Er wirkt mit bei der Ausbildung, beim Personalmanagement und bei Verhandlungen mit Lieferanten. Zudem regelt er Auswahl und Einkauf spezieller Werkzeuge inklusive Maschinen und Materialien für die Arbeitssicherheit. Nach anfangs zum Teil erheblichen Schwierigkeiten mit ungewohnten Freiräumen setzte sich die Gruppenstruktur erfolgreich durch. Die Facharbeiter kamen mit der neuen Selbstverantwortung gut zurecht. Aus der Sicht des Koordinators „... läuft seitdem in der Fertigung alles reibungsloser.“ Die Ergebnisse der Wertanalyse wurden in einem ersten Prozess der Produkt-Standardisierung umgesetzt. Ein weiterer Kaizen-Workshop folgte, der Vorgaben und Änderungen der ersten Phase vertiefte. Es schlossen das „follow-up“ der Gruppenarbeit und die Einführung von autonomen Teamstrukturen in der Fertigung durch einen externen Coach an. Jedes Team hat einen Sprecher, der die Arbeit innerhalb der Gruppe verteilt und sie nach außen repräsentiert. Der Einkauf für die Produktpalette des Teams wird eigenständig geregelt – mit Ausnahmen, denn Rahmenverträge mit Lieferanten werden von kaufmännischen Mitarbeitern eines

anderen Teams abgeschlossen. Es kommt selten vor, dass Mitarbeiter zwischen den Teams wechseln. Aus Kapazitätsgründen werden mitunter Aufträge verlagert. Das Einführen der Teamstrukturen wird von den Facharbeitern positiv gewertet: Zu Zeiten der Akkordentlohnung dachte jeder nur an sich. Heute dagegen unterstützen sich die Facharbeiter gegenseitig. Auszubildende und Mitarbeiter werden in der Aufbauphase besser betreut.

Nach dem „Einfrieren“ des Akkordsystems und der Auflösung der zentralen Fertigungssteuerung planen nunmehr die Teams ihre Aufträge weitgehend selbst. Bei Lieferengpässen unterstützt der für die Fertigung zuständige Koordinator die Steuerung der Aufträge. In der Folge wurde die Liefertreue deutlich erhöht – seit nunmehr zwei Jahren wurden keine Kundenbeschwerden mehr registriert. Die Teams sind auch dafür verantwortlich, dass die Kunden über Terminänderungen informiert werden. Zudem hat das Unternehmen die ISO 9001 eingeführt und die volle Flexibilisierung der Arbeitszeit sowie das Führen von Stundenkonten realisiert. Für Überstunden erfolgt ein Freizeitausgleich, und das Unternehmen sorgt dafür, dass Kurzarbeit vermieden wird. Außer der Konzeption für einen Internetauftritt und ein Firmen-Video wurde die Datenverarbeitung neu geregelt (PPS-Software, Rechner AS400, NT-Server, CAD-System usw.).

Nach einer zweiten Phase der Produkt-Standardisierung schloss sich die Werkerselbstprüfung an. Seither gibt es im Prinzip keine zentrale Qualitätssicherung mehr. Einzige Ausnahme ist ein Mitarbeiter, der qualitätssichernde Maßnahmen beim Kunden durchführt. Das Unternehmen geht davon aus, dass alle Mitarbeiter die Verantwortung für ihr Produkt oder ihre Fertigungsschritte übernehmen können und wollen, denn nach der Endmontage „steht der Kunde“. Die Facharbeiter dokumentieren den Verlauf ihrer Arbeit nach Prüf- und Checklisten. Weiterhin wurde das Rückmelden von „Ist-Zeiten“ eingeführt. Anstatt früher üblicher REFA-Zeiten<sup>4</sup> wird über das Rückmelden von Ist-Zeiten eine neue Kalkulationsbasis für Produkte und Projekte angelegt. Somit sind die Facharbeiter an der Kalkula-

tion kundenseitig angefragter Produkte beteiligt: Sie schätzen voraussichtliche Fertigungszeiten für die Produkte ein und stimmen sich mit den Technikern ab.

Der Erfolg des Restrukturierungsprozesses wird anhand der Betriebsleistung über fünf Jahre dokumentiert. Die Trendkurve zeigt ein stetiges Wachstum, und der Pro Kopf-Umsatz hat sich fast verdoppelt.

### Herausforderungen für die Aus- und Weiterbildung

Die größte Herausforderung für die Auszubildenden und Facharbeiter des Unternehmens ist nach Ansicht der Geschäftsleitung „ganz klar die Selbstorganisation!“ Das heißt:

- Arbeit organisieren
- Zeit organisieren
- Termine realisieren

„... was sie ja früher nicht durften und vom Meister kleinst vorgeschrieben bekamen, wann sie welches Teil und nach welchem Arbeitsplan – wo wieder ein Arbeitsvorbereiter genau beschreibt was sie zu tun haben – zu fertigen haben“ (Geschäftsführer zur Selbstorganisation der Mitarbeiter).

Die Herausforderung „Selbstorganisation“ lässt sich auch auf Aus- und Weiterbildung übertragen. Die Mitarbeiter sind aufgefordert, Qualifikationsbedarf anzumelden, sich und andere im Team zu qualifizieren. Die Anschaffung von modernen Fertigungsmaschinen und Werkzeugen mit den dazugehörigen Technologien wird prinzipiell mit der Schulung oder der Einweisung einzelner bzw. mehrerer Mitarbeiter verbunden. Diese haben dann die Aufgabe, ihr Wissen im Team weiterzugeben. Dabei ist die Aus- und Weiterbildungsstruktur nicht explizit auf die Qualifizierung für Dienstleistungsaufgaben ausgerichtet.

### Einfluss von Produkt- und Technikentwicklung auf die Aufgabenstruktur

Die Aufforderung, sich im Rahmen der Wertanalyse an der Produkt- und Technikentwicklung zu beteiligen, hat das Aufgabenspektrum der Facharbeiter beeinflusst. Sie sollen mit ihrem

Fachwissen zur Produktentwicklung beitragen und den Austausch von Informationen im Team bzw. Unternehmen sicherstellen. Auch sind eigene Ideen voranzutreiben, direkte Kontakte zu Abnehmern bzw. Lieferanten aufzubauen und zu pflegen. Zudem gilt es, den Bedarf an Qualifizierung zu erkennen und zu artikulieren. Eine nur bedingt umsetzbare Produktstandardisierung erfordert flexibles Reagieren auf spezielle Kundenwünsche. Die Facharbeiter sind angehalten, mögliche Standards bei kundenspezifischen Produktanforderungen in der Produktion umzusetzen, neue Materialien und Bauformen zu prüfen sowie mit zu entwickeln. Produkt- und Technikentwicklung erfordert vom Facharbeiter, sich mit neuen Technologien zu

befassen. Im Bereich der Fertigung sind dies vor allem Maschinen mit CNC-Steuerung: Fräs-, Dreh- und Laser- sowie numerisch gesteuerte Auswuchtmaschinen. Im Bereich der Endmontage wurden statt Messuhren Laserausrichtsysteme eingeführt. Neben der Arbeit mit CNC-Programmen sind Dokumentationstätigkeiten innerhalb der Werker selbstprüfung hinzugekommen.

### Einfluss der betrieblichen Organisationsentwicklung auf die Aufgabenstruktur

Weil das Unternehmen nahezu „auf den Kopf“ gestellt wurde, arbeiten die Facharbeiter in veränderten Struktu-

Kernaufgaben der Facharbeit	Aufgaben und Arbeitsschwerpunkte
Organisation/Arbeitsvorbereitung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planen von Auftragsabwicklungen und Arbeitsabläuffolgen (Selbstorganisation)</li> <li>• Auftragsabläufe „nahtlos“ koordinieren</li> <li>• Rüsten, Programmieren, Optimieren, Einrichten, Umrüsten</li> <li>• Vorbereitungen zur Auftragsbearbeitung (Lagerbestände sichern, Maschinenbelegung sichern ...)</li> <li>• Fertigungsschritte detailliert planen/Material und Werkzeuge beschaffen</li> </ul>
Qualität	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beachtung von Grundregeln qualitätsbewussten Handelns mit Bezug auf Produkt, Arbeit, Umwelt</li> <li>• Eigenverantwortliche Sicherung und Prüfung der Qualität von Produkten (Werker selbstprüfung)</li> <li>• Sicherstellung hoher Transparenz bei Abläufen/optimierte Informationsflüsse</li> <li>• Dokumentation der Prüfung</li> <li>• Kontinuierliche Anwendung qualitätsfördernder und -sichernder Maßnahmen</li> <li>• Kontinuierliche Selbstreflexion zur Qualitätsverbesserung</li> <li>• Höchste Termintreue sicherstellen</li> </ul>
Produktionssicherung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beratung/Unterstützung bei Problemlösungen</li> <li>• Individuelle Problemlösungen entwickeln</li> <li>• Instandhaltung/vorbeugende Instandhaltung</li> <li>• Montage von Baugruppen/Anlagen/Maschinen/Nacharbeiten</li> <li>• Reparieren von Anlagen/Maschinen</li> <li>• Einsatz von Qualitätsmanagementsystemen</li> <li>• Arbeitssicherheit/Umweltbewusstsein/schonender Umgang mit Material</li> </ul>
Technische Aufgaben	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation von Maschinen (vor Ort), Inbetriebnahme, technische Funktionsprüfung</li> <li>• Anwenden verschiedener Fertigungsverfahren, von Messtechnik (Lasertechnik)</li> <li>• Beseitigung von Standard-Störfällen/Diagnose</li> <li>• Herstellen von Betriebsmitteln</li> <li>• Erstellen/Optimieren von Programmen/Dienstprogrammen</li> <li>• Einsatz von PPS-Software</li> <li>• Modernisierung von Anlagen</li> </ul>
Optimierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produkt- und Prozessoptimierungen im Sinne des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses</li> <li>• Kultur der Verantwortungsbereitschaft aufbauen</li> <li>• Flexible, situationsbezogene Gestaltung der Abläufe</li> <li>• Optimieren der Konstruktion von Produkten (kundengerecht, fertigungsgerecht)</li> </ul>
Abstimmungen/Verantwortung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verantwortungskultur pflegen und absichern</li> <li>• Verantwortungsbereitschaft gegenüber Produkt und Firma</li> <li>• Produkterstellung immer mit Blick auf angestrebtes Gesamtergebnis</li> <li>• Hoher Grad an Selbstorganisation</li> <li>• Sichern von Unternehmenserfolg durch unternehmerorientiertes Handeln.</li> </ul>

Tabelle 1: Neue Kernaufgaben der Facharbeit.

Kategorien der Facharbeit (Dienstleistungen)	Aufgaben und Arbeitsschwerpunkte
Kosten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostenbewusstes Handeln (Materialwirtschaft)</li> <li>• Qualitätssicherung unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten</li> <li>• Maßnahmen zur Kostenreduzierung umsetzen</li> <li>• Kostenschonende Materialbewirtschaftung, effektive Nutzung des Lagerplatzes</li> </ul>
Zusammenarbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Koordination der eigenen Arbeiten und Abstimmungen innerhalb des Teams</li> <li>• Klärungen von Fragen/Problemen mit Ansprechpartnern aus anderen Abteilungen (z. B. Kundencenter, Konstruktion)</li> <li>• Kooperation mit Kollegen</li> <li>• Abteilungsübergreifende Kommunikationsstrukturen</li> <li>• Kooperation in der Produktgestaltung/Feedback von Facharbeitern an Konstruktion, Anlagenplaner</li> <li>• Entscheidung über Vorrangigkeit einzelner Tätigkeiten im Rahmen der übergeordneten Terminplanung</li> <li>• Regelung der Urlaubs- und Freizeitplanung</li> </ul>
Organisation/Planung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Eigenständigkeit in der Organisation der Arbeitsabläufe und Aufgabenausführung</li> <li>• Selbstständige Wahrnehmung der Aufgaben</li> <li>• Vorausschauende Planung der Auftragsabwicklung</li> <li>• Präzise Terminplanung und Terminsicherung für Aufträge</li> <li>• Sichern von Werkzeug-, Teile- und Materialbeschaffung in Kooperation mit anderen Abteilungen</li> <li>• Dokumentation aller Daten und prozessrelevanten Informationen</li> <li>• Auftragsdurchläufe planen</li> <li>• Planen der Ressourcen (einschließlich Personal)</li> </ul>
Geschäftsprozesse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verantwortung gegenüber Produktionserfolg und Unternehmen</li> <li>• Unternehmensorientierte Organisation und Wahrnehmung von Aufgaben</li> <li>• Optimieren der Prozessabläufe und Produkte</li> <li>• Sicherstellen optimaler Auftragsdurchläufe</li> <li>• Mitgestaltung bei Entscheidungs- und Planungsprozessen</li> </ul>
Einweisungen/Anleitung von Kollegen/Weiterentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selbstqualifizierung wahrnehmen/gesteuertes Selbstlernen</li> <li>• Anleiten und Ausbilden von Kollegen</li> <li>• Betreuung von Auszubildenden</li> </ul>

Tabelle 2: Produktions- und prozessbezogene Dienstleistungsaufgaben.

ren mit breit gefächerter Aufgabenvielfalt. Sie bewältigen Abstimmungsprozesse im Team, mit anderen Teams, mit Kunden und Lieferanten. Sie sind für Liefertreue und Qualität verantwortlich, müssen daher ihre Aufträge planen und terminieren, benötigtes Material und Werkzeug verwalten sowie disponieren und die Qualität ihrer Arbeit dokumentieren. Für den Erfolg des Unternehmens ist es erforderlich, dass die Facharbeiter lernen, die Ressource Zeit effizient einzusetzen und planerische Fähigkeiten zu entwickeln. Im Vergleich zu früher sind jetzt die Teams selbst für Verzögerungen verantwortlich, haben Informationen, Material und Werkzeug zu beschaffen, um Termine zu halten, Vorgabezeiten zu beachten und Ist-Zeiten zurückzumelden. Ergebnisse aus der veränderten Organisation sind eine hohe Kundenzufriedenheit. Die Termintreue auf 97 Prozent ausgebaut, und der Umsatz pro Kopf konnte verdoppelt werden.

### Neue Aufgaben der Facharbeit und identifizierbare Dienstleistungsmerkmale

Durch die unternehmensspezifischen Umstrukturierungen und fortschreitenden Produkt- und Technikinnovationen haben sich die Aufgaben der Facharbeiter der „shop-floor“ Ebene in der Fertigung und der Endmontage

Kategorien der Facharbeit (Dienstleistungen)	Aufgaben und Arbeitsschwerpunkte
Kommunikation Koordination (interne/externe Kunden)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auftragsdetails mit Kunden abstimmen (Liefertermine, technische Konfiguration, Änderungen gegenüber Konstruktion ...)</li> <li>• Austausch von Auftragsdaten und Informationen mit Kunden</li> <li>• Abstimmungen mit Kollegen bzgl. der Auftragsbearbeitung einschließlich der übergreifenden Terminplanung</li> <li>• Kontinuierliche Klärung von Sachfragen direkt mit dem Kunden</li> </ul>
Qualitätseinlösung (interne/externe Kunden)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fehlerfreie Lieferung des Auftrages an den Kunden</li> <li>• Vorführen von Anlagen beim Kunden; Einweisung in Bedienung, Wartung, Pflege</li> <li>• Teleservice per Telefon oder Fax</li> <li>• Sachkompetente und seriöse Beratung von Kunden</li> <li>• Sorgfältiger Umgang mit Kunden</li> </ul>

Tabelle 3: Kundenbezogene Dienstleistungsaufgaben.

sehr stark verändert. Die neuen Aufgaben lassen sich nach unserem Dienstleistungsverständnis in drei Bereichen zusammenfassen (SPÖTTL/HECKER/HOLM/WINDELBAND 2003, S. 155 ff.):

- a. Neue Kernaufgaben der Facharbeit (vgl. Tabelle 1).
- b. Produktions-/Prozessbezogene Dienstleistungsaufgaben (vgl. Tabelle 2).
- c. Kundenbezogene Dienstleistungsaufgaben (vgl. Tabelle 3).

Dabei tragen die neuen Kernaufgaben der Facharbeit besonders zur Optimierung der Abläufe und der Arbeitsprozesse im Unternehmen bei. Dienstleistungen spielen bei der Aufgabewahrnehmung eine hervorgehobene Rolle, wie die Tabellen 2 und 3 belegen.

Die Dienstleistungsmerkmale sollen auf der einen Seite den Produktionsprozess unterstützen (produktions- und prozessbezogene Dienstleistungsaufgaben) und die Betreuung und die Arbeit beim Kunden sicherstellen (kundenbezogene Dienstleistungsaufgaben).

### Neue Aufgaben: Konsequenzen für den Facharbeiter

Der Restrukturierungsprozess hat die Mitarbeiter des zuvor konventionell strukturierten Unternehmens durch eine umfassende Verlagerung von Aufgaben auf die Facharbeiterebene berührt. Die Bereiche von Endmontage und Fertigung verfügen über eine Fülle von neuen Aufgaben, die mit Dienstleistungsmerkmalen durchsetzt sind. Die Facharbeiter in den Teams

nutzen die Chance der Selbstverantwortung beim Planen und Durchführen der Aufträge. Sie selbst betrachten die neuen Aufgaben als selbstverständlichen Teil ihrer Arbeit. Als übergreifende Merkmale können daher aus den drei genannten Komponenten definiert werden:

- Optimierung der Produkte und Prozesse – Prozesskompetenz (Prozesse organisieren, planen, steuern, optimieren)
- Zusammenarbeit mit Kollegen im Team, anderer Teams und Fachgebiete (Konstruktion, Service)
- Wissen selbstständig erarbeiten und weitergeben an Kollegen
- Abstimmen und Verantworten der Produktionsabläufe und Herausbilden einer Verantwortungskultur

Die genannten Aufgaben können bei Bedarf als Grundlage für die Entwicklung von Qualifizierungsinhalten herangezogen werden.

Der beschriebene Wandel kann nicht auf beliebige Unternehmen projiziert werden. Übergreifende Betrachtungen zeigen jedoch, dass neben „traditioneller Beruflichkeit“ vor allem Prozesskompetenz und die Sicherung aller Prozesse zur Erstellung eines Produktes, was Dienstleistungen verschiedener Ausprägungen und verschiedener Dimensionen einschließt von hoher Relevanz sind. Aus diesen Erkenntnissen lässt sich die These aufstellen, dass der heutige Facharbeiter in der industriellen Produktion ein Wissensarbeiter und Prozessbeherrscher sein muss.

## Anmerkungen

- <sup>1</sup> Im BIBB-Forschungsprojekt „Ermittlung von Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes am Beispiel der Metallbranche“ wurden 20 Fallstudien in ausgewählten Betrieben durchgeführt. Befragungen erfolgten mit dem Anspruch, ein Bild der „Prozesse“ in Unternehmen mit besonderem Bezug zu Dienstleistungen und/oder deren Indikatoren zu zeichnen. Es kam darauf an, die Hierarchieebenen einer Produktions-, Fertigungs- oder Montageeinheit – im Normalfall waren es vier bis fünf Funktionsebenen – bzw. eines Unternehmens zu interviewen. Wert wurde darauf gelegt, Selbst- und Fremdeinschätzungen zu den Dienstleistungen mit unterschiedlichem Kontextbezug zu erhalten. Grundlage für diesen Artikel ist die Fallstudie eines „best practice“ Betriebes bzgl. der Kundenorientierung der Facharbeiter.
- <sup>2</sup> Der Begriff „Abteilung“ ist im Unternehmen verpönt, da es nicht gewollt ist, dass sich Mitarbeiter oder Teams gegeneinander „abteilen“ bzw. abgrenzen.
- <sup>3</sup> Kaizen ist der japanische Begriff für „permanente Verbesserungen“. In Unternehmen, die nach Kaizen reorganisieren, werden Produktionsprozesse, Qualitätsverbesserung und Mitarbeiterintegration zusammen betrachtet. Ziel ist die optimale Nutzung von Zeit, Arbeitskraft und Materialien. Probleme werden nach ihrem Auftreten sofort gelöst. In die Lösungsprozesse werden die Mitarbeiter einbezogen und aufgefordert, jederzeit Verbesserungsvorschläge zu machen. Zusätzlich können Ausfallzeiten kompensiert werden, die Arbeitsschritte sind bekannt. Qualitäts- und Produktionsverbesserungen werden bei gleichzeitig schnellerer Produk-

tion zügig eingeführt. Nach der Lösung einer Frage lösen sich die Gruppen auf, um sich aktuelleren Problemen zuzuwenden. Das Konzept umfasst alle Unternehmensbereiche. Ein großer Nutzen ist, dass die Betroffenen sehr schnell erleben, dass sich tatsächlich Veränderungen einstellen. Zudem bekommen die Mitarbeiter mit, dass ihre Arbeit und ihre Meinung wertvoll ist. Lässt man die Beteiligten gemeinsam große Probleme lösen, gelangt man schneller zu effektiven Verbesserungsvorschlägen und einer flexibleren Organisation.

- <sup>4</sup> Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung

## Literatur

- SPÖTTL, G. u. a.: Ermittlung von Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes am Beispiel der Metallbranche. Band III: Dokumentation der Fallstudien, Fall J. Flensburg 2001, S. 1-15.
- SPÖTTL, G./HECKER, O./HOLM, C./WINDL BAND, L.: Dienstleistungsaufgaben sind Facharbeit – Qualifikationsanforderungen für Dienstleistungen des produzierenden Gewerbes. Hrsg.: Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB). W. Bertelsmann Verlag. Bielefeld 2003.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE (BMWi), TOP-Transfer von Wissen – Optimieren von Prozessen – Praxis erleben. <http://www.top-online.de/top/>.
- FALL J: Kompetenz in Luftbewegung – Kundendienst. Firmenbroschüre 2000.
- FALL J: Excellence in fan technology – Product Range. Industrial plants, Building units, OEM facilities. Firmenbroschüre 2000.

Ralf Tenberg

# Lehrer-Schüler-Interaktion im handlungsorientierten Unterricht. Eine Explorationsstudie

## Zusammenfassung

Aktuelle empirische Untersuchungen über handlungsorientierten Unterricht lassen u. a. zu der Feststellung kommen, dass die dort stattfindende Lehrer-Schüler-Interaktion zwar nach bestimmten Intentionen und gemäß allgemein anerkannter Kernpunkte erfolgt, sich dabei aber kaum an dezidierten fachdidaktischen bzw. -methodischen Vorgaben orientiert. Demgemäß ist über diese Interaktion zwischen unterrichtenden Lehrer/-innen und handlungsorientierten Lerngruppen nur wenig bekannt. In einer Explorationsstudie an Münchner Berufsschulen wurden 13 Lehrer/-innen über ihre Sichtweise zur Interaktion mit den Gruppen in ihrem Unterricht befragt. Als Ergebnis ist zunächst festzustellen, dass zwischen den Extremformen einer expliziten, kleinschrittigen, teilweise instruierenden Interaktionsplanung und einer offenen bzw. fakultativen nur auf wenige Fixierungen bestehenden Planung verschiedenste Varianten praktiziert werden. Dabei werden, neben einer unterstützenden Wissensvermittlung, eine ganze Reihe von motivationalen, emotionalen bzw. sozialen Intentionen festgestellt. Obwohl allen Befragten die Wichtigkeit dieser Interaktion klar ist, zeigen sie sich vor allem bzgl. deren unmittelbarer Lernhilfe skeptisch. Auch in anderen Aspekten kommt zum Ausdruck, dass Lehrer/-innen im handlungsorientierten Unterricht dringend diesbezüglich praktisch umsetzbare Aussagen benötigen würden, um diesen innovativen Unterricht nicht nur effizienter und effektiver, sondern auch sicherer und selbstbewusster durchführen zu können.

## Ausgangspunkt

Handlungsorientierter Unterricht wird seit mehr als einem Jahrzehnt in allen Berufsfeldern implementiert und dabei auch erforscht. Die generell domänenspezifischen Untersuchungen stellen verschiedenste Betrachtungen über

die Realität der Umsetzung handlungsorientierter Konzepte an, sowie über deren Wirkungen und Ergebnisse. Zentrale Intention ist dabei, neben theoretischen Schlüssen, vor allem die Anwendung der gewonnenen Erkenntnisse in der Praxis. Trotz der – relativ betrachtet – großen Anzahl solcher Untersuchungen im deutschsprachigen Raum, führten sie bislang nicht zu einem konsistenten und strukturierten Erkenntnisstand. Vielmehr liegen eher punktuelle, sehr spezifische Aussagen vor, welche sich überwiegend auf Analysen des Handlungslernprozesses, Beurteilungen bzw. Bewertungen der Lehrer/-innen und Teilnehmer/-innen sowie deren Motivation bzw. Emotion beschränken. Seltener finden dezidierte Studien über die internen Gruppenprozesse statt und, weniger selten, aber bislang relativ erfolglos, wird versucht nachzuweisen, inwiefern handlungsorientierter Unterricht tatsächlich die berufliche Handlungskompetenz beeinflusst (vgl. NICKOLAUS 2000, S. 204).

Der Lehrstuhl für Pädagogik der Technischen Universität München führt seit 1992 empirische Untersuchungen in diesem Gebiet vor allem im metall- und elektrotechnischen Berufsfeld durch (vgl. GLÖGGLER 1997; RIEDL 1998; TENBERG 1997; ADLER 2003; VÖGELE 2003). Aktuell befassen sich zwei Dissertationsvorhaben mit spezifischen Aspekten der Unterrichtskonzeption und -durchführung (vgl. RIEDL 2003, S. 29 f.). Beide Untersuchungen wenden sich u. a. Aspekten der Lehrer-Schüler-Interaktion bzw. -Instruktion zu und stellen in diesem Bereich einerseits ein erhebliches Wirkungspotenzial für den Unterricht fest, zum anderen aber auch ein Forschungsdesiderat, welchem über diesbezüglich spezifiziertere Ansätze begegnet werden könnte.

## Unterrichtskonzept

Handlungsorientierter Unterricht hat sich in der beruflichen Bildung eta-

bliert und besitzt – trotz einer erheblichen konzeptionellen Vielfalt – einige zentrale Elemente. Konsens besteht beispielsweise in allen Berufsfeldern bzgl. der Grundidee einer Kompetenzförderung durch theoretisch reflektiertes berufspraktisches Handeln oder der textbasierten, schüleraktiven Erarbeitung komplexer Aufgabenstellungen. Als ebenso zentrales methodisches Element ist eine charakteristische Lehrer/-innen-Schüler/-innen-Interaktion festzustellen, da sie sich intentional, strukturell, inhaltlich und kommunikativ von anderen Unterrichtsformen klar unterscheidet. In diesem Zusammenhang wird häufig der Begriff des ‚Fachgesprächs‘ verwendet (vgl. RIEDL 1998, S. 250 f.). Da dieser Begriff jedoch im Zusammenhang mit der Leittextmethode eine sehr eingeschränkte Bedeutung hat, wird die vorliegende Darstellung allgemeiner auf Zusammenhänge von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen bezogen. Darunter sind hier alle Gesprächsvarianten im handlungsorientierten Unterricht zusammengefasst, in denen die Lehrkraft im aufgelösten Klassenverband arbeits- bzw. aufgabenbezogen kommuniziert. Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche im handlungsorientierten Unterricht unterscheiden sich von anderen Unterrichtsgesprächsformen neben dem Bezug zum handlungssystematischen Lernen durch Differenziertheit, Situativität, Konstruktivität und Individualität (vgl. REINMANN-ROTMAYER/MANDL 1994, S. 8 f.).

Solche in jedem handlungsorientierten Unterrichtskonzept klar vorgesehenen Interaktionselemente entsprechen einer Kombination aus zwei grundlegenden Interaktionsformen: Zum einen der Lehrer/-innen-Schüler/-innen-Dialog im schüleraktiven Unterricht (vgl. DUBS 1995, S. 131 ff.), zum anderen das Werkstattgespräch zwischen Ausbilder/-in und Auszubildender/-em in der betrieblichen Leittextmethode (vgl. KOCH/SELKA 1991, S. 67 ff. und ROTT-LUF 1992, S. 53 f.). Der Begriff des Fachgesprächs entstammt der Leit-



textmethode, welche zwischen den Schritten drei und vier ein explizites Gespräch zwischen Ausbilder/-in und Auszubildenden vorsieht. Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche in handlungsorientiertem Unterricht gehen darüber jedoch weit hinaus.

Beide grundlegenden Gesprächsformen sind Zäsuren in schüleraktiven Lernprozessen, in welchen die Lernenden generell selbsttätig in Kleingruppen arbeiten. Im betrieblichen Lernen ebenso wie in der Schule findet schüleraktives Lernen jedoch nur selten in völlig ausbilder- bzw. lehrerfreien Lernstrecken statt. Zumeist werden die Lerngruppen von einer Lehrperson begleitet, die Aufgaben der Aufsicht, Beratung, Betreuung, Kontrolle oder auch der Rückmeldung wahrnimmt. Der Unterschied zwischen beiden Gesprächsformen entsteht aus dem charakteristischen (Selbst-)Lernvorgang: Begleitet die Lehrkraft im schulischen Unterricht eher theoretische Erarbeitungsprozesse bzw. Übungs- und Transferphasen, sieht sich der betriebliche Ausbilder bzw. die Ausbilderin weitgehend mit praktischen Lernprozessen konfrontiert. Ein fachliches Problem in der Schule besteht beispielsweise in Verständnisschwierigkeiten eines neuen Zusammenhangs oder dem Problem, einen solchen auf einen ähnlichen Zusammenhang zu übertragen. Ein fachliches Problem im Betrieb äußert sich durch die Unkenntnis bzw. die fehlerhafte Anwendung einer bestimmten Technik, Strategie oder Methode. Da handlungsorientierter Unterricht versucht, diese beiden grundlegenden Lernsituationen miteinander zu verbinden, müssen die dort stattfindenden Gespräche den Intentionen jeder der beiden spezifischen Gesprächsformen gerecht werden.

Dies erscheint schlüssig, wenn man über die Einzelperspektiven von schulischem bzw. betrieblichem Lernen hinausgeht. Die fehlerhafte Anwendung einer Methode im Betrieb kann zwar in einigen Fällen mit einfachen Handlungsdefiziten zusammenhängen bzw. Folge eines eher aktionistischen Tuns sein; häufig wird dies jedoch vom Fehlen eines tiefer liegenden Basiswissens begleitet bzw. einer nicht stattfindenden Auseinandersetzung mit diesem bei den Lernenden. Umge-

kehrt entwickeln nicht alle Schüler/-innen in rein theoretischen Selbstlernprozessen ein Verständnis für die Problemhaltigkeit bestimmter Zusammenhänge und die sich daraus ergebenden praktischen Konsequenzen. Darunter leiden neben Lernmotivation und -leistung vor allem die Anwendungs- und Transferfähigkeit.

Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche in handlungsorientiertem Unterricht entsprechen somit einer sehr spezifischen Gesprächsform innerhalb eines Lernens in vollständigen Handlungen. Sie beziehen sich auf ineinander verschränkte, theoretische, praktische, soziale, motivationale und psychomotorische Zusammenhänge und gewinnen somit – gegenüber den vorausgehend dargestellten beiden Grundformen – erheblich an Komplexität. Als interaktive Knoten in der Netzstruktur handlungsorientierten Unterrichts wirken ihr Verlauf und ihre Qualität erheblich auf die individuellen Selbstlernprozesse sowie die Sozialprozesse ein und werden dadurch zu einem entscheidenden Erfolgsfaktor für handlungsorientierten Unterricht.

Mit dieser festzustellenden Bedeutung und Komplexität wird gleichzeitig die Schwierigkeit dieser Gesprächsform deutlich. Um schüleraktives Lernen überhaupt zu ermöglichen, muss sich die Lehrperson generell zurücknehmen, denn Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche in handlungsorientiertem Unterricht stellen in jedem Falle ein äußeres Einwirken auf den zentralen Selbstlernprozess dar. Damit ergibt sich das (scheinbare) Paradoxon, einerseits schüleraktives Lernen zu inszenieren, dieses jedoch andererseits durch Lehraktivitäten zu intervenieren. Lehrer/-innen in handlungsorientiertem Unterricht sehen sich daher mit dem Problem konfrontiert, für die stattfindenden Lerntätigkeiten schülerindividuell Motivation und Konzentration herzustellen, diese zu steuern, zu regeln und zu beurteilen (vgl. Dubs 1995, S. 265) und dabei möglichst wenig in das Lerngeschehen einzugreifen. Dieser Rolle können Lehrer/-innen erfahrungsgemäß nicht in idealer Weise gerecht werden, sondern bestenfalls situativ optimal. Es wird auch deutlich, dass sich die Planung handlungsorientierten Unterrichts nur zu einem Teil im Aufbau beruflicher Lernar-

rangements und der Herstellung von Leittexten erschöpft. Ein weiterer, ebenso bedeutender und schwieriger Teil ist die Planung und Vorbereitung der Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche. Diese müssen – wie auch die Artikulationen im herkömmlichen Unterricht – in enger Weise mit dem antizipierten Lernprozess korrespondieren. Der erhebliche Spielraum für die Individualität der differenzierten Einzellernprozesse sowie die dabei stattfindenden sozialen Prozesse und deren Wechselwirkungen machen dies jedoch erheblich schwieriger.

Obwohl sich viele empirische Arbeiten über handlungsorientierten Unterricht mit diesem Thema als Teilaspekt befassen, wurde bislang keine Studie veröffentlicht, die sich zentral damit auseinandersetzt. Deskriptionen handlungsorientierter Unterrichte beschreiben und bewerten die Lehrer-Schüler-Gespräche. In Einzelfällen wird das Gesprächsverhalten der Lehrer/-innen als eine Variable des Unterrichtskonzepts definiert und erhoben. Systematische Zugänge, welche weiterreichende Schlüsse auf dieses wichtige Element handlungsorientierten Unterrichts zulassen könnten, stehen aktuell jedoch nicht zur Verfügung. Um diesbezügliche dezidierte Studien zu fundieren, erscheint es zunächst erforderlich, die gegenwärtige Praxis von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht zu erheben. Einige dafür interessante Fragestellungen ergeben sich aus den vorausgehenden Betrachtungen:

- Wann bzw. aus welchem Grund initiiert eine Lehrkraft ein Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräch?
- Welchen Aufbau können Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche besitzen?
- Beinhalten Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche auch instruktive Elemente?
- Welche Expertise ist für den Einsatz von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht erforderlich und wie kann sich diese entwickeln?
- Welche Wirkungen werden den Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen beigemessen?

- Welche Erfahrungen machen Lehrer/-innen mit Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen?

### **Forschungsfeld und methodischer Ansatz**

Zur Untersuchung der vorausgehend dargestellten Fragen führte der Lehrstuhl für Pädagogik der Technischen Universität München im Frühjahr 2003 eine stichpunktartige Lehrer/-innenbefragung an Berufsschulen der Stadt München durch. Nach einer breiten Ausschreibung an allen beruflichen Schulen der bayerischen Landeshauptstadt meldeten sich einige KollegInnen, die handlungsorientiert unterrichten. Insgesamt zeigten mehr als 40 Lehrer/-innen aus allen Fakultas Interesse daran, an der Untersuchung teilzunehmen. Nach telefonischen Rücksprachen über die Unterrichtskonzeptionen sowie die darin eingebetteten Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche ergab sich eine Untersuchungsgruppe von dreizehn Personen.

Um möglichst breit zu streuen und einen gemischten Querschnitt zu erhalten wurde dabei versucht, möglichst viele Berufsfelder abzudecken und spezifische Häufungen (wie sie im Metall- und Medienbereich vorlagen) zu vermeiden. Die zwei weiblichen und elf männlichen Kollegen arbeiten in fünf Schulen des kaufmännisch-verwaltenden Bereichs, jeweils einer Schule aus den technischen Berufsfeldern Bau, Metall und Elektro sowie einer Schule für Medienberufe.

Da es sich um ein weitgehend exploratives Vorhaben handelte, wurde die Methode einer offenen Befragung gewählt. Die Breite und Vielfalt der zu erhebenden Aspekte sowie die damit zusammenhängende, kaum absehbare Individualität und Tiefe von Einzelaspekten, ließen von einem schriftlichen Instrumentarium absehen. Die Interviews dauerten zwischen 60 und 120 Minuten und wurden im Sinne einer Expertenbefragung nach dem folgenden Leitfaden durchgeführt:

- Wann bzw. durch welche Initiative führen Sie formalisierte Gespräche mit Gruppen/einzelnen Schülern im handlungsorientierten Unterricht?
- Welche Absichten verfolgen Sie mit den Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen?

- Besitzen Ihre Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche eine bestimmte Struktur oder erfolgen sie eher offen?
- Führen Sie auch explizite Instruktionen innerhalb der Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche durch?
- Welche Wirkungen führen Sie auf das Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräch zurück?
- Welche positiven bzw. negativen Erfahrungen haben Sie mit Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht gemacht?

Die Items gehen auf mehrjährige Forschungserfahrungen über handlungsorientierten Unterricht zurück; insbesondere auf zwei laufende Forschungsvorhaben, welche sich in den Domänen Metall- und Elektrotechnik mit Spezifika des handlungsorientierten Unterrichts befassen (vgl. SCHELTEN/RIEDL/GEIGER 2003). Diese Voruntersuchung soll einen ersten Zugang zum Feld ermöglichen, zunächst Antworten auf die vorausgehend explizierten Fragen geben und damit die Vorbereitung einer komplexeren Studie zu dieser Thematik fundieren.

### **Ergebnisse**

Die Auswertung der Interviews erfolgte in Form einer zusammenfassenden Analyse entsprechend der einzelnen Items bzw. deren Sinnzusammenhänge. Nachfolgend werden die zentralen Aspekte aus allen Interviews dargestellt, um sie anschließend übergreifend zu erörtern.

#### **Anlässe bzw. Intentionen von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen**

Generell unterscheiden sich die genannten Anlässe für Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche in (1) planerische Bestandteile des handlungsorientierten Unterrichts und (2) in offen situative Anlässe.

Zu (1): Standardpositionen für Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche sind der Beginn bzw. das Ende des handlungsorientierten Unterrichts bzw. dessen einzelner Module oder Sequenzen. Dazu gehört auch eine explizite Eingangsphase vor dem Start des eigent-

lichen Unterrichts sowie die Fortführung des Unterrichts nach mehrstündiger bis mehrtägiger Unterbrechung. Zu Beginn des Unterrichts werden Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche für allgemeine Verhaltens- bzw. Arbeitshinweise genutzt, für die Klärung sozialer Aspekte innerhalb der Schülergruppen sowie für die Wiederholung vorausgehender Lerneinheiten bzw. die Erinnerung an Arbeitsweisen und -techniken. Innerhalb des Unterrichts finden Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche zum Abschluss spezifischer Einzelsequenzen statt. Dies erfolgt für die Zusammenfassung und Reflexion des Erarbeiteten, aber auch als Lernerfolgskontrolle. Eine spezielle Situation liegt in technischem handlungsorientiertem Unterricht mit Geräteeinsatz vor: Dort haben sich aus Gründen des Personen- und Geräteschutzes für den Übergang von einer theoretischen Auseinandersetzung zur praktischen Umsetzung Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche als Sicherheitsmaßnahme bewährt.

Zu (2): Dieser Breite an geplanten bzw. planbaren Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen sind Lehrer- und vor allem Schülerinitiativen gegenüberzustellen, welche aus den spezifischen Situationen heraus individuell und spontan erfolgen. Als Anlässe dafür werden verschiedene Formen von Zäsuren im ‚idealisierten‘ Lernprozess genannt. Solche können z. B. entstehen, wenn die Schüler/-innen einzelne Aufgabenstellungen nicht verstehen bzw. umsetzen können, zugehörige Informationen fehlen, Medien unvollständig sind oder nicht aufgefunden werden können, technische Probleme vorliegen, etc. Zu diesen ablaufbezogenen Problemen kommen Verständnisprobleme, welche sich auf die Erschließung theoretischer Zusammenhänge ebenso beziehen können, wie auf deren Anwendung auf berufliche Handlungen. Stellen unterrichtende Lehrer/-innen fest, dass sich Schüler/-innen weit von der geplanten Lernhandlung entfernt haben, intervenieren sie, ebenso, wenn sie Aktionismus vermuten an Stelle reflektierten Tuns. Weitere Gründe für ungeplante Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche sind emotionaler bzw. sozialer Natur. Solche nicht direkt aufgabenbezogenen Probleme werden im Hinblick auf die explizite Entwicklung sozialer und in-

dividualer Kompetenzen mit den Gruppen sachbezogen reflektiert und aufgearbeitet.

### **Struktur von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen**

Hinsichtlich der Interaktionsstruktur der Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche äußern sich die Befragten überwiegend unspezifisch. Es wird allgemein von eher offenen Strukturierungen gesprochen, welche sich zumeist auf ein aufgabenbezogenes Stellen von Fragen bzw. Fordern von Aussagen zur jeweiligen Situation beschränkt. Als wichtig wird weniger das Einhalten eines bestimmten Ablaufs oder Erreichen spez. Interaktionsziele betrachtet, sondern eher die Erreichung einer gewissen Dichte und Qualität von Kommunikation. Es wird angestrebt, dass sich auch stille Schüler äußern, dass über die gestellten Aufgaben und Probleme gesprochen wird oder die Schüler im Zusammenhang mit der Lernarbeit fachliche Aspekte verbalisieren bzw. diesbezüglich auch angemessen argumentieren. Einzelne Kollegen/-innen beschreiben speziell für Feedbackgespräche ausgearbeitete Fragelisten. Explizite, für die Schüler einseh- oder absehbare Interaktionspläne liegen in keinem Falle vor. Höchste Spontaneität wird bzgl. der nicht geplanten Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche angedeutet, um der Situativität und Spezifität gerecht werden zu können. Vieles wird hier als „unplanbar“ bezeichnet.

Daraus ist zusammenfassend abzuleiten, dass der großen Bedeutungsbeimessung, Breite und Vielfalt von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht nur schwache, eher implizite Strukturansprüche gegenübergestellt werden. Die Zwecke, Absichten und Zeitpunkte der Interaktionen scheinen wesentlich klarer zu sein, als deren Aufbau und Ablauf. Die Lehrenden führen die Gespräche relativ offen, in engem Bezug zur vorliegenden Lernstrecke bzw. zu einer jeweiligen Ausnahmesituation. Die Lernenden äußern sich in all diesen Situationen reaktiv, ausgehend von ihrem diesbezüglichen individuellen Erfahrungshintergrund. Metakommunikation wird kaum erwähnt.

### **Instruktionen innerhalb von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen**

Explizite Instruktionen stellen innerhalb der Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche zwar die Ausnahme dar; völlig abgelehnt werden diese jedoch nur von einzelnen Lehrer/-innen. Die Mehrzahl der Befragten stellt fest, in speziellen Situationen auch instruierend vorzugehen. Solche Situationen liegen überwiegend dann vor, wenn die Lernenden selbstständig nicht oder nur zu langsam weiterkommen bzw. einfache Hinweise oder Impulse dazu nicht ausreichen. Instruktionen als explizit geplante Elemente des Unterrichts werden in zwei Fällen genannt. Ein Kollege bezieht dies auf die Aufarbeitung spezifischer Grundlagen, ein anderer stellt global fest, dass seine Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche immer instruierende Anteile hätten. Das Interaktionsspektrum reicht vom einzelnen Schüler über eigens dafür gebildete Gruppen, die Lerngruppen selbst bis hin zum dafür kurzzeitig hergestellten Klassenverband.

Daraus wird deutlich, dass die Mehrzahl der Befragten Instruktionen in handlungsorientiertem Unterricht eher skeptisch sieht. Solche werden nur selten als explizite Teile des Konzepts geplant und möglichst selten bzw. minimalistisch dann eingesetzt, wenn kein anderer Weg weiterführt. Im Gegensatz zur generellen Meinung, derartige ‚Frontalphasen‘ würden die Idee des handlungsorientierten Unterrichts unterwandern, sehen zwei KollegInnen Instruktionen als legitimes Element mit situativer Notwendigkeit und Bedeutung.

### **Wirkung von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen**

Als zentrale Wirkung der Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche stellen viele der Befragten die Bindung und Betreuung der Lernenden fest. Arbeitsergebnisse werden offengelegt, kommunikative Kompetenzen gefördert, der Lehrer-Schüler-Kontakt persönlicher und intensiver. Hinsichtlich der kognitiven Wirkung der Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche äußern sich einige der Befragten skeptisch. Sie stellen eine solche zwar nicht infrage, konstatieren jedoch, dass sie aus der Gesprächssi-

tuation heraus nicht beurteilen könnten, was die einzelnen Schüler/-innen aus den Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen tatsächlich lernen würden. Einer der Befragten unterstellt der Existenz von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht generell eine konterkarierende Wirkung. Dies belegt er mit der Feststellung, mit derartigen Interventionen würden die Lehrenden wiederum die Lernenden aus dem Zentrum des Unterrichts verdrängen, das Selbstlernkonzept würde unterlaufen und die Eigenverantwortlichkeit der Schüler widerlegt. Er versucht daher, Fachgespräche minimalistisch einzusetzen.

### **Positive und negative Erfahrungen**

Als positiv heben die Befragten übereinstimmend hervor, dass sich durch die Fachgespräche der Kontakt zu den Schüler/-innen intensiviert, und nur so die spezifischen Lernwege der Einzelnen bzw. die Lern- und Arbeitsprozesse der Gruppen permanent beurteilt werden können. Man bekommt ein detailliertes Bild über das eigene Unterrichtskonzept, seine Schwierigkeiten und Herausforderungen. Zudem wird festgestellt, dass auf diesem Wege der Lehrer auch vom Schüler lernt. Dem gegenüber stehen jedoch auch skeptische Äußerungen. Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche werden generell als zeitaufwändig, schwierig und auch anstrengend bezeichnet. Grund dafür ist einerseits die offene, auch fachlich für die Lehrkraft nicht zu unterschätzende Situation, andererseits deren mehrfache inhaltliche Wiederholung über alle Schülergruppen. Dem Anspruch, alle zu erreichen und die Gruppen gleichmäßig und symmetrisch kommunizieren zu lassen, lässt sich nicht immer gerecht werden. Gerade bei sozial-emotionalen Problemen kann das Gespräch ineffektiv bzw. unbefriedigend verlaufen.

Jede/r der Befragten scheint zum Zeitpunkt der Untersuchung eine sehr spezifische persönliche Entwicklung bzgl. der Thematik durchlaufen zu haben. Dies deutet in alle denkbaren Richtungen: z. B. wird von einigen geäußert, dass sie den Grad der Vorstrukturierung nach und nach erhöht hätten, andere deuten das Gegenteil

an: sie stellen fest, dass sie ihre anfänglich engen Strukturen gelockert bzw. geöffnet hätten. Übereinstimmend werden einzig persönliche situative Lern- bzw. Gewöhnungseffekte festgestellt, welche sich überwiegend auf die Situationseinschätzung sowie die Fragetechnik beziehen. Eine gezielte, explizite Weiterentwicklung durch Bildungsmaßnahmen äußerte keine/r der Befragten.

## Diskussion

Erwartungsgemäß konnte die durchgeführte Untersuchung die aufgeworfenen Fragen nur zu einem geringen Teil beantworten. Diese Antworten sind – gemäß der begrenzten empirischen Basis – zudem zu reduzieren bzw. zu relativieren. Der gebildete Querschnitt ist kaum repräsentativ, der zugrunde liegende Sektor sehr eng. Daher wendet sich die folgende Diskussion nur den deutlichsten Ergebnissen der Studie zu und den aufzuwerfenden Fragen.

Die befragten Lehrer/-innen führten Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche in handlungsorientiertem Unterricht überwiegend aus Gründen der Vor- bzw. Nachbereitung der handlungsorientierten Lernstrecke bzw. zur Kontrolle oder für die Gewährleistung der Arbeitssicherheit an fest vordefinierten Stellen durch. Außerplanmäßig fanden sie überwiegend dann statt, wenn Schüler Probleme äußern bzw. wenn solche von den Lehrer/-innen wahrgenommen wurden. Damit deutet sich eine zentrale Steuerungs- aber auch Regelungsfunktion von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht an. Sie werden dort fest geplant, wo die Lehrer-Schüler-Interaktion erforderlich ist, um den eigentlichen Selbstlernprozess einzuleiten, abzuschließen aber auch zu ergänzen oder zu erweitern. Sie sichern den Ordnungsrahmen und führen zum Lernprozess zurück, wenn sich Schüler von diesem entfernen. Fixe Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche stehen somit neben situativen. Beide Formen können – gemäß ihrer speziellen Intentionen – innerhalb eines handlungsorientierten Unterrichts angewandt werden, wobei sich durch ihre Gewichtung sehr unterschiedliche Szenarien ergeben können.

Dabei ergibt sich aus einem hohen Maß an geplanten Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen ein eher eng strukturierter, eher geführter handlungsorientierter Unterricht. Werden nur an wenigen Stellen Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche eingeplant, resultiert daraus ein Unterricht mit großen Handlungsspielräumen. In erstem Falle können Ziele kleinschrittiger und stringent erreicht werden, die Kompetenzentwicklung beschränkt sich jedoch auf einen relativ engen Horizont, dessen Grenzen durch die Reduktion der Aufgabenkomplexität entstehen. Im zweiten Falle werden die Lernenden mit der vollen Komplexität der Aufgabenstellung konfrontiert und entwickeln dem gemäß weiterreichende Kompetenzen, jedoch besteht hier die Gefahr, dass sich die Lernenden verlieren bzw. erhebliche Fehler machen, ohne dass diese sofort korrigiert werden.

Darüber hinaus deutet sich an, dass geplante und situative Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche innerhalb einer handlungsorientierten Unterrichtseinheit nicht unabhängig voneinander stehen. Je nach Konzept kann die eine Form von der anderen bedingt dominiert bzw. substituiert werden. Innerhalb eines eng strukturierten handlungsorientierten Unterrichts reduzieren sich spontane Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche auf einen Rest unabsehbarer Problemsituationen. In einem handlungsorientierten Unterricht mit großen Handlungsspielräumen besitzen die spontanen Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche nicht nur Problemlösungscharakter sondern dienen auch inhaltlichen bzw. informierenden oder orientierenden Funktionen. Somit ist es kaum möglich, eine der beiden Ausprägungen in idealtypischer Weise zu beschreiben. Ihre Struktur variiert ebenso wie ihr Inhalt in der Spezifität ihrer Position innerhalb der jeweiligen Konzeption. Die hier zu klärenden Intentionen können klar beschrieben werden, führen jedoch im Einsatz zu großen Anwendungsvarianzen. Wie in jedem Unterricht stehen die Lehrenden vor der alten Frage nach der Mischung aus ‚Führen oder Wachsen lassen‘.

Die gestellte Frage nach einer expliziten Struktur von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen konnte daher vor allem aus Gründen dieser erheblichen

Varianz mit dieser Untersuchung kaum geklärt werden. Die Tatsache, dass hier nur vorsichtige bzw. ausweichende Aussagen getroffen wurden, deutet an, dass die Lehrer/-innen hier selbst vor einem Problem stehen, welches sich ausschließlich aus der Praxis kaum lösen lässt. Die Frage nach der Anordnung von Inhalten, Aufbau und Struktur von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht kann somit nur durch dezidierte, domänenspezifische Untersuchungen geklärt werden.

Dieses Desiderat ist um jenes der Wirkungsfeststellung von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen in handlungsorientiertem Unterricht zu ergänzen. Die meisten Befragten äußerten sich hinsichtlich deren kognitiver Wirkung skeptisch. Optimismus besteht dagegen im sozial-kommunikativen Bereich. Die Lehrer/-innen führen somit die Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche in der Überzeugung durch, damit die Lernprozesse steuernd zu begleiten und die Sprachfähigkeiten der Lernenden sowie deren soziale Kompetenzen zu verbessern. Den von ihnen zentral intendierten Wissenserwerb halten sie dabei für möglich, aber nicht für alle Lernenden zwingend. Eine Kompensation dieser Unsicherheit durch explizite Instruktionen wird entweder ausgeschlossen oder zumindest für fragwürdig gehalten. Trotzdem finden Instruktionen in einer mehr oder weniger vorsichtigen Beimengung statt. Grund für diese Einschränkung ist wiederum der Verdacht, damit das Gesamtkonzept zu konterkarieren. Die hier offen gelegte Unsicherheit bezieht sich bekanntermaßen nicht nur auf dieses Partikel handlungsorientierten Unterrichts. Weder aus dem Unterricht noch durch intensivere wissenschaftliche Zugänge konnte bisher explizit geklärt werden, ob bzw. zu welchem Grade die berufliche Handlungskompetenz innerhalb eines solchen Lernarrangements gefördert wird. Daher wäre – wiederum domänenspezifisch – zu untersuchen, inwiefern die Kompetenzentwicklung durch verschiedene Formen von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen beeinflusst werden kann. Dies erscheint aber nicht nur im Hinblick auf dieses relativ offene Konstrukt ineinander verflochtener Kenntnisse, Fähigkeiten, Fertigkeiten und Dispositionen ä-

berst schwierig, sondern zudem überkomplex im Hinblick auf die Vielzahl der offenen Rand- und Rahmenbedingungen. Die zu wünschenden empirischen Untersuchungen sollten sich auch konsequent damit befassen, die immer noch programmatische Bildungsperspektive beruflicher Handlungskompetenz zu ergründen. Wenn dieses Konstrukt in seiner aktuellen Theorie und Operationalisierung mit Wirkungsbelegen gestützt wäre, könnten exaktere Rückschlüsse nicht nur auf das hier zu betrachtende Detail eines handlungsorientierten Unterrichts gezogen werden.

Am Lehrstuhl für Pädagogik der Technischen Universität München zeichnet sich vor dem Hintergrund der aktuell zum Abschluss kommenden Untersuchungen sowie den Ergebnissen dieser Explorationsstudie eine neue Untersuchung ab, welche sich voraussichtlich in den Domänen Metall- und Elektrotechnik intensiv der Bedeutung von Lehrer/-innen-Gruppen-Gesprächen zuwenden wird. Dort soll, u. a. festgestellt werden, inwiefern Lehrer/-innen-Gruppen-Gespräche mit bzw. ohne instruierende Elemente sich auf den Erwerb von Grund- bzw. Fachkompetenzen auswirken. Auf diese Weise könnte ein weiterer Schritt in Richtung eines fundierten didaktischen Konzepts handlungsorientierten Unterrichts getan werden. Sicher werden dabei auch praktische bzw. in die Praxis umsetzbare Schlussfolgerungen auf eine für die Lehrer/-innen

etwas klarere und sicherere Planung der Lehrer-Schüler-Interaktion im handlungsorientierten Unterricht möglich sein.

## Literatur

ADLER, M.: Telekommunikatives Lernen in der beruflichen Bildung. Dissertationschrift, 2003, digitalisiert im Internet unter <http://tumb1.biblio.tu-muenchen.de/publ/diss/allgemein.html>.

DUBS, R.: Lehrerverhalten. Schriftenreihe für Wirtschaftspädagogik Band 23. Verlag des Schweizerischen Kaufmännischen Verbandes, Zürich, 1995.

GLÖGGLER, K.: Handlungsorientierter Unterricht im Berufsfeld Elektrotechnik: Untersuchung einer Konzeption in der Berufsschule und Ermittlung der Veränderung Expliziten Handlungswissens. Frankfurt/Main, Lang, 1997.

KOCH, J./SELKA, R.: Leittexte – Ein Weg zum selbstständigen Lernen. Teilnehmer-Unterlagen. Bundesinstitut für Berufsbildung, Berlin und Bonn (Eigenverlag), Berlin, 1991.

NICKOLAUS, R.: Handlungsorientierung als dominierendes didaktisch-methodisches Prinzip in der beruflichen Bildung. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik 96 (2000) 2, S. 190-206.

REINMANN-ROTHMEIER, G./MANDL, H.: Wissensvermittlung: Ansätze zur Förderung des Wissenserwerbs. In: KLIX, F./SPADA, H.: Enzyklopädie der Psycho-

logie: Themenbereich C, Theorie und Forschung: Ser. 2, Kognition; Bd. 6. Hogrefe, Göttingen, 1998, 457-500.

RIEDL, A.: Verlaufsuntersuchung eines handlungsorientierten Elektropneumatikunterrichts und Analyse einer Handlungsaufgabe. Lang-Verlag, Frankfurt am Main, 1998.

RIEDL, A.: Lehr-Lern-Prozesse in technischem beruflichem Unterricht – Gestaltungsvarianten einer Lerneinheit. In: REINISCH, H./BECK, K./ECKERT, M./TRAMM, T. (Hrsg.). Didaktik des beruflichen Lehrens und Lernens. Reflexionen, Diskurse und Entwicklungen. Leske und Budrich, Opladen, 2003, S. 25-38.

ROTTLUFF, J.: Selbstständig lernen. Arbeiten mit Leittexten. Beltz-Verlag, Weinheim, 1992.

SCHELTEN, A./RIEDL, A./GEIGER, R.: Lehr-Lern-Prozesse in einer konstruktivistischen Lernumgebung für Steuerungstechnikunterricht. Abschlussbericht eines von der DFG geförderten Forschungsvorhabens, Lehrstuhl für Pädagogik 2003, <http://www.lrz-muenchen.de/~scheltenpublikationen/pdf/dfgab-schlussbericht2003.pdf>.

TENBERG, R.: Schülersaussagen und Verlaufsuntersuchung über einen handlungsorientierten Metalltechnikunterricht. Lang, Frankfurt am Main, Berlin, Bern, New York, Paris, Wien, 1997.

VÖGELE, M.: Computergestütztes Lernen in der beruflichen Bildung. Lang, Frankfurt/Main, 2003.

*Berhard Bonz/Bernd Ott:*

## Allgemeine Technikdidaktik – Theorieansätze und Praxisbezüge

Schneider Verlag Hohengehren GmbH. ISBN 3-89676-732-1, 201 Seiten, 2003.

Der Band ist als Nr. 6 der Schriftenreihe „Berufsbildung konkret“ im oben genannten Verlag erschienen und setzt sich mit der Diskussion und den verschiedenen Positionen zur Technikdidaktik auseinander. Einerseits handelt es sich dabei um eine Bestandsaufnahme, andererseits werden Impulse für weitere Entwicklungen der

Technikdidaktik gegeben. Die Technikdidaktik ist der konkrete Schwerpunkt dieses Bandes. Zwölf Autoren setzen sich sowohl mit Theorieansätzen als auch mit den Realisierungsmöglichkeiten von Technikdidaktik in beruflichen und allgemeinbildenden Bildungsgängen auseinander. Bei einem genaueren Studium der Einzelbeiträge wird deutlich, dass zwar Bezüge zur Berufsbildung hergestellt werden, allerdings einerseits mit der deutlichen Perspektive auf den Technikunterricht und aus diesem heraus. Andererseits ist es die abstraktere – oder bessere allgemeinere Technik – in allgemeinen Bildungsgängen, die hier in Augenschein genommen wird. Bereits im Vorwort benennen die Herausgeber

diese Position: „Technik nimmt nicht nur in der Berufsbildung eine herausragende Position ein, sondern sie rückt zunehmend mehr auch in den zentralen Fokus allgemeiner Bildung“ (S. 1). Diese Position begründen die Herausgeber genauer mit den besonderen Ausprägungen der Technikentwicklung der letzten Jahrzehnte, die zunehmend alle gesellschaftlichen Bereiche beeinflusst. Sehr konsequent hält sich der Inhalt des Buches an diese Auffassung und es kommen Autoren zu Wort, die sich in den vergangenen 20 Jahren an dieser Diskussion beteiligt haben. Die Position der Technikdidaktik wird dabei eindrucksvoll herausgearbeitet, wobei in den ersten beiden Kapiteln die Bezüge zur Be-

rufsbildung als roter Faden durchgängig sichtbar sind. Hervorzuheben ist, dass JÖRG-PETER PAHL die Erweiterung auf eine „Arbeits- und Technikdidaktik“ (S. 16) fordert und damit heutige Herausforderungen aufgreift.

In den Kapiteln drei und vier werden die vielfältigen Ansätze des allgemeinbildenden Technikunterrichts und der Technikdidaktik hervorgehoben und

unter bildungstheoretischen Aspekten diskutiert.

Insgesamt ist es ein Band mit sorgfältig ausgewählten Beiträgen, die einerseits präzise den aktuellen Stand der allgemeinen Technikdidaktik charakterisieren, andererseits jedoch das Spannungsverhältnis hin zur Berufsbildung nicht auflösen, das durch die Notwendigkeit einer stärkeren Arbeitsorientierung zu Stande kommt.

Zu empfehlen ist der Band für alle Berufsbildner in Lehre und Forschung sowie für Lehrer und Lehrerinnen an beruflichen und allgemeinbildenden Schulen, wenn sie Antworten zu Fragen im Kontext der Technikdidaktik suchen.

*Georg Spöttl*

## **Informatisierung von Arbeit, Technik und Bildung**

### **Herbstkonferenz der Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken (GTW) in der GfA**

Technische Universität Hamburg-Harburg, 4. – 5. Oktober 2004

- CALL FOR PAPERS -

### **Wissen und Können: Qualifikationsbedarf und Kompetenzentwicklung**

Die Informatisierung von Arbeitsprozessen und Arbeitssystemen erreicht mit immer leistungsfähigeren Informations- und Kommunikations-Technologien und der weit fortgeschrittenen Implementation des Internet eine neue Qualität. Die I- und K-Technik wird zu einer in der beruflichen Arbeit aller Branchen und Sektoren allgegenwärtigen Technik. Zugleich treten die berufs- und anwendungsbezogenen Ausprägungen, die sich auch aus der Symbiose zwischen traditionellen Technologien und der I- und K-Technik ergeben, immer deutlicher hervor. Daraus ergeben sich neue Fragen und Antworten zum Zusammenhang von beruflichem Wissen und Können, zu den veränderten Qualifikationsanforderungen und zur beruflichen Kompetenzentwicklung. Drei übergeordneten Fragenkomplexen soll im Rahmen der GTW-Herbstkonferenz nachgegangen werden:

- Welches sind die domänenspezifischen Arbeitsprozesse prägenden Merkmale, die sich aus der Informatisierung und Virtualisierung beruflicher Arbeit ergeben?
- Dominieren im Prozess der Informatisierung die verallgemeinerbaren Qualifikationen und Kompeten-

zen oder sind es die domänenspezifischen Qualifikationen, die in der beruflichen Arbeit ihren Ausdruck finden?

- Was bedeutet Lernen, Qualifizieren und Bildung in und für die Prozesse der Arbeit? Wie verhält sich die Bildungspraxis im Spannungsverhältnis von Anpassen und Mitgestalten?

Zu drei Themenschwerpunkten sollen Beiträge aus der Forschung und der innovativen Praxis präsentiert und diskutiert werden.

### **Erster Themenschwerpunkt: Informatisierung und Virtualisierung von berufs- und berufsfeldspezifischen Arbeitssystemen.**

Das besondere Erkenntnisinteresse gilt in diesem Themenschwerpunkt der domänen- und berufsspezifischen Ausprägung der Informatisierungs- und Virtualisierungsprozesse. So bedeutet der Umgang mit und die Beherrschung von programmgesteuerten Arbeitssystemen in der Kfz-Diagnose etwas ganz anderes als die Überwachung und Steuerung verfahrenstechnischer Prozesse oder die Beherrschung eines Designtools. Durchgängig werden in der Berufsbildungsforschung und der arbeitswissenschaftlichen Forschung nicht nur die Implikationen der Informatisierung in Bezug auf die Arbeitsgestaltung und -organisation sowie die veränderten Qualifikationsanforderungen untersucht, sondern auch die Gestaltungspotenziale zur Erhöhung der tutoriellen Qualität in der informatisierten Mensch-Maschine-Interaktion. Einige der Fragen, die in diesem Themenschwerpunkt behandelt werden sollen, sind:

- Welche Informations- und Kommunikationstechnologien prägen die Arbeitssysteme? Welche Schichten der Arbeitssysteme von der Benutzeroberfläche bis zu den Basistechnologien sind arbeitsrelevant?
- Welche Methoden und Inhalte der Beteiligung von Benutzern und Anwendern kommen in den Entwicklungs- und Einführungsprozessen zur Anwendung?
- Wie verändern sich die Qualifikationsanforderungen durch die Prozesse der Informatisierung und Virtualisierung in gewerblich-technischen Berufen und Berufsfeldern?
- In welchem Umfang ist es bisher gelungen, menschliche Kompetenz durch informationelle Kompetenz zu substituieren? (z. B. Selbstdiagnosetechnik)

### **Zweiter Themenschwerpunkt: Informatisierung als Vernetzung von Arbeit und Technik**

Die technische und organisatorische Vernetzung von Maschinen, Anlagen, Betrieben, Organisationseinheiten und Beschäftigten hat die raum-zeitliche Wirklichkeit beruflicher Arbeit weitgehend verändert. Da diesem Untersuchungsaspekt im Prozess der Informatisierung und Virtualisierung der Arbeitswelt eine besondere Bedeutung für den Wandel der Qualifikationsanforderungen und das Lernen in vernetzten Arbeitswelten zukommt, wird diesem Thema ein besonderer Schwerpunkt gewidmet. Dabei geht es um Fragen wie die folgenden:

- Wie verändern sich die Qualifikationsanforderungen für integrierte und verteilte Arbeits- und Geschäftsprozesse? Wie verändern sich Diagnosearbeit und Diagnose-

kompetenz in vernetzten und überbetrieblichen Unternehmensstrukturen?

- Überwiegen in den Prozessen der Informatisierung und Virtualisierung die Tendenzen der Spezialisierung und der Generalisierung in der Aufgabengestaltung und Berufsentwicklung?
- Welche Risiken und Chancen bergen die vernetzten Arbeitsstrukturen für die Entwicklung kommunikativer, sozialer und methodischer Kompetenzen?

### **Dritter Themenschwerpunkt: Wissen und Können – Lernen und Qualifizieren**

Die Unterscheidung zwischen beruflicher Bildung und beruflichem Lernen verweist auf die institutionalisierte berufliche Bildung in Bildungsgängen der Aus- und Weiterbildung einerseits und das Lernen in der Arbeit andererseits. Der Verschränkung von Arbeiten und Lernen (Bildung) wird dabei von Seiten der Berufspädagogik ein besonders hoher Stellenwert zugemessen.

Die übergeordnete Frage lautet daher, wie sich die Informatisierung von Technik, beruflicher Arbeit und des Lernens selbst auf und die Berufliche Bildung auswirkt.

- Welches Potenzial und welche Grenzen zeichnen E-Learning bei der Nutzung lernförderlicher Arbeit(sprozesse) in der beruflichen Bildung aus? Welche (Lern-)Effekte lassen sich mit E-Learning erzielen?
- Welchen Niederschlag findet die I- und K-Technik in den neu geordneten Berufen und Berufsfeldern?
- Mit welchen didaktischen Konzepten lässt sich die Entwicklung von „E-Competence“ fördern?
- Beispiele von Best Practice zu E-Learning, Blended Learning und Distance Learning aus den Bereichen
- der dualen Berufsausbildung,
- berufsschulischer Bildungsgänge sowie
- des Lernens im Arbeitsprozess

sollen präsentiert werden.

### **Arbeitsgemeinschaft Gewerblich-**

### **Technische Wissenschaften und ihre Didaktiken in der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GTW)**

#### **Beitragsanmeldungen**

Die Veranstalter bitten um Kurzfassungen (1 Seite) von wissenschaftlichen Vorträgen, Workshop-Referaten und Praxisbeiträgen. Für die Anmeldung mit Darstellung von Fragestellung, Forschungsmethode sowie der Ergebnissen und ihrer wissenschaftlichen Bedeutung steht ein Formular unter [www.tu-hamburg.de/pbb/gtw](http://www.tu-hamburg.de/pbb/gtw) zur Verfügung.

Anmeldeschluss: 30. April 2004

Benachrichtigung über die Beitragsannahme: bis 31. Mai 2004

Kurzfassungen für den Tagungsband: bis 31. Juli 2004

### **Gewerblich-technische Berufsbildung vor neuen Herausforderungen**

#### **Fachtagung der Bundesarbeitsgemeinschaften für Berufsbildung**

in den Fachrichtungen

- Bautechnik, Holz- und Kunststofftechnik, Farbtechnik und Raumgestaltung, Elektrotechnik-Informatik und
- Metalltechnik

Technische Universität Hamburg-Hamburg, 6. Oktober 2004

- CALL FOR PAPERS -

Die handwerklichen und industriellen Elektroberufe wurden bereits zu Beginn des laufenden Ausbildungs-/Schuljahres neu geordnet, die handwerklichen und industriellen Metallberufe werden zum nächsten Ausbildungs-/Schuljahr folgen. Umgesetzt werden Entwicklungen hin zu einer umfassenden Neuausrichtung der Ausbildungsberufe, zu einer arbeitsprozessbezogenen Didaktik und zu neuen, an betrieblichen Aufträgen orientierten Prüfungen. Parallel finden in den Bundesländern weit greifende Änderungen in der Schulorganisation statt, deren Auswirkungen aktuell noch nicht abzusehen sind, wie die Entwicklung zur selbstständigen Schule oder zu Kompetenzzentren.

Die Bundesarbeitsgemeinschaften nehmen dies zum Anlass, am Rande der GTW-Herbstkonferenz 2004 eine Fachtagung unter dem o. a. Leitthema durchzuführen. Neben Einführungsvorträgen werden Workshops zu den folgenden Themenschwerpunkten angeboten:

- Selbstständigkeit beruflicher Schulen
- Arbeitsorientierte Wende in der Didaktik beruflicher Bildung
- Umsetzung der neuen Verordnungen in den gewerblich-technischen Berufen

Die Selbstständigkeit beruflicher Schulen ist ein aktuelles Thema, das auf sehr unterschiedliche Resonanz stößt. Mit einer weitgehenden Autonomie sollen die Berufsschulen in die Lage versetzt werden, eigenständig die Qualität beruflicher Bildung zu optimieren, Bildungsangebote schneller an aktuelle Nachfrage vor Ort anzupassen, sich pädagogisch/ curricular zu profilieren und die Nutzung der Ressourcen zu verbessern. Darüber hinaus soll die Kooperation in der beruflichen Bildung nachhaltig verbessert werden. Mit der Einführung von Globalbudgets, kaufmännischem Rechnungswesen, Ziel und Leistungsvereinbarungen sowie der eigenständigen Personalauswahl und -entwicklung sollen diese Innovationen ermöglicht werden. So groß die Übereinstimmung hinsichtlich der Ziele ist, die länderspezifischen Umsetzungskonzepte differieren erheblich und sind auch nicht unumstritten. In diesem Themenschwerpunkt sollen einzelne Konzeptionen vorgestellt, Chancen und Risiken diskutiert sowie Möglichkeiten der Kooperation ausgelotet werden.

Neben der Neuausrichtung der beruflichen Schulen sind die Kollegien mit der arbeitsorientierten Wende in der beruflichen Bildung konfrontiert. Die Ergebnisse der abgeschlossenen und aktuellen Neuordnungsverfahren erfordern nicht nur eine intensive Auseinandersetzung mit gewandelten Berufsbildern und Lehrplänen, sondern auch mit einer an Arbeits- und Geschäftsprozessen orientierten Didaktik, die den Stellenwert der Zusammenarbeit der dualen Partner neu akzentuiert. Unter diesem Schwerpunktthema soll die Tagung Gelegen-

heit bieten, die mit der arbeitsorientierten Wende verbundenen Herausforderungen im Hinblick auf

- die bisherigen Erfahrungen mit neu-geordneten Berufen,
- die aktuelle Neuordnung der industriellen Metallberufe,
- das Gewerke übergreifende Arbeiten und Lernen im Handwerk

zu diskutieren und in diesem Zusammenhang als weiteren Schwerpunkt Beispiele für die Umsetzung der neuen Ordnungsmittel vorzustellen.

Die Tagung soll Raum bieten für Diskussionen und fruchtbaren Austausch. Basis dafür sollen neben wenigen Grundsatzreferaten hauptsächlich informative und anregende Kurzbeiträge sein von 15 Minuten Länge.

Die Mitglieder der Bundesarbeitsgemeinschaften und andere interessierte Fachleute der Berufsbildung sind aufgerufen, sich mit Beiträgen zu beteiligen. Die Einsendung von Kurzfassungen (1 Seite) an untenstehende Kontaktadressen ist bis zum 30.04.2004 möglich - vorzugsweise in digitaler Form per E-Mail. Zur Beitragsmeldung und zum anschließenden Review-Verfahren weitere Informationen auf den folgenden Internetseiten eingestellt werden:

- [www.bag-bautechnik.de](http://www.bag-bautechnik.de)
- [www.bag-elektrotechnik-informatik.de](http://www.bag-elektrotechnik-informatik.de)
- [www.bag-metalltechnik.de](http://www.bag-metalltechnik.de)

Die Vorstände freuen sich auf eine rege Beteiligung.

**Kontaktadressen:**

*BAG Bautechnik:* Prof. Dr. Klaus Struve, Universität Hamburg, Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Sedanstraße 19, D-20146 Hamburg, Tel.: 040/42838-3725, Fax -6787, Mail: [struve@ibw.uni-hamburg.de](mailto:struve@ibw.uni-hamburg.de)

*BAG Elektrotechnik-Informatik:* Prof. Dr. Klaus Jenewein, Universität Magdeburg, Institut für Berufs- und Betriebspädagogik, Zschokkestr. 32, D-39016 Magdeburg, Tel.: 0391/6716-602, Fax: -6550, Mail: [klaus.jenewein@gse-w.uni-magdeburg.de](mailto:klaus.jenewein@gse-w.uni-magdeburg.de)

*BAG Metalltechnik:* Prof. Dr. Thomas Vollmer, Universität Hamburg, Institut für Berufs- und Wirtschaftspädagogik, Sedanstraße 19, D-20146 Hamburg, Tel.: 040/42838-3740, Fax -6787, Mail: [vollmer@ibw.uni-hamburg.de](mailto:vollmer@ibw.uni-hamburg.de)

## Fachtagung am 8./9. Juni 2004 in der Stadthalle Bad Godesberg Die neuen Metallberufe 2004 – Lernen und Arbeiten im Geschäftsprozess

**Dienstag, den 8. Juni 2004**

**11:30 Begrüßung und Eröffnung**

Volkmar Kath, Abteilungsleiter 4.2 BIBB, Bonn  
Moderation: Petra Westpfahl BIBB, Bonn

**Neue Wege in der Berufsbildung**

Professor Dr. Helmut Pütz, Präsident des Bundesinstituts für Berufsbildung, Bonn

**Die neuen Metallberufe: neue Strukturen – neue Facharbeiter?**

Dr. Hans Werner Busch, Hauptgeschäftsführer Gesamtmetall, Berlin; Erwin Vitt, Vorstandsmitglied der IG-Metall, Frankfurt am Main

**Lernort Berufsschule: Geschäftsprozesse als Lernfelder?**

Vertreter der Kultusministerien der Länder

**Leitideen für die neuen Metallberufe**

Sven Räß, Gesamtmetall, Berlin, Koordinator der Arbeitgeberseite Industrie; Jürgen Heiking, Frankfurt am Main, Koordinator der Arbeitnehmerseite

**13.30 Mittagspause**

**14.30 Berufsbezogene Arbeitsgruppen**

In den Arbeitsgruppen werden neue Ausbildungskonzepte vorgestellt und diskutiert. Sachverständige der Arbeitnehmer- und Arbeitgeberseite aus dem neue Ordnungsverfahren sowie Berufsschullehrer/-innen aus dem KMK-Lehrplanausschuss sind in den Arbeitsgruppen vertreten

- Industriemechaniker; • Werkzeugmechaniker

- Konstruktionsmechaniker; • Anlagemechaniker
- Zerspanungsmechaniker;

**18.00 Empfang im Foyer der Stadthalle**

**Mittwoch, 9. Juni 2004**

**09.00 W 1 Wie sind die neuen Ziele der Berufsausbildung mit der Berufsschule umzusetzen?**

**W 2 Umsetzung der neuen Ausbildungsstrukturen in der außerbetrieblichen Vollausbildung**

**W 3 Die neuen (Industrie-)Berufe im europäischen Kontext?**

**10:30 Plenum**

**Die Umsetzung der neuen Prüfungen in der Metallindustrie**

**Die komplexe Arbeitsaufgabe (Teil I)**

**Das Variantenmodell (Teil II)**

**Der betriebliche Auftrag und die „Praktische Aufgabe“ (regional/überregional erstellt)**

Herr Schropp

Herr Flöttmann

**12.30 Implementierung von neuen Ausbildungsverordnungen und Professionalisierung der Ausbilder**

Dr. Ulrich Blötz, Bundesinstitut für Berufsbildung, Bonn

**13.00 Ende der Veranstaltung**



## Autorenverzeichnis

### Adolph, Gottfried

Prof. Dr., Schwerfelstr. 22, 51427 Bergisch-Gladbach, E-Mail: Gottfried.Adolph@t-online.de.

### Brandt, Michael K.

Wiss. Mitarbeiter am Institut für Berufliche Fachrichtungen der TU Dresden, 01062 Dresden. E-Mail: Michael.Brandt@mailbox.tu-dresden.de

### Burgmer, Martin

Prof. Dr., Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik – biat, Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, E-Mail: burgmer@biat.uni-flensburg.de

### Dittrich, Joachim

Dr., Institut Technik und Bildung – ITB, Universität Bremen, Am Fallturm 1, 28359 Bremen, E-Mail: dittrich@uni-bremen.de

### Gruner, Steffen

Dipl.-Berufspäd., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, 01062 Dresden, E-Mail: mmt@rcs.urz.tu-dresden.de

### Herkner, Volkmar

Dr., Wiss. Mitarbeiter am Institut für Berufliche Fachrichtungen der TU Dresden, 01062 Dresden. E-Mail: mmt@rcs.urz.tu-dresden.de

### Holm, Claus

Dipl.-Ing., Dipl.-Berufspäd., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik – biat, Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, E-Mail: holm@biat.uni-flensburg.de

### Mohr, Sven

Oberstudienrat, Berufliche Schulen des Kreises Schleswig-Flensburg, Außenstelle Kappeln, Kirchstraße 7, 24376 Kappeln. E-Mail: smohr@bs-kappeln.de

### Pahl, Jörg-Peter

Prof. Dr., Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, 01062 Dresden, E-Mail: pahl@rcs.urz.tu-dresden.de

### Raimer, Stephan

Dr., learnability, Mangoldtstraße 8, 24106 Kiel, E-Mail: s.r@learnability.de

### Schmidt, Ulrich

Prof. Dr., freier Mitarbeiter, Technische Universität Dresden, Institut für Berufliche Fachrichtungen, 01062 Dresden, E-Mail: mmt@rcs.urz.tu-dresden.de

### Schwarz, Christoph

Studiendirektor, Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft des Saarlandes, Hohenzollernstraße 60, 66117 Saarbrücken, E-Mail: c.schwarz@bildung.saarland.de

### Spöttl, Georg

Prof. Dr., Berufliche Fachrichtung Metalltechnik, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik – biat, Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, E-Mail: spoettl@biat.uni-flensburg.de

### Stuber, Franz

Prof. Dr., ZWE für berufliche Fachrichtungen, Leonardo-Campus, 48149 Münster, E-Mail: stuber@fh-muenster.de

### Tenberg, Ralf

Dr. habil., Wissenschaftlicher Assistent, Lehrstuhl für Pädagogik der Technischen Universität München, Lothstrasse 17, 80335 München, E-Mail: R.Tenberg@ws.tum.de

### Vermehr, Bernd

Studiendirektor, Berufsbildende Schulen Hamburg, Achter Lüttmoor 28, 22559 Hamburg, E-Mail: bvermehr@aol.com

### Windelband, Lars

Dipl.-Ing., Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik – biat, Universität Flensburg, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg, E-Mail: windelband@biat.uni-flensburg.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 (zur Zeit 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. Herrn A. Willi Petersen

c/o biat – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik

Auf dem Campus 1

24943 Flensburg

Tel.: 0461 / 805 2155

Fax: 0461 / 805 2151

Konto-Nr. 7324025,

Kreissparkasse Pinneberg (BLZ 221 514 10).

Die Anschrift der Geschäftsstelle der Bundesarbeitsgemeinschaft Metalltechnik lautet:

BAG Metalltechnik

Geschäftsstelle, z. H. Herrn Michael Sander

c/o Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB)

Wilhelm-Herbst-Str. 7

28359 Bremen

Tel.: 0421 / 218 4924

Fax: 0421 / 218 4624

Konto-Nr. 10045201,

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 z. Z. 27,- EUR. Auszubildende, Referendare und Studenten zahlen z. Z. 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:  
biat – Berufsbildungsinstitut Arbeit und Technik, z. H. Herrn  
A. Willi Petersen, Auf dem Campus 1, 24943 Flensburg.

**BAG Metalltechnik e. V.**, Geschäftsstelle:  
Forschungsgruppe Praxisnahe Berufsbildung (FPB), z. H.  
Herrn Michael Sander, Wilhelm-Herbst-Str. 7, 28359 Bremen.

---

---

# **lernen & lehren**

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

Betrieblicher Ausbildung,  
Berufsbildender Schule,  
Hochschule und Erwachsenenbildung sowie  
Verwaltung und Gewerkschaften  
im Berufsfeld Elektrotechnik-Informatik/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:**

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 57: Die Inbetriebnahme                                      | 62: Arbeitsprozesswissen – Lernfelder – Fachdidaktik | 67: Berufsbildung im Elektrohandwerk                      |
| 58: Lernfelder in technisch-gewerblichen Ausbildungsberufen | 63: Rapid Prototyping                                | 68: Berufsbildung für den informatisierten Arbeitsprozess |
| 59: Auf dem Weg zu dem Berufsfeld Elektrotechnik/Informatik | 64: Arbeitsprozesse und Lernfelder                   | 69: Virtuelles Projektmanagement                          |
| 60: Qualifizierung in der Recycling- und Entsorgungsbranche | 65: Kfz-Service und Neuordnung der Kfz-Berufe        | 70: Modellversuchsprogramm „Neue Lernkonzepte“            |
| 61: Lernfelder und Ausbildungsreform                        | 66: Dienstleistung und Kundenorientierung            | 71: Neuordnung der Elektroberufe                          |
|   |  | 72: Alternative Energien                                  |

Bezug über:  
Heckner Druck- und Verlagsgesellschaft GmbH  
Postfach 1559, 38285 Wolfenbüttel  
Telefon (05331) 80 08 40, Fax (05331) 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